UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE ESTRUTURAL DA FALHA DA LANCINHA
Estado do Paraná

Elvo Fassbinder

Orientador: Prof. Dr. Georg Robert Sadowski

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

São Paulo
1990

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE ESTRUTURAL DA FALHA DA LANCINHA
Estado do Paraná

DEDALUS - Acervo - IGC
30900004893

Elvo Fassbinder

Orientador: Prof. Dr. Georg Robert Sadowski

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
T/1526
e.2
U.S.P.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome	ass.
Presidente:	Dr. G.R.Sadowski	
Examinadores:	Dr. A.P.Fiori	
	Dr. M.E.Silva	

São Paulo
1990

Ao Prof. Dr. ALBERTO PIO FIORI,

minha gratidão pela CO-ORIENTAÇÃO neste trabalho, e pelo apoio e incentivo na minha formação profissional.

À minha esposa NADIA, com carinho.

S U M Á R I O

Pág.

RESUMO. xi

ABSTRACT. xii

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Definição da Área e dos Objetivos. 01

1.2 - Métodos e Planejamento. 03

1.3 - Auxílios. 05

1.4 - Agradecimentos. 05

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 - Trabalhos Anteriores

2.1.1 - Generalidades. 09

2.1.2 - Tectônicas Rúptil e Dúctil. 10

2.1.3 - Sistemas de Fraturamentos. 12

2.1.4 - Polaridades. 13

2.1.5 - Formação Camarinha. 18

2.1.6 - Hipóteses de Trabalho Estabelecidas por Diversos Autores. 18

2.2 - Considerações Gerais sobre a Litoestratigrafia Regional. 20

2.2.1 - Complexos Cristalino e Pré-Setuva. ... 21

2.2.2 - Grupo Setuva. 22

2.2.3 - Grupo Açungui. 22

2.2.4 - Sequências Fanerozóicas. 24

2.2.5 - Modelo Geológico do Vale do Ribeira - Hasui(1986). 24

2.3 - Considerações Teóricas Sobre o Modelo de Riedel. 25

2.3.1.- Dobras Escalonadas ("en echelon folds"). 27

2.3.2 - Falhas Transcorrentes Conjugadas. 30

2.3.3 - Falha Transcorrente Principal. 33

2.3.4 - Outras Estruturas. 34

2.3.5 - Regimes Transpressionais e Transtensionais. 35

2.3.6 - Modelo Alternativo. 35

2.3.7 - Considerações sobre o Modelo de Riedel. 36

2.4 - Considerações sobre o Modelo de Níveis Estruturais. 37

3 - APRESENTAÇÃO DOS DADOS E CARACTERIZAÇÕES DA FALHA DA LANCINHA

3.1 - Feições Macroscópicas Observadas

3.1.1 - No Sudeste Brasileiro. 38

3.1.2 - No Pré-Cambriano do Estado do Paraná. 42

3.1.2.1 - Generalidades. 42

3.1.2.2 - Lineamentos. 42

3.1.2.3 - Compartimentação Tectônica. 44

3.1.2.4 - Aspectos Geomorfológicos ... 47

3.1.2.5 - Análise de Imagens de Satélite, Escala 1:500.000, 1:250.000 e 1:100.000. 48

3.1.2.6 - Zoneamento Deformacional. .. 53

3.2 - Feições Mesoscópicas Observadas. 56

3.2.1 - Núcleo Betara. 56

3.2.1.1 - Área de Pombas. 56

3.2.1.2 - Área de Ouro Fino. 70

3.2.2 - Afloramentos Adjacentes ao Núcleo Betara. 80

3.2.3 - Grupo Açungui. 83

3.2.3.1 - Lenticularizações. 83

3.2.3.2 - Foliação Cataclástica. 83

3.2.3.3 - Brechação e Milonitização... 85

3.2.3.4 - Redobramentos. 87

3.2.4 - Formação Camarinha. 89

3.2.4.1 - Generalidades. 89

3.2.4.2 - Efeitos do Sistema Transcorrente. 91

3.2.4.3 - Análise de Deformação. 97

3.2.5 - Reativações ao longo da Falha da Lancinha. 101

4 - DISCUSSÃO DOS DADOS

4.1 - Carater Transcorrente do Lineamento Lancinha. 107

4.1.1 - Núcleo Betara. 107

4.1.2 - Grupo Açungui. 108

4.1.3 - Formação Camarinha. 108

4.2 - Carater Transpressivo do Lineamento. 109

4,2.1 - Núcleos Antiformais. 109

4.2.2 - Evidências de Estrutura em Flor. 109

4.2.3 - Intrusões Graníticas Associadas ao Lineamento Lancinha. 110

4.2.4 - Nível Estrutural de Exposição das rochas Deformadas pela Falha da Lancinha. 111

4.3 - Aplicação do Modelo de Riedel. 112

4.3.1 - No Grupo Açungui. 112

4.3.1.1 - Dobras Escalonadas. 114

4.3.1.2 - Falhas Sintéticas. 117

4.3.1.3 - Falhas Antitéticas. 118

4.3.1.4 - Falha Principal. 119

4.3.1.5 - Família de Juntas X e T. ... 119

4.3.1.6 - Falhas de Empurrão. 121

4.3.1.7 - Diques Mesozóicos. 121

4.3.1.8 - Ângulos entre as Estruturas de Riedel no Grupo Açungui. 122

4.3.1.9 - Eixos do Elipsóide de Deformação. 125

4.3.2 - No Núcleo Betara. 125

4.4 - Duplex de Riedel. 130

4.5 - Polaridade dos Deslocamentos Transcorrentes... 131

4.6 - Discussão do Rejeito Horizontal da Falha. 133

4.7 - Eventos Transcorrentes Cubatão e Lancinha..... 138

4.8 - Evolução Geológico-Temporal do Lineamento Cubatão-Lancinha. 140

5 - CONCLUSÕES. 145

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 150

SUMÁRIO DAS ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

1.1 - Mapa de localização da área estudada. 02

2.1 - Direções tectônicas identificadas na região de Rio Branco do Sul. 11

2.2 - Mapa do arcabouço estrutural da Bacia do Paraná... 15

2.3 - Reativações de lineamentos que atuaram na Bacia do Paraná. 16

2.4 - Deslocamento Sinistral de diques de diabásio nas imediações de Bateias. 17

2.5 - Colunas estratigráficas adotadas neste trabalho para o pré-Cambriano do Estado do Paraná. 20

2.6 - Coluna estratigráfica adotada neste trabalho para as sequências Fanerozóicas. 21

2.7 - Mapa geológico-estrutural da região ao norte de Curitiba-Pr, evidenciando núcleos antiformais. ... 23

2.8 - Orientação de dobras e falhas através do padrão "en echelon" ou escalonado. 27

2.9 - Esforços, estruturas e elipsóide de deformação associados a uma zona transcorrente. 28

2.10- Estruturas secundárias geradas a partir de uma falha transcorrente. 28

2.11- Diagrama sintético da geometria de dobras escalonadas. 30

2.12- Diagrama do experimento de Riedel. 31

2.13- Disposição helicoidal de falhas sintéticas, formando "tulip structure". 32

2.14- Rotação de falhas antitéticas. 32

3.1 - O Lineamento Além Paraíba-Cubatão-Lancinha no contexto geológico do sul-sudeste do Brasil.... 39

3.2 - Geometria dos falhamentos transcorrentes no pré-Cambriano dos Estados do Paraná e SW de São Paulo. 41

3.3 - Compartimentação tectônica estabelecida pelo Sistema Transcorrente Lancinha. 43

3.4 - Diagrama Schmidt-Lambert da foliação milonítica da área de Pombas. 57

3.5 - Diagrama Schmidt-Lambert de zonas de cisalhamento do ponto nº 12 (área de Pombas). 62

3.6 - Diagrama Schmidt-Lambert de microdobras do afloramento nº 143 (Área de Pombas). 67

3.7 - Diagrama Schmidt-Lambert com polos da foliação rúptil-dúctil, foliação milonítica e intersecção da foliação milonítica nos planos da foliação rúptil-dúctil. 68

3.8 - Diagrama Schmidt-Lambert de clivagens de fratura da área de Pombas. 69

3.9 - Diagrama Schmidt-Lambert da foliação milonítica da área de Ouro Fino. 71

3.10- Diagrama Schmidt-Lambert com polos da foliação rúptil-dúctil, foliação milonítica e intersecção da foliação milonítica nos planos da foliação rúptil-dúctil. 74

3.11- Diagrama Schmidt-Lambert de eixos de dobras e microdobras da área de Ouro Fino. 77

3.12- Diagrama Schmidt-Lambert de polos de clivagens de fraturas da área de Ouro Fino. 78

3.13- Diagrama com dobras mesoscopicas em rochas quartzíticas do afloramento nº 59. 81

3.14- Mapa de localização da Formação Camarinha. 90

3.15- Diagrama Schmidt-Lambert de polos de atitudes de acamamento da Formação Camarinha. 95

3.16- Diagrama Schmidt-Lambert com lineações de estiramento de seixos da Formação Camarinha. 96

3.17- Seixos deformados da Formação Camarinha, no ponto nº 37. 98

3.18- Análise de deformação. Gráfico com eixo x X eixo z (método gráfico). 99

3.19- Análise de deformação. Gráfico com Rf X Ø de seixos do ponto nº 37 (Método Analítico). 100

3.20- Diagrama Schmidt-Lambert de uma falha transcorrente Lateral Direita, na pedreira do Menegusso (afloramento nº 80). 103

3.21- Diagrama Schmidt-Lambert com diversas falhas e zonas de cisalhamentos obtidos regionalmente.... 106

4.1 - Bloco Diagrama esquemático sugerindo a presença de estrutura em flor positiva na área de Pombas. 110

4.2 - Sistema Transcorrente Lancinha e corpos graníticos associados. 111

4.3 - Disposição e ângulos médios entre as Estruturas de Riedel em metassedimentos do Grupo Açungui. 113

4.4 - Desenho esquemático de dobras geradas pelos processos de cisalhamento Simples e Puro. 116

4.5 - Direções médias de cisalhamentos verificados no ponto nº 12 (núcleo Betara), e suas relações angulares. 127

4.6 - Duplex de Riedel estruturado ao longo do Lineamento Lancinha. 130

4.7 - Desenho esquemático com as características dos Eventos transcorrentes Cubatão e Lancinha..... 140

FOTOGRAFIAS

3.1 - Imagem de Satélite Landsat, escala 1:100.000, abrangendo a porção SE do Pré-Cambriano do Estado do Paraná. 50

3.2 - Cisalhamento e lenticularização de rochas incompetentes em torno de camadas mais competentes (Afloramento nº 12). 59

3.3 - Detalhe da FOTO 3.2. 60

3.4 - Zonas de Cisalhamento com direção NE, destrógira. 61

3.5 - Zona de cisalhamento idêntica a FOTO 3.4. 61

3.6 - Pequena Zona de Cisalhamento levógira, com direção N20W/58SW (Afloramento nº 12). 63

3.7 - Cisalhamento lateral esquerdo, com direção N12-17E. 64

3.8 - Cisalhamento lateral direito com direção N12E, no ponto nº 12 (Núcleo Betara). 65

3.9 - Dobras fechadas do ponto nº 12. 65

3.10- Afloramento com lenticularização e cisalhamento de camadas do ponto 169 (Área de Ouro Fino).... 72

3.11- Lenticularização e ruptura de camadas do ponto nº 202. 73

3.12- Conglomerados milonitizados do Núcleo Betara, expostos no leito da estrada do ponto 18. 75

3.13- Superimposição de uma foliação rúptil-dúctil sobre a foliação milonítica no ponto 18. 76

3.14- Dobras abertas em rochas quartzíticas friáveis do afloramento nº 34.. 82

3.15- Lanticularização de camadas metassedimentares do Grupo Açungui, no ponto nº 68. 84

