



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Geologia



Instituto de Geociências

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA**

LUÍS KENNEDY ANDRADE DE SOUSA

**"TIPOLOGIA, GEOMETRIA E CRONOLOGIA DA TECTÔNICA
VINCULADA AO VULCANO-PLUTONISMO FISSURAL
PALEOPROTEROZÓICO DA REGIÃO DE SÃO FÉLIX DO XINGU
(PA), CRÁTON AMAZÔNICO"**

**GEOCIÊNCIAS
U F P A**

**BELÉM – PARÁ
SETEMBRO - 2013**

LUÍS KENNEDY ANDRADE DE SOUSA

**"TIPOLOGIA, GEOMETRIA E CRONOLOGIA DA TECTÔNICA
VINCULADA AO VULCANO-PLUTONISMO FISSURAL
PALEOPROTEROZÓICO DA REGIÃO DE SÃO FÉLIX DO XINGU
(PA), CRÁTON AMAZÔNICO"**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Vizeu Lima Pinheiro

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Marcelo Dias Fernandes

BELÉM – PARÁ
SETEMBRO – 2013

LUÍS KENNEDY ANDRADE DE SOUSA


**"TIPOLOGIA, GEOMETRIA E CRONOLOGIA DA TECTÔNICA
VINCULADA AO VULCANO-PLUTONISMO FISSURAL
PALEOPROTEROZÓICO DA REGIÃO DE SÃO FÉLIX DO XINGU
(PA), CRÁTON AMAZÔNICO"**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Geologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará -
UFPA, em cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Data da Aprovação: 17/09/2013

Conceito: Bem

Banca Examinadora:



Prof. Roberto Vizeu Lima Pinheiro
Doutor em Geologia Estrutural
Universidade Federal do Pará



Prof. Francisco de Assis Matos de Abreu
Doutor em Geologia Estrutural
Universidade Federal do Pará



Prof. Fabio Henrique
Doutor em Geologia Estrutural
Universidade Federal do Pará

Aos meus pais, Américo e Nilda,
ao meu tio Raimundo e ao meu irmão
Luís Antônio.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de externar meus sinceros agradecimentos às pessoas e instituições que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. De modo particular ressalto:

A Deus por ter me concedido a vida e a paz de espírito necessária para superar os obstáculos.

Aos meus pais, Américo Silva e Nilda do Socorro e ao meu irmão Luiz Antônio por sempre me incentivarem durante toda a minha vida.

A toda a minha família que sempre me apoio e acreditou em minha capacidade.

A Universidade Federal do Pará (UFPA), Instituto de Geociências (IG) pela valiosa oportunidade de realizar o curso de graduação.

A todos os meus amigos de turma (2009), em particular ao Jhon Willy (pp), Luciano, Saulo, Kauê, João Paulo (Pumba), Bruno Portugal (Joãozinho), Thainá, Hanna, Carol, Robertinha, Raquel, Paulo Sergio (PS), Alex (Lobadoida), Thomas, Lilian, Ana, pela excelente convivência durante toda a graduação, pelo momentos divertidos, desafiadores, empolgantes, difíceis e descontraídos que passamos juntos durante o curso, e por suas amizades que irei levar por toda a vida.

Ao grupo PET-GEOLOGIA, em especial ao Prof. Dr. Vladimir de Araújo Távora, pela amizade e apoio durante toda a minha graduação.

Ao professor, orientador e amigo Dr. Roberto Vizeu Lima Pinheiro pela oportunidade, confiança, paciência e amizade durante o tempo de convivência. Obrigado pelos ensinamentos, críticas e sugestões durante o desenvolvimento deste trabalho, as quais foram muito válidas para o meu crescimento intelectual e moral.

Ao professor Dr. Carlos Marcelo Dias Fernandes proporcionar a realização desse trabalho e pela co-orientação, críticas e sugestões que valorizaram o ainda mais este trabalho.

Ao Grupo de Geologia Estrutural – GES (Fabio Henrique, Flora, Iara), pela convivência curta, divertida e valorosa.

Aos colegas e amigos que me ajudaram e me incentivaram. Expresso a minha profunda gratidão: Mauricio, Chealse, Joana, Malone, Jessica Lia, Fabricio, Waléria Ainnnet, Lidiane (Selvagem).

Por fim gostaria de agradecer a toda a equipe docente do curso de Geologia que contribuiu para a minha formação, assim como a todos os funcionários do IG que nos proporcionam um ambiente de trabalho mais agradável.

"O Destino é Inexorável"
Bernard Cornwell

RESUMO

O Cráton Amazônico, no final do Paleoproterozóico, foi palco de intenso vulcanismo efusivo e explosivo, identificado como evento Uatumã. Ele contém um grande volume de granitóides e vulcânicas intermediárias e félsicas, com subordinados tipos plutônicos máficos. Apesar do investimento em estudos geológicos na região nos últimos anos ainda há carência de dados geológicos, geoquímicos e estruturais mais detalhados que auxiliem no conhecimento da evolução das rochas vulcânicas, tanto na região próximo a cidade de São Félix do Xingu, quanto em relação ao Cráton como um todo. O trabalho consiste de um estudo, clássico em Geologia Estrutural, tendo como referencia as rochas vulcânicas paleoproterozóicas da Formação Sobreiro e Formação Iriri, assentadas discordantemente sobre rochas arqueanas do embasamento da região de Carajás. Visa a obtenção de dados estruturas no contexto das rochas vulcânicas para a elaboração de modelos estruturais que associados aos dados petrológicos existentes, permitam um avanço no entendimento desse segmento crustal amazônico. Os dados apresentados nesse trabalho, referentes às rochas da região de São Félix do Xingu, sugerem um modelo com dois episódios deformacionais: o primeiro transpressivo, de caráter dúctil, e o segundo transtensivo de caráter rúptil; que explica a disposição geométrica e o arranjo espacial das rochas observadas.

Palavras-chave: Geologia Estrutural. Cratón Amazônico. Grupo Uatumã.

ABSTRACT

The Amazonian Craton in the late Paleoproterozoic, was the scene of intense effusive and explosive volcanism, identified as Uatumã event. It contains a large volume of granitoids and intermediate and felsic volcanic rocks, with subordinate mafic plutonic types. Although the investment in geological studies in the region in recent years there is still lack of geological data, geochemical and structural assist in more detailed knowledge of the evolution of the volcanic rocks, both in the region near the town of São Félix do Xingu, as compared to the Craton as a whole. The work consists of a study in classic structural geology, taking as reference the volcanic rocks of the Paleoproterozoic Sobreiro Formation and Iri Formation, sitting unconformably on Archean basement rocks of the Carajás region. Aims to obtain data structures in the context of volcanic rocks to the development of structural models that associated with existing petrological data, enabling a breakthrough in the understanding of this crustal segment Amazon. The data presented in this work, referring to the rocks in the region of São Félix do Xingu, suggest a model with two deformational episodes: the first transpressive, ductile character, and the second transtensivo brittle character, which explains the geometric layout and spatial arrangement of rocks observed.

Keywords: Structural Geology. Amazon Craton. Event Uatumã.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.1 - Localização da área de estudo, próxima à cidade de São Félix do Xingu – PA..... 19
- Figura 1.2 -Fluxograma para as atividades realizadas neste trabalho. No início do trabalho foram realizadas pesquisa bibliográfica, com o objetivo de reunir um acervo de dados e mapas referentes à área estudada. Após ocorreu a leitura, análise e interpretação das imagens de satélite, e a realização dos trabalhos de campo. 20
- Figura 1.3 - Compartimentação das rochas em dois domínios tectônicos maiores em relação a sua profundidade na litosfera. A faixa com indicação de temperaturas litosféricas entre 250° e 350° C representa a transição entre os domínios rúptil e dúctil respectivamente. A curva na direita mostra a variação da tensão diferencial ($\sigma_1 - \sigma_3$) versus a profundidade, com máximo na posição da zona de transição rúptil-dúctil/dúctil-rúptil..... 23
- Figura 1.4 - Diferentes tipos de falhas, individualizadas a partir do modo de deslocamento relativo em relação ao teto. Quando a movimentação ocorre na direção do mergulho da falha, e o piso sobe em relação ao teto, se trata de uma Falha Normal, contudo quando o piso desce em relação ao teto, a falha é dita Inversa. Quando a movimentação ocorre paralela as parades da falha, pode se tratar de falhas Dextral ou Sinistral. A união de Falhas Normais e/ou Inversas, com falhas direcionais, o produto são falhas obliquas. E o quarto tipo de falhas e quando ocorre um deslocamento em rotação. 26
- Figura 1.5 - Principais tipos de fraturas. Fraturas I, produto da ação de movimentos perpendiculares à parede das fraturas; Fratura II, produto da movimentação paralela à borda das fraturas; e Fraturas III, produto de movimentos cisalhantes paralelos às bordas da fratura. 27
- Figura 2.1 -As províncias do Cratón Amazônico. A região de São Félix do Xingu se situa na província geocronológica Amazônia central, na qual é compartimentada nos domínios Iriri-Xingu e Curuá-Mapuera, sendo que o primeiro domínio é onde a área de estudo está localizada..... 30
- Figura 2.2 -Mapa geológico parcial da região de São Félix do Xingu, Folha SB-22-Y-B. Nota-se que dentro da área de estudo (quadrado preto) ocorrem rocha que constituem as unidades Complexo Xingu e Grupo São Felix de idade Arqueana, as unidades do Grupo Uatumã (Formação Sobreiro e Formação Iriri), a Suíte Intrusiva Velho Guilherme de idade Paleoproterozóica, e Depósitos Quaternário. 32

- Figura 2.3 -Mapa de fácies, das rochas da Formação Sobreiro e da Formação Iriri, na região localizada nas adjacências da cidade de São Félix do Xingu. Nota-se que a Formação Sobreiro é constituída por uma fácies vulcanoclástica e fácies de fluxo de lava maciça. A Formação Iriri é constituída por fácies ignimbrito, fácies fluxo de lava maciça, fácies vulcanoclástica félsica próxima da fonte e fácies granito porfírico... 35
- Figura 3.1 - Mapa das feições lineares regionais interpretados a partir das imagens SRTM. Em destaque observa-se na rosácea que a direção preferencial das estruturas lineares é de NE-SW. O quadro representa a área de estudo. O mapa está georreferenciado com o sistema de coordenado UTM, zona 22S..... 41
- Figura 3.2 - Mapa de escala 1:200.000 de feições lineares retirados das imagens SRTM com o uso do *software* Arcgis 10. Mostra com mais detalhe a relação dos lineamentos na área de estudo. Notar o grande lineamento com direção NE-SW que corta quase toda a área e as estruturas associadas a ela. O mapa está georreferenciado com o sistema de coordenado UTM, zona 22S. 42
- Figura 4.1 - Afloramento do tipo corte de estrada (Ponto 01), se observa a forma dos micaxistos e as estruturas que ocorrem: xistosidade, as falhas normais, e os veios de quartzo (em amarelo). Se nota que as falhas normais deslocam os veios de quartzo e modificaram a atitude da xistosidade, que deixou de ser NE-SW, com mergulho para NW, para NW-SE, mergulho para SW..... 46
- Figura 4.2 - Rocha de coloração roxa claro, com pórfiros de plagioclásio caolinizados orientados, que ocorrem nos metapelitos, possivelmente essa rocha trata-se de uma injeção ígnea (Ponto 03). 47
- Figura 4.3 - Riolito porfírico isotrópico de coloração roxa escura, constituída de pórfiros de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, e com ausência de estruturas..... 48
- Figura 4.4 - A) riolito com foliação contínua, que possivelmente seria uma foliação de fluxo magmático de direção preferencial NE-SW, com mergulho para SE, e valores entre 55° a 90°Az (Ponto 09). B) No ponto 12, no riolito ocorrem cristais grossos de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, que nesse afloramento estão orientados. 49
- Figura 4.5 -A) No ponto 13, os riolitos apresentam foliação de fluxo magmático, que forma em locais nesse afloramento dobras convolutas. B) dobras convolutas que ocorrem no riolito, e possuem direção de caimento média NW, com valores de caimento ≈30°..... 49
- Figura 4.6 - Brechas vulcanoclásticas de coloração cinza rosada, constituída por uma matriz fina, e por cristais grossos de quartzo, K-feldspato e plagioclásio. Estas brechas são fortemente fraturadas (Ponto 11).... 50

- Figura 4.7 -No ponto 10 se observa com muita clareza como as brechas vulcânicas estão estruturadas. Estas rochas apresentam foliação de fluxo magmático de direção 010° a 045° Az, com mergulho para NW, e valores de mergulho altos ($\approx 87^\circ$), e são fortemente fraturadas, com fraturas de direção 010°-040°Az, NW-SE e N-S..... 51
- Figura 4.8 - Brecha autoclástica de coloração roxa escura, constituída por matriz fina de composição riolítica, e por fragmentos de rocha de granulação média, e de composição similar a da matriz (Ponto 14). 52
- Figura 4.9 - No ponto 08, é descrito rocha de coloração rosa clara à roxa acinzentada, de granulação fina, intensamente fraturada, e aparentemente maciça. 53
- Figura 5.1 - Micaxisto com xistosidade de direção NE-SW, ora com mergulho para NW ora para SE, e com valores altos de mergulho (Ponto 01). 55
- Figura 5.2 -No ponto 12, os riolitos apresentam foliação de fluxo magmático de direção NE-SW, com mergulho para SE, e com valores altos ($\approx 78^\circ$). A ponta da caneta marca o norte..... 56
- Figura 5.3 - Dobra convoluta, que ocorre nos riolitos, mencionados no capítulo anterior. As dobras possuem direção de caimento NW, e com valores altos ($\approx 70^\circ$) de caimento, e são estruturas formadas a partir do fluxo magmático (Ponto 12). Nessa foto a tampa da lapiseira marca o norte. 57
- Figura 5.4 - No ponto 04, nos micaxistos ocorrem bandas de cisalhamento, de dimensões centimétricas, e com direção 29°/255°Az. Essas estruturas apresentam movimentação normal. 58
- Figura 5.5 - A) Falhas sinistrais em brecha vulcanoclástica, nota-se que o rejeito provocado é de aproximadamente 2 a 3 cm (Ponto 10); B) No riolito, ocorrem falhas sinistrais com rejeito que varia entre 3 a 5 cm. Em ambas as fotos a ponta da lapiseira marca o norte (Ponto 10). ... 59
- Figura 5.6 - Falha normal no riolito descrito no ponto 10. Nota-se que devido ao rejeito provocado e pela rocha apresentar mergulho devido à foliação de fluxo magmático, se produziu um falso movimento sinistral. 59
- Figura 5.7 -Seção esquemática do ponto 02, constituído por micaxisto cortado por veios de quartzo (em amarelo) e falhas inversas (traços mais grossos). Nota-se que as falhas provocam rejeito que varia de 20 a 30 cm. A direção da xistosidade em cada parte do afloramento está representada abaixo da seção. 60
- Figura 5.8 -A) Fraturas de direção 075°Az, 030°Az e 125°Az, que ocorrem nos riolitos do ponto 09, nota-se o ângulo produzido entre essas fraturas. Nessa foto a ponta da lapiseira marca a direção do norte. B) No ponto 08, o tufo vulcânico é fortemente fraturado, por fraturas de direção: NE-SW, N-S, NW-SE, etc..... 61

- Figura 5.9 - A) Fratura T, na brecha vulcânica descrita no ponto 10, nota-se que devido ao espaço produzido nessas fraturas por movimentos extensionais, cristais de quartzo se cristalizaram preenchendo os espaços. B) No riolito porfirítico do ponto 09, ocorrem também fraturas T, e do mesmo modo nas brechas vulcânicas, cristais de quartzo preenchem o espaço produzido pelas fraturas..... 62
- Figura 6.1 -Estereograma com as atitudes da xistosidade que ocorre nos micaxistos anteriormente descritos. A) planos da xistosidade e B) os polos dos planos; n é o numero de medidas. 63
- Figura 6.2 -A) Estereograma com a atitude dos planos da xistosidade, que são modificadas pelas falhas que cortam o micaxisto, nos pontos 01 e 02. B) O produto da interferência das falhas que ocorrem no micaxistos é a existência de dobras com eixo para NW, com valor de caimento $\approx 70^\circ$ 64
- Figura 6.3 - Seção esquemática do micaxisto descrito no ponto 01 se observa a relação entre a xistosidade e as falhas; e a formação de dobras, produzidas a partir da modificação da atitude dos planos da xistosidade. Em amarelo: veios de quartzo. 65
- Figura 6.4 -A) seção esquemática da relação entre o micaxisto e o granito (Ponto 03); e B) Estereograma com as atitudes dos planos da xistosidade (micaxisto) e da foliação de fluxo magmático (granito). Nota-se que a direção é E-W, com sentido de mergulho para N, e valores altos de mergulho..... 66
- Figura 6.5 - A) Riolito porfirítico com foliação de fluxo magmático no qual os cristais de quartzo e feldspato orientados evidenciam a direção da foliação; e B) Estereograma com as atitudes dos planos da foliação de fluxo magmático, que é de direção NE-SW, com sentido de mergulho para SE, com valores intermediários a altos de mergulho. 67
- Figura 6.6 - A) Estereograma com as atitudes dos planos das falhas que ocorrem nos micaxistos, que apresentam direção NE-SW ou N-S, com mergulho ora pra SE ora pra W; B) Rosacea para as direções de planos de falhas que ocorrem nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas, nota-se as falhas apresentam preferencialmente direção NE-SW..... 68
- Figura 6.7 - Rosacea para as direções de planos de fraturas que ocorrem nos tufo, nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas, nota-se que as fraturas apresentam direção preferencial para N-S..... 69
- Figura 6.8 -Rosacea para as direções de planos de fraturas T que ocorrem nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas, nota-se que as fraturas T apresentam direção preferencial para NE-SW. 70
- Figura 6.9 - A) Estereograma para as atitudes das bordas dos veios nos micaxistos se observa que essas estruturas apresentam direção NE-SW, com sentido de mergulho para NW, e com valores altos de mergulho. B) Rosácea com a direção preferencial N-S das bordas dos veios que cortam os riolitos e as brechas vulcanoclásticas..... 71

Figura 7.1 -Modelo evolutivo proposto para as rochas da região de São Félix do Xingu, que sugere dois episódios de deformação. O primeiro foi um evento transpressivo de caráter dúctil e rúptil, responsável pela formação da xistosidade e da Falha Sinistral, que foi utilizada como conduto do magma que originou as rochas vulcânicas do Grupo Uatumã. O segundo foi um evento Transtensivo de caráter rúptil, que originou os sistemas de falhas e faturamento das rochas expostas.. 73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Objetivo	18
1.2	Localização da Área Estudada e Acessos	19
1.3	Métodos e Atividades Realizadas	20
1.4	Atividades de Escritório.....	21
1.5	Metodologia de Campo	22
1.6	Definições de Termos e Conceitos Aplicados	22
2	GEOLOGIA REGIONAL	28
2.1	Província Amazônia Central	29
2.2	Litoestratigrafia, aspectos estruturais e geocronologia.....	31
2.2.1	Complexo Xingu	31
2.2.2	Grupo São Sebastião	33
2.2.3	Formação Sobreiro.....	34
2.2.4	Formação Iriri	36
2.2.5	Suíte Intrusiva Velho Guilherme	37
3	SENSORIAMENTO REMOTO	39
3.1	Leitura e análise dos lineamentos estruturais.....	39
3.2	Interpretação dos Lineamentos	43
4	LITOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO.....	45
4.1	Micaxisto	45
4.2	Riolito Porfirítico Isotrópico	48
4.3	Riolito Porfirítico	48
4.4	Brechas Vulcanoclásticas	50
4.5	Brecha Autoclástica	52
4.6	Tufo Vulcânico.....	53
4.7	Correlação das Unidades.....	54
5	ESTRUTURAS DAS ROCHAS	55
5.1	Xistosidade	55
5.2	Foliação de fluxo magmático	56
5.3	Dobras Convolutas.....	57
5.4	Banda de Cisalhamento	58
5.5	Falhas	58

5.6	Faturas	61
5.7	Veios	62
6	GEOMETRIA DAS ROCHAS	63
6.1	Xistosidade	63
6.2	Foliação de Fluxo Magmático	66
6.3	Dobras Convolutas	67
6.4	Bandas de Cisalhamento	67
6.5	Falhas	68
6.6	Faturas	69
6.7	Faturas T	70
6.8	Veios	71
7	DISCUSSÃO E MODELO EVOLUTIVO	72
8	CONCLUSÃO	74
	REFERENCIAS	75
	ANEXO A – MAPA ESTRUTURAL	81
	ANEXO B – MAPA DE PONTOS	82
	ANEXO C – TABELA DE DESCRIÇÕES DE PONTOS	83

1 INTRODUÇÃO

O Cráton Amazônico, no final do Paleoproterozóico, foi palco de intenso vulcanismo efusivo e explosivo, identificado como evento Uatumã (PESSOA et al., 1977). Ele contém um grande volume de granitóides e vulcânicas intermediárias e félsicas, com subordinados tipos plutônicos máficos (BETTENCOURT; DALL'AGNOL, 1987; DALL'AGNOL et al., 1999a; TEIXEIRA et al. 2002a).

Esta unidade tectônica é considerada uma das últimas fronteiras para a exploração de recursos minerais essenciais para o desenvolvimento da humanidade, a qual hospeda depósitos de ouro, cobre, ferro, manganês, e outros (RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO - DOCEGEO, 1988; JULIANI et al, 2008). Com isso, vários pesquisadores estão atraídos a realizar estudos na região, bem como, junto com órgãos públicos e privados, a descoberta de novas jazidas e sua relação com o magmatismo, e com isso, o melhor entendimento da evolução do Cráton Amazônico.

Nas adjacências da cidade de São Félix do Xingu, localizada na região centro-sul do Estado do Pará, as rochas registram evidências para a ocorrência do extenso vulcanismo do final do Paleoproterozóico, com rochas vulcânicas e vulcanoclásticas muito pouco deformadas a não metamorfisadas (FERNANDES, 2009).

