



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Centro de Ciências da Matemática e da Natureza
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia

Mapeamento Geológico - Estrutural na Área Setentrional da Serra do Rabo – Província Mineral de Carajás – PA.

Tomas de Miranda Lisboa

Trabalho de Conclusão de Curso
(IGL-U08)

Orientador: Prof. Dr. Rudolph A.j. Trouw
Coorientador: Msc. Felipe M. Tavares

Rio de Janeiro
Novembro/2013

Mapeamento Geológico - Estrutural na Área Setentrional da Serra do Rabo – Província Mineral de Carajás – PA

Tomas de Miranda Lisboa

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para a obtenção do grau de Geólogo.

Orientadores:

Orientador: Prof. Dr. Rudolph A.j. Trouw
Coorientador: Msc. Felipe M. Tavares

Aprovada em _____ de _____ de 2013. Por:

Prof. Dr. Rudolph A.j. Trouw, UFRJ

Prof. Dr. André Ribeiro

Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Rio de Janeiro
Novembro/2013

LISBOA, Tomas de Miranda

**Mapeamento Geológico - Estrutural na Área Setentrional
da Serra do Rabo – Província Mineral de Carajás – PA**

IV, 16P. 29,7cm (Instituto de Geociências- UFRJ, B.Sc, Curso de Graduação em Geologia, 2011)

Monografia- Universidade Federal do Rio de Janeiro, realizada no Instituto de Geociências

1. Mapeamento geológico 2. Província Mineral Carajás

3. Geologia Estrutural 4. Serra do Rabo

I-IGEO/UFRJ

II-TÍTULO (série)

Sumário

Índice de Figuras	IV
Resumo e Abstract	1
1. Introdução e objetivos	2
2. Localização e Acessos	2
3. Metodologia	3
4. Geomorfologia	3
5. Geologia Regional	4
6. Resultados	6
6.1. Unidades Mapeadas	6
6.1.1. Formação Parauapebas	6
6.1.2. Formação Carajás	6
6.1.3. Formação Igarapé Cigarra	8
6.1.4. Complexo Luanga	9
6.1.5. Granito-Gnaisse Estrela	9
6.1.6. Outras rochas maficas	9
6.2. Geologia Estrutural	9
6.3. Metamorfismo e Hidrotermalismo	12
7. Conclusões	14
8. Bibliografia	16

Índice de Figuras

- Figura 1 - Localização da área, (Polígono preto) mostrando seus acessos. Estradas vicinais 2
(em pontilhado) acessadas a partir das rodovias pavimentadas PA-257 ou PA-160.
(maps.google.com). No detalhe localização de Curionópolis, sudeste do Pará.
- Figura 2 - recortes de mapas aerogeofísicos do projeto Tucuruí (CPRM 2010): a) mapa da 3
primeira derivada vertical do campo magnético tota; b) mapa gamaespectrométrico de
distribuição ternária entre eU, eTh e eK (Composição RGB).
- Figura 3 - Vista panorâmica da área, destacando na parte central crista da Serra do Rabo visto 3
de leste para oeste.
- Figura 4 - Mapa de associações tectonoestratigráficas do segmento oriental do Domínio 4
Carajás e entorno, destacando as principais estruturas (modif. Vasquez & Rosa-Costa, 2008).
- Figura 5 - Mapa Geológico e Estrutural da Área Setentrional da Serra do Rabo - Província 7
Mineral dos Carajás - PA
- Figura 5 (cont.) – Seções geológicas A-A', B-B' e C-C' com pontilhado ligando empurrão 8
presente em todas. Abaixo legendas litológicas e estruturais.
- Figura 6. Fotos das Unidades do GGP. Fm. Parauapebas- a) afloramento mostrando textura 10
almofadada semi-preservada; b) lámina da mesma rocha, notar diferença de cor da borda para
o núcleo da almofada; Fm. Carajás - c) formação ferrífera bandada com bandamento
subvertical; Fm. Igarapé Cigarra - d) metariolito porfirítico pouco deformado; e) metariolito,
fenocristais de quartzo e K-feldspato, matriz afanítica; f) ardósia de origem sedimentar com
quartzo, biotita e muscovita.
- Figura 7 - Complexo Luanga - a) metagabro com fenocristais de plagioclásio; b) textura 11
ígnea semi-preservada em cristais de actinolita e plagioclásio; Granito-Gnaisse Estrela - c)
bandamento marcado por níveis horblenda e biotita, intercalados com plagioclásio e quartzo;
d) rocha gabróica composta por plagioclásio (escuros), actinolita opaca e quartzo; e) gabro
com textura ofítica composto essencialmente por plagioclásio clinopiroxênio, actinolita,
clorita e opacos.
- Figura 8 - a) Estereograma das foliações mostrando predomínio de mergulhos íngremes para 13
WNW e ESE; b) Anfibolito da Fm. Parauapebas com cristais de Act e Pl poligonizados; c)
Metavulcânica ácida da Fm. Igarapé Cigarra intensamente deformada; d) Afloramento de
brecha hialoclástica com dobras intrafoliares ; e) Foto mostrando a foliação transposta por
deformação em formação ferrífera; f) Detalhe de boudin em formação ferrífera.
- Figura 9 - a) Estereograma das lineações de estiramento; b) dobra assimétrica em formação 14
ferrífera; c) Bloco de Formação ferrífera mostrando lineação down dip paralela ao eixo das
dobras; d) Veio de quartzo dobrado em afloramento da Fm. Parauapebas; e) Brecha
hidrotermalizada com matriz sericítica e carbonática, próxima da falha transcorrente; f)
Cristal de anfibólito zonado com núcleo de Act e borda de Hbl.

Resumo

A Província Mineral de Carajás – PMC – possui evolução geotectônica complexa. Desde sua descoberta na década de 60 foi alvo de diversas pesquisas, no entanto ainda são poucos os trabalhos disponíveis de geologia básica e estrutural. Esse trabalho tem como objetivo apresentar mapa e seções geológicas em escala 1:50.000 da área setentrional da Serra do Rabo. Foram reconhecidas cinco unidades de mapeamento: Formação Parauapebas - anfibolitos finos a médios e metabasalts; Formação Carajás - formações ferríferas bandadas; Formação Igarapé Cigarra - metavulcânicas ácidas e metassedimentares clásticas; Complexo Luanga (porção superior) - metagabros porfiríticos e anfibolitos; Granito-Gnaisse Estrela – Hbl-Bt-ortognaisse; e diques gabbroicos. A deformação na área é heterogênea, apresentando zonas de alta concentração de deformação e *pods* pouco deformados. Na escala de mapa, a área se insere em uma grande zona de cisalhamento anastomosada, reversa e de alto ângulo, com direção principal ENE-WSW e movimento *up dip* a levemente oblíquo para NNW, associada a megadobramentos com planos axiais subverticais e com direção ENE-WSW. Litotipos máficos indicam metamorfismo em fácies xisto-verde alto a anfibolito baixo. O trabalho vem corroborar com as últimas pesquisas realizadas pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM na região e indica que as rochas da área teriam passado por condições de pressão e temperatura mais altas que as descritas por outros autores para rochas das serras vizinhas (Serra Norte e Sul). Aponta ainda para a influência de um evento paleoproterozoico na PMC, descrito por Tavares *et al.* (2013) e denominado por estes Evento-Tectono-Termal Sereno.

Abstract

The Carajás Mineral Province - PMC – has a complex geotectonic evolution. Since its discovery, in the 60's, it has been the target of many research, however there are few works available about structural and basic geology of the area. This paper aims to present a geological map and cross-sections, at scale 1:50.000, of the northern area of Serra do Rabo. Five rock units were recognized: Parauapebas Formation - fine to medium grained amphibolites and metabasalts; Carajás Formation - banded iron formation; Igarapé Cigarra Formation - acid metavolcanic and clastic metasedimentary rocks; Luanga Complex (upper portion) - porphritic metagabbros and amphibolites; Estrela Granite-gneiss - Hbl-Bt-ortogneiss; besides gabbroic dikes. Deformation is heterogeneous in the area, segments of high strain where observed coexisting with nearly undeformed pods. At map scale, the area is located in a thick anastomosed shear zone with a reverse high angle component, elongated along ENE-WSW direction, with up dip to slightly oblique movement to NNW, associated with megafolding with subparallel axial planes. Mafic litotypes indicate metamorphism in greenschist to lower amphibolite facies. This work corroborates the latest investigations of the Geological Survey of Brasil - CPRM - in the region and concludes that the rocks of the studied area went through higher pressure and temperature conditions than described by other authors for the rocks of nearby areas. It also highlights the influence of a Paleoproterozoic event in the PMC, denominated by Tavares *et al.* (2013) Sereno Tectono-Thermal Event.