3.16- Aspecto lenticular de corpos de quartzito, na zona de falha da Lancinha. Morro da TV, a noroeste de Rio Branco do Sul. 85

3.17- Detalhe de uma lente de quartzito da FOTO 3.16.... 86

3.18- Brechas em rochas carbonáticas da Formação Votuverava (?). Ponto nº 22. 87

3.19- Dobras de arrasto do sistema transcorrente Lancinha. Afloramento nº 07, nas proximidades de Rio Branco do Sul. 88

3.20- Dobras em chevron do ponto nº 50, nas proximidades de Bateias. 89

3.21- Seixos estirados da Formação Camarinha, pelo Sistema Transcorrente Lancinha. Ponto nº 37. 92

3.22- Seixos indeformados da Formação Camarinha. Ponto nº 60. 92

3.23- Clivagem de fratura impressa em conglomerados deformados da Formação Camarinha. 93

3.24- Camadas com seixos deformados da Formação Camarinha intercalados em filitos da Formação Votuverava e dobrados de forma fechada. Ponto nº 39... 93

3.25 - Clivagem de fratura com direção N60W, preenchida por material indeformado, posteriormente reativada pelos planos de fraqueza da foliação gnáissica, com movimento lateral direito (Afloramento nº 80). 102

3.26 - Zonas de cisalhamento rúpteis-dúcteis, com movimento lateral direito. 104

QUADROS

1 - Cronograma dos trabalhos. 06

2 - Família de lineações que ocorrem no Mapa de lineações do ANEXO I. 51

3 - Sinopse dos dados estruturais das áreas de detalhamento de Pombas e Ouro Fino. 79

4 - Relações angulares entre diversos corpos graníticos e o lineamento Lancinha, com as respectivas deformações associadas. 136

ANEXOS

I - Sistema de Lineações da Falha da Lancinha e de Processos Regionais.

II - Mapa de Isocurvas de Lineações do Anexo I.

III - Mapa de Pontos.

IV - Mapa Geológico-Estrutural da Área de Pombas.

V - Mapa Geológico-Estrutural da Área de Ouro Fino.

A B S T R A C T

Two distinct events (Cubatão and Lancinha) were recognized to have taken place for the structural installation of the Além Paraíba-Cubatão-Lancinha lineament.

The Cubatão strike-slip fault affected gnaissic rocks, producing mylonites and blastomylonites, associated with amphybolite facies metamorphism and essentially ductile deformation along its strike.

The overlying Açungui metassediments were deformed due to reactivation of earlier weakness planes originated at the Cubatão event. Several secondary structures, such as en échelon folds, synthetic and antithetic faults, Y(D), X and T fractures were simultaneously develloped, in accordance with Riedel's Model. Generalized fracturing and rather few brecciation, along with lenticularization and constriction of some beds are associated phenomena. These deformations all were produced at intermediate crustal level and are due to the Lancinha strike-slip event.

Ductile and brittle-ductile transcurrent shears, beside brittle deformations, were exposed where transpressional stresses succeded to cut across the core gneisses of the structure known as Núcleo do Betara. NW-W/SE-E oriented stresses also led to Riedel's duplex structures.

Deformation of the Camarinha Formation was caused by a new reactivation of this mega shear zone. Pebble elongation measurements performed in the conglomeratic facies of this sequence indicated values of Rs=1.8-2.0.

Several reactivations also took place during Phanerozoic times and gentle movements seen to be notiable in present times.

R E S U M O

A estruturação do Lineamento Além Paraíba-Cubatão Lancinha ocorreu em dois eventos distintos: Cubatão e Lancinha.

O Evento Transcorrente Cubatão, atuante em rochas gnáissicas, mostra a presença de rochas miloníticas e blastomiloníticas, com metamorfismo do fácies anfibolito e deformações essencialmente dúcteis associadas.

A reativação de antigos planos de fraqueza gerados no Evento Cubatão, levaram à deformação dos metassedimentos Açungui sobrepostos, com a instalação de estruturas secundárias previstas no Modelo de Riedel, como dobras escalonadas, falhas sintéticas e antitéticas, além de fraturas do tipo Y(D), X e T. Associam-se a estas estruturas um generalizado fraturamento e esporádicas brechas, além de lenticularizações e constricções de camadas litológicas. Estas deformações geradas no nível estrutural médio, caracterizam o Evento Transcorrente Lancinha.

A presença de esforços transpressionais alçaram o Núcleo Betara, e expuseram cisalhamentos transcorrentes dúcteis, rúpteis-dúcteis, além de deformações rúpteis. Além disso, estes esforços NW-W/SE-E formaram estruturas do tipo "duplex de Riedel".

A Formação Camarinha foi deformada por nova reativação deste mega lineamento, estirando seixos do seu fácies conglomerático, com valores de Rs=1.8-2.0.

Diversas reativações tiveram lugar durante o Fanerozoico, até movimentos suaves, que parecem estar presente nos dias atuais.

C A P Í T U L O 1

I N T R O D U Ç Ã O

1.1 - DEFINIÇÃO DA ÁREA E DOS OBJETIVOS

A região estudada situa-se no leste do Estado do Paraná e à noroeste da cidade de Curitiba. Abrange parte dos municípios de Tunas, Bocaiúva do Sul, Rio Branco do Sul e Campo Largo, numa área relativamente linear, medindo 10 km de largura e 64 km de comprimento (FIG 1.1).

As principais localidades são Tunas, Bocaiúva do Sul, Rio Branco do Sul, Bateias e Campo Largo. O acesso, a partir da cidade de Curitiba, pode ser feito pelas rodovias BR 476 (Curitiba-Tunas); BR 277 (Curitiba-Campo Largo); PR 092 (Curitiba- Rio Branco do Sul); e PR 090 (Curitiba-Bateias).

Este trabalho tem por OBJETIVO estudar o Lineamento Cubatão no seu prolongamento no Estado do Paraná, onde passou a ser denominado de FALHA DA LANCINHA. Foi objeto de análise a DEFORMAÇÃO impressa por este lineamento nos diques básicos Juro - Cretáceos, sedimentos da Formação Camarinha, metassedimentos do Grupo Açungui e litologias do seu embasamento; identificação de possíveis reativações ao longo do sistema de falhas; quantificação da deformação impressa nos conglomerados da Formação Camarinha; e discussão do rejeito do lineamento, e das polaridades de deslocamento.

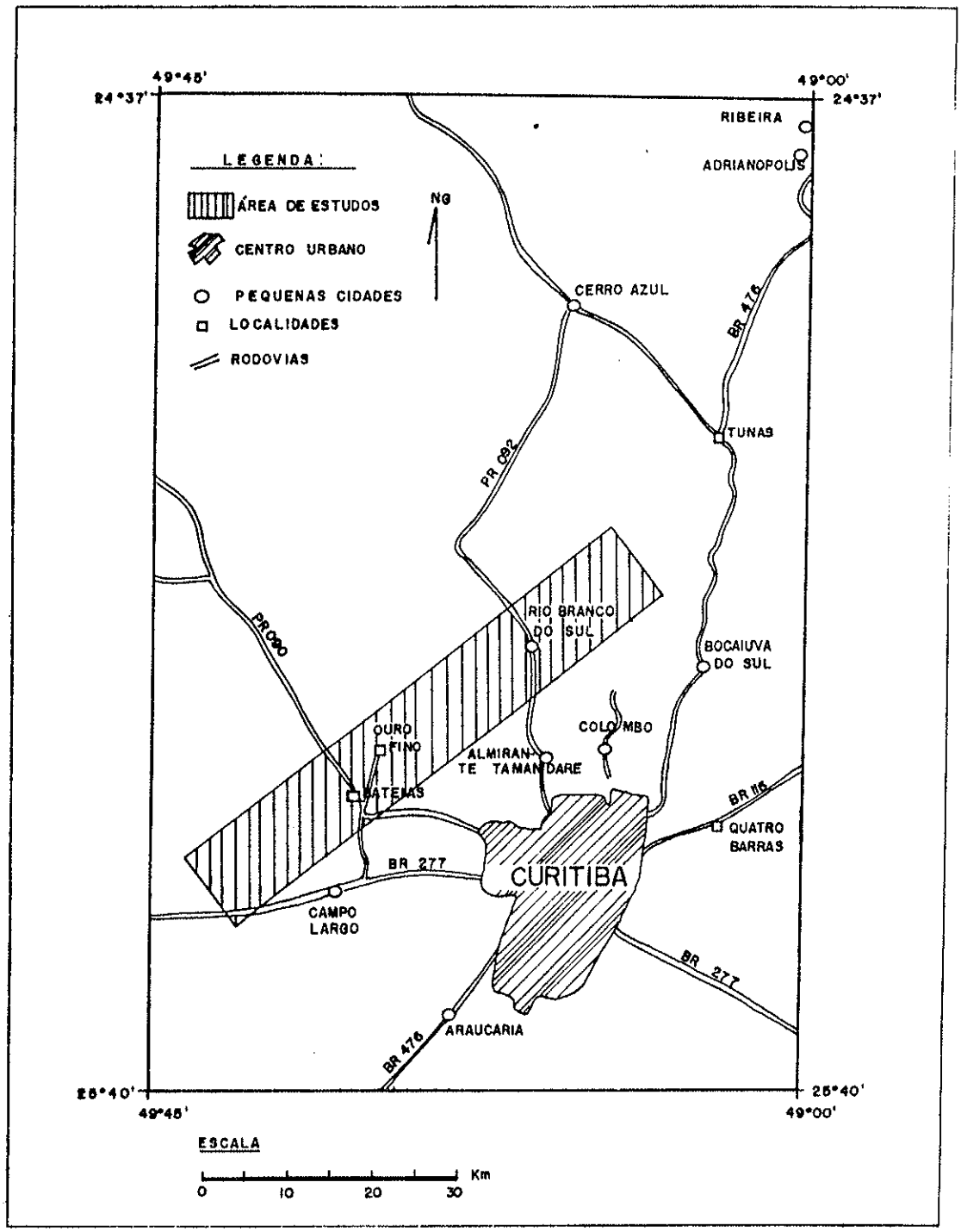


FIG 1.1 - Mapa de localização da área estudada.

FONTE: Mapa Geográfico do Estado do Paraná-1983/84, escala 1:500.000. Instituto de Terras e Cartografia.

1.2 - MÉTODOS E PLANEJAMENTO

Os métodos de análise do Sistema Transcorrente Lancinha constaram de estudos bibliográficos, de campo e laboratório.

Os ESTUDOS BIBLIOGRÁFICOS tiveram como objetivo principal a análise de parte da literatura existente sobre falhamentos quanto aos conteúdos teórico, geologia regional e trabalhos anteriores.

Os ESTUDOS DE CAMPO compreenderam: (A) Estudo regional sobre o traço principal da falha, numa área de 10 x 64 km , com identificação das melhores exposições de rochas deformadas pela falha. Esta atividade foi desenvolvida com auxílio de fotografias aéreas nas escalas 1:20.000 e 1:60.000; mapas topográficos, nas escalas 1:10.000, 1:20.000 e 1:50.000, além de mapas geológicos, nas escalas 1:50.000 e 1:100.000. Foram identificados 84 afloramentos nesta fase dos trabalhos (Ver ANEXO I - Mapa de Pontos). (B) A seguir, efetuou-se a seleção dos melhores afloramentos para detalhamento. Obtiveram-se dados estruturais como lineações minerais, planos de foliação cataclástica/milonítica, estrias de atrito, flancos e traços axiais de dobras, atitudes de "gashes", etc. (C) Foram delimitadas duas áreas para detalhamento das estruturas da Falha da Lancinha (escala mesoscópica), superimpostas às deformações regionais previamente impressas nas rochas do Grupo Açungui e Núcleo Betara. A primeira está situada na Região de Itaperussú (Município de Rio Branco do Sul), e tem a localidade de POMBAS como referência. Nesta área, de aproximadamente 25 km^2, foram realizados trabalhos de cunho estrutural, além de pontos com controle litológico, num total de 111 afloramentos (Ver ANEXO III - Mapa de Pontos e ANEXO IV - Mapa Geológico-Estrutural da Área de Pombas). Na segunda área, localizada na região de Ouro Fino, imediações da localidade de Bateias, foi realizado idêntico trabalho (Ver ANEXO III - Mapa de Pontos e ANEXO V - Mapa Geológico-Estrutural da Área de Ouro Fino), com 189 afloramentos. Nesta etapa procedeu-se, ainda, a coleta de amostras orientadas de conglomerados da Formação Camarinha (pontos nºs 37, 61 e 62) para posteriores estudos de análise da deformação.

