

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE GEOMÉTRICA E CINEMÁTICA DAS
ESTRUTURAS ASSOCIADAS AO
DOMO DE LAGES, SC**

Luiz Fernando Roldan

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Machado (GMG)
Co-Orientador: Prof. Dr. Elvo Fassbinder (UFPR)

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2003/39)

SÃO PAULO
2003

TF
R744
LE.a

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



**ANÁLISE GEOMÉTRICA E CINEMÁTICA DAS
ESTRUTURAS ASSOCIADAS AO DOMO DE LAGES, SC**

Luiz Fernando Roldan

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Machado (GMG)

Co-orientador: Prof. Dr. Elvo Fassbinder (UFPR)

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA (TF-39/2003)

SÃO PAULO

2003

TF
B744
LF. a

DOAÇÃO Seção
Graduação 16c
Data: 06/05/2004

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900014494



**ANÁLISE GEOMÉTRICA E CINEMÁTICA DAS
ESTRUTURAS ASSOCIADAS AO DOMO DE
LAGES, SC**

LUIZ FERNANDO ROLDAN

Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Rômulo Machado

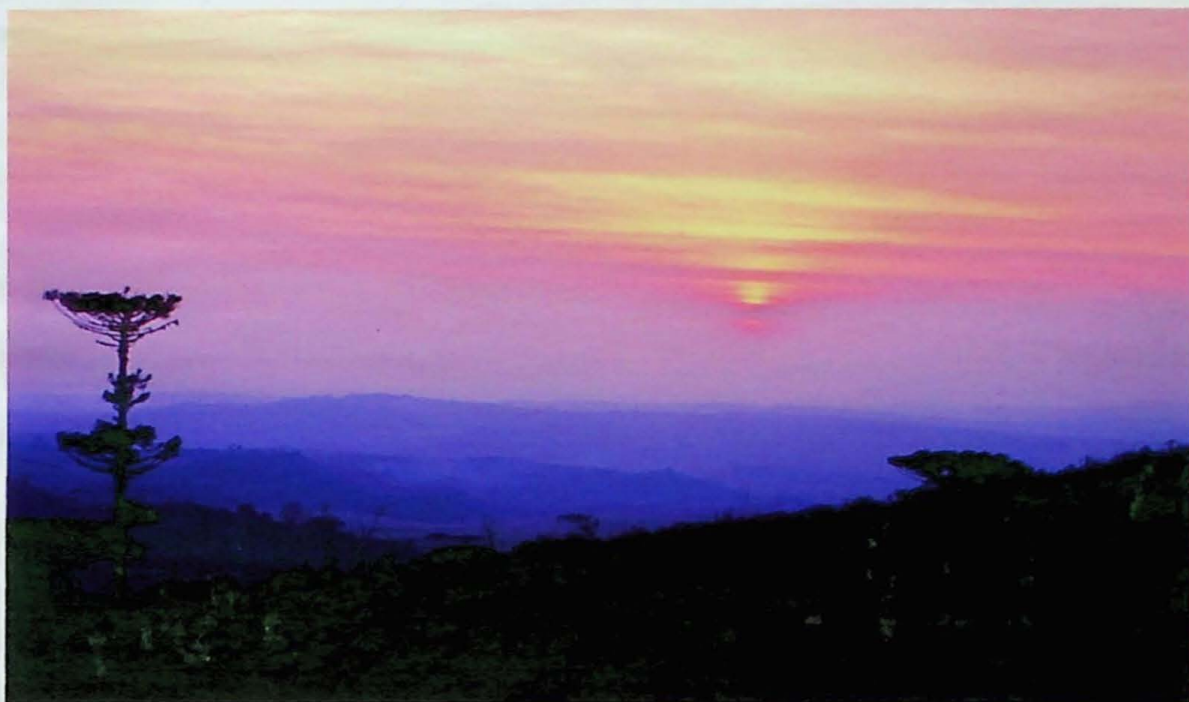
Prof. Dr. Marcos Egydio da Silva

Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos

São Paulo

2003

Para meus pais.



Entardece no Morro do Tributo

“Tudo vale a pena se a alma não é pequena”

Fernando Pessoa

RESUMO

Este trabalho investiga do ponto de vista geométrico e cinemático a tectônica rúptil que afeta as rochas ígneas e sedimentares na região do Domo de Lages, SC.

O Domo de Lages é um alto estrutural localizado na borda da Bacia do Paraná, porção sul do estado de Santa Catarina, onde as rochas sedimentares paleozóicas foram soerguidas e encontram-se hoje na mesma cota das formações Serra Geral e Botucatu.

O domo tem a sua formação associada com uma grande variedade de intrusões de rochas alcalinas que afloram na região na forma de *sills* e diques, que se encontram hoje cortados por estruturas rúpteis, incluindo juntas e falhas transcorrentes.

Para o desenvolvimento do trabalho foram elaborados inicialmente mapas de fotolineamentos, de distribuição dos acamamentos e dos diques.

Para a análise estrutural foram feitos, a partir dos dados coletados em campo, diagramas de rosáceas e de projeção estereográfica do tipo Schmidt-Lambert e Angelier. Com os dados obtidos e as evidências de campo foi possível a elaboração de um modelo tectônico, com a hierarquização temporal dos eventos de deformação.

Para as estruturas anteriores às intrusões alcalinas foram definidos pelo menos dois eventos com paleoesforços compressivos NW-SE e SE-NW. Para o evento de colocação das intrusões, os paleoesforços compressivos sugerem direção NE-SW. Seguem-se paleoesforços com direções respectivamente NW-SE e NE-SW, responsáveis inicialmente pela formação de falhas transcorrentes, sinistrais, sendo depois reativadas como falhas dextrais.

Como último evento ocorrem falhas normais e inversas com direções respectivamente E-W e N-S, ambas relacionadas à paleoesforços compressivos de direção próxima de E-W.

ABSTRACT

This work analyses the geometric and kinematic characteristics of the brittle structures affecting the igneous and sedimentary rocks of the "Lages Dome".

The "Lages Dome" is a structural high located in the eastern edge of the Paraná Basin, southeastern part of Santa Catarina state, where the Paleozoic sedimentary rocks were uplifted and are in the same topographic quota of the Botucatu and Serra Geral formations.

The Dome's genesis is associated with a variety of alkaline rock intrusions which outcrop in the area, as sills and dikes. These intrusions are affected by brittle structures, including joints and strike slip faults.

Lineament, stratigraphic and dyke distribution maps were drawn first to be used as a basis. Rose and Angelier diagrams, and stereographic projections were issued from the collected field data, in order to make a structural analysis.

At least two paleostress directions were defined for the pre-alkaline intrusion structures, oriented NW-SE and SE-NW. For the intrusion events, the paleostress direction NE-SW was suggested. The NW-SE and NE-SW paleostress directions therefore generated right-lateral strike-slip faults, that were afterwards reactivated as left-lateral strike slip faults.

The last event is defined by normal and reverse faults with E-W and N-S directions, both related to an E-W compression.

AGRADECIMENTOS

A realização de um trabalho científico seja ele qual for, nunca é fruto unicamente da dedicação do autor. As contribuições são inúmeras e dessa forma e praticamente impossível se lembrar de todo mundo que colaborou para a execução deste trabalho. Portanto desde já gostaria de me desculpar se por um lapso de memória alguém foi esquecido nessa hora.

Inicialmente gostaria deixar meus agradecimentos especiais a meus pais que acima de tudo confiaram nos meus anseios e apoiaram o heróico ato de me afastar de uma carreira até em tão bem sucedida e iniciar essa grande luta por uma paixão tardiamente descoberta: a geologia.

Outro agradecimento especial vai para o Prof Rômulo pelos ensinamentos, pelo apoio, pelas discussões sempre muito proveitosas e principalmente pela amizade construída ao longo deste trabalho.

Igualmente gostaria de agradecer:

A todo o pessoal do GEOSAMBA, pelos excelentes momentos de descontração, necessários ao longo da jornada.

Aos amigos que restaram da física e da ERUPI, ao pessoal do Genoma, aos companheiros do Grupo Pierre Martin de Espeleologia (GPME); pelo apoio às minhas decisões e pelas críticas construtivas.

A todos o pessoal da geologia, seja da graduação ou da pós, ainda que muito nem imaginem com quanto contribuíram.

Aos amigos que contribuíram diretamente nos trabalhos de campo e na confecção desta monografia. São eles: Samar dos Santos Steiner, Letícia Constantino Vicente ("Polegar"), Carlos Henrique Maldaner ("Assado") e Lucas Veríssimo Warren ("Falcon").

Ao pessoal de Lages: Cláudio, Ana, João, Clarinha, Dona Benta, por tudo que eles fizeram para proporcionar a realização dos trabalhos de campo.

À prefeitura de Lages pelo apoio financeiro e logístico.

Ao INPE pelo fornecimento das imagens de satélite.

Aos professores Jorge Hashiro (GSA) e Elvo Fassbinder (UFPR) que contribuíram muito para as discussões durante as etapas de campo.

Aos professores Cláudio Riccomini, Ginaldo Campanha, Arcanjo, pela ajuda na obtenção de programas de computador e pelas sugestões em cima dos resultados obtidos.

Ao IGC e à comissão de Trabalho de Formatura.

SUMÁRIO

RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	II
AGRADECIMENTOS	III
SUMÁRIO.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VIII
1. INTRODUÇÃO.....	- 1 -
1.1 Introdução ao tema do trabalho	- 1 -
1.2 Localização e acessos.....	- 2 -
2. OBJETIVOS E METAS.....	- 3 -
3. TRABALHOS PRÉVIOS.....	- 3 -
3.1 A Bacia do Paraná.....	- 3 -
3.2 A tectônica da Bacia do Paraná.....	- 5 -
3.3 O Domo de Lages.....	- 5 -
4. MATERIAIS E MÉTODOS	- 8 -
4.1 Materiais.....	- 8 -
4.2 Métodos.....	- 9 -
5. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	- 10 -
5.1 Atividades preliminares.....	- 10 -
5.2 Análise de lineamentos.....	- 11 -
5.3 Levantamentos de campo.....	- 12 -
5.4 Análise estrutural.....	- 15 -
6. RESULTADOS OBTIDOS	- 18 -
6.1 Análise de Fotolineamentos.....	- 18 -
6.2 Mapa de acamamentos	- 21 -
6.3 Análise Estrutural.....	- 24 -
7. DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	- 45 -
8. CONCLUSÕES.....	- 47 -
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 48 -
10. ANEXOS.....	- 52 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1.	Localização da folha de Lages no estado de Santa Catarina.....	2 -
Fig 2.	Coluna Estratigráfica da Bacia do Paraná, com a indicação das rochas alcalinas de Lages. (Compilado do Boletim Geológico da Petrobrás 1994).	4 -
Fig 3.	Recorte do mapa geológico do Brasil (Modificado de Schobbenhaus et al 1984), evidenciando a área correspondente à folha Lages (IBGE).	6 -
Fig 4.	Localização do distrito alcalino de Lages e das demais rochas alcalinas do Brasil Meridional em relação aos limites da Bacia do Paraná (adaptado de Scheibe, 1980).	8 -
Fig 5.	Telas do SPRING acopladas em uma mesma região.....	11 -
Fig 6.	Mapa geológico elaborado após as etapas de 2002 (WARREN, 2002)	13 -
Fig 7.	Mapa de pontos	14 -
Fig 8.	Método de Arthaud. Representação do plano M.	15 -
Fig 9.	Método de Angelier.	16 -
Fig 10.	Esquema de Riedel com apresentação dos esforços máximo (σ_1) e mínimo (σ_3), e das estruturas sintéticas (R), antitéticas (R'), P, T e Y.	16 -
Fig 11.	Elipsóide de deformação, esforços e estruturas associadas a uma zona de cisalhamento dextral (editado de ZALÁN 1986, adaptado de Harding 1974).	17 -
Fig 12.	Diagrama de Rosácea dos lineamentos extraídos na escala de observação de semi-detelhe (~1:25.000).	18 -
Fig 13.	Diagrama de Rosácea, da freqüência de lineamentos extraídos na escala de observação regional (~ 1:150.000).....	18 -
Fig 14.	Mapa de lineamentos obtidos a partir de escala de observação em semi-detelhe (~1:25.000).	19 -
Fig 15.	Mapa de lineamentos obtidos a partir de escala de observação regional (~1:150.000).	20 -
Fig 16.	Histograma para os ângulos de Mergulho	21 -
Fig 17.	Diagrama de rosáceas para as direções de mergulho e estatística para os ângulos de mergulho.	22 -
Fig 18.	Vista da face norte do morro do Tributo	22 -
Fig 19.	Mapa de pontos	23 -
Fig 20.	Foto na face norte do Tributo.	24 -
Fig 21.	Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama de Schimdt-Lambert, hemisfério Inferior.(Ponto 114).....	25 -
Fig 22.	Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama de Schimdt-Lambert, hemisfério Inferior.(Ponto 235).....	25 -

Fig 23.	Mapa com os pontos onde foram coletadas medidas estruturais e feitas as análises individuais.	26 -
Fig 24.	Projeção estereográfica polar das juntas medidas. DiagramaSchimdt-Lambert (hemisfério Inferior) (Ponto 132)	27 -
Fig 25.	Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).(Ponto 275)	27 -
Fig 26.	Plano de falha cortando o fonolito da pedreira com movimentação transcorrente dextral.	28 -
Fig 27.	Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).(Ponto 250)	28 -
Fig 28.	Projeções ciclográfica das falhas. Diagrama Schimdt-Lambet (hemisfério Inferior).(Ponto 250).....	29 -
Fig 29.	Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior) (Ponto 76).	29 -
Fig 30.	Foto de dique de lamprófiro sendo cortado por falhas transcorrentes dextrais.-	30 -
Fig 31.	Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).(Ponto 80)	30 -
Fig 32.	Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior) (Ponto 125)	31 -
Fig 33.	Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior) (Ponto 8)	31 -
Fig 34.	Projeções ciclográfica e polar das falhas apresentando estrias com caimento de alto ângulo. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior) (Ponto 8).....	32 -
Fig 35.	Projeções ciclográfica e polar das falhas apresentando estrias com caimento de baixo ângulo. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior). (Ponto 8)	32 -
Fig 36.	Fotos da pedreira visitada.	33 -
Fig 37.	Detalhe de dique de lamprófiro aproveitando estruturas preexistentes.....	33 -
Fig 38.	Projeção ciclográfica dos quatro sistemas de juntas encontrados no afloramento. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior) (Ponto 213).	34 -
Fig 39.	Foto com a vista em planta dos quatro sistemas de juntas.....	35 -
Fig 40.	Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior) (Ponto 29)	35 -
Fig 41.	Vista geral da Pedreira Morro Grande.	36 -
Fig 42.	Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior) (Ponto 116)	36 -
Fig 43.	Projeções ciclográfica de falhas com estrias. Diagrama Schimdt-Lambert	

(hemisfério Inferior).(Ponto 116)	- 37 -
Fig 44. Detalhe de dobras de arrasto cm junto aos planos de falha	- 37 -
Fig 45. Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).(Ponto 171)	- 38 -
Fig 46. Projeções ciclográfica e polar das falhas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior). (Ponto 171)	- 38 -
Fig 47. Fotos do Pedreira.....	- 39 -
Fig 48. Diagrama de Angelier obtido a partir de falhas normais e inversas.	- 40 -
Fig 49. Mapa com a distribuição dos diques de rocha alcalina na região de Lages....	- 41 -
Fig 50. Diagrama de rosácea indicando as direções dos diques de rocha alcalina na região de Lages..	- 42 -
Fig 51. Foto de juntas com minerais fibrosos	- 43 -
Fig 52. Mapa com esquemas das fibras encontradas	- 44 -
Fig 53. Tabela relacionando temporalmente os eventos e esforços.	- 46 -

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A – Estatística dos fotolineamentos interpretados.

ANEXO B – Mapa apresentando as principais estruturas

1. INTRODUÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO AO TEMA DO TRABALHO

A ocorrência de altos estruturais por toda a Bacia do Paraná é um fato bastante conhecido. As estruturas dômicas têm sido objeto de estudos realizados nas últimas décadas por inúmeros pesquisadores. Os altos de Pitanga, Jacu e Carlota Prenz tiveram sua formação associada à movimentação de falhas normais e transcorrentes (RICCOMINI 1995). Hashiro *et al.* (1994) atribuem a origem dos Domos de Vargeão (SC), Piratininga (SP) e Cerro Jarau (RS) como relacionada a impactos de meteoritos ocorridos no Cretáceo inferior.

O Domo de Lages – objeto de estudo deste trabalho – é entendido como sendo uma estrutura do tipo braquianticlinal relacionada ao arqueamento de rochas da Bacia do Paraná, que promoveu a exposição de unidades paleozóicas da bacia e conduziu muitas vezes o seu alçamento em cotas muito próximas às dos derrames mesozóicos da Formação Serra Geral.

A proposta deste trabalho consiste na realização da análise geométrica e cinemática das estruturas rúpteis na região do domo. Foram feitas análises de fotos aéreas e imagens de satélite; coleta sistemática de dados estruturais em campo; análise cinemática baseada nos métodos de Angelier, Arthaud e avaliação dos dados segundo o modelo de Riedel.

Trabalhos de geologia estrutural na região de Lages são escassos e a caracterização da natureza dessas estruturas permitirá também um melhor entendimento de sua provável associação com o domo e sobre o controle tectônico responsável pela colocação dos corpos de rocha alcalina no âmbito desta estrutura, tema este pouco explorado nos trabalhos disponíveis sobre a Bacia do Paraná, na região de Lages.

Além disso, o entendimento dos altos estruturais da bacia é muito importante para estudos relacionados com armadilhas de petróleo e gás natural, bem como representam excelentes alvos para seleção de futuras áreas para armazenamento e estocagem de gás.

A escolha da área em pauta é função tanto dos trabalhos de investigação geológica que vêm sendo desenvolvidos na região do Domo de Lages pelo Orientador quanto pela disposição de apoio logístico pela Prefeitura do Município de Lages para continuação dos trabalhos.

Cabe ainda ressaltar, a qualidade e quantidade de afloramentos na região, que favorecem em muito a obtenção de dados estruturais.

1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A área abordada neste projeto situa-se na região do Planalto catarinense, nas proximidades do município de Lages, estado de Santa Catarina (Fig. 1).

A área correspondente ao domo possui 2.100 Km² e localiza-se na folha topográfica Lages (SG-22-Z-c-V, IBGE) na escala 1:100.000 e esta compreendida pelas coordenadas W 50° 00' e 50° 30' e N 28° 00' e 27° 30'.

A cidade de Lages é cortada pelo BR-116 (Régis Bitencourt) e o acesso pode ser feito vindo de a partir de São Paulo (Curitiba) ou Porto Alegre. Outra opção é o acesso a partir de Florianópolis pela BR-282. Lages dista cerca de 180Km da capital catarinense.

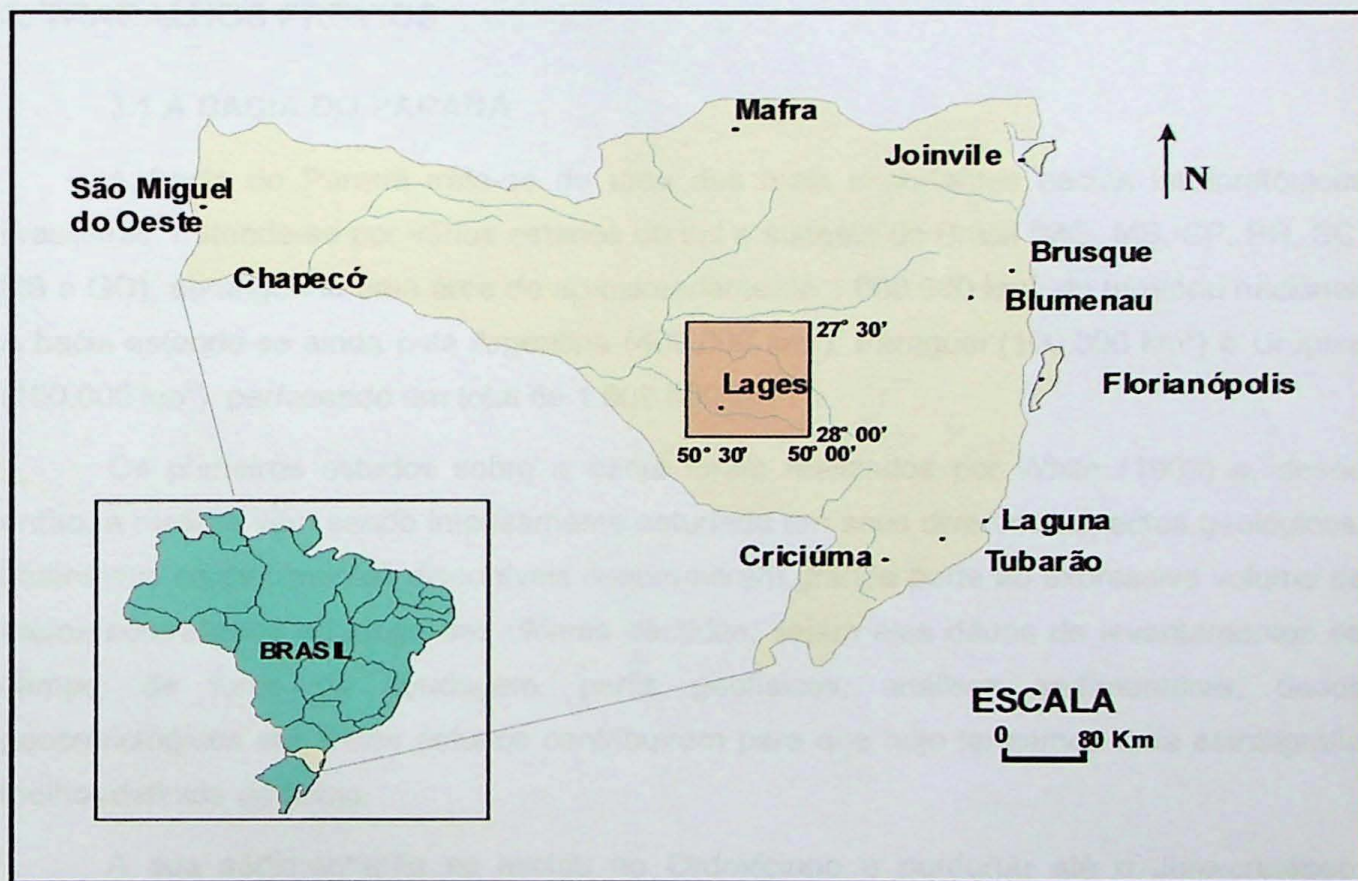


Fig 1. Localização da folha de Lages no estado de Santa Catarina.