1. Introdução e Objetivos

A Província Mineral de Carajás – PMC (Santos, 2003) é notória por reunir grandes depósitos de ferro (Fe) e cobre (Cu), bem como ocorrências importantes de Mn, Au, EGP, Ni, Cr e ETR. Desde a sua descoberta, na década de 1960, a PMC tem sido alvo de diversas pesquisas, principalmente exploratórias. Mas ainda hoje existem poucas publicações voltadas para o mapeamento geológico básico e estrutural. A longa e complexa história geológica da PMC é ainda carente de informações para ser desvendada.

Para a porção norte da PMC (Domínio Carajás), o arranjo litoestratigráfico proposto pela equipe DOCEGEO (1988) agrupa uma associação de embasamento (Complexo Xingu e correlatos) e uma associação de cobertura (Supergrupo Itacaiúnas), além de unidades intrusivas nesse conjunto (Complexo Luanga, Granito-Gnaisse Estrela, etc.) com desenvolvimento durante o Arqueano.

De forma semelhante o modelo geotectônico de Araújo e Maia (1991) apontou para uma evolução progressiva e dominada por transcorrências, provavelmente associada a um sistema colisional oblíquo arqueano-paleoproterozoico, denominado Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas.

Dados recentes de mapeamento geológico básico na escala 1:100.000 do Serviço Geológico do Brasil - CPRM tem mostrado evidências de superposição de eventos colisionais e dominância de tectônica compressiva para a evolução do segmento oriental do Domínio Carajás (Tavares *et al.*, 2013).

Esse trabalho tem como objetivo apresentar novos dados obtidos durante o mapeamento geológico-estrutural na escala de 1:50.000 da área setentrional da Serra do Rabo, e detalhar a descrição das estruturas apresentadas por Tavares *et al.* (2013) para a região.

2. Localização e Acessos

A área está situada no município de Curionópolis, sudeste do estado do Pará, (Figura 1), abrangendo cerca de 80 Km². A cidade de Parauapebas foi escolhida para servir de base logística por apresentar maior infraestrutura. Ela pode ser acessada diretamente por via aérea ou a partir de rodovias pavimentadas como a PA 160 e PA 275. Ao perímetro mapeado, o acesso se dá por estradas vicinais a partir do km 31 da PA 275, ou pela PA 160, a partir da divisa entre os municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás.



Figura 1 - Localização da área, (Polígono preto) mostrando seus acessos. Estradas vicinais (em pontilhado) acessadas a partir das rodovias PA-257 e PA-16.(extraído de maps.google.com em 5/11/2013). No detalhe localização de Curionópolis, sudeste do Pará

3. Metodologia

A metodologia aplicada consistiu inicialmente de revisão bibliográfica, interpretação de fotografias aéreas, imagens de sensores remotos (ASTER, SRTM, Landsat e composições extraídas do Google Earth) e imagens de aerogeofísica (aerogamaespectrometria e aeromagnetometria), cedidas pela CPRM (fig. 2). Em seguida foi realizada uma etapa de campo de 20 dias, em outubro de 2012, com coleta de informações, amostras de rocha e medidas estruturais em 73 pontos. A etapa final foi realizada na CPRM (Escritório Rio de Janeiro) e no Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e consistiu de análises petrográficas e microestruturais de 32 lâminas delgadas, confecção de estereogramas com Stereonet32 e elaboração de mapa e sessões, com auxílio dos softwares ArcGIS10 e Corel Draw X5.

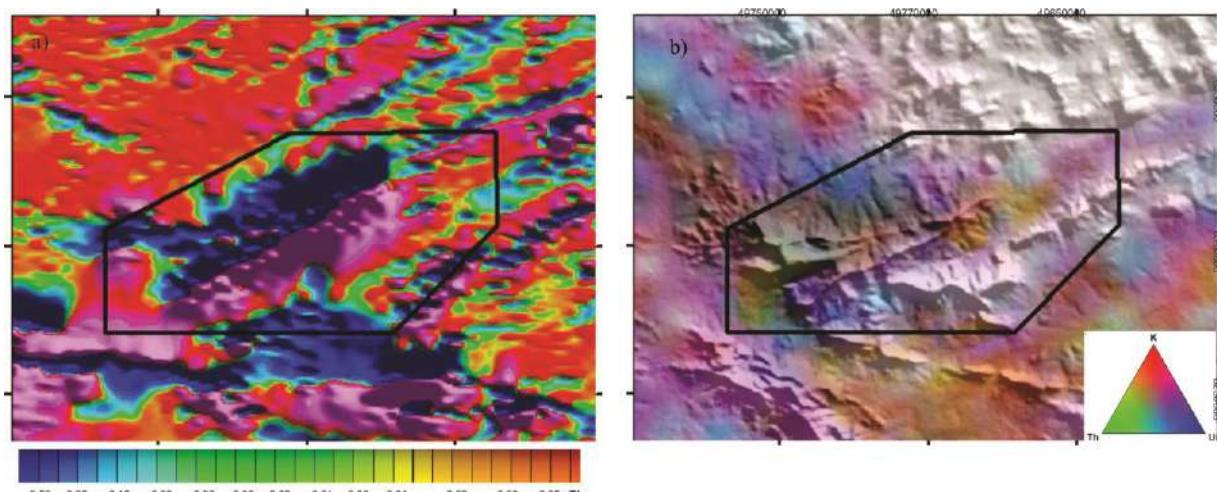


Figura 2 - recortes de mapas aerogeofísicos do projeto Tucuruí (CPRM 2010): a) mapa da primeira derivada vertical do campo magnético tota; b) mapa gamaespectrométrico de distribuição ternária entre eU, eTh e eK (Composição RGB).

4. Geomorfologia

A região está inserida no contexto de serras e platôs associados a formações ferríferas, e superfícies aplainadas do sudeste do Pará. A principal feição geomorfológica da área compreende uma formação montanhosa em forma de seta, com direção principal E-W, localizada na porção setentrional da Serra do Rabo (folha Rio Verde, 1:100.000, IBGE, 1981), nomenclatura que também engloba um conjunto de serras mais a sul e a leste. A porção ocidental da área é localmente conhecida como Serra da Baleia. A terminação oriental da formação montanhosa é conhecida como Pedra Preta (Figura 3), um monólito rochoso de formações ferríferas bandadas que se destaca no terreno. A cota topográfica varia entre 200 m até cerca de 600 m. O clima da região é equatorial, apresentando um regime de chuvas intensas entre dezembro e maio, sendo os meses de junho a novembro os mais propícios para o trabalho de campo devido à menor pluviosidade.



Figura 3 - Vista panorâmica da área, destacando na parte central crista da Serra do Rabo visto de leste para oeste.

5. Geologia Regional

A PMC representa um bloco de evolução primordialmente arqueana do Cráton Amazônico (Santos, 2003), limítrofe com a Província Transamazônica a N (Domínio Bacajá), Amazônia Central a W (Domínio Iriri-Xingu) e Tocantins a E (Faixa Araguaia, não pertencente ao Cráton). (Figura 4). Santos (2003) a dividiu em dois domínios: Rio Maria a S, onde predominam granitoides do tipo TTG e sequências greenstone mesoarqueanos; e Carajás, a N.