No LABORATÓRIO, os trabalhos constaram da interpretação de imagens de Satélite LANDSAT, na escala 1:100.000. Deste trabalho resultou o MAPA DE LINEAÇÕES DA FALHA DA LANCINHA no Estado do Paraná (ANEXO I), e o MAPA DE ISOCURVAS DE LINEAÇÕES DOS SISTEMAS NE e NE/E-W DA FALHA DA LANCINHA (ANEXO II), este último foi embasado nos dados do Anexo I. Constituiram-se em elementos auxiliares neste trabalho os mapas de BATOLA JR et al(1977), SILVA et al(1982), BIONDI,SOARES e CAVA(1983), SOARES(1984) e FIORI et al(1984,1987,1989) e FIORI(1985 E).

A caracterização dos produtos deformacionais do Sistema Transcorrente (Rochas cataclásticas/miloníticas) seguiram os princípios ditados por SPRY(1969), HIGGINS(1971), SIBSON(1977) e RAMSAY e HUBER(1987).

As estruturas planares e lineares presentes na zona de falha foram medidos em número adequado. Os dados foram lançados em diagrama Schmidt-Lambert por projeção estereográfica dos pólos de planos e retas. A distribuição dos polos e lineações, analisados pelos meios estatísticos adequados à tectônica, conduziram à determinação das orientações preferenciais das estruturas e de suas relações geométricas.

O estudo das diversas estruturas inseridas em seus respectivos níveis estruturais, seguiu os conceitos elaborados por MATTAUER(1972),RAMSAY e GRAHAM(1970), SIBSON(1977), RAMSAY (1967,1980), RAMSAY e HUBER(1983,1987).

A presença de pronunciadas estruturas rúpteis (disruptivas) ao longo do Sistema Transcorrente Lancinha, justificou uma análise mais detalhada dos padrões de fraturamentos previstos no MODELO DE RIEDEL (EMMONS,1968; TCHALENKO,1970; WILCOX et al,1973; HARDING e LOWELL,1979; HARDING,1973,1974,1985; READING, 1980; SADOWSKI,1983; HASUI e COSTA,1988; SYLVESTER,1988, entre outros (Ver ítem 2.3 - Considerações Teóricas sobre o Modelo de Riedel). Para tanto, foram utilizados lineações/lineamentos com direções específicas, com alguns rejeitos identificados, a partir da interpretação de imagens de Satélite Landsat (Anexo I) no GRUPO AÇUNGUI. No NÚCLEO BETARA, dados de compo permitiram idêntico estudo, agora a partir de estruturas dúcteis e dúcteis-rúpteis. A comparação destes resultados levou a conclusões satis

fatórias com relação aquelas previstas no modelo de RIEDEL.

Na quantificação da deformação dos sedimentos clásticos da Formação Camarinha, foi utilizada a Técnica Rf/Ø. Foram aplicados os métodos Gráfico e Analítico para comparação dos resultados. A base teórica foi obtida a partir de RAMSAY(1967), RAMSAY e HUBBER(1983) e LISLE(1985).

A elaboração e apresentação do texto desta dissertação foi embasado no trabalho de metodologia científica de CERVO e BERVIAN(1983).

O CRONOGRAMA estabelecido para o trabalho teve uma duração total de 48 meses, conforme indicado no QUADRO 1.

1.3 - AUXÍLIOS

Este trabalho teve o apoio financeiro das seguintes entidades:

CNPq - Período de 01/03/1986 a 31/07/86, na forma de bolsa;

FAPESP - Período de 01/08/1986 a 31/01/89, na forma de bolsa (processo nº 86/1125-2), e auxílio de despesas de Campo (processo nº GEO 86/3177-0).

CAPES - Período de 01/02/89 a 31/07/89, na forma de complementação de bolsa, para conclusão do trabalho.

1.4 - AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio financeiro da FAPESP - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, através dos processos nºs 86/1125-2 e GEO 86/3177-0, e ao CNPq e CAPES, os quais forneceram auxílios complementares. Auxílios adicionais foram prestados, ainda, pelo CONVÊNIO UFPR-MINEROPAR, o qual cedeu espaço físico para os trabalhos de escritório, bem como permitiu campanhas de campo conjugadas. E ao Departamento de Geologia da UFPR, que cedeu laboratórios e equipamentos. Aos dirigentes destas entidades os nossos

QUADRO 1 - C R O N O G R A M A D O S T R A B A L H O S

ATIVIDADES	ANO	PERÍODO 1986-87-88-89											
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGT	SET	OUT	NOV	DEZ
LEVANTAMENTO BIBLIOFRÁFICO	1986			xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx
	1987	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx		
	1988	xxxxxx						xxxxxx					
	1989												
FOTOINTERPRETAÇÃO (Imagens e Fotos aéreas).	1986						xxx	xxxx					xxxxx
	1987	xxxxxx	xxxxxx										
	1988												
	1989												
TRABALHOS DE CAMPO	1986												
	1987	xxxxxx	xxxxxx				xxx	xxxxx					xxxxxx
	1988	xxxxxx	xxxxxx					xxxxx					
	1989	xxxxxx	xxxxxx										
TRATAMENTO DE DADOS	1986												
	1987								xxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx
	1988	xxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx
	1989	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxx							
RELATÓRIO FINAL	1986												
	1987												
	1988								xxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx
	1989	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxx

agradecimentos.

Somos gratos à valiosa orientação, que sempre ocorreu em clima de amizade, fornecida pelo prof.Dr. GEORG ROBERT SADOWSKI, e ao prof.Dr. MARCOS EGYDIO DA SILVA que de forma cordial e prestativa participou da última etapa deste trabalho.

Boa parte do êxito deste trabalho deve-se a equipe do Convênio da UFPR-MINEROPAR, coordenada pelo prof.Dr. ALBERTO PIO FIORI, e composta pelo prof. EMERSON CARNEIRO CAMARGO, geólogo LUIZ ALBERTO GASPAR; estagiários AIRES WENDHANSEN, AMIN KATBEK, ANDERSON PIMENTEL, LUIZ CARLOS WEINCHUTZ, MARCELA M.de M. CORTEZ, e MARIA ANGELA PALUDO; e aos pós-graduandos da UNESP-Rio Claro, ANGELO SPOLADORE, CELSO EDUARDO FUMAGALLI, EDUARDO SALAMUNI e PAULO KOPS, pelas valiosas discussões, incentivos e auxílios prestados nos trabalhos de campo e etapas posteriores da dissertação. Participaram, ainda, nos trabalhos de campo os colegas FERNANDO ALTHOFF e MARCOS HENRIQUE WOLFF, aos quais externamos nossa gratidão.

Agradecimentos especiais aos profs. Dr. PAULO CESAR SOARES e Dr. PEDRO VITOR ZALÁN pela valiosa contribuição nas discussões teóricas; Dr. BENJAMIM BLEY DE BRITO NEVES pela leitura do texto, contribuíndo com críticas construtivas e sugestões oportunas; Ao Dr. VICENTE GIRARDI e Dr. RÔMULO MACHADO pelas importantes contribuições durante o andamento e conclusão dos trabalhos; e ao Dr. ELIMAR TREIN, pelo esmero na tradução do resumo para a lingua inglesa.

Agradecemos, ainda, ao DALTON T. R. SANTOS, pelo esmero nos desenhos; aos profs. JOSÉ MANOEL DOS REIS NETO e ELEONORA DE VASCONCELOS, pelo acesso ao laboratório de microscopia petrográfica da UFPR; prof. RENATO EUGÊNIO DA SILVA, pelo acesso ao laboratório de microcomputação da UFPR; prof. MAURO SALGADO MONASTIER, pelo acesso aos trabalhos de formatura dos alunos de geologia da UFPR; Sr. JOSÉ CARLOS DE GOUVÊA, da CPRM de São Paulo, pelo acesso ao Projeto de Integração e Detalhe Geológico do Vale do Ribeira; ao Setor Gráfico do IG-USP, chefiado pelo Sr. JAIME ALVES DA SILVA; as BIBLIOTECÁRIAS do IG-USP, Centro de Tecnologia da UFPR e MINEROPAR. Agradecemos, ainda, a Srta. NICIA MARIA BRANDÃO ZALAF da Secretaria do Departamento de Geologia Geral e

Aplicada e a Sra. MARIA MADALENA BENZI MATAZO VENTURA, chefe da Seção de Pós Graduação, ambas da USP, pela atenção e contribuição durante as atividades acadêmicas.

Aos amigos HENRIQUE GODOY CIGUEL, JOSÉ ROBERTO GOIS, ARNO SCHMIDT TERRES, AGENOR PEREIRA DE SOUZA, IVANIR LUCHESI, MARIO MOTIDOME, JOÃO PAULO DE VASCONCELOS, ANTONIO CARLOS B.C. VASCONCELOS, MONICA M. PERROTTA, AMÉLIA JOÃO FERNADES, e demais AMIGOS e COLEGAS do Instituto de Geociências-USP, Departamento de Geologia da UFPR e MINEROPAR, que de uma ou outra forma participaram nesta caminhada, MEU MUITO OBRIGADO.

C A P Í T U L O 2

F U N D A M E N T A Ç Ã O T E Ó R I C A

2.1 - TRABALHOS ANTERIORES

2.1.1 - GENERALIDADES

O sistema de falhamentos que se estende desde o Estado do Rio de Janeiro, passando por São Paulo, até desaparecer sob os sedimentos da Bacia do Paraná na porção sul do Estado do Paraná , com aproximadamente 970 km de extensão, foi denominado de SISTEMA DE FALHAMENTO ALÉM PARAÍBA-CUBATÃO-LANCINHA ou simplesmente SISTEMA DE FALHAMENTO DE CUBATÃO por SADOWSKI e MOTIDOME(1987). Na porção norte, onde o lineamento recebe a designação de Além Paraíba, foram realizados estudos por CAMPANHA(1980) na Folha de Três Rios. Idêntica análise foi efetuada por SILVA(1981) na região de Juquiá, Estado de São Paulo, onde o lineamento recebeu a designação de Falha de Cubatão. No Estado do Paraná, diversos autores dedicaram estudos para sua elucidação, cuja síntese foi descrita a seguir.

