



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ROBERTO BARBALHO LEAL SEGUNDO

**GEOMETRIA DAS ROCHAS FERRÍFERAS DA REGIÃO DE PEDRA
BRANCA DO AMAPARÍ - AP.**

BELÉM – PA

2011

ROBERTO BARBALHO LEAL SEGUNDO

**GEOMETRIA DAS ROCHAS FERRÍFERAS DA REGIÃO DE PEDRA
BRANCA DO AMAPARÍ - AP.**

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

Orientador: Prof. Dr. Roberto Vizeu Lima
Pinheiro.

BELÉM – PA

2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

- L435g Leal Segundo, Roberto Barbalho
 Geometria das rochas ferríferas da região de Pedra
 Branca do Amapari – AP / Roberto Barbalho Leal Segundo;
 Orientador: Roberto Vizeu Lima Pinheiro – 2011
 83 f. : il.
 Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em
 geologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de
 Geociências, Faculdade de Geologia, Belém, 2011.
1. Deformação de rochas ferríferas – Amapá. 2.
Depósitos de ferro - Amapá. 3. Escudo das Guianas. I.
Pinheiro, Roberto Vizeu Lima, *orient.* II. Universidade Federal
do Pará. III. Título.

CDD 20ª ed.: 553.3098116

ROBERTO BARBALHO LEAL SEGUNDO

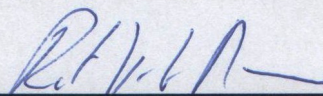
**GEOMETRIA DAS ROCHAS FERRÍFERAS DA REGIÃO DE PEDRA
BRANCA DO AMAPARÍ - AP.**

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

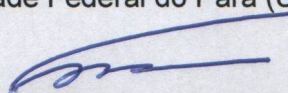
Defendido e aprovado em: 12 / 08 / 11

Conceito: Excelente

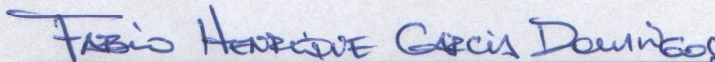
Banca Examinadora:



Prof. Roberto Vizeu Lima Pinheiro – Orientador
Doutor
Universidade Federal do Pará (UFPA)



Prof. Francisco de A. Matos de Abreu – Relator
Doutor
Universidade Federal do Pará (UFPA)



Geol. Fábio Henrique Garcia Domingos - Relator
Doutor
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Aos meus pais, Roberto Barbalho Leal e Maria Angélica de Freitas Leal, pela força,
incentivo nos estudos e confiança após todos esses anos.
A minha esposa, Mariane Tavares Leal, pela compreensão, amor e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Registro meus agradecimentos às pessoas e as instituições que colaboraram de alguma maneira para a realização deste trabalho. De modo particular ressalto:

À Universidade Federal do Pará (UFPA) que através do Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, proporcionou a oportunidade de desenvolver este trabalho;

À Empresa de mineração *Anglo Ferrous* pelo apoio financeiro e técnico no decorrer desse trabalho;

Ao Educador, orientador e compadre Dr. Roberto Vizeu Lima Pinheiro pela oportunidade, confiança, sinceridade, enorme paciência e principalmente amizade durante essa longa epopéia que foi a minha graduação, só tenho a agradecer pelos ensinamentos, críticas e sugestões a mim passados ao longo dessa jornada, que proporcionaram-me uma elevação “intelectual” e principalmente moral (Chefe valeu, hoje eu vou para cima!).

A todos os membros da fraternidade GESiana, grandes e valorosos amigos (em especial ao Fabio Domingos - Mano; Eduardo Souza – Karnal e Igor Lima – Pacheco), pelo simples prazer de me permitirem viver o cotidiano ao lado de vocês, proporcionando uma ótica diferenciada do mundo (visão estereoscópica da vida), possibilitando a compreensão do verdadeiro sentido da vida.

A todos os amigos que fiz no curso (Galera da GEÔ), pela excelente convivência (muita Spokação!) durante toda a graduação.

Por fim gostaria de agradecer a todo o corpo docente do curso de Geologia, que me ajudando ou tentando me prejudicar contribuíram para a minha formação, assim como a todos os funcionários do IG que nos proporcionam um ambiente de trabalho mais agradável.

“A melhor maneira de se fazer as coisas nunca é a convencional.”

Autor desconhecido

RESUMO

Este trabalho apresenta dados estruturais referentes ao mapeamento em escala de detalhe, (1:2.000) de uma área de aproximadamente 5 km², realizado nas minas de ferro do Projeto Pedra Branca do Amaparí (AP), atualmente em exploração pela *Anglo Ferrous*. O trabalho concentrou-se especificamente no mapeamento geológico estrutural, com análise geométrica e cinemática. O quadro tectônico regional, no domínio das minas, foi caracterizado pela presença de conjuntos de dobras holomórficas, iniciando a leste por um sinforme com eixo caindo 15/340, em isoclinal, com vergência para NE (transporte de massa ou convergência tectônica de SW para NE), cujos flancos mergulham moderadamente para SW. Estas se ajustando lateralmente, a SW, a um antiforme quilométrico, aberto, com dobras parasíticas menores, com flancos com ângulos de mergulhos baixos, em “M”. Nas minas examinadas foram identificados dois grupos principais de rochas ricas em ferro, com diferentes tramas: (1) rochas bandadas, com lâminas milimétricas de sílica e ferro intercaladas, contínuas ou não. Nesse domínio, as dobras se dispõem em arranjos parasíticos em escalas métricas a decamétricas, provavelmente relacionadas a mecanismo de dobramento flexural, dominado por basculamentos; e (2) rochas foliadas, com foliação milonítica variando de contínua a espaçadas. Nesse domínio predomina a trama foliada de transposição, com a foliação seguindo a direção predominante NW-SE, com mergulhos variando de 20° até sub-vertical, em um típico padrão anastomosado, podendo desenhar dobras intrafoliais com eixos caindo rasos (sub-horizontal a 20°) para NW. Uma terceira trama de caráter mais rúptil (rúptil dúctil) é observada localizadamente, em faixas que cortam as rochas das minas, com direção preferencial E-W. Essa foliação tardia é anastomosada, truncando as dobras. Discordantemente à posição das duas tramas tectônicas presentes existem corpos pegmatóides, intrudidos tardiamente nos espaços de dilatação desenvolvidos nas

rochas previamente deformadas. O mapeamento estrutural permitiu a elaboração de um modelo geométrico para o conjunto de rochas ferríferas expostos nas minas, onde prevalecem rochas dobradas sob regime transpressivo, truncadas por zonas de cisalhamento responsáveis pela transposição do acamamento primário das rochas.

Palavras - Chave: Deformação de rochas ferríferas. Depósitos de ferro. Escudo das Guianas

ABSTRACT

This study presents structural data undertaken during geological mapping (1:2.000) on an area of about 5 km² located on the Projeto Predra Branca do Amapari (AP), under the Anglo Ferrous mining control. The research was based on structural mapping (geometrical and kinematics analysis). The regional tectonic framework is characterized by sets of holomorphic folds starting, in the E of the region, with a isoclinal synform plunging 15/340 with flanks dipping moderately towards SW. This set shows a NE vergence (mass flow from SW towards NE). Towards SW occurs a kilometer-scale open antiform, showing low-angle parasitic folds (M geometry). Two main iron-rich rocks are identified on the mines: (1) continuous milimetre-scale banded rocks with typical silica/iron intercalations; these rocks are folded in parasitic sets suggesting a flexural folding mechanism. The second rock type is characterized by (2) an anastomosed mylonitic foliation, NW-SE oriented, with dips that vary from 20° to subvertical. The folds on the foliation show low-angle plunges (subhorizontal to 20°) towards NW. A later ductile brittle E-W shear zone cuts all the mine rocks. Pegmatite bodies are present in almost all the rocks. They are very irregular in shape, reflecting their late emplacement along dilational spaces formed due the deformation of the rocks. At the end of this work, a geometrical and kinematics model is presented based on the partially sheared fold flanks, in different scales.

Key words: Deformation of iron-rich rocks. Iron ore deposits. Guiana Shield.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 - Mapa de localização das minas em estudo, na região de Pedra Branca do Amaparí, centro-sul do estado do Amapá (área assinalada com quadrado vermelho) Fonte: site: HTTP://webcarta.net/carta/mapa.php?id=259&ig=pt	19
FIGURA 02 - Imagem GeoEye-Terrametrics-2009 indicando a localização da área do Projeto Pedra Branca do Amaparí, destacando as minas que fizeram parte do mapeamento estrutural (GOOGLE EARTH, 2011).....	19
FIGURA 03 – Detalhe em Mapa topográfico da área do projeto Pedra Branca do Amaparí, mostrando a distribuição espacial e limites alcançados das minas que foram visitadas durante as etapas de campo, ressaltando que as cores mais quentes indicam maiores elevações e as cores mais frias (verdes) fazem referencia as cotas mais baixas.....	20
FIGURA 04 - Classificação morfológica para foliações (TWISS; MOORES, 1992).....	22
FIGURA 05 - Classificação morfológica de lineações (TWISS; MOORES, 1992).....	23
FIGURA 06 - Esquema da variação da <i>boudinage</i> , devido ao contraste de ductilidade entre os <i>boudins</i> e a rocha envolvente modificado de Twiss e Moores (1992).....	24
FIGURA 07 - Dobras parasíticas em S, Z e M modificado de Twiss e Moores (1992).....	25
FIGURA 08 - Dobras de arrasto (<i>drag folds</i>) formadas em associação com um plano de falha inversa modificado de Twiss e Moores (1992).....	25
FIGURA 09 - Exemplos de <i>kink bands</i> formados entre planos de fraturas paralelos modificado de Twiss e Moores (1992).....	26
FIGURA 10 - Tipos de fraturas em relação ao movimento relativo dos blocos modificado de Twiss e Moores (1992).....	26
FIGURA 11 - Mapa da América do Sul mostrando suas principais unidades geotectônicas (ALMEIDA et al., 1977).....	28
FIGURA 12 - Modelo de compartimentação tectônica do Cráton Amazônico, modificado de Hasui et al. (1984).....	28
FIGURA 13 - Distribuição das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico, modificado de Santos et al. (2000).....	29

FIGURA 14 - Mapa geológico esquemático para o Amapá, com destaque para o Escudo das Guianas (modificado de RODRIGUES et al., 1988).....	30
FIGURA 15 - Formação de terrenos granito-greenstone com típicas estruturas em “domos e quilhas” (modificado de KEAREY et. al., 2009).....	33
FIGURA 16 - Figura esquemática representando a possibilidade do minério de Fe estar dobrado em seqüências de sinformes e antiformes conjugados. Essa hipótese foi formulada com base em dados de campo obtidos nas minas	35
FIGURA 17 – Mapa topográfico em escala de detalhe da Mina A, mostrando a localização dos 262 pontos mapeados	37
FIGURA 18 – Mapa estrutural com atitudes dos acamamentos evidenciando o padrão de dobramento encontrado na mina A.....	38
FIGURA 19 – Estereogramas (hemisfério S) para 188 medidas de acamamento primário S ₀ (bandamento) observados na Mina A.....	39
FIGURA 20 – Mapa estrutural mostrando o comportamento da foliação na mina A, a figura ressalta uma maior concentração de medidas na porção centro sul da área mapeada, e um forte controle estrutural com direção preferencial NW	42
FIGURA 21 - Estereogramas (hemisfério S) para 110 medidas da Foliação (S) observados na Mina A.....	43
FIGURA 22 – Mapa de trajetórias mostrando a complexa relação entre S ₀ (bandamento primário) e S (foliação de transposição NW-SE) onde fica evidente que a foliação (traço azul) corta o plano axial das dobras (traço preto). Em algumas áreas, principalmente na porção NE do mapa essa relação é paralelizada dificultando a identificação de S e S ₀ no campo	44
FIGURA 23 – Mapa topográfico em escala de detalhe da Mina B, mostrando a localização dos 45 pontos mapeados	46
FIGURA 24 – Mapa estrutural com atitudes dos acamamentos evidenciando o mesmo padrão de dobramento encontrado na mina A	48
FIGURA 25 - Estereogramas (hemisfério S) para 23 medidas de foliação (S) observada na Mina B	49
FIGURA 26 – Mapa estrutural com atitudes da foliação na mina B, a figura ressalta a concentração da deformação em corredores mantendo a direção preferencial NW-SE encontrada na mina A	50
FIGURA 27 – Mapa de trajetórias mostrando a relação de truncamento e paralelismo entre S ₀ (bandamento primário) e S (foliação de transposição NW-SE), ambas sendo cortadas no sentido E-W por uma trama rúptil tardia (traços pretos mais espessos)	51

FIGURA 28 – Mapa topográfico em escala de detalhe da Mina C, mostrando a localização dos 19 pontos mapeados	53
FIGURA 29 – Estereogramas (hemisfério S) para 23 medidas de acamamento primário So (bandamento) observados na Mina C.....	54
FIGURA 30 – Mapa de trajetórias mostrando a foliação disposta concordantemente ao acamamento (bandamento S0). Nessa mina ainda foi possível fazer distinção entre bandamento e foliação, uma vez, que o S0 ainda apresenta feições reliquiais do acamamento primário (finas camadas de sílica alternando com hematita), nessa mina o minério de ferro começa a ficar friável (pulverulento).....	56
FIGURA 31 – Mapa topográfico em escala de detalhe da Mina D, mostrando a localização dos 87 pontos mapeados.....	58
FIGURA 32 – Mapa estrutural com atitudes de acamamento mostrando a escassez de medidas, reflexo da intensificação do processo de transposição da foliação.....	59
FIGURA 33 - Estereogramas (hemisfério S) para 14 medidas de acamamento primário So (bandamento) observados na Mina D.....	60
FIGURA 34 - Estereogramas (hemisfério S) para 77 medidas de foliações (S) observadas na Mina D.....	62
FIGURA 35 – Mapa estrutural com medidas de foliação revelando uma forte estruturação na direção NW-SE.....	63
FIGURA 36 – Mapa Estrutural de trajetória da mina D, evidenciando o padrão anastomótico da trama foliada Mina.....	64
FIGURA 37 – Mapa topográfico em escala de detalhe da Mina E, mostrando a localização dos 82 pontos mapeados.....	67
FIGURA 38 - Estereogramas (hemisfério S) para 85 medidas de foliação (S) observadas na Mina E.....	68
FIGURA 39 – Mapa estrutural da Mina E com atitudes das foliações mantendo o padrão NW-SE verificado na mina D, transpondo totalmente o acamamento primário.....	69
FIGURA 40 – Mapa estrutural da Mina E ressaltando o padrão anastomótico da foliação com truncamentos E-W ocasionados pela trama rúptil tardia.....	70
FIGURA 41 - Veio pegmatítico em forma de lacólito, forçando as camadas de minério, causando um aparente antifome acompanhado de sinformes laterais, na Mina A. Situação bastante comum em diferentes pontos.....	73

FIGURA 42 – Modelo esquemático representando diferentes tipos de veios pegmatíticos observados nas minas. São corpos tardios em relação a deformação observada nas rochas, ora truncando discordantemente a posição destas ou se encaixando concordante ou sub-concordantemente às estruturas tectônicas presentes. É responsável por produzir substancial deformação tardia, localizada, nas suas adjacências, provocada pela pressão de fluido, pressão de injeção e aumento de volume.....73

FIGURA 43 – Seção esquemática observada na Mina A (vide coordenadas do GPS para localização). A presença de veios pegmatíticos causa substancial deformação tardia nas rochas da mina, forçando a foliação a contornar o traço do bandamento, ao mesmo tempo isolando partes previamente deformadas das rochas, como mostrado nos detalhes dos quadros acima da seção, possivelmente rotacionadas por interferência dessas pequenas intrusões.....74

FIGURA 44 - Estereogramas (hemisfério S) para 302 atitudes da foliação (S) observada na mina A, B, C, D e E.....78

FIGURA 45 – **Minas A, B e C** - Modelo geométrico esquemático para o contexto das minas examinadas. Esse quadro corresponde mais localizadamente à posição das minas A, B e C onde as dobras estão mais preservadas. Nas minas D e E as dobras do acamamento desaparecem e a foliação toma lugar na trama, nas diferentes escalas.....79

FIGURA 46 – Modelo esquemático para a geometria das rochas observadas na área das minas A, B, C, D e E. As minas A, B e C compõem uma ampla dobra antiformal, interrompida a E por uma importante zona de cisalhamento com direção NNW-SSE ao longo da qual se colocam as minas D e E. Nestas duas últimas, as rochas mostram trama anastomótica, com as rochas em posição sub-vertical a alto ângulo, mergulhando para E na mina D, e para W, na mina E. Aparentemente uma falha aproximadamente E-W trunca e separa as minas D e E.....80

LISTA DE FOTOS

- FOTO 01- Mina A (PT 001) – Acamamento ou bandamento da rocha ferrífera em posição de baixo ângulo (32/035) com dobras abertas (eixos 20/343). Essas dobras estão truncadas por zonas de cisalhamento NNW-SSW.....39
- FOTO 02 - Mina A (PT 001) – Foliação anastomótica, ou de transposição, em posição sub-vertical (em planta), observada em zonas de cisalhamento NNW-SSW que corta o bandamento primário.....41
- FOTO 03 - Mina B (PT 319) – Novamente o acamamento ou bandamento da rocha ferrífera em posição de baixo ângulo (32/340 a 20/ 042) representando flancos de dobras abertas com poucas centenas de metros (não visíveis na foto).....45
- FOTO 04 - Mina B (PT 306) – Superfície de cavalgamento com atitude 24/021, com estrias em 18/335, onde o bloco N (teto) cavalga sobre o bloco S (piso). Trata-se de uma estrutura expressiva na posição SE da Mina B, provavelmente responsável pela foliação secundária E-W que se observa deslocando a trama foliada das rochas.....47
- FOTO 05 - Mina C (PT 032) – Acamamento ou bandamento da rocha ferrífera dobrado, em dobras fechadas, com eixos em posição de baixo ângulo, caindo para NNW e plano axial em baixo ângulo para NW. Essas dobras progridem para a transposição, gerando a foliação S.....52
- FOTO 06 - Mina C (PT 039) – Dobras intrafolial, fechada a isoclinal, disposta internamente nas zonas de cisalhamento, com flancos em posição 60-70/300.....55
- FOTO 07 - Mina C (PT 033) - Típica dobra reclinada a recumbente com plano axial sub-horizontal e eixo na posição 340º-355º Az. Dobras neste estilo e posição são comuns em diferentes escalas na Mina C.....55
- FOTO 08 - Mina D (PT 051) – A foliação em posição sub-vertical, representando flanco de dobra recumbente ou reclinada com atitude 70/035.....61
- FOTO 09 - Mina D (PT 393) – Acamamento ou bandamento da rocha ferrífera em posição sub-vertical, conjugada com a região de charneira de dobra recumbente. Observar a condição anastomótica dessa feição, ora mergulhando para E ora W.....61
- FOTO 10 - Mina D (PT 357) – Flanco de uma importante dobra recumbente observada na parede ao fundo (N) da mina. Nessa vista a foliação está em posição sub-vertical ou 70-80/NE e corresponde a charneira de uma dobra deitada, com algumas centenas de metros. A maior parte da área da mina D representa os flancos dessa dobra com W (ora com baixo mergulho ora sub-vertical).....62

FOTO 11- Mina E (PT 441) – A foliação expressiva que toma conta das rochas em toda a Mina E e também na D. essa foliação anastomosada tem atitude 70-80/280 em média.....65

FOTO 12 - Mina E (PT 456) – A foliação exposta na Mina E tem mergulhos da ordem de 60 a 70° para NW. Essa foliação é característica dessa mina, apresentando-se bastante regular nessa posição, sendo somente afetada por tramas E-W que atravessam faixas dessa mina.....66

FOTO 13 - Mina A (PT 014) – Veio pegmatítico sub-concordante ao acamamento no flanco de dobra da mina.....71

FOTO 14 - Mina B (PT 024) – Veio pegmatítico em típica forma lacolítica provavelmente forçando a dobra das camadas do topo. Tal como no exemplo, o aumento de volume devido às injeções pegmatíticas produzem substancial deformação tardia às rochas encaixantes.....72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	MÉTODOS E ATIVIDADES REALIZADAS.....	21
2.1	DEFINIÇÃO DE TERMOS E CONCEITOS APLICADOS.....	22
2.1.1	Deformação.....	22
2.1.2	Foliação.....	22
2.1.3	Bandamento.....	23
2.1.4	Lineação.....	23
2.1.5	<i>Boudin</i>.....	24
2.1.6	Dobras.....	24
2.1.7	Dobras parasíticas.....	24
2.1.8	Dobras de arrasto (<i>Drag folds</i>).....	25
2.1.9	<i>Kink bands</i>.....	25
2.1.10	Fraturas.....	26
2.1.11	Falhas.....	26
3	GEOLOGIA REGIONAL.....	27
3.1	CRÁTON AMAZÔNICO.....	27
3.2	DOMÍNIO DO ESCUDO DAS GUIANAS.....	29
3.3	PROVÍNCIA MARONI ITACAIÚNAS.....	31
3.4	OS <i>GREENSTONE BELTS</i>	32
4	GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA.....	34
4.1	GENERALIDADES.....	34
4.2	GEOLOGIA ESTRUTURAL DA MINA A.....	35
4.2.1	Mapa de trajetória do traço do acamamento.....	36
4.2.2	Mapa de trajetória do traço da foliação (S).....	40
4.3	GEOLOGIA ESTRUTURAL DA MINA B.....	45
4.3.1	Mapa de trajetória do traço do acamamento (So).....	45
4.3.2	Mapa de trajetória do traço da foliação (S).....	49

4.4	GEOLOGIA ESTRUTURAL DA MINA C.....	52
4.4.1	Mapa de trajetória do traço do acamamento (So).....	52
4.4.2	Mapa de trajetória do traço da foliação (S).....	54
4.5	GEOLOGIA ESTRUTURAL DA MINA D.....	57
4.5.1	Mapa de trajetória do traço do acamamento (So).....	57
4.5.2	Mapa de trajetória do traço da foliação (S).....	60
4.6	GEOLOGIA ESTRUTURAL DA MINA E.....	65
4.6.1	Mapa de trajetória do traço da foliação (S).....	65
4.7	EIXOS DE DOBRAS NAS MINAS.....	71
4.8	VEIOS PEGMATÍTICOS.....	71
5	RESULTADOS.....	75
6	CONCLUSÃO.....	77
	REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

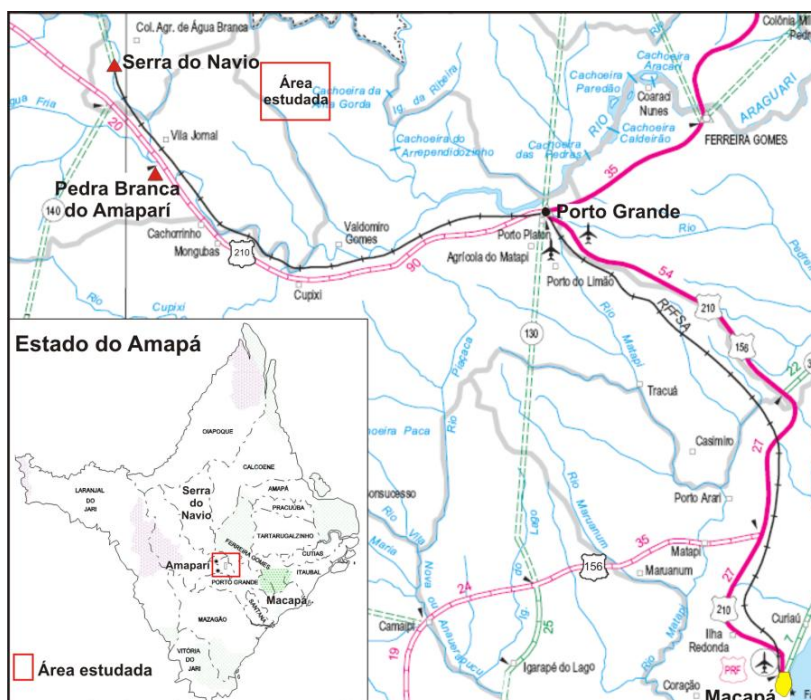
Este trabalho apresenta os dados estruturais referentes ao mapeamento em escala de detalhe, (1:2000) de uma área de aproximadamente 5 km², coletados principalmente nas cinco Minas de Ferro a céu-aberto existentes na área (minas A, B, C, D e E) do Projeto Pedra Branca do Amaparí, atualmente em fase de exploração pela empresa sul-africana Anglo Ferrous (Fig. 01).

Foram estudados afloramentos nos *pits* e *shafts* destas minas e arredores (Fig. 02 e Fig. 03), com o objetivo de entender e integrar o contexto estrutural regional, dando ênfase à geometria dos pacotes de rochas ricas em ferro expostos na área da mina e adjacências. Os aspectos geométricos e cinemáticos das rochas, foram descritos para caracterizar o quadro estrutural e tectônico das rochas arqueanas deste segmento do Escudo das Guianas.