Nessa região a sequência basal, de composição intermediária, foi depositada em derrames e está capeada por rochas félsicas predominantemente riolítica, cuja efusão foi predominantemente controlada por grandes fissuras orientadas segundo NE-SW. Essas rochas, dessas unidades, se encontram reunidas nas formações Sobreiro e Iriri, respectivamente. Datações Pb-Pb por evaporação em zircão apontam idade de aproximadamente 1.88 Ga para estas rochas (PINHO et al. 2006).

Esta associação de rochas vulcânicas tem sido correlacionada ao evento Vulcano-plutônico Paleoproterozóico conhecido como Uatumã (FERNANDES et al., 2006; JULIANI et al., 2010; TEIXEIRA, 1999; JULIANI et al., 2008; TEIXEIRA et al., 2002b). O produto deste evento corresponde ao grande volume de rochas granitóides de composições e de naturezas diversas, bem

como a extensos derrames e fluxos vulcanoclásticos félsicos, e subordinadamente, rochas de composição intermediária. Diversos depósitos minerais de metais preciosos e de base estão associados a essas rochas (JULIANI et al., 2010).

Apesar do investimento em estudos geológicos na região nos últimos anos ainda há carência de dados geológicos, geoquímicos e estruturais mais detalhados que auxiliem no conhecimento da evolução das rochas vulcânicas, tanto na região próximo a cidade de São Félix do Xingu, quanto em relação ao Cráton como um todo.

Este trabalho apresenta dados estruturais registrados nas rochas vulcânicas e no embasamento (Complexo Xingu e Grupo São Félix), que estão localizados próximos à cidade de São Félix do Xingu, no Estado do Pará. Compreendendo principalmente o mapeamento e a coleta desses dados.

O trabalho aborda em particular a relação das rochas vulcânicas com o seu embasamento, e a evolução dessas rochas, sobre o ponto de vista estrutural. Pretende-se contribuir para o entendimento do quadro tectônico da região, visto que poucos trabalhos foram feitos nessa região, que abordam o ponto de vista estrutural.

1.1 Objetivo

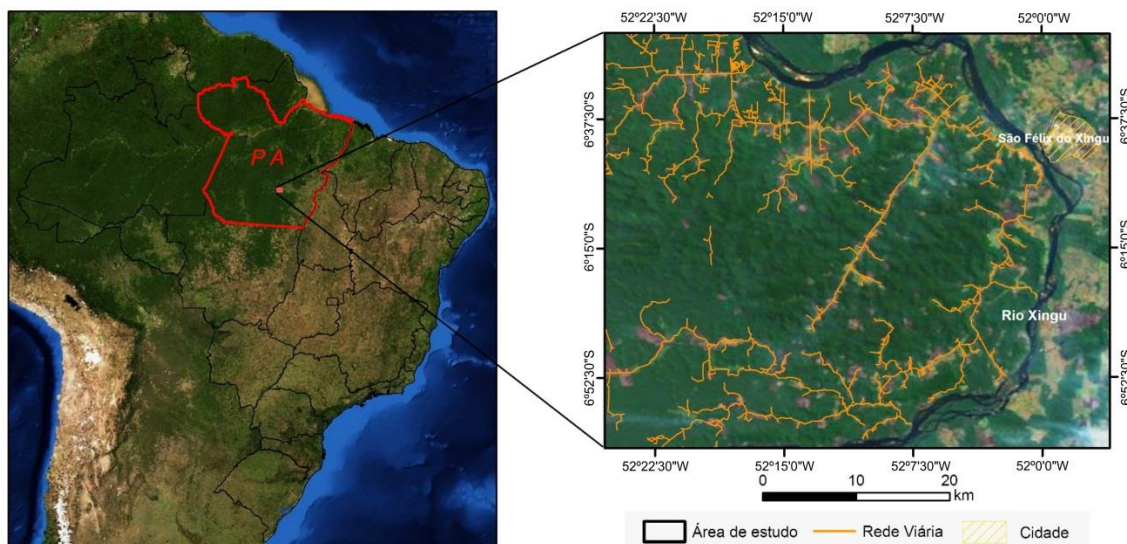
O trabalho consiste de um estudo, clássico em Geologia Estrutural, tendo como referencia as rochas vulcânicas paleoproterozóicas da Formação Sobreiro e Formação Iriri, assentadas discordantemente sobre rochas arqueanas do embasamento da região de Carajás. Visa a obtenção de dados estruturais, em escala de afloramento, no contexto das rochas vulcânicas para a elaboração de modelos estruturais que associados às dados petrológicos existentes, permitam um avanço no entendimento desse segmento crustal amazônico.

1.2 Localização da Área Estudada e Acessos

A área escolhida para estudos está localizada a oeste do município de São Félix do Xingu, na região centro-sul do Estado do Pará (Figura 1.1).

O principal acesso a área de estudo, com partida de Belém, se dá pela rodovia Br – 316, passando para rodovia Br – 010, até chegar a cidade de Dom Eliseu, a qual se segue através da rodovia Br – 222 até a cidade de Marabá, pela PA - 150, até Xinguará, onde se segue pela a PA - 279, até a cidade de São Felix do Xingu.

Figura 1.1 - Localização da área de estudo, próxima à cidade de São Félix do Xingu – PA.

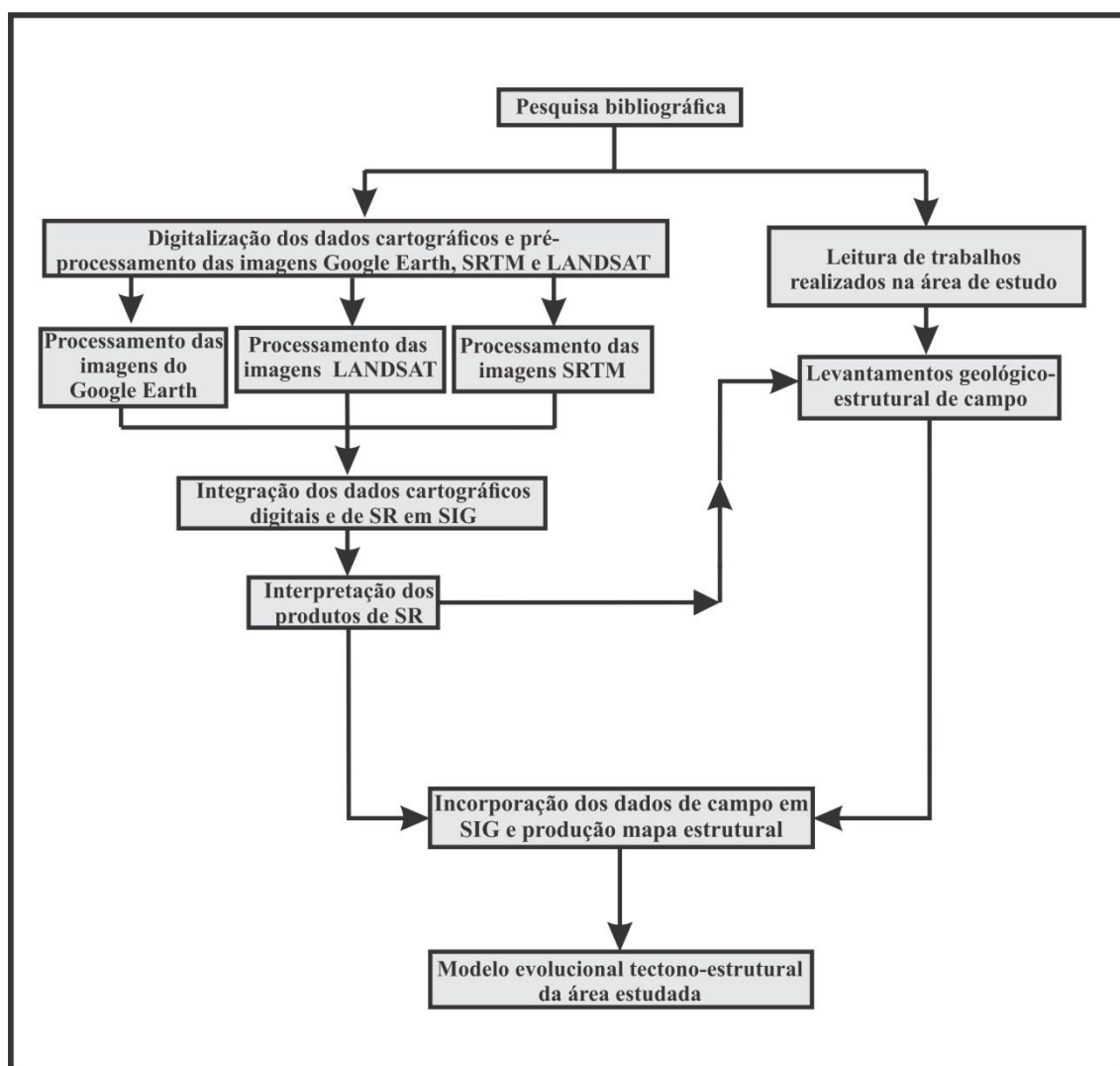


Fonte: Adaptado de Imagens do Google Earth (2013).

1.3 Métodos e Atividades Realizadas

Para atingir os objetivos propostos foram aplicadas técnicas de mapeamento geológico de superfície, dando ênfase à investigação das estruturas tectônicas como falhas, fraturas, veios, foliações, etc (MCLAY, 1987). Para se resumir, as atividades realizadas no decorrer desse trabalho, foi confeccionado o fluxograma da Figura 1.2.

Figura 1.2 - Fluxograma para as atividades realizadas neste trabalho. No início do trabalho foram realizadas pesquisa bibliográfica, com o objetivo de reunir um acervo de dados e mapas referentes à área estudada. Após ocorreu a leitura, análise e interpretação das imagens de satélite, e a realização dos trabalhos de campo.



Fonte: Elaborado pelo autor

1.4 Atividades de Escritório

1. Foi realizada pesquisa bibliográfica e cartográfica do acervo existente, com objetivo de reunir em textos e mapas os dados disponíveis sobre a geologia e cartografia da área, enfatizando os aspectos relacionados às características tectônicas, estratigráficas, petrográficas, geoquímicas, e geocronológicas das rochas expostas na área;
2. Interpretação visual de imagens de sensores remotos (8 imagens SRTM, 6 imagens LANDSAT e 2 imagens GEOCOVER), além de imagens provenientes do Google Earth 6.0, com a finalidade de se preparar mapas de logística; e de feições lineares de relevo e drenagem na escala de 1 : 250.000. Nas imagens LANDSAT foi realizado a fusão das bandas 3, 4 e 7. Os produtos obtidos foram armazenados em banco de dados do Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os *software* utilizadas para digitalização e a confecção dos mapas foram ArcGis 10 e GlobalMapper.
3. A Identificação dos lineamentos estruturais (relevo e drenagem) a partir de imagens de sensores remotos levou em consideração a leitura visual, análise e interpretação dos padrões morfológicos de drenagem e relevo. A extração dos elementos foi realizada a partir da visualização e retirada direta das feições na imagem sem uso de algum *software*; baseada na sistemática de Veneziani e Dos Anjos (1982).
4. Incorporação dos dados de campo em SIG e produção do mapa estrutural da área de estudo: A organização das informações resultantes dos levantamentos de campo e integrados aos resultados de interpretação dos produtos de sensoriamento remoto, permitiram a confecção de um mapa estrutural da área de estudo, em escala de 1:250.000 (Anexo A).
5. Criação do modelo de evolução tectono-estrutural da área de estudo: A análise integrada das informações obtidas a partir das atividades anteriores permitiu concluir o trabalho com a apresentação de uma nota explicativa, contendo um modelo de evolução tectono-estrutural da área de estudo.

1.5 Metodologia de Campo

Os dados foram coletados em campo, no período de 07 a 11 de Fevereiro de 2013, onde foram aplicadas técnicas de mapeamento geológico básico, para o reconhecimento regional e de detalhe das feições estruturais.

Estudos detalhados dos elementos tectônicos associados às rochas vulcânicas e ao seu embasamento, com a coleta de dados quanto à geometria e cinemática das estruturais (rejeito de falhas, foliações, lineações, fraturas, planos de falhas) seguiram os procedimentos sugeridos em Ramsay e Huber (1987); McClay (1991); Twiss e Moores (1992) e Davis e Reynolds (1996). O formato adotado para a coleta das atitudes das estruturas foi *dip/dip direction*. Foram desenhadas seções esquemáticas orientadas em diferentes escalas com destaque a geometria das rochas.

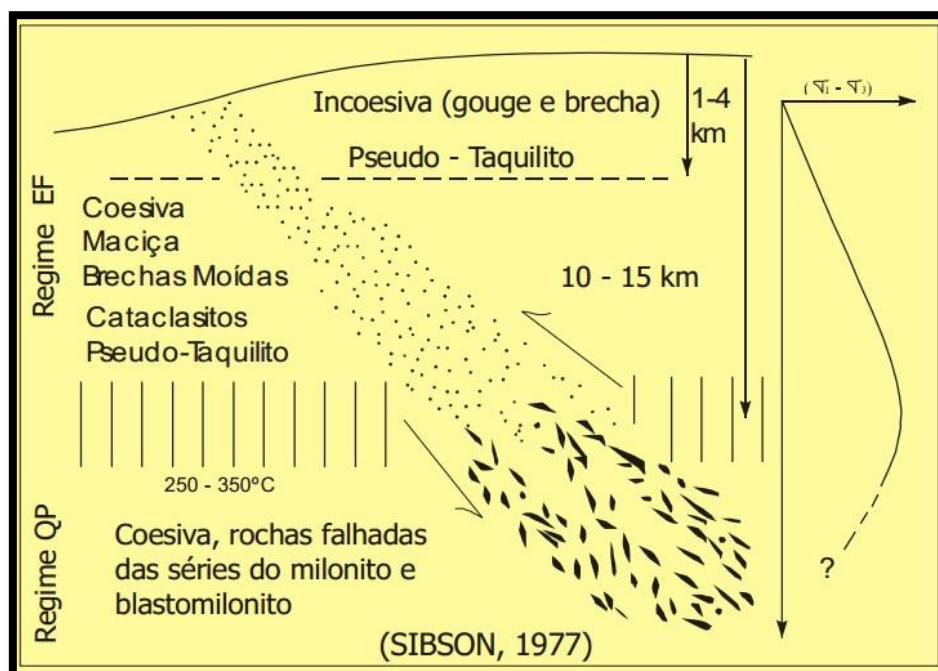
1.6 Definições de Termos e Conceitos Aplicados

É apresentada a seguir, uma síntese dos principais conceitos e definições de termos utilizado no decorrer dessa pesquisa. Tem como objetivo inserir o leitor, no sentido da terminologia aqui empregada, principalmente aquela mais específicas.

- *Estruturas Primárias* – são aquelas que têm sua origem durante o processo de formação das rochas sedimentares e ígneas, tais como a estratificação sedimentar e foliação de fluxo de magmas (DAVIS, REYNOLDS, 1996).

- *Domínios Tectônicos* - segundo Sibson (1977), as rochas que constituem a litosfera, podem ser podem ser compartimentadas em dois domínios tectônicos maiores em relação a sua profundidade: Domínio Rúptil e Domínio Dúctil (Figura 1.3). O primeiro domínio ocorre em níveis crustais relativamente rasos, chegando até a 15 km de profundidade, enquanto que o segundo domínio atua em rochas localizadas em profundidades abaixo de 10 a 15 km. Entre os dois domínios existem uma zona de transição marcada pela atuação dos dois regimes rúptil e dúctil, e possui temperaturas entre 250° a 350° C.

Figura 1.3 - Compartimentação das rochas em dois domínios tectônicos maiores em relação a sua profundidade na litosfera. A faixa com indicação de temperaturas litosféricas entre 250° e 350° C representa a transição entre os domínios rúptil e dúctil respectivamente. A curva na direita mostra a variação da tensão diferencial ($\sigma_1 - \sigma_3$) versus a profundidade, com máximo na posição da zona de transição rúptil-dúctil/dúctil-rúptil.



Fonte: Sibson, 1977.

- *Estruturas Secundárias (Tectógenas)* – são aquelas originadas pela atuação de esforços (*stress*) sobre as rochas, causando a deformação e gerando mudança de forma, trama e eventualmente composição mineralógica. Essas estruturas são comumente relacionadas a metamorfismo regional (DAVIS; REYNOLDS, 1996).

- *Deformação* – refere-se a mudanças na posição, forma e volume de um corpo rochoso devido à ação de tensores, que tendem a formar estruturas geológicas para acomodar essas condições (PASSCHIER; TROUW, 2005).

- *Foliação* – são discontinuidades de caráter penetrativo, caracterizadas como elementos planares, podendo ser definidas por variação espacial na granulometria dos minerais constituintes das rochas, pela orientação preferencial de minerais alongados, placosos ou agregados de minerais, por discontinuidades planares como microfaturas, ou ainda pela combinação desses elementos (PASSCHIER; TROUW, 2005).

A classificação morfológica das foliações segue as características de seus domínios (espaçada ou contínua), pelo modo como os minerais planares se arranjam mutuamente e por sua composição, de acordo com o modelo proposto por Twiss e Moores (1992), mostrado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 - Classificação das foliações do tipo espaçada e contínua. Nota-se que a Foliação pode ser de dois tipos Espaçada e Contínua.

Foliação e Clivagem	Espaçada	Composicional	Difusa (foliação de transposição)
			Bandada (bandamento gnáissico)
		Disjuntiva	Estilolítica (estilótilos)
			Anastomótica (clivagem de fratura)
			Grossa (Foliação milonítica)
			Suave (Foliação milonítica)
	Crenulação	Zonal (clivagem de crenulação)	
		Discreta (clivagem de crenulação)	
	Contínua	Fina	Microcrenulação
			Microdisjuntiva
Microcontínua			
Grossa		Xistosidade	

Fonte: Modificado de Twiss e Moores (1992).

- *Foliação milonítica* – caracterizada pela disposição planar de grãos (ou agregados) resultantes do fluxo plástico lamelar, imposto por cisalhamento não coaxial ao longo de zonas de cisalhamento (HASUI, COSTA, 1992) em que a recristalização é o processo principal.

- *Lineação* - é qualquer feição linear que ocorre de forma penetrativa em um corpo rochoso. É definida pela orientação preferencial de cristais euedrais ou subedrais de forma alongada, como anfibólio, turmalina, silimanita ou por micas (PASSCHIER, TROUW, 2005) (Tabela 1.2).

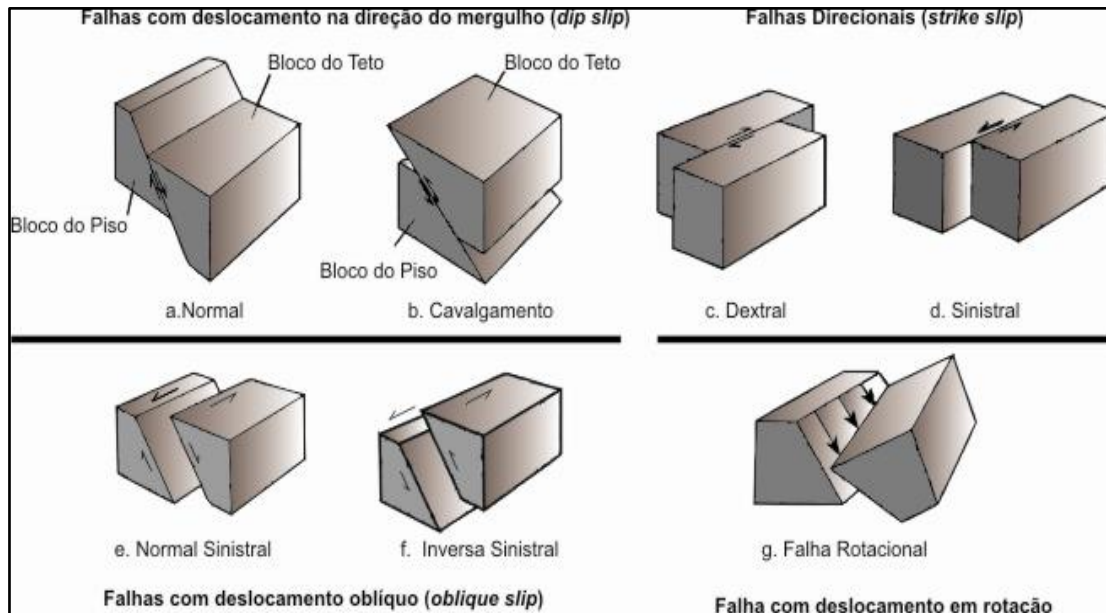
Tabela 1.2 - Classificação morfológica de lineações. Nota-se que a Lineação pode ser Estrutural ou Mineral, sendo estas divididas respectivamente por Discreta e Construtiva; e de Policristalina e Grão Mineral.

Lineação em rochas Deformadas (superficial ou penetrativa)	Estrutural	<i>Discreta</i>	Seixo Oóides Fóssil Manchas de Alteração?
		<i>Construtiva</i>	Linhas de Charneira Linha de Interseção Linhas de Boudins <i>Mullions</i> <i>Slickenlinest</i>
	Mineral	<i>Policristalina</i>	Bastão Minerais difusos (<i>clusters</i>) <i>Slickenlines</i> Sobrecrescimento não-fibrosos
		<i>Grão Mineral</i>	Grãos de Hábito Acicular Grãos Alongados Minerais Fibrosos Preenchimento Fibroso de Veios <i>Slickenfibers</i> Sobrecrescimento Fibrosos

Fonte: Modificado de Twiss e Moores (1992).

- *Falhas* - são descontinuidades ao longo das quais os blocos separados foram deslocados (Figura 1.4). Associadas com as falhas, na superfície de seu plano, aparecem ranhuras ocasionadas pelo atrito de fragmentos e pó de rocha gerado durante o fraturamento, chamadas de estrias de falhas. Essas feições, como elementos lineares são indicativos do deslocamento relativo entre os blocos. Quando há fluidos percolantes no plano de falha, e havendo a cristalização destes durante o movimento dos blocos, forma-se uma placa com conjuntos de minerais aciculares cuja orientação acompanha o sentido de deslocamento dos blocos. Tem-se neste caso a presença de slickensides (plano) com respectivos slickenlines (minerais aciculares ou fibrosos que compõem o slickensides). Os slickensides são formados geralmente por minerais de baixa temperatura de cristalização, como calcita, epídoto, clorita e mesmo quartzo (HASUI; COSTA, 1992).