2. OBJETIVOS E METAS

O objetivo principal deste projeto foi a análise geométrica e cinemática das estruturas rúpteis, ao longo de um segmento do Domo de Lages, SC, visando determinar as relações existentes entre as estruturas observadas, o domo e o magmatismo alcalino existente na região. As análises contribuíram ainda para a determinação do quadro de paleo-tensores responsáveis pela geração das estruturas que afetaram a região.

Para atingir os objetivos, foram realizadas inicialmente análises dos lineamentos e feições estruturais relevantes, extraídos a partir de fotos aéreas e imagens de satélite (LANDSAT). Os resultados foram confrontados com as análises dos dados estruturais obtidos nas duas etapas de campo realizadas.

3. TRABALHOS PRÉVIOS

3.1 A BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná trata-se de uma das mais importantes bacias intracratônicas brasileiras. Estende-se por vários estados do sul e sudeste do Brasil (MG, MS, SP, PR, SC, RS e GO), abrangendo uma área de aproximadamente 1.000.000 km² do território nacional. A bacia estende-se ainda pela Argentina (400.000 km²), Paraguai (100.000 km²) e Uruguai (100.000 km²), perfazendo um total de 1.600.000 km².

Os primeiros estudos sobre a bacia foram realizados por White (1908) e, desde então, a mesma vem sendo intensamente estudada em seus diversos aspectos geológicos. Muitos dos conhecimentos disponíveis devem-se em grande parte ao expressivo volume de dados acumulados ao longo das últimas décadas, sejam eles dados de levantamentos de campo, de furos de sondagem, perfis geofísicos, análises sedimentares, dados geocronológicos etc. Estes estudos contribuíram para que hoje tenhamos uma estratigrafia melhor definida da bacia.

A sua sedimentação se iniciou no Ordoviciano e perdurou até o Juro-cretáceo, período em que teve início o evento magmático mais importante da bacia (Fm Serra Geral). As rochas vulcânicas, que a recobrem, tem a sua origem atribuída ao processo de rifteamento associado à separação dos continentes Sulamericano e Africano. São rochas de composição predominantemente básica, com intermediária e ácida subordinada.

A pilha de rochas sedimentares paleozóicas e mesozóicas pode chegar a mais de 3000 m de espessura, e são recobertas por lavas basálticas que podem atingir 1600 m de espessura. Estes derrames são sobrepostos por depósitos continentais com idade entre o Neo-Cretáceo e início do Terciário.

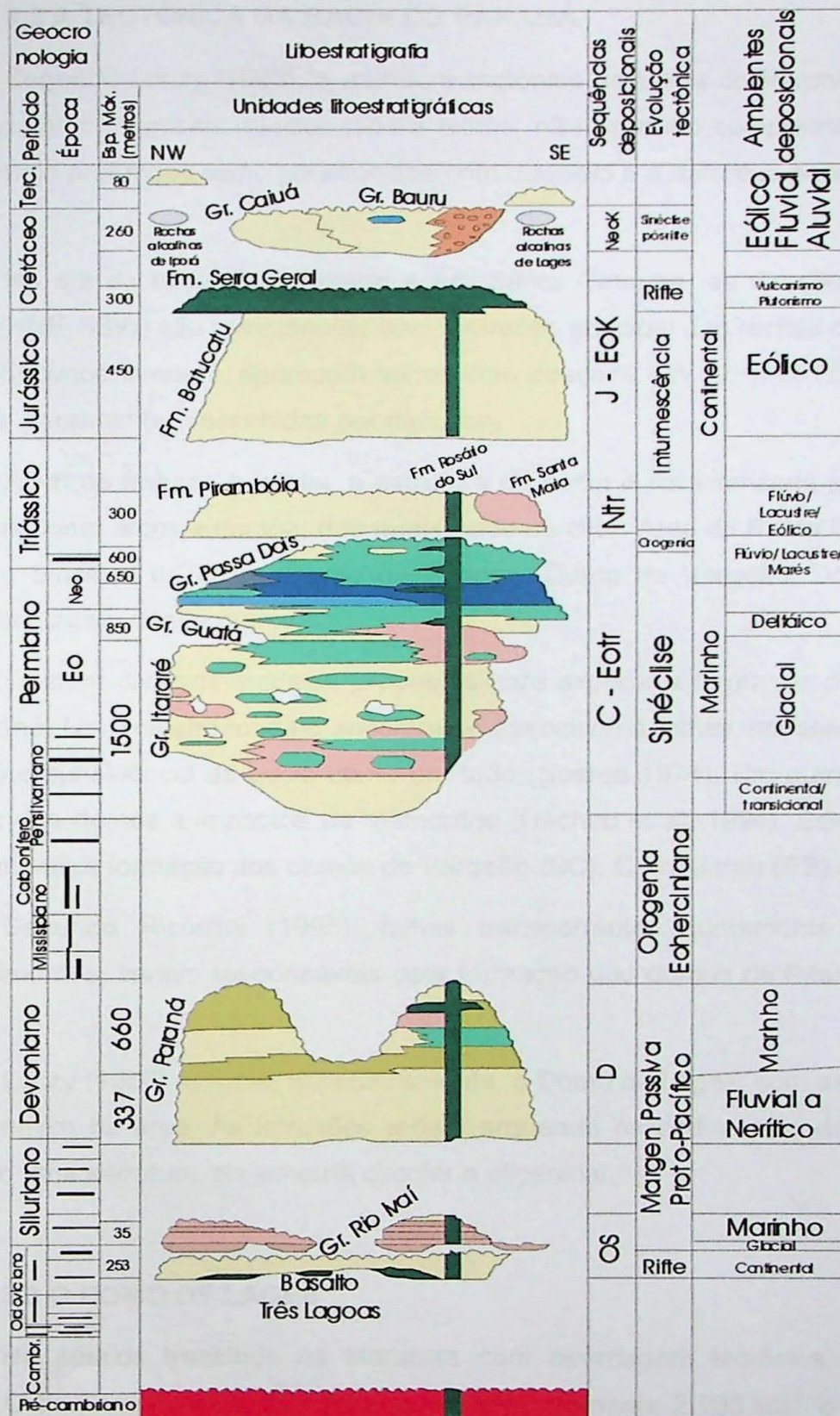


Fig 2. Coluna Estratigráfica da Bacia do Paraná, com a indicação das rochas alcalinas de Lages. (Compilado do Boletim Geológico da Petrobrás 1994).

3.2 A TECTÔNICA DA BACIA DO PARANÁ

Segundo Loczy (1968), a estrutura tectônica da Bacia do Paraná é resultado direto de movimentos verticais relacionados a falhas, não havendo compressões tangenciais. As falhas mais profundas estão preenchidas com diabásio e a natureza principal das mesmas é normal.

No sul do estado do Paraná e em Santa Catarina, as direções principais destas falhas (NNE-SSW) são coincidentes com a direção principal das rochas do embasamento da bacia. Secundariamente, aparecem falhas com direções NW-SE e WNW-ESE, sendo estas sempre geralmente preenchidas por diabásio.

Além de fraturas e falhas, a estrutura da bacia é caracterizada por altos estruturais, referidos como arcos e domos, dos quais pode-se citar: Arco de Ponta Grossa, Arco do Rio Grande, Sinclinal de Torres, Domo de Pitanga, Domo de Vargeão, Domo de Piratininga, Domo de Lages, dentre outros.

Existem diversos modelos propostos para explicar a formação dos domos da Bacia do Paraná. Um primeiro modelo encontra-se associado à falhas indiferenciadas, dobras (ou ambos) e subsidência da bacia como um todo (Soares 1974). Um outro modelo associa à gênese dos domos a impactos de meteoritos (Hachiro et al. 1994). Este modelo explicaria parcialmente a formação dos domos de Vargeão (SC), Cerro Jarau (RS) e Piratininga (SP).

Segundo Ricomini (1995), falhas transcorrentes, juntamente com significativos soerguimentos, seriam responsáveis pela formação dos domos de Pitanga, Jacu e Carlota Prenz.

Loczy (1966) associa, especificamente, o Domo de Lages, com as intrusões alcalinas que ocorrem na área. As intrusões teriam arqueado os sedimentos da Bacia do Paraná, gerando uma estrutura de simetria circular a elipsoidal.

3.3 O DOMO DE LAGES

Há poucos trabalhos na literatura com abordagem tectônica sobre o Domo de Lages. O domo apresenta uma área de aproximadamente 2.100 km², e expõe rochas mais antigas da Bacia do Paraná na sua porção central, enquanto que na sua porção externa aparecem as unidades mais novas (Formações Serra Geral e Botucatu). Esta distribuição faz com que os basaltos da Formação Serra Geral e as rochas do Grupo Itararé afluam aproximadamente na mesma cota topográfica (Scheibe 1980 e 1986).

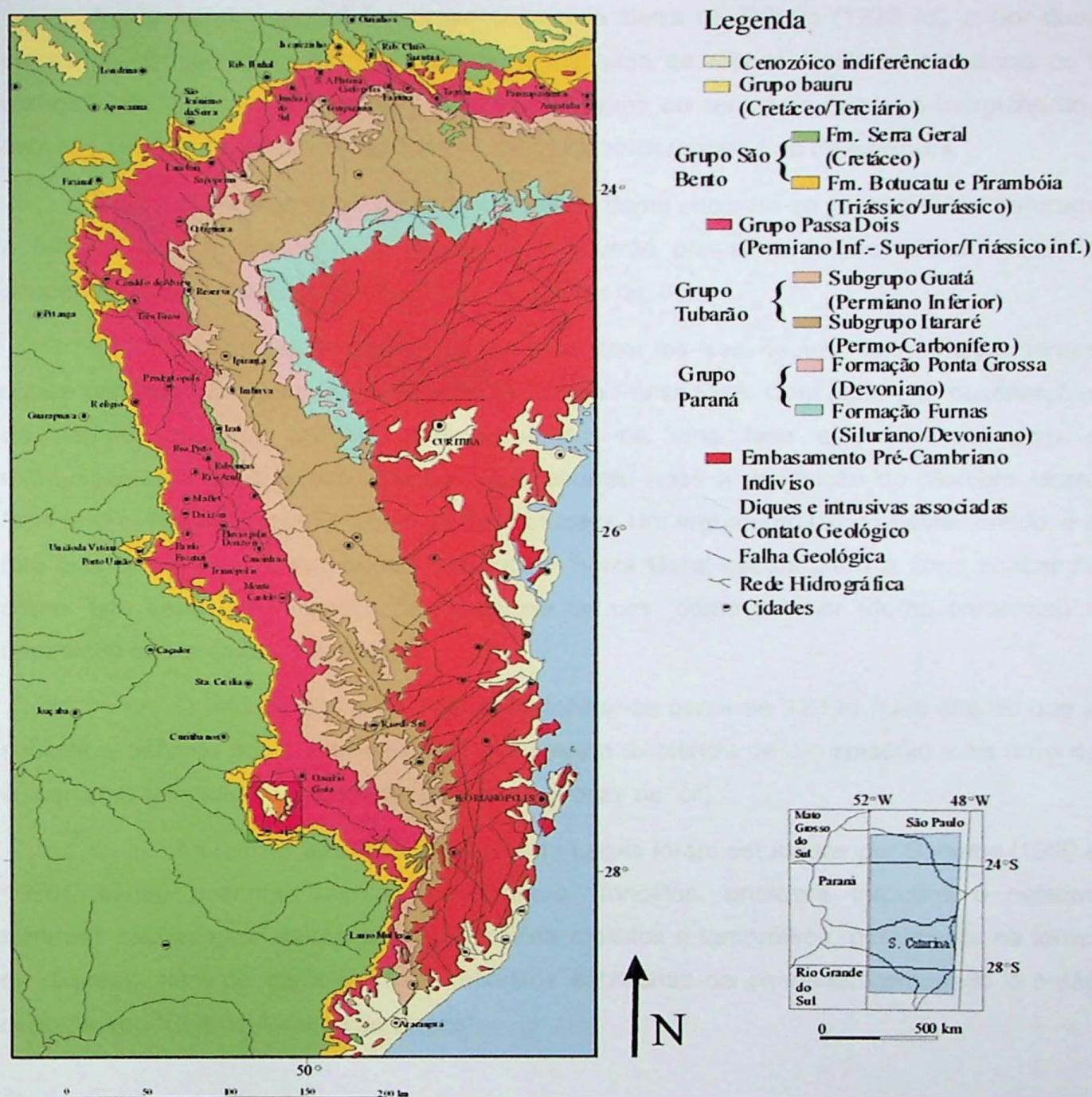


Fig 3. Borda leste da Bacia do Paraná em recorte do mapa geológico do Brasil (Modificado de Schobbenhaus et al 1984), evidenciando a área correspondente à folha Lages (IBGE).

Loczy (1966) define o Domo de Lages como um domo vulcânico, do tipo perfurante, de formato circular, onde as camadas do SuperGrupo Tubarão sofreram uma elevação da ordem de 1100 a 1200 m.

A sua porção central é representada pela Serra do Tributo (1220 m), e por duas serras de direção N-S (1060 a 1100 m), constituída de rochas alcalinas extrusivas com extensão de 29 km e largura de 7 a 12 km. Próximo ao centro do domo, o mergulho dos estratos sedimentares variam de 5 a 24°, dirigidos sempre para fora da estrutura.

A cobertura sedimentar na parte central do domo encontra-se intensamente fraturada e falhada com a presença de falhas de empurrão primitivas com simetrias radiais e concêntricas em relação à estrutura central (Loczy, *op. cit.*).

As rochas alcalinas, juntamente com os sedimentos carboníferos, teriam quase perfurado as camadas permianas do Grupo Passa Dois. Com base em observações de campo, o autor concluiu pela existência de uma fase efusiva inicial com o extravasamento de magmas alcalinos, que ocorreu após a deposição do Membro Morro Pelado (Fm Rio do Rastro) e antes da Fm Botucatu. Um argumento usado neste sentido, é o fato das escarpas das formações Botucatu e Serra Geral circundarem a zona central do domo. Isto seria um indicativo da existência de um domo anterior (domo primordial) à deposição dos arenitos e derrames.

O fato da Serra do Tributo encontrar-se cerca de 120 m mais alta do que a superfície definida pelas outras extrusões sugere a existência de um episódio mais novo de vulcanismo relacionado à extrusão do Tributo (Loczy *op. cit.*).

As rochas alcalinas da região de Lages foram estudadas por Scheibe (1980 e 1986), sendo descritas rochas leucocráticas (fonólitos, analcima traquitos e nefelina sienitos), rochas ultrabásicas alcalinas (olivina melilitos e lamprófiros, geralmente na forma de diques), além de carbonatitos, kimberlitos e brechas de chaminé, compondo o então denominado "Distrito Alcalino de Lages".

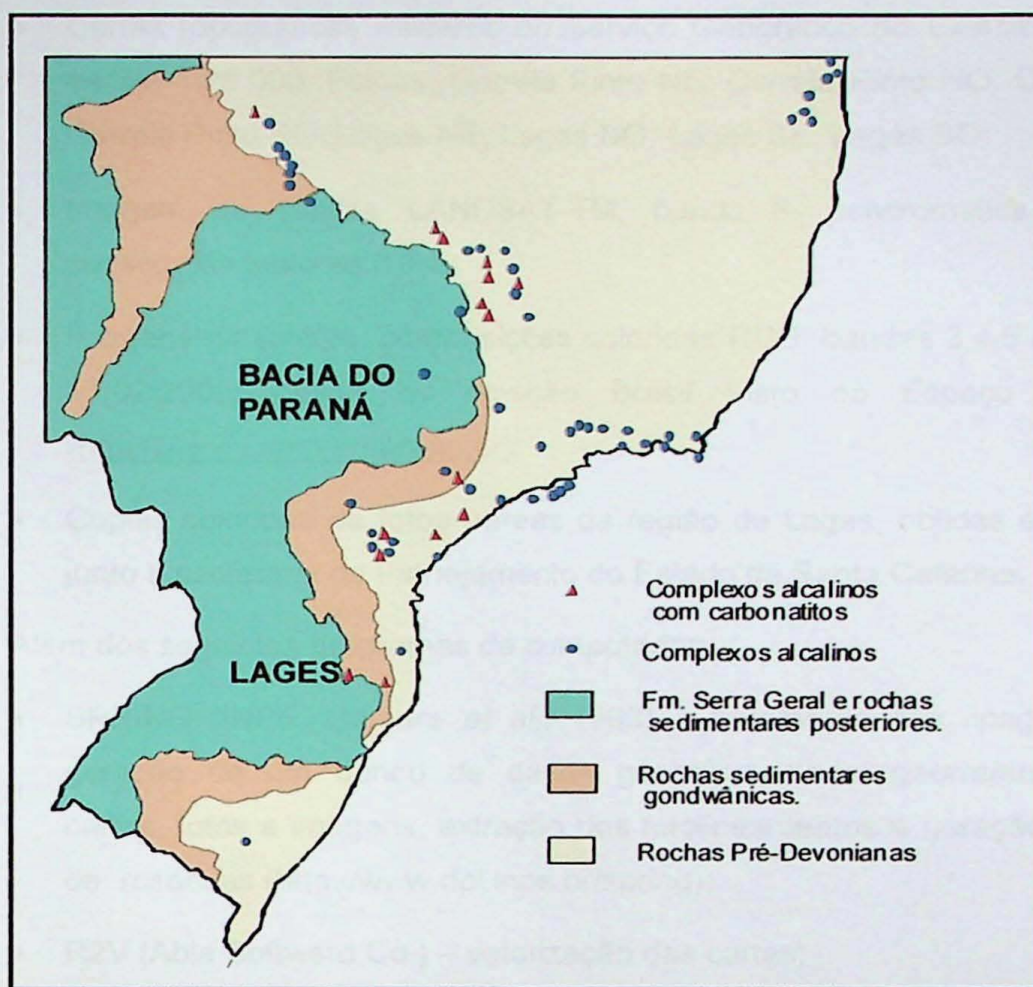


Fig 4. Localização do distrito alcalino de Lages e das demais rochas alcalinas do Brasil Meridional em relação aos limites da Bacia do Paraná (adaptado de Scheibe, 1980).

Dados radiométricos obtidos pelo método K/Ar forneceram idades mínimas e máximas de 62.9 Ma e 78.3 Ma para estas rochas (Scheibe 1985 e 1986). As determinações Rb/Sr forneceram uma idade isocrônica de 81 ± 8 Ma.

Almeida (1983) considera a possibilidade da intrusão de Lages estar associada à reativação de falhas tardibrasilianas ao sul de Santa Catarina e ressalta o fato do Domo de Lages estar localizado na região de inflexão entre duas grandes e importantes estruturas tectônicas: o Arco de Ponta Grossa e o Sinclinal de Torres.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Carta topográfica do IBGE, ano 1973, na escala 1:100.000, folha Lages;

- Cartas topográficas militares do Serviço Geográfico do Exército, ano 1982, na escala 1:25.000. Folhas: Correia Pinto NE, Correia Pinto NO, Correia Pinto SE, Correia Pinto SO, Lages NE, Lages NO, Lages SE, Lages SO;
- Imagem de satélite LANDSAT-TM, banda 8, pancromática (cena 221/79) conseguida junto ao INPE;
- Imagens de satélite, composições coloridas RGB, bandas 3,4,5 (cena 221/79 de 17/02/2000) obtida da coleção Brasil Visto do Espaço da EMBRAPA (<http://www.cnpm.embrapa.br>);
- Cópias coloridas de fotos aéreas da região de Lages, obtidas em Florianópolis, junto à secretaria de Planejamento do Estado de Santa Catarina.

Além dos seguintes programas de computador:

- SPRING (INPE, Câmara *et al.*, 1993) – tratamento das imagens de satélite, geração de um banco de dados georeferenciado, georreferenciamento das cartas, fotos e imagens, extração dos fotolineamentos e geração dos diagramas de rosáceas (<http://www.dpi.inpe.br/spring>);
- R2V (Able Software Co.) – vetorização das cartas;
- StereoNett 2.46. – confecção das projeções estereográficas;
- CorelDraw (Corel Corporation e Corel Corporation Limited) – geração de ilustrações diversas e restituição das fotos e mapas.

4.2 MÉTODOS

Os métodos utilizados na realização deste trabalho consistiram basicamente de:

1. Atividades preliminares como: aquisição, georreferenciamento e análise preliminar de mapas topográficos, fotos aéreas e imagens de satélite e a geração de um banco de dados em SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para o projeto;
2. Análise de lineamentos extraídos de imagens de satélite, com a geração de diagramas de rosáceas, por comprimento e frequência;
3. Levantamentos de campo visando a coleta de dados estruturais (sistema de juntas, falhas e estrias associadas), a determinação das orientações dos diques básicos e alcalinos, comuns na região e a observação de relações cronológicas existentes entre estas estruturas;

4. Análise estrutural realizada a partir dos dados de campo, através da geração de projeções estereográficas, utilização dos esquemas de Riedel, e aplicação de métodos clássicos para análise das falhas como: Angelier, Arthaud.

5. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

5.1 ATIVIDADES PRELIMINARES

Como atividades preliminares foi feito inicialmente um levantamento das bibliografias pertinentes ao projeto, do ponto de vista metodológico e de trabalhos anteriores realizados na região.