Nas minas há dois grupos principais de rochas ricas em ferro, com diferentes tramas: (1) as rochas bandadas, com lâminas milimétricas intercaladas de sílica e ferro, contínuas ou não; e (2) rochas foliadas, com foliações contínuas a espaçadas. As primeiras mostram-se dobradas em amplos conjuntos sinformes-antiformes suaves, enquanto que as demais mostram geralmente mergulhos de altos ângulos a sub-verticais, com dobras de arrastos. A foliação trunca subconcordantemente os flancos de dobras do acamamento e aparentemente se coloca em posição subparalela ao plano axial destas dobras.

O mapeamento executado cartografou os diferentes domínios geométricos das rochas ferríferas para entender suas relações espaciais e temporais em diferentes escalas.

FIGURA 01 - Mapa de localização das minas em estudo, na região de Pedra Branca do Amapari, centro-sul do estado do Amapá (área assinalada com quadrado vermelho).



Fonte: site [HTTP://webcarta.net/carta/mapa.php?id=259&ig=pt](http://webcarta.net/carta/mapa.php?id=259&ig=pt)

FIGURA 02 - Imagem GeoEye-Terrametrics-2009 indicando a localização da área do Projeto Pedra Branca do Amapari, destacando as minas que fizeram parte do mapeamento estrutural (GOOGLE EARTH, 2011).

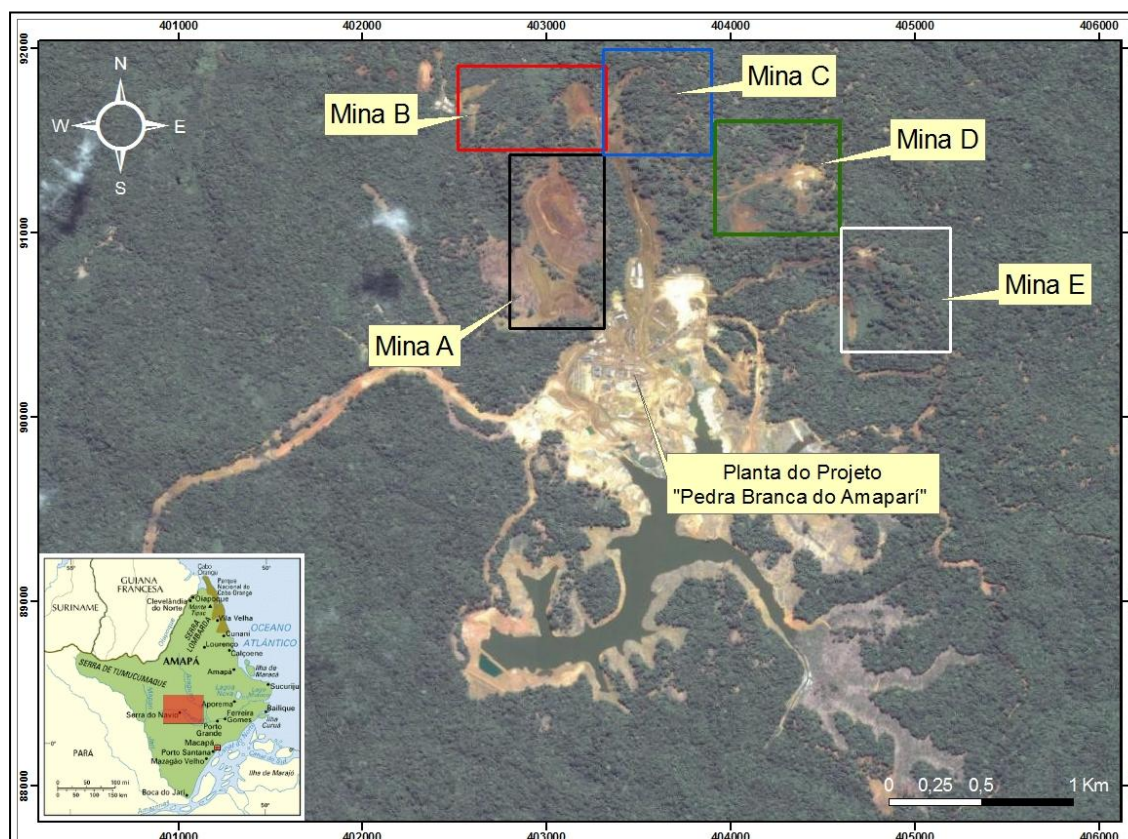
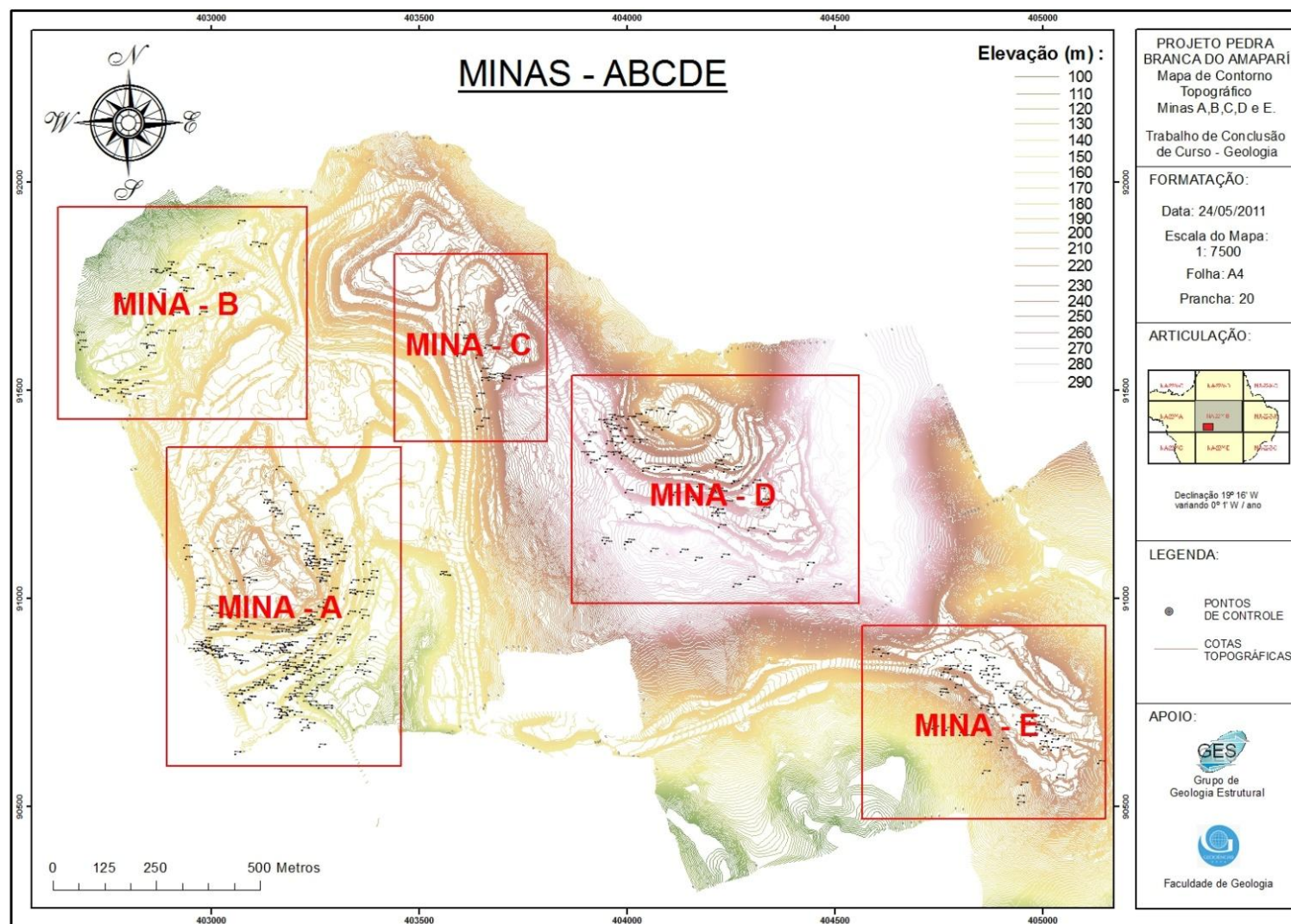


FIGURA 03 – Detalhe em Mapa topográfico da área do projeto Pedra Branca do Amapari, mostrando a distribuição espacial e limites alcançados das minas que foram visitadas durante as etapas de campo, ressaltando que as cores mais quentes indicam maiores elevações e as cores mais frias (verdes) fazem referencia as cotas mais baixas.



2 MÉTODOS E ATIVIDADES REALIZADAS

Foram realizadas três etapas de campo durante: 28/Abril a 02/Maio; 16/Junho a 19/Junho; e 16/Agosto a 22/Agosto de 2010. Na primeira etapa foram visitados pontos nas 04 minas; na segunda, os trabalhos foram concentrados na Mina A; na terceira etapa foram coletados dados nas demais minas.

O trabalho foi voltado para o mapeamento geológico estrutural, tendo sido reconhecidas e registradas atitudes de planos e linhas tectônicas ou traços de estruturas primárias.

Os dados coletados foram registrados em um dispositivo de mapeamento digital portátil composto por GPS convencional e um computador de mão (*palm top*), utilizando plataforma GIS portátil *ArcPad 7.0*. Os dados de campo foram posteriormente compilados e analisados com o *ArcGis 10*.

As atitudes das estruturas foram tomadas com bússola geológica tipo SILVA, tendo-se usado o padrão de anotação *ângulo de mergulho/direção do sentido de mergulho (em azimuth)* para os planos, e *caimento/direção (azimuth) do caimento*, para as linhas.

A coleta de dados estruturais foi efetuada pontualmente e em seções estruturais, com identificação de estruturas tectônicas (foliações, lineações, dobras, falhas, fraturas e etc.). As descrições e identificações de tramas foram feitas com base nas propostas de Twiss e Moore (1992).

Em campo as seções foram desenhadas manualmente, com o posicionamento de pontos a partir do GPS. No escritório as mesmas foram ajustadas para as escalas mais adequadas e digitalizadas no *software Corel Draw X5*, para apresentação final em mapas.

As atitudes das estruturas obtidas em campo foram tratadas em estereogramas (rede de igual área, hemisfério inferior) através do *software StereoNet for Windows* versão 3.1.

2.1 DEFINIÇÃO DE TERMOS E CONCEITOS APLICADOS

Neste espaço são apresentados alguns termos e conceitos básicos da Geologia Estrutural, relacionados às questões presentes na área em foco.

2.1.1 Deformação

Mudança na forma (distorção), volume (dilatação) e orientação de corpos rochosos e minerais quando estes são submetidos a esforços tectônicos. Quando a deformação é aplicada de forma igual em todos os pontos do corpo rochoso ela é chamada *homogênea*; quando a deformação não ocorre de forma igual em todos os pontos do corpo rochoso ela é chamada heterogênea.

2.1.2 Foliação

São estruturas planares que ocorrem de forma penetrativa nas rochas, como parte de sua trama deformada. Sua classificação pode ser descrita (Fig.04) de acordo com a sua morfologia, arranjo e/ou composição mineralógica. Para o caso examinado na Mina, destaca-se a foliação espaçada disjuntiva que compreende principalmente os tipos miloníticos.

FIGURA 04 - Classificação morfológica para foliações

FOLIAÇÃO	ESPAÇADA	<i>Composicional</i>	Difusa (foliação de transposição)
			Bandada (bandamento gnáissico)
		<i>Disjuntiva</i>	Estilolítica (estilólitos)
			Anastomótica (clivagem de fratura)
			Grossa (foliação milonítica)
			Suave (foliação milonítica)
		<i>Crenulação</i>	Zonal (clivagem de crenulação)
			Discreta (clivagem de crenulação)
	CONTINUA	<i>Fina</i>	Clivagem ardosiana
		<i>Grossa</i>	Xistosidade

Fonte: Twiss e Moores, (1992).

2.1.3 Bandamento

Arranjo planar ou tabular desenhado por sucessão de bandas ou camadas com composição mineralógica ou microestruturais distintas, independentemente de sua origem (PASSCHIER; TROUW, 1996). Na mina essa terminologia aplica-se ao acamamento primário determinado pelas bandas distintas de sílica/minerais ricos em ferro.

2.1.4 Lineação

São estruturas lineares penetrativas ou não, presentes nas rochas, em diferentes escalas. Podem ser primárias (p.e. cristas de marcas de onda, imbricamento de seixos, etc.) ou secundárias (p.e. intersecção entre planos, crenulação, estiramento mineral, etc.). Usa-se neste texto a classificação morfológica apresentada por Twiss e Moores (1992) Fig. 05.

FIGURA 05- Classificação morfológica de lineações

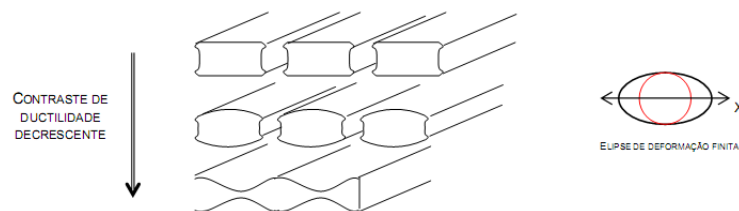
LINEAÇÕES EM ROCHAS DEFORMADAS	ESTRUTURAL	<i>Discreta</i>	Seixos Fosseis Manchas de alteração Oóides
		<i>Construtiva</i>	Linhas de charneira Linhas de intersecção Linhas de <i>boudins</i> <i>slickenlines</i> Mulions
	MINERAL	<i>Policristalina</i>	Bastão Minerais difusos Slickenlines Sobrecrescimento não fibroso
		<i>Grão Mineral</i>	Grãos de hábito acicular Grãos alongados Minerais fibrosos Preenchimento fibroso de veios <i>Slickenfibers</i> Sobrecrescimento fibroso

Fonte: Twiss e Moores, (1992).

2.1.5 Boudin

Estrutura típica de estratos competentes, que se fraturam em intervalos regulares ou não, originando conjunto de corpos alongados, geralmente dispostos lado a lado. A geometria do *boudin* depende do contraste de ductilidade entre as rochas adjacentes. Quando essa diferença é pequena, em vez de *boudinage*, pode se formar a estrutura *pinch-and-swell* (Fig.06). Essas estruturas estão presentes discretamente nas rochas das minas, notadamente em rochas ferríferas bandadas.

FIGURA 06 - Esquema da variação da *boudinage*, devido ao contraste de ductilidade entre os *boudins* e a rocha envolvente



Fonte: Modificado de Twiss e Moores (1992).

2.1.6 Dobras

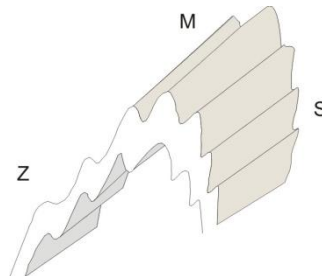
São ondulações de feições planares/tabulares submetidas à deformação heterogênea relacionadas a episódio(s) tectônico(s) ou não. São descritas de acordo com a orientação de seus elementos geométricos e estilo (simetria, cilindridade, ângulo entre flancos, espessamento de ápices, etc.). Todas as rochas na mina estão dobradas em diferentes arranjos, formando conjuntos sinformes-antiformes abertos a suave, principalmente as rochas bandadas.

2.1.7 Dobras parasíticas

São feições desenhadas por várias dobras internas, em diferentes escalas, em geometria fractal (Fig.07). Nos flancos desenharam dobras em S ou Z e nos ápices desenvolvem-se dobras em M e W. As dobras formadas em tais circunstâncias geralmente apresentam o mesmo estilo e atitude, nas diferentes escalas (Twiss e

Moore, 1992). Nas minas são encontradas em escalas métricas e centimétricas compondo dobras em escalas maiores.

FIGURA 07 - Dobras parasíticas em S, Z e M



Fonte: Modificado de Twiss e Moores (1992).

2.1.8 Dobras de arrasto (*Drag folds*)

São dobras produzidas quando camadas ou foliações são deslocadas por falhas ou zonas de cisalhamento tardias, em diferentes escalas (Fig.08). Esses *drags* quando associados aos planos de falhas transcorrentes podem indicar movimentação dextral ou sinistral assumindo uma geometria em “S” ou “Z”. Dobras deste estilo são observadas na mina notadamente nas rochas foliadas, no interior de zonas de cisalhamento que cortam as camadas dobradas.

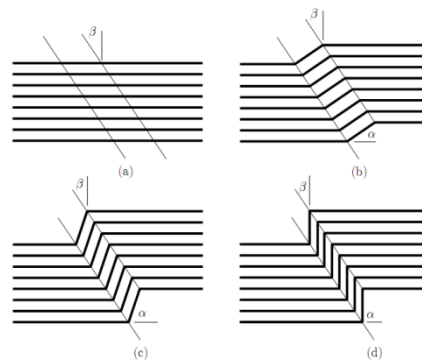
FIGURA 08 - Dobras de arrasto (*drag folds*) formadas em associação com um plano de falha inversa



Fonte: Modificado de Twiss e Moores (1992).

2.1.9 *Kink bands*

Dobras que se desenvolvem em seqüências laminadas que apresentam anisotropia mecânica planar e acomodam fortes componentes de encurtamento paralelos ao corpo tabular referente (Fig. 09). São formadas em condições rúpteis (temperatura e pressão baixas).

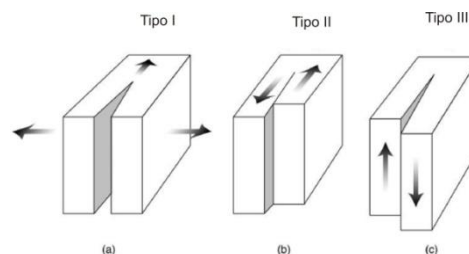
FIGURA 09 - Exemplos de *kink bands* formados entre planos de fraturas paralelos

Fonte: Modificado de Twiss e Moores (1992).

2.1.10 Fraturas

São descontinuidades existentes nas rochas em decorrência da ação de um campo de tensão coaxial, não coaxial ou total. Podem ser extensionais ou tipo I (movimento relativo perpendicular à parede das fraturas); cisalhantes ou tipo II (movimento relativo paralelo à superfície e perpendicular à borda das fraturas); e fraturas cisalhantes tipo III (movimento relativo paralelo às bordas da fratura) Fig.10.

FIGURA 10 - Tipos de fraturas em relação ao movimento relativo dos blocos



Fonte: Modificado de Twiss e Moores (1992).

2.1.11 Falhas

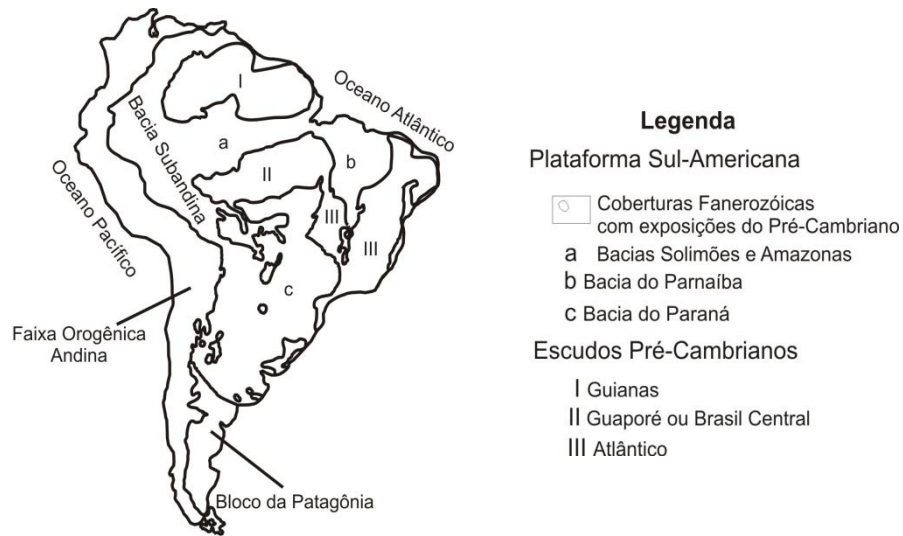
São descontinuidades mecânicas em um corpo rochoso, onde há deslocamento relativo entre blocos. Sob este aspecto as falhas podem ser classificadas em: falhas normais, falhas inversas, falhas transcorrentes (direcionais) e falhas oblíquas.

3 GEOLOGIA REGIONAL

3.1. CRÁTON AMAZÔNICO

O Cráton Amazônico está localizado na Plataforma Sul-americana que está dividido em três grandes províncias geotectônicas (Fig.11). O Cráton Amazônico está dividido em dois escudos denominados de Escudo das Guianas e Escudo Brasil Central ou Guaporé, cujo esses escudos são separados pelas Bacias Paleozóicas do Solimões e Amazonas, ambas recoberta por sedimentos mesozóicos e cenozóicos, de acordo com Almeida et al. (1976) e Almeida (1978). O Cráton Amazônico é limitado ao norte pela margem Atlântica, a oeste, pela Faixa Andina e a leste e sudeste pela faixa neoproterozóica Araguaina. Abrange parte dos estados do Pará, Amazonas, Acre, Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e o território de Roraima, Amapá, Guiana Francesa, Suriname, Guiana, sul da Venezuela, centro-leste da Colômbia, leste da Bolívia e nordeste do Paraguai. É constituído de um embasamento de rochas magmáticas e metamórficas e de uma cobertura sedimentar-magmáticas formada em diferentes etapas de sua evolução. Os extensos afloramentos de seu embasamento na parte Norte, caracterizam o Escudo das Guianas, e na parte Sul os afloramentos do embasamento constituem parte do escudo Brasil Central.

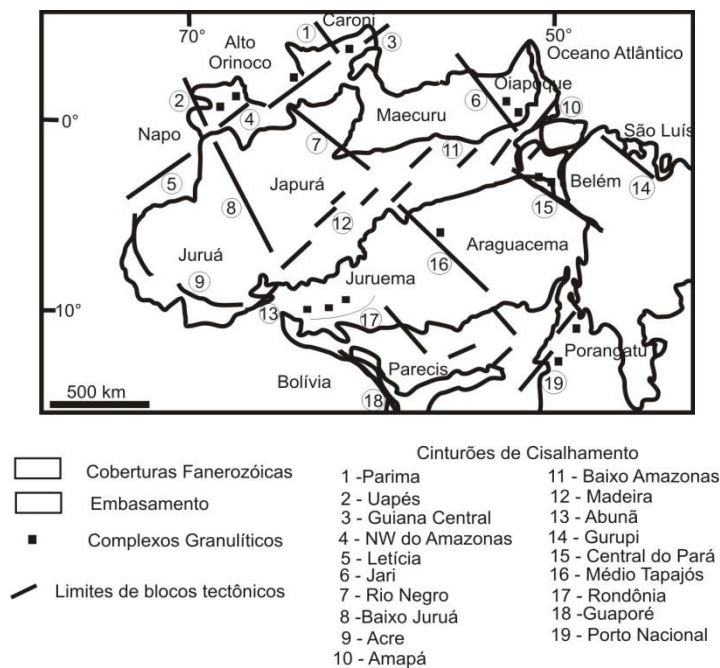
FIGURA 11 - Mapa da América do Sul mostrando suas principais unidades geotectônicas.



Fonte: Almeida et al. (1976).

Existem dois modelos principais para a subdivisão do Cráton Amazônico em províncias tectônicas ou geocronológicas: o modelo geofísico-estrutural (HASUI et al. 1984; COSTA; HASUI, 1997, Fig.12) e o modelo geocronológico (CORDANI et al. 1984, Fig.13).

FIGURA 12 - Modelo de compartimentação tectônica do Cráton Amazônico

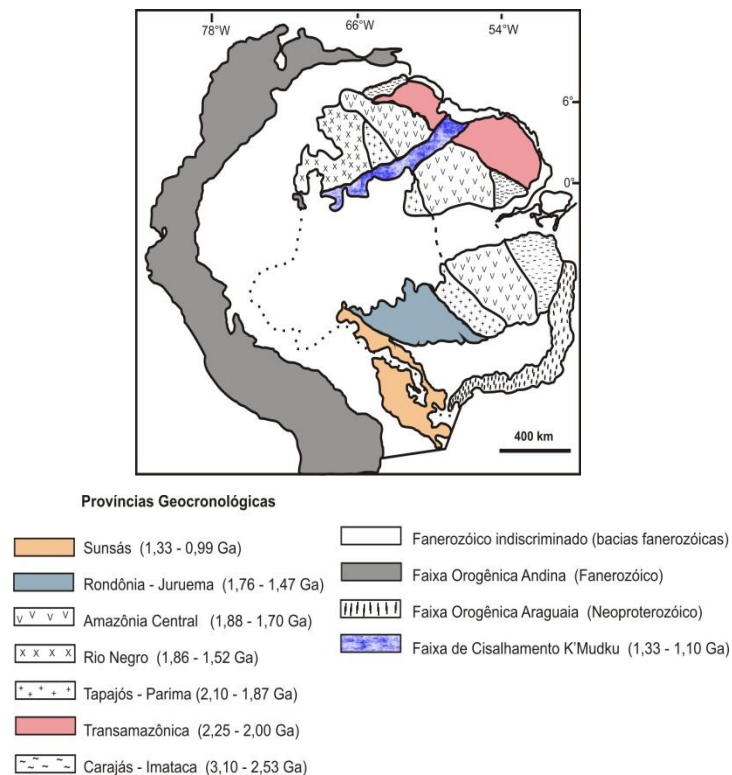


Fonte: Modificado de Hasui et al. (1984).