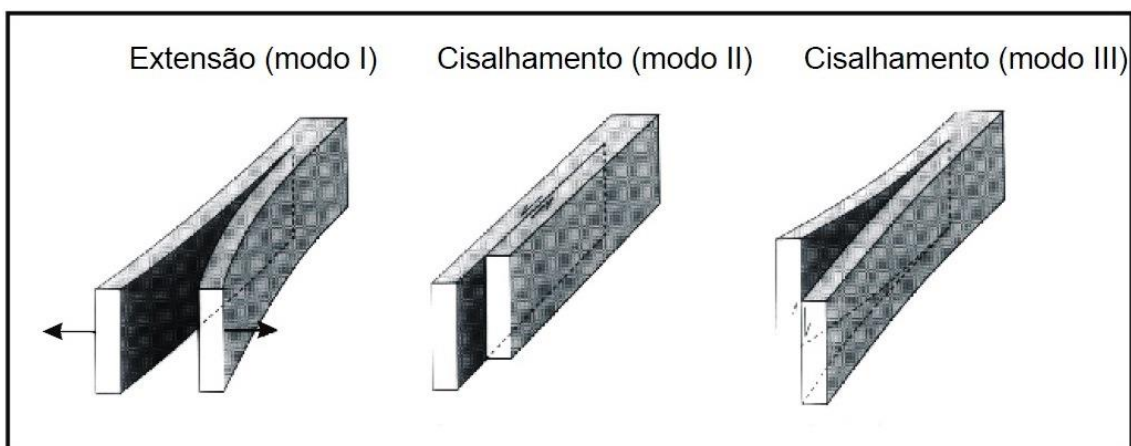
Figura 1.4 - Diferentes tipos de falhas, individualizadas a partir do modo de deslocamento relativo em relação ao teto. Quando a movimentação ocorre na direção do mergulho da falha, e o piso sobe em relação ao teto, se trata de uma Falha Normal, contudo quando o piso desce em relação ao teto, a falha é dita Inversa. Quando a movimentação ocorre paralela as paredes da falha, pode se tratar de falhas Dextral ou Sinistral. A união de Falhas Normais e/ou Inversas, com falhas direcionais, o produto são falhas obliquas. E o quarto tipo de falhas e quando ocorre um deslocamento em rotação.



Fonte: Modificado de Twiss e Moore (1992).

- *Faturas* - São descontinuidades existentes nas rochas em decorrência da ação de um campo de tensão coaxial, não-coaxial ou total. De acordo com Twiss e Moore (1992), podem ser como mostra a Figura 1.5: (1) Fraturas extensionais ou Tipo I (movimento relativo perpendicular à parede das fraturas); (2) Fraturas cisalhantes, ou Tipo II (movimento relativo paralelo à superfície e perpendicular à borda das fraturas); e (3) Fraturas cisalhantes ou Tipo III (movimento relativo paralelo às bordas da fratura). As fraturas extensionais apresentam mais facilidades à percolação de fluídos e conseqüente formação de veios.

Figura 1.5 - Principais tipos de fraturas: Fraturas I, produto da ação de movimentos perpendiculares à parede das fraturas; Fratura II, produto da movimentação paralela à borda das fraturas; e Fraturas III, produto de movimentos cisalhantes paralelos às bordas da fratura.



Fonte: Modificado de Twiss e Moore (1992).

- *Fraturas T* - são estruturas extensionais, que o movimento de abertura ocorre perpendicular ao plano da fratura (DAVIS, REYNOLDS, 1996).

- *Juntas* - são famílias de fraturas que se apresentam em arranjo regular através de superfícies paralelas ou subparalelas, ao longo das quais a movimentação é desprezível (HOBBS et al., 1976).

- *Veios* - Estruturas formadas quando juntas ou outras fraturas na rocha, com uma pequena quantidade de cisalhamento, estão preenchidas por material precipitado a partir de fluidos (PASSCHIER, TROUW, 2005).

2 GEOLOGIA REGIONAL

O Cráton Amazônico está localizado na porção norte da América do Sul, abrangendo uma área de aproximadamente $4,3 \times 10^5 \text{ Km}^2$, incluindo parte do Brasil, Guiana Francesa, Guiana, Suriname, Venezuela, Colômbia e Bolívia, portanto, uma das maiores áreas cratônicas do globo. É dividido em dois escudos Pré-Cambrianos, o Escudo Guaporé e das Guianas, separados pela Bacia Paleozóica do Amazonas-Solimões (TASSINARI *et al*, 2000).

De acordo com Brito Neves e Cordani (1991), o Cráton Amazônico representa uma grande placa litosférica continental, composta por várias províncias crustais de idades arqueana a mesoproterozóica, que foi estabilizada tectonicamente em torno de 1,0 Ga, tendo se comportado como uma placa estável no Neoproterozóico, durante o desenvolvimento das faixas orogênicas marginais brasileiras.

A partir do avanço do conhecimento geológico, vários modelos de evolução tectônica têm sido propostos para o Cráton Amazônico, os quais poderiam ser divididas basicamente em duas escolas teóricas principais, a fixista e a mobilista.

Em linhas gerais, a primeira linha, defendida por autores como Hasui *et al*, (1984), e Costa e Hasui (1997), consideram que referido cráton fosse caracterizado por processos de reativação de uma grande plataforma continental e formação de blocos arqueanos, ou ainda paleoplacas por meio de diversos episódios de retrabalhamento crustal e rejuvenescimento termal paleo e mesoproterozóicos.

Costa e Hasui (1997) definem o Cráton Amazônico como um mosaico de doze blocos tectônicos justapostos, ou paleoplacas, que se agregaram através de colisões diacrônicas no Arqueano e Paleoproterozóico, compondo parte de um megacontinente.

A segunda concepção, também chamada de escola mobilista, proposta inicialmente por Cordani *et al*, (1979), seguida e modificada por Tassinari (1981), Teixeira *et al*. (1989), Tassinari e Macambira 1999, sendo a mais recente síntese apresentada por Tassinari *et al*. 2000, pontuam que a evolução do Cráton Amazônico é resultante de sucessivos episódios de acreção crustal

no Paleo- e Mesoproterozóico, em volta de um núcleo mais antigo, estabilizado no final do Arqueano. Segundo esta proposta, o Cráton Amazônico pode ser dividido em grandes províncias geocronológicas, definidas a partir de padrões geocronológicos característicos, assembléias litológicas, *trends* estruturais e histórias geológicas particulares e distintas em relação às províncias adjacentes.

Nos últimos anos, com a obtenção de novos dados geológicos e geocronológicos o modelo de províncias geocronológicas tem sofrido revisões e redefinições. Santos et al (2000) subdividem o Cratón Amazônico em sete províncias geocronológicas (Figura 2.1): Carajás (3.1- 2.53 Ga); Amazônia Central (2.6 – 1.7 Ga); Transamazônica (2.25 – 2.0 Ga); Tapajós-Parima (2.1 – 1.87 Ga); Rio Negro (1.86 – 1.52 Ga); Rondônia – Juruena (1.76 – 1.46 Ga); e Sunsás (1.33 – 0.99 Ga).

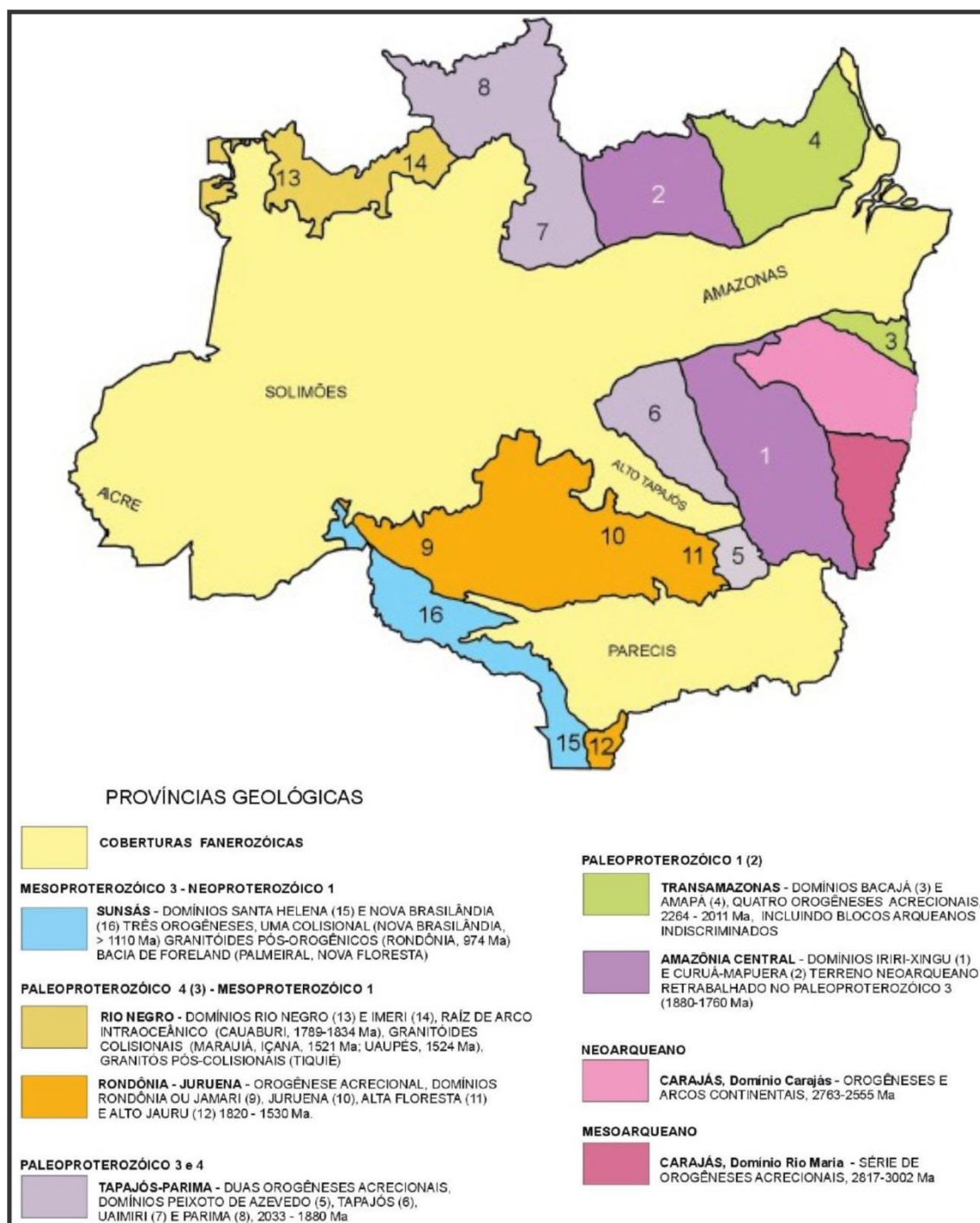
2.1 Província Amazônia Central

A área de estudo situasse na Província Geocronológica Amazônia Central, a qual tem sido considerada como um núcleo arqueano (Santos et al., 2000). É composta por um embasamento pouco conhecido, em geral apenas fotointerpretado, e por uma associação cratogênica constituída por a) rochas vulcânicas félsicas a intermediárias (grupos/formações Iriri, Surumu, Burro-Burro, Caicara e Iricoumé); b) Granitos tipo A (Suítes Intrusivas Maloquinha, Mapuera e Saracura); c) coberturas sedimentares de plataforma, dominadas por depósitos fluviais entrelaçados (Formações Triunfo, Novo Progresso e Gorotire), que têm sido comparados com as coberturas tipo Roraima, Urupi e Buiuçu; e d) *Sills* e diques tholeiíticos (Figueira Branca e Guadalupe, supostamente equivalentes das intrusões tipo Avanavero).

As rochas da Província Amazônia Central que estão mais expostas em superfície não mostram evidências de metamorfismo regional e de dobramentos associados à compressão regional, sendo caracterizadas por uma tectônica de *block-faulting* (BIZZI et al., 2003). As rochas vulcânicas félsicas a intermediárias e os granitos tipo A foram gerados pelo Magmatismo

Uatumã (PESSOA et al. 1977), com evolução na faixa de tempo de 1,88 a 1,70 Ga.

Figura 2.1 - As províncias do Cratón Amazônico. A região de São Félix do Xingu se situa na província geocronológica Amazônia central, na qual é compartimentada nos domínios Iriri-Xingu e Curuá-Mapuera, sendo que o primeiro domínio é onde a área de estudo está localizada.



Fonte: Modificado de Santos et al. (200).

2.2 Litoestratigrafia, aspectos estruturais e geocronologia

A área estudada, esta localizada na Folha SB-22-Y-B (São Félix do Xingu), e abrange porções arqueas representadas por unidades do Terreno Granito-*Greenstone* do Sul do Pará (TGGSP) e do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas (ARAÚJO et al., 1988), além de rochas vulcânicas intermediárias e félsicas, de idade paleoproterozóica, e conjuntos intrusivos máfico-ultramáficos e ácidos, paleoproterozóicos e mesozoicos, coberturas sedimentares plataformais mesoproterozóicas e coberturas sedimentares cenozoicas (MACAMBIRA; VALE, 1997).

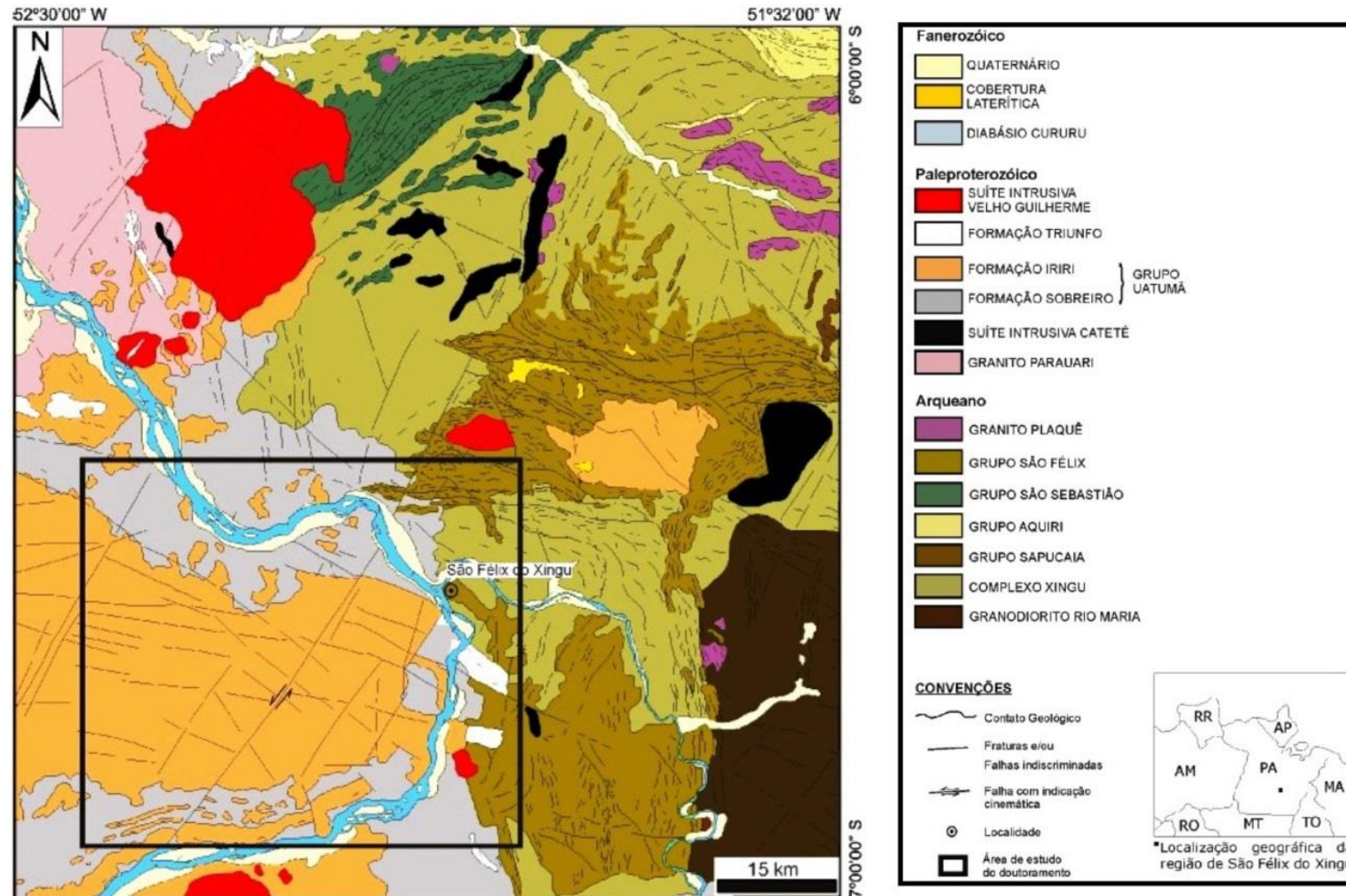
De acordo com o mapa geológico da Folha São Félix do Xingu (Figura 2.2), área trabalhada é composta pelo Complexo Xingu, Grupo São Sebastião, Grupo Uatumã (Formações Sobreiro e Formação Iriri), Suíte Intrusiva Velho Guilherme.

2.2.1 Complexo Xingu

O Complexo Xingu é constituído por gnaiss de fácies anfibolito, de composição granodiorítica e tonalítica, que se mostram migmatizados em diferentes graus, com estruturas estromatíticas frequentes (BIZZI et al., 2003). Estudos geocronológicos utilizando o método Rb-Sr em rocha total indicaram uma idade mínima para essa unidade 2574 ± 34 Ma (MACAMBIRA; VALE, 1997).

Conforme a subdivisão do Cráton Amazonas em províncias que acompanha o mapa do Brasil, o Complexo Xingu ainda ocorre três Províncias distintas (Amazônia Central, Carajás e Transamazonas), no amplo intervalo de tempo de 3000 a 2050 Ma (BIZZI et al., op.cit).

Figura 2.2 -Mapa geológico parcial da região de São Félix do Xingu, Folha SB-22-Y-B (MACAMBIRA; VALE, 1997). Nota-se que dentro da área de estudo (quadrado preto) ocorrem rocha que constituem as unidades Complexo Xingu e Grupo São Felix de idade Arqueana, as unidades do Grupo Uatumã (Formação Sobreiro e Formação Iriri), a Suíte Intrusiva Velho Guilherme de idade Paleoproterozóica, e Depósitos Quaternário.



Fonte: Macambira e Vale (1997)

2.2.2 Grupo São Sebastião

Este grupo representa uma sequência metavulcano-sedimentar constituída por xistos, filitos e quartzitos, com intercalações de anfibolitos e formações ferríferas. As unidades desse grupo distribuem-se segundo faixas alongadas e lenticularizadas, dispostas, preferencialmente na direção NE-SW (FERNANDES, 2009). Faz contato com o Complexo Xingu através de zonas de cisalhamento dúctil de baixo ângulo, enquanto que com as rochas máfico-ultramáficas da Suíte Cateté e com o maciço granitoide Antonio Vicente (Suíte Intrusiva Velho Guilherme) é discordante (MACAMBIRA; VALE, 1997). Esta unidade foi correlacionada por Silva et al. (1974) e Macambira e Vale (1997) ao Grupo Grão Pará.

Macambira e Vale (1997) baseando-se na compartimentação e na evolução tectônica do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas, interpretaram que as diferentes bacias distribuídas ao longo dos sistemas transcorrentes Anaporã e Araraquara foram formadas sincronicamente, mas com evolução litoestruturais distintas. Por essa razão, para esses autores supracitados consideraram cada grupo (Aquiri, São Sebastião e São Félix) como uma entidade geológica particular.

Grupo Uatumã

As sequências vulcânicas pertencentes ao Grupo Uatumã fazem parte da Província Mineral de Carajás, situada no Cráton Amazônico (ALMEIDA et al., 1981), no domínio geocronológico da Província Amazônia Central (TASSINARI, MACAMBIRA, 1999). Encontram-se associadas aos granitóides de 1880 Ma da Suíte Intrusiva Velho Guilherme (TEIXEIRA, 1999).

Santos (1984) utilizou o termo Supergrupo Uatumã para designar os produtos de um magmatismo vulcano-plutônico, cálcioalcalino, não afetado pelo metamorfismo regional, sendo as sequências vulcânicas conhecidas no local sob as designações Surumu (Roraima), Iricoumé (NE do Amazonas e NW do Pará), Iriri (SE do Amazonas e SW do Pará), Dalbana (Suriname) e Caiçara, com idades de 1900 a 1750Ma.

Dall'Agnol et al. (1987) estabeleceram que o magmatismo granítico anorogênico da Província Amazônia Central ocorreu entre 1900 e 1400 Ma, e

que as rochas vulcânicas do Supergrupo Uatumã restringem-se ao intervalo 1900-1800Ma. Uma sequência de rochas vulcânicas denominada Teles Pires, foi considerada mais jovem com idade 1650 a 1600 Ma.

Este vulcanismo se constituiu derrames de lavas traquibasáltica, andesito-basáltica, traquiandesítica, andesítica, dacítica, traquítica e riolítica, e depósitos de fluxo piroclástico, representados por tufos de cristais e vítreo máficos, vítreos félsicos, brecha félsica e brechas polimíticas maciças, as quais se encontram reunidas, respectivamente, nas Formações Sobreiro (FS) e Iriri (FI), do Grupo Uatumã (MACAMBIRA; VALE 1997).