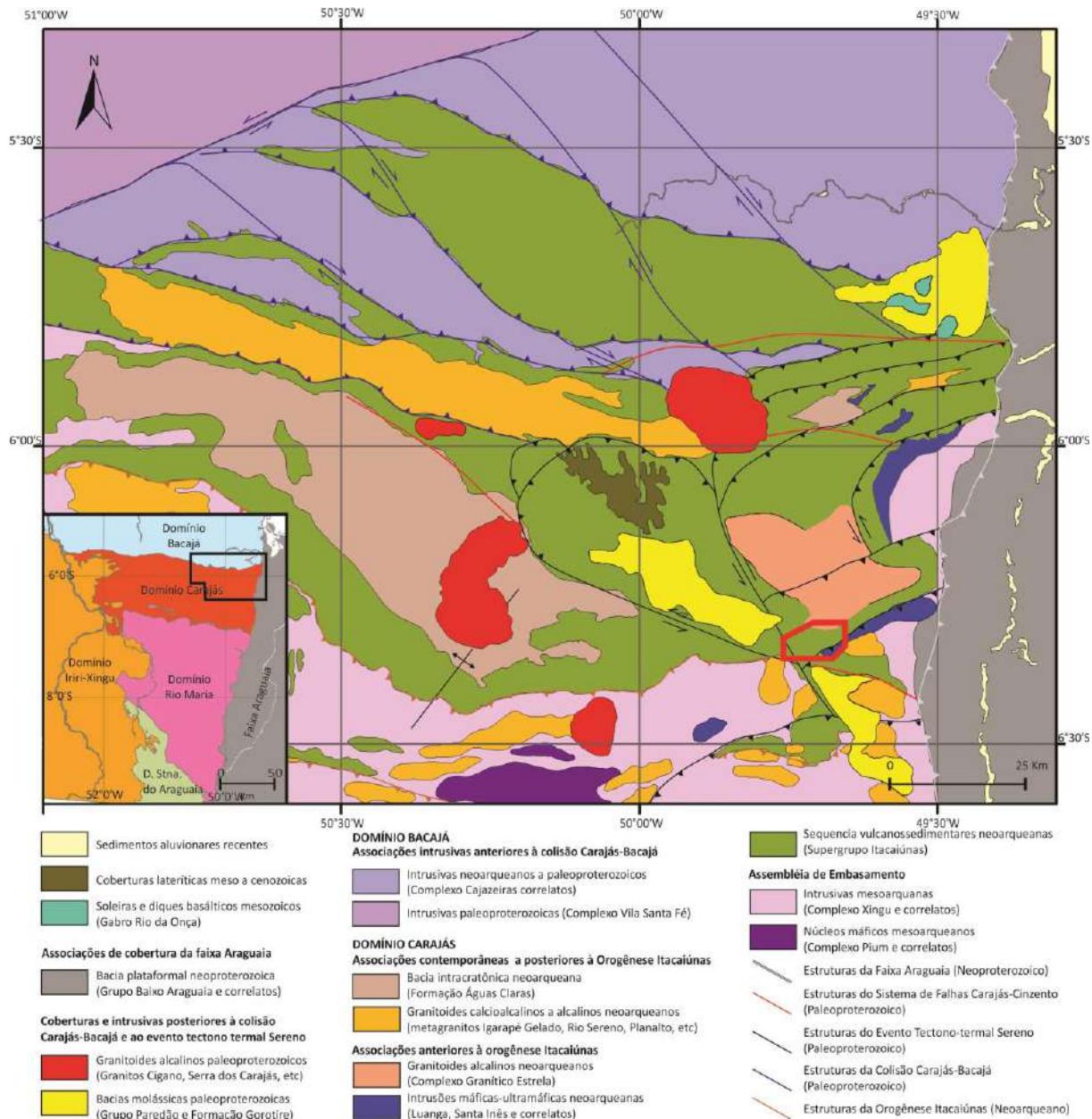


Figura 4 - Mapa de associações tectonoestratigráficas do segmento oriental do Domínio Carajás e entorno, destacando as principais estruturas (Tavares *et al.* 2013). No detalhe em vermelho a área deste trabalho.

Para a região do Domínio Carajás, DOCEGEO (1988) propôs como assembleia de embasamento rochas mesoarqueanas polideformadas incluindo gnaisses graníticos, granodioríticos e tonalíticos, entre outras litologias, que compõem o Complexo Xingu e correlatos. Este é recoberto por rochas metavulcanossedimentares do Supergrupo Itacaiúnas (SIT), que tem em sua base rochas dos Grupos Pojuca e Salobo. Em discordância sobre essas unidades, ocupando área de destaque na PMC, ocorrem as sequências do Grupo Grão Pará (GGP) incluindo os mais pujantes depósitos de formações ferríferas da PMC. Encerrando a

litoestratigrafia do SIT, ocorrem rochas predominantemente clásticas do Grupo Buritirama e Igarapé Bahia.

O GGP é o principal objeto de estudo na área. Macambira (2003) descreveu sua estratigrafia, a partir de mapeamento na Serra Norte, como consistindo pela Formação Parauapebas na base (basaltos com raras intercalações de riolitos), seguidos pelas formações ferríferas bandadas da Formação Carajás e sobrepostos por rochas vulcânicas e sedimentares clasto-químicas da Formação Igarapé Cigarra, correlacionada por aquele autor ao Grupo Igarapé Bahia. No topo do GGP posiciona a Formação Igarapé Boa Sorte, composta por siltitos e folhelhos carbonáticos. Trabalhos recentes da CPRM na região (inédito) permitem incluir expressivos pacotes de rochas vulcânicas ácidas à Formação Igarapé Cigarra. Diversos autores realizaram datações no GGP. As principais idades adquiridas por método U-Pb em zircões de rochas vulcânicas apontam para magmatismo sin-deposicional entre 2.759 Ga (Machado *et al.*, 1991) e 2.751 Ga (Krymsky *et al.*, 2002).

Na assembleia de embasamento e na base do SIT, ocorrem corpos intrusivos máficos-ultramáficos acamados (Complexo Luanga e correlatos, 2.763 ± 6 Ma, U-Pb, zircão, Machado *et al.*, 1991), bem como granitoides de afinidade alcalina, como o granito-gnaiss Estrela (2.763 ± 7 Ma, Pb-Pb, zircão, Barros *et al.*, 2004). Ambos plutonismos podem ser compreendidos como associados à etapa de abertura da bacia Carajás, de acordo com a relação cronológica entre estes e as unidades supracrustais. Colmatando a evolução arqueana da PMC, em discordância angular com as rochas do SIT e intrusivas correlatas, repousa a cobertura essencialmente metassedimentar da Formação Águas Claras (Nogueira, 1995).

A evolução proterozoica da PMC inclui a deposição de rochas sedimentares clásticas (Grupo Paredão, Fm. Gorotire, etc.) de controversa interpretação estratigráfica, além de importantes corpos intrusivos anorogênicos de idade Orosiriana (Serra dos Carajás, Cigano, etc.). Diques máficos sem datação precisa cortam todas as unidades e podem estar relacionados a diferentes eventos, inclusive fanerozoicos.

A evolução geotectônica do Domínio Carajás é ainda assunto de discussão. Araújo & Maia (1991) o interpretam como a borda meridional de um sistema de cavalgamentos e transcorrências decorrentes de regime compressivo oblíquo, com encurtamento NW-SE, desenvolvido entre o Neoarqueano e o Paleoproterozoico, denominado Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas. Pinheiro & Holdsworth (2000) deram continuidade a esta teoria e descreveram os sistemas transcorrentes Carajás e Cinzento, apontando quatro estágios de movimentação transpressiva ou transtrativa entre 2,7 Ga e 1,9 Ga, sem indicar a origem desses movimentos.

No entanto, Tavares *et al.* (2013) apontam para um sistema de superposição de eventos distintos entre o Arqueano e o Paleoproterozoico, incluindo três de caráter dúctil dominantemente compressivos e apenas localmente oblíquos, com direções de encurtamento, estilos tectônicos e metamorfismos regionais distintos; e um evento de caráter rúptil dominantemente transtrativo. Definiram regionalmente D1 como um sistema protocolisional neoarqueano representando a colagem entre os Domínios Rio Maria e Carajás entre 2,74 e 2,71 Ga, denominado Orógeno Itacaiúnas, que teria afetado as rochas da assembleia de embasamento (Complexo Xingu e correlatos) e do SIT. D2 foi um sistema colisional paleoproterozoico, responsável pelo empilhamento tectônico na borda setentrional da PMC, de idade transamazônica (2,09 a 2,07 Ga) nomeado como Colisão Carajás-Bacajá. D3 afetou todas as unidades arqueanas da PMC sendo mais expressiva na borda oriental do Domínio Carajás, interpretada como um terceiro episódio orogênico, denominado Evento Tectono-termal Sereno, com idade em torno de 2,0 Ga. Finalmente D4, evento transcorrente de caráter rúptil, estaria relacionado a acomodações associadas à colocação dos corpos anorogênicos ao redor de 1,88 Ga.

6. Resultados

Este trabalho tem como principal resultado o mapa geológico-estrutural na escala de 1:50.000 do segmento N da Serra do Rabo e seções geológicas (Figura 5). A seguir, serão apresentadas as descrições das unidades mapeadas, da geologia estrutural e das feições metamórficas e hidrotermais observadas.