O modelo geofísico-estrutural entende o cráton como um mosaico de doze blocos ou paleoplacas com idade arqueana (ou paleoproterozóica), os quais têm características de Terreno Granito-Greenstone (HASUI et al., 1984; COSTA; HASUI, 1997). Nesse modelo, as margens dos blocos são marcadas por dezenove faixas colisionais ou de cisalhamento (“cinturões” de cisalhamento), também de idade arqueana a paleoproterozóica, as quais foram reativadas muitas vezes também no fanerozóico.

O modelo geocronológico, mais mobilístico, o cráton é entendido como originado a partir de um núcleo antigo, Amazônia Central (Arqueano ou Paleoproterozóico) em torno do qual, diversas faixas móveis foram acrescidas durante o Proterozóico.

FIGURA 13 - Distribuição das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico



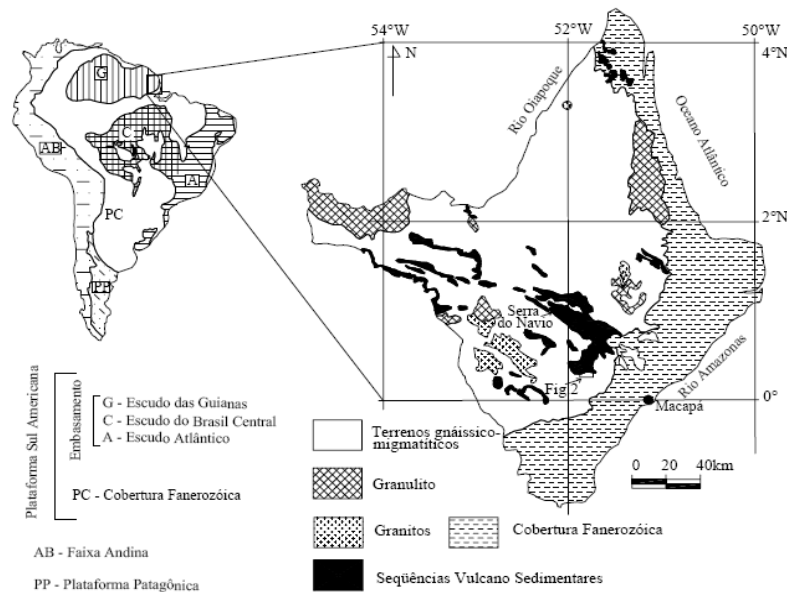
Fonte: Modificado de Santos et al. (2000).

3.2 DOMÍNIO DO ESCUDO DAS GUIANAS

A área estudada contextualiza-se nos domínios do Escudo das Guianas (Fig.14). Este escudo foi dividido por Gibbs e Barron (1983) nos domínios: (1) domínio noroeste, no leste da Venezuela, constituído por granulitos e gnaisses

arqueanos (2,6 Ga; Complexo Imataca); (2) domínio centro-oeste, formado por rochas plutono-vulcânicas (Grupo Uatumã, Magmatismo Avanaveno) e sedimentares (Grupo Roraima) mesoproterozóicas (1,9 e 1,6 Ga), e; (3) o domínio nordeste, na margem atlântica, onde se alternam seqüências vulcanossedimentares e unidades plutono-metamórficas de alto grau, paleoproterozóicas (2,3 Ga e 1,9 Ga). A Mina de Fe do Amapará está inserida no contexto da borda do Domínio Nordeste (3).

FIGURA 14 - Mapa geológico esquemático para o Amapá, com destaque para o Escudo das Guianas



Fonte: Modificado de Rodrigues et al.(1988).

Gibbs e Barron (1983) ao tratarem da evolução do escudo levantaram a possibilidade da ocorrência de processos de subducção de placas, ao estudarem o Complexo Imataca (3,6 Ga) do Paleoproterozóico. Os processos de subducção de placas oceânicas conduziram à formação de arcos de ilhas que se uniram para formar um novo continente.

Os *greenstone belts* descritos neste contexto teriam sido formados a partir de uma sucessão de arcos de ilhas, com rochas sedimentares associadas relacionadas a depósitos de bacias retro-arco. No final do Transamazônico (1.9 Ga e 1.8 Ga), ocorreu espessamento crustal, que favoreceu a colocação de plútons graníticos. No Mesoproterozóico, entre 1.7 Ga e 1.6 Ga, dominaram os processos em ambiente continental, com a deposição de sedimentos do Grupo Roraima e a colocação de corpos Graníticos Anorogênicos e de rochas vulcânicas do Grupo Uatumã. No Escudo das Guianas, a progressão dos episódios Transamazônicos e Pós-

Transamazônicos teria se dado no sentido de leste para oeste. Isto é bem marcado pelo Evento Paraguaziano, a 1.5 Ga, na porção mais a oeste do escudo.

Finalmente, essa evolução se completa com o desenvolvimento de zonas miloníticas dentro do Cráton Amazônico, em torno de 1.2 Ga que foram definidas como Episódio Nickerie.

Tassinari et al. (2000) apoiaram-se em trabalhos com ênfase principalmente à geologia da Guiana Francesa, Ledru et al. (1994), Vanderhaeghe et al. (1998) e Delor et al. (2003a), para discutir a evolução da Província Maroni-Itacaiúnas, destacando a existência de dois eventos formadores de rochas principais.

O evento mais antigo, que ocorreu entre 2.26 Ga e 2.11 Ga, é caracterizado pela formação dos Terrenos Granito-Greenstone. O evento datado entre 2.0 Ga e 1.86 Ga é associado à formação de Terrenos Gnáissico-Magmatíticos e da Faixa Granulítica Guiana Central. Segundo os autores, entre 2.26 e 1.9Ga predominaram os processos de acreção continental por derivação mantélica. Entre 1.9 Ga e 1.86 Ga os processos de retrabalhamento crustal teriam sido mais marcantes.

3.3 PROVÍNCIA MARONI ITACAIÚNAS

Presente na porção leste do Escudo das Guianas (CORDANI et al., 1979; TASSINARI;MACAMBIRA, 2004), inclui o leste da Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa e a parte mais ao norte do Brasil (Amapá, noroeste de Roraima e norte do Pará).

A Província Maroni-Itacaiúnas foi formada a partir da acreção crustal no Transamazônico (2.3 e 1.9 Ga). Essa província consiste de uma crosta paleoproterozóica envolvendo localmente núcleos de crosta arqueana retrabalhada pelo evento orogênico Transamazônico.

A Província Maroni-Itacaiúnas proposta por Tassinari e Macambira (2004) é baseada na idade da última orogênese que consolidou esta província, no caso o Ciclo Orogrênico Transamazônico.

Estes autores entendem que o Cinturão Guiana Central é uma faixa predominantemente granulítica de direção NE-SW, que se estende desde o oeste do Suriname (montanhas Bakhuis), através do sudoeste da Guiana, até o estado de Roraima, e que também integra a província Maroni-Itacaiúnas.

Litologicamente as principais unidades que integram a província Maroni-Itacaiúnas são divididas em Complexos Metamórficos de Alto Grau (granulitos e gnaisses anfibolíticos), Terrenos Granito-Greenstones e outras unidades supracrustais, rochas granitóides transamazônicas e rochas magmáticas pós-transamazônicas (TEXEIRA et al., 1989; TASSINARI et al., 2000).

A Província Maroni-Itacaiúnas foi dividida por Faraco e Carvalho (1994) em três unidades tectônicas: 1- área de núcleos antigos; 2- cinturões de cisalhamento; 3- coberturas plataformais. Os núcleos antigos correspondem a seqüências tipo *greenstone belts* ou similares e de granitóides TTG, pouco deformados. Os cinturões de cisalhamento envolvem *greenstones belts*, gnaisses TTGs, complexos de médio a alto grau metamórfico, seqüências metavulcanossedimentares e corpos máfico-ultramáficos alojados nessas seqüências. As coberturas plataformais correspondem a suítes vulcânicas proterozóicas, bem como sucessões sedimentares terciárias e quaternárias. Depois dessas unidades, os referidos autores dividem quatro Províncias Metalogenéticas, que são: Amapá/NW do Pará; Carajás – sul do Pará; Gurupi; e Aurífera do Tapajós.

3.4 OS GREENSTONE BELTS

Seqüências de rochas metavulcanossedimentares de baixo a médio grau metamórfico, são distribuídas em toda a província Maroni-Itacaiúnas, principalmente ao longo da margem Atlântica do Escudo das Guianas abrangendo desde a Venezuela até o Brasil. Essas seqüências foram definidas como Terrenos Granito-Greenstone Paleoproterozóicos (GIBBS, 1980; GRAU et al., 1985; TEXEIRA et al. 1989). Os *greenstone belts* do Escudo das Guianas mostram uma menor proporção relativa de rochas ultramáficas e uma maior extensão de sedimentos clásticos (CHOUDHOURI, 1980; GIBBS, 1980 e GIBBS; BARRON, 1993). São comuns no Arqueano, mas ocorrem também no Proterozóico Inferior. São circundados por rochas graníticas, gnaissificadas ou não, que formam “domos” (Fig.15) e corpos intrusivos em padrão típico de ovais graníticas com as rochas vulcânicas como faixas côncavas em suas margens, em “quilhas” (CHOUDHURI, 1979).

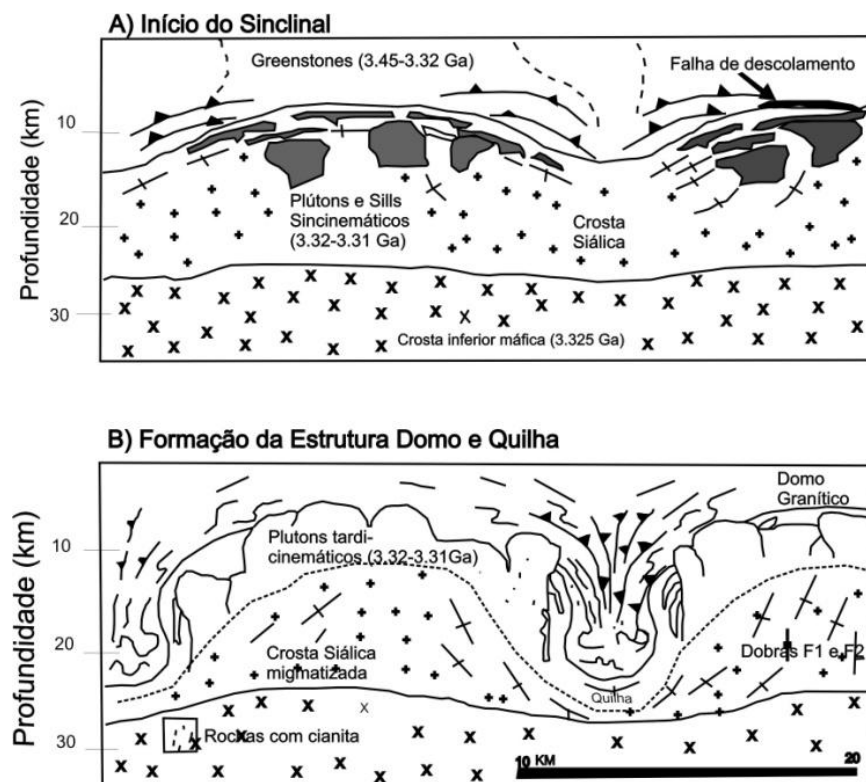
Os *greenstone belts* considerados mais jovens ou de mesma idade que os terrenos de alto grau adjacentes, em geral, possuem formas alongadas, com dominância da sucessão cálcio-alcálica sobre a seqüência toleítica; o volume de

komatiitos é pequeno, e a seqüência sedimentar é dominada por grauvascas e turbiditos. Adicionalmente falhas de empurrão, transcorrentes e dobras recumbentes são comuns.

Os *greenstone belts* considerados mais antigos, com típicas estruturas em domos e quilhas, estão sobre embasamento siálico pré-existente sem a atuação de tectônica compressiva. Seriam desenvolvidos sobre sistemas de riftes continentais ou como remanescentes de extensos derrames continentais formados sobre plumas mantélicas.

No Amapá e nordeste do Pará (LIMA et al., 1974), o Grupo Vila Nova consiste de faixas subparalelas, no *trend* NW-SE, constituídas, sobretudo, por xisto máficos e ultra-máficos (base) e formações sedimentares (topo). Idades Rb-Sr em rocha total e K-Ar em micas/anfibólios de anfibolitos da Serra do Navio, no estado do Amapá, indicaram idades entre 2,09 Ga e 1,76 Ga (HURLEY et al., 1968, BASSEI; ALMEIDA, 1975; MONTALVÃO; TASSINARI, 1984).

FIGURA 15 - Formação de terrenos granito-*greenstone* com típicas estruturas em “domos e quilhas”



4 GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

4.1 GENERALIDADES

No quadro regional há um conjunto de dobras holomórficas, iniciando a leste, nos domínios das minas, por um sinforme em isoclinal, com flancos mergulhando moderadamente para SW, com vergência, portanto, para NE (transporte tectônico ou convergência tectônica de SW para NE).

Essa dobra aparentemente mostra os flancos contínuos provavelmente desenhados por dobras parasíticas em diferentes ordens.

Esse sinforme se ajusta lateralmente, a SW, a um antiforme, aparentemente mais aberto (não isoclinal) que tem seu ápice (ou charneira) aflorante. Nesse ápice as camadas estão com ângulo de mergulho baixo formando dobras parasíticas com geometria em “M”.

Camadas com altos ângulos de mergulho verificadas no contato a NE do Fe com os xistos podem indicar regiões de partição de deformação com rompimento e rotação para a posição subvertical.

Os pegmatitos representam um importante problema geométrico, por serem corpos tardios intrudidos nos espaços de dilatação das rochas deformadas. Eles mostram-se: (1) concordantes a subconcordantes, por imposição do arranjo geométrico prévio; ou (2) discordantes em sills ou soleiras, em corpos irregulares atravessando a trama primária do minério em volumes variáveis.

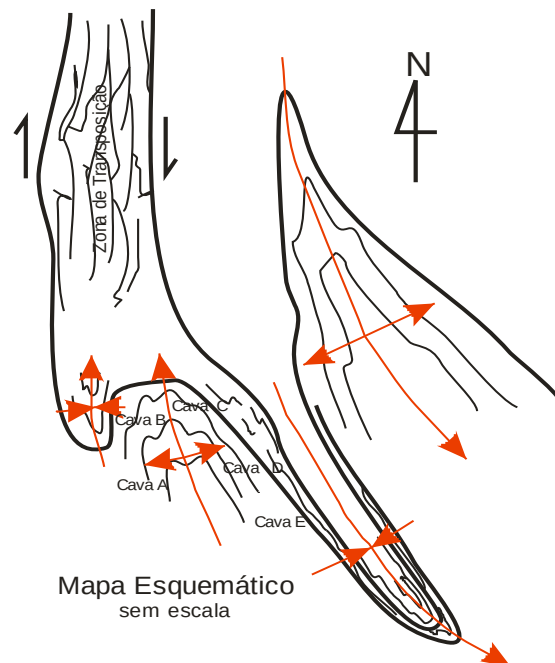
A presença dos pegmatitos tem controle condicionado a regiões de dilatação em zonas de tensão extensional, em diferentes pulsos, podendo ocorrer em maior volume, por exemplo, em zonas de charneiras de antiformes, em pacotes subverticais, e em regiões de alta pressão de fluido, por “explosão hidráulica” – se for o caso.

A figura (Fig.16) mostra a representação das possíveis posições deste conjunto de dobras em relação à área das minas visitadas. As áreas a Leste e a Sul

do complexo de minas não foram visitadas. Portanto, os dados apresentados carecem de confirmação de campo.

É importante registrar a presença de poucas dobras menores nas rochas observadas sugerindo um mecanismo de dobramento dominado por basculamentos dos pacotes e pouca dinâmica flexural. As dobras métricas isoclinais estão presentes nas cavas D e E, com eixos 70/240 sub-paralelas a lineação observada esporadicamente nas rochas.

FIGURA 16 - Figura esquemática representando a possibilidade do minério de Fe estar dobrado em seqüências de sinformes e antiformes conjugados. Essa hipótese foi formulada com base em dados de campo obtidos nas minas.



4.2 GEOLOGIA ESTRUTURAL DA MINA A

A Mina A foi mapeada na escala 1:2.000 com prioridade para a definição de seu arranjo geométrico.

Observações e medidas em 262 pontos visitados (Fig.17) permitiram a preparação dos mapas apresentados nesse trabalho, são eles: Mapas estruturais de acamamento, foliação e trajetórias, este último é composto pelos traços de acamamento e foliação, essa integração tem a intenção de mostrar a relação entre o

bandamento (S0) e a foliação (S) e será apresentado somente no final da seção 4.2 como conclusão da discussão apresentada nesta seção ilustrando a mesma.

4.2.1 Mapa de trajetória do traço do acamamento

O mapa de Trajetória do Traço do Acamamento foi elaborado a partir da leitura (Fig. 18) e análise (Fig. 19) da posição dos planos de acamamento observados nas rochas ferríferas na Mina A.

Esta rocha encontra-se heterogêneamente dobrada em sequências de antiformes e sinformes.

As dobras são suaves a abertas, ligeiramente assimétricas apresentando fraca vergência de SW para NE, dispostas em arranjos parasíticos de pelo menos duas ordens observáveis em campo: (1) dobras com comprimento de onda em torno de 10 a 20 metros e altura na faixa de 5 metros; e (2) dobras com comprimento de onda próximo a 50-70m, com altura da ordem de poucas dezenas de metros, dentro das quais estão encaixadas as dobras menores.

As dobras maiores (2) aparentemente acompanham todo o espaço do mapa da Mina A, desenhando padrões relativamente regulares. Provavelmente por serem dobras suaves e relativamente amplas, são pouco perceptíveis nas paredes da mina (Foto 01).

FIGURA 17 – Mapa topográfico em escala de detalhe da Mina A, mostrando a localização dos 262 pontos mapeados.

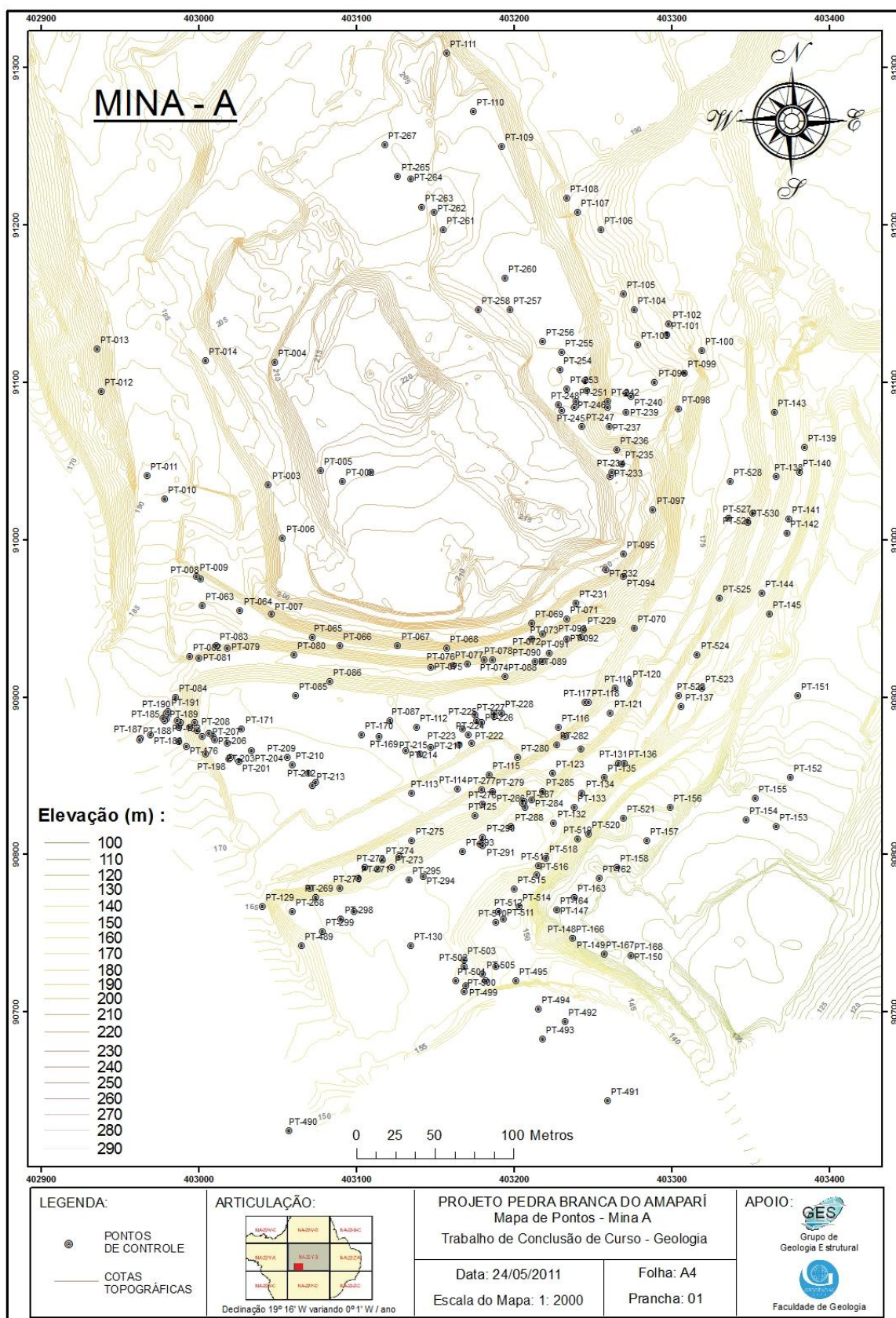


FIGURA 18 – Mapa estrutural com atitudes dos acamamentos evidenciando o padrão de dobramento encontrado na mina A.

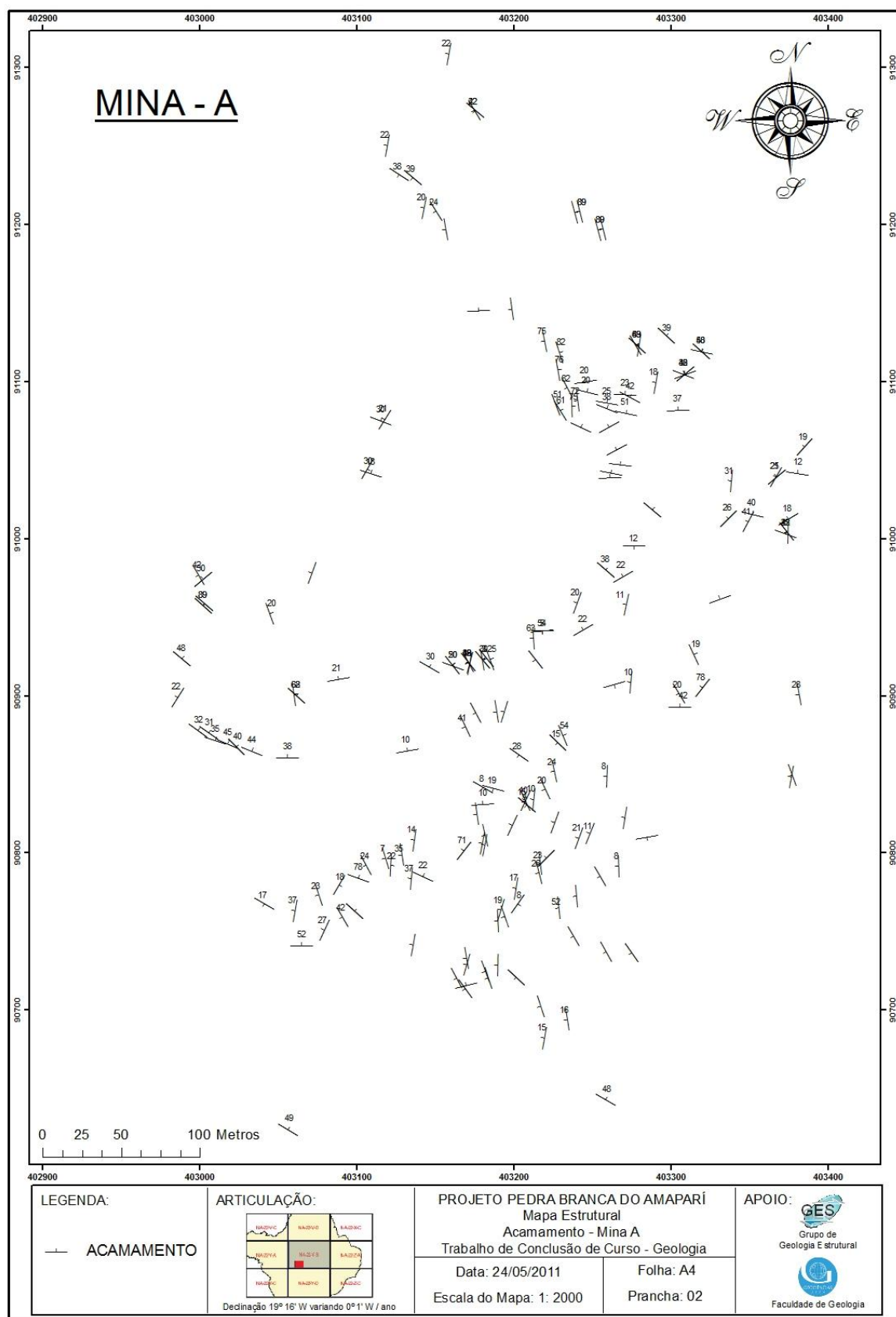


FIGURA 19 – Estereogramas (hemisfério S) para 188 medidas de acamamento primário So (bandamento) observados na Mina A.