A designação de Falha da Lancinha para a porção paranaense deste lineamento foi informalmente utilizada pela Comissão da Carta Geológica do Paraná (SALAMUNI,R. comunicação pessoal), e apareceu pela primeira vez na literatura através de FUCK,MARINI , TREIN e MURATORI(1971). Mas a identificação desta falha foi efetuada por MAACK(1947) quando cita "uma antiga falha com brechas associadas, que corta dobras post-algonquianas diante da Serra Ouro Fino, rumo N40E". Em trabalhos paralelos, BIGARELLA(1947) descreveu a brecha calcária de Toquinhos, localizada no distrito de Votuverava, município de Cerro Azul. O autor atribuiu, na oportunidade, origem sedimentar a estas brechas, pela falta de evidencias de falhamento ou fraturas, ou ainda, indícios de uma possí -

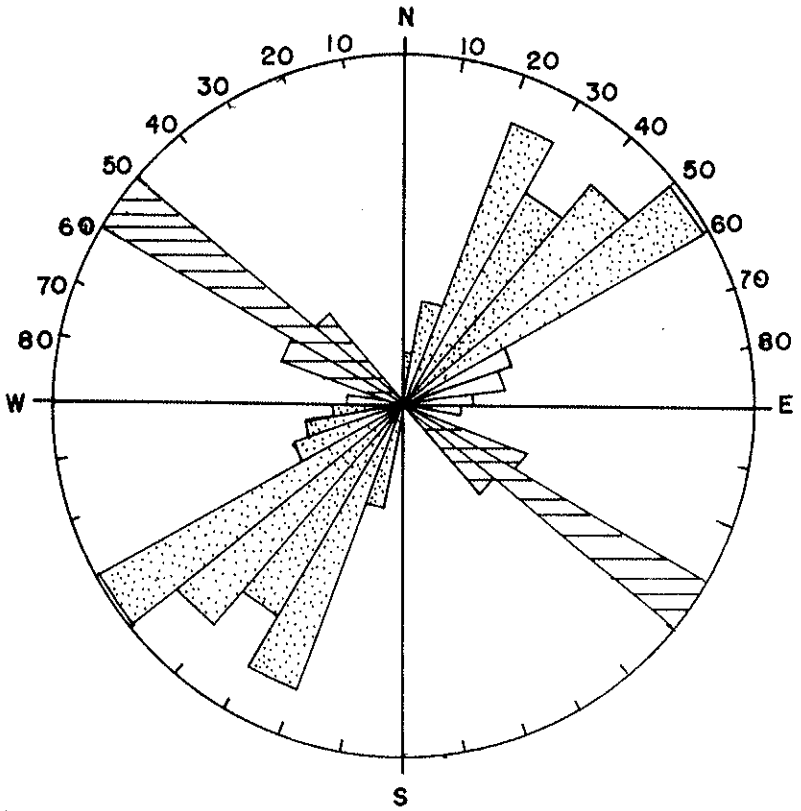
vel origem vulcânica.

MARINI(1970) reconheceu a Falha da Lancinha como uma falha direcional regional que passa pela cidade de Rio Branco do Sul, e se constitui numa linha tectônica rígida, provavelmente pós-orogênica. Descreveu a zona de falha como sendo constituída de várias falhas dispostas de forma paralela, com "características direcionais inversas de alto ângulo", conforme observações efetuadas na região dos Borges e Curiola, no município de Rio Branco do Sul. Na expressão "falhas direcionais inversas de alto ângulo", o autor se referiu a componentes inversas e transcorrentes associadas a uma mesma falha. Posteriormente estas feições foram associadas a zonas de TRANSPRESSÃO por HARLAND (1971), entre outros. Ao conjunto dos elementos estruturais MARINI(op cit) denominou de "estrutura em escama", a qual foi relacionada a uma tectônica quebrável, polifásica e muito intensa. Este autor observou, ainda, que a direção principal destas falhas N20-60E, corresponde também à direção geral das camadas metassedimentares na região de Rio Branco do Sul (FIG 2.1). E uma segunda direção, N50-60W, relacionada a intrusão dos diques de diabásio Juro-Cretáceos.

BATOLLA JR et al(1977) consideraram a Falha da Lancinha como direcional e inversa, estando esta última característica ligada ao fato de justapor sedimentos de natureza pelítica e calco-psamítica, considerados pelos autores, como provenientes de níveis mais inferiores e níveis mais elevados respectivamente. Atribuem, ainda, idade Cambro-Ordoviciana a este lineamento.

2.1.2 - TECTÔNICAS RÚPTIL E DÚCTIL

Diversos autores reconheceram uma TECTÔNICA RÚPTIL associada a este lineamento. Nos trabalhos da Comissão da Carta Geológica do Paraná, entre eles, MARINI,TREIN e FUCK(1967), descreveram de forma sistemática produtos de uma "tectônica rígida", com falhamentos e fraturamentos associados. ALGARTE e KAEFER , 1974 (in: PAIVA et al,1977) constataram um processo de brechação e cataclase ao longo desta falha. E FIORI(1985 D) descreveu len



LEGENDA

Linhas Tectônicas Pré-Jurássicas (120 direções de falhas).

Orientação dos diques básicos (215 diques).

FIG 2.1 - Direções tectônicas identificadas por MARINI(1970) na Folha de Rio Branco do Sul.

FONTE: MARINI(1970), p. 77a.

ticularizações e constricções de corpos litológicos, além da presença de esporádicas brechas e raras rochas miloníticas associadas a litologias do Grupo Açungui ao longo do Lineamento Lancinha.

Por outro lado, alguns autores sugeriram a presença de FEIÇÕES DÚCTEIS associados a este lineamento. Neste sentido, FIORI(1985 B) efetuou uma avaliação preliminar do deslocamento

dúctil mínimo ao longo do trecho paranaense deste lineamento, em metassedimentos do Grupo Açungui, com valor médio de 114 km.Este carater dúctil foi também sugerido por HASUI(1986)através da presença de estruturas associadas a uma sutura. HASUI(op cit) propõem, ainda, a superimposição de mais dois eventos importantes. O primeiro, com "cisalhamento dúctil de alto ângulo", concentrado em faixas lineares, em conexão com rotações de massas continentais; e um segundo, de Tectônica Rúptil, esta última reconhecida amplamente na literatura. A presença de cisalhamento dúctil de alto ângulo foi verificada neste trabalho em litologias do Núcleo Betara, bem como uma tectônica rúptil regional. A presença de uma SUTURA ao longo da Falha da Lancinha não foi confirmada, possivelmente por falta de dados adequados.

2.1.3 - SISTEMAS DE FRATURAMENTOS

Diversas direções de fraturamentos foram reconhecidas na região de ocorrência da Falha da Lancinha. BATOLLA JR et al (1977) identificaram através do Projeto Leste do Paraná, as direções NE, NW e E-W. GÓIS,SALAMUNI e FIORI(1985) situaram estas direções nos intervalos N40-60E (Sistema de Falhamento Principal); N60-80E, N30-50W e N10-20E (direções secundárias).

Tem-se notabilizado a polêmica em torno dos fraturamentos com direção N40-60W. MARINI(1970) sugere que as fraturas ocupadas por enxames de diques de diabásio com idade Juro-Cretácea, dispõem-se de forma paralela e/ou ocupam planos AC das dobras regionais do Grupo Açungui (D_2), reativadas pelos movimentos orogenéticos positivos ligados ao Arqueamento de Ponta Grossa. FIORI(1985 A,D) interpretou estas direções como falhas/fraturas antitéticas desenvolvidas em rochas de coberturas metassedimentares, induzidas por antigas linhas de fraqueza do embasamento. Já RIBEIRO(1980) sugeriu tratar-se de estruturas profundas e muito antigas, reativadas subsequentemente.

Outros postulam, ainda, o rifteamento Sul Atlântico e o Arqueamento de Ponta Grossa em tempos mesozóicos, como os elementos tectônicos responsáveis pela origem destas direções (AS -

MUS e PONTES,1972; SZATMARI et al,1984; entre outros). porém a hipótese mais difundida atualmente assume que os esforços que atuaram na abertura do Oceano Atlântico reativaram antigas linhas de fraqueza do embasamento, a partir de zonas de cisalhamento de alto ângulo e estruturas secundárias associadas, entre elas a direção N45-65W (FIORI,1985 D; ALMEIDA,1986: ZALÁN et al,1986,1987; SADOWSKI,1987). Além disso utilizaram falhas estabelecidas na Bacia do Paraná durante as reativações Paleozóicas, além de criar novo sistema de falhamentos paralela a subparalela a este"trend" com o estabelecimento das Zonas de Falha Curitiba/Maringá e Guapiara, entre outras (Ver FIG 2.2). Alguns modelos (SZATMARI et al, op cit; ZALÁN et al,op cit), propõem que no início do estágio "rift" os esforços promoveram rotações das partes meridionais da América do Sul e África, a primeira com sentido ocidental em relação ao "rift", e o segundo oriental, gerando falhas transcorrentes DESTRÓGIRAS nas Zonas de Falha Curitiba/Maringá e Guapiara.

ZALÁN et al(op cit) citam a Falha de Guapiara com 20 km de rejeito direcional, com base em indicações aeromagnetométricas, porém sem especificar o sentido relativo do deslocamento. Porém, nos trabalhos de CAMPANHA(1980), SILVA(1981) e SADOWSKI (1983), não ficou caracterizado um rejeito da magnitude de dezenas de km transversal ou oblíquo à estruturação do lineamento Cubatão. Estas reativações geralmente se manifestam através de pequenos deslocamentos horizontais, com rejeitos da ordem de dezenas a centenas de metros, conforme observações efetuadas neste trabalho, além de MARINI(1970), FIORI(1985 B), entre outros.

2.1.4 - POLARIDADES

A POLARIDADE DE DESLOCAMENTO dessa falha foi polêmico, sendo considerada de forma concensual, mas sem provas objetivas, como DESTRAL (BATOLLA JR et al,1977 e PAIVA et al,1977, ambos do Projeto Leste do Paraná; SILVA et al,1982 nos mapas do Projeto de Integração e Detalhe Geológico do Vale do Ribeira; BIONDI;SOARES e CAVA,1983 no Mapa Geológico do Estado do Paraná; e ainda ,

FIORI,1989 no Mapa Geológico-Estrutural da Região de Bateias - Bocaiúva do Sul). Segundo SCHOLL(1981) o movimento principal da falha seria SINISTRAL, sendo sua argumentação, ao nosso ver,não convincente, podendo tratar-se de uma reativação.

ZALÁN et al(1986,1987) estendem o lineamento Lancinha pela Bacia do Paraná, até o oeste do Estado do Rio Grande do Sul (FIG 2.2). Segundo os autores, o estabelecimento deste lineamento através de sucessivas reativações que afetaram as rochas da Bacia, se deve à dissipação de esforços através de zonas de fraquezas formadas na fase principal de deformação do Sistema Lancinha, na forma de pequenas movimentações de blocos crustais. ZALÁN et al(op cit) acreditam que estes esforços tenham advindos da interação da placa tectônica que abrigava o continente de Gondwana com as placas circunvizinhas, principalmente das novas orogenias que foram se sucedendo na margem oeste e sul durante o Paleozóico, e da margem leste, no Mesozóico.

ZALÁN et al(1987) mostraram, ainda, que as reativações de zonas de fraqueza no embasamento da Bacia do Paraná, atuaram de forma independente sobre direções específicas ao longo da sedimentação da referida bacia (FIG 2.3). Assim, em diversas épocas, apenas uma direção foi reativada de forma mais intensa, a ponto de influenciar ou até mesmo condicionar as mudanças e distribuições de fácies sedimentares, além de provocar fraturamentos e pequenos movimentos direcionais e verticais de blocos. Os deslocamentos são da ordem de poucas centenas de metros para as componentes verticais e de poucos quilômetros para as componentes horizontais. Estas reativações igualmente atuaram sobre as rochas do embasamento do Bacia do Paraná. Porém, ainda não foram identificadas e isoladas do conjunto de feições que caracterizam as reativações fanerozóicas do lineamento Cubatão-Lancinha.

Segundo ZALÁN et al(op cit), o sistema NE/SW (N50 - 70E) sofreu apenas uma reativação, registrada em isópocas da Bacia do Paraná, efetuando o controle da sedimentação da Formação Rio Bonito, de idade Carbonífera superior (Ver Ver FIG 2.3). BACOCCOLI e ARANHA,1984 (in: ZALÁN et al,1986), sugeriram, ainda, uma segunda reativação, a qual teria soerguido a Serra do Mar, no Cretáceo Superior/Terciário.