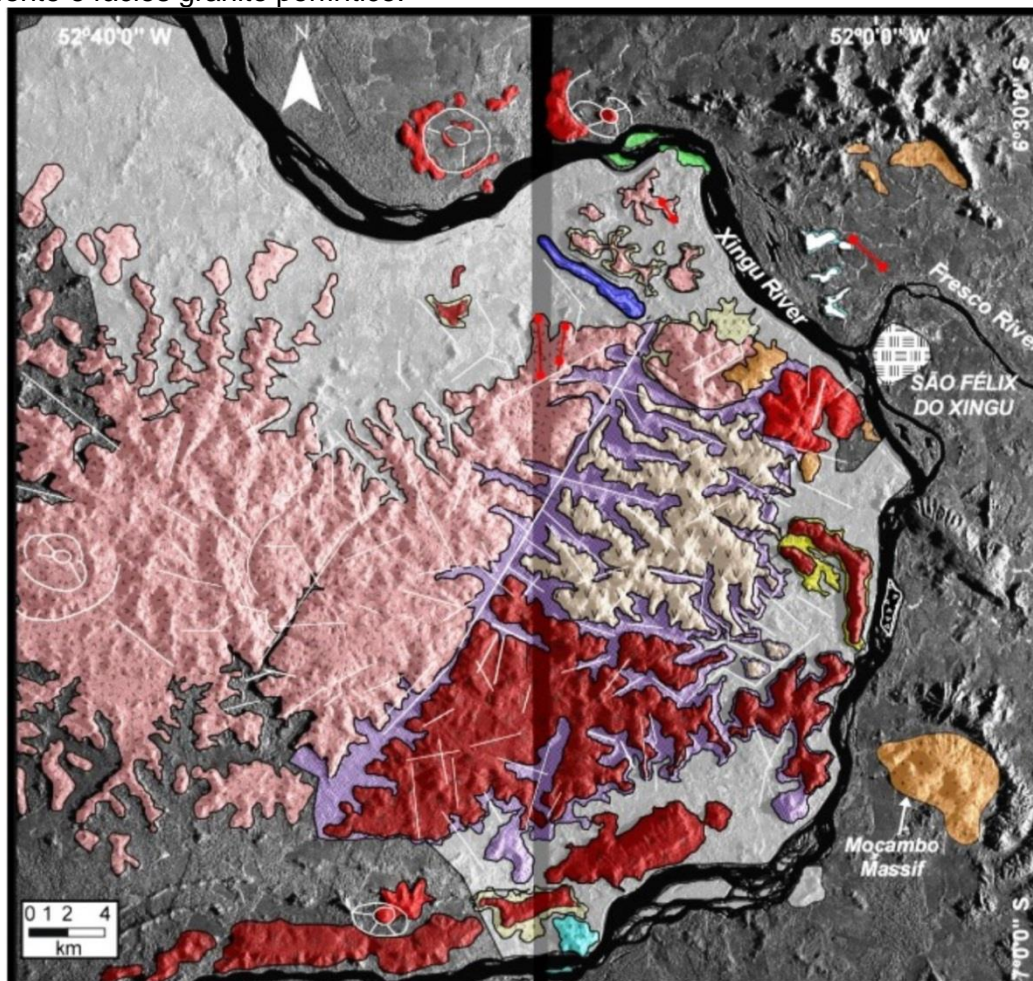
2.2.3 Formação Sobreiro

A Formação Sobreiro, na base do Grupo Uatumã, representa um amplo espectro de rochas de composição intermediária, que compreende predominantemente depósitos de lavas coerentes de traquibasalto, andesito basáltico, traquiandesito, andesito, dacito e traquito e tufo máfico de cristais e vítreo (FERNANDES et al, 2006; MACAMBIRA, VALE, 1997). Fernandes et al. (2011) realizou datações Pb-Pb em zircão em dacito porfírico da Formação Sobreiro e obteve para quatro cristais idade média de 1880 ± 6 Ma, interpretada como aquela de cristalização.

Segundo Fernandes (2009), na região próxima a cidade de São Félix do Xingu, as rochas vulcânicas da Formação Sobreiro afloram principalmente ao longo do rio Xingu, e podem ser caracterizadas por duas fácies (Figura 2.3):

1. **Fácies coerente de fluxo de lavas subaérea intermediária maciça**, com subordinados tipos amigdaloidais e básicos: é a mais importante volumetricamente da Formação Sobreiro e ocorre em grandes vales com topografia comumente plana ao longo do Rio Xingu. As rochas ocorrem normalmente na forma de blocos isolados com foliações de fluxo horizontais e subhorizontais, bem como vesículas e amígdalas orientadas.

Figura 2.3 -Mapa de fácies proposto por Juliani e Fernandes (2010), das rochas da Formação Sobreiro e da Formação Iriri, na região localizada nas adjacências da cidade de São Félix do Xingu. Nota-se que a Formação Sobreiro é constituída por uma fácies vulcanoclástica e fácies de fluxo de lava maciça. A Formação Iriri é constituída por fácies ignimbrito, fácies fluxo de lava maciça, fácies vulcanoclástica félsica próxima da fonte e fácies granito porfíritico.



Formação Iriri	Formação Sobreiro
Fácies granítico porfíritica	Fácies vulcanoclástica
Dique de biotita granito pórfiro	Tufo e lapili máfico
Biotita monzogranito equigranular	Tufo e lapili autoclástica
Biotita granito porfíritico	Fácies fluxo de lava maciço
Fácies vulcanoclástica félsica proximal	Plagioclásio dacito
Tufo félsico	Augita-magnésiohastingsita andesitoa
Lapili-tufo félsico	Plagioclásio-augita andesito basáltico
Fácies fluxo de lava maciço	Augita andesito basáltico
K-feldspato-plagioclásio riolito	Fraturas e falhas
Biotita-K-feldspato-quartzo riolito	
Plagioclásio-K-feldspato riolito	
Fácies Ignimbrito	
Ignimbrito	

Fonte: Juliani e Fernandes (2010).

2. **Fácies vulcanoclásticas subaérea básica à intermediária próxima da fonte:** rochas com características mineralógicas e geoquímicas muito próximas aquelas da fácies anterior, e ocorre normalmente no topo dos blocos de fluxo de lava coerente e é caracterizada por tufo de cristais máficos com textura coerente aparente típica, o que sugere o processo autoclástico nas porções externas desses fluxos coerentes. Esta fácies é constituída também por afloramentos de lapilli-tufo máfico e brecha polimítica maciça de composição similar preenchendo os vales no sopé das raras elevações sustentadas pela Formação Sobreiro.

2.2.4 Formação Iriri

A Formação Iriri representa os termos ácidos do grupo e é constituída, predominantemente por riolitos, tufo vítreos e de cristais félsicos, brechas polimíticas maciças, com corpos subordinados de dacito e de riodacito (MACAMBIRA, VALE, 1997). Pórfiros graníticos associados à FI revelaram idade em torno de 1880 Ma (PAIVA JÚNIOR, 2004), a qual foi estendida a esta unidade.

Essa unidade ocorre tanto como derrame e ignimbritos, quanto como extensos diques preenchendo fraturas relacionadas ao estiramento crustal regional ocorrido na passagem Paleoproterozóico/Mesoproterozóico (Fernandes, 2009). Macambira e Vale (1997) observaram que as rochas do Grupo Uatumã se encontram sobrepostas ao Granito Parauari.

Segundo Fernandes (2009), quatro fácies identificadas na Formação Iriri, na região próximo a cidade de São Félix do Xingu (Figura 2.3):

1. **Fácies coerente de fluxo de lavas e intrusiva subaérea félsicas maciça:** representa a fácies mais abundante desta unidade. As rochas afloram predominantemente como serras com vertentes simétricas e íngremes. Ocorre ainda um conjunto de domos aglutinados com grandes afloramentos de ignimbritos, algumas vezes canalizados. Todo este complexo é associado a duas grandes estruturas lineares de direção NE-SW, na qual os litotipos mostram fluxo magmático vertical.

2. **Fácies ignimbrítica félsicas distante para intermediária da fonte e tufo de cinza não-soldados associados:** esta fácies ocorre nas bordas da fácies de fluxo de lava coerentes, seus litotipos ocorrem até 1 km da fonte do sistema fissural, apresentam, as vezes, fluxo vertical, estruturas presentes são o bandamento, laminação e dobras convolutas, bem como são encontrados ejetólitos (fragmentos na granulação bloco e lapilli). Brechas intraformacionais, aglomerados vulcânicos e rochas vulcânicas epiclasticas são comuns nessa fácies.
3. **Fácies vulcanoclásticas félsicas próxima da fonte:** é caracterizada por tufo de cristais e subordinados blocos de brechas maciças posicionados próximos da fonte do sistema fissural.
4. **Fácies tardia de pórfiros graníticos e granitoides equigranulares:** representada por vários diques e *stocks* de pórfiros graníticos, que cortam as associações vulcânicas e o embasamento arqueano. Os diques tem a mesma direção NE-SW do sistema fissural, contudo ocorre também na direção NW-SE.

2.2.5 Suíte Intrusiva Velho Guilherme

Esta unidade na região de São Félix do Xingu é representada por diversos corpos intrusivos ácidos, de formas e dimensões variáveis em planta, constituindo desde pequenos *stocks* arredondados, até grandes batólitos ameboides (TASSINARI; MACAMBIRA, 1999).

Os corpos graníticos separadamente são conhecidos na literatura como Antônio Vicente, Velho Guilherme, Mocambo, Benedita, Ubim Norte, Ubim Sul, Serra da Queimada, Rio Xingu e Bom Jardim (MACAMBIRA; VALE, 1997; TEIXEIRA et al., 2005; PINHO et al., 2006). E são intrusivos em sequências metavulcanos-sedimentares do Grupo Tucumã (ARAÚJO et al., 1988 apud FERNANDES et al., 2011), no Granodiorito Rio Maria (TEIXEIRA et al., 2002a), ambos pertencentes ao Terreno Granito-Greenstone do Sul do Pará (ARAÚJO et al., op.cit), e no Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas (ARAÚJO et al., op.cit), todos arqueanos, e no Granito Parauari (LAFON et al., 1995) e rochas vulcânicas do Grupo Uatumã, do Paleoproterozóico.

Está unidade é constituída por rochas peraluminosas a metaluminosas, de composição álcali-feldspato granítica, sienográfica e, mais subordinadamente, monzogranítica, que se mostram afetadas por alterações tardi- a pós-magmáticas em diferentes intensidades (FERNANDES, 2009). Essas rochas graníticas da Suíte Intrusiva Velho Guilherme são mineralizados em estanho, sendo os depósitos explotados de natureza aluvionar. As fácies graníticas afetadas por alteração hidrotermal pós-magmática e os greisens hospedam pequenas concentrações primárias de cassiterita (TEIXEIRA; BETTENCOURT, 2000).

A área de ocorrência dos maciços da Suíte Intrusiva Velho Guilherme foi palco de diversos eventos termo-tectônicos do Arqueano e do Proterozóico, testemunhados por transformações mineralógicas e elementos estruturais impressos em unidades litoestratigráficas arqueanas do Terreno Granito-Greenstone do Sul do Pará e do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas (TEIXEIRA et al., 2005).

Com base nos estudos geocronológicos feitos, obtiveram idade de 1867 ± 4 Ma para o maciço Antônio Vicente (datação de $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ em zircão por evaporação de Pb (TEIXEIRA et al., 2005). Datações radiométricas Pb-Pb em rocha total revelaram uma idade de 1874 ± 30 Ma, para o maciço Velho Guilherme (LAFON et al., 1995). Para o maciço Mocambo, datações geocronológicas por evaporação de Pb em zircão, indicaram uma idade de 1862 ± 32 Ma (TEIXEIRA et al., 2005).

3 SENSORIAMENTO REMOTO

Este capítulo apresenta os resultados obtidos (mapas de lineamento) a partir da interpretação visual de imagens de sensores remotos (STRM, LANDSAT e Google Earth 6.0) da área estudada. A pesquisa baseou-se na metodologia sugerida por Veneziani e Dos Anjos (1982), possibilitando a confecção do mapa de feições lineares (Figura 3.1).

Para as imagens LANDSAT, foi realizada a fusão das bandas 3, 4 e 7 a partir do *software* Arcgis 10, para se enfatizar as feições lineares de relevo, contudo essas imagens não apresentaram qualidade suficiente para a extração manual de lineamentos. Com as imagens SRTM foi realizado a retirada visual e direta das feições lineares de relevo, com o auxílio dos programas Arcgis 10 e Globalmapper. As imagens do Google Earth 6.0, auxiliaram na retirada direta das estradas e caminhos, presentes na região. Em ambas as imagens a escala adotada para os trabalhos seguiram a ordem: 1 : 250.000, para a retirada das feições lineares regionais, e em seguida a escala 1 : 25.000, para a retirada das feições lineares da área estudada.

A análise visual dos elementos adquiridos com interpretação das diferentes imagens de sensores remotos (STRM e LANDSAT) tiveram como objetivo principal investigar em escala regional, os lineamentos estruturais de relevo e drenagem, associados com os diferentes compartimentos de relevo presentes na área em estudo.

Para a confecção de mapa de lineamentos foram utilizados, principalmente, as imagens SRTM, na escala 1 : 250.000, obtidas a partir do banco de dados da USGS (U.S Geology Survey). As imagens SRTM, apresentaram maior qualidade do que as imagens LANDSAT, para a visualização e retirada das feições lineares, que possibilitou uma melhor visualização dos traços estruturais.

3.1 Leitura e análise dos lineamentos estruturais

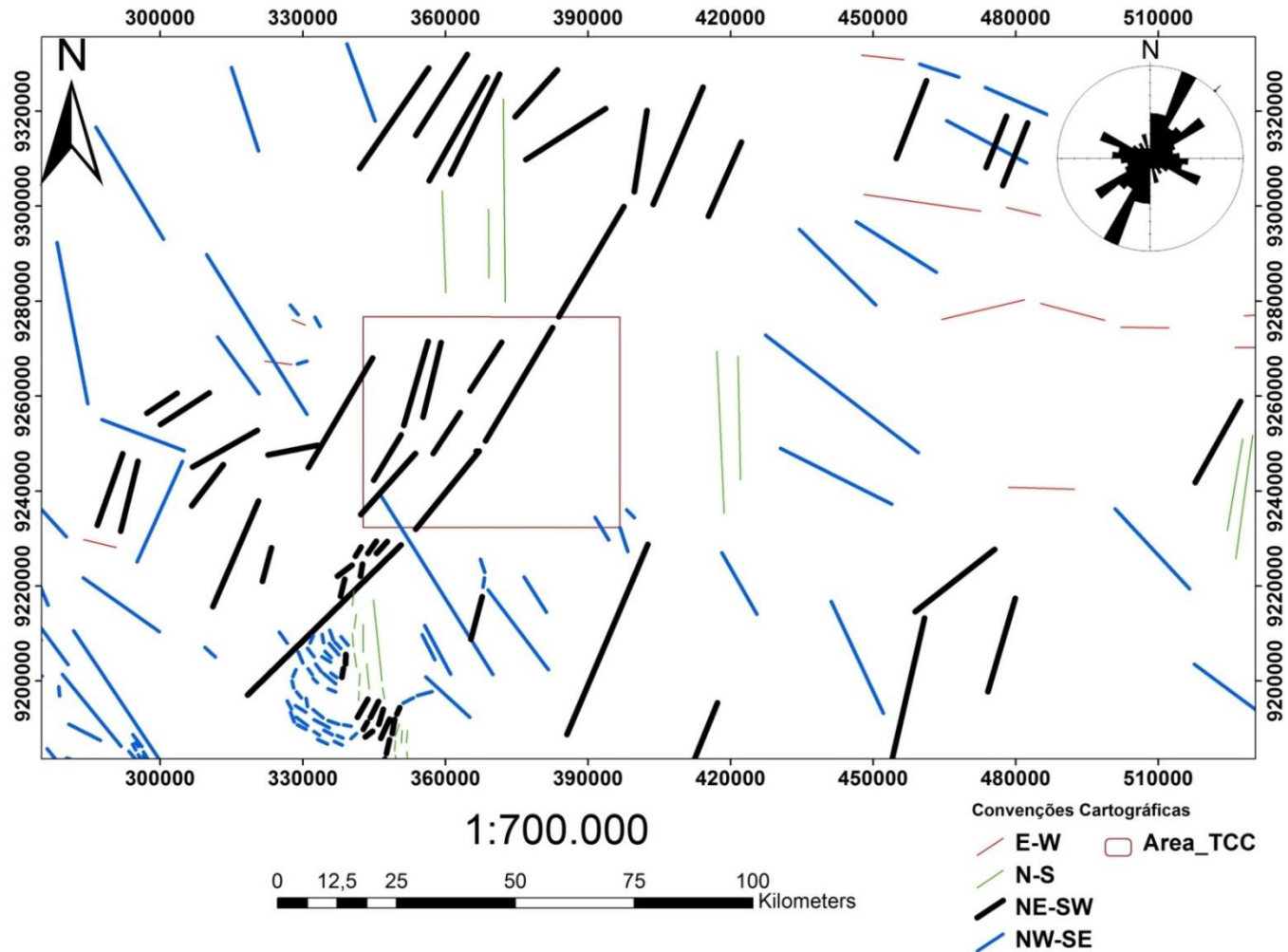
A partir da leitura visual no programa Arcgis 10, foi feita a retirada manual de traços fotogeológicos, nas imagens de SRTM. Essas feições lineares foram definidas como lineamentos estruturais regionais. Os lineamentos identificados apresentam comprimentos que variam de 5 km até

70 km de comprimento, e possuem traçados contínuos e retilíneos. Os traços menores apresentam traçados retilíneos e levemente arqueados.

Dentro da região de São Félix do Xingu nota-se que os lineamentos estruturais apresentam preferencialmente direção NE-SW. Contudo é identificado também na região traços de direção NW-SE, NS, e na porção extremo leste E-W. Observa-se que a área de estudo é cortada por um lineamento estrutural de direção NE-SW, com comprimento aproximadamente 200 km. (Figura 3.1). Na região leste se nota que os traços de direção NE-SW truncam os de direção NW-SE.

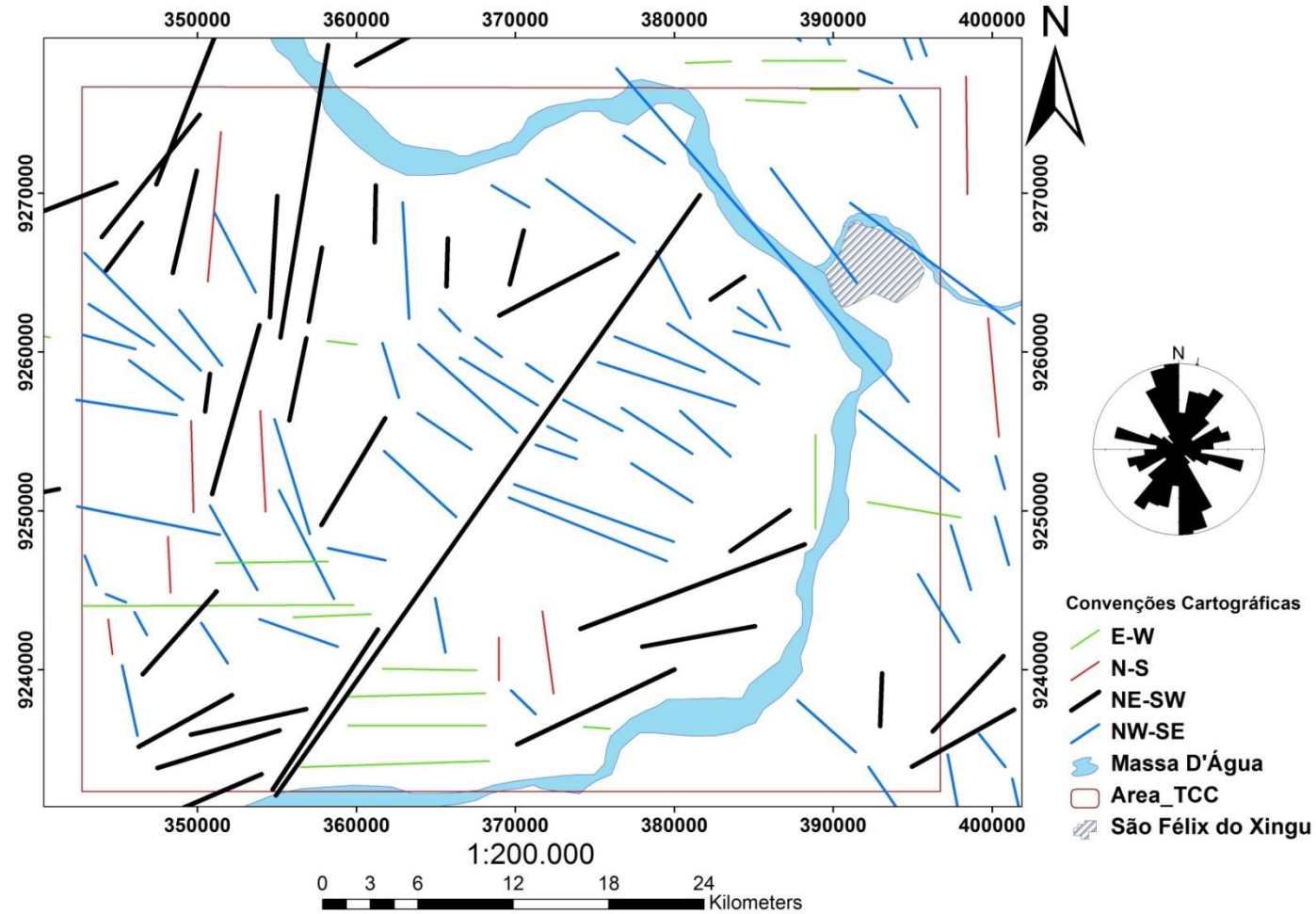
Dentro da área estudada nota-se que as feições lineares apresentam padrão semelhante às estruturas regionais, tendo sido individualizado direções preferencial sendo NE-SW conforme observado na Figura 3.2.

Figura 3.1 - Mapa das feições lineares regionais interpretados a partir das imagens SRTM. Em destaque observa-se na rosácea que a direção preferencial das estruturas lineares é de NE-SW. O quadro representa a área de estudo. O mapa está georreferenciado com o sistema de coordenado UTM, zona 22S.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3.2 - Mapa na escala de 1:200.000 de feições lineares retirados das imagens SRTM com o uso do *software* Arcgis 10. Mostra com mais detalhe a relação dos lineamentos na área de estudo. Notar o grande lineamento com direção NE-SW que corta quase toda a área e as estruturas associadas a ela. O mapa está georreferenciado com o sistema de coordenado UTM, zona 22S.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os lineamentos NE-SW são predominantes na escala regional no contexto analisado e se caracterizam pela frequência relativamente mais alta quando comparados com as demais, como visto na rosácea da Figura 3.2. No geral seus traços são retilíneos e contínuos. Apresentam comprimentos que variam de 6 a 12 km. No centro da área observa-se que o maior traço (de comprimento aproximadamente de 70 km) apresenta direção NE-SW e corta outros lineamentos, essa estrutura pode ser interpretada como uma possível falha de movimentação sinistral, segundo Macambira e Vale (1997).