ACAMAMENTO MINA A

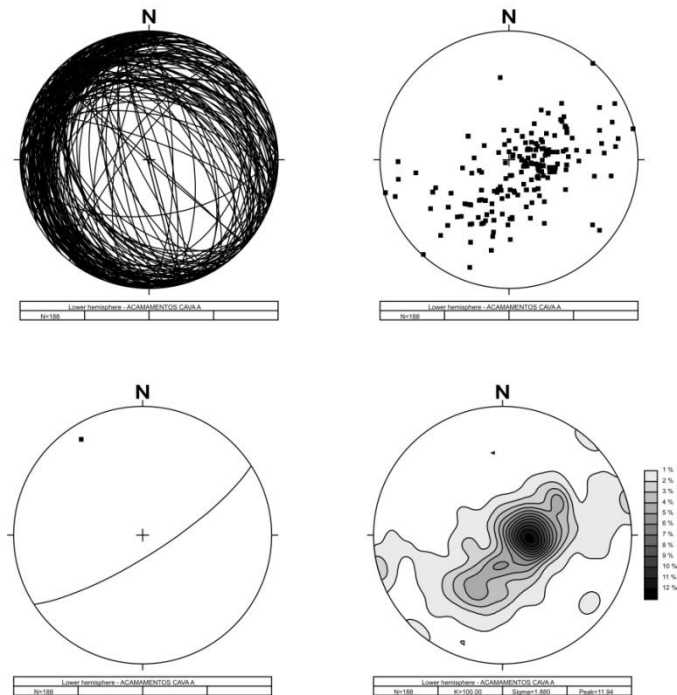


FOTO 01- Mina A (PT 001) – Acamamento ou bandamento da rocha ferrífera em posição de baixo ângulo (32/035) com dobras abertas (eixos 20/343). Essas dobras estão truncadas por zonas de cisalhamento NNW-SSW.



Existe uma tendência das dobras menores (1) se concentrarem predominantemente na borda SSW da mina onde se observa uma seqüência de sinformes e antiformes menores ocupando uma faixa de cerca de 150m, seguindo a direção NW-S, ao longo de um corredor. Outro corredor também com direção NW-SE aparece na borda NE da mina, mas com largura em torno de 30 a 40m.

Compõe a mina cinco dobras maiores (de SW para NE): SINFORME – ANTIFORME – SINFORME – ANTIFORME - SINFORME, todas com leve assimetria e com dobras parasíticas menores concentradas em suas regiões internas (apicais).

O estereograma da Fig.19 apresenta os pólos para as atitudes de 188 medidas de acamamento (veja canto superior à direita da figura) desenham uma guirlanda ampla com concentração máxima de pólos quase sobre o eixo E, e próximo ao centro da projeção. Esta situação indica uma predominância de atitudes de planos de acamamento com direção NNW-SSE com mergulhos suaves para SW (ou atitude de 20-30 / 250-240 Az).

O eixo estatístico β representado está em torno de 10-05 / 340 Az), bastante coerente com a posição de diversas atitudes de eixos de dobras menores observadas na mina.

4.2.2 Mapa de trajetória do traço da foliação (S)

Além do acamamento foi observada nas rochas ferríferas da mina a presença de uma foliação do tipo espaçada disjuntiva a contínua, grossa a média. Ambas foram tratadas indiscriminadamente como foliação (S). A presença dessa feição propicia o aparecimento de um tipo de rocha distinto do minério de Fe bandado e forma um minério de Fe milonítico (Foto 02). Observando-se desde rochas fracamente foliadas, onde ainda se observa frações preservadas em faixas da rocha primária, até rochas completamente foliadas, com transposição completa do acamamento primário So.

FOTO 02 - Mina A (PT 001) – Foliação anastomótica, ou de transposição, em posição sub-vertical (em planta), observada em zonas de cisalhamento NNW-SSW que corta o bandamento primário.



Em mapa (Fig. 20) a foliação apresenta-se fortemente orientada na direção NW-SE, atravessando todo o domínio da mina, aparentemente concentradas em faixas anastomóticas com espaçamento em torno de 50 a 100m. Entre as faixas foliadas predominam rochas ferríferas bandadas (não milonitizadas).

Na região SW da Mina A, a foliação está dobrada, com dobras intrafoliais de até dezenas de metros. Predominam dobras variando de abertas a isoclinais (em seus cortes aparentes), com eixos caindo para WNW a N, curvilíneos. No conjunto formam desenhos relativamente mais complexos, provavelmente pelas interferências e sobreposições de padrões geométricos.

Uma segunda zona de cisalhamento **E-W** corta a mina (Fig. 22) e produz desvio da foliação no centro da mina, truncando parcialmente as dobras da foliação.

Os estereogramas da Fig. 21 mostram 110 medidas de planos de foliação S. Observa-se uma distribuição em guirlanda indicativa das dobras supracitadas, com eixo indicado pela guirlanda com atitude de 05-10/340 Az, muito próxima da posição do eixo estatístico obtido para a guirlanda dos planos de acamamento So.

FIGURA 21 - Estereogramas (hemisfério S) para 110 medidas da Foliação (S) observados na Mina A.

FOLIAÇÕES MINA A

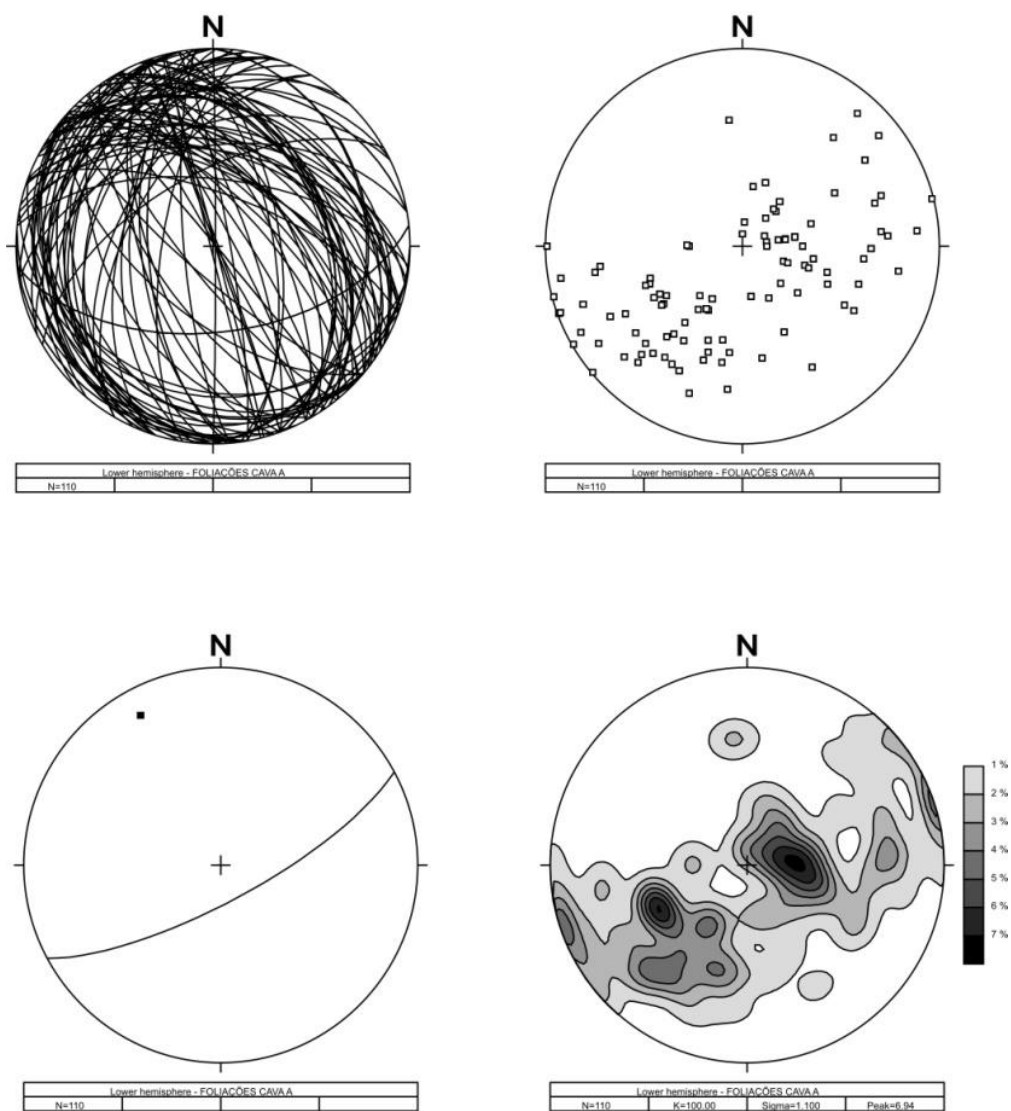
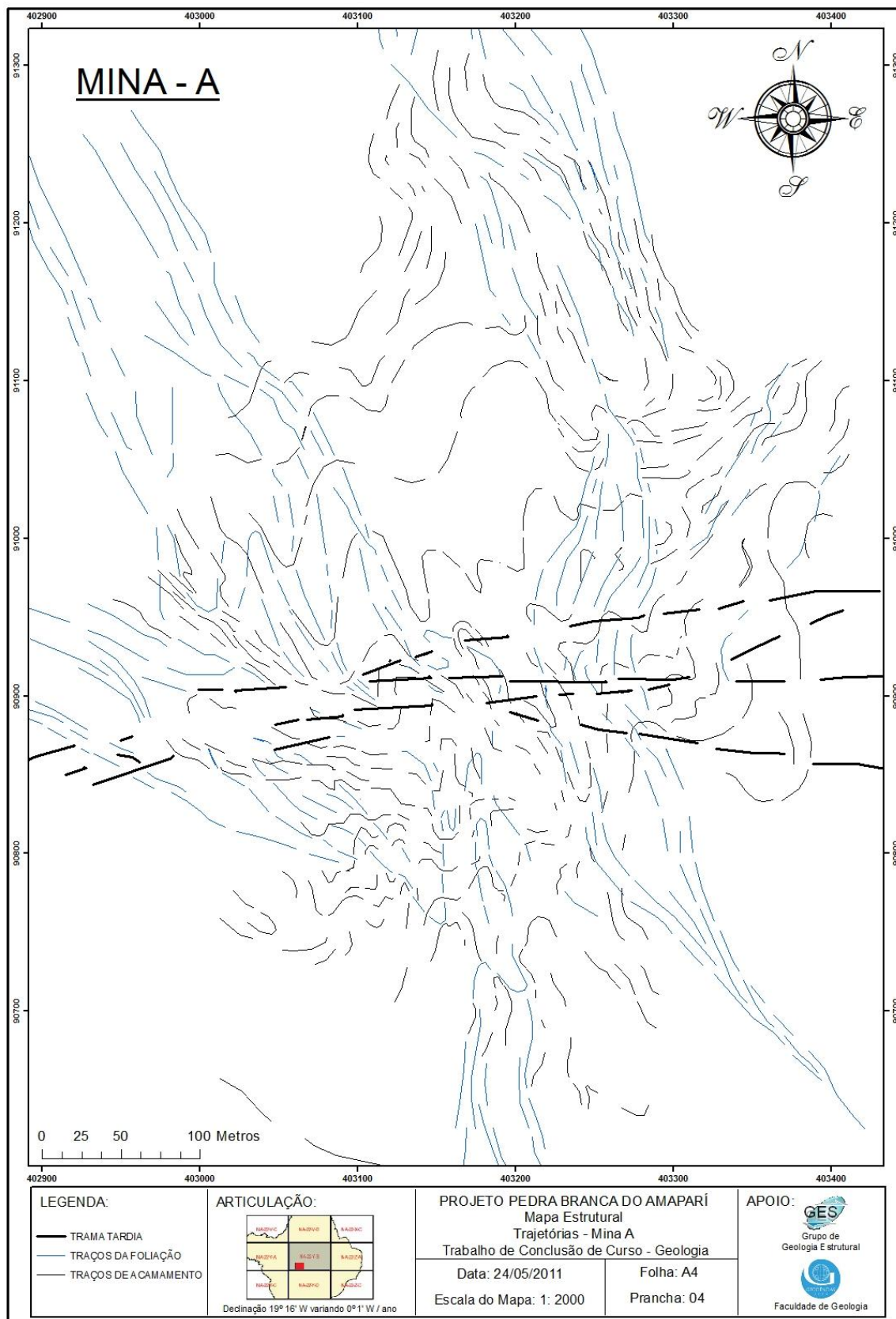


FIGURA 22 – Mapa de trajetórias mostrando a complexa relação entre S0 (bandamento primário) e S (foliação de transposição NW-SE) onde fica evidente que a foliação (traço azul) corta o plano axial das dobras (traço preto). Em algumas áreas, principalmente na porção NE do mapa essa relação é paralelizada dificultando a identificação de S e S0 no campo.



4.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL DA MINA B

Na Mina B, posicionada na continuação a norte da Mina A, na maioria dos 45 pontos visitados (Fig. 23) ocorre o bandamento primário So (Foto 03) representativo da formação ferrífera bandada desenhando dobras assimétricas em arranjos conjugados. Essas dobras são truncadas pela foliação S que têm comportamento ora paralelo ao bandamento, ora truncando o mesmo. Coletivamente, essa foliação encontra-se deformadas em dobras de arrasto observadas em escala de centenas de metros.

A apresentação das figuras seguirá o mesmo padrão descrito no final do item 4.2 deste trabalho.

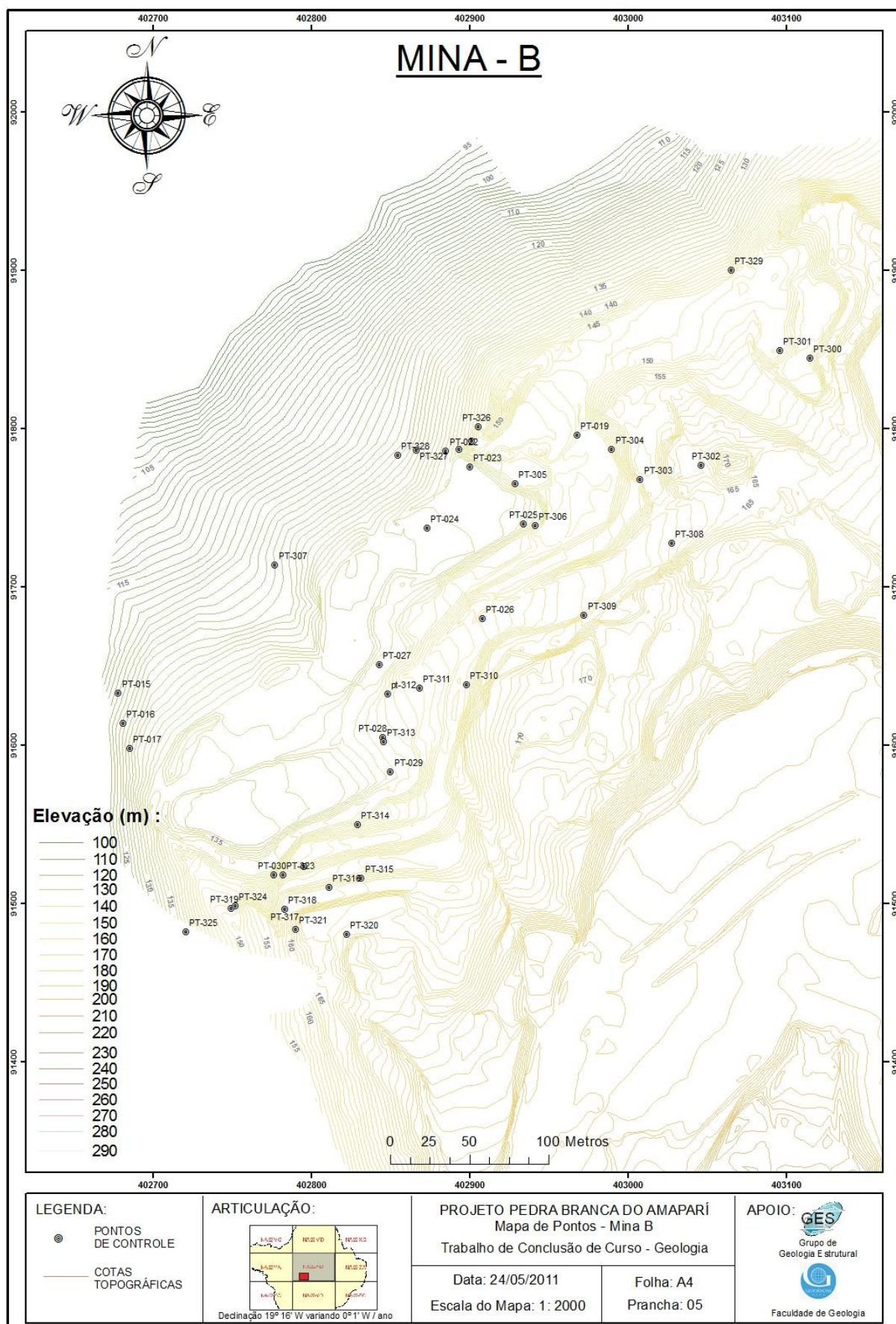
4.3.1 Mapa de trajetória do traço do acamamento (So)

O bandamento nas rochas da Mina B acompanha o observado na Mina A e desenha um conjunto contínuo de dobras holomórficas abertas (Fig. 24), com dezenas a poucas centenas de metros, iniciando com um amplo sinforme a oeste, seguido de uma sequência ANTIFORME-SINFORME-ANTIFORME. Dobras menores, métricas a decamétricas, ocorrem articuladas com as dobras maiores (Foto 03).

FOTO 03 - Mina B (PT 319) – Novamente o acamamento ou bandamento da rocha ferrífera em posição de baixo ângulo (32/340 a 20/ 042) representando flancos de dobras abertas com poucas centenas de metros (não visíveis na foto).



FIGURA 23 – Mapa topográfico em escala de detalhe da Mina B, mostrando a localização dos 45 pontos mapeados.



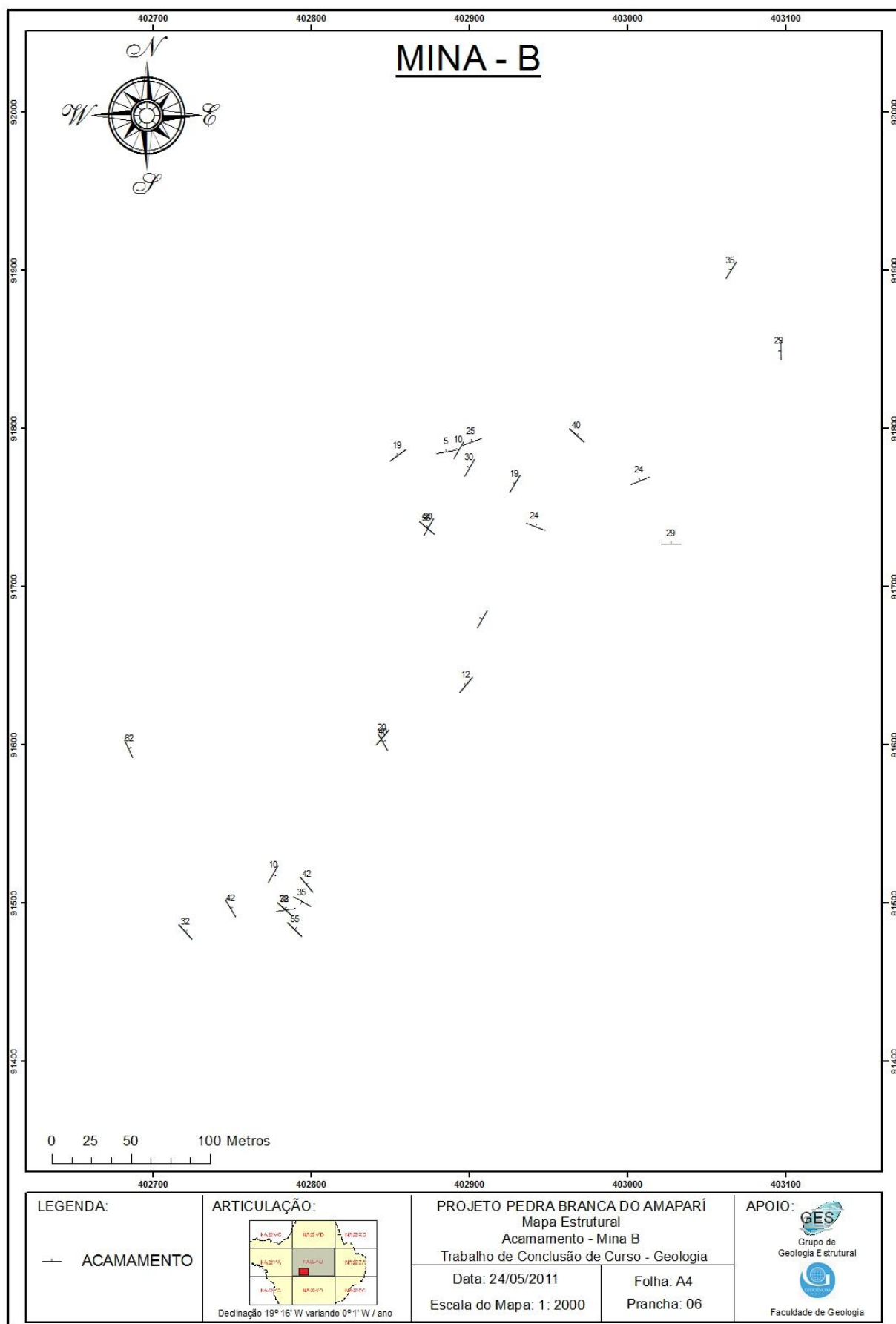
Em comparação com as dobras observadas na Mina A, essas feições são mais contínuas e de escalas relativamente maiores, com arranjos simples na escala de observação do mapa (Fig. 27)

Uma falha de cavalgamento de baixo ângulo está presente na parte central desta mina (Foto 04), com plano de falha 24/021 e com linhas de estrias 18/335, indicando transporte tectônico de NW para SE.

FOTO 04 - Mina B (PT 306) – Superfície de cavalgamento com atitude 24/021, com estrias em 18/335, onde o bloco N (teto) cavalga sobre o bloco S (piso). Trata-se de uma estrutura expressiva na posição SE da Mina B, provavelmente responsável pela foliação secundária E-W que se observa deslocando a trama foliada das rochas.



FIGURA 24 – Mapa estrutural com atitudes dos acamamentos evidenciando o mesmo padrão de dobramento encontrado na mina A.



4.3.2 Mapa de trajetória do traço da foliação (S)

Na Mina B a foliação tem direção NNW-SSE com mergulhos variando entre 90° e 50° , tanto para E quanto para W (Fig. 25), em um padrão sinuoso, com algumas dobras intrafoliais. Essas dobras acompanham a direção das dobras do acamamento, com eixos NNW com caimentos em torno de 10° . A foliação trunca o bandamento (So) em faixas que contornam de modo descontínuo as dobras desenhadas pela bandamento (Fig. 26).

Na parte norte da Mina B a foliação é localmente truncada por faixas de foliação tardia (mais novas) aproximadamente E-W (Fig. 27), assim como observado na Mina A. Essa última foliação não parece ter um papel significativo na reorganização estrutural das rochas envolvidas.

FIGURA 25 - Estereogramas (hemisfério S) para 23 medidas de foliação (S) observada na Mina B.