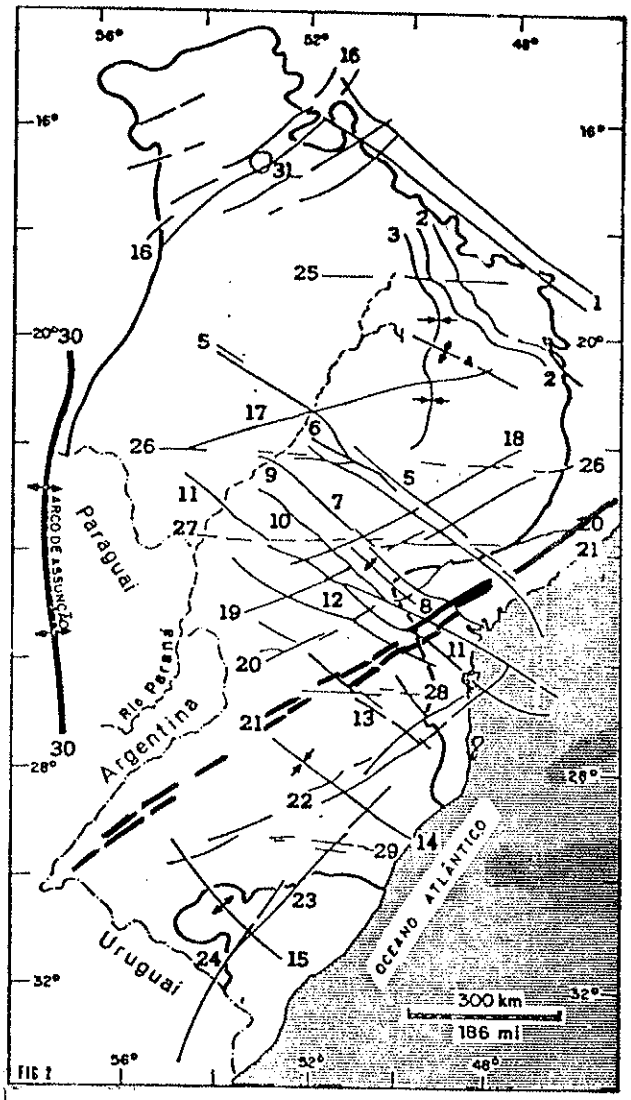


FIG 2.2

Mapa do arcabouço estrutural da Bacia do Paraná. A bacia é dominada por elementos tectônicos lineares que se orientam em três direções principais: NW-SE, NE-SW e E-W. Apenas os mais importantes são mostrados aqui. **Com direção NW**: 1- arco do Alto Paranaíba, 2- flexura de Goiânia, 3- baixo de Ipiaçu/Campina Verde, 4- alto de Cardoso, 5- zona de falha de Guapiara, 6- falha de Santo Anastácio, 7- falha de São Jerônimo/Curiúva, 8- arco de Ponta Grossa, 9- zona de falha Curitiba/Maringá, 10- falha do Rio Alonzo, 11- zona de falha Cândido de Abreu/Campo Mourão, 12- lineamento do Rio Piquiri, 13- zona de Falha Caçador, 14- sinclinal de Torres, 15- arco do Rio Grande. **Com direção NE**: 16- zona de falha Transbrasiliano (também conhecido por lineamento Transbrasiliano), 17- lineamento de Araçatuba, 18- falha de Guaxupé, 19- falha de Jacutinga, 20- zona de falha de Taxaquara, 21- zona de falha Lancinha/Cubatão, 22- zona de falha Blumenau/Soledade, 23- falha do Leão, 24- falha de Açotea. **Com direção E-W**: 25- lineamento de Cassilândia, 26- lineamento Moji-Guaçu/Dourados, 27- lineamento de São Sebastião, 28- lineamento de Taquara Verde, 29- lineamento de Bento Gonçalves. A única estrutura importante com direção N-S é o arco de Assunção (30). O domo de Araguainha (31) é o maior astroblema conhecido do mundo.

FONTE: ZALÁN et al(1987)

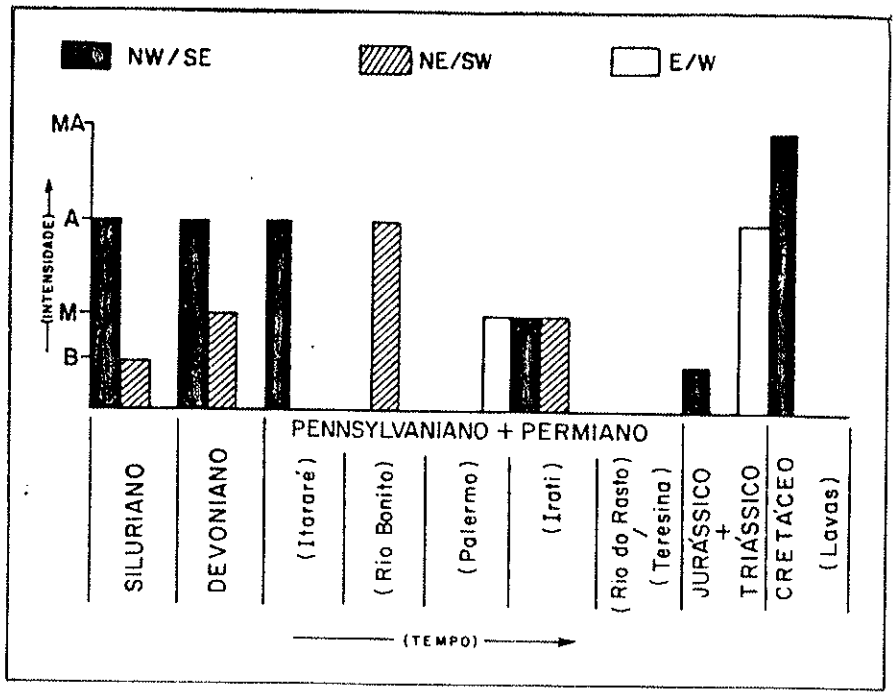


FIG 2.3- Atividade tectônica, em relação ao tempo, dos três principais grupos de lineamentos que afetaram a evolução da Bacia do Paraná. A escala de intensidade apresentada é subjetiva (B-baixa, M-média, A-alta, MA-muito alta) e deduzida a partir de várias linhas de evidências (mapas de isópacas e litofácies, aeromagnetométricos e gravimétricos, trabalhos de campo).

FONTE: ZALÁN et al(1986 e 1987).

A direção NE-/E-W (N85-95W sofreu igualmente uma reativação em tempos triássicos (Ver FIG 2.3), talvez representando os primeiros indícios da ruptura do continente de Gondwana, que efetivamente viria acontecer no Jurássico Superior/Cretáceo Inferior.

Porém, é notável a predominância da atuação do Sistema de Falhas NW/SE (N45-65W (Ver FIG 2.3), possivelmente reativando antigas linhas de fraqueza Pré-Cambrianas durante o Paleozóico, e o estabelecimento de novas falhas e fraturas derivadas da ruptura do continente de Gondwana no Mesozóico, conforme discussões no ítem 2.3 - Considerações Teóricas sobre o Modelo de Riedel -p25).

Por outro lado, MARINI(1970) observou pequenas reativa

ções pós cretáceas com deslocamentos não mapeáveis de diques Juro-Cretáceos, na região de Rio Branco do Sul, segundo linhas NE-SW. FIORI(1985 B) igualmente identificou esta reativação, através da inflexão de dois diques de diabásio nas proximidades do Morro dos Três Irmãos (noroeste da localidade de Bateias, Município de Campo Largo). O autor obteve um deslocamento de 950 metros para os mesmos através da análise de fotografias aéreas, na escala 1: 25.000 (Foto aérea nº 16969 da Cruzeiro do Sul (FIG 2.4). Esta reativação não foi identificada por ZALÁN et al(1987) na Bacia do Paraná (Ver FIG 2.3-p.16).

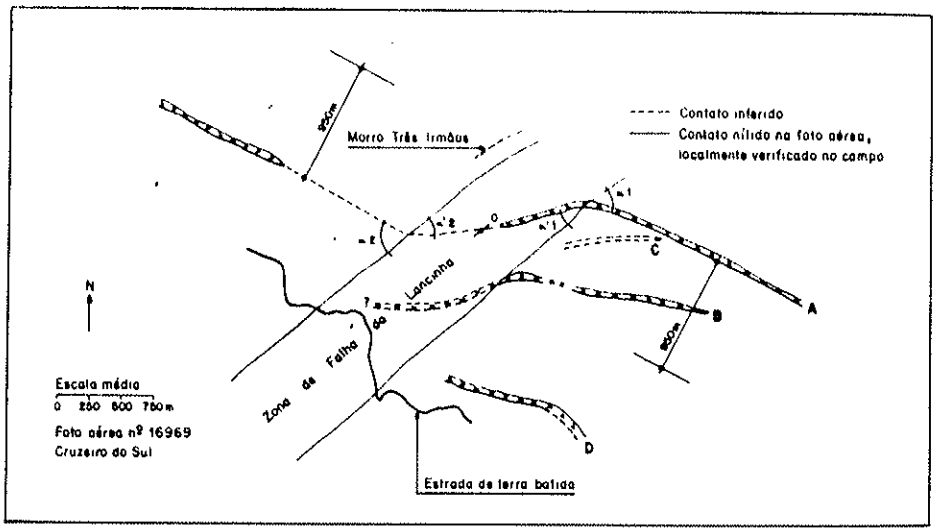


FIG 2.4 - Cálculo do deslocamento sinistral ao longo de um trecho da Falha da Lancinha a NW da localidade de Bateias (próximo ao Morro Três Irmãos). Foi obtido um deslocamento de 950 metros.

A, B, C e D representam diques de diabásio.

FONTE: FIORI(1985 B).

2.1.5 - FORMAÇÃO CAMARINHA

Na Formação Camarinha alguns autores realizaram estudos sedimentológicos e estruturais.

POPP(1972) dividiu a Formação Camarinha nas fácies síltica, ocupando a posição basal, e conglomerático, no topo da Formação. Descreveu esta última fácies como de caráter polimítico, com seixos de feldspato, metassiltitos, filitos, quartzitos e granitos.

A Formação Camarinha foi reconhecida por ALMEIDA (1967), POPP(1972) entre outros, como de NATUREZA MOLÁSSICA, e com ANQUIMETAMORFISMO associado, por SOARES(1987) e CIGUEL e GÓIS(comunicação pessoal), estes últimos embasados em dados de raio X.

O fornecimento de clastos dos Granitos de Três Córregos e do Cerne, além de seixos de filitos, metassiltitos e quartzitos do Grupo Açungui, situam a sedimentação da Formação Camarinha após o evento de deformação e granitogênese da Orogenia Brasiliana (700-580 Ma) (CORDANI, comunicação pessoal, In: ZALÁN et al,1986) e anterior as efusivas do Grupo Castro (450 - 500 Ma) (SOARES,1987).

FIORI et al(1984) observaram seixos deformados nas imediações do traço da Falha da Lancinha, na estrada da Industria de Cimento Itambé. A aplicação da técnica de quantificação da deformação Rf/Ø por MORITZ e FIORI(1987) forneceu valores entre 1.8 e 2.4, o que levou os autores a determinar um deslocamento da mesma na ordem de 800 metros, no sentido anti-horário.

2.1.6 - HIPÓTESES DE TRABALHO ESTABELECIDAS POR DIVERSOS AUTORES

Várias hipóteses foram propostas para o entendimento do Sistema de Falhamento Além Paraíba-Cubatão-Lancinha. SADOWSKI (1983) sugeriu tratar-se de uma antiga zona de falha transformante ou um efeito de zona de subducção oblíqua. Esta hipótese necessita de dados e discussões complementares para que sua validade possa ser verificada.

SZATMARI, CONCEIÇÃO, CUNHA LANA e MILANI(1984) propõem que o rifteamento Sul Atlântico, com rotação horária do continente Sul Americano, gerou fraturas extensionais N/NE e movimento transcorrente no sistema de fraturas cisalhantes conjugadas NW e NE. Estes últimos autores atribuem a esta tectônica a formação de importantes reservas petrolíferas.