Foram feitas as aquisições dos diversos materiais utilizados, onde podemos destacar os mapas topográficos nas escalas 1:100.000 e 1:25.000, as fotos aéreas (1:25.000) e as imagens de satélite obtidas junto ao INPE e ao projeto Brasil Visto do Espaço da EMBRAPA.

De posse desses materiais, deu-se início à criação de um banco de dados em um programa de SIG (Sistemas de Informações Geográficas), onde todos os materiais adquiridos foram georreferenciados utilizando-se os métodos mais adequados para cada caso, dentre as opções fornecidas pelo programa escolhido, que no caso foi o SPRING desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (CÂMARA *et al.*, 1993).

O SPRING é um *software* de SIG de segunda geração, e um dos motivos para a sua escolha se deve ao fato do mesmo ser de domínio público, podendo ser obtido diretamente pela Internet, sem nenhum custo. Além disso, a avaliação das ferramentas e os recursos oferecidos no *software* se demonstraram muito satisfatórios para os requisitos do projeto. Um outro aspecto importante na decisão pela sua escolha é a possibilidade de migração dos dados e produtos gerados para outros *softwares* de geoprocessamento.

Em um segundo momento foram modeladas tabelas de dados dentro do banco, e todos os dados obtidos nas duas etapas de campo (2002 e 2003) foram também georreferenciados. Este procedimento além de organizar e congregar os dados, permitiu que fossem gerados mapas automaticamente mapas temáticos, através de consultas diretas às tabelas criadas.

A criação deste banco de dados no SPRING foi também de extrema valia para a geração posterior dos mapas de fotolineamentos.

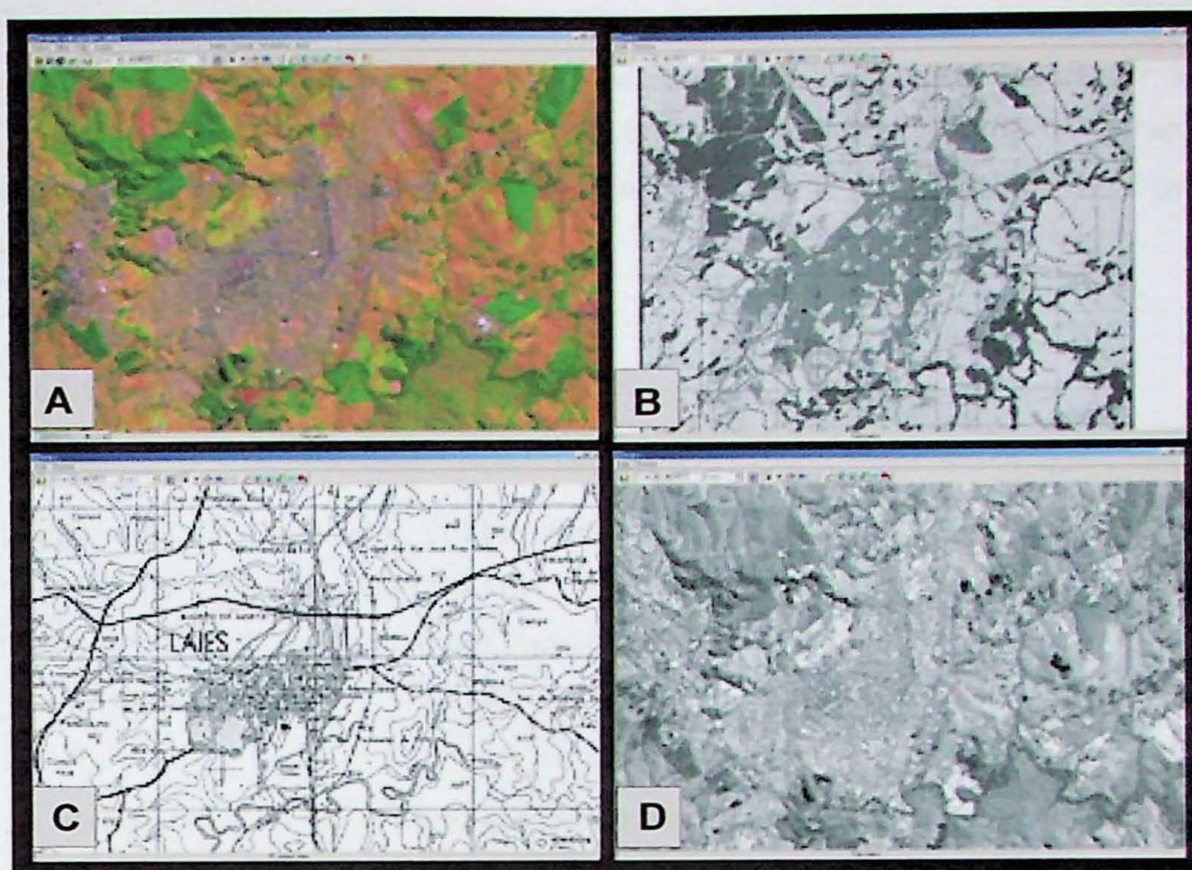


Fig 5. Telas do SPRING acopladas em uma mesma região. A) Imagem de satélite composição colorida RGB (EMBRAPA), B) Mapa topográfico na escala 1:25.000 (SGE), C) Mapa topográfico na escala 1:100.000 (IBGE), D) Imagem de satélite, banda 8, pancromática (INPE).

5.2 ANÁLISE DE LINEAMENTOS

Utilizando-se das ferramentas existentes no SPRING foram gerados, com base em duas escalas de observação da imagem de satélite, dois mapas de fotolineamentos. Para um dos mapas, utilizou-se uma escala de aproximadamente 1:150.000, de forma que os lineamentos extraídos são essencialmente maiores que 2 Km. Em um outro mapa, gerado com base em uma escala de observação na tela do computador de aproximadamente 1:25.000, procurou-se extrair os lineamentos de realce nesta escala. Este procedimento permitiu uma comparação das informações extraídas nas duas escalas.

Os fotolineamentos foram digitalizados diretamente na tela do computador sobre a imagem de satélite usando-se os critérios e procedimentos metodológicos empregados por LIU (1984,1987).

A análise propriamente dita, foi inicialmente realizada utilizando planilhas no programa Excel, para cálculo do comprimento e direção de cada lineamentos. Uma nova versão do programa SPRING (V 4.0, 08/2003) lançada, possui uma série de ferramentas que permitiram a realização dos tratamentos estatísticos dos lineamentos e a geração automática dos diagramas de rosáceas.

5.3 LEVANTAMENTOS DE CAMPO

Foram realizadas, no total, quatro etapas de campo sendo duas no ano de 2002 e duas em 2003. As visitas à região durante o ano de 2002, tiveram além de um caráter de reconhecimento, o intuito de realizar um mapeamento geológico de uma faixa longitudinal da porção sul do Domo de Lages (Fig 6), como tema de um Trabalho de Formatura (WARREN 2002).

As etapas de 2003 tiveram um enfoque maior na coleta de dados estruturais para a realização deste trabalho. Desta forma, alguns dos afloramentos visitados nas etapas de 2002, foram selecionados e revisitados, por apresentarem aspectos interessantes do ponto de vista estrutural.

A análise das fotos aéreas e das imagens de satélite, incluindo os mapas de fotolineamentos, serviram de subsídio para a escolha de alvos para a coleta de dados e análise estrutural.

Ao todo foram visitados mais de 270 afloramentos, sendo cerca de 100 em 2003 (fig. 7). Todos os afloramentos foram localizados com GPS, o que facilitou a inclusão das informações no banco de dados criado. Foram feitas descrições detalhadas dos litotipos e esquemas das estruturas observadas. Nos pontos mais elucidativos foram realizadas medidas sistemáticas de: juntas conjugadas de cisalhamento, juntas de extensão, planos de falha, estrias de atrito, planos de acamamento e contatos. Procurou-se sempre que possível agrupar as diversas famílias de juntas e hierarquizá-las temporalmente.

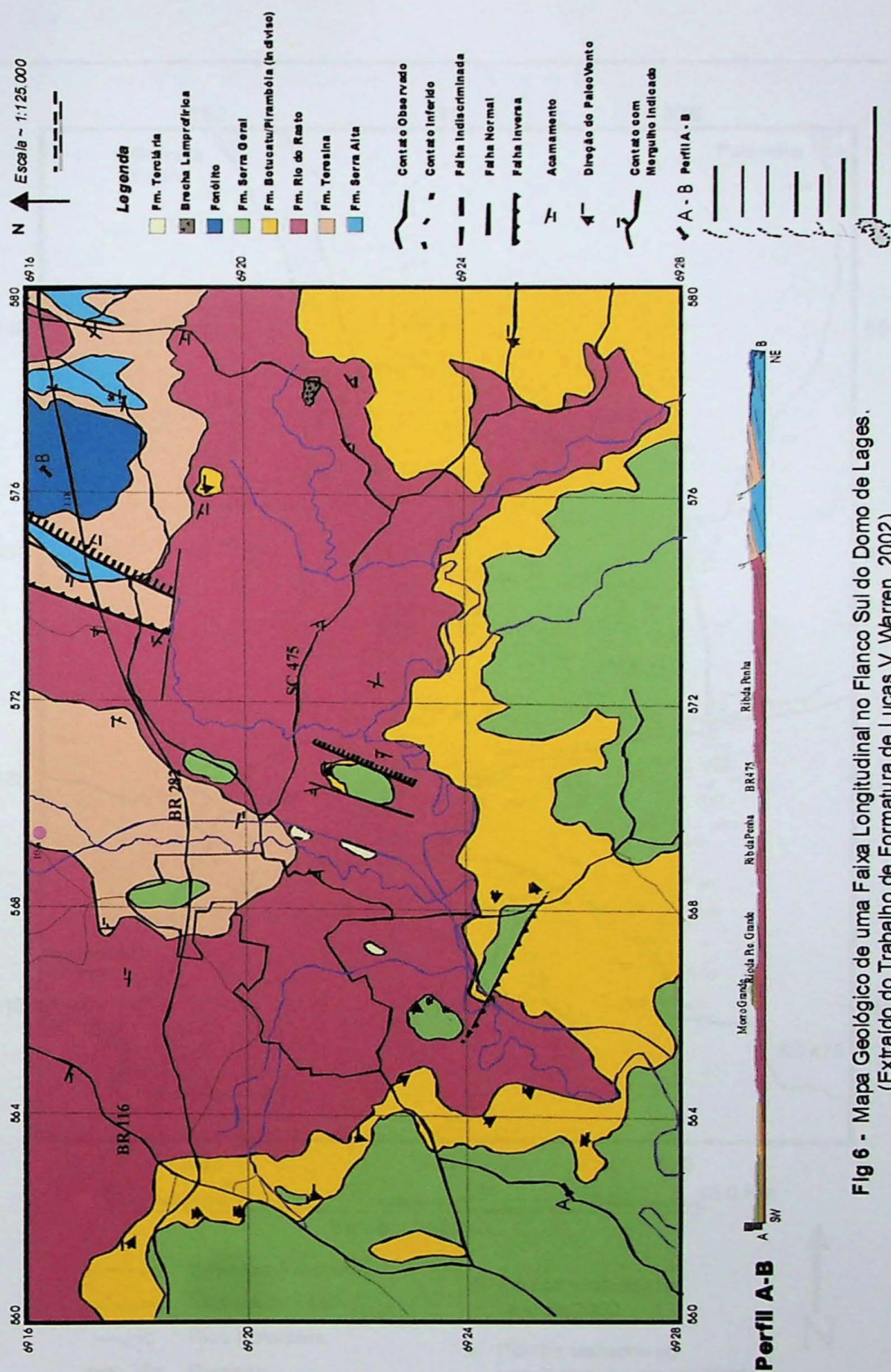


Fig 6. Mapa geológico elaborado após as etapas de 2002 (WARREN, 2002)

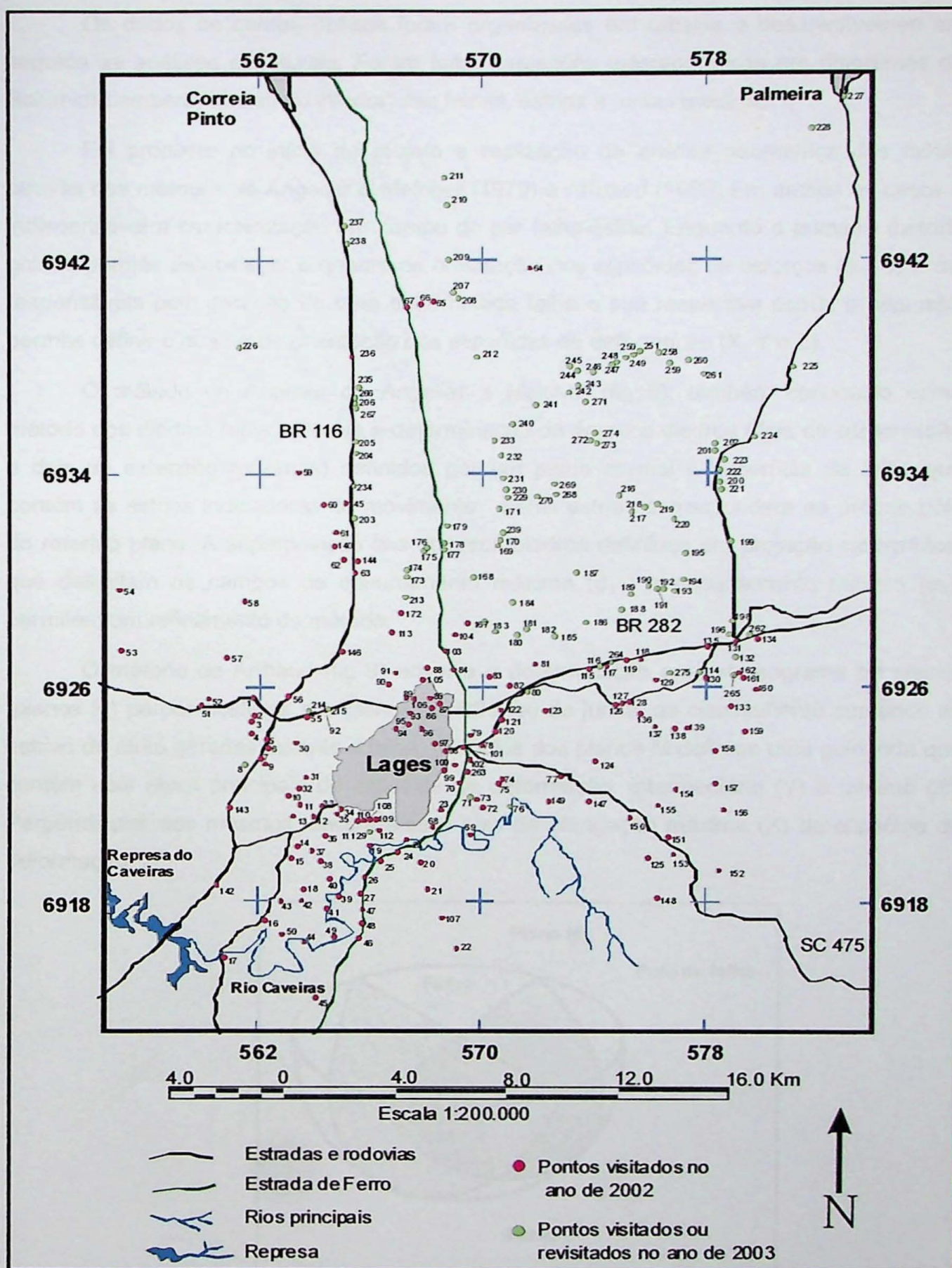


Fig 7. Mapa de pontos

5.4 ANÁLISE ESTRUTURAL

Os dados de campo obtidos foram organizados em tabelas e desenvolveu-se em seguida as análises estruturais. Foram feitas projeções estereográficas em diagramas de Schmidt-Lambert (hemisfério inferior) das falhas, estrias e juntas medidas.

Foi proposto no início do projeto a realização da análise geométrica das falhas através dos métodos de Angelier & Melcher (1979) e Arthaud (1969). Em ambos os casos é indispensável a caracterização em campo do par falha-estria. Enquanto o primeiro método gráfico permite estabelecer o quadro de orientação dos elipsóides de esforços (σ_1 , σ_2 e σ_3) responsáveis pela geração de uma determinada falha e sua respectiva estria, o segundo, permite definir o quadro de orientação dos elipsóides de deformação (X, Y e Z).

O método de Angelier de Angelier e Melcher (fig 9), também conhecido como método dos diedros retos, envolve a determinação de ângulos diedros (dois de compressão e dois de extensão máximas) definidos por um plano normal à superfície da falha que contém as estrias indicadoras do movimento. Estas estrias correspondem ao próprio pólo do referido plano. A superposição dos diversos diedros definidos em projeção ciclográfica, que delimitam os campos de encurtamento máximo (σ_1) e encurtamento mínimo (σ_3), permitem um refinamento do método.

O método de Arthaud (fig 8) envolve a determinação em estereograma de planos (planos M) perpendiculares aos planos de falha ou de juntas de cisalhamento contendo as estrias de atrito geradas durante a falha. Os pólos dos planos M definem uma guirlanda que contém dois eixos principais do elipsóide de deformação: intermediário (Y) e mínimo (Z). Perpendicular aos mesmos, encontra-se o eixo de alongação máxima (X) do elipsóide de deformação.

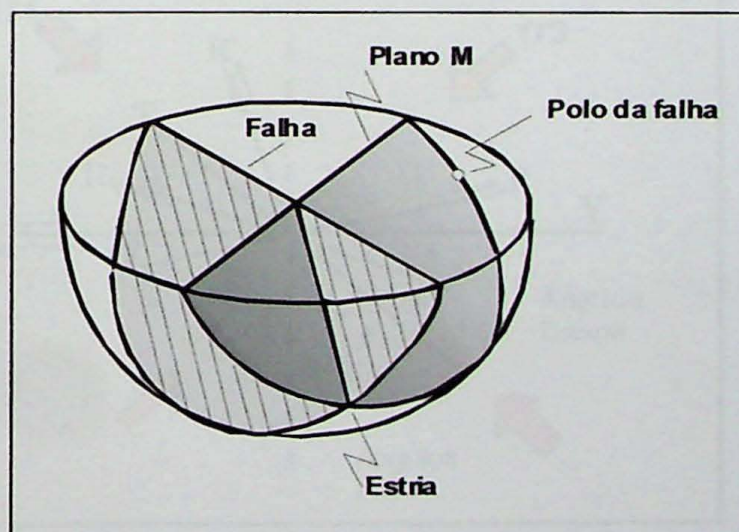


Fig 8. Método de Arthaud. Representação do plano M.

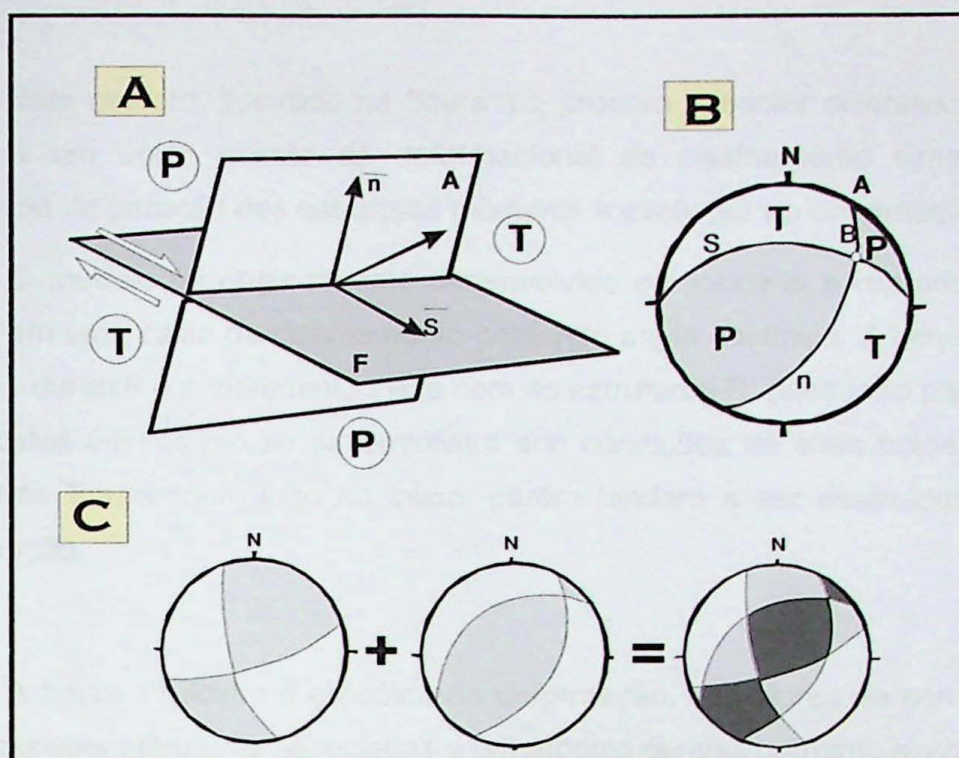


Fig 9. Método de Angelier. A) Plano da falha (F) e auxiliar (A) limitando os diedros compressivos (P) e distensivos (T); B) Projeção estereográfica representando os diedros compressivos e distensivos; C) Superposição dos diagramas indicando áreas 100% compressivas (preto), 100% distensivas (branco) e intermediárias (cinza).

Porém, devido a uma grande dificuldade na obtenção de indicadores cinemáticos para os pares Falha/Estria encontrados, a realização das análises pelos métodos de Angelier e Arthaud foi comprometida e um enfoque maior foi dado às análises através do modelo de Riedel.