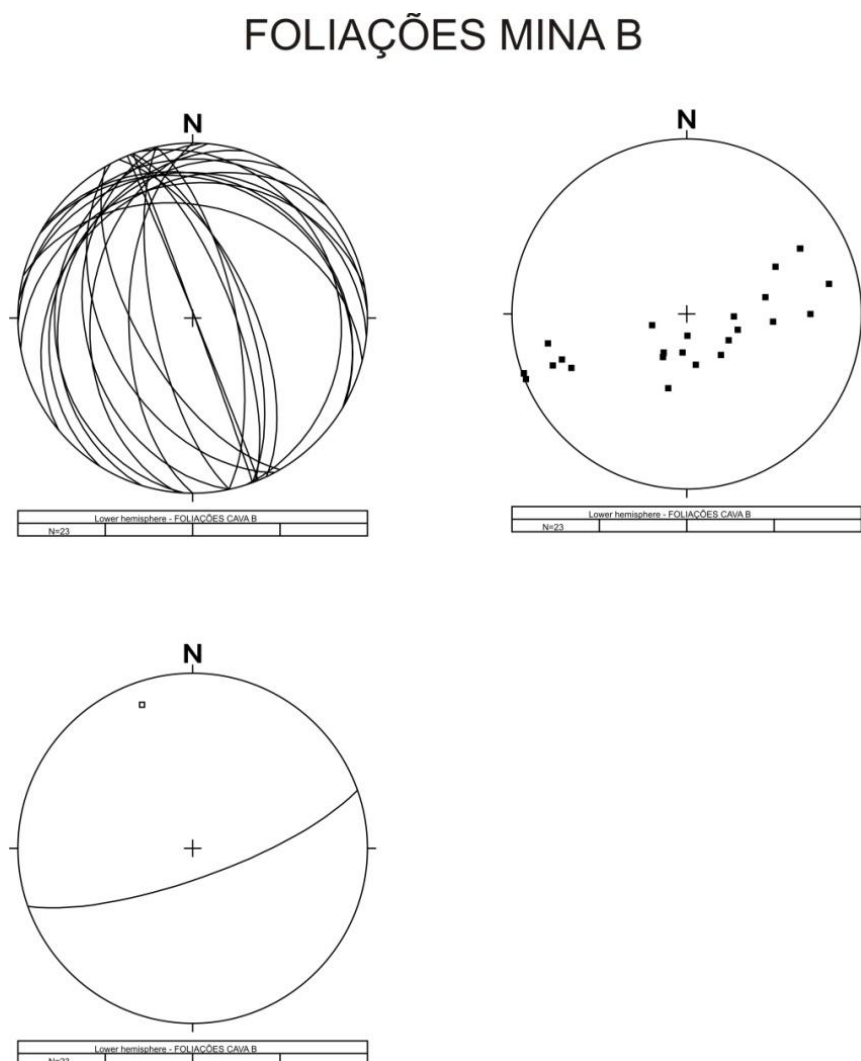


FIGURA 26 – Mapa estrutural com atitudes da foliação na mina B, a figura ressalta a concentração da deformação em corredores mantendo a direção preferencial NW-SE encontrada na mina A.

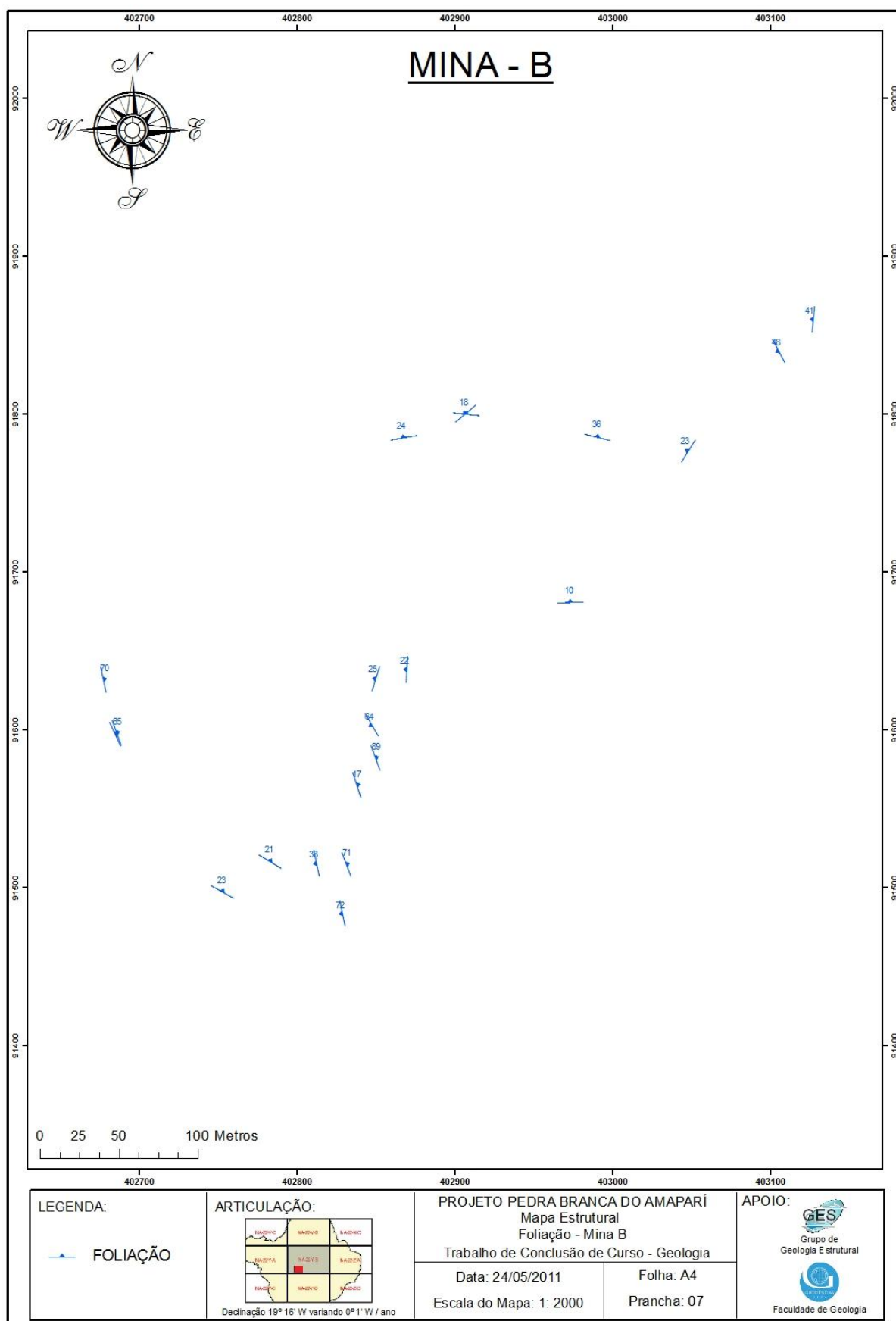
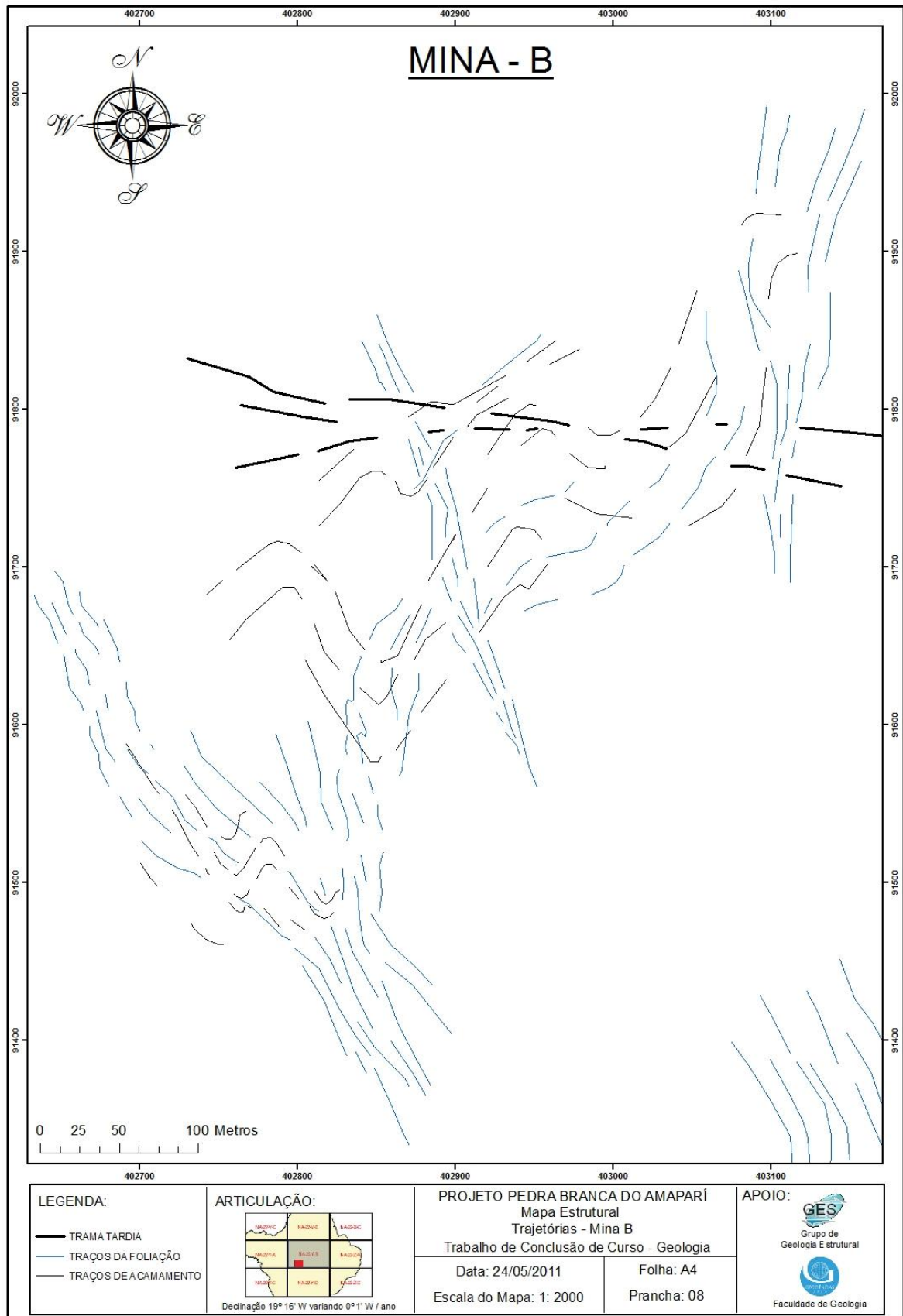


FIGURA 27 – Mapa de trajetórias mostrando a relação de truncamento e paralelismo entre S0 (bandamento primário) e S (foliação de transposição NW-SE), ambas sendo cortadas no sentido E-W por uma trama rúptil tardia (traços pretos mais espessos).



4.4 GEOLOGIA ESTRUTURAL DA MINA C

Trata-se da menor (em dimensão) mina quando comparada com as demais, nela foram visitados 19 pontos (Fig. 28), a mesma, está posicionada a leste das minas A e B e acompanha a direção aproximada NW-SE, encontra-se encaixada em um corredor que se prolonga por mais de 2,4km para SE. Nesta faixa se posicionam as minas C, D e E.

Nesse corredor as dobras observadas nas minas A e B praticamente desaparecem e, quando presentes, tomam outro estilo e posição, conforme descrito a seguir.

4.4.1 Mapa de trajetória do traço do acamamento (So)

Essa estrutura mostra-se predominantemente com direção NNW-SSE com mergulhos rasos para NE (Fig. 29). Poucas dobras métricas a centimétricas estão presentes (Foto 05), mostram eixos com caimento raso (20° - 30°) para NE e E. O bandamento So, em praticamente toda a área exposta da mina, mostra-se total ou parcialmente transposto, ou rotacionado para essa posição (Fig. 30).

FOTO 05 - Mina C (PT 032) – Acamamento ou bandamento da rocha ferrífera dobrado, em dobras fechadas, com eixos em posição de baixo ângulo, caindo para NNW e plano axial em baixo ângulo para NW. Essas dobras progridem para a transposição, gerando a foliação S.



FIGURA 28 – Mapa topográfico em escala de detalhe da Mina C, mostrando a localização dos 19 pontos mapeados.

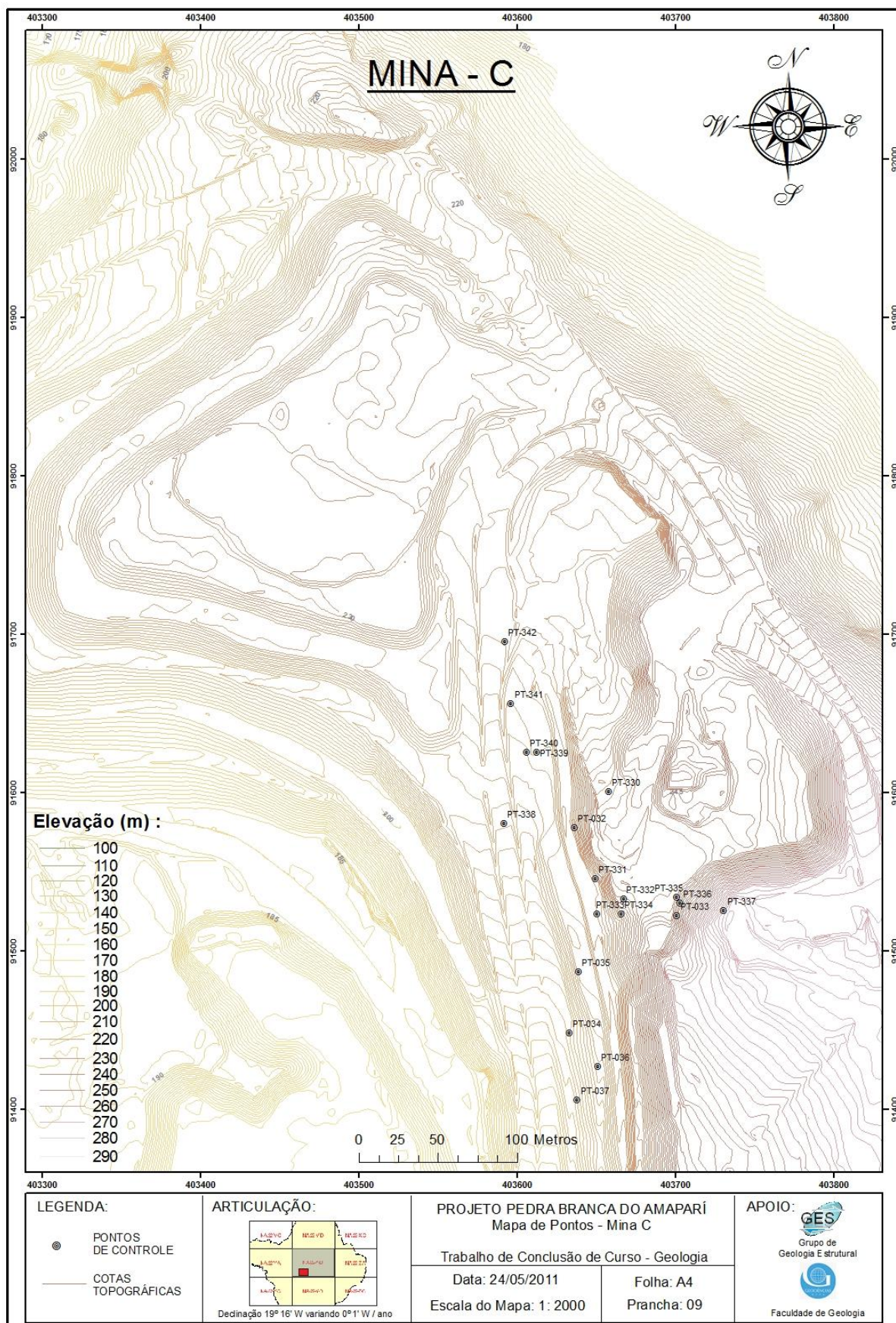
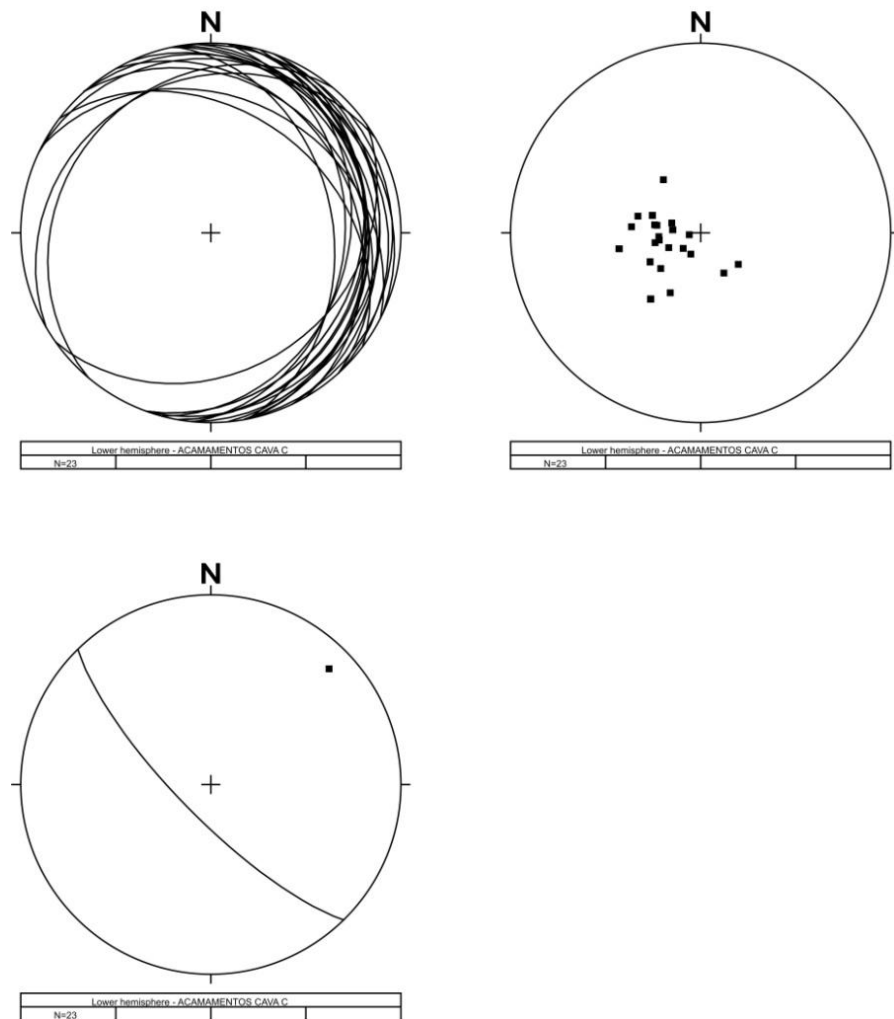


FIGURA 29 – Estereogramas (hemisfério S) para 23 medidas de acamamento primário So (bandamento) observados na Mina C.

ACAMAMENTO MINA C



4.4.2 Mapa de trajetória do traço da foliação (S)

Nessa mina há uma importante foliação de transposição, espaçada, descontínua, fina a média. Essa foliação é produto da transposição do acamamento primário So e de dobras do So, dispondo-se subparalelamente ao bandamento (Fig. 35).

Em mapa essa feição mostra traço sinuoso, bastante característico de foliação de transposição (Foto 06).

FOTO 06 - Mina C (PT 039) – Dobras intrafolial, fechada a isoclinal, disposta internamente nas zonas de cisalhamento, com flancos em posição 60-70/300.

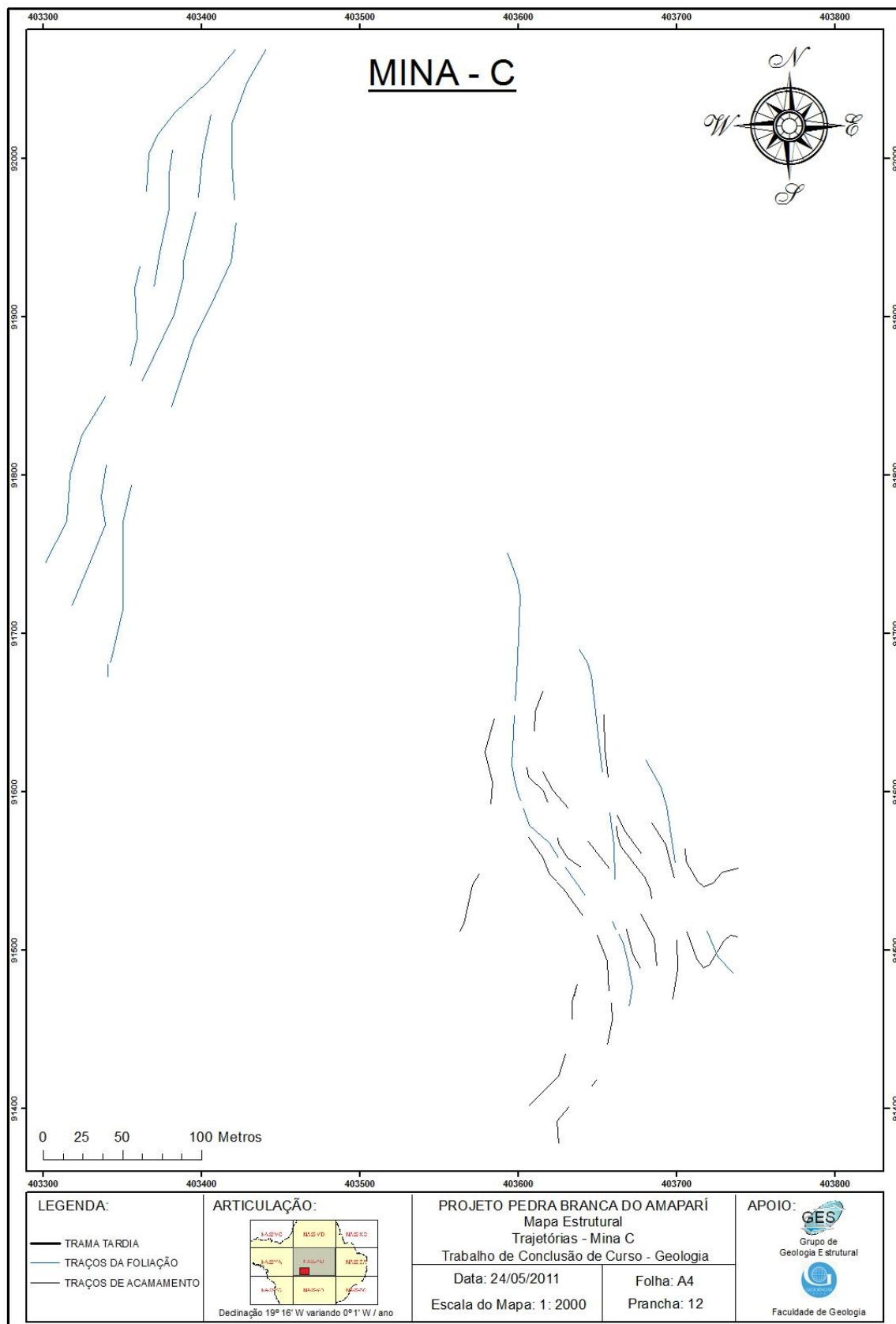


Eventualmente ocorrem dobras recumbente intrafoliais à foliação com eixos de caimento rasos para N (Foto 07).

FOTO 07 - Mina C (PT 033) - Típica dobra reclinada a recumbente com plano axial sub-horizontal e eixo na posição 340°-355° Az. Dobras neste estilo e posição são comuns em diferentes escalas na Mina C.



FIGURA 30 – Mapa de trajetórias mostrando a foliação disposta concordantemente ao acamamento (bandamento S0). Nessa mina ainda foi possível fazer distinção entre bandamento e foliação, uma vez, que o S0 ainda apresenta feições reliquias do acamamento primário (finas camadas de sílica alternando com hematita), nessa mina o minério de ferro começa a ficar friável (polverulento).



4.5 GEOLOGIA ESTRUTURAL DA MINA D

Esta mina está localizada a cerca de 500m a E da Mina A e nela foram visitados 87 pontos (Fig. 31). O bandamento So praticamente desaparece neste local (Fig. 32), onde predomina a foliação de direção NW-SE. Em seção observa-se que essa estrutura desenha uma dobra recumbente com centenas de metros, estando a charneira desta dobra exposta na parede ao fundo (NW) da mina.

4.5.1 Mapa de trajetória do traço do acamamento (So)

O bandamento primário não é uma feição importante nessa mina. Onde foi observado, ocorre discretamente em posição sub-paralela à direção principal das rochas neste corredor (NW-SE) e à foliação predominante. As 14 medidas dessa estrutura têm posição predominante E-W com mergulhos suaves (20° - 30°) para N-NE (Fig.33), podendo compor dobras isoladas com eixo caindo cerca de 40° para N (NW?), que não foram observadas em campo.