Por outro lado, FIORI(1985 D) interpretou a Falha da Lancinha como reflexo na cobertura metassedimentar do Grupo Açungui, a partir de grandes falhas transcorrentes do embasamento cristalino, com base no modelo proposto e aperfeiçoado por RIEDEL(1929), EMMONS(1969), HARDING(1973, 1974, 1985), WILCOX et al (1973), ODONNE e VIALON(1983), entre outros. Utilizando esta mesma metodologia, SILVA, SADOWSKI e TROMPETTE(1982) realizaram análises de fraturas nos falhamentos de Cubatão,Taxaquara, Além Paraíba e Boquira, no Estado de São Paulo.

E finalmente, HASUI(1986) sugeriu que o lineamento Lancinha representa uma sutura, formada pelo cavalgamento do bloco Vitória (Complexo Costeiro e Grupo Setuva) sobre o bloco São Paulo (Complexo Apiaí-Mirim e Grupo Ribeira), com deslocamento de sul para norte. Esta hipótese foi embasada pelo autor em dados geofísicos, porém necessita igualmente de dados e discussões complementares.

Os autores citados acima desenvolveram pesquisas em áreas distintas. Ou seja, SZATMARI,CONCEIÇÃO,CUNHA LANA e MILANI (1984), ZALÁN et al(1987) analisaram a Falha da Lancinha na Bacia do Paraná, e logo sua evolução no Fanerozóico; MARINI(1970), FIORI(1985 D), no Grupo Açungui, e logo sua evolução no Pré-Cambriano Superior (Brasiliano?); enquanto que CAMPANHA(1980) e SADOWSKI(1983), em rochas de alto grau metamórfico, interpretadas por CAMPANHA(op cit) como pré-Brasilianas e reinterpretadas por CAMPANHA(1981) como Brasilianas. A rigor, as hipóteses de trabalho não são incompatíveis, mas de um modo geral, necessitam de dados complementares, e maiores discussões. Neste sentido, o modelo proposto por FIORI(1985 D) foi discutido com maiores detalhes na sequência deste trabalho.

2.2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A LITOESTRATIGRAFIA REGIONAL

No tocante a estratigrafia regional, a existência de, no mínimo, 25 colunas estratigráficas, é uma amostra da complexidade e diversidade de opiniões sobre o assunto.

Neste trabalho foi adotada a coluna proposta por FRITZONS, PIEKARZ e FALCADE(1982) e complementada por PIEKARZ(1984), por se constituir naquela mais abrangente e aceita pela comunidade geológica do Estado do Paraná, para as rochas Pré-Cambrianas (FIG 2.5). Para as sequências Fanerozóicas servirá de referência aquela estabelecida por TREIN e FUCK(1967) (FIG 2.6).

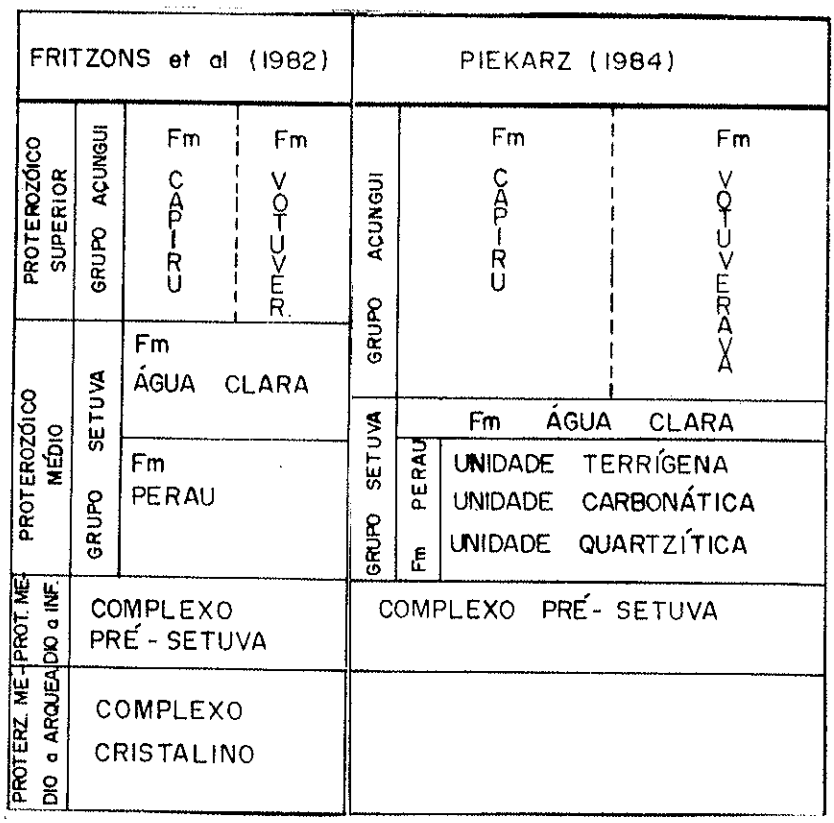


FIG 2.5 - Colunas estratigráficas estabelecidas por FRITZONS JR, PIEKARZ e FALCADE(1982) e PIEKARZ(1984) para o Pré-Cambriano do Estado do Paraná.

CRONOLOGIA \ AUTORES		TREIN e FUCK(1967) MODIFICADO	
CENOZÓICO	RECENTE AO PLEISTOCENO	DEPÓSITOS ALUVIONARES	
MESOZÓICO	JURO - CRETÁCEO	FORMAÇÃO CACHOEIRINHA — BACIA DO PARANÁ	
		INTRUSÕES BÁSICAS	
PALEOZÓICO	DEVONIANO INFERIOR	FORMAÇÃO FURNAS	
	ORDOVICIANO SUPERIOR	FORMAÇÃO IVAÍ — BACIA DO PARANÁ	
		GRUPO CASTRO	SEQUÊNCIA VULCÂNICA INTERMEDIÁRIA
			SEQUÊNCIA VULCÂNICA ÁCIDA
			SEQUÊNCIA SEDIMENTAR
			SEQUÊNCIA VULCÂNICA ÁCIDA
		FORMAÇÃO CAMARINHA (ANTINHA)	
PRÉ-CAMBRIANO	PROTEROZÓICO SUPERIOR	INTRUSÕES DE CORPOS GRANITICOS NO MACIÇO CATAS ALTAS E NO COMPLEXO GRANITICO CUNHAPORANGA	

FIG 2.6 - Coluna estratigráfica para as rochas graníticas brasilianas e sequências Fanerozóicas do Estado do Paraná.

FONTE: TREIN e FUCK(1967)modificado.

2.2.1 - COMPLEXOS CRISTALINO E PRÉ-SETUVA

FRITZSONS JR,PIEKARZ e FALCADE(1982) relacionaram ao COMPLEXO CRISTALINO, nas regiões de Invernada e Rio Pardinho,migtatitos nebulíticos, gnáisses-granitos, migmatitos diktioníticos, migmatitos do tipo "schlieren", migmatitos oftálmicos, agmatitos e estromáticos.

No Complexo PRÉ-SETUVA, os autores agruparam migmatitos estromáticos, "augen-gnaisses", gnáisses graníticos, gnáisses fitados, rochas metaultrabásicas. metabasitos, anfibolitos e quartzitos, com metamorfismo de alto grau associado.

Na verdade, as rochas dos COMPLEXOS CRISTALINO e PRÉ-SETUVA permanecem, ainda, mal conhecidos. Foram agrupadas em tor

no destes dois complexos, a partir de dados locais.

2.2.2 - GRUPO SETUVA

FRITZSONS JR,PIEKARTZ e FALCADE(1982) e PIEKARZ(1984) dividiram o Grupo SETUVA nas Formações PERAU (basal) e ÁGUA CLARA (topo). Os autores identificaram diversos núcleos isolados , denominados de Núcleos ALTO AÇUNGUI, OURO FINO, BETARA e do TIGRE, este último com continuidade física com a região de Anta Gorda, extendendo-se até as proximidades do Rio Ribeira. Nestes núcleos foram expostas rochas da Formação Perau, além da borda do Antiforme do Setuva (FIG 2.7). Segundo FRITZSONS JR.,PIEKARZ e FALCADE(op cit), a Formação Perau está nítidamente assentada sobre rochas gnáissico-migmatíticas do Complexo Pré-Setuva(ou Embasamento Cristalino?), sendo capeada ora pela Formação Água Clara, ora pelas rochas do Grupo Açungui.

A FORMAÇÃO PERAU é constituída por rochas quartzíticas, carbonáticas, xistos clásticos, metabasitos, rochas metavulcânicas e/ou metavulcanoclásticas e formações ferríferas, agrupadas pelos autores nas sequências (ou unidades) quartzítica, carbonática, xistosa clástica (terrígena), correspondendo, respectivamente, da base ao topo da sequência estratigráfica. Ocorrem, ainda, restritas rochas metabásicas, metavulcânicas e metavulcanoclásticas.

Na FORMAÇÃO ÁGUA CLARA, os autores descreveram metacalcarenitos, meta-calcários micríticos, meta-calcários calcíticos e dolomíticos, meta-calcissiltitos, calco-xistos, metacherts e formações ferríferas.

2.2.3 - GRUPO AÇUNGUI

O GRUPO AÇUNGUI é composto pelas Formações Capirú, Votuverava e correlatos (Formação Itaiacoca) (Ver FIG 2.5). É constituído de rochas metassedimentares (filitos, mármores calcí

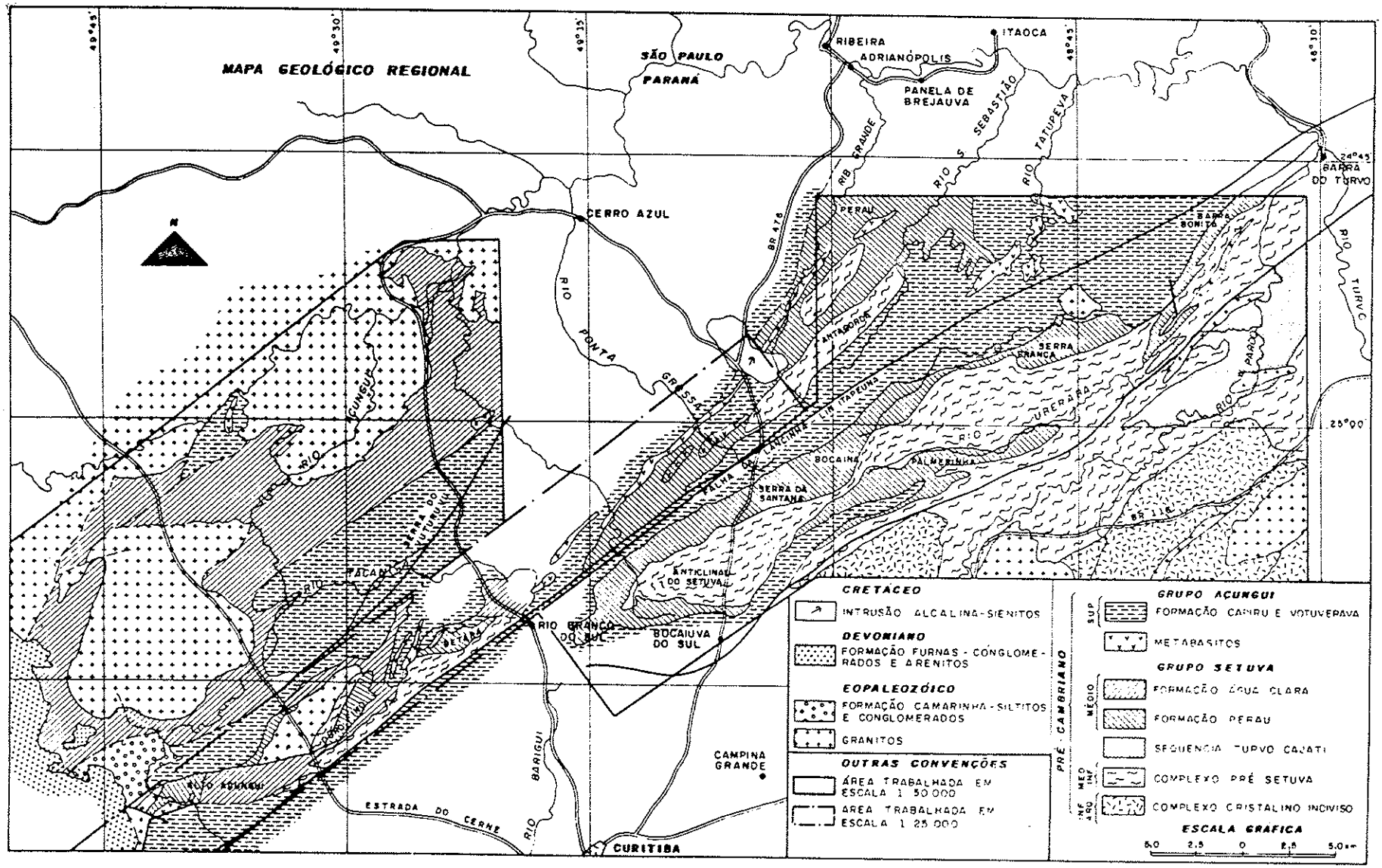


FIG 2,7 - Mapa Geológico-Estrutural da região ao norte de Curitiba-Pr, evidenciando os núcleos Antiformais de ALTO AÇUNGUI, OURO FINO, BETARA, entre outros, ao longo da Falha Lancinha.
FONTE: FRITZSONS JR., PIEKARZ e FALCADE(1982).