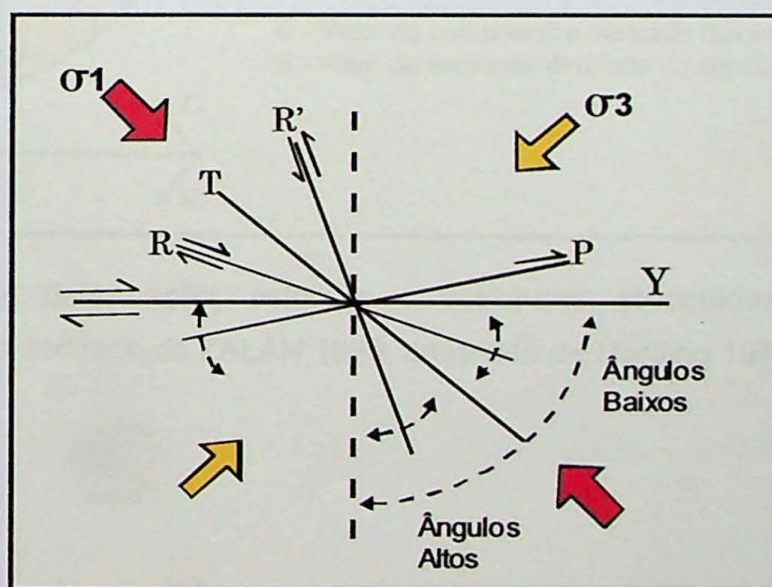


Fig 10. Esquema de Riedel com apresentação dos esforços máximo (σ_1) e mínimo (σ_3), e das estruturas sintéticas (R), antitéticas (R'), P, T e Y.

Este modelo, ilustrado na figura 10, procura associar diversas famílias de falhas e juntas a um único evento de deformacional de cisalhamento simples, prevendo uma seqüência de geração das estruturas mediante a evolução da deformação.

O modelo foi originalmente desenvolvido em calcário e reproduzido por Tchalenko (1970) em uma caixa de cisalhamento contendo argila caulínica. A seqüência de estruturas, geradas durante o experimento inicia com as estruturas R, passando para R', P e Y, sendo que, estas últimas, só se desenvolvem sob condições de altas taxas de deformação. As estruturas T aparecem logo no início, porém tendem a ser destruídas com o avanço da deformação.

A figura 11 ilustra o elipsóide de deformação, os vetores de compressão e extensão e as possíveis estruturas associadas a um modelo de cisalhamento simples.

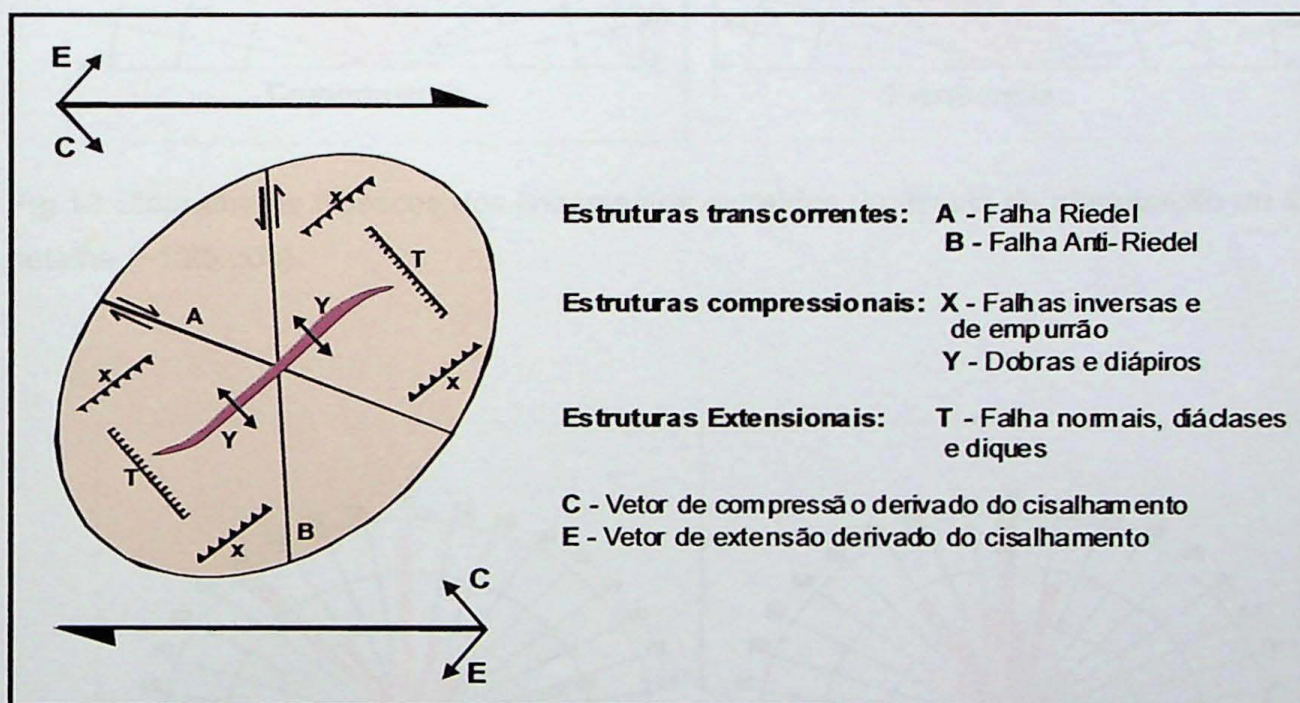


Fig 11. Elipsóide de deformação, esforços e estruturas associadas a uma zona de cisalhamento dextral (editado de ZALÁN 1986, adaptado de Harding 1974).

6. RESULTADOS OBTIDOS

6.1 ANALISE DE FOTOLINEAMENTOS

Os mapas obtidos em duas escalas distintas de observação ($\sim 1:25.000$ e $\sim 1:150.000$) e em ambas as análises estatísticas, permitiram a identificação de *trends* principalmente nas direções N-S e subordinadamente nas direções NW-SE e NE-SW.

Uma relação completa dos dados estatísticos obtidos para os dois mapas de lineamentos foram sistematizados em tabelas e encontram-se integralmente no anexo A.

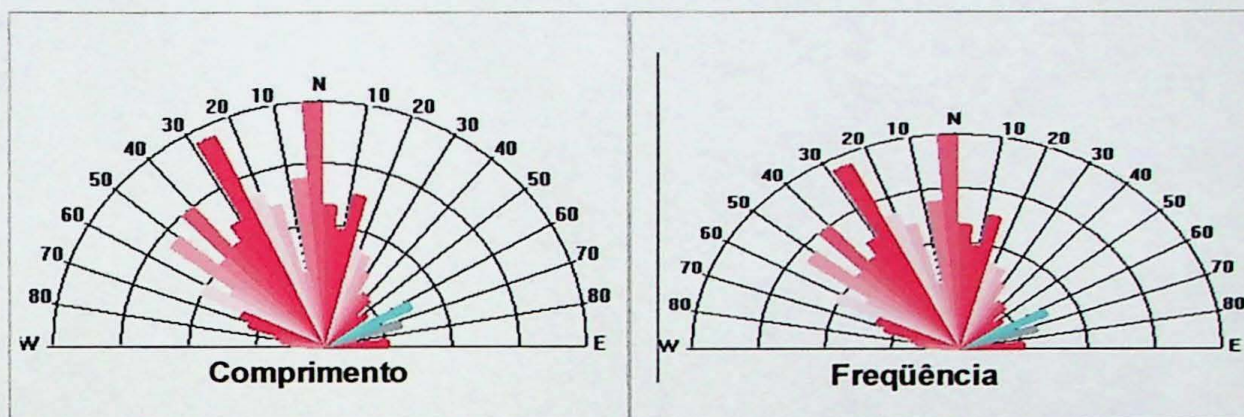


Fig 12. Diagrama de Rosácea dos lineamentos extraídos na escala de observação de semi-detelhe ($\sim 1:25.000$).

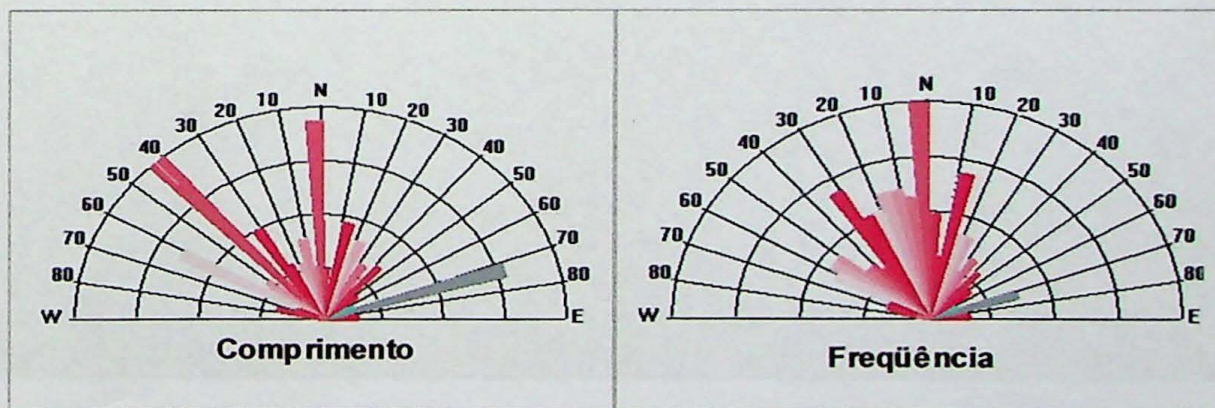


Fig 13. Diagrama de Rosácea, da frequência de lineamentos extraídos na escala de observação regional ($\sim 1:150.000$)

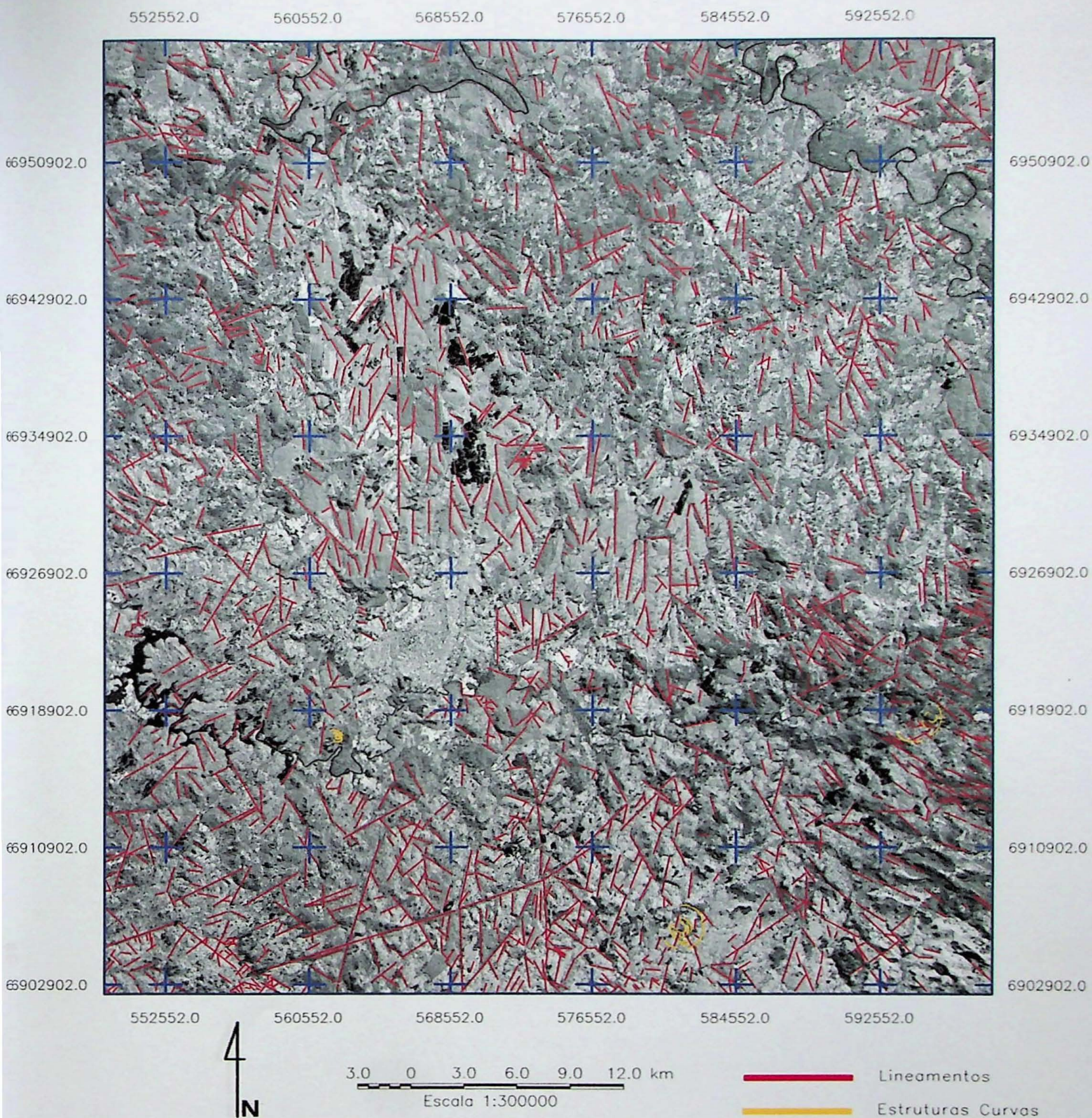


Fig 14. Mapa de lineamentos obtidos a partir de escala de observação em semi-detálhe (~1:25.000). As linhas em amarelo representam as estruturas curvas interpretadas.

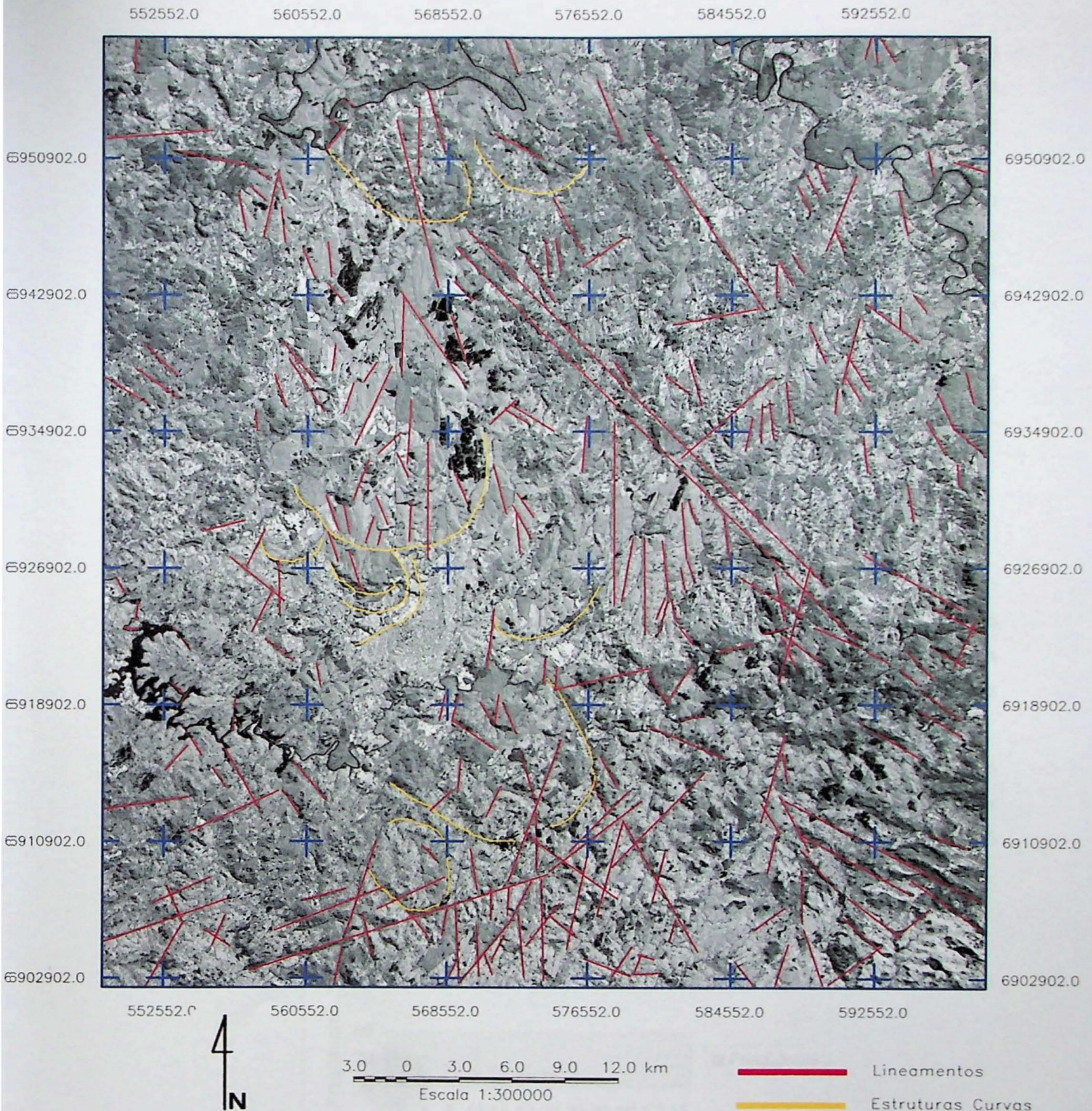


Fig 15. Mapa de lineamentos obtidos a partir de escala de observação regional (~1:150.000). As linhas em amarelo representam as estruturas curvas interpretadas.

As rosáceas dos lineamentos extraídos na escala de semi-detálhe (fig 12) apresentam uma distribuição semelhante com relação a comprimento e freqüência com os máximos em N-S e NW (N25-30W), aparecendo secundariamente as direções NNE (N10-15E) e NW(N40-45W e N50-55W).

Com relação às rosáceas dos lineamentos interpretados na escala de observação regional (fig 13), embora as distribuições sejam de um modo geral muito semelhantes, na análise por comprimentos, duas direções merecem atenção: N40-45W e N70-75E. Estas direções correspondem à grandes lineamentos (maiores que 18 Km), observados na imagem.

Estes lineamentos estão possivelmente associados com os grandes lineamentos existentes na estado de Santa Catarina como por exemplo os lineamentos do Rio Canoas, Rio Engano e Rio do Sul.

6.2 MAPA DE ACAMAMENTOS

A partir dos dados de acamamento medidos nas etapas de campo foi gerado um mapa, visando principalmente a análise da distribuição nas direções dos mergulhos. Pelo mapa de acamamentos (fig 19) e pelo diagrama de rosácea (fig 17) é possível observar a predominância nas direções de mergulho para S (variando de SE a SW) com os máximos para SW.

O histograma (fig 16) mostra que, embora os mergulhos variem de 2 a 35 graus, a maior concentração deles encontra-se na faixa de 5 e 20 graus, valores estes considerados altos para os padrões de mergulhos da Bacia do Paraná, que são tipicamente inferiores a 5 graus.

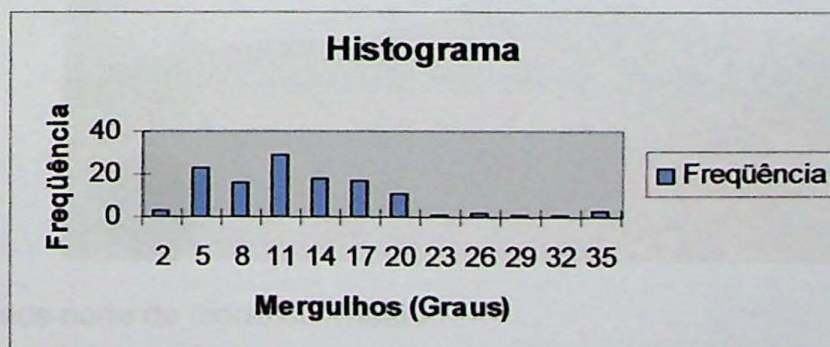


Fig 16. Histograma para os ângulos de Mergulho

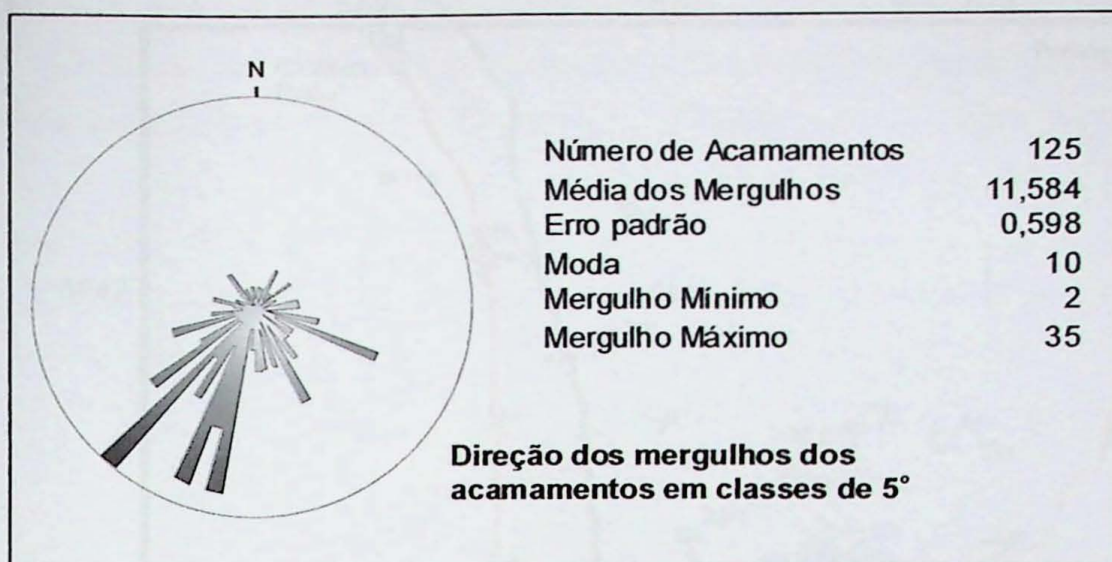


Fig 17. Diagrama de rosáceas para as direções de mergulho e estatística para os ângulos de mergulho.