FIGURA 31 – Mapa topográfico em escala de detalhe da Mina D, mostrando a localização dos 87 pontos mapeados.

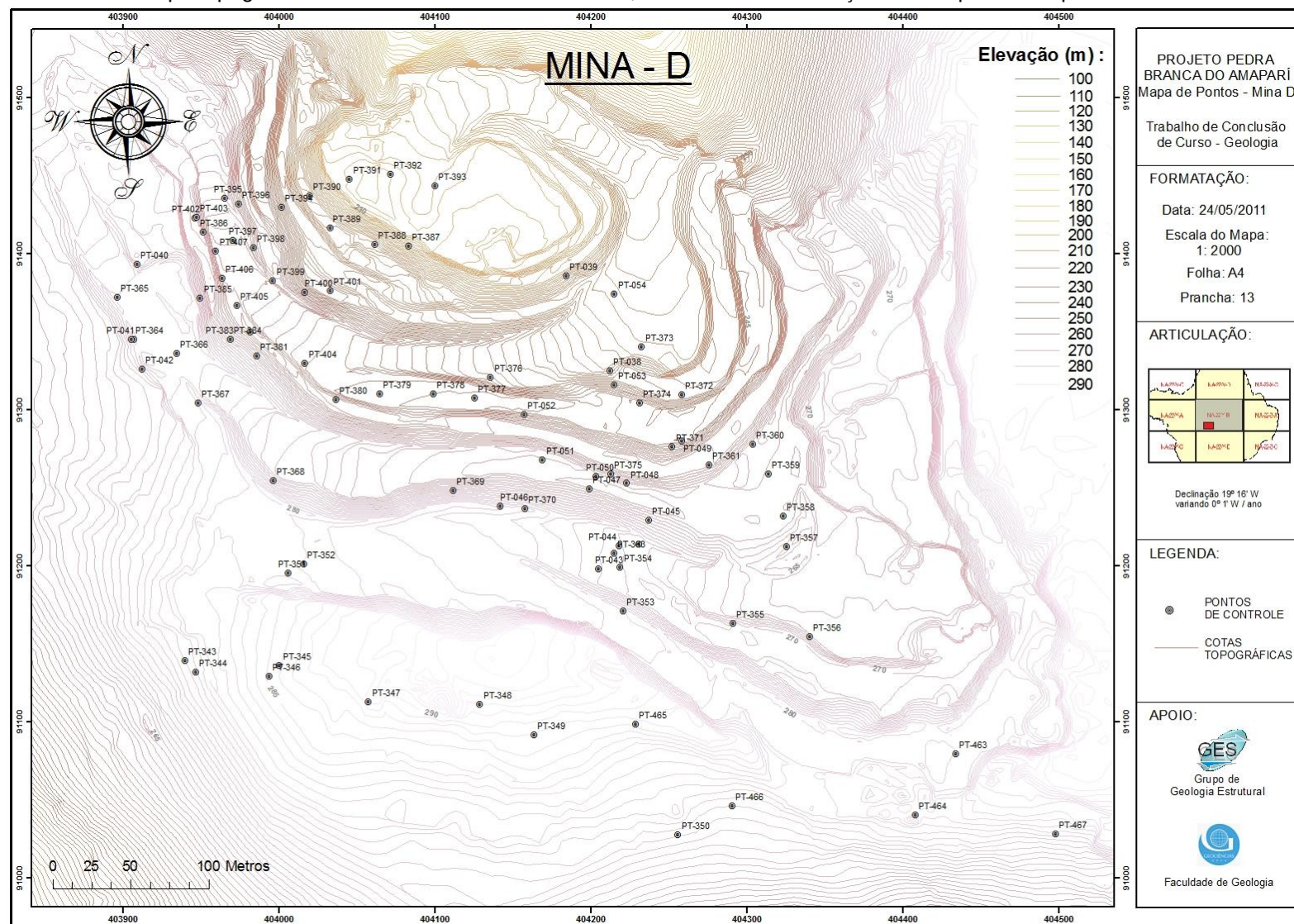


FIGURA 32 – Mapa estrutural com atitudes de acamamento mostrando a escassez de medidas, reflexo da intensificação do processo de transposição da foliação

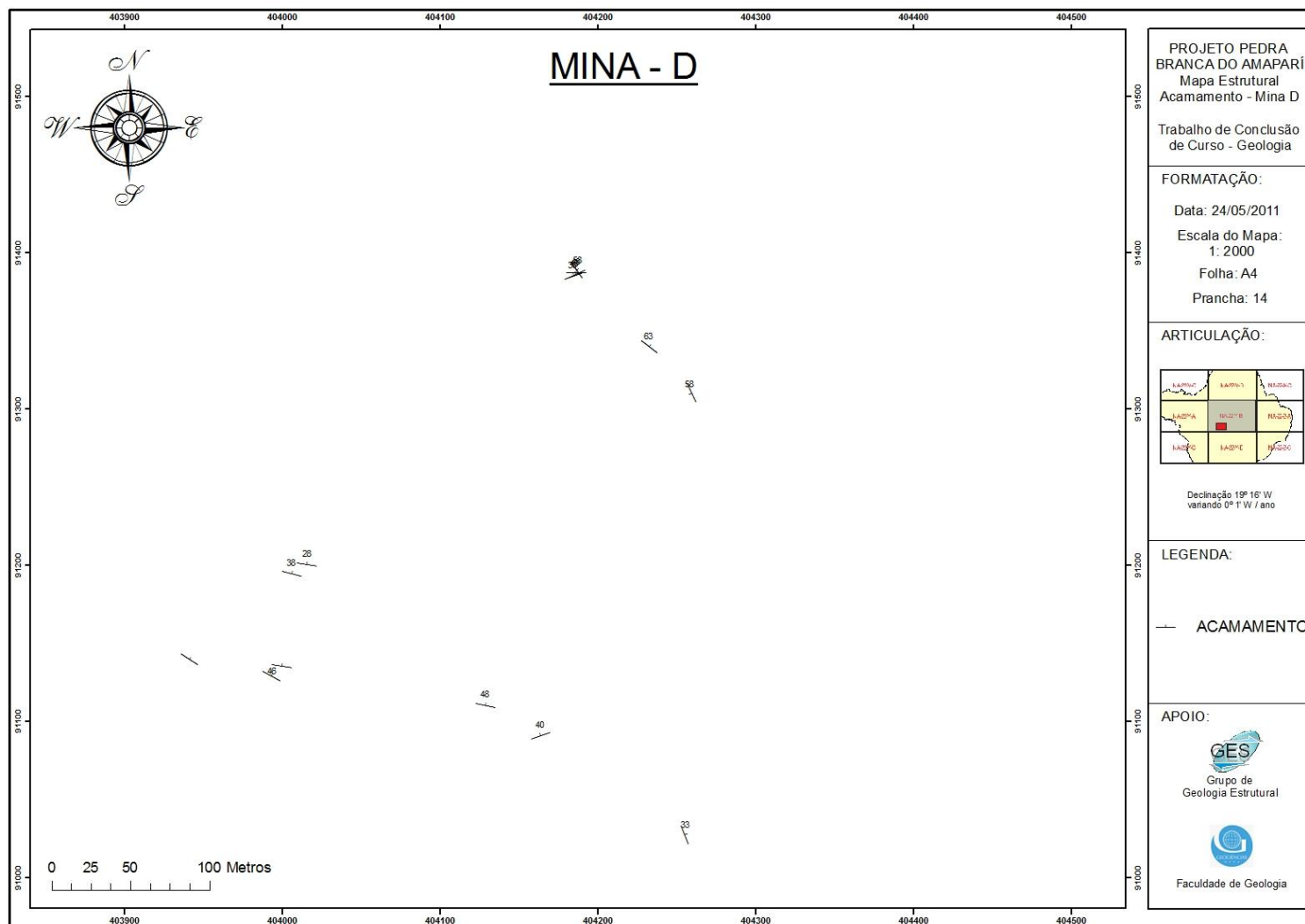
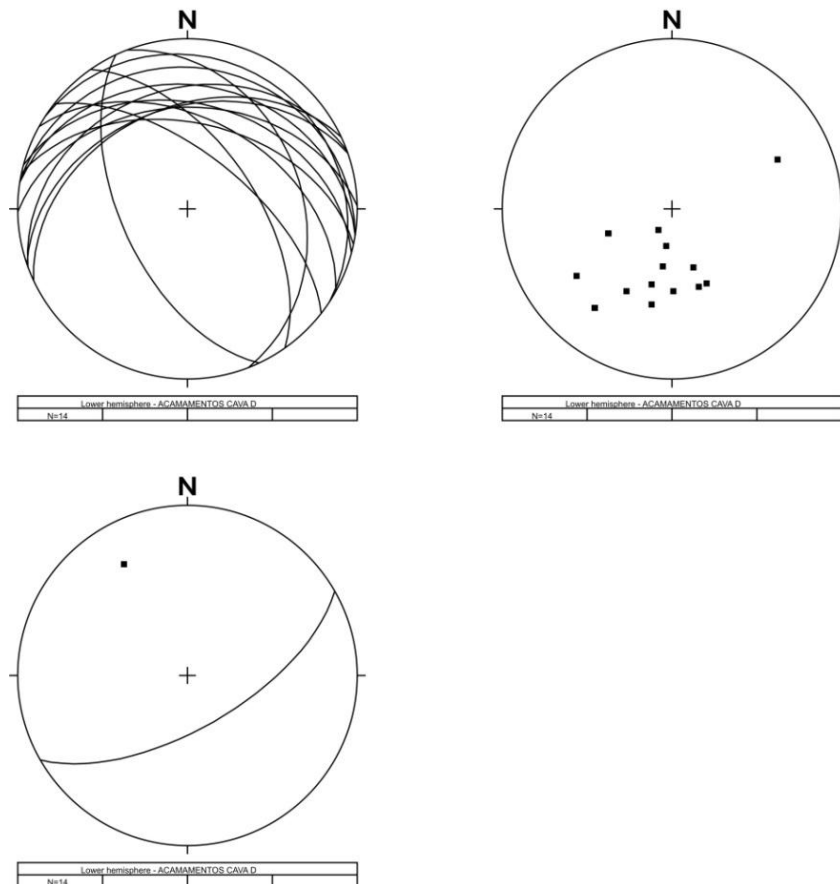


FIGURA 33 - Estereogramas (hemisfério S) para 14 medidas de acamamento primário So (bandamento) observados na Mina D.

ACAMAMENTO MINA D



4.5.2 Mapa de trajetória do traço da foliação (S)

Na Mina D predomina a trama foliada de transposição nas rochas expostas.

Essa feição tem direção predominante NW-SE com mergulhos variando de 20° até sub-vertical (Fig. 34 e Fig. 35) em um típico padrão anastomosado, podendo ocasionalmente desenhar dobras intrafoliais com eixos caindo rasos (sub-horizontal a 20°) para NW (Fig. 36).

Na parede ao fundo a NE da mina observa-se a região de charneira de uma dobra da foliação, deitada (quase recumbente), com pelo menos 200m exposto nesse corte (Foto 08, 09 e 10). Dobras parasíticas métricas são observadas nesse

arranjo com plano axial mergulhando de 20° a 30° para SW; com eixo em posição aproximada 10/010. Essa observação é importante para o entendimento da geometria regional, indica que praticamente todo o segmento NNW-SSW que passa a E do conjunto de minas representa parte de uma dobra maior, deitada.

A foliação tardia (Foto 10) E-W observada nas demais minas está também presente de forma discreta na Mina D.

FOTO 08 - Mina D (PT 051) – A foliação em posição sub-vertical, representando flanco de dobra recumbente ou reclinada com atitude 70/035.

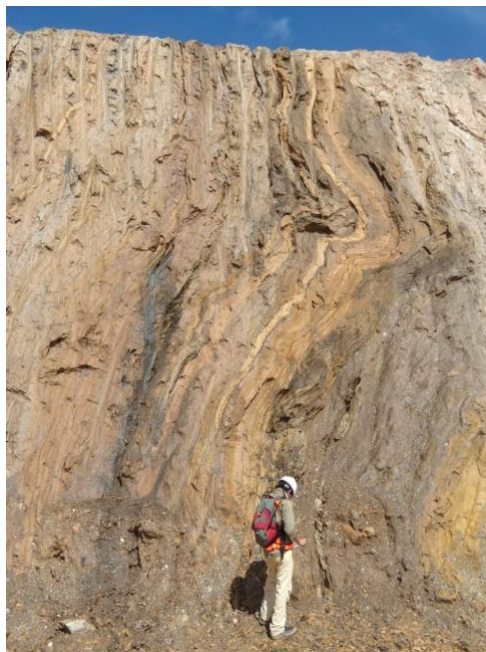


FOTO 09 - Mina D (PT 393) – Acamamento ou bandamento da rocha ferrífera em posição sub-vertical, conjugada com a região de charneira de dobra recumbente. Observar a condição anastomótica dessa feição, ora mergulhando para E ora W.



FOTO 10 - Mina D (PT 357) – Flanco de uma importante dobra recumbente observada na parede ao fundo (N) da mina. Nessa vista a foliação está em posição sub-vertical ou 70-80/NE e corresponde a charneira de uma dobra deitada, com algumas centenas de metros. A maior parte da área da mina D representa os flancos dessa dobra com W (ora com baixo mergulho ora sub-vertical).

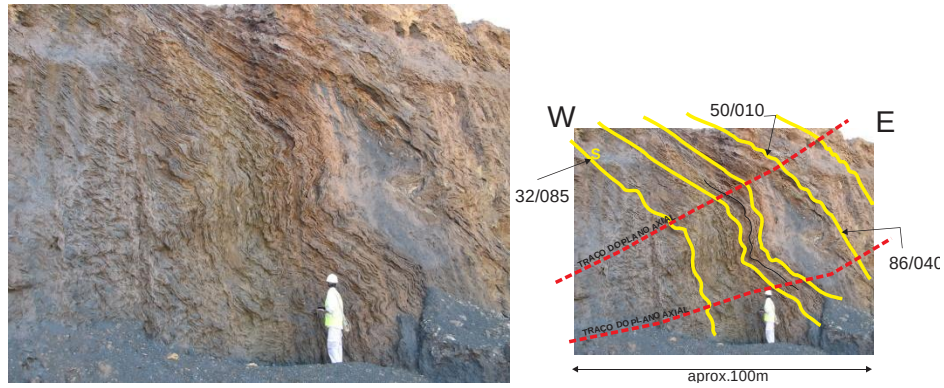


FIGURA 34 - Estereogramas (hemisfério S) para 77 medidas de foliações (S) observadas na Mina D.

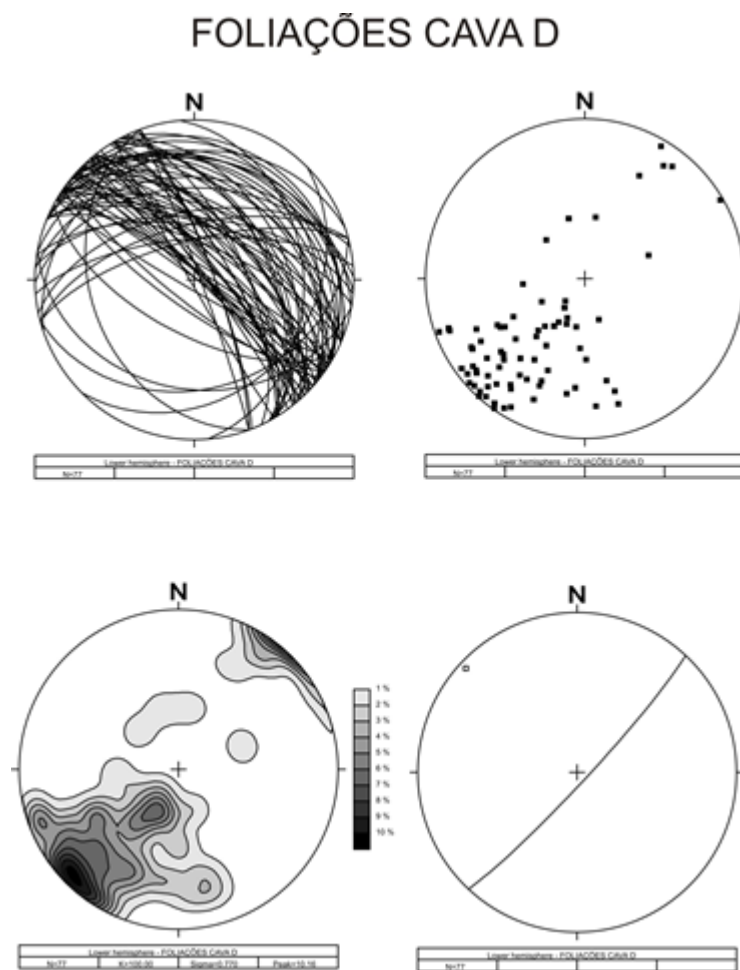


FIGURA 35 – Mapa estrutural com medidas de foliação revelando uma forte estruturação na direção NW-SE

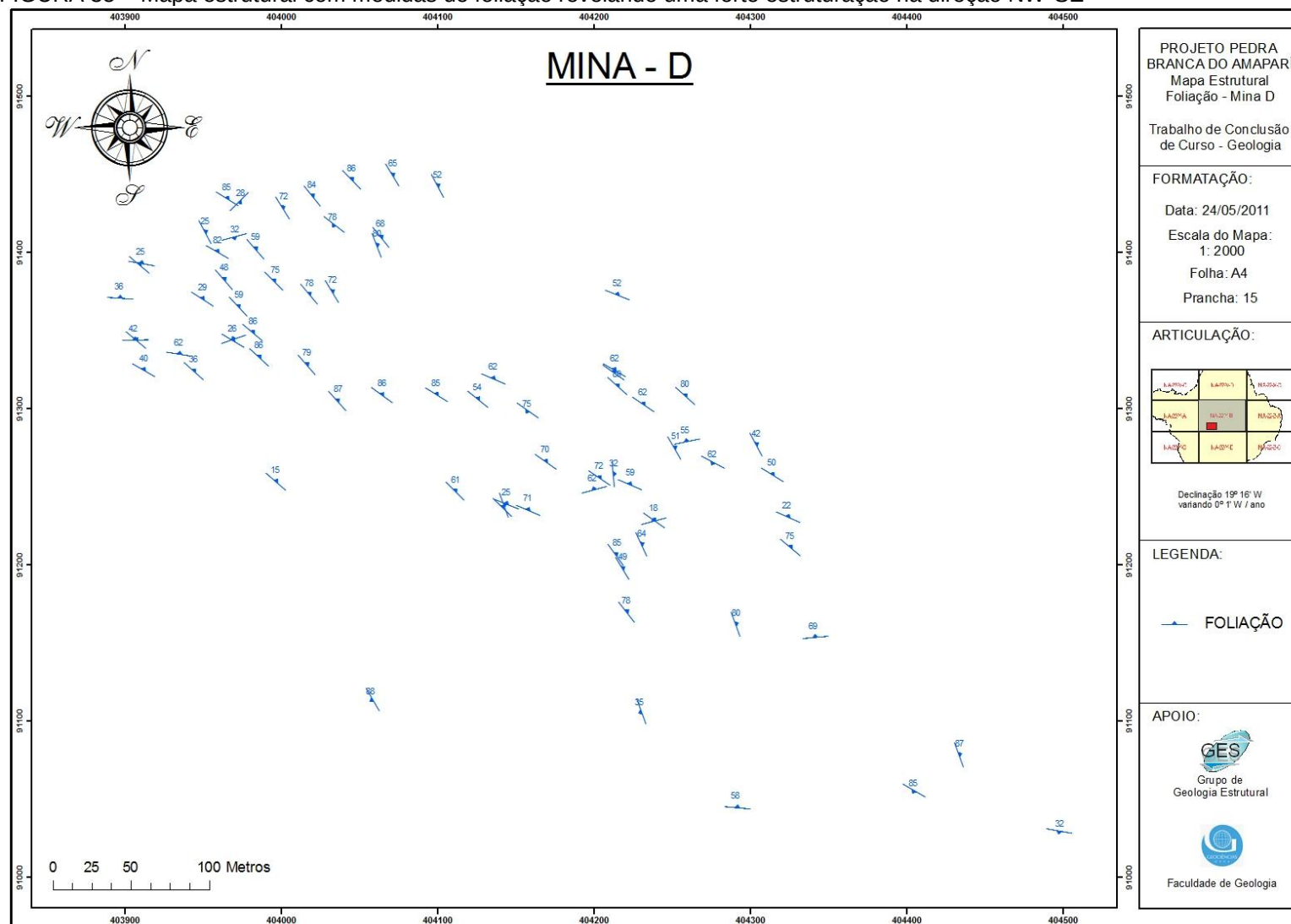
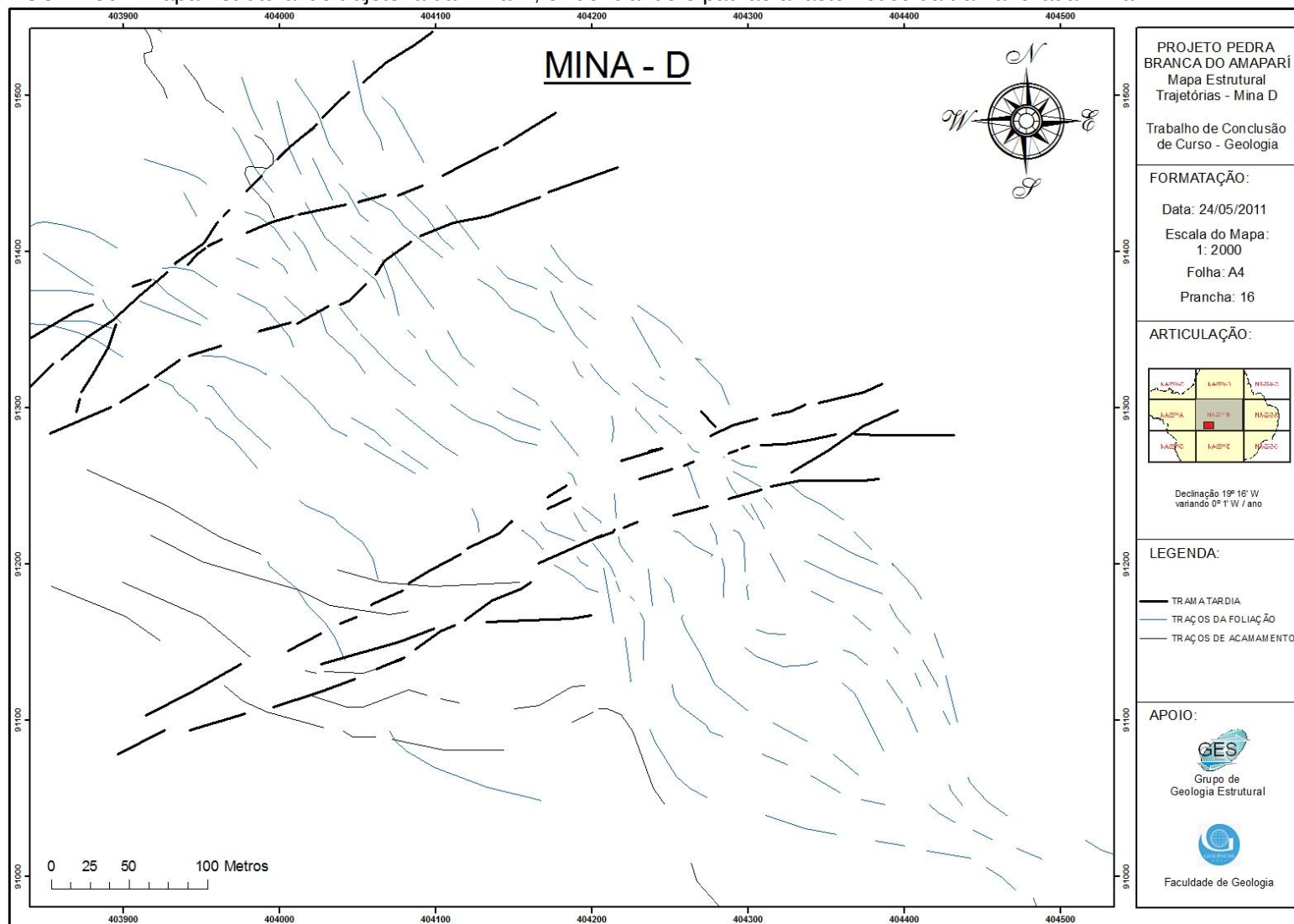


FIGURA 36 – Mapa Estrutural de trajetória da mina D, evidenciando o padrão anastomótico da trama foliada Mina.



4.6 GEOLOGIA ESTRUTURAL DA MINA E

Essa mina corresponde ao segmento mais a SW do conjunto exposto e nele foram visitados 82 pontos (Fig. 37). As rochas expostas apresentam somente a foliação de transposição, não sendo observado o bandamento primário, nem dobras.