ticos e dolomíticos, além de quartzitos), metamorfisados no fácies xisto verde baixo a médio. A tectônica de cavalgamentos que afetou esta unidade foi extensivamente descrita por FIORI et al (1985,1987), FIORI,SALAMUNI e FASSBINDER(1987), FIORI,FASSBINDER, GÓIS e FUMAGALI(1987), SOARES(1987), entre outros.

Na sequência estratigráfica seguiram-se as intrusões de suítes graníticas e posterior deposição das Formações Camarinha e Antinha, e finalmente o vulcanismo Castro, quando a plataforma se consolidou, assumindo comportamento cratônico, em tempos Ordovicianos.

2.2.4 - SEQUÊNCIAS FANEROZÓICAS

O início da deposição da Bacia do Paraná ocorreu por volta de 440 Ma, no Ordoviciano Superior (ZALÁN et al,1987), com a deposição da Formação Ivaí. Após vários ciclos de sedimentação tectonismo, a bacia foi fechada com a deposição da Formação Cachoeirinha, no Cretáceo (Terciário). Neste meio tempo, a ruptura do continente de Gondwana e a abertura do Oceano Atlântico em tempos Juro-Cretáceos se constituiu em outro evento importante, o qual afetou as rochas Pré-Cambrianas com largo fraturamento NW e intrusão passiva de diques de diabásio.

2.2.5 - MODELO GEOLÓGICO DO VALE DO RIBEIRA - HASUI(1986)

No novo modelo geológico do Vale do Ribeira, HASUI (1986) realizou um reordenamento do empacotamento litológico. Denomina de COMPLEXO COSTEIRO as rochas de alto grau e de GRUPO SETUVA, as supracrustais com fácies granulito a xisto verde, ambas situadas à SE do lineamento Lancinha.

Fazem parte do COMPLEXO COSTEIRO os Núcleos da Serra de Itatins (CPRM,1981) e SERRA NEGRA (BASUMALLICK et al,1969; CPRM,1981; BIONDI,1983), Piên (GIRARDI e ULBRICH,1980; JOST e HARTMANN,1984), ambas anteriormente reunidas sob a designação de

Complexo Cristalino. E as SUPRA CRUSTAIS, com as designações de Setuva (FUCK et al,1971), Açungui(CPRM,1977), Cachoeira (SILVA e FERNANDES,1979), Turvo-Cajati (CPRM,1981; SILVA e ALGARTE,1981 ; BATOLLA JR et al,1981), Forquilha (CAMPOS NETO,1983) e Rios das Cobras (LIMA e LOPES,1985).

E para as litologias situadas a Noroeste do lineamento Lancinha, HASUI(1986) denominou de COMPLEXO APIAÍ-MIRIM para os gnáisses e demais rochas de alto grau presentes nos complexos Três Córregos, Cunhaporanga e Núcleo Betara. E as sequências metassedimentares (supra crustais), reagrupou sob a denominação de GRUPO RIBEIRA. Compõem esta unidade estratigráfica litologias ' anteriormente atribuídas à Série Ribeira (LEONARDOS,1941), Formação São Sebastião (VEIGA e SALOMÃO,1980), Grupo Setuva (FRITZONS JR et al,1982), sequências Iporanga e Rio das Pedras, Passa-Vinte e Gurutuba (CAMPOS NETO,1983b), Suíte Rio Abaixo (CPRM,1983), Complexo Setuva (HASUI et al,1984 B), Faixas Copote-Cantagalo e Itaiacoca-Itapeva(CPRM,1984), Sequência Abapã (TREIN et al,1985) Formações Passa-Vinte e Gurutuba (IPT,1985 B), e ainda, as Formações Perau, Votuverava e Água Clara.

As citações bibliográficas deste ítem não não foram' reproduzidas no CAP 7 (Referências Bibliográficas).Podem ser encontradas em HASUI(1986).

2.3 - CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS SOBRE O MODELO DE RIEDEL

O entendimento das FALHAS TRANSCORRENTES tem ocupado os pesquisadores ao longo do século XX. Nas décadas de 50-60, o MODELO DE COULOMB-ANDERSON foi aplicado com sucesso por MOODY e HILL(1956) na prospecção de petróleo em dobras de arrasto de segunda ordem no Estado da Califórnia, E.U.A.

Avanços significativos aconteceram neste campo com a aplicação de conceitos de cisalhamento simples no estudo de modelos teóricos de argila e areia, além da observação da atuação de vulcões. Destes estudos, surgiu o MODELO DE RIEDEL, designação dada em homenagem aos trabalhos pioneiros de RIEDEL(1929) (EMMONS,1968; TCHALENKO,1970; TCHALENKO e AMBRASEYS,1970; WILCOX et al,1973; HARDING,1973,1974,1985; READING,1980; ODONNE e VIALON ,

1983; SADOWSKI,1983; NAYLOR et al,1986; WOODCOCK e FISCHER,1986; HARDING e TUMINAS,1988; SYLVESTER,1988; entre outros). O aperfeiçoamento desta linha de investigação levou a reinterpretação de diversas falhas transcorrentes nos diversos continente, à exemplo da Falha de San Andreas nos EUA.

A discussão das estruturas associadas ao lineamento Lancinha, à luz do modelo de Riedel, é salutar quanto a atualidade do assunto, além de permitir avanços nas discussões que certamente enriquecerão o processo de investigação de falhas transcorrentes no sudeste brasileiro.

Os experimentos de argila desenvolvidos por WILCOX et al(1973) são descritos como basicamente parecidos. Porém, os autores listam diversas variáveis como espessura e natureza da argila (composição, hidratação, etc), raio de deformação, grau de deformação impressa ao sistema, pequenas heterogeneidades na textura da argila, que influenciam os comportamentos deformacionais dos modelos. Estas variáveis podem ser somadas àqueles componentes desconhecidos de zonas transcorrentes, como estratigrafia não uniforme, ductilidade das rochas, diferentes razões e raios de deformação, diferentes direções de movimentos entre blocos crustais durante um ou vários estágios de deformação. Apesar destas complexidades na natureza e nos modelos, os autores destacaram elementos chaves que se refletem na forma individual ou associados, indicativos do estilo estrutural e suas estruturas associadas. Entre eles, DOBRAS ESCALONADAS, FALHAS TRANSCORRENTES CONJUGADAS, FALHAS NORNAIS E DE EMPURRÃO, e diversos distemas de fraturamentos, são os mais importantes.

Estas estruturas se arranjam de forma previsível ao longo da falha transcorrente principal, num padrão denominado "en echelon" ou escalonado, em que dobras ou falhas individuais da mesma espécie são paralelas umas as outras e são igualmente oblíquas em relação à zona de cisalhamento transcorrente (FIG 2.8) (WILCOX et al,1973).

Este padrão se constitui em um importante critério de identificação de zonas transcorrentes, através de fotointerpretação de imagens de satélite, fotografias aéreas, e mesmo, de mapas geológicos.

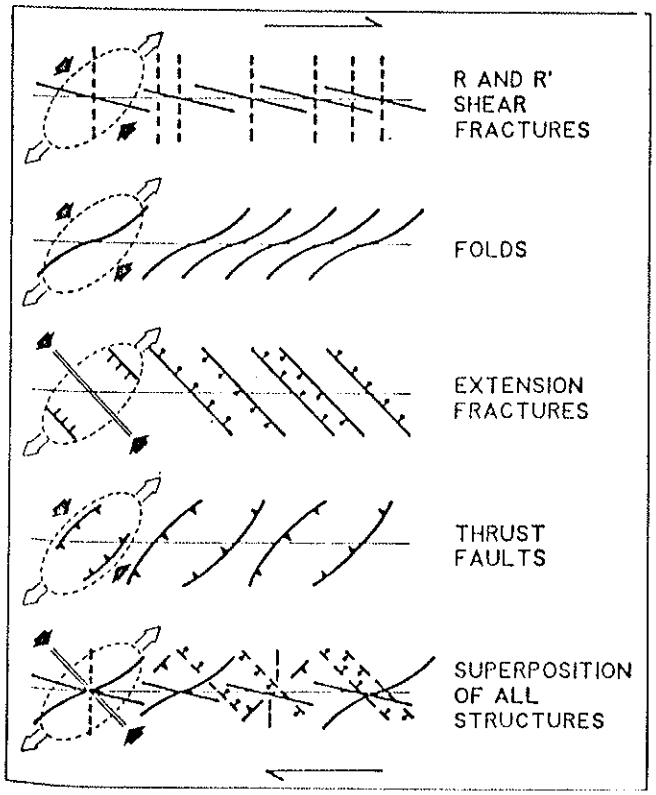


FIG 2.8 - Orientação de dobras e falhas através do padrão "en echelon" ou escalonado, arranjadas ao longo de uma zona transcorrente lateral direita.

FONTE: SYLVESTER (1988).

A seguir serão discutidas as principais estruturas secundárias previstas no modelo de Riedel (dobras escalonadas , falhas conjugadas, falha principal, etc) e mecanismos de desenvolvimento em rochas de coberturas (meta)sedimentares (FIGs 2.9 e 2.10). Para maiores detalhes, ver sínteses de SYLVESTER(1988), HASUI e COSTA(1988).

2.3.1 - DOBRAS ESCALONADAS ("EN ECHELON FOLDS")

São as primeiras estruturas a se formar. Começam a aparecer na cobertura induzidas pela movimentação de blocos do embasamento, quando o ângulo com a direção de máximo cisalhamento for de 30±15º, embora o ângulo teórico para o cisalhamento simples seja de 45º (WILCOX et al,1973). Para HARDING e LOWELL (1979) este ângulo varia entre 10º e 35º.