Como uma primeira hipótese para explicar estes mergulhos acentuados, procurou-se associá-los a intrusão alcalina (fonolitos) do morro do Tributo (fig 18), a qual teria sido responsável pelo soerguimento das unidades sedimentares mais antigas da Bacia do Paraná, uma vez que esta intrusão representa uma das mais expressivas ocorrências de rochas alcalinas do domo e localiza-se na sua porção central.



Fig 18. Vista da face norte do morro do Tributo

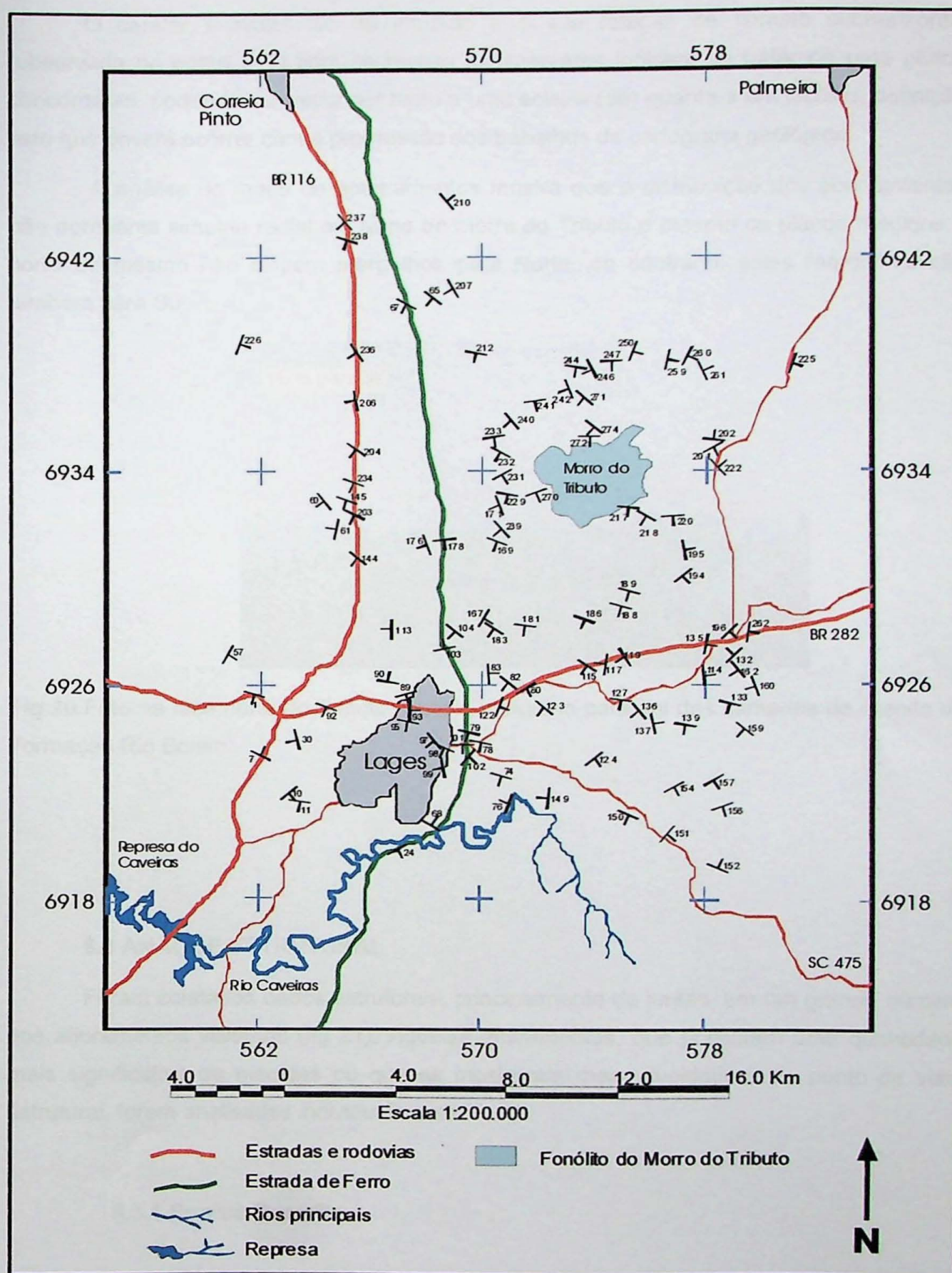


Fig 19. Mapa de pontos (a numeração representa o número dos pontos)

O caráter subvulcânico da intrusão e a sua relação de contato subhorizontal (observada no ponto 217) com as rochas sedimentares indicam se tratar de uma pluton concordante, podendo corresponder tanto a uma soleira (*sill*) quanto a um lacólito, definição esta que deverá ocorrer com a progressão dos trabalhos de cartografia geológica.

A análise do mapa de acamamentos mostra que a distribuição dos acamamentos não apresenta simetria radial em torno do morro do Tributo e mesmo os planos medidos a norte do mesmo não exibem mergulhos para Norte, ao contrário, estes mergulhos são também para Sul.



Fig 20.Foto na face norte do Tributo. Note o mergulho para sul das camadas de arenito da Formação Rio Bonito.

6.3 ANÁLISE ESTRUTURAL

Foram coletados dados estruturais, principalmente de juntas, em um grande número dos afloramentos visitados (fig 21). Aqueles afloramentos, que possuíam uma quantidade mais significativa de medidas ou que se mostraram mais elucidativos do ponto de vista estrutural, foram analisados individualmente.

6.3.1 Pontos Descritos

Ponto 114 (UTM 577941/6926501) – Pedreira de cascalho na Formação Serra Alta.

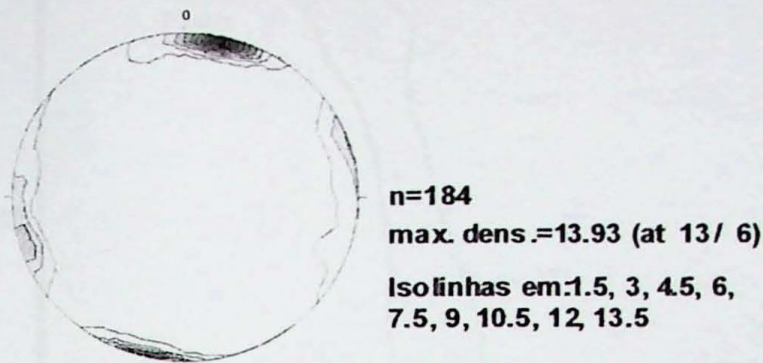


Fig 21.Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama de Schimdt-Lambert, hemisfério Inferior.

O diagrama mostra para esse ponto uma concentração maior de juntas com direção WNW e direções subordinadas de direção NNW. Em ambos os casos os mergulhos são subveticais

Ponto 235 (UTM 565642/6937291) – Afloramento da Formação Terezina, em corte da rodovia BR 116, a norte de Lages.

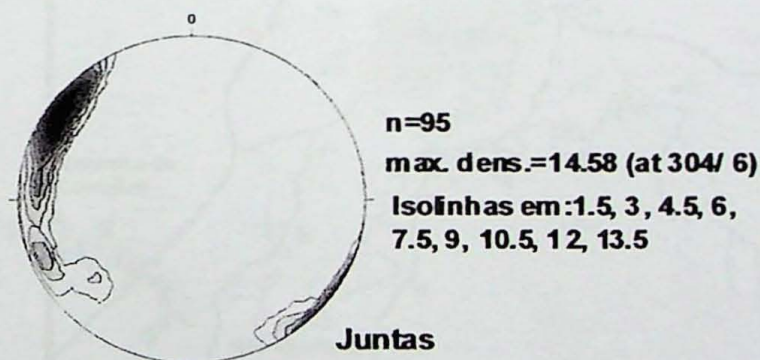


Fig 22.Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama de Schimdt-Lambert, hemisfério Inferior.

Neste ponto, a direção principal das juntas encontra-se no intervalo NNE e NE e, secundariamente, NNW. Os mergulhos são subverticais.

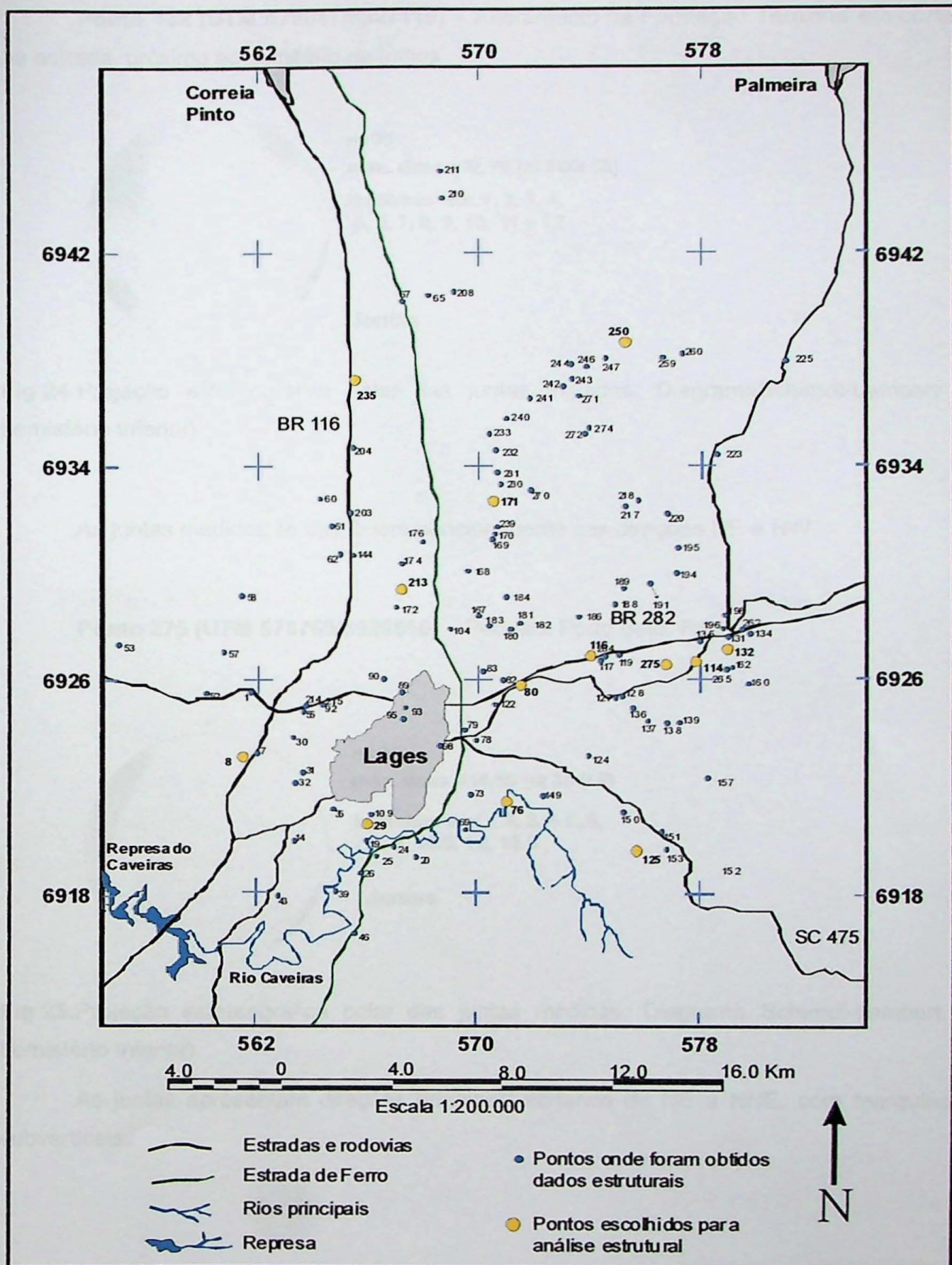


Fig 23. Mapa com os pontos onde foram coletadas medidas estruturais e feitas as análises individuais.

Ponto 132 (UTM 579047/6927119) – Afloramento da Formação Terezina em cortes na estrada, próximo ao cemitério de Índios.

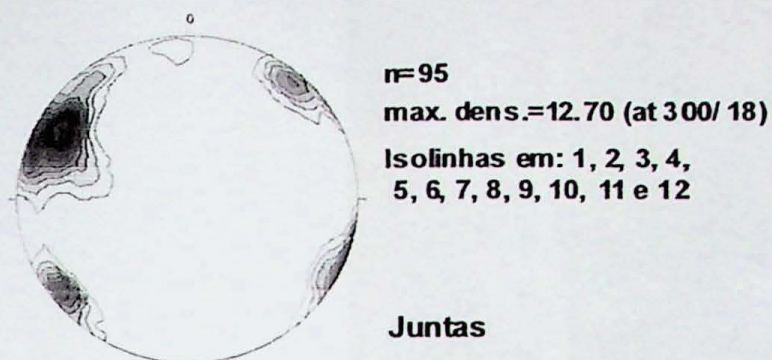


Fig 24.Projeção estereográfica polar das juntas medidas. DiagramaSchimdt-Lambert (hemisfério Inferior)

As juntas medidas se distribuem principalmente nas direções NE e NW.

Ponto 275 (UTM 576769/6926550) – Pedreira Porto Belo, Fonolito.

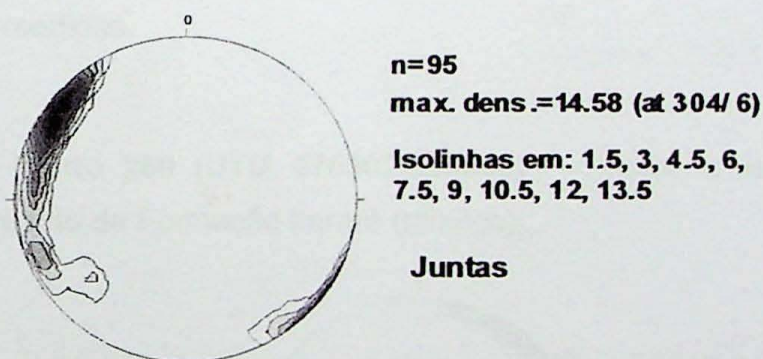


Fig 25.Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).

As juntas apresentam direções principais variando de NE a NNE, com mergulhos subverticais.

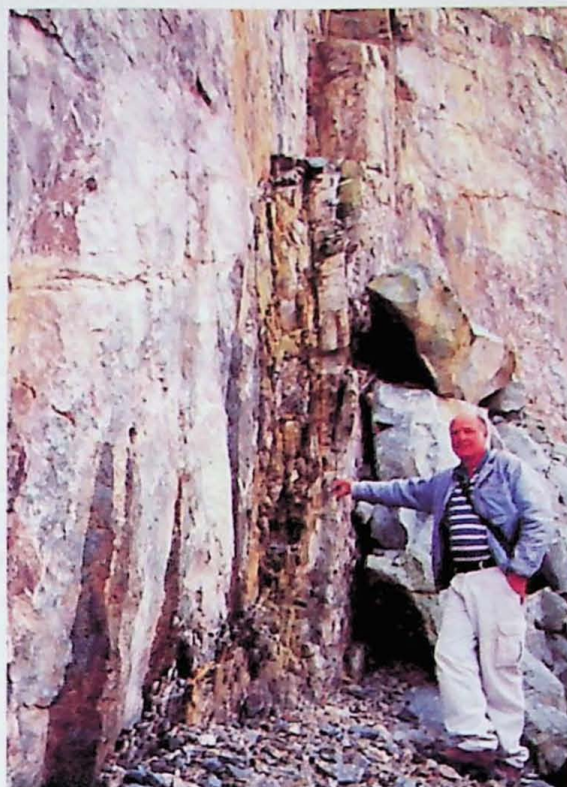
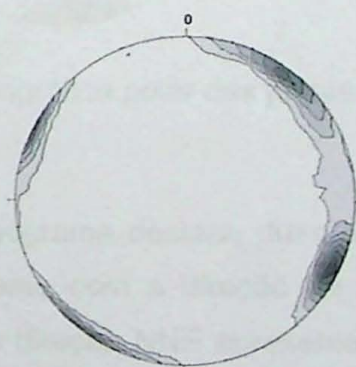


Fig 26. Plano de falha cortando o fonolito da pedreira com movimentação transcorrente dextral.

Neste ponto foram observadas falhas apresentando direções concordantes com as juntas medidas.

Ponto 250 (UTM 575302/6938387) – Pedreira abandonada ao lado da estrada. Afloramento da Formação Itararé (ritmitos).



n=138
max. dens.=11.88 (at 116/ 6)
Isolinhas em:1.5, 3, 4.5, 6,
7.5, 9, 10.5

Juntas

Fig 27. Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).

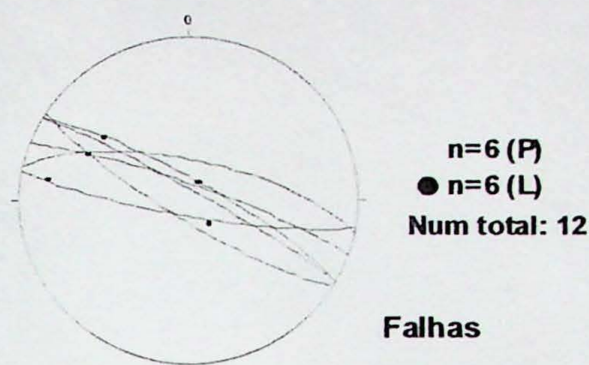


Fig 28. Projeções ciclográfica das falhas. Diagrama Schimdt-Lambet (hemisfério Inferior).

Foram medidas falhas com direção WNW-ESE apresentando estrias com baixo e alto caimentos.

Ponto 76 (UTM 571067/6921545) – Afloramento em corte da Formação Rio do Rasto, próximo ao antigo “Lixão”.

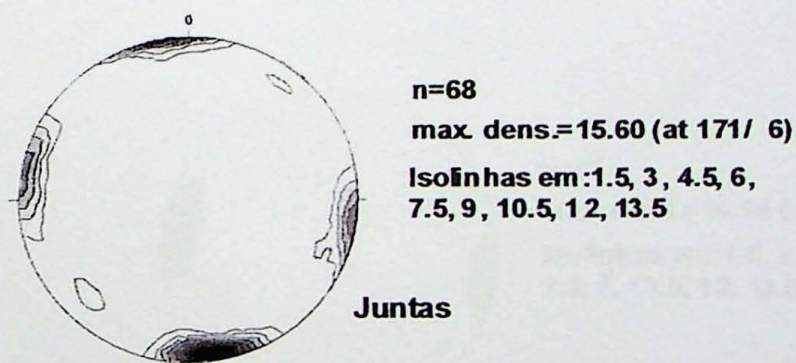


Fig 29. Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).

O estereograma destaca duas direções principais para as juntas. A direção ENE é coincidente com a direção de diques de lamprófiro existentes no mesmo afloramento e a direção NNE apresenta a mesma atitude que falhas transcorrentes sinistrais que cortam o lamprófiro.



Fig 30.Foto de dique de lamprófiro sendo cortado por falhas transcorrentes dextrais.

Ponto 80 (UTM 571718/6925918) – Afloramento em cortes da Formação Rio do Rasto na BR 116.

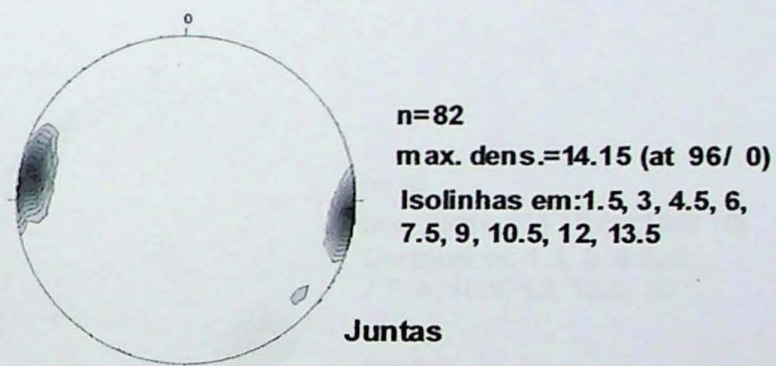


Fig 31.Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).

Ponto 125 (UTM 576017/6919659) – Afloramento da Formação Pirambóia, próximo ao contato com a Formação Rio do Rasto (rodovia SC 475).

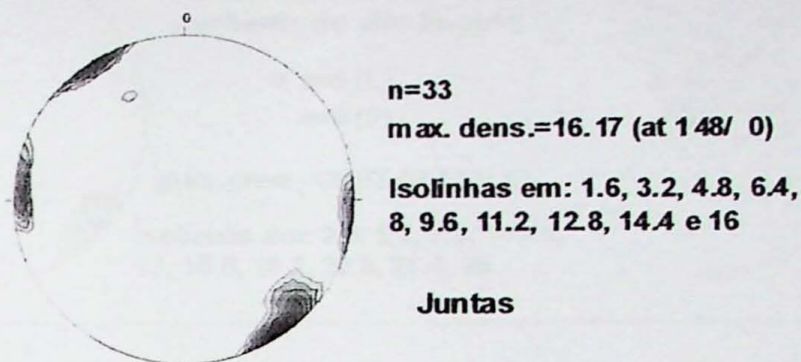


Fig 32.Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior)

O diagrama mostra dois sistemas principais de juntas: uma de direção NE-SW e outra, NNE-SSW. Ambas apresentam mergulhos subverticais.

Ponto 8 (UTM 561470/6926563) - Afloramento da formação Serra Geral, em uma pedreira abandonada, próxima da rodovia BR116.