4.6.1 Mapa de trajetória do traço da foliação (S)

Na Mina E a foliação é pervasiva e domina praticamente toda a trama das rochas (Fotos 11 e 12). A foliação é penetrativa, com direção NW-SE com o mergulho predominante da ordem de 60° (desde 45° até sub-vertical) para SW (Fig. 38).

Trata-se de uma foliação anastomótica, localmente cortada por foliações E-W, pouco expressivas (Fig. 39).

É importante ressaltar a mudança de sentido de mergulho entre a foliação NW-SE, que na Mina D mergulha para NE e na Mina E mergulha para SW (Fig. 40)

FOTO 11- Mina E (PT 441) – A foliação expressiva que toma conta das rochas em toda a Mina E e também na D. essa foliação anastomosada tem atitude 70-80/280 em média.



FOTO 12 - Mina E (PT 456) – A foliação exposta na Mina E tem mergulhos da ordem de 60 a 70° para NW. Essa foliação é característica dessa mina, apresentando-se bastante regular nessa posição, sendo somente afetada por tramas E-W que atravessam faixas dessa mina.



FIGURA 37 – Mapa topográfico em escala de detalhe da Mina E, mostrando a localização dos 82 pontos mapeados.

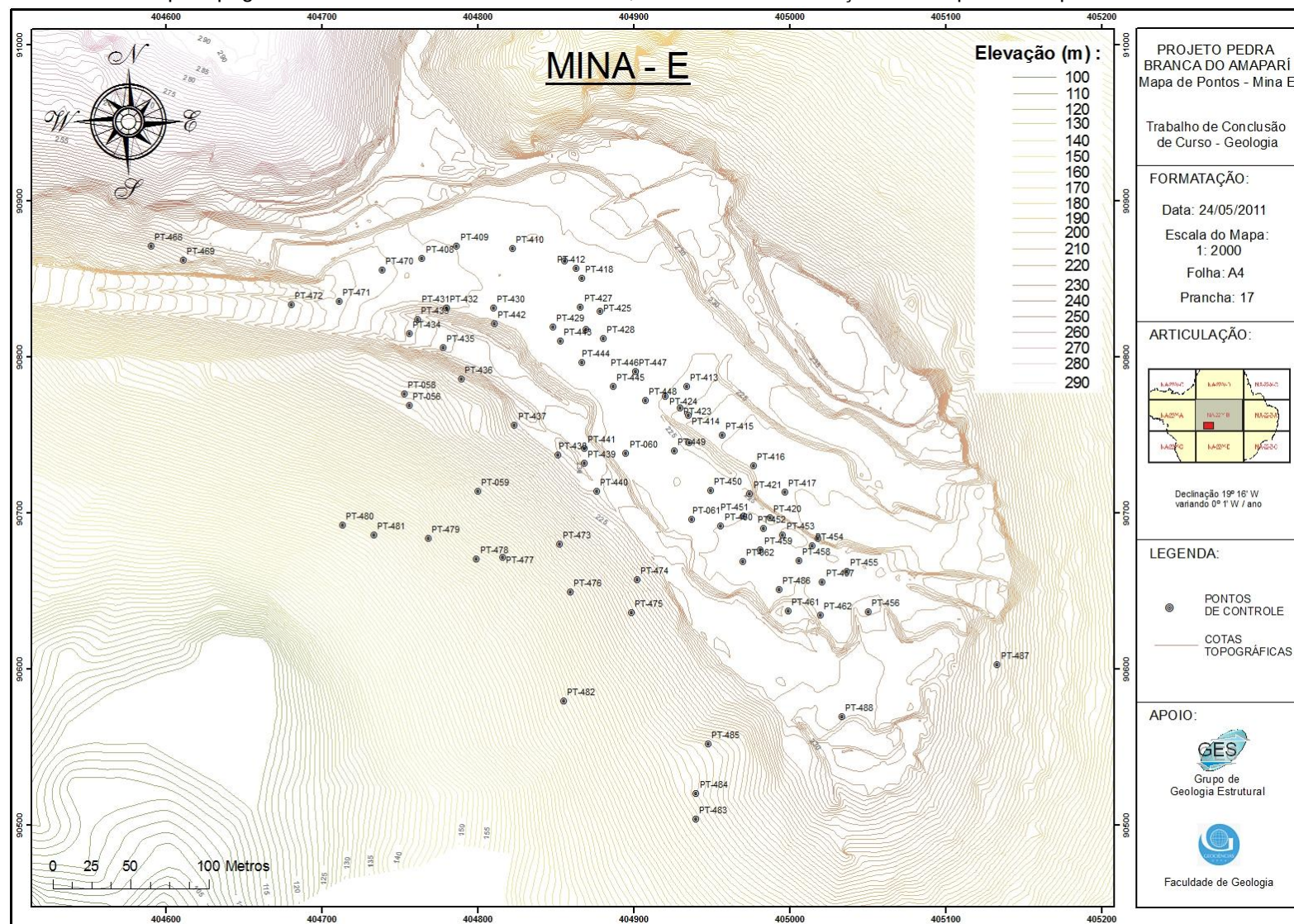


FIGURA 38 - Estereogramas (hemisfério S) para 85 medidas de foliação (S) observadas na Mina E.

FOLIAÇÕES MINA E

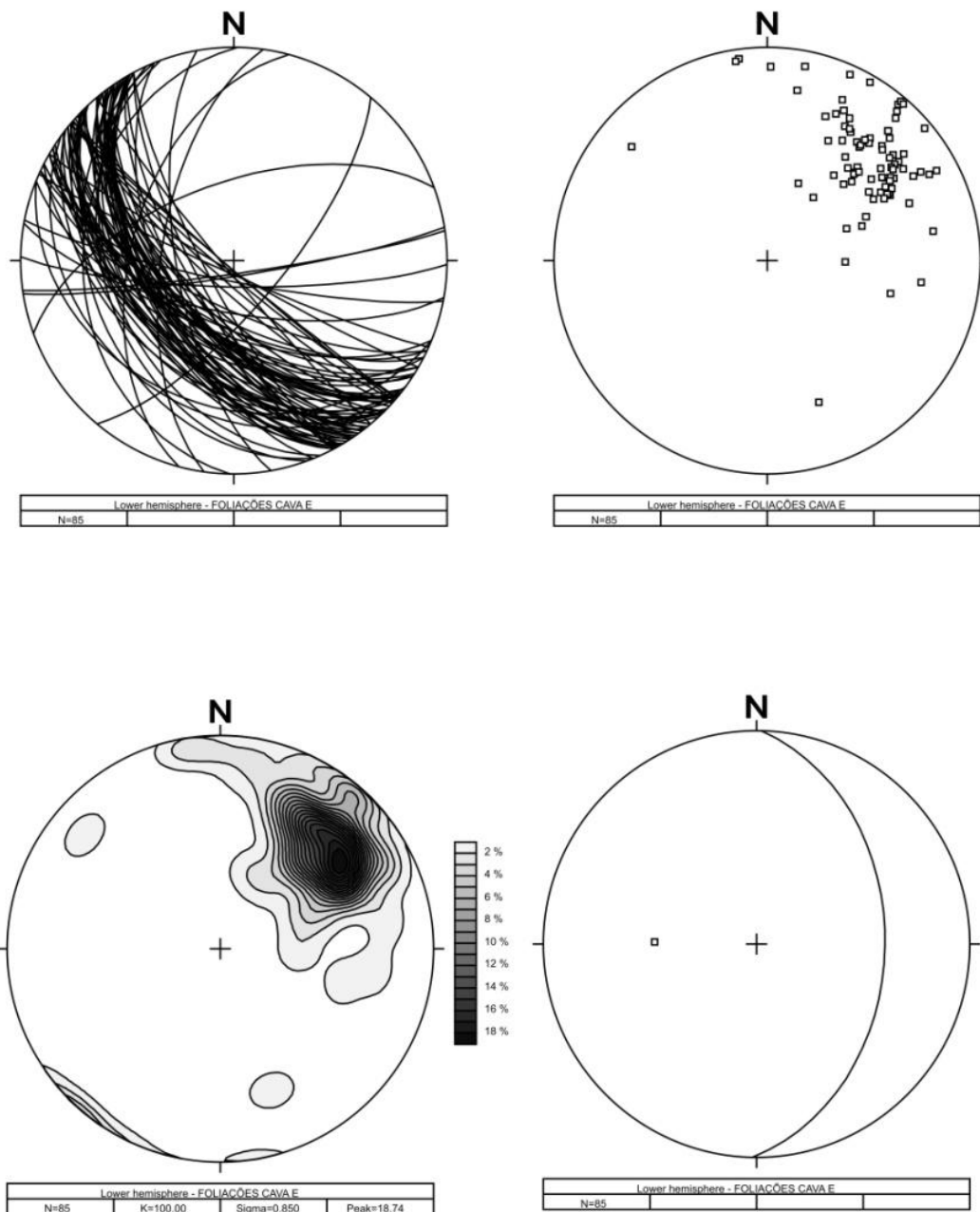


FIGURA 39 – Mapa estrutural da Mina E com atitudes das foliações mantendo o padrão NW-SE verificado na mina D, transpondo totalmente o acamamento primário.

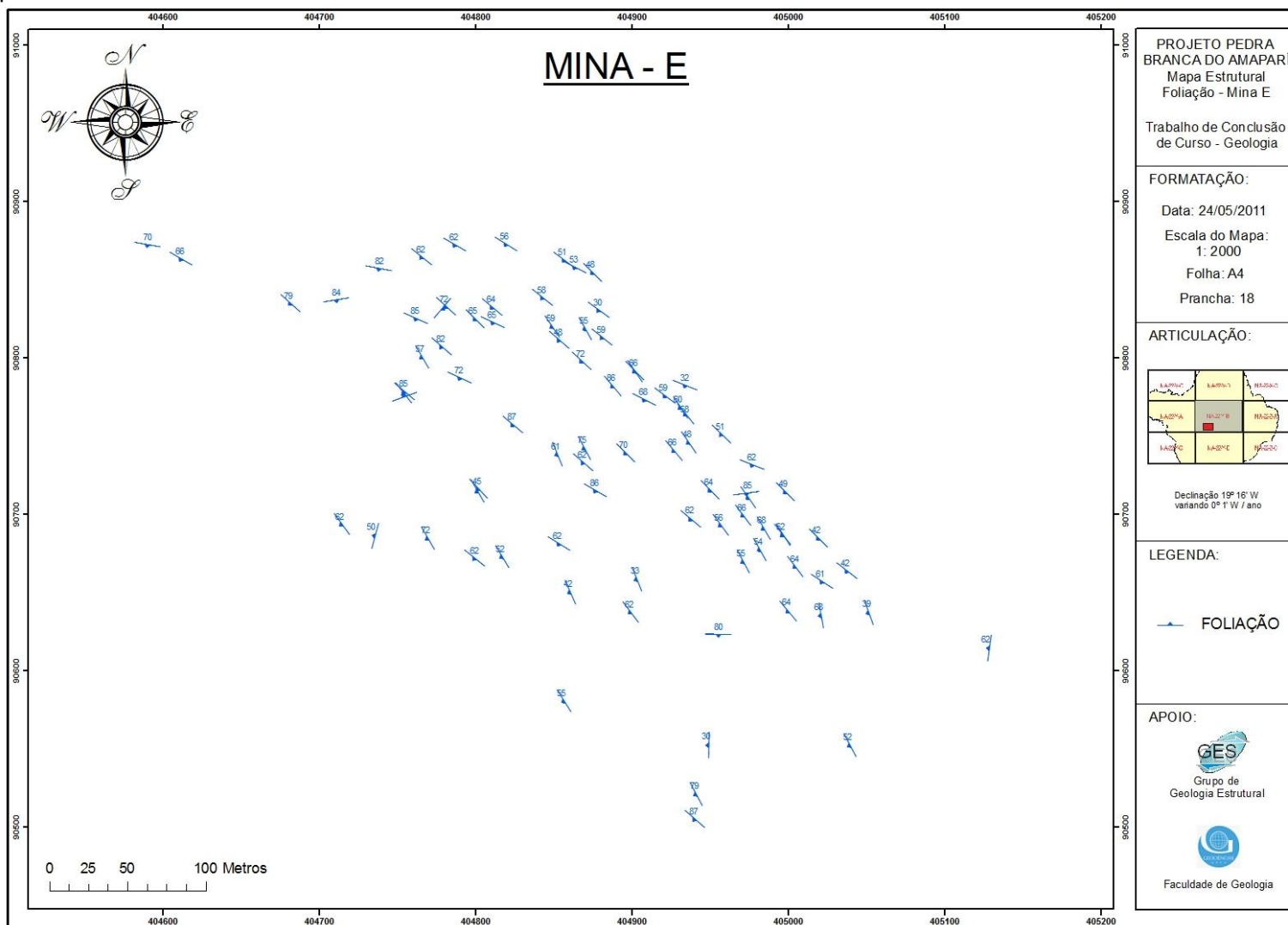
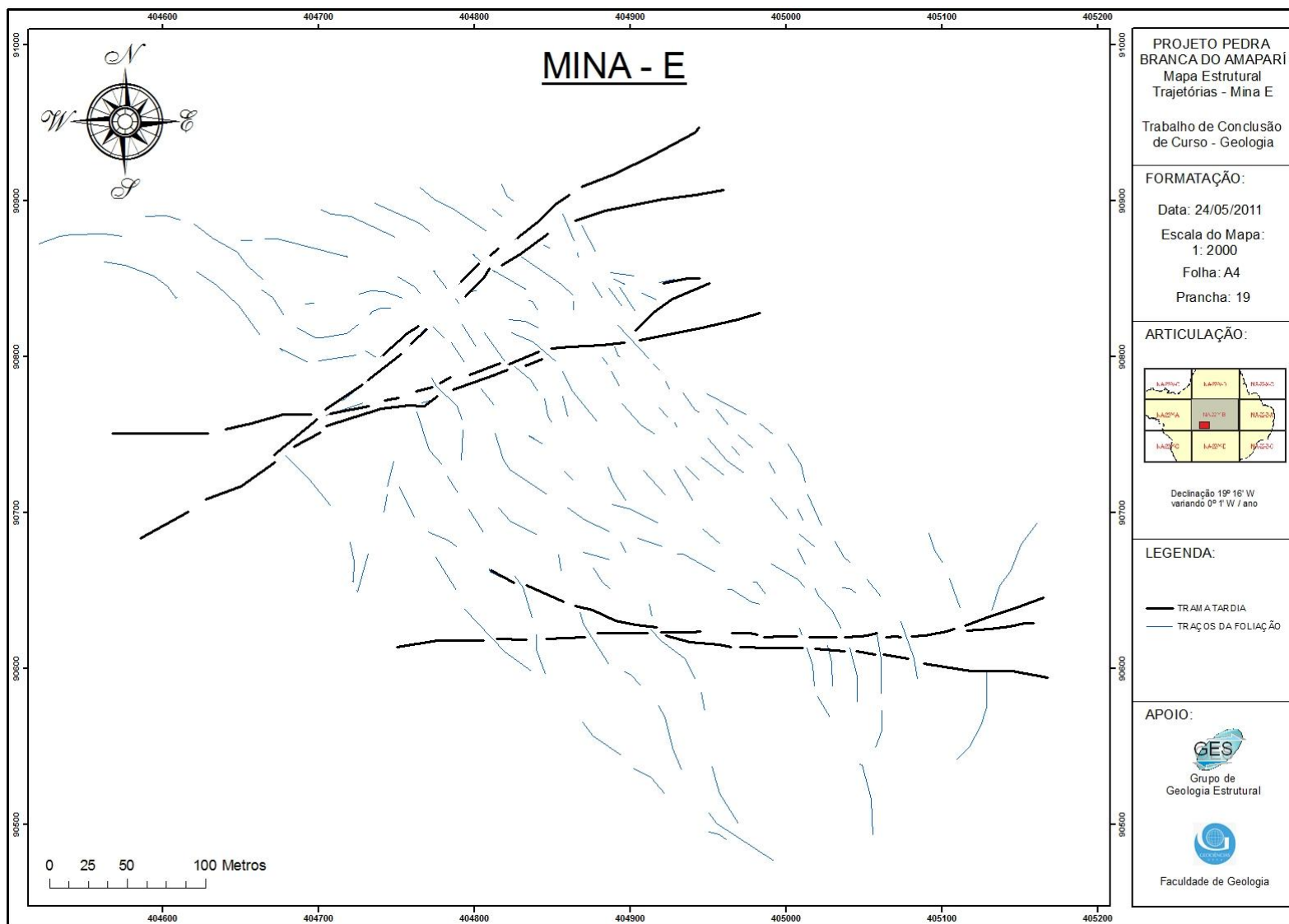


FIGURA 40 – Mapa estrutural da Mina E ressaltando o padrão anastomótico da foliação com truncamentos E-W ocasionados pela trama rúptil tardia.



4.7 EIXOS DE DOBRAS NAS MINAS

Eixos de dobras menores observadas nas frentes das minas mostram forte orientação segundo a direção NNW-SSE com caimentos suaves (10° - 20°) ora para NNW (predominante) ora para SSE.

Essa direção de caimento varia apenas na parte sul da Mina A, quando os eixos sofrem desvios para E-W.

4.8 VEIOS PEGMATÍTICOS

Consideráveis volumes de rochas pegmatíticas ocorrem injetadas nos diferentes tipos de rochas ferríferas de todas as minas.

São pegmatóides, com textura grossa a média, de coloração rósea clara, formados por feldspato potássico e mica branca (muscovita), com pouco quartzo.

Essas rochas compreendem corpos de diferentes formas e volumes. Podem ser concordantes, discordante a sub-concordantes (Foto 13).

FOTO 13 - Mina A (PT 014) – Veio pegmatítico sub-concordante ao acamamento no flanco de dobra da mina.



Apresentam quase sempre bordas de reação centimétricas, com zoneamento indicativo de resfriamento abrupto em contato com a encaixante.

Foram registradas as seguintes situações:

a) Corpos concordantes em forma de soleiras e lacólitos, acompanhando a geometria da rocha encaixante, estando ela dobrada ou não. Essas rochas podem provocar deformação em diferentes intensidades, por aumento de volume, nas rochas encaixantes (Foto 14).

FOTO 14 - Mina B (PT 024) – Veio pegmatítico em típica forma lacolítica provavelmente forçando a dobra das camadas do topo. Tal como no exemplo, o aumento de volume devido às injeções pegmatíticas produzem substancial deformação tardia às rochas encaixantes.



b) Corpos concordantes em forma de cogumelo na charneira de dobras (Fig. 41), em diferentes escalas, podendo afetar fracamente a moderadamente a geometria das encaixantes adjacentes (Foto 14).

c) Corpos discordantes em forma de diques, cortam as encaixantes em diferentes posições (Fig. 42). Apresentam largura variando desde poucos metros até algumas dezenas de metros. Geralmente causam deformações substanciais nas encaixantes. É comum apresentarem feições em *garfos*, *ramificações* e *sinuosidades* nas duas direções. Há suspeita de corpos dessa natureza com dimensões de centenas de metros.

d) Corpos discordantes, em forma irregular, em diferentes escalas. Estes corpos de complexa geometria em 3D são os mais comuns e imprimem importantes deformações nas rochas encaixantes adjacentes.

Pegmatóides são tardios em relação às rochas encaixantes e aos importantes eventos de deformação que afetaram a região (Fig. 43). Sugere-se a datação destas rochas por radiometria para estabelecer a idade mínima da deformação.

FIGURA 41- Veio pegmatítico em forma de lacólito, forçando as camadas de minério, causando um aparente antifórme acompanhado de sinformes laterais, na Mina A. Situação bastante comum em diferentes pontos.

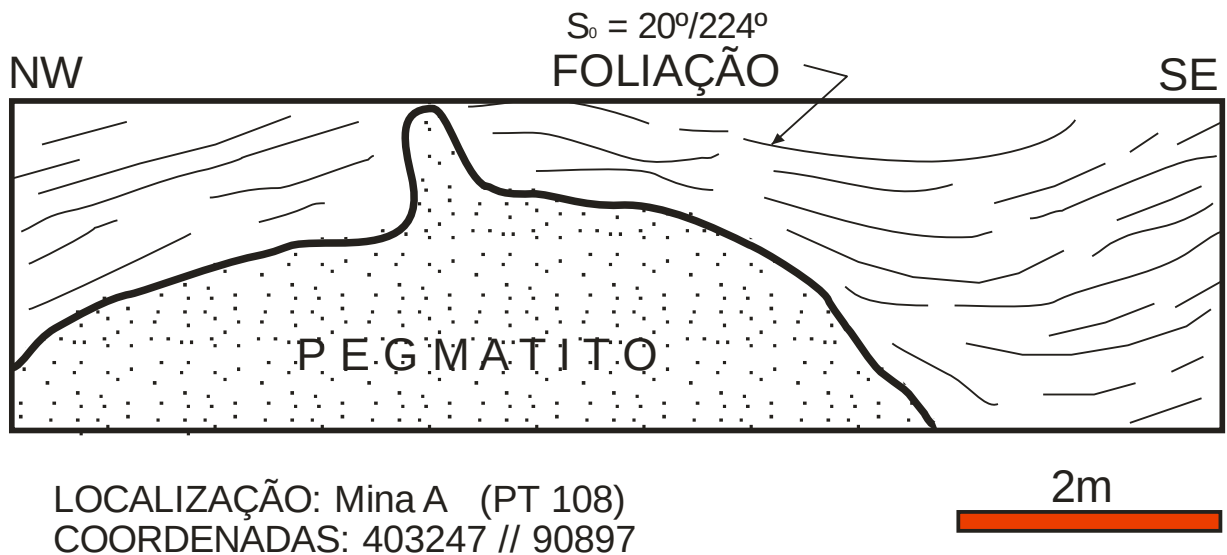


FIGURA 42 – Modelo esquemático representando diferentes tipos de veios pegmatíticos observados nas minas. São corpos tardios em relação a deformação observada nas rochas, ora truncando discordantemente a posição destas ou se encaixando concordante ou sub-concordantemente às estruturas tectônicas presentes. É responsável por produzir substancial deformação tardia, localizada, nas suas adjacências, provocada pela pressão de fluido, pressão de injeção e aumento de volume.