Os lineamentos NW-SE são caracterizados pela frequência relativamente alta e por serem identificados próximos a grande feição linear NE-SW vista no mapa da Figura 3.2. Esses traços são retilíneos e com comprimento que, no geral, variam de 3 até 10 km.

Os lineamentos N-S apresentam frequência relativamente baixa, e caracterizam-se por ocorrerem dispersos pela área e possuem comprimento aproximadamente de 6 km. E por último os lineamentos E-W, também são caracterizados pela frequência relativamente baixa, contudo os traços apresentam comprimento que variam entre 4 até 10 km. Eles também são identificados próximos à estrutura NE-SW.

3.2 Interpretação dos Lineamentos

A partir da leitura e análise das imagens de sensores disponíveis foram identificados quatro conjuntos de lineamentos orientados nas direções NE-SW, NW-SE, N-S e E-W. Estes feixes apresentam frequência variável na área de estudo, com comprimentos desde 3 km a 70 km, heterogeneamente espaçada.

Estes conjuntos permitem atribuir para a área, uma classificação de frequência relativamente moderada de traços de lineamentos, sob o ponto de vista da presença destas feições.

Os padrões NW-SE e E-W são reflexos de traços estruturais atribuídos ao embasamento arqueano. Dentre os dados de campos obtidos essas feições não foram muito expressivas, foram observadas apenas algumas fraturas e foliação.

Quando se trata da relação temporal entre os traços, pode se afirmar que os traços NE-SW são mais novos, que os demais, visto que, na porção leste da Figura 3.1, essas feições lineares NE-SW truncam os traços de direção NW-SE. Na Figura 3.2, se observa que o maior traço (falha sinistral), possivelmente trunca as os traços e direção NW-SE e E-W.

O grande lineamento que corta a área de estudo como toda, apresenta a direção NE-SW, é identificado como uma falha sinistral (MACAMBIRA, VALE, 1997), onde o magma que originou as rochas do Grupo Uatumã, teria ascendido à superfície (FERNANDES et al., 2011). Possivelmente a falha e as outras estruturas foram reativadas por processos tectônicos mais recentes.

4 LITOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

A região de São Félix do Xingu apresenta grande variedade de rochas que correspondem a várias unidades, como visto no mapa geológico proposto por Tassinari e Macambira (2009), no Capítulo 2.

Dentro da área de estudo foram visitados 19 pontos (ver Anexo B), que estão concentrados principalmente ao longo da rodovia PA - 279, e na região a oeste da cidade de São Félix do Xingu. Por falta de acesso e tempo não foi possível visitar pontos mais dispersos na área estudada. A descrição detalhada de cada ponto está no anexo C. Estes afloramentos são constituídos por diversos litotipos, os quais serão abordados nesse capítulo.

4.1 Micaxisto

São rochas de coloração rosa avermelhado à roxo claro, muito intemperizada, de granulação fina. Por estar fortemente alterada não foi possível identificar com segurança quais minerais constituem essa rocha, contudo é possível observar a presença de quartzo, muscovita e um mineral que provavelmente seria a granada.

A rocha apresenta foliação contínua de direção NE-SW, com sentido de mergulho para NW ou SE, e valores de mergulho altos ($\approx 70^\circ$), que possivelmente seria a xistosidade; e veios de quartzo e quartzo-feldspático concordantes com a xistosidade (Figura 4.1). A rocha é fortemente cortada por falhas normais (ponto 01) e por falhas inversas (Ponto 02), com rejeito que varia de 10 a 30 cm, que são visíveis nos veios de quartzo. Essas falhas, nos pontos 01 e 02, deslocaram e modificaram a orientação da foliação, que passou a ser de direção NW-SE, com sentido de mergulho para SW. Esse tema será mais bem discutido no capítulo 6. No ponto 04 foi identificado, que no micaxisto, ocorrem também bandas de cisalhamento, contudo foi possível retirar apenas duas medidas que são: $29^\circ/255^\circ\text{Az}$ e $30^\circ/260^\circ\text{Az}$.

Figura 4.1 - Afloramento do tipo corte de estrada (Ponto 01), se observa a forma dos micaxistos e as estruturas que ocorrem: xistosidade, as falhas normais, e os veios de quartzo (em amarelo). Se nota que as falhas normais deslocam os veios de quartzo e modificaram a atitude da xistosidade, que deixou de ser NE-SW, com mergulho para NW, para NW-SE, mergulho para SW.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No ponto 03 (ver anexo B), se observou que nos mesmo afloramento de micaxisto, ocorre outra rocha de coloração rosa clara a branco rosado, de granulação fina, com pórfiros de plagioclásio caolinizados (Figura 4.2), sendo que estes cristais estão orientados constituindo uma foliação contínua de direção E-W com sentido de mergulho para N, e com valores altos de mergulho, que possivelmente seria uma foliação de fluxo magmático. Contudo não foi possível identificar com precisão que rocha seria, mas é possível afirma que se trata de uma injeção ígnea (granito) que corta o micaxisto.

Figura 4.2 - Rocha de coloração roxa claro, com pórfiros de plagioclásio caolinizados orientados, que ocorrem nos metapelitos, possivelmente essa rocha trata-se de uma injeção ígnea (Ponto 03).



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Riolito Porfirítico Isotrópico

Rocha identificada no ponto 15 possui coloração roxa escuro, constituída por cristais finos (matriz) e fenocristais de 2 a 5 cm de quartzo, K-feldspato e plagioclásio (Figura 4.3), com ausência de qualquer estrutura (Isotrópica).

Figura 4.3 - Riolito porfirítico isotrópico de coloração roxa escura, constituída de pórfiros de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, e com ausência de estruturas tectógenas.

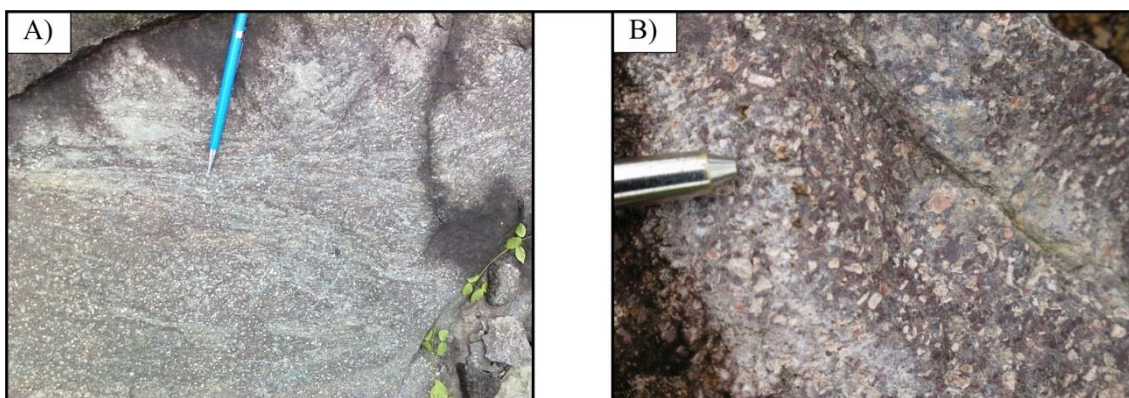


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Riolito Porfirítico

Rocha de coloração rosa clara à roxa claro, pouco intemperizado, de granulação fina, contudo nos pontos 09 e 12, ocorrem pórfiros de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, orientados com a direção NE-SW, com sentido de mergulho para SE, com valores 55° a 90° Az, constituindo uma formação contínua, possivelmente seria uma foliação de fluxo magmático (Figura 4.4). Falhas normais de direção NE-SW, e rejeito que variam de 05 a 10 cm, ocorrem também nessas rochas, como visto no ponto 10.

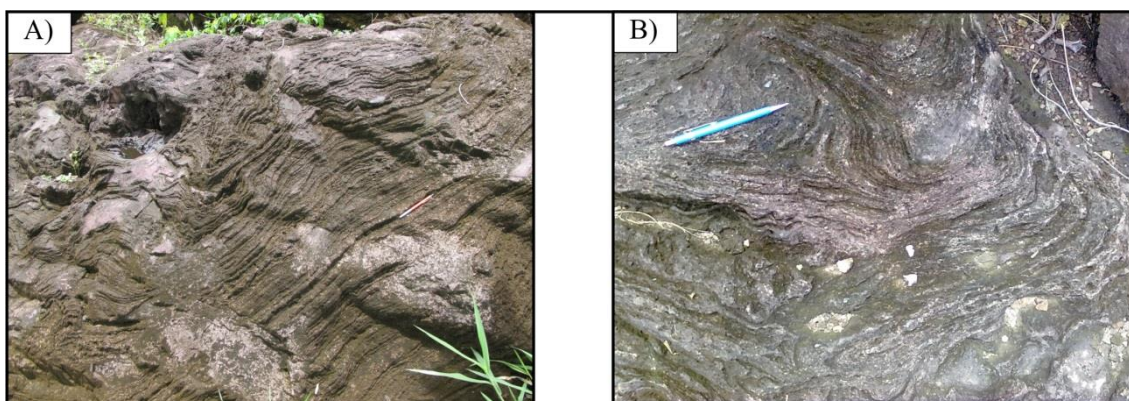
Figura 4.4 - A) riolito com foliação contínua, que possivelmente seria uma foliação de fluxo magmático de direção preferencial NE-SW, com mergulho para SE, e valores entre 55° a 90° Az (Ponto 09). B) No ponto 12, no riolito ocorrem cristais grossos de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, que nesse afloramento estão orientados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essas rochas estão fortemente fraturadas, com fraturas na direção preferencial NE-SW. Dentre essas fraturas, nos pontos 09 e 10, é possível identificar que ocorrem fraturas T, o espaço criado por essa estrutura é preenchido por cristais de quartzo, e são cortadas por veios de quartzo leitoso de aproximadamente 30 cm de comprimento, que possui direção preferencial 040° Az. Nota-se que nos pontos 12 e 13, a presença de dobras convolutas (Figura 4.5) que não foi possível estabelecer um padrão preferencial na direção dos eixos dessas dobras, contudo na média a direção de caimento é NW, com valores de caimento altos ($\approx 70^{\circ}$).

Figura 4.5 - A) No ponto 13, os riolitos apresentam foliação de fluxo magmático, que forma em locais nesse afloramento dobras convolutas. B) dobras convolutas que ocorrem no riolito, e possuem direção de caimento média NW, com valores de caimento $\approx 30^{\circ}$.

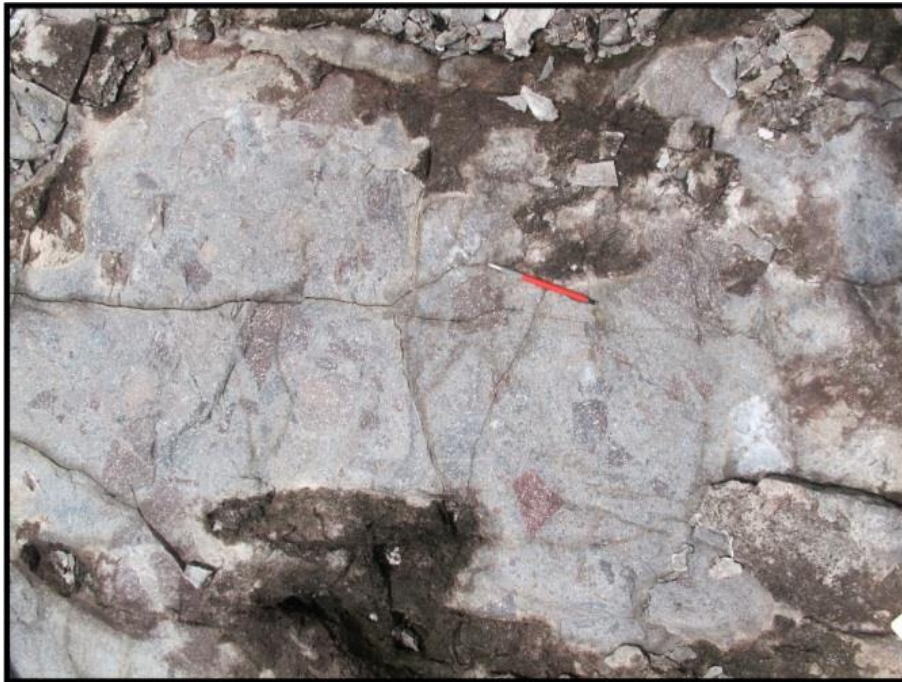


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Brechas Vulcanoclásticas

Rochas que ocorrem nos pontos 10 e 11, e possui coloração rosa à cinza rosado, constituída por matriz de granulometria fina e o material mais grosso é formado por cristais de quartzo, K-feldspato e clastos de riolito fino. O cimento é de material vítreo, riolítico, e quartzo (sílica). Essas rochas são cortadas por veios de quartzo e por falhas normais e sinistrais de direção NE-SW, com rejeito que varia de 3 a 10 cm (Ponto 10); fortemente fraturadas, com fraturas na direção NE-SW (010° a 040° Az), N-S e NW-SE (Figura 4.6).

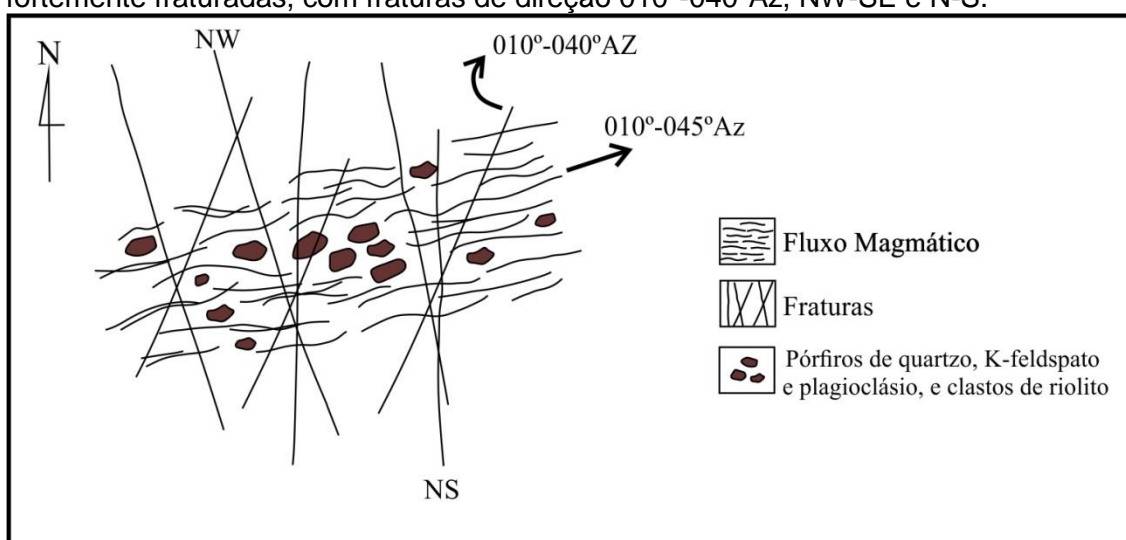
Figura 4.6 - Brechas vulcanoclásticas de coloração cinza rosada, constituída por uma matriz fina, e por cristais grossos de quartzo, K-feldspato e plagioclásio. Estas brechas são fortemente fraturadas (Ponto 11).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os pórfiros acima mencionados estão orientados, seguindo a direção da foliação contínua que ocorre também nas brechas, sendo esta foliação descrita como foliação de fluxo magmático, e possui direção preferencial NE-SW, com mergulho para NW. No ponto 10 se observa estruturação das brechas, quanto a presença da foliação de fluxo magmático e das fraturas, isso se observa na Figura 4.7

Figura 4.7 -No ponto 10 se observa com muita clareza como as brechas vulcânicas estão estruturadas. Estas rochas apresentam foliação de fluxo magmático de direção 010° a 045° Az, com mergulho para NW, e valores de mergulho altos ($\approx 87^{\circ}$), e são fortemente fraturadas, com fraturas de direção 010° - 040° Az, NW-SE e N-S.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5 Brecha Autoclástica

Rocha, descrita no ponto 14, possui coloração roxa escura à rosa, constituída por matriz de granulação fina, composta mineralogicamente por quartzo, plagioclásio, K-feldspato e biotita; e por clastos de fragmentos de rocha, que apresenta granulação média e composição mineralógica muito similar a matriz (Figura 4.8). Tanto a matriz quanto os fragmentos apresentam a mesma composição riolítica.

Figura 4.8 - Brecha autoclástica de coloração roxa escura, constituída por matriz fina de composição riolítica, e por fragmentos de rocha de granulação media, e de composição similar a da matriz (Ponto 14).

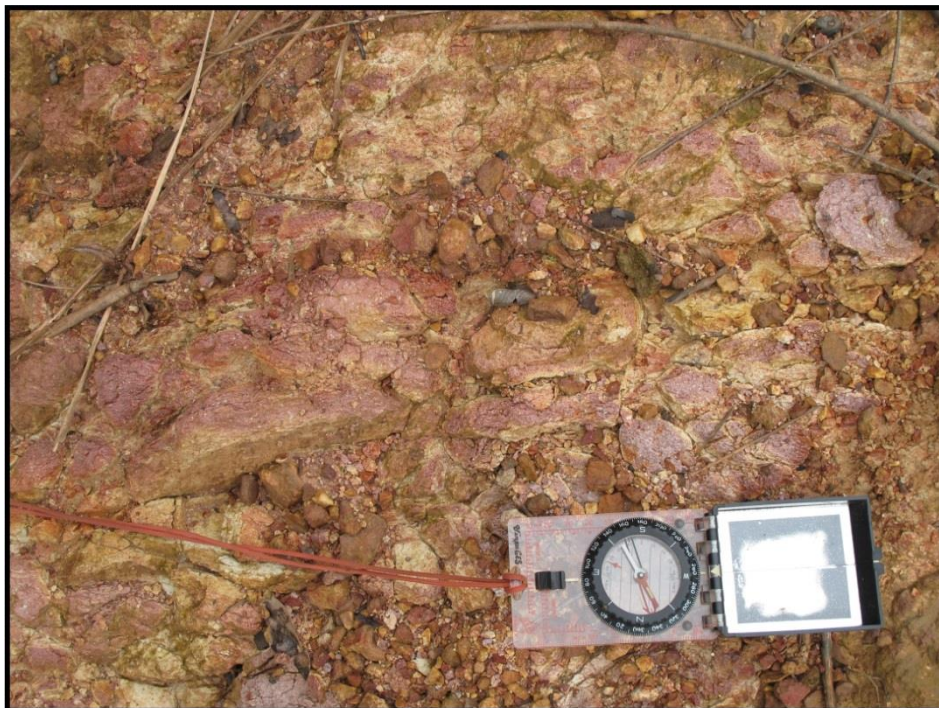


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 Tufo Vulcânico

O tufo vulcânico é descrito no ponto 08, possui coloração rosa claro à roxa acinzentado, de granulação fina e intensamente intemperizada, o que dificulta a identificação de sua mineralogia. Aparentemente é uma rocha maciça, fortemente fraturada, com fraturas na direção NE-SW e NW-SE (Figura 4.9).

Figura 4.9 - No ponto 08, é descrito rocha de coloração rosa clara à roxa acinzentada, de granulação fina, intensamente fraturada, e aparentemente maciça.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.7 Correlação das Unidades

Com base nas características de cada rocha mencionadas acima, pode-se correlacionar essas rochas com as rochas das unidades presentes na região de São Félix do Xingu, segundo Tassinari e Macambira (2009):

- Os micaxistos se assemelham aos xistos que correspondem ao Grupo São Félix, que apresentam forma alongada na direção NE-SW.
- Os riolitos porfíricos, se assemelham aos riolitos da Formação Sobreiro, e que ocorrem na região de São Félix do Xingu.
- Os riolitos, os tufos vulcânicos, as brechas vulcanoclásticas e brechas autoclásticas, são rochas que possivelmente são correspondentes da Formação Iriri.

A partir disso, pode se dizer, os micaxistos fazem parte do embasamento das rochas do grupo Uatumã (Formação Sobreiro e Formação Iriri), unidade essa que os riolitos, brechas vulcanoclásticas e tufos vulcânicos fazem parte.

5 ESTRUTURAS DAS ROCHAS

As rochas da região de São Félix do Xingu, como visto nos capítulos anteriores, apresentam significativa estruturação, o qual ocorre várias estruturas, as quais serão descritas com melhor detalhe neste capítulo. Contudo não será abordado neste capítulo a orientação dessas estruturas e sua relação com a geometria dos corpos rochosos, isso será mais bem discutido no próximo capítulo.

As estruturas que ocorrem nas rochas que se localizam na área de estudo são: Xistosidade; Foliação de Fluxo Magmático; Dobras Convolutas; Banda de cisalhamento; Falhas; Fraturas; e Veios de quartzo e quartzo-feldspático.

5.1 Xistosidade

A xistosidade ocorre, como visto no capítulo anterior, nos micaxistos, e se caracteriza por ser uma foliação contínua, de direção NE-SW, com sentido de mergulho que varia em NW e SE, e com valores de mergulho altos $\approx 70^\circ$ (Figura 5.1).

Figura 5.1 - Micaxisto com xistosidade de direção NE-SW, ora com mergulho para NW ora para SE, e com valores altos de mergulho (Ponto 01).



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Foliação de fluxo magmático

A foliação de fluxo magmático é uma estrutura primária e é marcante no granito que intrudiu os micaxistos (Ponto 03), nos riolitos e nas brechas vulcanoclástica, anteriormente discutidos. O fluxo magmático apresenta padrões diferentes nas rochas: Nos granitos, possui direção E-W, com sentido de mergulho para N, e valores de mergulho alto, já nos riolitos e brechas vulcanoclásticas, essa direção é NE-SW, com sentido de mergulho para SE, e com valores também altos (Figura 5.2).

Figura 5.2 -No ponto 12, os riolitos apresentam foliação de fluxo magmático de direção NE-SW, com mergulho para SE, e com valores altos ($\approx 78^\circ$). A ponta da caneta marca o norte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 Dobras Convolutas

As dobras convolutas ocorrem nos riolitos descritos nos pontos 12 e 13, e foram formadas a partir da movimentação do fluxo magmático (Figura 5.3). São dobras de dimensões milimétricas a centimétricas, e apresentam direção média de eixo de dobra para NW, com valores altos de caimento.