6.1. Unidades Mapeadas

Foram reconhecidas cinco unidades de mapeamento, a partir de análises de campo e descrições petrográficas, corroborando com as divisões estratigráficas propostas por DOCEGEO (1988) e ampliadas por Macambira (2003), adaptadas à escala deste trabalho e às características geológicas locais. São elas: Formação Parauapebas (anfibolitos finos a médios), Formação Carajás (formações ferríferas bandadas), Formação Igarapé Cigarra (metavulcânicas ácidas e metassedimentares clásticas), Complexo Luanga (metagabros porfiríticos) e Granito-Gnaisse Estrela (anfibólito-biotita-ortognaisse). Ocorrem ainda diques de composição gabróica.

6.1.1. Formação Parauapebas

Aflora preferencialmente nas regiões de baixios topográficos, ao longo de drenagens discretas, em lajedos e blocos. De acordo com Macambira (2003), a unidade representa episódio de vulcanismo máfico relacionado às primeiras etapas de abertura da bacia Carajás.

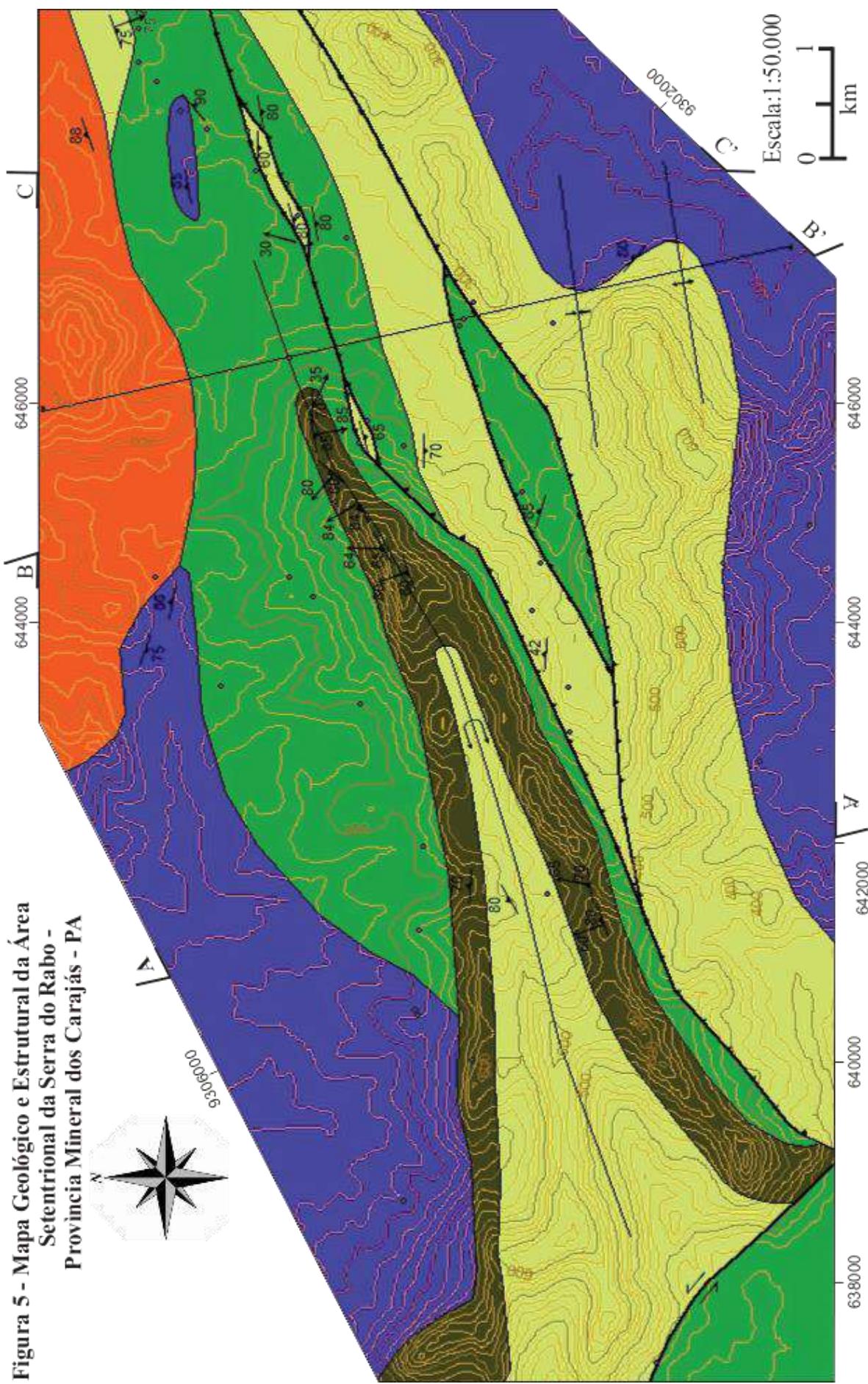
É representada por rochas anfibolíticas, de granulação fina a média e composição mineralógica essencial abarcando cristais de anfibólito verde claro à verde azulado (actinolita a hornblenda-actinolítica) e plagioclásios finos, por vezes sericitizados, e como acessórios biotita, epidoto, quartzo, clorita e opacos. Veios de quartzo e veios de anfibólito grosso cortam a unidade. Pode apresentar textura ofítica a subofítica em membros menos deformados. Localmente tem semipreservada uma textura almofadada (Figuras 6a e 6b) em conjunto com brechas hialoclásticas, indicando derrames em ambiente subaquoso. Em membros mais deformados apresenta textura nematoblástica e/ou lepidoblástica. Pode ocorrer foliação e/ou lineação mineral de discreta a bem desenvolvida. .

6.1.2. Formação Carajás

Responsável pelas mais destacadas feições geomorfológicas da área (Serra da Baleia e Pedra Preta) atingindo altitude de até 635 m. As cercanias dessas serra são marcadas por grandes depósitos de talus. No topo das serras ocorrem clareiras de vegetação menos densa (savana metalófila). Apresenta comportamento geofísico conspícuo, com forte anomalia magnetométrica e com ausência relativa de elementos radioativos, indicado por coloração escura no mapa aerogamaespectrométrico (composição RGB). A serra apresenta geometria marcante que remete a um megadobramento na escala de mapa.

As formações ferríferas encontradas são de fácies óxido, com intercalações de hematita e magnetita com quartzo, em bandas milimétricas a centimétricas irregulares e descontínuas (Figura 6c). As feições primárias estão, na sua maioria, transpostas por intensa deformação posterior à deposição. Ocorre dessilicificação e concentração de óxido de ferro nas charneiras, em especial no monolito da Pedra Preta, que representa uma grande zona de charneira. Observaram-se ocorrências de veios de quartzo e hematita especular cortando a unidade, além de veios de plagioclásio também com especularita. Percolações de óxidos e hidróxidos de manganês em fraturas tardias (pirolusita-psilomelana) são comuns.

Figura 5 - Mapa Geológico e Estrutural da Área Setentrional da Serra do Rabo - Província Mineral dos Carajás - PA