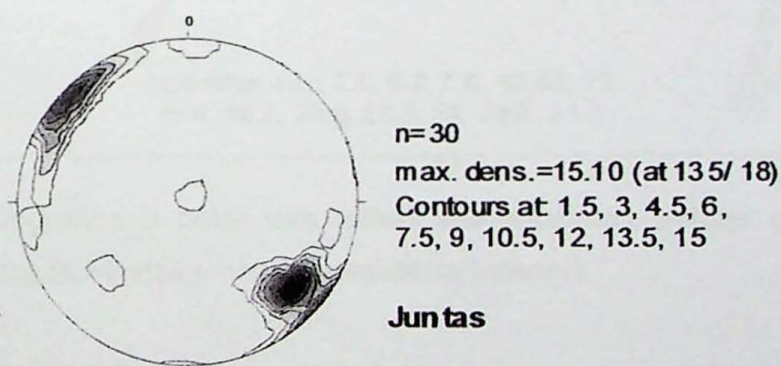


Fig 33.Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior)

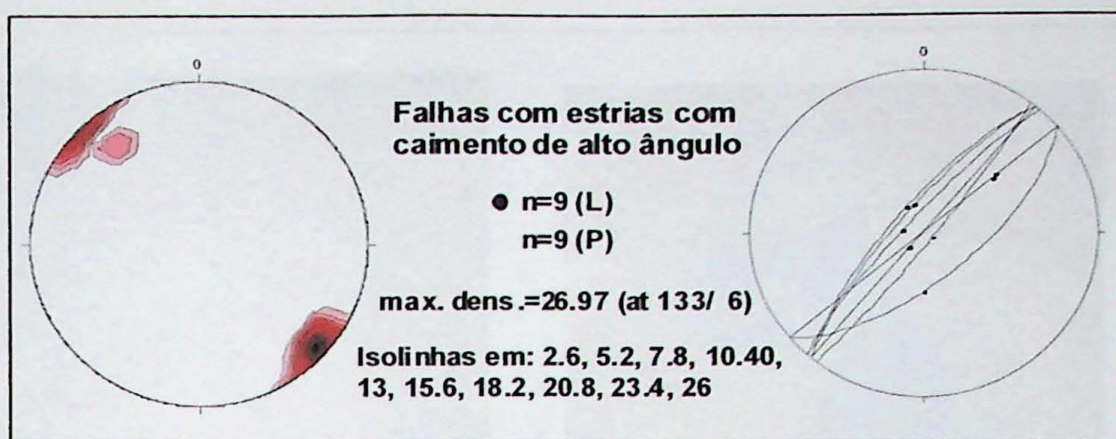


Fig 34. Projeções ciclográfica e polar das falhas apresentando estrias com caimento de alto ângulo. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior)

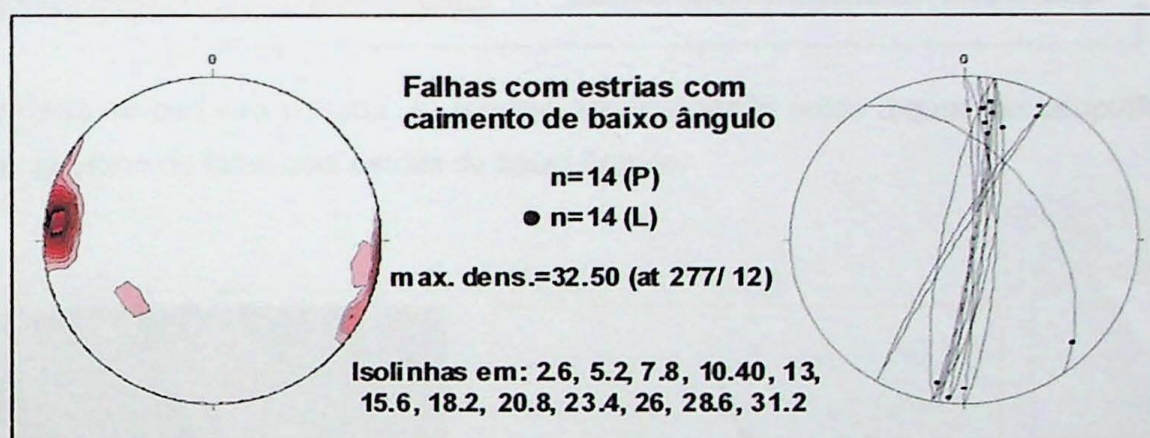


Fig 35. Projeções ciclográfica e polar das falhas apresentando estrias com caimento de baixo ângulo. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).

O estereograma obtido para as falhas com estrias possuindo caimento de alto ângulo (fig. 34) apresentam uma grande similaridade com o estereograma obtido para as juntas (fig 33), ambos apresentando direções NW-SE. Já os diagramas obtidos para as falhas apresentando estrias de baixo caimento (fig 35) refletem uma direção próxima de N-S e NNE-SSW.

Devido à diferença geométrica e cinemática apresentada por estas duas estruturas, sugere-se que as mesmas estejam associadas a eventos distintos.

A presença de diques de lamprófiro (figuras 36A e 37) aproveitando estruturas preexistentes de direção NW-SE sugere que estas estruturas sejam anteriores à colocação do dique.

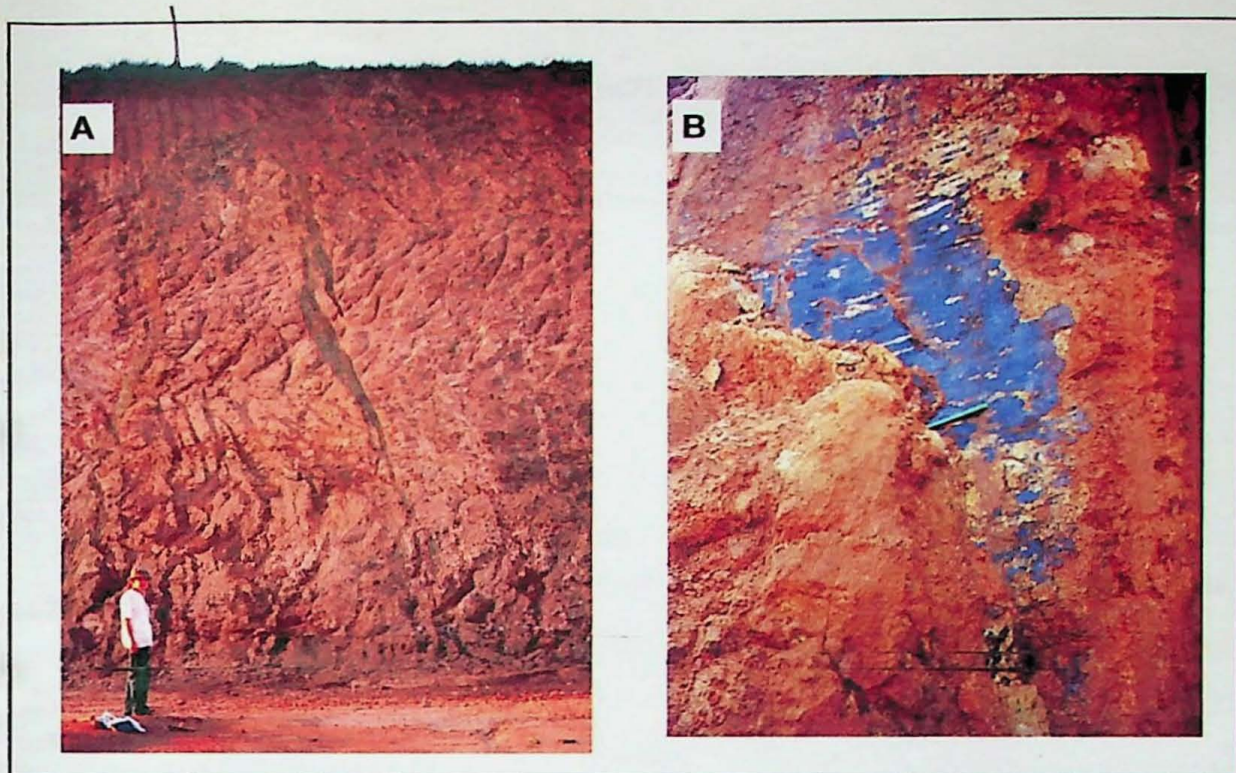


Fig 36. Fotos da pedreira visitada. A) Basalto sendo cortado pelos diques de lamprófiro, B) Detalhe de plano de falha com estrias de baixo ângulo.

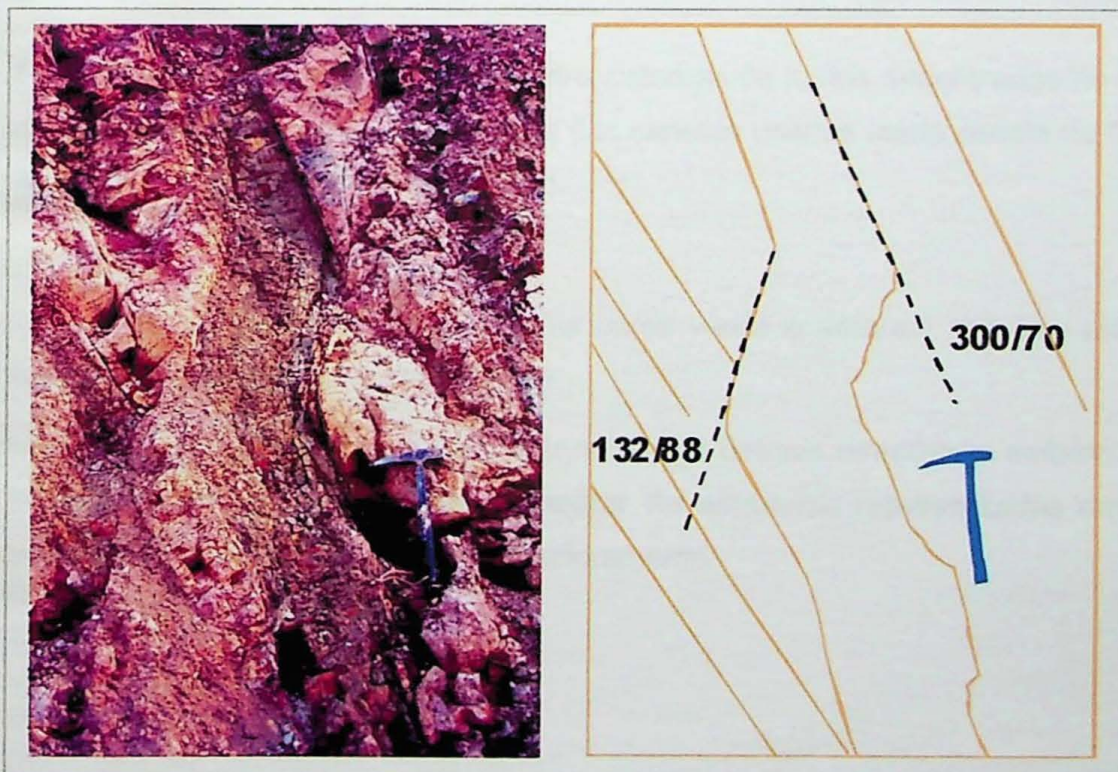


Fig 37. Detalhe de dique de lamprófiro aproveitando estruturas preexistentes.

Ponto 213 (UTM 567258/6929347) – Afloramento da Formação Rio do Rasto em estrada ao norte de Lages.

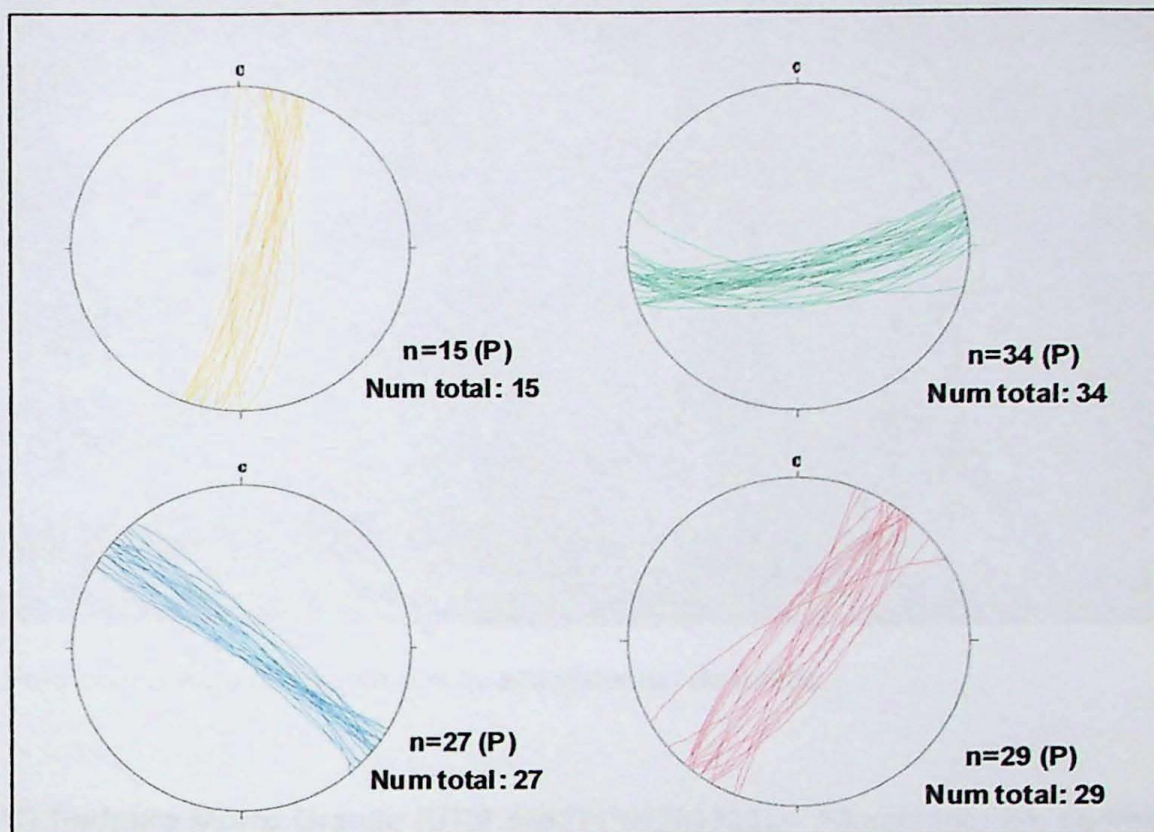


Fig 38. Projeção ciclográfica dos quatro sistemas de juntas encontrados no afloramento. As cores apresentadas correspondem às das canetas usadas como escala na fig 39. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).

Os planos representados pelas cores verde e amarela refletem planos ortogonais facilmente observados na foto (fig 39)

Os planos em cor vermelha truncam as demais direções e exibem deslocamentos transcorrentes com movimentação dextral. As estruturas representadas em azul são mais espaçadas e menos sistemáticas no afloramento.



Fig 39. Foto com a vista em planta dos quatro sistemas de juntas.

Ponto 29 Pedreira Morro Grande (UTM 566211/69200523) – Afloramento em pedreira de basaltos da Formação Serra Geral.

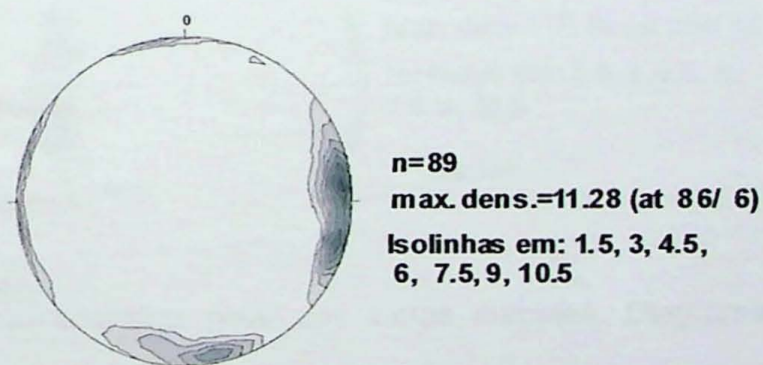


Fig 40. Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior)

Observa-se no estereograma três sistemas de juntas: um sistema NNE-SSW, outro ~~NNW-SSE~~ e, um terceiro, subordinado, com direção próxima de E-W. Os dois primeiros sistemas podem configurar sistemas de juntas de cisalhamento conjugadas, onde uma das direções pode estar associada à um sistema sintético (R), pois forma um ângulo de aproximadamente 15 graus com a direção de cisalhamento principal.

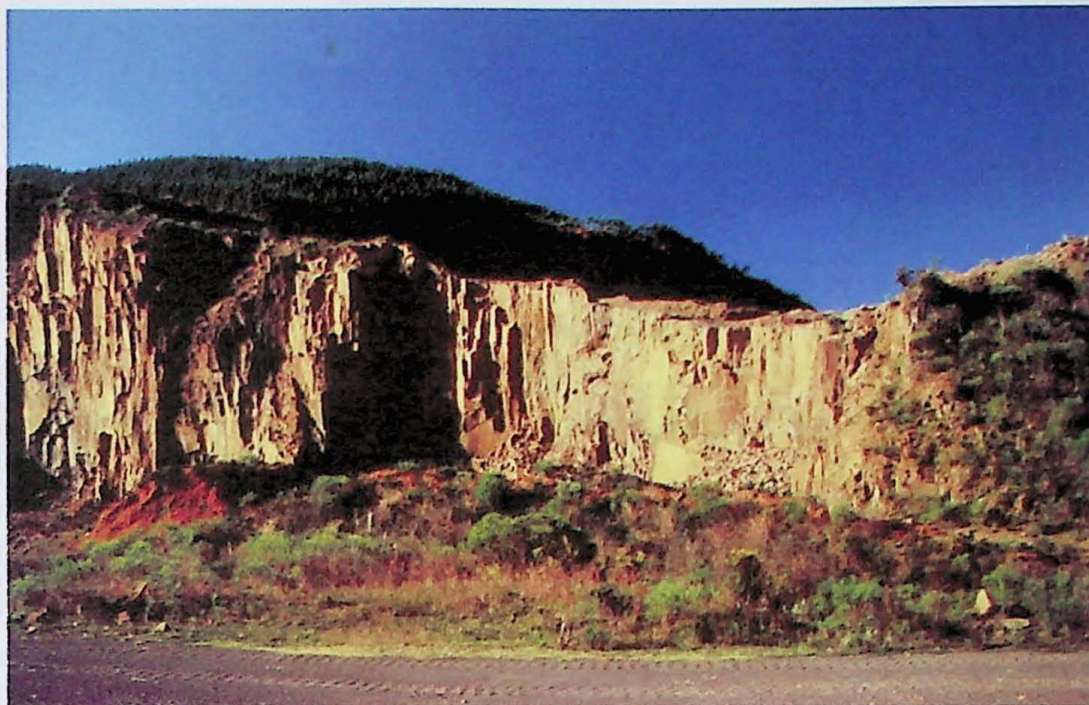


Fig 41. Vista geral da Pedreira Morro Grande.

Ponto 116 (UTM 574239/6926812)– Afloramento da Formação Teresina em corte da rodovia BR 282.

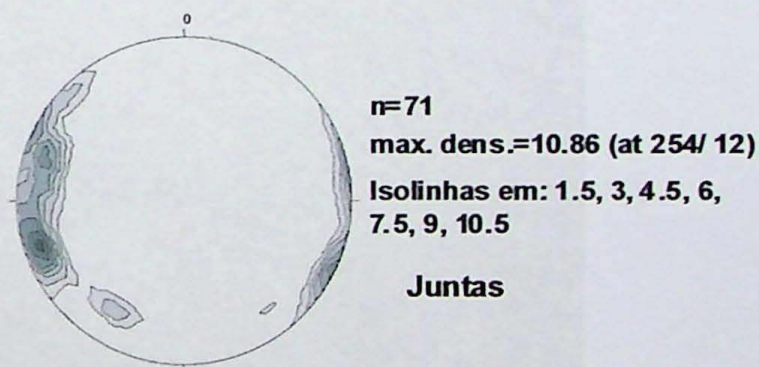


Fig 42. Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior)

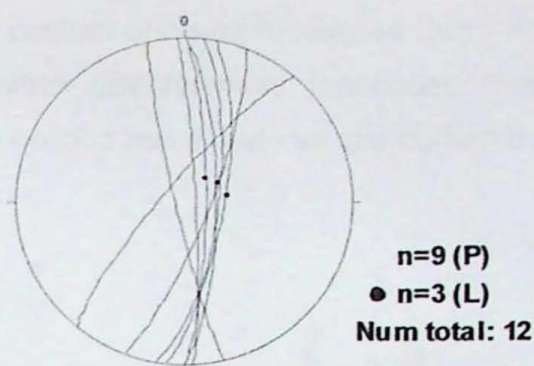


Fig 43. Projeções ciclográficas de falhas com estrias. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).

Novamente, as juntas medidas apresentam dois máximos principais de direções, um NNE e outro NNW. Tais juntas podem corresponder a um sistema conjugado de juntas de cisalhamento. As falhas apresentam direções próximas de N-S. A presença de dobras de arrasto cm junto aos planos de falha caracterizaram estas estruturas como falhas inversas.

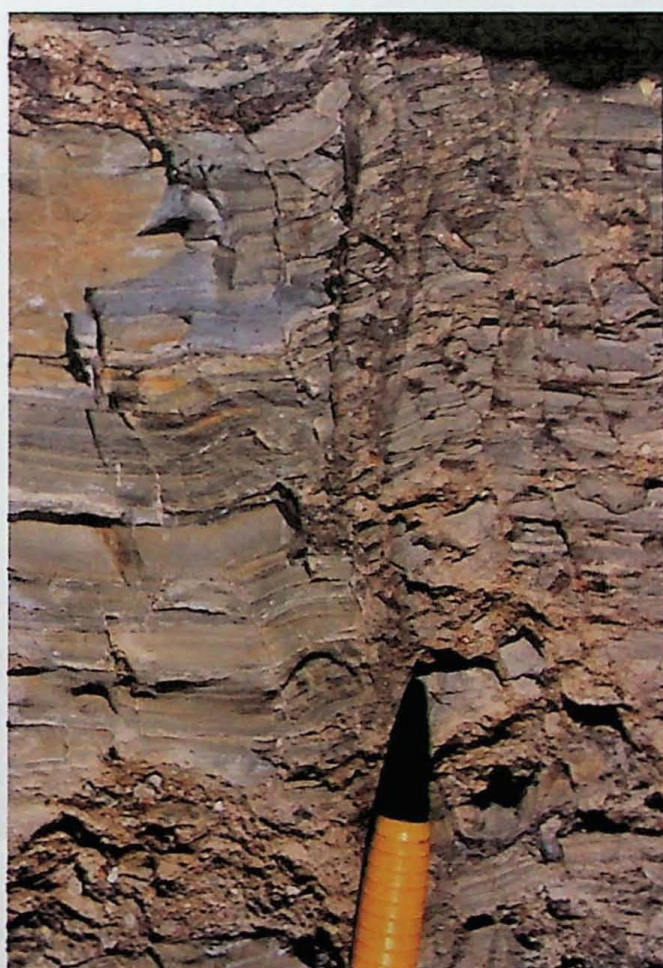


Fig 44. Detalhe de dobras de arrasto cm junto aos planos de falha

Ponto 171 (UTM 570616/6932599) - Afloramento em uma pedreira abandonada.