Figura 5.3 - Dobra convoluta, que ocorre nos riolitos, mencionados no capítulo anterior. As dobras possuem direção de caimento NW, e com valores altos ($\approx 70^\circ$) de caimento, e são estruturas formadas a partir do fluxo magmático (Ponto 12). Nessa foto a tampa da lapiseira marca o norte.

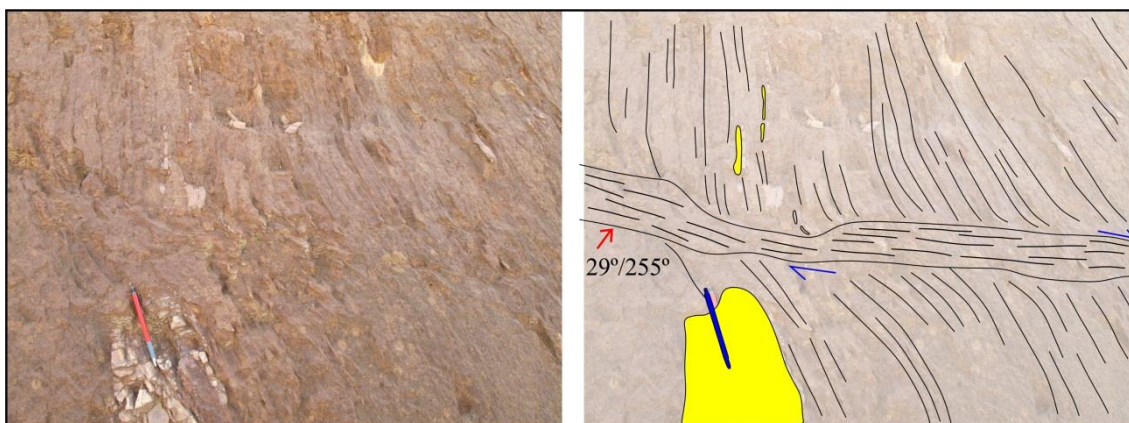


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Banda de Cisalhamento

No ponto 04, nos micaxistos ocorrem bandas de cisalhamento de largura que varia entre 20 a 30 cm e comprimento de aproximadamente 3 a 5 m (Figura 5.4). Foi possível retirar apenas duas medidas que são $29^{\circ}/255^{\circ}\text{Az}$ e $30^{\circ}/260^{\circ}\text{Az}$. Essas estruturas vistas em perfil apresentam movimentação normal.

Figura 5.4 - No ponto 04, nos micaxistos ocorrem bandas de cisalhamento, de dimensões centimétricas, e com direção $29^{\circ}/255^{\circ}\text{Az}$. Essas estruturas apresentam movimentação normal.



Fonte: Elaborado pelo autor.

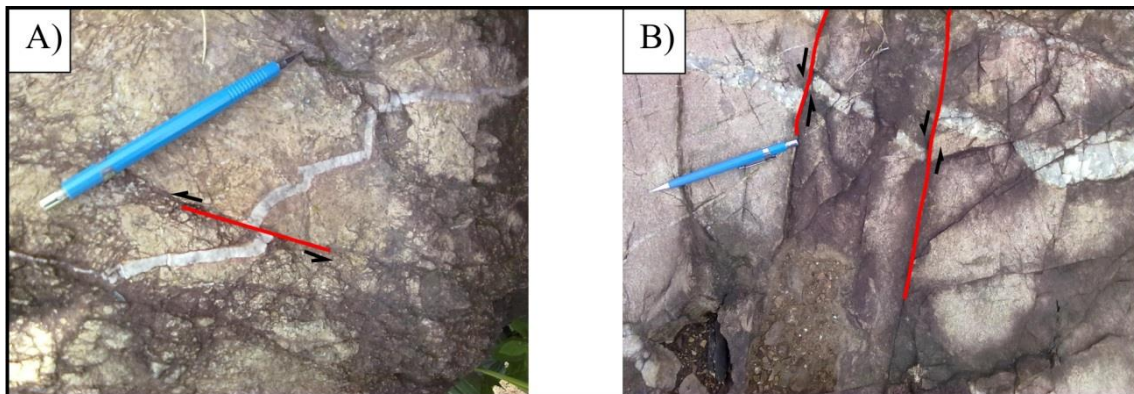
5.5 Falhas

As falhas ocorrem nos micaxistos, nos riolitos, e nas brechas vulcanoclásticas. O rejeito das falhas varia em 5 a 7 cm nos riolitos (Figura 5.5), 5 a 10 cm nas brechas vulcanoclásticas e de 20 a 30 cm nos micaxistos.

No ponto 10, nos riolitos, as falhas normais possuem rejeito vertical de aproximadamente 3 a 5 cm. Como essas rochas apresentam foliação de fluxo magmática, o rejeito provocado pelas falhas certas parte do afloramento, mostram um falso movimento dextral (Figura 5.6).

No micaxisto, descrito no ponto 01, se observa que as falhas normais, e no ponto 02, falhas inversas, que cortam a xistosidade presente nessas rochas, e causam modificações na direção da xistosidade, que deixa de apresentar direção NE-SW, com sentido de mergulho para NW ou SE, passa para NW-SE com sentido de mergulho para SW (Figura 5.7).

Figura 5.5 - A) Falhas sinistras em brecha vulcanoclástica, nota-se que o rejeito provocado é de aproximadamente 2 a 3 cm (Ponto 10); B) No riolito, ocorrem falhas sinistras com rejeito que varia entre 3 a 5 cm. Em ambas as fotos a ponta da lapiseira marca o norte (Ponto 10).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5.6 - Falha normal no riolito descrito no ponto 10. Nota-se que devido ao rejeito provocado e pela rocha apresentar mergulho devido à foliação de fluxo magmático, se produziu um falso movimento sinistral.

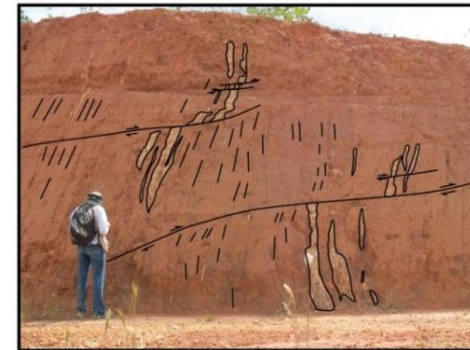
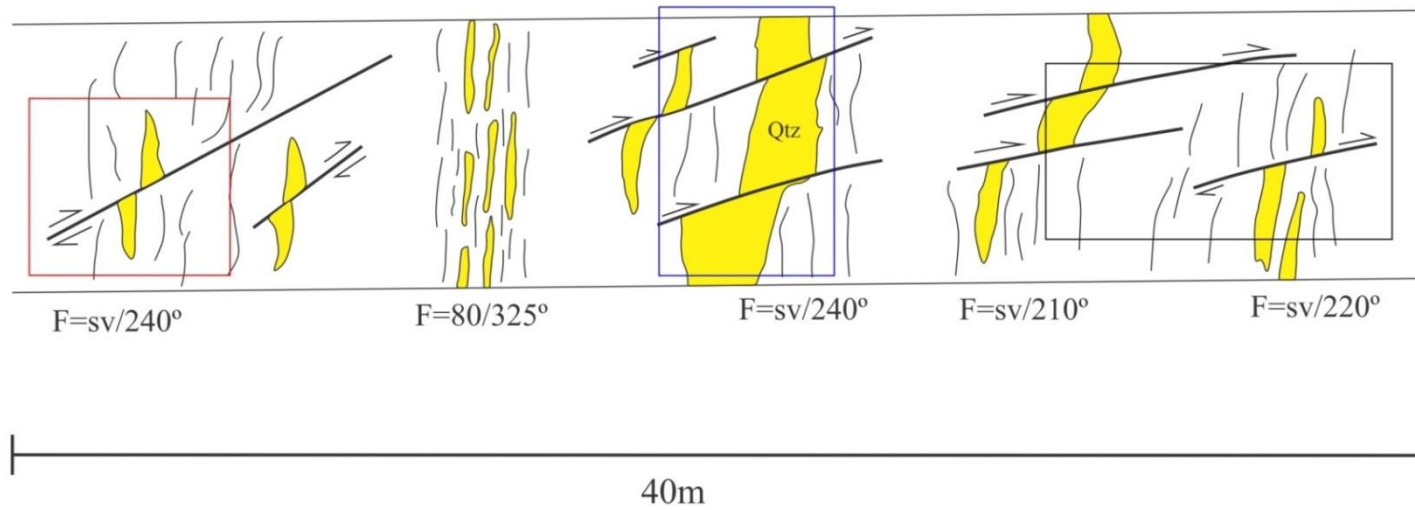


Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5.7 -Seção esquemática do ponto 02, constituído por micaxisto cortado por veios de quartzo (em amarelo) e falhas inversas (traços mais grossos). Nota-se que as falhas provocam rejeito que varia de 20 a 30 cm. A direção da xistosidade em cada parte do afloramento está representada abaixo da seção.

←140° Az

320° Az→

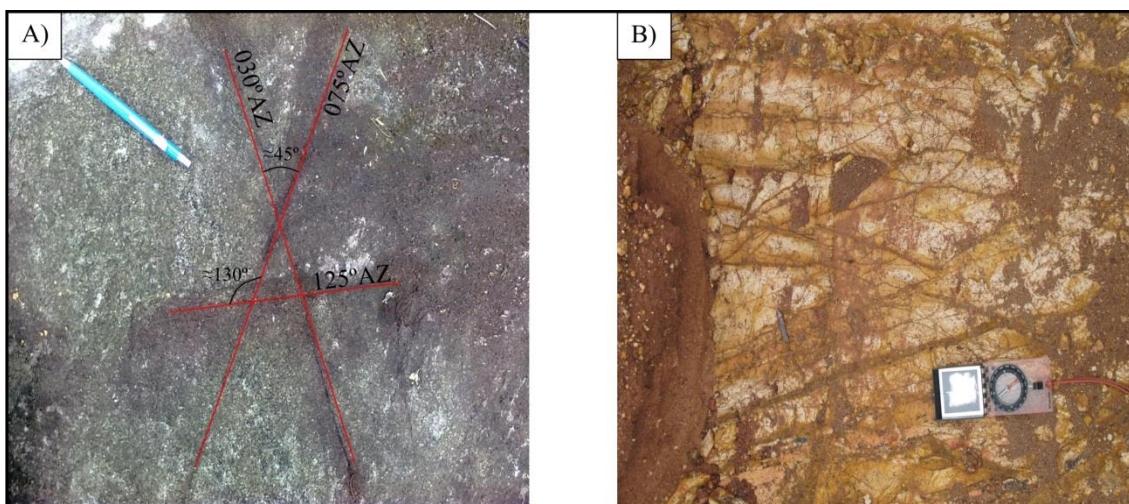


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.6 Fraturas

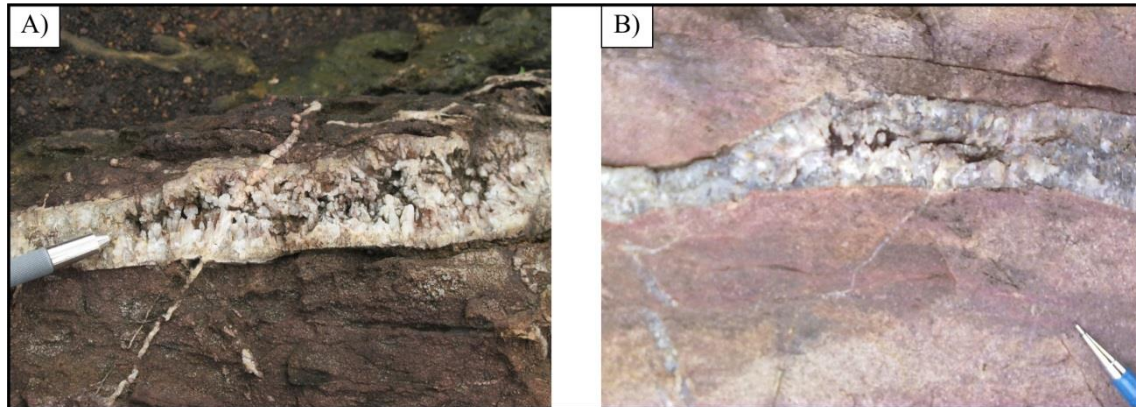
As fraturas são as estruturas mais comuns, as quais ocorrem em todas as rochas, anteriormente descritas (Figura 5.8), exceto nos micaxistos. Dentre as fraturas, nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas foi possível descrever fraturas produzidas por movimentos extensionais, as chamadas Fraturas T, o espaço produzido por essas fraturas, pode ser injetado por fluidos, e com o resfriamento, se cristalizam e preenche essas fraturas. Uma das características dessas fraturas, é que os cristais crescem em direção ao centro, pelo fato que a geração de espaço é contínua, o que pode culminar em gerações distintas de cristais dentre eles de quartzo (Figura 5.9).

Figura 5.8 -A) Fraturas de direção 075°Az , 030°Az e 125°Az , que ocorrem nos riolitos do ponto 09, nota-se o ângulo produzido entre essas fraturas. Nessa foto a ponta da lapiseira marca a direção do norte. B) No ponto 08, o tufo vulcânico é fortemente fraturado, por fraturas de direção: NE-SW, N-S, NW-SE, etc.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5.9 - A) Fratura T, na brecha vulcânica descrita no ponto 10, nota-se que devido ao espaço produzido nessas fraturas por movimentos extensionais, cristais de quartzo se cristalizaram preenchendo os espaços. B) No riolito porfirítico do ponto 09, ocorrem também fraturas T, e do mesmo modo nas brechas vulcânicas, cristais de quartzo preenchem o espaço produzido pelas fraturas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.7 Veios

Os veios ocorrem principalmente nos micaxistos, nos riolitos e nas brechas vulcânicas. Essas estruturas apresentam composição somente de quartzo ou quartzo-feldspática, como vista nos micaxistos (Figura 5.6). Em alguns casos como nos ponto 09 e 10, estão associados ao preenchimento de fraturas T (Figura 5.9)

6 GEOMETRIA DAS ROCHAS

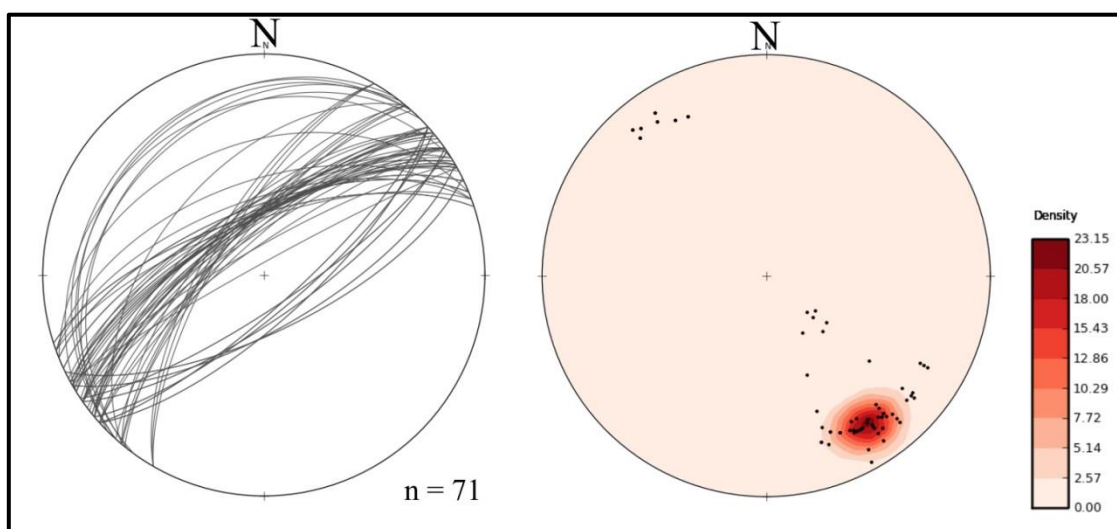
A região de São Félix do Xingu é marcada por rochas formadas em diferentes níveis crustais. Na área estudada, o arcabouço estrutural é marcado por estruturas primárias (Foliação de Fluxo Magmático e Dobras Convolutas) e secundárias (tectógenas) formadas em regime dúctil e em regime rúptil. No regime dúctil as feições mais expressivas são a xistosidade e a banda de cisalhamento. No regime rúptil as estruturas existentes são falhas, fraturas, dentre elas as fraturas T, e veios.

6.1 Xistosidade

Na região próxima a cidade de São Félix do Xingu, nos pontos 01 a 07, e nos pontos 16 a 19, a xistosidade ocorre principalmente nos micaxistos, descritos no capítulo 4.

Através do tratamento estatístico e plotagem dos dados em estereogramas (Figura 6.1), verificou-se que a xistosidade apresenta direção NE-SW, com sentido de mergulho para NW e para SE. com valores de mergulho variando de 10° a 75° .

Figura 6.1 -Estereograma com as atitudes da xistosidade que ocorre nos micaxistos anteriormente descritos. A) planos da xistosidade e B) os polos dos planos; n é o numero de medidas.

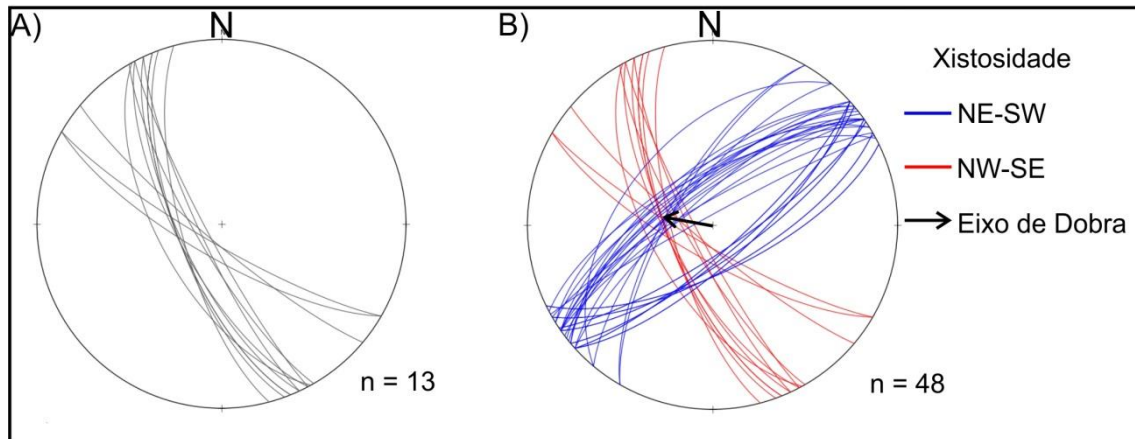


Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos pontos 01 e 02, se observou que nas falhas que ocorrem nos micaxistos, provocam modificações na atitude da xistosidade, que passa a ter direção NW-SE, com sentido de mergulho para SW, com valores de mergulho

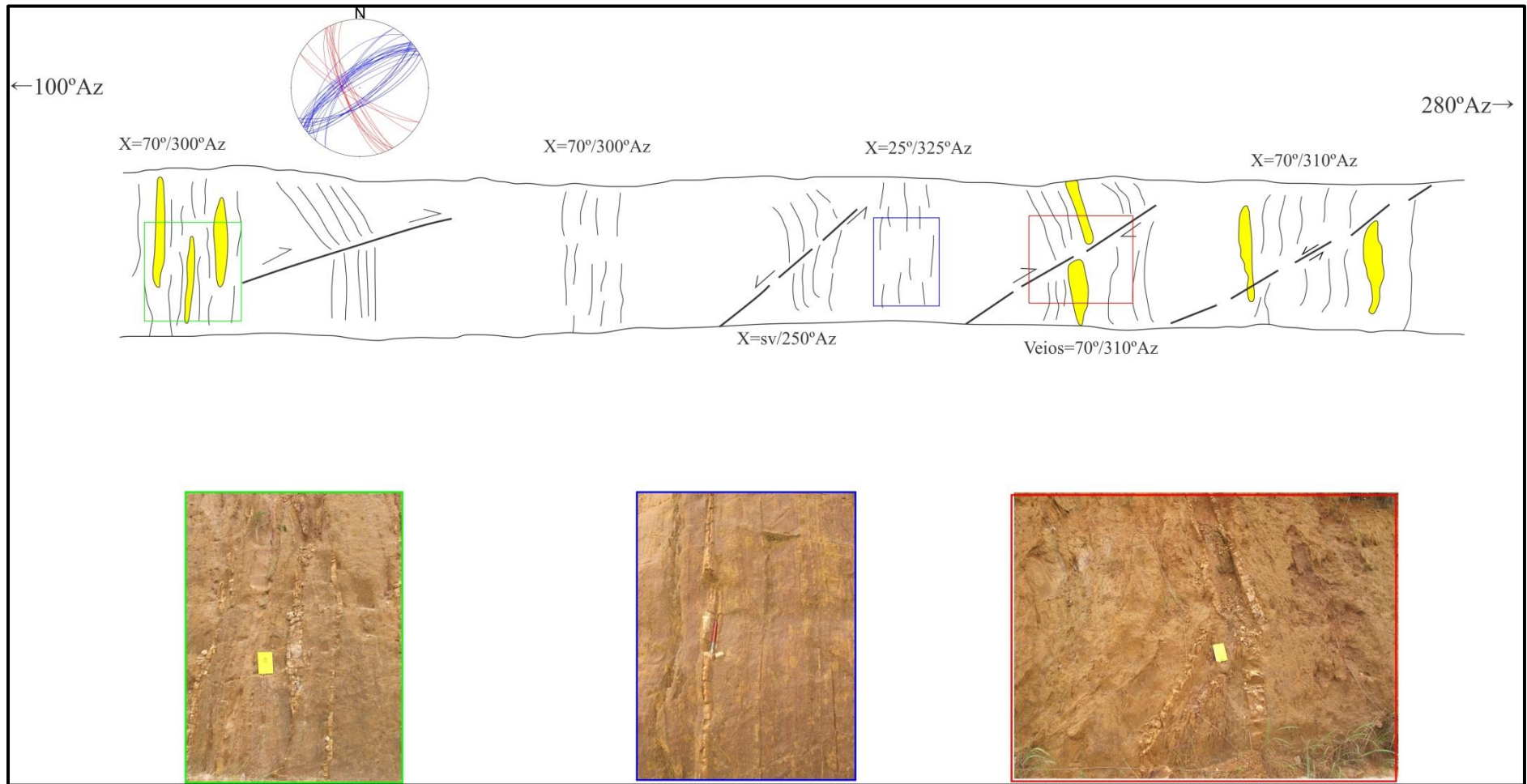
(Figura 6.2). O produto dessa modificação é a existência de dobras com eixo com caimento para NW, com valores altos de caimento (Figura 6.3).