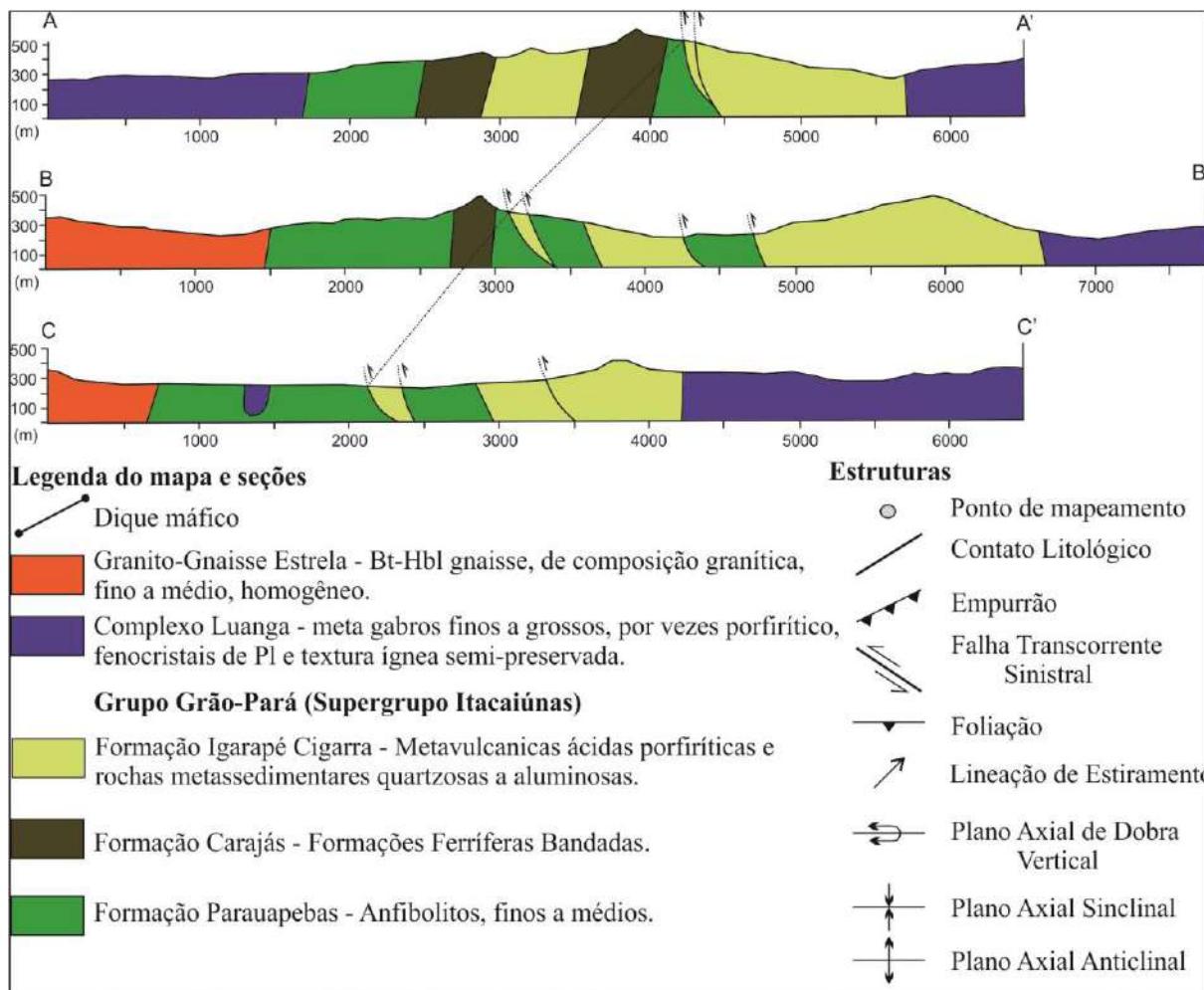


Figura 5 (cont.) - Seções geológicas A-A', B-B' e C-C' com pontilhado ligando empurrão presente em todas. Abaixo legendas litológicas e estruturais.

6.1.3. Formação Igarapé Cigarra

A sequência, composta por rochas orto e paraderivadas, ocupa principalmente uma série de morros alongados, com direção ENE-WSW e a porção interna entre as cristas de formações ferríferas. É representada preferencialmente por tons claros no mapa aerogamaespectrométrico, indicando altos de K, U e Th. A Formação Igarapé Cigarra na área apresenta uma porção essencialmente composta por rochas metavulcânicas ácidas, e outra dominada por rochas metassedimentares quartzosas a aluminosas.

Na porção metavulcânica ácida os afloramentos são lajeados e concentrações de blocos, quando a rocha está menos deformada (Figura 6d), ou como pequenas cristas alongadas no sentido da foliação principal. Análises petrográficas apresentaram diferenciação entre três tipos litológicos: meta-riolitos porfíriticos, com fenocristais de K-feldspato e quartzo azul e matriz muito fina (Figura 6e); biotita-quartzo-xistos com fenocristais de quartzo azul e K-feldspato moderada a intensamente deformados, com foliação bem desenvolvida por planos de biotita e opacos, por vezes calcita (provavelmente hidrotermal) pode estar associada.

A porção metassedimentar é representada por ardósias com mineralogia apresentando quartzo, biotita e opacos, ocorrendo na porção interna da dobra da Fm. Carajás (Figura 6f).

6.1.4. Complexo Luanga

Um conjunto de rochas porfiríticas de protólito máfico aflora em terrenos arrasados, por vezes em lajedos ou como conjuntos de blocos. São intrusivas nas unidades do GGP.

Trata-se de metagabros, de granulação fina a grossa, apresentando por vezes fenocristais de plagioclásio de até 5 cm (Figura 7a). São compostos essencialmente por anfibólio verde claro de composição variada (actinolita a hornblenda), plagioclásio idiomórfico normalmente sericitizado, além de epidoto, opacos e quartzo intersticial. Possuem textura ígnea bem preservada (ofítica a subofítica) apesar de a mineralogia ser metamórfica (Figura 7b).

Estas rochas foram compreendidas como segmentos tectonicamente desmembrados da associação de topo (zona máfica) do Complexo Luanga, aflorante cerca de 30 km a norte da área.

6.1.5. Granito-Gnaisse Estrela

Aflora no extremo norte da área de estudo em terreno ondulado, marcado por morros baixos (em torno de 400m). Tem sua assinatura destacada no mapa geofísico de aerogamaespectrometria por alto de todos os elementos (K,U e Th) apresentando coloração clara.

Em campo, aparece como lajedos escurecidos com foliação subvertical. O índice de cor é em torno de 15%. Em lâmina foi possível observar que é composta essencialmente por quartzo, plagioclásio, microclina, anfibólio (hornblenda), além de biotita e opacos, apresentando bandamento gnássico marcado principalmente por diferentes concentrações dos minerais maficos, (Figura 7c).

6.1.6. Outras Rochas Máficas

As rochas maficas apresentaram desafio à parte: afloramentos escassos, blocos isolados, textura fina; a distinção em campo entre as unidades que possuem componentes maficos foi de grande complexidade.

Blocos de rochas maficas sem deformação foram interpretados como diques, porém sem correlação estratigráfica precisa. Análises de lâminas delgadas mostraram duas assembleias mineralógicas e texturais distintas: metagabro de granulação fina a média, apresentando composição mineralógica a anfibólio, plagioclásio, epidoto, opacos e quartzo, com textura ofítica a subofítica (Figura 7d); e gabro grosso de composição mineralógica representada por clinopiroxênio e plagioclásio, além de clorita, biotita, opacos e quartzo intersticial, apresentando textura ofítica à subofítica. (Figura 7e). Foram compreendidas como dois eventos magmáticos distintos.

6.2. Geologia Estrutural

A deformação na área teve caráter heterogêneo, formou zonas de alta concentração de deformação e lentes onde texturas primárias são parcialmente preservadas. Os litotipos apresentam comportamentos reológicos distintos, o que distingue as estruturas observadas em cada um deles.

Na escala de mapa, a área se insere em uma grande zona de cisalhamento anastomosada, reversa e de alto ângulo, com direção principal ENE-WSW e movimento *up dip* a levemente oblíquo para NNW, associada a megadobramentos com planos axiais subparalelos a esta (Figura 5).

As lentes de baixa deformação aparecem preferencialmente nos tipos ortoderivados (Fm. Igarapé Cigarra, Fm. Parauapebas e Cpx. Luanga). Em afloramento por vezes observa-se