Neste ponto ocorre o contato entre as formações Serra Alta e Irati, com um *sill* de fonolito colocando-se no contato das referidas formações (Foto 47A). Os diagramas obtidos referem-se a medidas obtidas nas estruturas que cortam o *sill* de fonolito.

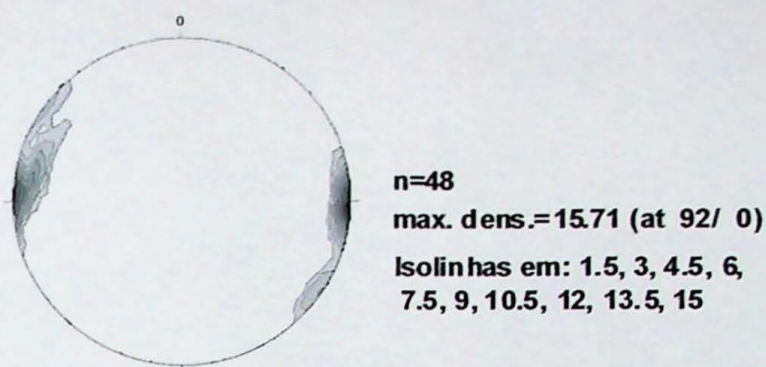


Fig 45.Projeção estereográfica polar das juntas medidas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).

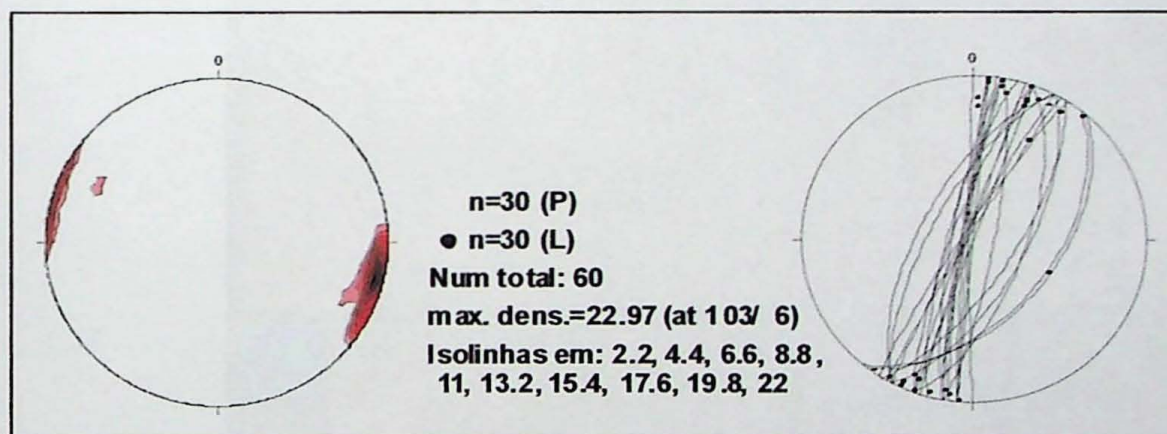


Fig 46.Projeções ciclográfica e polar das falhas. Diagrama Schimdt-Lambert (hemisfério Inferior).

O diagrama de juntas (fig. 45) denota planos com direções variando de NE-SW a NNE-SSW, coincidentes com as direções das falhas medidas (fig 46). As falhas apresentam caráter transcorrente com cinemática dextral. A fig. 47 (A, B e C) apresenta detalhes do *sill* e das falhas com estrias direcionais que cortam o mesmo.

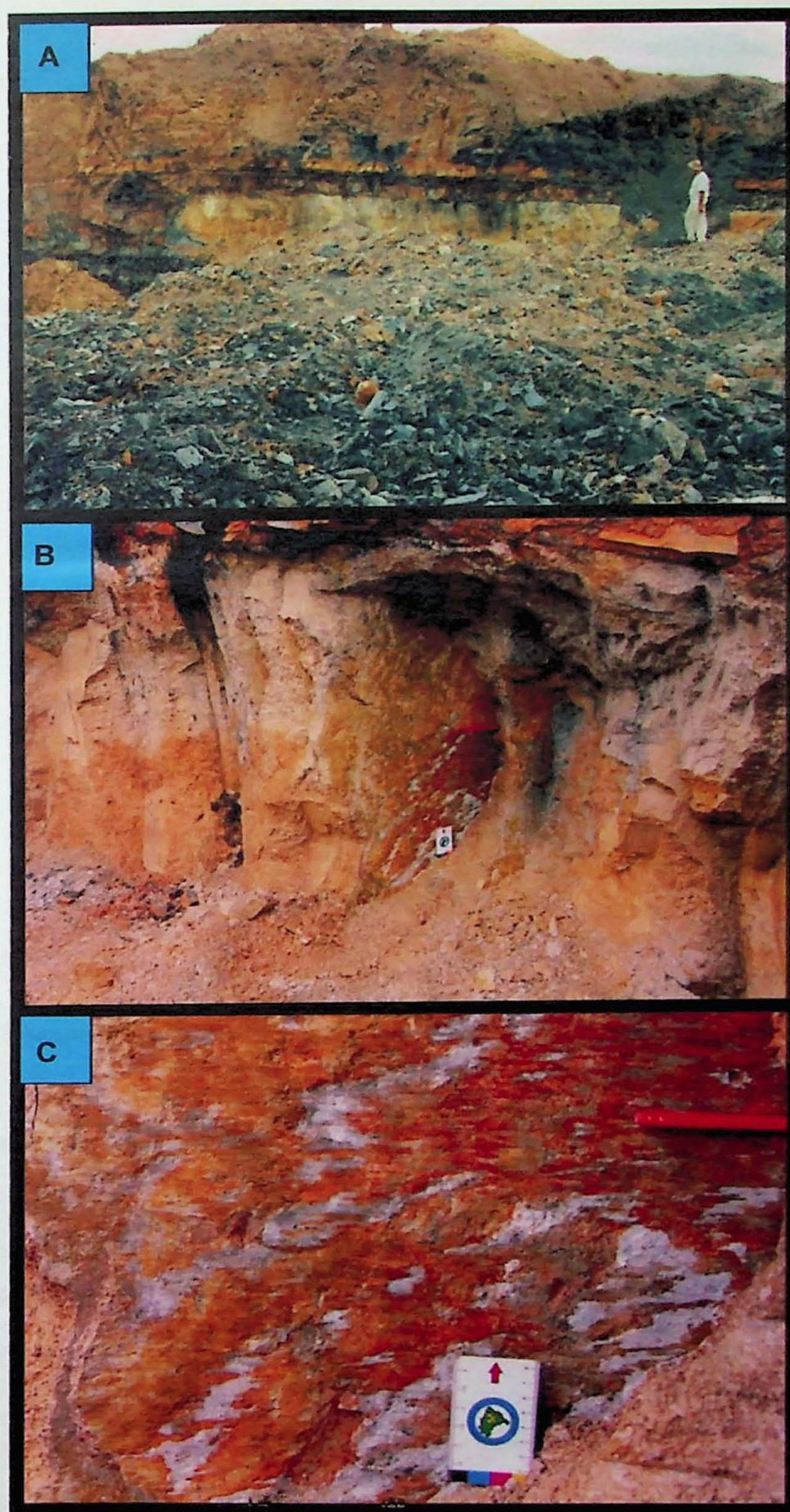


Fig 47. Fotos do Pedreira. A) Foto mostrando os contatos do *sill*; B) Plano de falha apresentando estrias direcionais; C) Detalhe das estrias.

Apesar da excelente qualidade de exposições das rochas na região de Lages, houve uma grande dificuldade no reconhecimento dos indicadores cinemáticos, principalmente para as falhas transcorrentes. Nestes casos, a definição da cinemática das estruturas foi baseada em critérios de separação estratigráfica de marcadores anteriores à falha (principalmente do deslocamento de diques). Estes marcadores, embora em pequeno número, representam informações 100% seguras.

No caso das falhas normais e inversas, foram usados como indicadores os rejeitos estratigráficos e dobras de arrasto, encontrados mais facilmente nos afloramentos visitados.

A partir de algumas falhas inversas e normais encontradas na região foi construído um diagrama de Angelier (fig 48), que apresenta direção para o esforço máximo orientada ao redor de E-W, variando entre ESE-WNW e NE-SW.

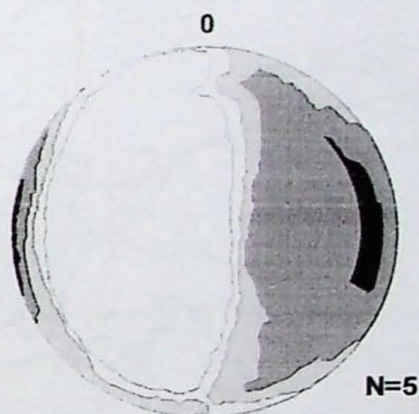


Fig 48. Diagrama de Angelier obtido a partir de falhas normais e inversas.

6.3.2 Mapa de diques de rocha alcalina

Procurando determinar-se a disposição e a orientação dos diques de rocha alcalina na região, foi elaborado um mapa (fig 49) e um diagrama de rosácea (fig 50) com as direções dos mesmos.

Observa-se que as direções apresentadas, com exceção dos diques do ponto 250, encontram-se em um intervalo de NNE a ENE, com um predomínio da direção NE.

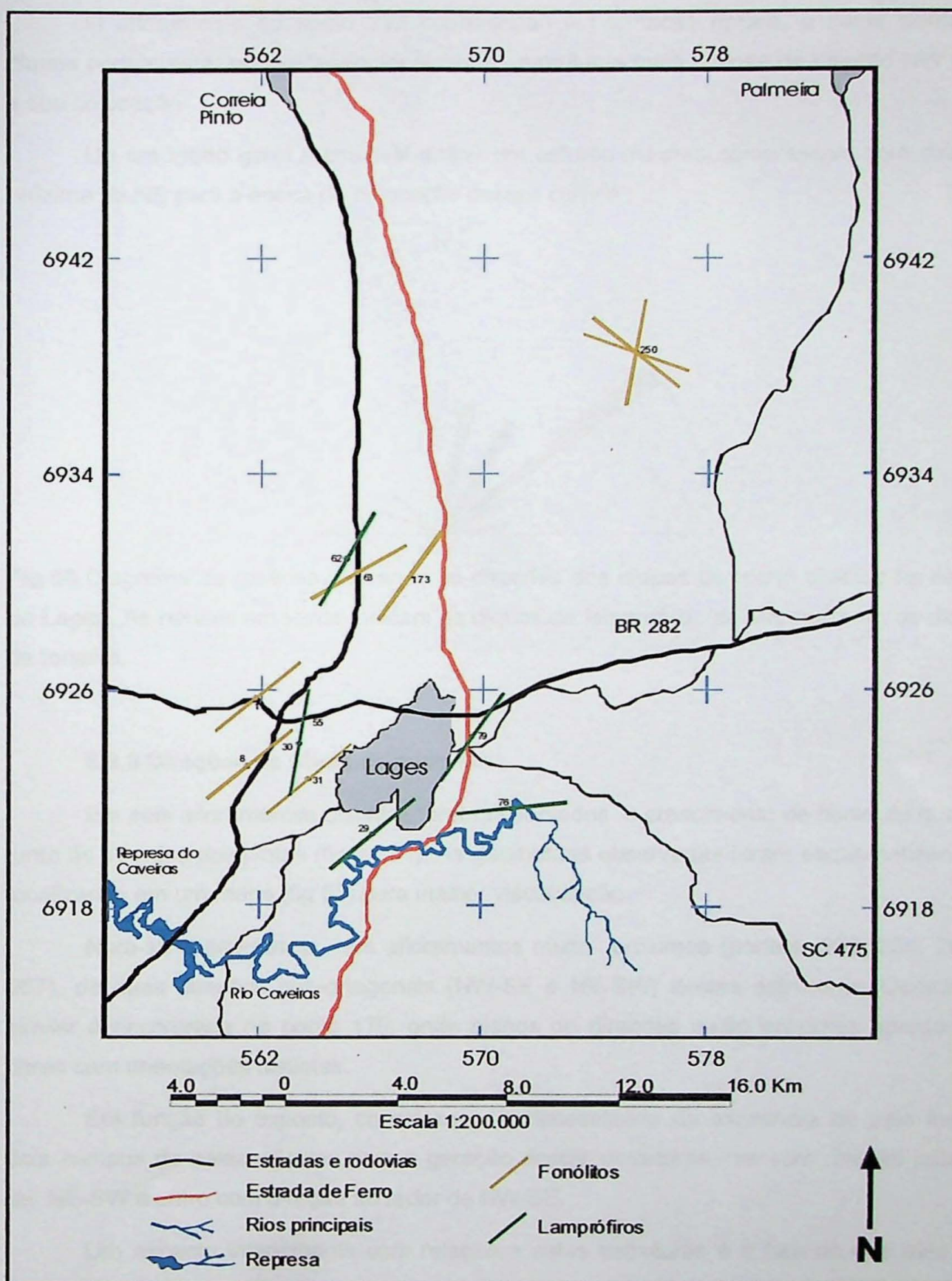


Fig 49. Mapa com a distribuição dos diques de rocha alcalina na região de Lages.

O afloramento do ponto 250 corresponde à Formação Itararé, e neste ponto os diques podem estar aproveitando, localmente, estruturas mais antigas de direção NW para a sua colocação.

De um modo geral é possível definir um esforço máximo compressivo com direção próxima de NE para a época de colocação desses corpos.

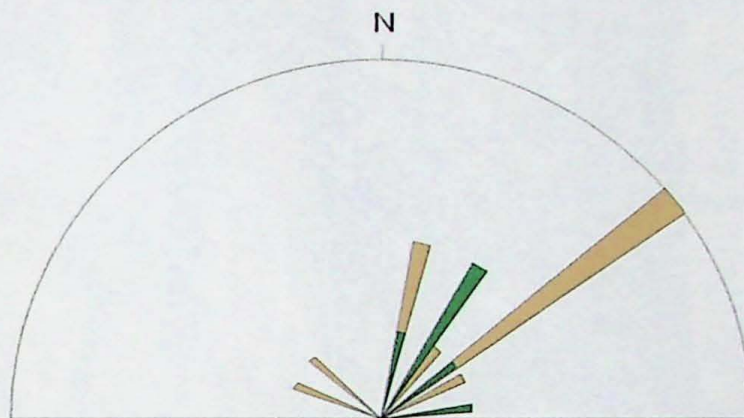


Fig 50. Diagrama de rosácea indicando as direções dos diques de rocha alcalina na região de Lages. As pétalas em verde indicam os diques de lamprófiro; as em marrom, os diques de fonolito.

6.3.3 Direções de fibras de minerais

Em seis afloramentos distintos foram observados o crescimento de fibras de quartzo junto às paredes das juntas (figura 51). As geometrias observadas foram esquematizadas e localizadas em um mapa (fig 52) para melhor visualização.

Nota-se a ocorrência, em afloramentos muito próximos (pontos: 206, 235, 266 e 267), de duas direções sub-ortogonais (NW-SE e NE-SW) destas estruturas. Ocorrência similar é encontrada no ponto 170, onde planos de direções muito próximas apresentam fibras com orientações distintas.

Em função do exposto, considera-se a necessidade da existência de pelo menos dois campos de paleoesforços para a geração destas estruturas: um com direção próxima de NE-SW e outro com direção ao redor de NW-SE.

Um aspecto interessante com relação a estas estruturas é o fato de que elas não foram encontradas nas unidades mais novas. Todas elas foram observadas em planos cortando as formações Serra Alta e Teresina.

Baseado nestas observações, acredita-se na hipótese de que os paleoesforços responsáveis pela geração destas estruturas devam ser de idade neopaleozóica.



Fig 51. Foto de juntas com minerais fibrosos

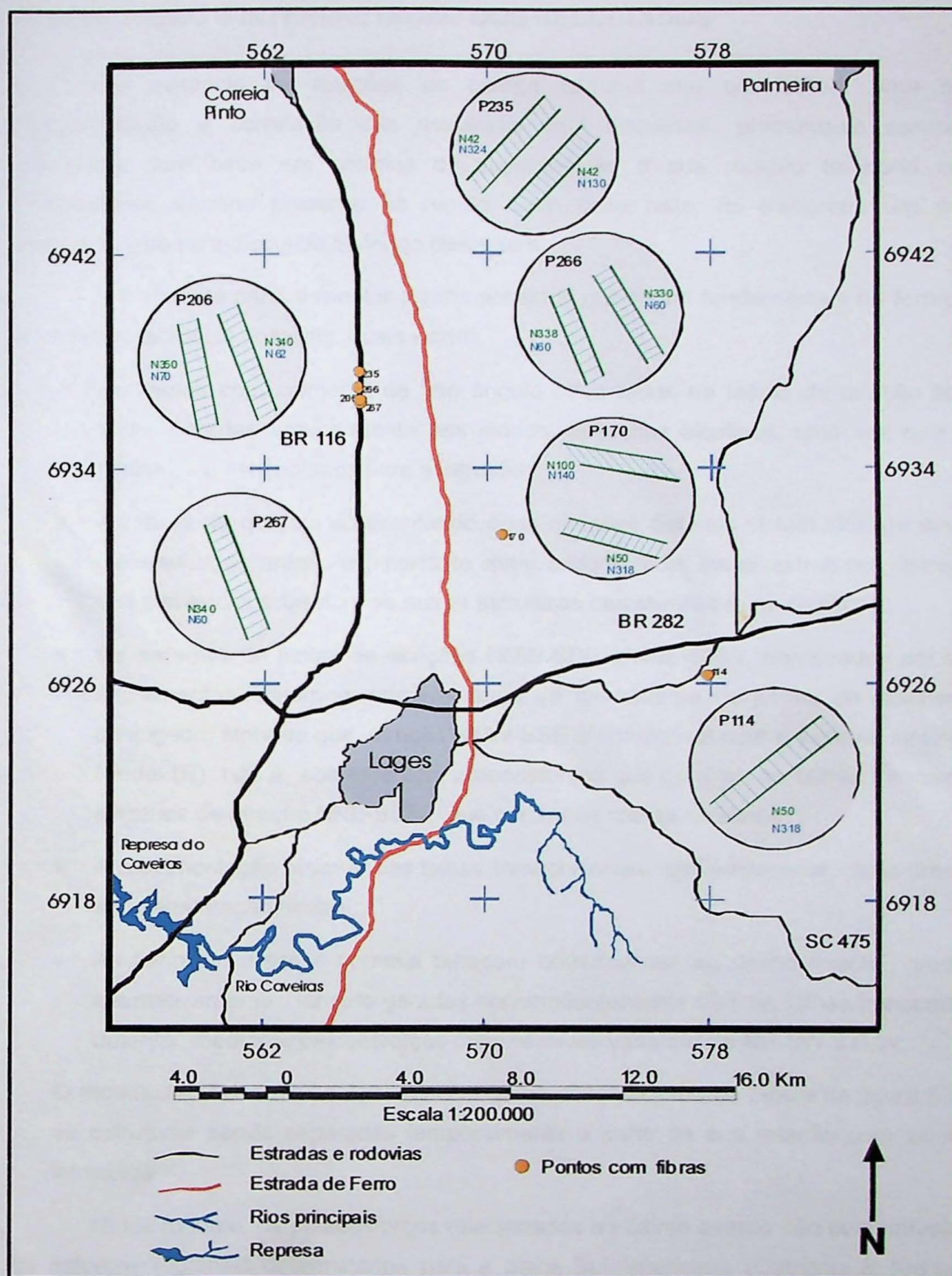


Fig 52. Mapa com esquemas das fibras encontradas

7. DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Na ausência de relações de campo seguras que possibilitem uma melhor hierarquização e correlação das estruturas aqui discutidas, procurou-se agrupar as estruturas com base em critérios de superposição e sua relação temporal com o magmatismo alcalino presente na região. Com base nisto, foi elaborado um modelo tectônico, que será discutido ao longo deste item.

Inicialmente cabe assinalar alguns aspectos que foram fundamentais na formulação do modelo tectônico proposto, quais sejam:

- As estrias com caimento de alto ângulo observadas na falhas de direção NE-SW foram geradas anteriormente aos diques de rochas alcalinas, uma vez que estas aproveitam estes planos para a intrusão;
- As fibras de quartzo apresentando duas direções distintas teriam sido geradas por paleoesforços anteriores, portanto mais antigos, pois estas estruturas dificilmente são correlacionadas com as outras estruturas caracterizadas na região;
- Os sistemas de juntas de direções NNW-SSE e NNE-SSW, observados em alguns afloramentos, tratam-se provavelmente de um sistema de juntas de cisalhamento conjugado. Nota-se que direção NNW-SSE é compatível com o sistema sintético de Riedel (R). Isto é coerente com paleoesforços que geraram as falhas transcorrentes sinistrais de direção NNE-SSW, que cortam as rochas alcalinas.
- A movimentação sinistral das falhas transcorrentes, aparentemente, teria precedido a movimentação dextral;
- As falhas inversas e normais parecem corresponder ao último evento, podendo, alternativamente, ter sido geradas concomitantemente com as falhas transcorrentes dextrais, mediante paleoesforços compressivos variando de NE-SW a E-W;

O modelo tectônico aqui proposto encontra-se sistematizado na tabela da figura 53, com as estruturas sendo separadas temporalmente a partir de sua relação com as rochas intrusivas.