Figura 6.2. A) Estereograma com a atitude dos planos da xistosidade, que são modificadas pelas falhas que cortam o micaxisto, nos pontos 01 e 02. B) O produto da interferência das falhas que ocorrem no micaxistos é a existência de dobras com eixo para NW, com valor de caimento $\approx 70^\circ$.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6.3 - Seção esquemática do micaxisto descrito no ponto 01 se observa a relação entre a xistosidade e as falhas; e a formação de dobras, produzidas a partir da modificação da atitude dos planos da xistosidade. Em amarelo: veios de quartzo.



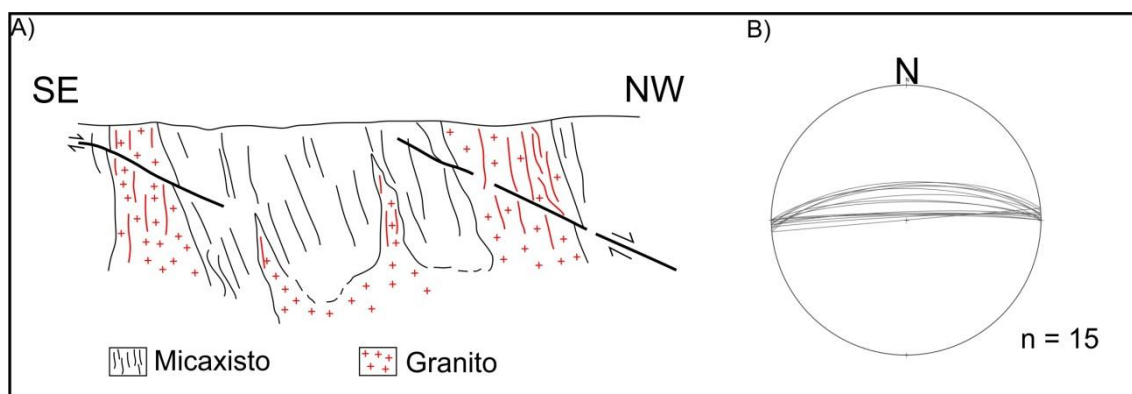
Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2 Foliação de Fluxo Magmático

A foliação de fluxo magmático ocorre no granito que intrude os micaxistos (ponto 03), nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas. Sendo uma foliação contínua, e principalmente evidenciada pela orientação de cristais de granulação grossa, de plagioclásio, quartzo, ou K-feldspato.

No ponto 03, foi observado que nos micaxistos ocorrem injeções de granito com foliação de fluxo magmático de direção E-W com sentido de mergulho para N, e com valores altos ($\approx 90^\circ$) de mergulho (Figura 6.4). Devido a injeção do granito, a xistosidade presente nos micaxistos em torno do granito, modifica a sua orientação e passa até a mesma atitude da foliação de fluxo magmático.

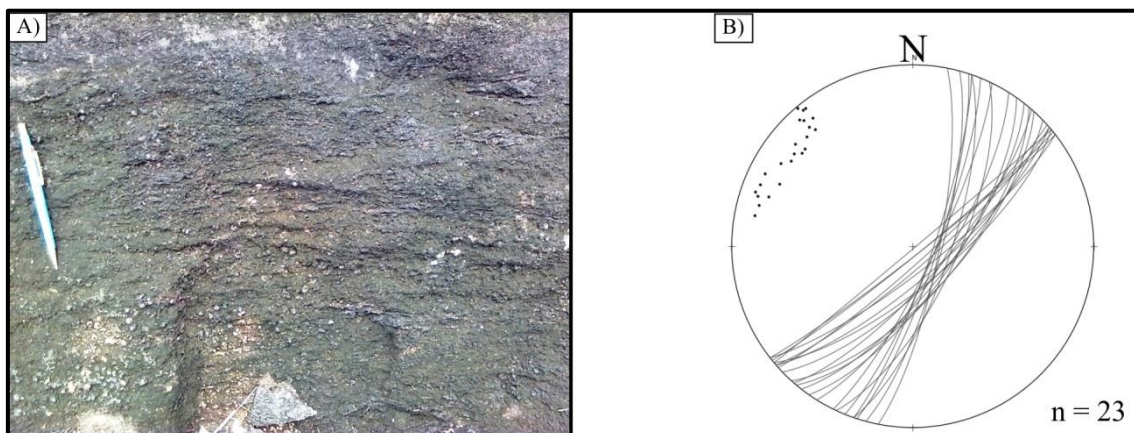
Figura 6.4 -A) seção esquemática da relação entre o micaxisto e o granito (Ponto 03); e B) Estereograma com as atitudes dos planos da xistosidade (micaxisto) e da foliação de fluxo magmático (granito). Nota-se que a direção é E-W, com sentido de mergulho para N, e valores altos de mergulho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os riolitos porfíricos e as brechas vulcanoclásticas apresentam cristais de quartzo, K-feldspato e plagioclásio orientados, formando uma foliação de fluxo magmático (Figura 6.5). Com base na análise estatística, foi observado que a direção do fluxo magmático, o qual é evidenciado pelos cristais orientados, é de direção NE-SW, com mergulho para SE, com valores entre 55° a 90° de mergulho.

Figura 6.5 - A) Riolito porfírico com foliação de fluxo magmático no qual os cristais de quartzo e feldspato orientados evidenciam a direção da foliação; e B) Estereograma com as atitudes dos planos da foliação de fluxo magmático, que é de direção NE-SW, com sentido de mergulho para SE, com valores intermediários a altos de mergulho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3 Dobras Convolutas

São estruturas formadas a partir da dinâmica do fluxo magmático, ocorre nos riolitos. E apresentam direção média de caimento para NW, com valores altos de caimento.

6.4 Bandas de Cisalhamento

No micaxisto, descrito no ponto 04, próximo a cidade de São Félix do Xingu, foi identificada, a presença de bandas de cisalhamento, como descritas anteriormente, foram retiradas apenas duas medidas dessas estruturas que foi de: $29^{\circ}/255^{\circ}\text{Az}$ e $30^{\circ}/260^{\circ}\text{Az}$.

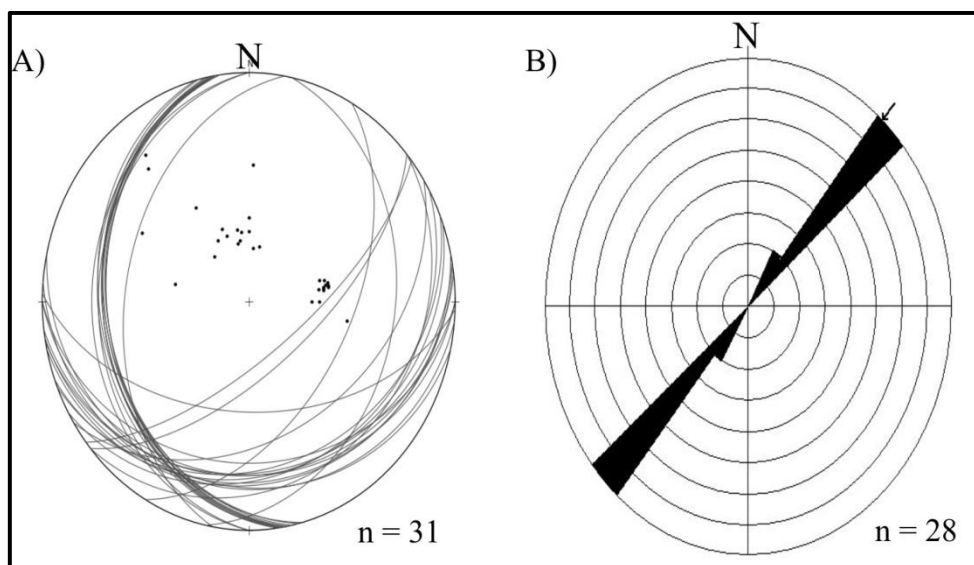
6.5 Falhas

Na área estudada como um todo, desde o micaxisto até os riolitos e as brechas vulcanoclásticas, ocorre nessas rochas, falhas inversas e normais no micaxisto; e falhas transcorrente sinistras, nas outras rochas.

Com base na análise e da plotagem dos dados em estereograma e em gráficos de roseceas (Figura 6.6), foi possível identificar que no micaxisto as falhas tem direção NE-SW e N-S, com mergulho para SE e W. As falhas NE-SW, possuem mergulho para SE, com valores entre 10° até 83° , já as falhas N-S, mergulham para W, com valores aproximadamente de 25° (Figura 6.6a).

Nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas observa-se que as falhas apresentam direção preferencialmente para NE-SW, mas precisamente entre 045°Az a 055°Az (Figura 6.6b).

Figura 6.6 - A) Estereograma com as atitudes dos planos das falhas que ocorrem nos micaxistos, que apresentam direção NE-SW ou N-S, com mergulho ora pra SE ora pra W; B) Rosacea para as direções de planos de falhas que ocorrem nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas, nota-se as falhas apresentam preferencialmente direção NE-SW.

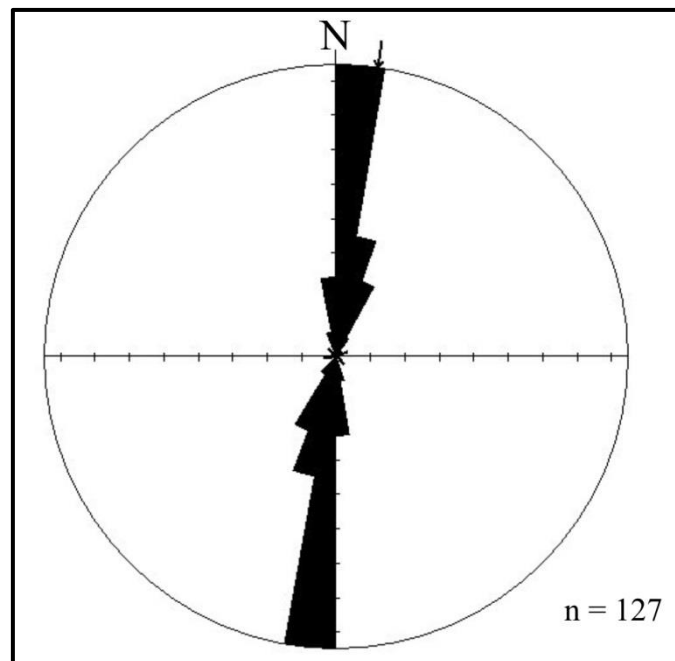


Fonte: Elaborado pelo autor.

6.6 Fraturas

A partir da descrição todos os afloramentos visitados, se constata que as fraturas ocorrem principalmente nos tufo vulcânicos, nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas. Com base na análise e da confecção de rosáceas, foi possível determinar, que as fraturas seguem um padrão preferencial N-S (Figura 6.7).

Figura 6.7 - Rosacea para as direções de planos de fraturas que ocorrem nos tufo, nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas, nota-se que as fraturas apresentam direção preferencial para N-S.

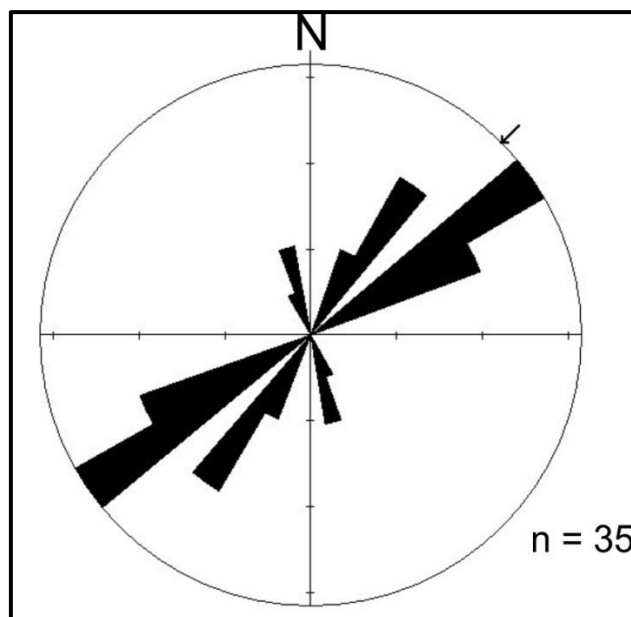


Fonte: Elaborado pelo autor.

6.7 Fraturas T

Como foi descrito nos capítulos anteriores, as fraturas T ocorrem nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas. Com base na análise e da confecção de uma rosácea foi possível identificar que as fraturas de tensão seguem um padrão preferencial NE-SW (Figura 6.8), o que indica que essas estruturas seguem o padrão regional.

Figura 6.8 -Rosacea para as direções de planos de fraturas T que ocorrem nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas, nota-se que as fraturas T apresentam direção preferencial para NE-SW.



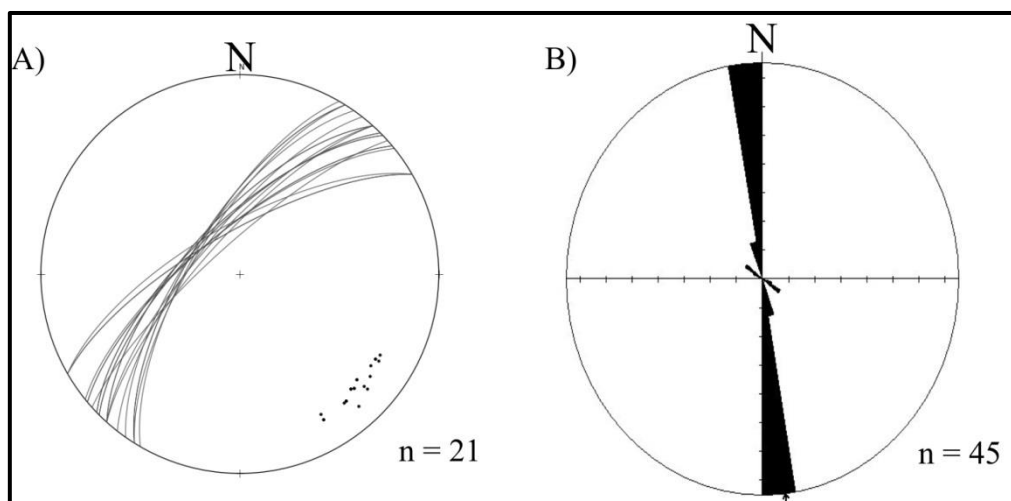
Fonte: Elaborado pelo autor.

6.8 Veios

Os veios ocorrem principalmente, nos micaxistos, nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas, como descrito anteriormente. Esses veios se constituíam unicamente por quartzo ou possuíam composição quartzo-feldspático.

Nos micaxistos as bordas dos veios apresentam direção NE-SW, com sentido de mergulho para NW, com valores de mergulho aproximadamente 90° . Nos riolitos e nas brechas vulcanoclásticas as bordas dos veios apresentam direção preferencial NE-SW (Figura 6.9).

Figura 6.9 - A) Estereograma para as atitudes das bordas dos veios nos micaxistos se observa que essas estruturas apresentam direção NE-SW, com sentido de mergulho para NW, e com valores altos de mergulho. B) Rosácea com a direção preferencial N-S das bordas dos veios que cortam os riolitos e as brechas vulcanoclásticas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

7 DISCUSSÃO E MODELO EVOLUTIVO.

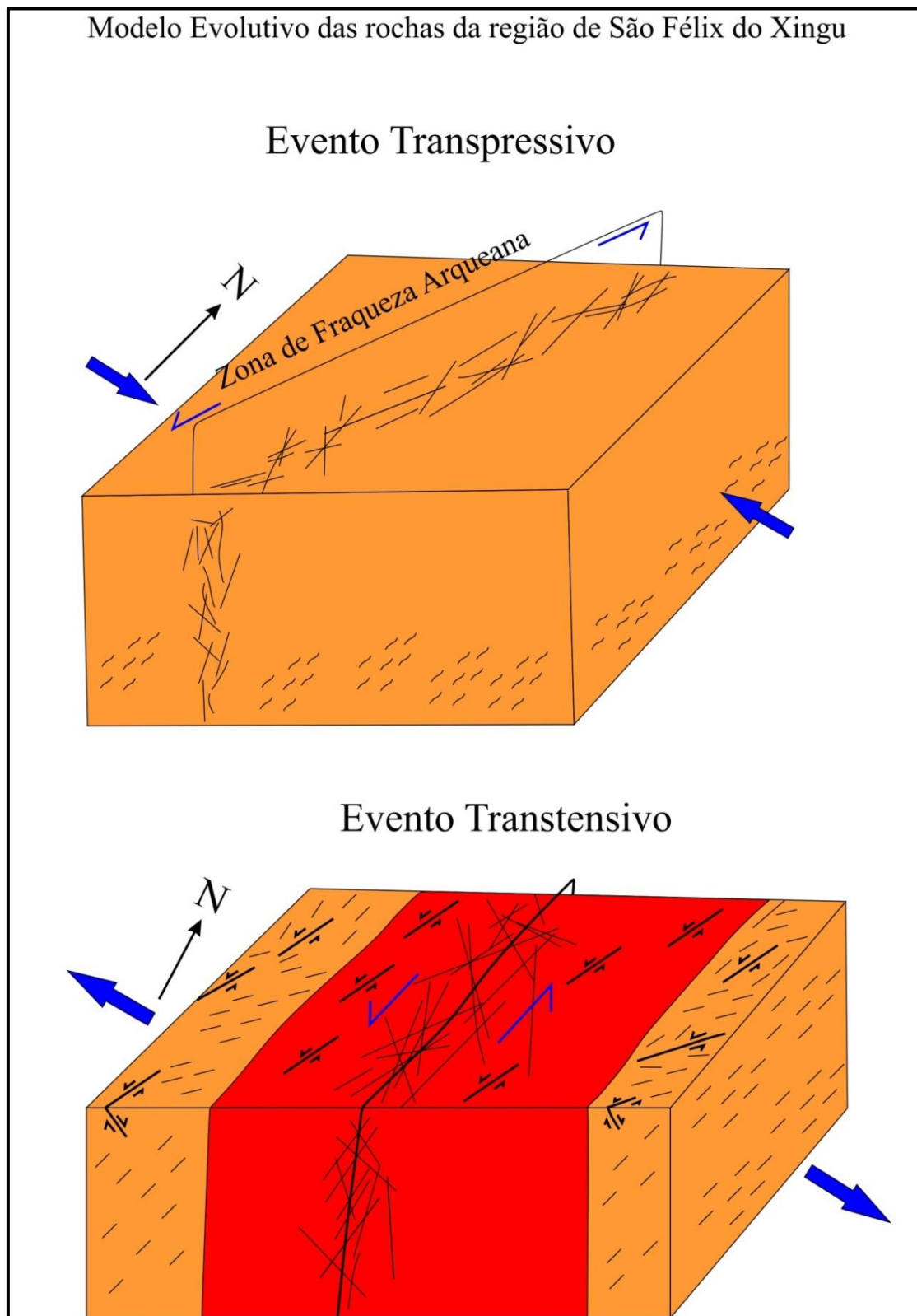
A análise geométrica das rochas expostas na região estudada se deu a partir da disposição espacial dos elementos tectônicos observados nas rochas e da relação da posição geométrica entre as estruturas formadas em regime dúctil (xistosidade) e as formadas em regime rúptil (fraturas e falhas).

Os micaxistos apresentam xistosidade de direção NE-SW com sentido de mergulho tanto para NW e SE, e com valores altos de mergulho ($\approx 70^\circ$), indicativos de esforços transpressivos na região.

A posição espacial das fraturas e falhas observadas nas rochas vulcânicas do Grupo Uatumã mostra geometria concordante com a trama foliada dos micaxistos do Grupo São Félix. Isto pode indicar que a deformação impressa nas rochas do Grupo Uatumã foi controlada pela estruturação dúctil (xistosidade) existente das rochas metassedimentares do Grupo São Félix, agindo como superfície de fraqueza capaz de acomodar as componentes de cisalhamento puro e simples durante a deformação. Outra evidência disso é a presença do mesmo padrão de faturamento e falhamento que ocorre tanto nos micaxistos quanto nas rochas vulcânicas.

A partir da análise dos dados estruturais obtidos em campo, apontam para dois eventos deformacionais principais: o primeiro evento transpressivo, de caráter dúctil, responsável pela geração da xistosidade dos micaxistos do Grupo São Félix, posteriormente houve a formação da grande Falha Sinistral, em regime rúptil, que seria utilizada como conduto do magma que originou as rochas vulcânicas do Grupo Uatumã. Após isso, tanto os micaxistos quanto os riolitos, os tufos vulcânicos, as brechas vulcanoclásticas e brechas autoclásticas, foram submetidas a um segundo evento deformacional de caráter rúptil, onde se instalaram sistemas de falhas transtensivas que, nos micaxistos, deformaram a xistosidade, e produziram dobras com eixo NW. A partir disso, pode se propor um modelo evolutivo (Figura 7.1) para as rochas da região de São Félix do Xingu.

Figura 7.1 -Modelo evolutivo proposto para as rochas da região de São Félix do Xingu, que sugere dois episódios de deformação. O primeiro foi um evento transpressivo de caráter dúctil e rúptil, responsável pela formação da xistosidade e da Falha Sinistral, que foi utilizada como conduto do magma que originou as rochas vulcânicas do Grupo Uatumã. O segundo foi um evento Transpressivo de caráter rúptil, que originou os sistemas de falhas e faturamento das rochas expostas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

8 CONCLUSÃO

Os dados apresentados nesse trabalho, referentes às rochas da região de São Félix do Xingu, sugerem um modelo com dois episódios deformacionais: o primeiro transpressivo, de caráter dúctil, e o segundo transtensivo de caráter rúptil; que explica a disposição geométrica e o arranjo espacial das rochas observadas.