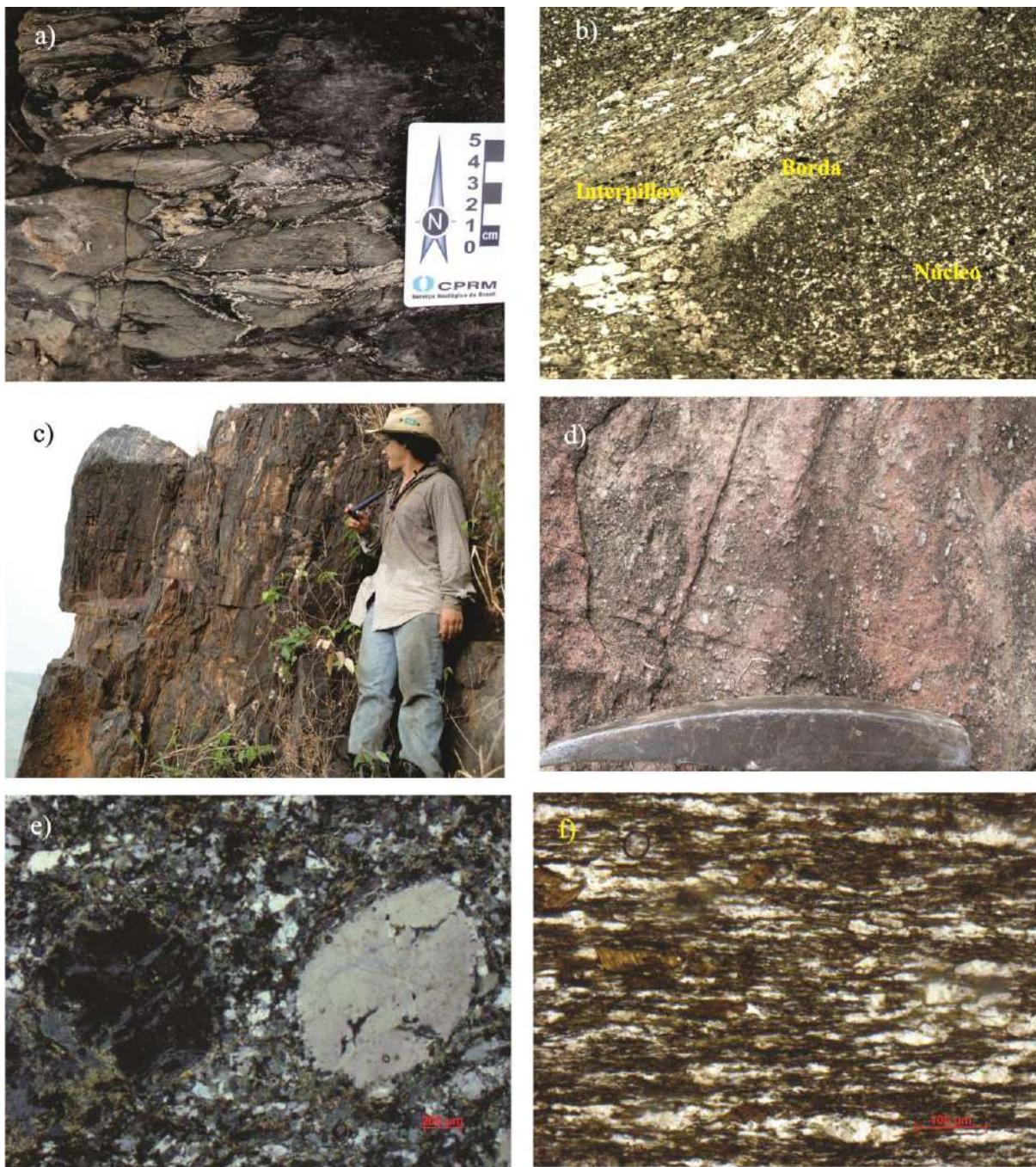


Figura 6. Fotos das Unidades do GGP. Fm. Parauapebas- a) afloramento mostrando textura almofadada semi-preservada; b) lâmina da mesma rocha, notar diferença de cor da borda para o núcleo da almofada; Fm. Carajás - c) formação ferrífera bandada com bandamento subvertical; Fm. Igarapé Cigarra - d) metariolito porfirítico pouco deformado; e) metariolito, fenocristais de quartzo e K-feldspato, matriz afanítica; f) ardósia de origem sedimentar com quartzo, biotita e muscovita.

uma foliação discreta, e na escala de lâmina foi possível observar cristais de quartzo, K-feldspato e plagioclásio com extinção ondulante e feições localizadas de recristalização.

Nos tipos mais deformados, a foliação tem direção preferencial ENE-WSW geralmente subvertical mergulhando ora pra sul, ora pra norte (Figura 8a). Em afloramento é comum observar uma xistosidade contínua, e em lâmina foi possível indentificar de uma clivagem ardósiana à uma xistosidade espaçada, por vezes apresentando zonas muito deformadas. Nas rochas de protólito máfico, a foliação é marcada pelo intercrescimento de anfibólio, biotita e/ou clorita intercalados com níveis de plagioclásio. Nas zonas de alta deformação, ocorre recristalização intensa, sendo comum a observação de cristais de

plagioclásio e anfibólio poligonizados (Figura 8b). As rochas vulcânicas ácidas, por vezes, apresentam foliação marcada por biotita, muscovita e localmente clorita. Próximo a zonas de cisalhamento podem formar níveis de quartzo fitado com textura poligonizada, onde os fenocristais tornam-se porfiroclásticos, manteados e rotacionados (Figura 8c). Membros paraderivados apresentam uma clivagem ardosiana marcada por quartzo, biotita e muscovita.

Em alguns lugares, foi possível observar que a foliação principal é plano axial de dobras intrafoliares (Figura 8d), indicando tratar-se de uma feição de transposição tectônica. Por esse motivo comprehendeu-se essa foliação como associada ao retrabalhamento de D1

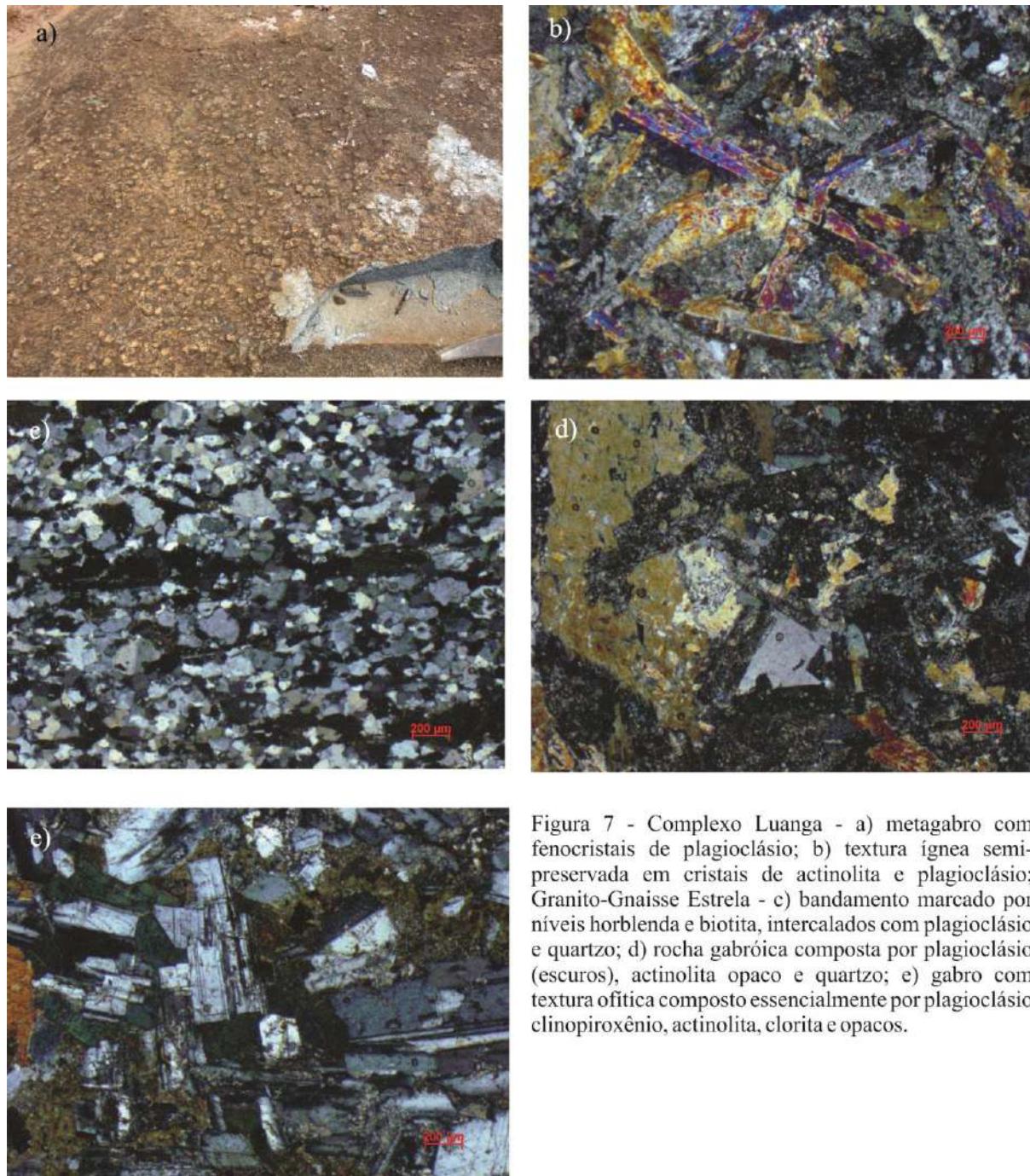


Figura 7 - Complexo Luanga - a) metagabbro com fenocristais de plagioclásio; b) textura ígnea semi-preservada em cristais de actinolita e plagioclásio; Granito-Gnaisse Estrela - c) bandamento marcado por níveis horblenda e biotita, intercalados com plagioclásio e quartzo; d) rocha gabróica composta por plagioclásio (escuros), actinolita opaco e quartzo; e) gabro com textura ofítica composto essencialmente por plagioclásio clinopiroxênio, actinolita, clorita e opacos.