Neste modelo, os paleoesforços relacionados ao último evento são compatíveis com os esforços regionais determinados para a placa Sul-Americana (Coblentz & Richardson 1996).

Apesar do grande número de estruturas caracterizadas na região, em diferentes escalas, não foi possível associá-las com a formação do domo propriamente dito. No ponto 213, o sistema de juntas ortogonais representados pelas cores amarela e verde assemelha-

se muito ao sistema de juntas extensionais descrito por Caputo (1995). Neste sentido, a formação destas juntas estaria relacionada a um esforço máximo vertical paralelo à linha formada pela intersecção dos dois planos. Desta forma, as estruturas aqui caracterizadas são compatíveis com a intrusão de rochas alcalinas.

Período	Eventos e Estruturas	Esforços Vigentes
Pré- intrusões alcalinas	Formação de Juntas e falhas de direção NW-SE apresentando estrias com caimento de alto ângulo e juntas de extensão com direções NW-SE e NE-SW	$\sigma_1 = \text{NE}, \text{NW}, (?)$
Sin- intrusões alcalinas	Formação de diques de fonolito e lamprófito	$\sigma_1 = \text{NE}$
Pós- intrusões alcalinas	Formação de falhas transcorrentes sinistrais de direção NNE-SSW, e juntas de cisalhamento sintéticas (R) de direção NNW.	$\sigma_1 = \sim \text{NW}$
	Reativação das falhas NNE-SSW como transcorrentes dextrais; Formação de falhas inversas N-S e normais E-W e WNW-ENE.	$\sigma_1 \text{ ENE a E}$

Fig 53. Tabela relacionando temporalmente os eventos e esforços.

8. CONCLUSÕES

O Domo de Lages consiste em um alto-estrutural, onde as formações paleozóicas da Bacia do Paraná foram soerguidas e aparecem aflorando na mesma cota dos derrames da Formação Serra Geral.

Encontram-se associadas ao domo inúmeras intrusões de rochas alcalinas, tanto na forma de e sills quanto na forma de diques.

As rochas alcalinas, assim como os basaltos e as rochas sedimentares, encontraram-se afetadas por estruturas rúpteis superpostas (falhas e juntas), assim como por estruturas contendo o desenvolvimento de fibras associadas com sistemas de juntas extensionais, as quais foram consideradas como sendo de idade neopaleozóica. A idade do magmatismo alcalino na região é considerada ao redor de 80 Ma (Scheibe, 1986), sendo portanto esta a idade máxima para as estruturas que cortam estas rochas.

O mapa dos lineamentos extraídos de imagens de satélite apresentam direções principais N-S e NW-SE.

Com base na análise dos acamamentos observou-se uma predominância de mergulhos para Sul, mesmo nos afloramentos situados a norte do morro do Tributo, uma das principais ocorrências de rochas alcalinas da região. O mapeamento geológico realizado por Scheibe (1986) mostra a existência de várias intrusões, porém com dimensões menores do que as do Tributo. Desta forma, conclui-se que a estruturação do Domo de Lages deve estar relacionado com uma intrusão alcalina em profundidade situada a norte do morro do Tributo.

A análise estrutural realizada, embora dificultada pela escassez de indicadores cinemáticos e relações de campo, permitiu a elaboração de um modelo tectônico compatível com as estruturas observadas, cujos principais eventos foram assim hierarquizados:

- 1) Paleoesforços com direções variando de NE a NW, anteriores às intrusões alcalinas (?);
- 2) Paleoesforço máximo de direção NE-SW, concomitante com a colocação dos diques de fonolito e os lamprófiros;
- 3) Paleoesforço máximo com direção NW-SW, posterior as intrusões, desenvolvendo falhas transcorrentes sinistrais e juntas conjugadas, sintéticas, tipo "R", de direção NNW-SSE;

4) Paleoesforço máximo NE-SW a E-W, que foi responsável pela reativação de falhas transcorrentes dextrais e formação de falhas inversas e normais de direções, respectivamente, E-W e N-S.

A correlação entre as estruturas observadas no campo e os lineamentos obtidos a partir da imagem de satélite mostra que as falhas transcorrentes apresentam poucos reflexos morfoestruturais. A direção N-S corresponde a principal direção dos lineamentos observados na imagem e deve estar associada com as falhas inversas caracterizadas na região.

As estruturas mais importantes observadas em campo são predominantemente NNE-SSW e ao redor de N-S, com as estruturas NW-SE aparecendo subsidiariamente, aspecto este que contrasta com o grande número de lineamentos nesta mesma direção interpretados a partir da imagem. Contudo, em uma observação mais rigorosa do mapa de lineamentos nota-se que a maioria destes lineamentos encontram-se fora da área em que foi feita a análise estrutural. Além disso, tais lineamentos apresentam dimensões bastante reduzidas quando comparados com os lineamentos de direção N-S.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. 1983. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana. *Rev. Bras. de Geociências*, São Paulo, 13(3):139-158.
- AMARO, V. E. & STRIEDER, A. J. 1994. Análise de Fotolineamentos e padrões estruturais em imagens de satélite. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Balneário de Camburiú., Resumos expandidos, Sociedade Brasileira de Geologia, V.3, p. 233 – 234.
- ANGELIER, J. & MECHLER, P. 1977. Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des dièdre droit. *Bull. Soc. Geol. de France*, 7(6):1309-1318.
- ANGELIER, J. 1979. Determination of the mean principal directions of stress for a given fault population. *Tectonophysics*, 56:T17-T26
- ARTHAUD, F. 1969. Méthode de détermination graphique des direction de raccourcissement, d'allongement et intermédiaire d'une population de failles. *Bull. Soc. Geol. de France*, 7(XI):729-737.
- ASSINE, M.L.; SOARES, P.C.; MILANI, E.J. 1994. Sequências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 24, n.2, p. 77-89.

- CAPUTO, R. 1995. Evolution of orthogonal sets of coeval extension joints. *Terra Nova*, 7:479-490.
- CASTRO, J.C. 1994. **Coluna White – Estratigrafia da Bacia do Paraná no Sul do Estado de Santa Catarina, Brasil**. Florianópolis: Secretaria de Estado da Tecnologia, Energia e Meio Ambiente, 68 p.(Série Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina, 4).
- CHAVEZ, M. 1975. Atmospheric solar and MTF corrections of ERTS digital imagery. In: *American Society Of Photogrammetry Fall Convention*. Proceedings. Phoenix, 69-69a.
- DUYSTER, J. – StereoNett 2.46. Programa de Computador – Ruhr Universität Bochum.
- EMMONS, R. C. 1969. Strike-slip rupture patterns in sand models. *Tectonophysics*, 7(1):71-87.
- FEIJÓ, F. J. 1994. Cartas estratigráficas das bacias sedimentares brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Balneário de Camburiú., Resumos expandidos, Sociedade Brasileira de Geologia, V.3, p. 233 – 234.
- FERNANDES da SILVA, P. C. Tectônica Rúptil da região entre Pilar do Sul e Votorantim, SP **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 4, p.485-494.
- FERRARI, A. L. 2001. Evolução tectônica do *Graben* da Guanabara. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 412 p.
- FULFARO, V.J.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V.; VIANNA, R.B. 1982. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 12, n. 4, p.590-610.
- GAMOND, J. F. 1983. Displacement features associated with fault zones: a comparison between observed and experimental models. *Journal of Structural Geology*, 5(1):33-45.
- GAMOND, J. F. 1987. Bridge structures as sense of displacement criteria in brittle fault zones. *Journal of Structural Geology*, 9(5/6):609-620
- GILBERTO CÂMARA, RICARDO CARTAXO MODESTO SOUZA, UBIRAJARA MOURA FREITAS, JUAN GARRIDO, FERNANDO MITSUO II, 1993, SPRING: INTEGRATING REMOTE SENSING AND GIS BY OBJECT-ORIENTED DATA MODELLING,
- HACHIRO, J.; COUTINHO, J.M.V; RICCOMINI, COIMBRA, A.M.; FERNANDES, L.A. 1994. O astroblema de Piratininga (São Paulo, Brasil). In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 3, Rio Claro. **Boletim**. Rio Claro, UNESP, p.93-96.
- HANCOCK, P. L. 1985. Brittle microtectonics: principles and practice. *J. Struct. Geol.*, 7 (3/4):437-457.

- LIU C. C. 1984. Análise estrutural de lineamentos em imagens de sensoriamento remoto: aplicação ao estado do Rio de Janeiro. São Paulo. Tese de Doutorado do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- LIU, C. C. 1987. A geologia estrutural do estado do Rio de Janeiro, vista através de imagens MSS do LandSAT In: Simpósio de Geologia RJ-ES, 1, RJ. **Anais Rio de Janeiro**, Sociedade Brasileira de Geociências, p. 164-168.
- LOCZY, L. 1966. Evolução paleogeográfica e geotectônica da Bacia Gondvânica do Paraná e do seu embasamento. DNPM/Dgm **Boletim**, 234p.
- LOCZY, L. 1968. Basic and alkalic volcanics of the state of Santa Catarina. **Anais Acad. Bras. Ciências**, v. 40, suplemento, 187-193.
- MILANI, E.J. 1997. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica Fanerozóica do Gondvâna Sul-Occidental**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. V1, 255p.
- PETIT, J. P. 1987. Criteria for the sense of movement on fault surfaces in brittle rocks. **Journal of Structural Geology**, 9(5/6):597-608
- RICCOMINI, C. 1989. O Rift continental do sudeste do Brasil. São Paulo, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 256p.
- RICCOMINI, C. 1995. **Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares Pós-Gondvânicos da porção centro-oriental do estado de São Paulo e áreas vizinhas**. Tese de Livre Docência. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 100p.
- RICCOMINI, C; POHL, L. L. ; FELISBINO JR, S. E.; FAMBRINI, GELSON LUÍS; SANT'ANNA, L. G.; COIMBRA, A. M. Tectônica trascorrente na Bacia do Paraná: o exemplo da zona de cisalhamento de Paraisolândia, SP. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 2, São Paulo, 1991, Atas, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia (Núcleos: São Paulo e Rio de Janeiro), p. 181-182.
- RIEDEL, W. 1929. Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen: **Centrbl. f. Mineral. Geol. u. Pal.**, v. 1929 B, p 354-368.
- SCHEIBE, L. F. 1980. Distrito alcalino de Lages, SC. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Balneário Camboriú, 1980. Roteiros das Excursões, Balneário Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia, **Boletim** 3:25-31.
- SCHEIBE, L. F. 1986. **Geologia e Petrologia do Distrito Alcalino de Lages, SC**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 224p.
- SCHEIBE, L. F.; KAWASHITA, K. & GOMES, C.B. 1985. Contribuição à geocronologia do Complexo Alcalino de Lages, SC. In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 2,

- Florianópolis, **Anais.**, Florianópolis, Sociedade Brasileira de Geologia (Núcleos RS-SC e PR), p.299-307.
- SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974, **Anais.** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p. 41-65.
- SOARES, P.C. 1974. Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná, classificação e gênese. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28. Porto Alegre. **Anais.** Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, v.4, p.107-121.
- SYLVESTER, G. A. 1988. Strike-slip faults. *Geol. Soc. Am. Bull.*,100:1666-1703
- TCHALENKO, J. S. 1970, Similarities between shear zones of different magnitudes: *Geol. Soc. Am. Bull.*,v. 81(6):1625:1640.
- TIJIA, H.D. 1994. Slikenides and fault movements. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 75:683:685
- WARREN, L. V. 2002. Mapeamento geológico de um segmento na parte sul do Domo de Lages,SC. Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 42p.
- WHITE, I.C. 1908. **Relatório sobre as coal measures e rochas associadas ao sul do Brasil.**Rio de Janeiro: Comissão das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, 300 p.
- WILCOX, R. E.; HARDING, T. P. ; SEELY, D. R. 1973. Basic wrench tectonics. *The American Association of Petroleum Geologists Bull.*, 57(1):74-95
- ZALÁN, P. V. 1986 A tectônica transcorrente na exploração de petróleo: uma revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 16, n. 3, p.245-257.

10. ANEXOS

ANEXO A) - FOTOLINEAMENTOS

ANEXO A – ESTATÍSTICAS DOS FOTOLINEAMENTOS

Lineamentos extraídos na escala de Observação 1:150.000

Total de 292 lineamentos

Azimute Inicial	Azimute Final	Frequência Absoluta	Comprimento Absoluto	Frequência Relativa	Comprimento Relativo	Média dos Comprimentos	Azimute médio
0	5	12	30044.69	4.11	2.42	2503.72	1.19
5	10	7	17307.71	2.40	1.40	2472.53	7.11
10	15	17	60573.08	5.82	4.89	3563.12	12.37
15	20	10	40084.59	3.42	3.23	4008.46	18.39
20	25	10	51020.39	3.42	4.12	5102.04	20.95
25	30	6	13661.08	2.05	1.10	2276.85	25.24
30	35	8	38869.22	2.74	3.14	4858.65	33.16
35	40	2	5029.93	0.68	0.41	2514.96	38.78
40	45	7	43119.86	2.40	3.48	6159.98	40.65
45	50	5	15348.27	1.71	1.24	3069.65	47.45
50	55	5	22152.41	1.71	1.79	4430.48	53.84
55	60	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	65	3	13358.28	1.03	1.08	4452.76	64.09
65	70	3	17484.43	1.03	1.41	5828.14	65.98
70	75	9	100852.01	3.08	8.14	11205.78	74.79
75	80	4	13135.18	1.37	1.06	3283.79	78.84
80	85	1	4888.46	0.34	0.39	4888.46	81.12
85	90	4	18724.46	1.37	1.51	4681.11	85.07
90	95	1	914.01	0.34	0.07	914.01	94.98
95	100	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	105	3	24463.82	1.03	1.97	8154.61	101.98
105	110	4	14875.74	1.37	1.20	3718.94	108.11
110	115	4	12662.28	1.37	1.02	3165.57	111.26
115	120	10	83629.83	3.42	6.75	8362.98	118.56
120	125	11	32787.59	3.77	2.65	2980.69	123.76
125	130	11	35916.69	3.77	2.90	3265.15	127.68
130	135	8	14704.59	2.74	1.19	1838.07	132.14
135	140	8	130632.24	2.74	10.54	16329.03	137.20
140	145	7	13783.68	2.40	1.11	1969.10	143.21
145	150	17	64370.50	5.82	5.19	3786.50	148.37
150	155	13	36940.80	4.45	2.98	2841.60	152.31
155	160	13	28688.96	4.45	2.31	2206.84	159.57
160	165	15	35505.18	5.14	2.87	2367.01	160.40
165	170	15	49590.27	5.14	4.00	3306.02	169.54
170	175	14	31510.25	4.79	2.54	2250.73	173.44
175	180	25	122640.53	8.56	9.90	4905.62	178.00

Tabela A1 – Estatística dos lineamentos extraídos na escala de observação 1:150.000, separados por intervalos de azimuth

Lineamentos extraídos na escala de Observação 1:25.000

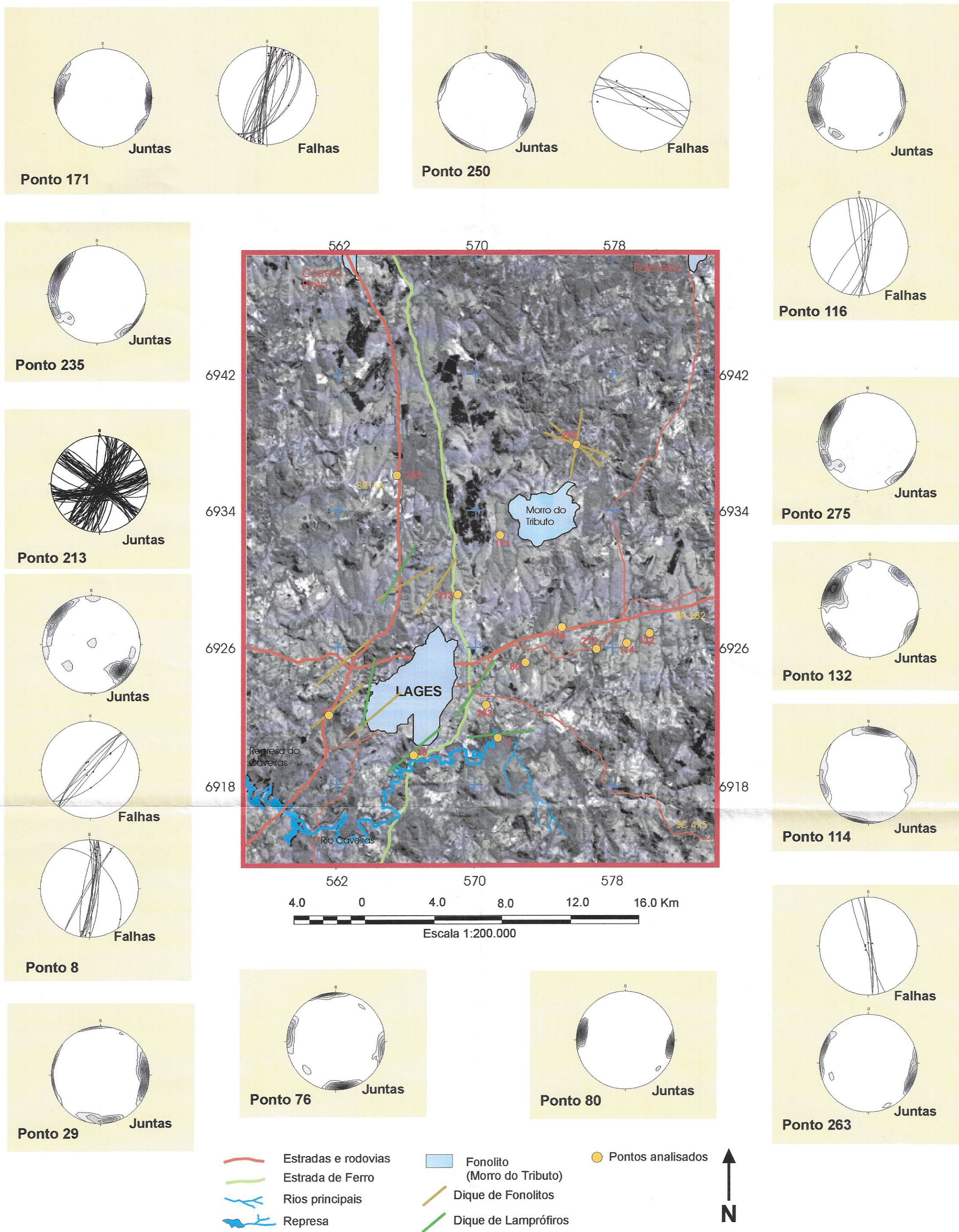
Total de 2157 lineamentos

Azimute Inicial	Azimute Final	Frequência Absoluta	Comprimento Absoluto	Frequência Relativa	Comprimento Relativo	Média dos Comprimentos	Azimute Médio
0	5	77	101182.44	3.57	3.92	1314.06	4.15
5	10	65	84180.54	3.01	3.26	1295.09	8.30
10	15	75	110423.94	3.48	4.28	1472.32	12.60
15	20	56	72603.92	2.60	2.81	1296.50	17.96
20	25	62	70056.26	2.87	2.72	1129.94	22.32
25	30	52	60486.55	2.41	2.34	1163.20	28.14
30	35	46	43286.29	2.13	1.68	941.01	31.26
35	40	37	46418.66	1.72	1.80	1254.56	37.97
40	45	38	44290.51	1.76	1.72	1165.54	43.99
45	50	29	31149.93	1.34	1.21	1074.14	47.41
50	55	34	35906.70	1.58	1.39	1056.08	50.99
55	60	27	32306.33	1.25	1.25	1196.53	57.40
60	65	40	64392.37	1.85	2.50	1609.81	62.67
65	70	26	40175.08	1.21	1.56	1545.20	66.42
70	75	31	53634.87	1.44	2.08	1730.16	71.75
75	80	21	23785.90	0.97	0.92	1132.66	76.13
80	85	18	11484.56	0.83	0.45	638.03	80.19
85	90	51	43728.28	2.36	1.70	857.42	88.53
90	95	23	19415.13	1.07	0.75	844.14	91.57
95	100	34	26171.22	1.58	1.01	769.74	96.73
100	105	35	30170.97	1.62	1.17	862.03	100.62
105	110	48	49419.82	2.23	1.92	1029.58	106.23
110	115	54	56488.91	2.50	2.19	1046.09	112.49
115	120	67	87216.93	3.11	3.38	1301.75	118.90
120	125	70	69675.82	3.25	2.70	995.37	123.47
125	130	104	121181.09	4.82	4.70	1165.20	129.87
130	135	80	87685.87	3.71	3.40	1096.07	132.85
135	140	105	129703.15	4.87	5.03	1235.27	139.41
140	145	95	92072.15	4.40	3.57	969.18	140.30
145	150	98	104484.12	4.54	4.05	1066.16	148.31
150	155	122	166563.33	5.66	6.46	1365.27	151.26
155	160	89	116166.50	4.13	4.50	1305.24	159.36
160	165	83	104623.83	3.85	4.06	1260.53	161.73
165	170	58	53440.51	2.69	2.07	921.39	169.12
170	175	89	120607.89	4.13	4.68	1355.14	171.41
175	180	118	175052.96	5.47	6.79	1483.50	180.00

Tabela A2 – Estatística dos lineamentos extraídos na escala de observação 1:25.000, separados por intervalos de azimuth

ANEXO B – MAPA APRESENTANDO AS PRINCIPAIS ESTRUTURAS





ANEXO B - Mapa representando os diques e os principais pontos analisados.