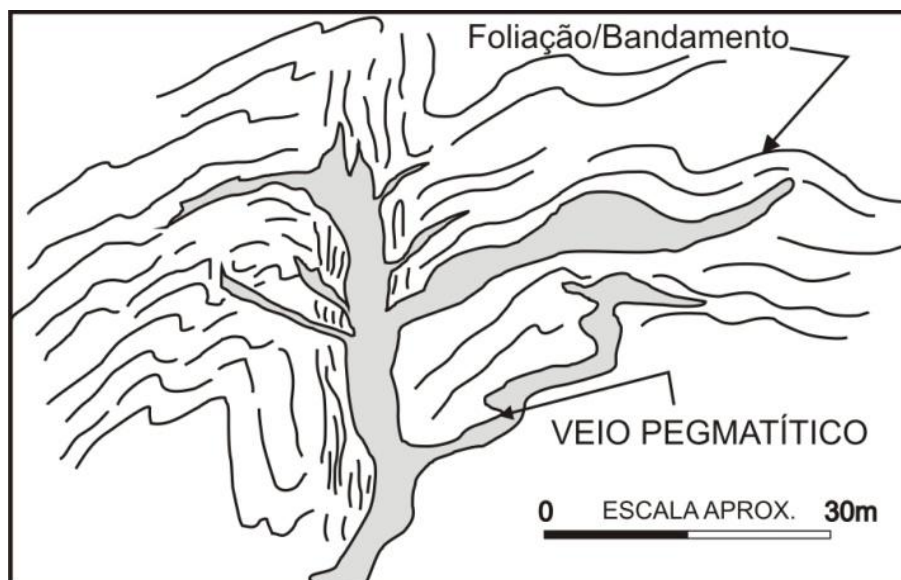
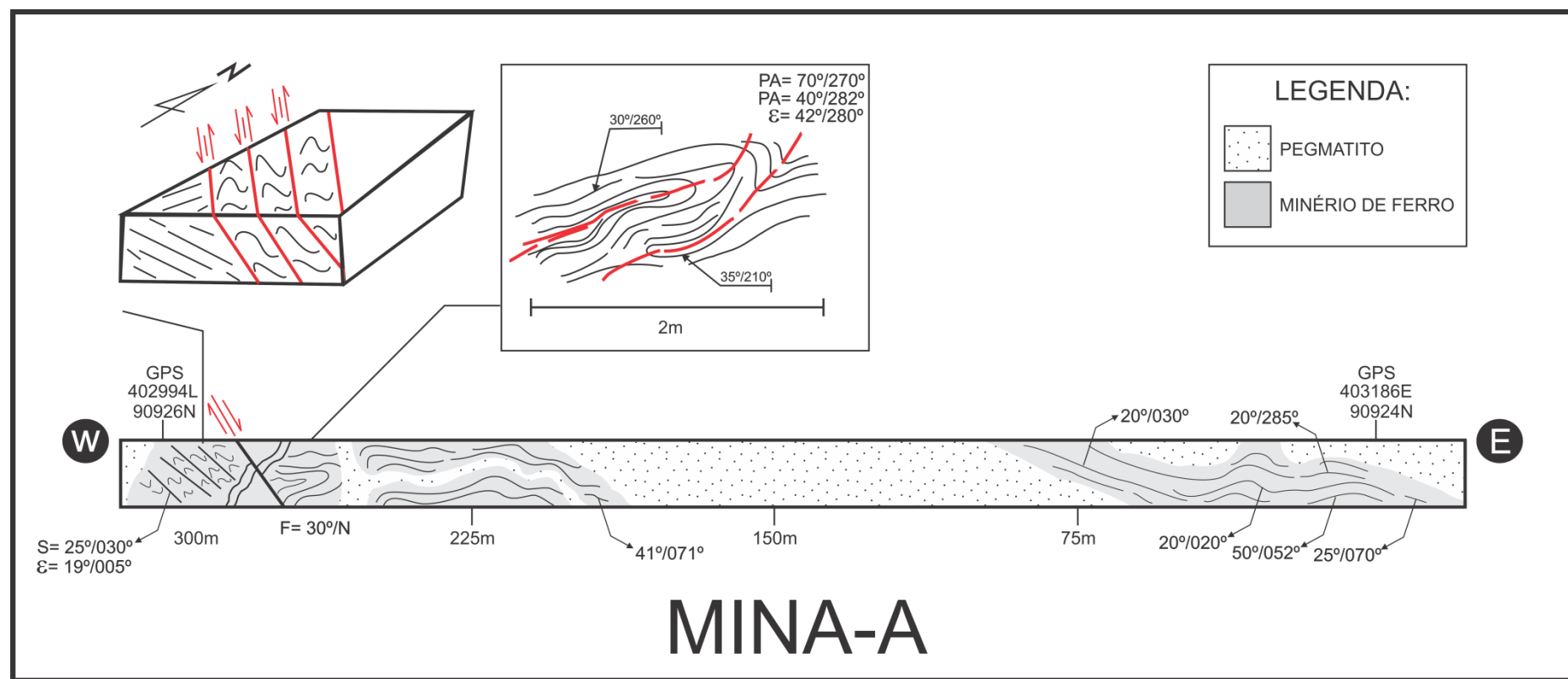


FIGURA 43 – Seção esquemática observada na Mina A (vide coordenadas do GPS para localização). A presença de veios pegmatíticos causa substancial deformação tardia nas rochas da mina, forçando a foliação a contornar o traço do bandamento, ao mesmo tempo isolando partes previamente deformadas das rochas, como mostrado nos detalhes dos quadros acima da seção, possivelmente rotacionadas por interferência dessas pequenas intrusões.



5 RESULTADOS

A integração dos dados coletados permite relacionar as seguintes considerações sobre o arcabouço estrutural das rochas exposta nas minas:

- As rochas expostas na Mina A estão dobradas em estruturas métricas, com até poucas centenas de metros, em escala mais ampla, com arranjos parasíticos. Essas dobras têm eixos caindo 20°-30° para NNW e estão cortadas por zonas de cisalhamento NNW-SSE, anastomóticas, que definem uma foliação penetrativa de transposição. Essas zonas podem ter até poucas centenas de metros de largura e podem apresentar dobras intrafoliais orientadas também no *trend* NNW-SSW. Essas rochas estão cortadas por uma importante foliação tardia E-W que produz substancial desorganização geométrica nas dobras previamente formadas. Veios pegmatíticos tardios destroem e interrompem em diferentes intensidades as estruturas nessas rochas.

- As rochas da Mina B mostram o mesmo padrão de dobramento da Mina A, porém com dobras parasíticas ainda mais preservadas. Essa mina está posicionada na charneira de uma dobra maior (quilométrica), ANTIFORMAL, desenhada pelas rochas das minas A, B e C.

- A Mina C representa o flanco E dessa dobra maior. Observa-se um aumento da intensidade da deformação responsável pela transposição do acamamento So e definição da foliação de transposição. Entre as minas A, B e C passa uma importante zona de cisalhamento com direção NNW-SSE, sinuosa, com mais de 1 km de largura ao longo da qual estão posicionadas as minas D e E, juntamente com a Mina C.

- Nas minas D e E o acamamento desaparece, tomando seu lugar a foliação de transposição. Isso se deve ao fato destas minas estarem posicionadas ao longo da Zona de Cisalhamento anteriormente mencionada.
- Nas minas C e D a foliação, como elemento de trama predominante nas rochas, tem disposição na direção NNW-SSE com mergulhos variáveis (anastomóticos) para NE, sendo truncadas pela foliação tardia E-W em diferentes faixas.
- A Mina D está parcialmente posicionada no flanco de uma dobra deitada, reclinada a recumbente, com centenas de metros. Esse flanco tem mergulho para NE. O ápice desta dobra está projetado na parede N, ao fundo da mina. A parte dessa dobra exposta na mina corresponde ao seu ápice ou zona de charneira, com inúmeras dobras parasíticas refletindo a presença e posição desta estrutura. Na Mina C posicionada mais a N ao longo do mesmo corredor de deformação, existem dobras menores recumbentes refletindo a presença desta estrutura no contexto maior e relacionada à presença dessa zona de deformação.
- A Mina E apresenta exclusivamente trama foliada penetrativa S (todas as rochas estão foliadas) com direção NW-SW, sinuosa e afetada por foliação tardia E-W que provoca desvios localizados dessa trama. A foliação principal NW-SE tem mergulho para SW, contrariamente às minas C e D também alojadas nesse corredor. O mapa de trajetória da foliação destaca ainda desvios da trama principal NW-SE por feixes discretos de estruturas com direções NE

6 CONCLUSÃO

Nas cinco minas expostas, nota-se com bastante clareza a interferência de tramas tardias E-W que atravessam toda a área. Há uma forte interferência dessa trama sobre aparte central da Mina A, prolongando-se para E em direção à área que separa a Mina D da Mina E. Percebe-se essa interferência inclusive na posição dos eixos das dobras menores.

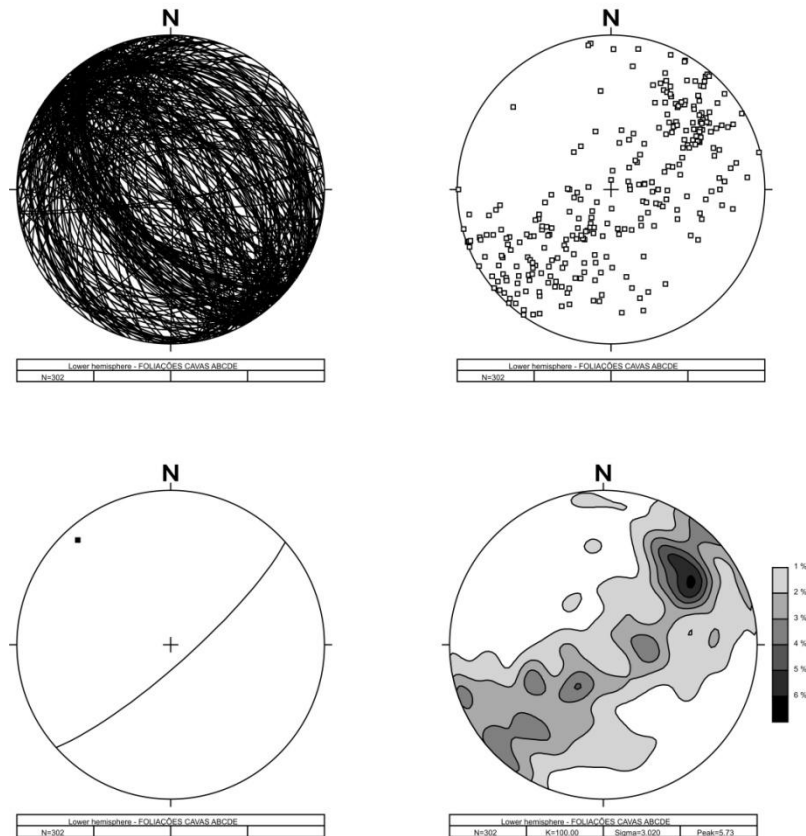
Essa estrutura E-W, rúptil-dúctil produziu deslocamentos tardios em todas as rochas. Essa feição é notada sutilmente em campo, mas pode ser vista de modo decisivo, quando se observa as trajetórias dos traços da foliação em mapa. A presença desta feição explica a inversão do sentido de mergulho da foliação observado entre as minas D e E, devendo tratar-se de uma feição capaz de imprimir deslocamentos verticais da ordem de algumas dezenas de metros. Desta forma, seria capaz de trazer o flanco oposto da dobra recumbente na Mina D, para o mesmo nível topográfico da Mina E.

A área se caracteriza estruturalmente como parte de uma região heterogeneamente deformada, com dobras truncadas por zonas de cisalhamento, acompanhando a posição aproximada plano axial das dobras. As minas A e B desenham partes de um amplo antiforme com a charneira colocada aproximadamente na posição da Mina B. O “braço” NW-SE onde estão as minas C, D e E representa a zona de cisalhamento anastomótica e descontínua, dobrada em recumbência. Toda a área está ainda truncada por feições rúptil- dúcteis E-W e NE-SW que interferem localizadamente nas dobras preexistentes e que provavelmente deslocam blocos por dezenas de metros na vertical. Uma importante zona E-W passa pela parte central da Mina A e se prolonga para E passando entre a Mina D e a mina E, onde a foliação apresenta-se nitidamente infletida por arrastos.

O arranjo de pólos de foliação e acamamento para todas as minas (Fig. 44) confirma a presença destas dobras, com eixos médios com caimento raso (aprox. 10°) para o quadrante geral NNW.

FIGURA 44- Estereogramas (hemisfério S) para 302 atitudes da foliação (S) observada na mina A, B, C, D e E.

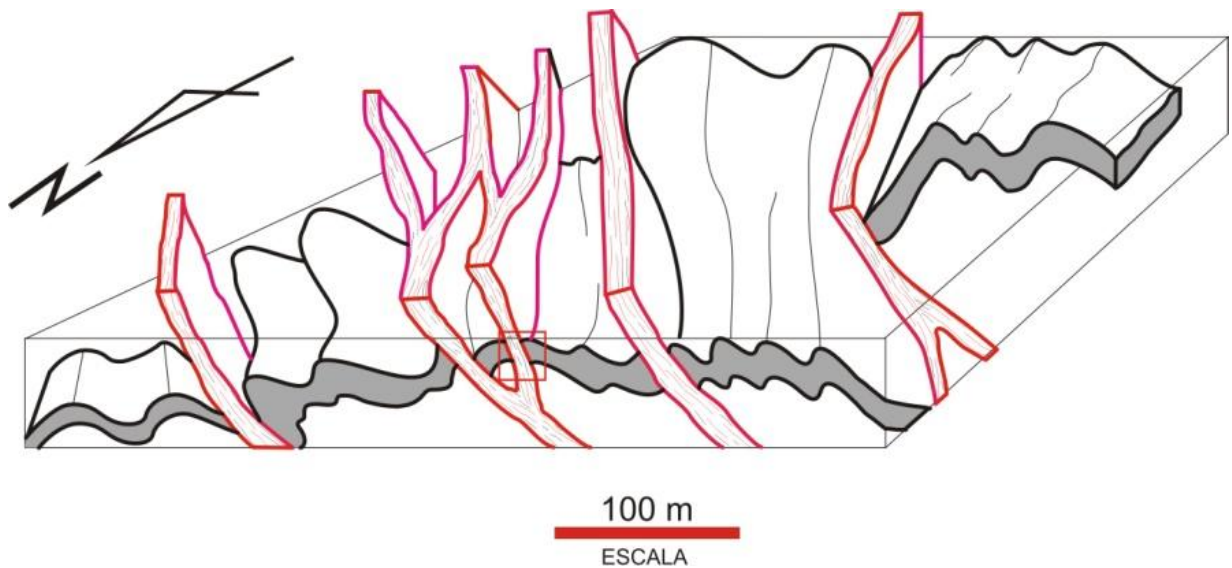
FOLIAÇÕES MINAS ABCDE



Os veios pegmatíticos são bastante volumosos e têm características de rochas tardias em relação à deformação por dobramento e cisalhamento que afetou as rochas. Podem se encaixar de forma concordante a discordante, tendendo a acompanhar a geometria da rocha onde eles permeiam. São responsáveis por substancial deformação tardia nas rochas onde se encaixam. Indicam a presença de intrusões graníticas tardias em posições relativamente rasas (ou próximas).

O modelo geométrico das rochas expostas nas minas A, B e C, corresponde a um conjunto de dobras com poucas centenas de metros, com parasíticas subordinadas, com eixos caindo raso para NNW, truncados por zonas de cisalhamento NNW-SSE eventualmente com dobras internas sub-concordantes às dobras de So. O desenho da Fig.45 representa esquematicamente a situação descrita.

FIGURA 45 – **Minas A, B e C** - Modelo geométrico esquemático para o contexto das minas examinadas. Esse quadro corresponde mais localizadamente à posição das minas A, B e C onde as dobras estão mais preservadas. Nas minas D e E as dobras do acamamento desaparecem e a foliação toma lugar na trama, nas diferentes escalas.

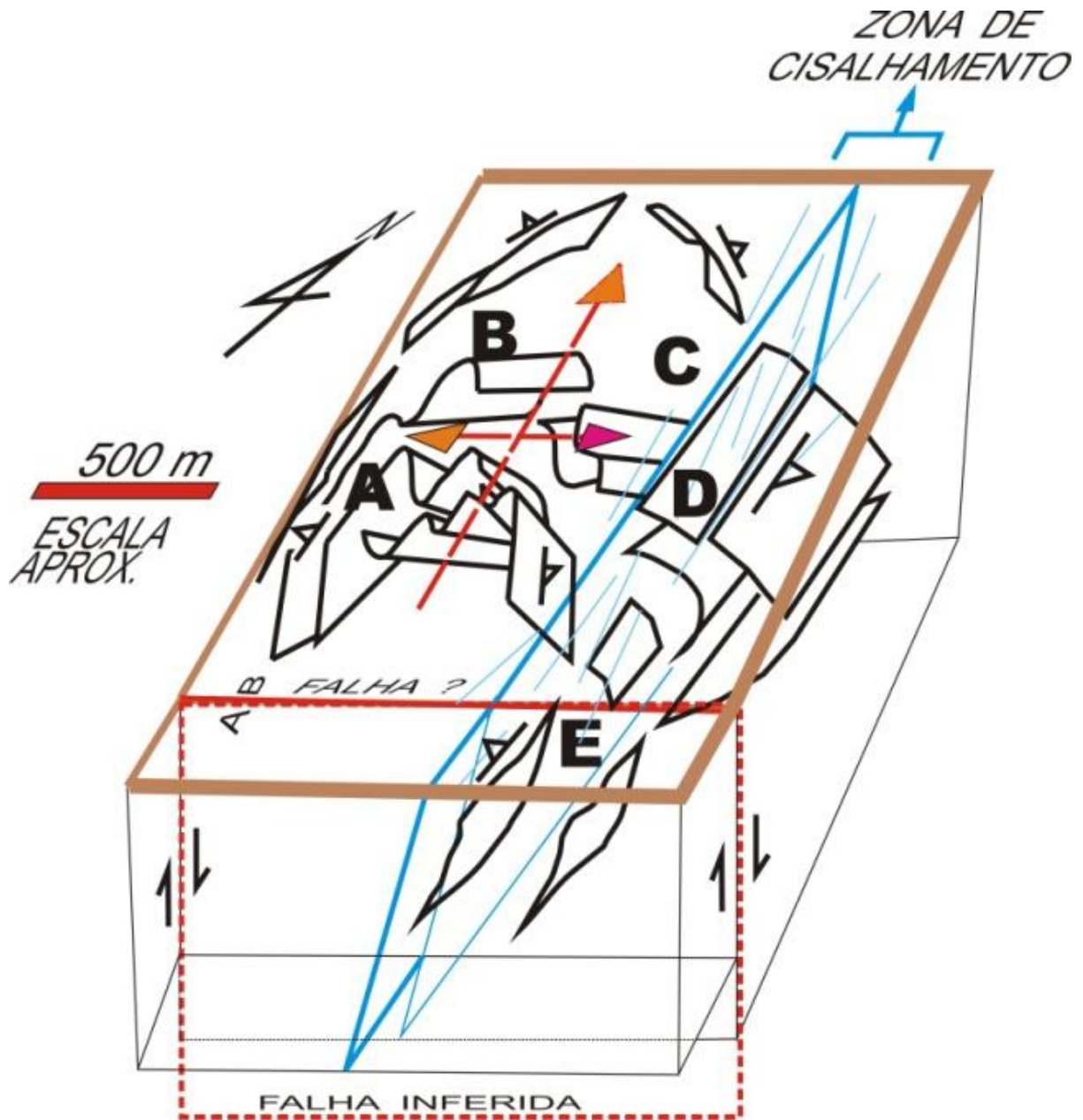


Como modelo integrado para a geometria das rochas presentes nas minas investigadas observa-se a presença de um amplo antiforme cujos flancos correspondem às rochas das minas A e B, estando a mina C em posição próxima a sua charneira, em flanco oposto (Fig. 46). Essa dobra está truncada por um feixe de cisalhamento dúctil a dúctil-rúptil capaz de transpor o flanco E da dobra maior, correspondendo às minas D e E. A Mina D desenha uma dobra reclinada ou recumbente, em discordância em relação as dobras das minas A e B particularmente.

Na Mina E está exposto parte do flanco dessa dobra recumbente com mergulho para W e NW, diferente da posição dessas rochas na Mina D onde está exposta grande parte do flanco da dobra que mergulha para E.

Essa mudança de sentido de mergulho permite inferir uma falha, entre as minas D e E, com deslocamento vertical da ordem de poucas dezenas de metros, expondo diferentes posições dessa dobra recumbente.

FIGURA 46 – Modelo esquemático para a geometria das rochas observadas na área das minas A, B, C, D e E. As minas A, B e C compõem uma ampla dobra antiformal, interrompida a E por uma importante zona de cisalhamento com direção NNW-SSE ao longo da qual se colocam as minas D e E. Nestas duas últimas, as rochas mostram trama anastomótica, com as rochas em posição sub-vertical a alto ângulo, mergulhando para E na mina D, e para W, na mina E. Aparentemente uma falha aproximadamente E-W trunca e separa as minas D e E.



REFERÊNCIAS

- ABREU, F.A.M. de. **Evolução geotectônica do Pré-Cambriano da região meio norte do Brasil e sua correlação com a África Ocidental**. 1990. 165 f. Inédito. Tese (Doutorado em Geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1990.
- ABREU, F.A.M. de; HASUI, Y. Estruturas das formações Gurupi e Santa Luzia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriu-SC. **Anais...** Camboriu, SC: SBG, 1980. V.5, p.2542-2550.
- ABREU, F.A.M. de; VILLAS, R.N.; HASUI, Y. Esboço estratigráfico do Pré-Cambriano da região do Gurupi, estados do Pará e Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriu-SC. **Anais...** Camboriu, SC: SBG, 1980. V.2, p.647-658.
- CHOUDHURI, A. The early proterozoic greenstone belt of the northern Guiana Shield, South América. **Precambrian Research**, V. 13, p.363-374, 1980.
- CORDANI, U.G.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M.A.S.; KAWASHITA, K. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: CONGRESSO GEOLOGICO CHILENO, 2., 1979, Arica, Chile. **Anais...** Arica, Chile Actas, V. 4, p.137-148.
- COSTA J.B.S., PASTANA J.M.N., COSTA E.J.S., JORGE JOÃO X.S. A Faixa de cisalhamento Tentugal na folha AS.23-Y-B. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBG, 1988. V.5, p.2257-2268.
- DELOR, C.; LAHONDÈREE, D.; EGAL, E.; LAFON, J.M.; COCHERIE, A.; GUERROT, C.; ROSSI, P.; TRUFERT, C.; THEVENIAUT, H.; PHILLIPS, D.; AVELAR, V.G. **Transamazonian crustal growth and reworking as revealed by the 1:500,000-scale geological map of French Guiana**. 2. ed. Géologie de la France, 2-3-4: 5-57, 2003.
- FARACO, M.T.L. **Evolução Petroquímico-Metalogenético das Rochas e Mineralizações Associadas à Suíte Vila Nova na Serra do Ipitinga (NW do Pará)**. 1997. 193 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1990.
- FARACO, M.T.L.; CARVALHO, J.M. de A. A metalogenia preliminar dos Estados do Pará e Amapá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., 1994, Belém, PA. **Atas...** Belém, PA: SBG, 1994.
- GIBBS, A. K. **Geology of Barama-Mazaruni supergroup of Guyana**. 1980. 387 f. Dissertation (Phd. in Geology) - Harvard University Microfilms Intern. Ann. Arbor MI, 81022054.

GIBBS, A.K.; BARRON C.N. The Geology of the Guiana Shield. New York. **ClaredonPress**, p.245, 1993.

GIBBS, A.K. & BARRON. 1983. The Guiana Shield reviewed. *Episodes*, 6. 7-14.

GRUAU, G.; MARTIN, H.; LEVEQUE, B.; CAPDEVILA, R. Rb-Sr and Sm-Nd geochronology of Lower Proterozoic granite-greenstone terrains in French Guiana, South America. **Precambrian Research**, V. 30, p.63-80, 1985.

HURLEY, P. M.; MELCHER, G. C.; PINSON JR., W. H.; FAIRBAIRN, H. W. Some orogenic episodes in South America by K-Ar and whole rock Rb-Sr datings. **Canadian Journal of Earth Sciences**, V.5, p.633-638, 1968.

IGREJA, H.L.S. **Estudo geológico da Seqüência Camiranga – Nordeste do Pará**. 1985. 85 f. Inédito. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1985.

KEAREY, P.; KEITH A. K.; FREDERICK J. V. 2009. **Global Tectonics**. 3rd ed.

LEDRU, P.; JOHAN, V.; MILESI, J.-P.; TEGYEY, M. Markers of the last stages of the paleoproterozoic collision: evidence for a 2 Ga continent involving circum-south atlantic provinces. **Precambrian research**. V. 69, p.169-171, 1994.

LIMA, M.I.C.dç; MONTALVÃO, R.M.G.de.; ISSLCR, R.S.; OLIVEIRA, A. da S.; BASEI, M.A.S.; ARAÚJO, J.F.V.dç.; SILVA, G.G. da. Geologia Folha NA/22 (Macapá). Levantamento de Recursos Naturais 6:1-120. **Projeto RADAM**, Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, 1974.

MONTALVÃO, R.M.G. de & TASSINARI, C.C.G. Geocronologia Pré-Cambriana do Território Federal do Amapá (Brasil) In: SYMPOSIUM AMAZÔNICO, 2., 1984, Manaus, AM. **Anais...** Manaus, AM: Departamento Nacional de Produção Mineral, p. 53-58, 1984.

PASSCHIER, C.W. & TROUW, R.A.J. 1996. **Microtectonics**. Springer-Verlag. Berlin. 289p.

PASTANA, J.M. do N. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Folhas Turiaçu AS.23-V-D / Pinheiro AS.23-Y-B, Estados do Pará e Maranhão. DNPM/CPRM. 240p, 1995.

RAMSAY, J. & HUBER, M.I. 1987. **The techniques of modern structural geology**. Volume 2. Folds and Fractures.

RODRIGUES, E.M.; BENOLIEL B.I.; JORGE JOÃO X.S. **Mapa geológico do Território Federal do Amapá, escala 1:1.000.000**. Belém, DNPM, 1988.

SANTOS, J.O.S.; HARTMANN, L.A.; GAUDETTE, H.E; GROVES, D.I.; MCNAUGHTON, N.J.; FLECHER, I.R. New understanding of the Amazon Craton provinces, based on field work and radiogenic isotope data. **Gondwana Research**, V. 3, p.453-488, 2000.

SOARES, P.C; FIORI, AP. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v.6, n.32, p.71-104, 1976.

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.; FILHO, A.T.; CAMPOS, D.A. (ed.). **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2000. p.41-95.

TASSINARI, C.C.G. & MACAMBIRA, M.J.B. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO NEVES, B.B.(ed.) **Geologia do continente Sul-americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p.471-485.

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

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

TWISS, R.J. & MOORES, E.M. **Structural Geology**. New York, freeman & Company, 1992. p.532.

VANDERHAEGHE, O.; LEDRU, P.; THIÉBLEMONT, D.; EGAL, E.; COCHIERIE, A.; TEGYEY, M.; MILESI, J-P. Contrasting mechanism of crustal growth: geodynamic evolution of the Paleoproterozoic granite-greenstone belts of French Guiana. **Precambrian Research**, V.92, p.165-193, 1998.

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