(Orógeno Itacaiúnas) por D3 (Evento Sereno) de Tavares *et al.* (2013). Da mesma maneira, nas formações ferríferas foi possível observar que a foliação principal associada a D1, paralela ao bandamento primário, por vezes está transposta por cisalhamentos D3 (Figura 8e),

em posição plano axial aos dobramentos. Algumas feições observadas nas formações ferríferas, como foliação boudinada (Figura 8f), foram compreendidas como heranças da primeira fase de deformação.

Nas formações ferríferas, a lineação de estiramento é frequentemente a estrutura dominante, por vezes formando estruturas em lápis, apresentando cimento subvertical (Figura 9a). Também é marcante a presença de dobras isoclinais com planos axiais subverticais, e eixos paralelos à lineação. (Figuras 9b e 9c). Outros litotipos também podem apresentar lineações de estiramento *down dip* a oblíqua, porém menos expressivas e concentradas próximas às zonas de maior deformação.

Pelo menos uma geração de veios de quartzo e/ou feldspato ± hematita ± anfibólio cortam a foliação, apesar de se apresentarem dobrados, indicando seu caráter intertectônico entre D1 e D3 (Figura 9d). Outros veios de quartzo e/ou feldspato ± hematita sem deformação aparente são interpretados como pós-D3.

Rochas com textura brechada, geralmente hidrotermalizadas, ocorrem associadas a zonas de falhas tardias a pós-D3 (Figura 9e).

6.3. Metamorfismo e Hidrotermalismo

Os litotipos estudados para compreender o metamorfismo na área incluem rochas vulcânicas ácidas e metassedimentares da Fm. Igarapé Cigarra e rochas maficas da Fm. Parauapebas e do Cpx. Luanga.

As associações identificadas nos tipos metavulcânicos e metassedimentares da Fm. Igarapé Cigarra apresentam quartzo + biotita + muscovita. Essa associação não permite definição precisa do grau metamórfico, porém indica estabilidade em campo igual ou superior à zona da biotita, provavelmente em fácie xisto-verde.

As rochas maficas da Fm. Parauapebas e do Cpx. Luanga, de forma semelhante, apresentam paragênese mineral de anfibólio (actinolita a hornblendita) e plagioclásio, não comprovando, mas indicando fácie xisto-verde alto a anfibolito baixo. Os cristais de anfibólio por vezes apresentam distinto zoneamento composicional com núcleo de coloração verde clara actinolítica e bordas de coloração verde-azulada a castanho-azulada hornblendítica (Figura 9f). Observou-se desde bordas discretas de hornblendita ao redor de actinolita até cristais quase totalmente substituídos por hornblendita. Esses últimos por vezes estão associados a agregados de epidoto ± biotita. Os anfibólitos se encontram poligonizados quando próximos das zonas de cisalhamento. Esse zoneamento foi interpretado como associado a transformações hidrotermais incompletas ocorridas entre D1 e D3, provavelmente associados aos veios intertectônicos descritos anteriormente.

Ocorrem ainda outras evidências de hidrotermalismo na área, de caráter pós-tectônico em relação a D3, que podem afetar todos os litotipos estudados, com exceção dos diques maficos. Trata-se de zonas de silicificação, zonas de disseminação de sulfetos e carbonatos, zonas de veios com clorita e malaquita e brechas tectônicas com matriz sericítica.

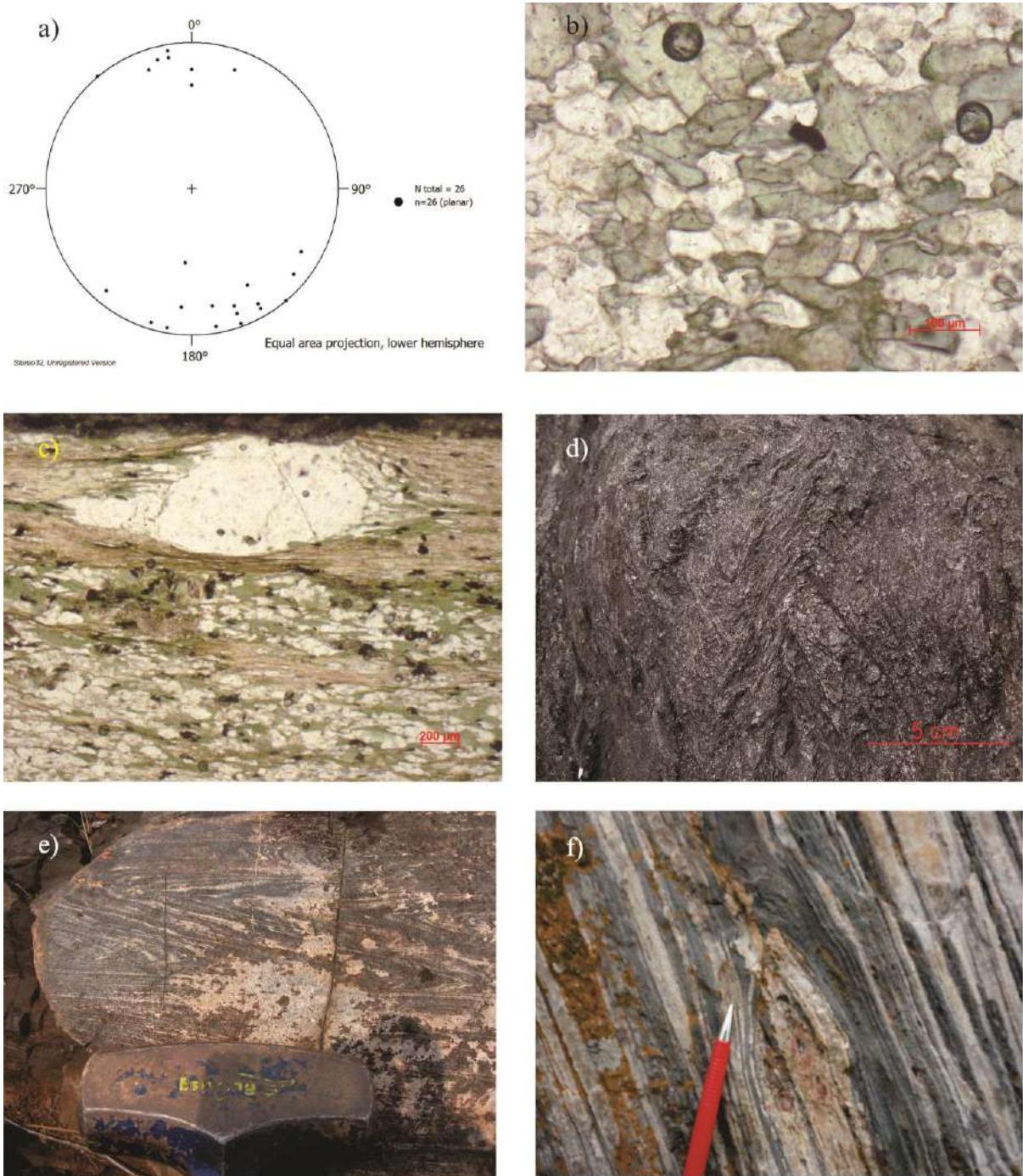


Figura 8 - a) Estereograma das foliações mostrando predomínio de mergulhos íngremes para WNW e ESE; b) Anfibolito da Fm. Parauapebas com cristais de Act e Pl poligonais; c) Metavulcânica ácida da Fm. Igarapé Cigarra intensamente deformada; d) Afloramento de brecha hialoclástica com dobras intrafoliares ; e) Foto mostrando a foliação transposta por deformação ferrífera; f) Detalhe de *boudin* em formação ferrífera.