A proposta se baseia em um modelo no qual os micaxistos do Grupo São Félix foram submetidos a um evento deformacional transpressivo, ocorrido durante o episódio colisional sugerido por Fernandes *et al.* (2011). Sendo sustentado pela presença de xistosidade com valores altos de mergulho. Posteriormente, tanto os micaxistos quanto as rochas vulcânicas do Grupo Uatumã, foram submetidas a um evento deformacional transtensivo, sendo sustentado por evidências como: 1) a ocorrência de deformação rúptil, notadamente falhas normais e sinistrais de alto ângulo, que nos micaxistos, interferiram e modificaram a xistosidade, e que geram dobras; e 2) ausência de estruturas de ambiente colisional nas rochas vulcânicas do Grupo Uatumã, dificultam a aplicação de um modelo em que os riolitos, tufos, e brechas vulcanoclásticas tenham sido submetidos a tectônica compressiva, em zonas de cavalgamento.

Dessa forma, as rochas vulcânicas do Grupo Uatumã, na região de São Félix do Xingu, são aqui interpretadas como uma cobertura vulcânica paleoproterozóica afetada por um evento rúptil, de caráter transtensivo.

REFERENCIAS

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, 17, p. 1–29. 1981.
- ARAÚJO, O. J. B., MAIA, R. G. N., JORGE JOÃO, X. S., COSTA, J. B. S., 1988. A Egeaestruturação arqueana da folha Serra dos Carajás. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 17., 1988, Belém. **Anais...** Belém: SBG, 1988, p. 324–333.
- BETTENCOURT J.S., DALL'AGNOL R. The Rondonian tin-bearing anorogenic granites and associated mineralization. In: INTERN. SYMP. GRANITES AND ASSOC. MINERALIZ, 1987, Salvador. **Excursion Guides**. Salvador, 1987. p.49-87.
- BETTENCOURT, J.S., TOSDAL, R.M., LEITE JR, W.B., PAYOLLA, B.L. Mesoproterozoic rapakivi granites of the Rondonia Tin Province, southwestern border of the Amazonian Cráton, Brazil. I. Reconnaissance U–Pb geochronology and regional implications. **Precambrian Research**, n. 95, p. 41–67. 1999.
- BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C. R.; VIDOTTI, M. E.; GONÇALVES, J. H. (Eds.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília, DF: CPRM, 2003.
- BRITO NEVES, B.B.; CORDANI, U.G. Tectonic evolution of South America during the late proterozoic. **Precambrian Research**, v. 53, p. 23-40. 1991.
- BRITO NEVES, B. B. **Glossário de geotectônica**. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2011. 256 p.
- BRITO NEVES, B.B. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, p. 379-392. 1999.
- CORDANI, U.G.; TASSINARI, C.G.C; TEIXEIRA, W.; BASEI, M.A.S.; KAWASHITA, K. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 1979, Africa. **Anais...** Africa, 1979. p. 137-138.
- COSTA, J.B.S.; HASUI, Y. Evolução geológica da Amazônia. In: COSTA, M.L.; ANGÉLICA, R.S. (Eds.). **Contribuições à geologia da Amazônia**, FINEP/SBG-NO, Belém, Pará, 1997. p. 15-90.
- DALL'AGNOL, R.; BETTENCOURT, J.S.; JORGE JOÃO, X.; MEDEIROS, H.; COSTI, H.T.; MACAMBIRA, M.J.B. Granitogenesis in the northern Brazilian region: a review. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 4, p. 382-403. 1987.

DALL'AGNOL R.; COSTI H.T.; LEITE A.A. da; MAGALHÃES M.S. de; TEIXEIRA N.P. Rapakivi granites from Brazil and adjacent areas. **Precambrian Research**, v. 95, p. 9-39. 1999a.

DAVIS, G. H. ; REYNOLDS, S. J. **Structural geology of rocks and regions**. 2ª Ed. Canadá: Ed. John Willey & Sons, Inc. 1996. 776 p.

RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO (DOCEGEO). Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás, Pará. In: MACAMBIRA, E.M.B. ; VALE, A.G. **Projeto especial mapas de recursos minerais, de solo e de vegetação para a área do Projeto Grande Carajás** - sub-programa mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais. Folha São Félix do Xingu Regular Folha SB – 22 – Y – B. 1997. Belém: CPRM. SUREG, 1988.

FERNANDES, C.M.D.; LAMARÃO, C.N.; TEIXEIRA, N.P. O Vulcanismo bimodal do tipo Uatumã da região de São Félix do Xingu (PA), Província Mineral de Carajás. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 3, p. 565–576. 2006.

FERNANDES, C.M.D.; JULIANI, C.; MOURA, C.A.V.; LAGLER, B. Paleoproterozoic bimodal volcanism of the São Félix do Xingu region, south Pará state, Amazonian Craton, Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 33rd, 2008, Oslo. **Abstracts...** Oslo: IUGS, 2008. 1CD-ROM.

FERNANDES, C.M.D. **Estratigrafia e petrogênese das sequencias vulcânicas paleoproterozóicas na região de São Félix do Xingu (PA), Província Mineral de Carajás**. 2009. 158 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FERNANDES, C.M.D.; JULIANI, C.; MONTEIRO, L.V.S.; LAGLER, B.; e MISAS, C.M.E. High-K calc-alkaline to A-type fissure-controlled volcano-plutonism of the São Félix do Xingu region, Amazonian craton, Brazil: Exclusively crustal sources or only mixed Nd model ages?. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 32, n. 4. p. 1 – 18. 2011.

GOOGLE EARTH **.Programa Goole Earth 6.0**, 2013.

HASUI, Y.; HARALYI, N.L.; SCHOBENHAUS, C. Elementos geofísicos e geológicos da região amazônica: subsídios para o modelo geotectônico. In: SIMPÓSIO AMAZÔNICO, 1984, Manaus. **Anais...** Manaus: DNPM, 1984. p. 129-147.

HASUI, Y. ; COSTA, J.B.S. **Zonas e cinturões de cisalhamento**. Belém (PA): Ed. Universitária UFPA, 1992. 325 p.

HOBBS, B.E.; MEANS, W.D.; WILLIAMS, P.F. **An outline of structural geology**. New York: Ed. John Willer & Sons, 1976.

JULIANI, C.; MONTEIRO, L.V.S.; BETTENCOURT, J.S.; FERNANDES, C.M.D. 2008. Epithermal and porphyry-related Au and base-metal mineralizations in the Paleoproterozoic Uatumã magmatism – Tapajós Gold Province, Amazonian

Craton. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 33RD, 2008, Oslo. **Abstracts**. Oslo, 2008. p.35-45.

JULIANI, C.; FERNANDES, C.M.D. Well-preserved late paleoproterozoic volcanic centers in the São Félix do Xingu region, Amazonian Craton, Brazil. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 191, p. 167-179. 2010.

LAFON, J.M.; RODRIGUES E.; MACAMBIRA, E.M.B.; PEREIRA, E.D. Magmatisme anarogénique du protérozoïque inférieur dans la région de São Felix do Xingu-Tucumã (Amazonie Orientale, Brésil). Nouvelles données géochronologiques. **C. R. Acad. Sci.** Paris, v. 320, p. 937-944. 1995.

MACAMBIRA, E.M.B.; VALE, A.G. Projeto especial mapas de recursos minerais, de solo e de vegetação para a área do Projeto Grande Carajás - subprograma mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais. **Folha São Félix do Xingu Regular Folha SB – 22 – Y – B**. 1997. Belém: CPRM. SUREG.

MCCLAY, K.R. **The mapping of geological structures**. London : Geological Society of London handbook; Ed. Butler & Tanner Ltd, 1987. 162 p.

MCCLAY, K. R. **The mapping of geological structures**. London: John Wiley and Sons Ltd., 1991. 170 p.

NEVES, S.P. **Dinâmica do manto e deformação continental**: uma introdução à geotectônica. Recife: Ed. Universitário UFPE, 2008. 160 p.

PAIVA JÚNIOR, A.L. Petrografia e geocronologia Pb-Pb do Granito Santa Rosa, região de São Félix do Xingu, Província Mineral de Carajás. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPA, 15., 2004, Belém. **Atas**. Belém: UFPA, 2004. v. 1. p. 73.

PASSCHIER, C. W.; MYERS, J. S.; KRONER, A. **Geologia de campo de terrenos gnáissicos de alto grau**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. 189 p.

PASSCHIER, C. W.; TROUW, R. A. J. **Microtectonics**. 2a. Ed. London: Editora Springer, 2005. 366 p.

PESSOA, M.R.; SANTIAGO, A.F.; ANDRADE, A.F.; BARRETO, E.L.; NASCIMENTO, J.O.; OLIVEIRA, J.R.; PRAZERES, W.V. Projeto Jamanxim. In: BRASIL. **Relatório final**. Manaus: DNPM/CPRM, 1977. v. 8.

PINHO, S.C.C.; FERNANDES, C.M.D.; TEIXEIRA, N.P.; PAIVA JR, A.L., CRUZ, V.L.; LAMARÃO, C.N.; MOURA, C.A.V. O magmatismo paleoproterozóico da região de São Félix do Xingu, Província Estanífera do Sul do Pará: Petrografia e Geocronologia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 4, p. 793-802. 2006.

RAMSAY, J. G. ; HUBER, M. I. **The Techniques of modern structural geology**: folds and fractures. Londres: Academic P. v. 2. 1987.

ROSA-COSTA, L.T.; VASQUES, M.L. **Geologia e Recursos Minerais do estado do Pará**. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM, 2008. 328 p.

SANTOS, J.O.S. Classificação das rochas vulcânicas Uatumã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG. 1984. p 4535-4538.

SANTOS, J.O.S.; HARTMANN, L.A.; GAUDETTE, H.E.; GROVES, D.I.; MCNAUGHTON, N.J.; FLETCHER, I.R. A New understanding of the provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. **Gondwana Research**, v. 3, n. 4, p. 453-488. 2000.

SIBSON, R.H. Fault rocks and fault mechanisms. **Journal of de Geological Society of London**, v. 133, p. 191-213. 1977.

SILVA, G.G.; LIMA, M.I.C.; ANDRADE, A.R.F.; ISSLER, R.S.; GUIMARÃES, G. Geologia das Folhas SB.22-Araguaia e parte da Folha SC.22- Tocantins. 1974. In: **Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB.22** – Araguaia e parte da Folha SC.22 – Tocantins, DNPM Rio de Janeiro, 1974. p. 01-08a. (Levantamento de Recursos Naturais, n. 4).

TASSINARI, C.C.G. **Evolução geotectônica da província Rio Negro-Juruema na região Amazônica**. 1981. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo. Paulo. 1981.

TASSINARI C.C.G. e MACAMBIRA M.J.B. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. **Episodes**, v. 22, p. 174-182. 1999.

TASSINARI, C.C.G.; BETTENCOURT, J.S.; GERALDES, M.C.; MACAMBIRA, M.J.B.; LAFON, J.M. The Amazonian Craton. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (Eds). **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31th International Geological Congress, 2000. p. 41-95.

TEIXEIRA, N.P. **Contribuição ao estudo das rochas granitóides e mineralizações associadas da Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Estanífera do Sul do Pará**. 1999. 508f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1999. CR-ROM.

TEIXEIRA N.P., E BETTENCOURT J.S. Velho Guilherme Intrusive Suite. Pará, Brazil: petrogenetic aspects and associated mineralization. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, v. 31, 2000, Rio de Janeiro. **Abstract**. Rio de Janeiro : Granite Systems and Proterozoic Lithospheric Processes IGCP-426, IAGC/IM, 2000. 1 CD-ROM.

TEIXEIRA N.P., BETTENCOURT J.S., MOURA C.A.V., DALL'AGNOL R., MACAMBIRA E.M.B. Archen crustal sources for paleoproterozoic tingranites in the Carajás Province, SSE Pará, Brazil: Pb-Pb geochronology and Nd isotope geochemistry. **Precambrian Research**, v. 119, n. 1-4, p. 2257-2275. 2002a.

TEIXEIRA N.P., BELLO R.M.S., BETTENCOURT J.S. Inclusões fluidas do maciço Antônio Vicente, Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Estanífera

do Sul do Pará. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n. 1, p. 135-146. 2002b.

TEIXEIRA, N.P.; BETTENCOURT, J.S.; DALL'AGNOL, R.; MOURA, C.A.V.; FERNANDES, C.M.D.; PINHO, S.C.C. Geoquímica dos granitos paleoproterozóicos da suíte granítica Velho Guilherme, Província Estanífera Do Sul Do Pará. **Revista Brasileira de Geociência**, v. 35, n. 2, p. 217-226. 2005.

TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.C.G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. A Review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications. **Precambrian Research**, v. 42, p. 213-227. 1989.

TWISS, J.R.; e MOORES, E. M. **Structural geology**. New York : University of California at Davis. Ed. W. H. Freeman and Company. 1992. 532 p.

VENEZIANI, P.; e DOS ANJOS, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicação em geologia**. INPE-2227-MD/014, São José dos Campos: 1982, 14 p.

ANEXOS

ANEXO A – MAPA ESTRUTURAL

ANEXO B – MAPA DE PONTOS

ANEXO C – TABELA DE DESCRIÇÕES DE PONTOS.

(continua)

Pontos	Coordenadas (X,Y)	Descrição
PT01	X = 398.293,540 m E e Y = 9.259.639,541 m N	<p>Afloramento do tipo corte de estrada (Tucumã – São Felix) a aproximadamente uns 10 a 12 km de distancia para o município de São Felix do Xingu. A rocha presente encontra-se bastante alterado com coloração avermelhada. A mineralogia é constituída por quartzo, muscovita e um mineral que, pelo fato da rocha esta muito intemperizada, o que dificulta a sua identificação, provavelmente seria a granada. A rocha apresenta foliação contínua de direção NE-SW, com mergulho para NW ou para SE, com valores altos ($\approx 70^\circ$) de mergulho, possivelmente essa foliação seria a xistosidade, com isso possivelmente a rocha trata-se de um micaxisto.</p> <p>Essa rocha apresenta também veios quartzosos concordantes com a foliação. Estruturalmente a rocha é fortemente cortada por falhas normais, que deslocam movimentos de 10 a 30 cm, visíveis nos veios de quartzo. Essas falhas deslocam e modificação a orientação da foliação, que passa a ser de direção NW-SE, com mergulho para SW.</p>
PT02	X = 398.101,716 m E e Y = 9.259.751,989 m N	<p>Afloramento corte de estrada (PA – 279), constituído pela mesma rocha do ponto 01. Rocha pelitica com foliação continua (xistosidade) de direção NE-SW, com mergulho para NW ou SE, com granulação fina, cortado por veios de quartzo leitoso. Apresenta falhas inversas que deslocam os veios e que modificam a orientação da xistosidade.</p>

(continuação)

Pontos	Coordenadas (X,Y)	Descrição
PT03	X = 397.764,372m E e Y = 9.260.301,000m N	<p>Afloramento do tipo corte de estrada (PA – 279) a 500 m do ponto 02. Neste afloramento foi identificado duas litologias. A primeira litologia trata-se do micaxisto visto nos dois pontos anteriores, contudo menos deformada com granulação fina, foliação incipiente e com veios e bolsões de muscovita-quartzo alguns concordantes e discordantes a foliação.</p> <p>A outra litologia trata-se de uma rocha alterada de coloração rósea clara a branco rosado, com pórfiros de plagioclásio caolinizados, sendo que estes cristais estão orientados, constituindo uma foliação contínua, possivelmente trata-se de foliação de fluxo magmático, com direção E-W com mergulho para N e valores altos de mergulho ($\approx 90^\circ$), eventualmente com clastos/ blastos simétricos. Esta rocha também é cortado por veios de quartzo. Essa possivelmente trata-se de uma injeção ígnea (granito). No afloramento é possível ver que a foliação presente nos xistos muda sua orientação (NE-SW) passando a ter a mesma orientação (EW) dos cristais de caolinita presentes no granito.</p>
PT04	X = 397.466,715m E e Y = 9.260.631,730m N	<p>Afloramento corte de estrada (PA – 279), constituído por rocha de coloração rosa clara a roxa, muito intemperizada, de granulação fina, com foliação continua de direção NE-SW, com mergulho para NW ou SE, valores de mergulho que variam de 50° a 74°, e ocorre bandas de cisalhamento, contudo foi possível retirar apenas duas medidas que são: $29^\circ/255^\circ\text{Az}$ e $30^\circ/260^\circ\text{Az}$. Essa rocha é semelhante ao metapelito dos pontos anteriores.</p>
PT05	X = 397.380,725m E e Y = 9.260.717,720m N	<p>Afloramento corte de estrada na PA – 279, constituído por uma rocha pelítica muito alterada, de coloração rosa a roxa, com foliação pouco evidente, cortada por veios de quartzo, de direção NE-SW, com valores de ângulo de mergulho alto. A rocha possivelmente trata-se do metapelitos visto nos pontos anteriores.</p>
PT06	X = 397.301,350m E e Y = 9.260.803,710m N	<p>Afloramento corte de estrada na PA – 279, que foi identificado à mesma rocha pelítica dos pontos anteriores.</p>
PT07	X = 396.481,140m E e Y = 9.262.695,484m N	<p>Afloramento corte de estrada na PA – 279, que foi identificado à mesma rocha pelítica dos pontos anteriores.</p>

(continuação)

Pontos	Coordenadas (X,Y)	Descrição
PT08	X = 371.048,017m E e Y = 9.255.270,600m N	Afloramento natural de rocha de coloração rosa claro a roxa acinzentada, aparentemente maciço, intensamente intemperizado, o que dificultou a identificação da mineralogia. Apresenta granulação fina, ausência de foliação, contudo muito fraturada, com fraturas de direção 005° a 035°Az e 325° a 339°Az. Possivelmente essa rocha trata-se de um Tufo Vulcânico.
PT09	X = 373.354,722m E e Y = 9.258.898,425m N	Afloramento natural constituído por rocha de coloração rosa clara, pouco intemperizada, com duas granulações, a primeira fina e outra grossa, ambas são constituídas mineralogicamente por quartzo, K-feldspato e plagioclásio. Os cristais maiores estão orientados na direção NE-SW. Rocha também moderadamente fraturada, com fraturas na direção N-S e 040°Az. Observa-se também a presença de Fraturas T, que apresentam direção 025° a 045°Az. Possivelmente essa rocha trata-se de um Riolito Porfirítico.
PT10	X = 373.407,819m E e Y = 9.259.440,108m N	Afloramento natural constituído por duas litologias. Primeiramente por rocha de coloração rosa clara, de granulação fina, cortado por veios de quartzo leitoso, de largura entre 30 a 40 cm e de direção NE-SW. A outra rocha possui coloração rosa clara com granulação fina, e constituída por clastos do primeiro litotipo, e por cristais de 1-3 cm de quartzo e K-feldspato. Essa rocha é cortada por veios de quartzo e por falhas normais e sinistrais de direção NE-SW e rejeito que varia de 05 a 10 cm. Ambas as rochas estão cortadas por fraturas de direção 020° a 045°Az. Observa-se também a presença de Fraturas T, que apresentam direção 025° a 045°Az Possivelmente as rochas tratam-se de, respectivamente, de um Riolito e de uma Brecha Vulcanoclástica.
PT11	X = 373.672,403m E e Y = 9.259.721,228m N	Afloramento natural constituído por rocha de coloração rosa clara a roxo claro, possui granulação fina, e clastos que possivelmente sejam o riolito. Essa rocha apresenta uma foliação continua de direção NE-SW, possivelmente seja a foliação de fluxo magmático, cortada por falhas normais e sinistrais de direção NE-SW e rejeito que varia de 3 a 5 cm, e também, é cortada por fraturas NE-SW e N-S. possivelmente essa rocha trata-se de uma Brecha Vulcanoclástica.

(conclusão)

Pontos	Coordenadas (X,Y)	Descrição
PT12	X = 374.863,030m E e Y = 9.261.027,611m N	Afloramento natural constituído por rocha de coloração rosa acinzentada, com granulação fina, possivelmente constituído por quartzo, K-feldspato plagioclásio e micas, apresenta foliação continua, possivelmente seja a foliação de fluxo magmático, que apresenta direção preferencial NE-SW, e dobras convolutas com direções de eixos variados, o que dificultou a determinação da direção preferencial, contudo apresentam direção de caimento média para NW, com valores altos ($\approx 70^\circ$) de caimento. Possivelmente essa rocha trata-se do Riolito.
PT13	X = 376.334,778m E e Y = 9.263.392,329m N	Afloramento natural do tipo lajedo, no qual foi identificada rocha de coloração rosa a roxa claro, de granulação fina, apresenta fraturas de direção 010° Az a EW, e dobras convolutas. Possivelmente essa rocha trata-se do Riolito visto no ponto anterior.
PT14	X = 377.442,723m E Y = 9.266.716,164m N	Afloramento natural na forma de blocos rolados, onde foi identificada rocha de coloração roxa escura a rosa, constituída por uma matriz fina, e clastos de rochas. Tanto os clastos quanto a matriz apresentam mineralogicamente composição riolitica. Essa rocha trata-se de uma Brecha Autoclástica.
PT15	X = 369.499,518m E e Y = 9.267.389,266m N	Afloramento natural do tipo lajedo, constituído por rocha de coloração rosa claro, de granulação fina, e constituída por cristais de quartzo, K-feldspato e plagioclásio de aproximadamente 1-3 cm, e isotrópica. Possivelmente essa rocha trata-se de um Riolito Porfiritico.
PT16	X = 390.203,206m E e Y = 9.269.836,667m N	Afloramento natural do tipo lajedo, constituído por rocha de granulação fina, de coloração rosa acinzentado a roxo claro. Apresenta foliação continua possivelmente xistosidade, de direção NE-SW, com mergulho para NW e valores de mergulho altos. Essa rocha trata-se do metapelitos descritos nos pontos 01, 02, e 03.
PT17	X = 400.654,268m E e Y = 9.275.260,635m N	Idem ao anterior.
PT18	X = 394.750,741m E e Y = 9.281.547,809m N	Idem ao anterior.
PT19	X = 393.798,239m E e Y = 9.281.389,059m N	Idem ao anterior.

Fonte: Elaborado pelo autor