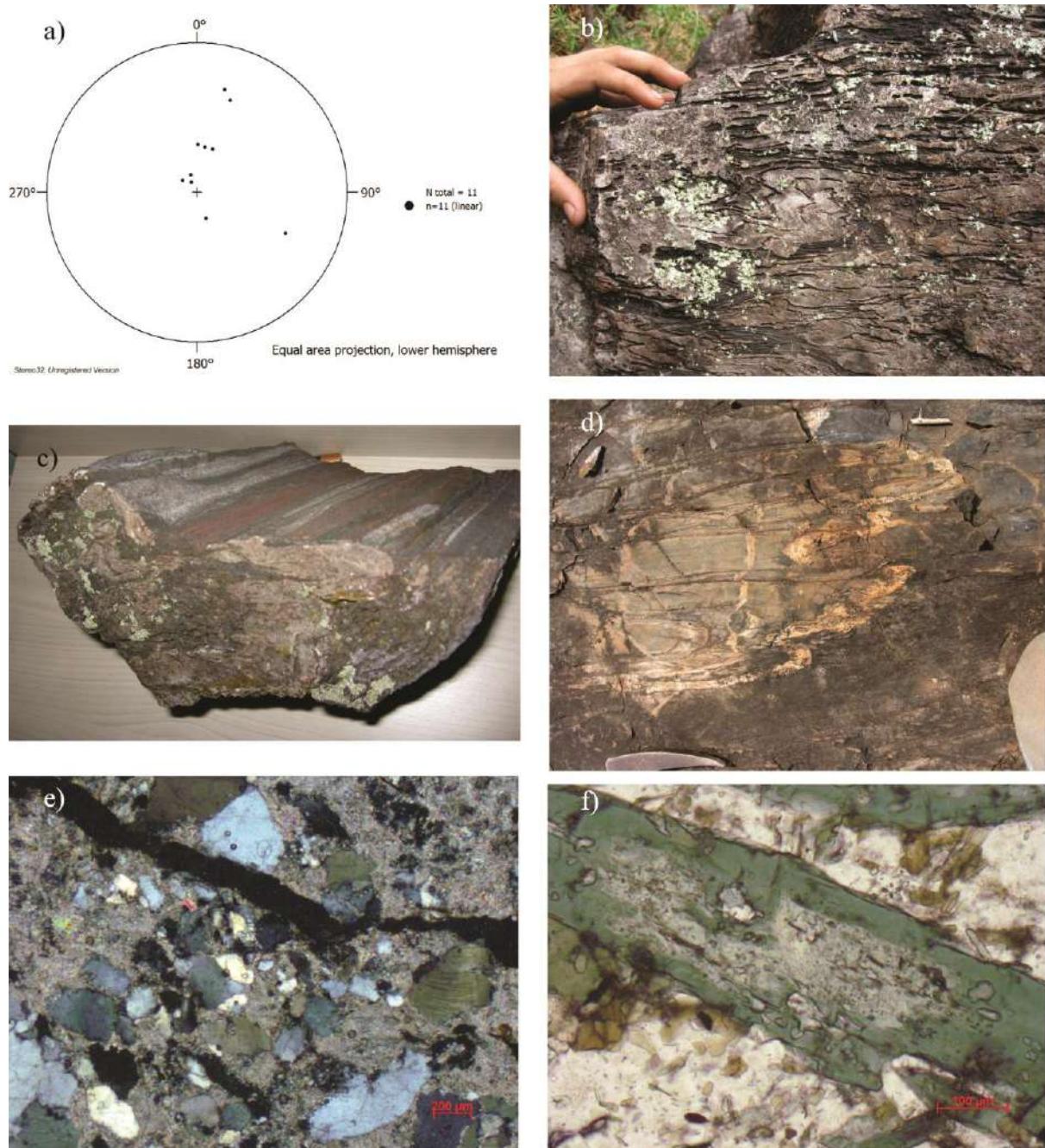


Figura 9 - a) Estereograma das lineações de estiramento; b) dobra assimétrica em formação ferrífera; c) Bloco de Formação ferrífera mostrando lineação *down dip* paralela ao eixo das dobras; d) Veio de quartzo dobrado em afloramento da Fm. Parauapebas; e) Brecha hidrotermalizada com matriz sericítica e carbonática, próxima da falha transcorrente; f) Cristal de anfíbólio zonado com núcleo de Act e borda de Hbl.

1. Conclusões

A área mapeada insere-se no contexto evolutivo neoarqueano-paleoproterozoico da PMC. Foi reconhecida a estratigrafia proposta por DOCEGEO (1988) e ampliada por Macambira *et al.* (2003) sendo identificadas rochas supracrustais correlacionáveis ao Grupo Grão-Pará (Fm. Parauapebas, Fm. Carajás e Fm. Igarapé Cigarra), e intrusivas correlatas (Complexo Luanga e Granito-Gnaisse Estrela). Foram reconhecidos expressivos pacotes de rochas metavulcânicas ácidas, compreendidas como pertencentes à Fm. Igarapé Cigarra, adicionalmente ao proposto por Macambira (2003) para região da Serra Norte. Foram identificados ainda diques máficos de dois eventos distintos.

As principais estruturas observadas na escala de mapa incluem zonas de cisalhamento anastomosadas, reversas e de alto ângulo, com direção principal ENE-WSW associadas a megadobramentos com planos axiais subparalelos a esta. Descreveu-se a superposição de estruturas relacionadas a eventos de caráter predominantemente compressivos, o que corrobora a tese de Tavares *et al.* (2013) para a região. Metamorfismo em fácies xisto-verde alto a anfibolito baixo, associado a deformação predominantemente dúctil, indica que as rochas do Grupo Grão-Pará e intrusivas correlatas encontradas na porção setentrional da Serra do Rabo pertencem a um bloco tectônico com evolução em nível crustal mais profundo que o reconhecido na literatura para a Serra dos Carajás. O fato de ambos estarem atualmente justapostos no nível da superfície se deve ao empilhamento tectônico ocasionado pelo Evento Tectono-Termal Sereno.

Do ponto de vista do hidrotermalismo foram observados pelo menos dois eventos distintos, um intertectônico em relação aos eventos Itacaiúnas e Sereno e outro posterior ao Evento Sereno.

2. Bibliografia

- Araújo, O.J.B. & Maia R.G.N. 1991. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – Programa Grande Carajás – Folha Serra dos Carajás (SB.22.Z.A). Estado do PA. Escala 1:250.000. Mapas*, Brasília, DNPM/CPRM, 164 p.il.2.
- Barros, C.E.M.; Macambira, M.J.M.; Barbey, P. & Scheller, T. 2004. Dados Isotópicos Pb-Pb em Zircão (Evaporação) e Sm-Nd do Complexo Granítico Estrela, Província Mineral de Carajás, Brasil: Implicações Petrológicas e Tectônicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(4): 531-538.
- Dall'Agnol, R.; Oliveira, M.A.; Almeida, J.A.C.; Althoff, F.J.; Leite, A.A.S.; Oliveira, D.C. & Barros, C.E.M. 2006. Archean and Paleoproterozoic granitoidsof the Carajás Metallogenic Province, eastern Amazonian Craton. In: Dall'Agnol, R.; Rosa-Costa, L.T. and Klein, E.L. (Eds) Symposium on magmatism, crustal evolution, and metallogenesis of the Amazonian Craton. Volume and Field Trip Guide. Belém. PRONEX-UFPA-SBGNO, 99-150.
- DOCEGEO. 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral. de Carajás. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, *Anais*, Anexo, 10-54.
- Krymsky, R.Sh.; Macambira, J.B. & Macambira, M.J.B. 2002. Geocronologia U-Pb em zircão de rochas vulcânicas da Formação Carajás, Estado do Pará. In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 2, Belém, *Anais*, 41.
- Macambira, J.B. 2003. O ambiente deposicional da Formação Carajás e uma proposta de modelo evolutivo para a Bacia Grão Pará. Programa de pós-graduação em Geologia, Universidade Federal de Campinas, Dissertação de Doutorado, 215p.
- Machado, N. Lindenmayer, Z. Krogh, T.E. & Lindenmayer, D. 1991. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil. *Precambrian Research*, 49: 329-354.
- Nogueira, A.C.R. Análise faciológica e aspectos estruturais da formação Águas Claras, região central da serra dos Carajás-PA. 1995. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. Dissertação de mestrado. 168p.
- Pinheiro, R.V.L. & Holdsworth, R.E. 2001. Reactivation of Archean strike-slip fault systems, Amazon region, Brazil. *J. Geol. Soc. London*. 154: 99-103.
- Santos, J.O.S. 2003. Geotectônica do Escudo das Guianas e Brasil Central. In: Bizzi, L.A. et al. (Ed). Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: texto mapas e SIG. Brasília: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 169-226.
- Tavares, F.M. Gaia, C.M. Justo, A.P. Lopes, E.C.S. & Oliveira, J.K.M. 2013. Evolução Geotectônica Arqueana-Paleoproterozoica do Segmento Oriental do Domínio Carajás: Uma Nova Abordagem. In; SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 13, Belém, 2013. *Resumos expandidos*, Belém, CD-ROM.