Com a atuação da deformação progressiva finita, ocor

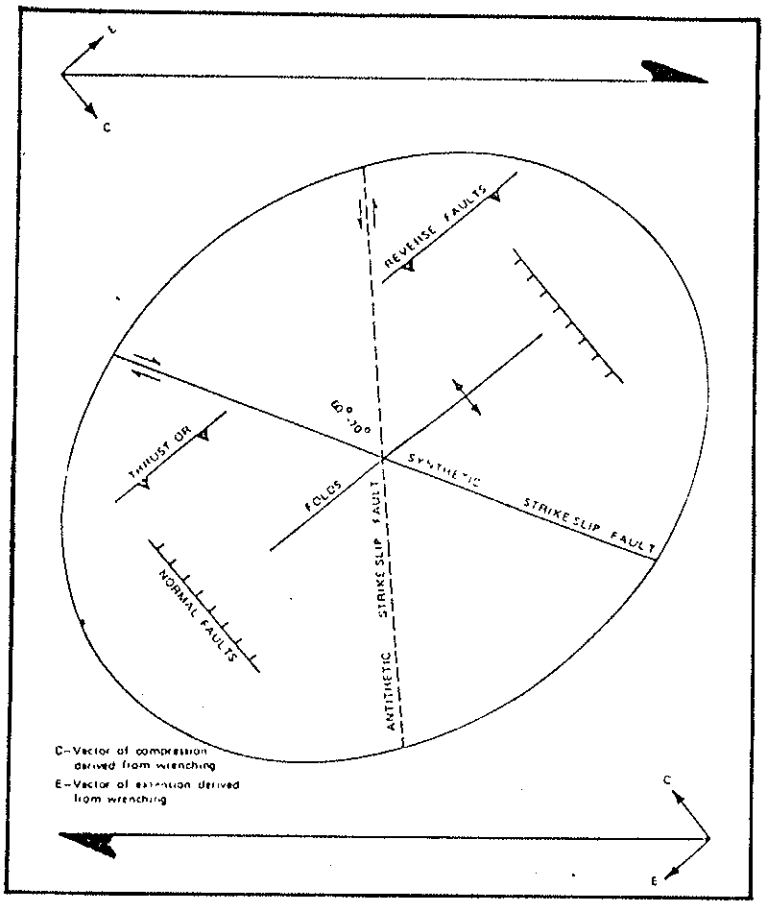
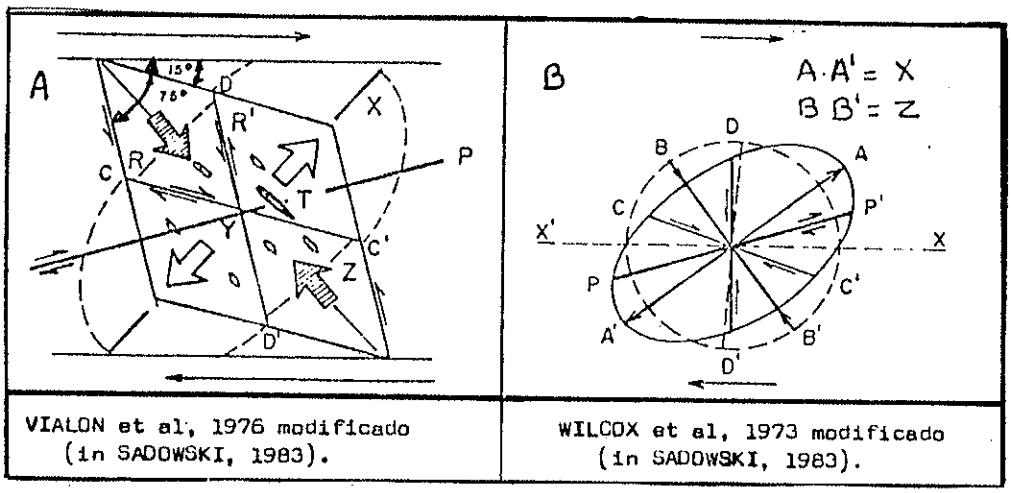


FIG 2.9 - Esforços e estruturas resultantes de uma deformação associada a uma falha transcorrente destrógira, e suas relações com a elipse de deformação.

FONTE: HARDING(1974).



VIALON et al, 1976 modificado (in SADOWSKI, 1983).

WILCOX et al, 1973 modificado (in SADOWSKI, 1983).

FIG 10 - Falhamentos Transcorrentes.

A - Relação da Zona Transcorrente com as estruturas geradas.

B - ESTRUTURAS GERADAS:

A-A' = Família de FRATURAS DE ESMAGAMENTO, ou de relaxamento, disposta simetricamente a R' em relação a Zona de Cisalhamento.

B-B' = FENDAS DE TRAÇÃO (T). Fraturas de tração, distensão ou de partição.

C-C' = FRATURAS R de Riedel ou Fraturas/Falhas SINTÉTICAS.

D-D' = FRATURAS R' de Riedel ou Fraturas/Falhas ANTITÉTICAS.

P-P' = FRATURAS P (interligar-se-ão com falhas sintéticas, configurando o aparecimento da Falha Principal na cobertura).

X-X' = FAMÍLIA DE JUNTAS Y disposta paralelamente a Zona de Transcorrência.

re aumento do deslocamento total, e uma gradual diminuição do ângulo entre o eixo das dobras e a zona de cisalhamento transcorrente, culminando com o trucamento destas, primeiro por fraturas, e posteriormente, por falhas. Num estágio tardio de falhamento, as dobras, ou parte delas, podem ser destruídas, ou deslocadas para longe da área de sua formação original (WILCOX et al,op cit). THOMAS(1974) classificou estes estágios em função do grau de rotação das dobras escalonadas em relação a zona de cisalhamento, em incipiente, moderado e avançado, respectivamente com ângulos de 45º, 22º e 11º.

Mas a disposição das dobras escalonadas numa zona transcorrente apresenta uma certa complexidade, conforme mostraram ODONNE e VIALON(1983) em trabalhos experimentais. No diagrama da FIG 2.11, os autores mostraram que o plano axial das dobras escalonadas, situadas sobre o centro da zona transcorrente, apresenta disposição vertical, tornando-se progressivamente inclinadas, de forma simétrica e com vergência centrífuga com relação a falha principal, até dispersarem-se. O mesmo diagrama mostra que o traço axial forma um "S" com relação a falha principal, assumindo progressivamente ângulos maiores, à medida em que o traço axial das dobras se afasta da zona de máximo cisalhamento.

WILCOX et al(op cit) acrescentam que o ângulo entre os traços axiais de dobras escalonadas, e a zona de máximo cisalhamento, pode variar, condicionado pelas seguintes variáveis: presença de zonas de transtensão e transpressão, mudanças na direção da falha, grandes componentes de rejeitos verticais, diferença no tipo e espessura dos sedimentos, mobilidade do embasamento próximo à falha e ductilidade e competência das rochas deformadas. A presença de anisotropia em decorrência de deformações anteriores ao evento transcorrente (por exemplo, xistosidades e dobramentos) igualmente influi no comportamento das dobras escalonadas.

SYLVESTER(1988) complementa que em zonas de transtensão, os traços axiais de dobras dispõem-se tipicamente paralelos a zona de máximo cisalhamento, formando um padrão paralelo ou "relay",conforme constatado por BURKART et al(1987). E em zonas de transpressão, as dobras escalonadas podem assumir qualquer uma das geometrias encontradas em outros sítios de tectônica con

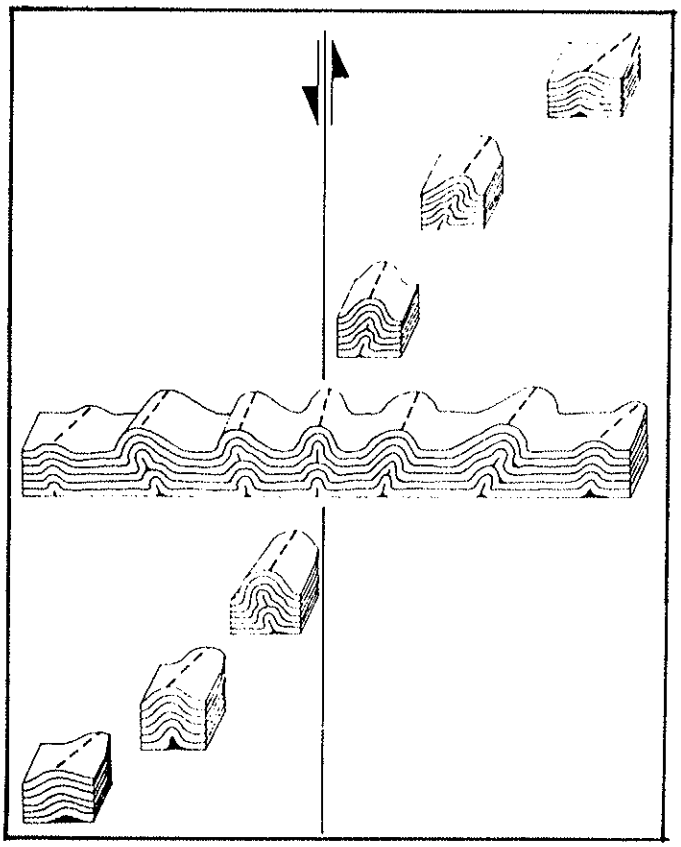


FIG 2.11 - Desenho esquemático de dobras escalonadas, mostrando seu comportamento ao longo de uma zona transcorrente lateral esquerda.

FONTE: ODONNE e VIALON (1983).

vergente, até tipos associados à "thrust".

2.3.2 - FALHAS TRANSCORRENTES CONJUGADAS

Após o aparecimento das dobras escalonadas na cobertura metassedimentar, desenvolve-se um par conjugado de falhas transcorrentes, a princípio como diáclases e depois, com o prosseguimento do cisalhamento, como falhamentos. O primeiro foi denominado de "RIEDEL SHEARS" (R) por TCHALENKO(1970) (FIG 2.12 ; ver FIGs 2.9 e 2.10) e de Falhas SINTÉTICAS (R) por CLOSS,1929 (in: SYLVESTER,1988). Estão dispostos à 10-30º (média de 15º) da direção de máximo cisalhamento (WILCOX et al,op cit). Porém, SYLVESTER(1988) entre outros, preferem considerar a disposição da falha sintética segundo a metade do ângulo de fricção interna (Ø/2), em relação a zona de máximo cisalhamento.

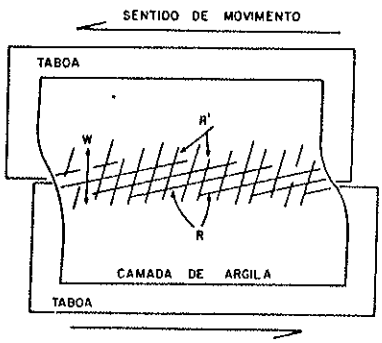


FIG. 2.12 DIAGRAMA DO EXPERIMENTO DE RIEDEL.
R- PLANOS DE CISALHAMENTO DE RIEDEL.
R'- PLANOS DE CISALHAMENTO CONJUGADOS DE RIEDEL.
W- LARGURA DA ZONA DE CISALHAMENTO.

TCHALENKO,1970 modificado (in: FIORI et al, 1984).

TCHALENKO e AMBRASEYS(1970) consideram este ângulo entre 15º-20º. Porém, em modelos de areia, NAYLOR et al(1986) verificaram que o atual ângulo depende da espessura do pacote sedimentar sobre a falha de embasamento. Assim, este ângulo é pequeno quando a cobertura é fina; e maior que 15º, quando o referido pacote é espesso.

As falhas sintéticas podem assumir geometrias do tipo helicoidal, formando "tulip structure", com mergulhos de 65º próximo ao embasamento, e 75-90º próximo a superfície (NAYLOR et al,1986). Estas observações dos autores implicam em diferentes ângulos das falhas sintéticas com a zona de máximo cisalhamento, em relação a diferentes profundidades da cobertura sedimentar (FIG 2.13).

Um segundo sistema de juntas e/ou falhas são denominadas de "CONJUGATE RIEDEL SCHEARS" (TCHALENKO,1970) (Ver FIG 2.12), ou de falhas ANTITÉTICAS (R') (CLOSS,1928 in: SYLVESTER , 1988),situados à ângulos de 60-70º da zona de máximo cisalhamento, segundo os primeiros autores, ou 70-90º nas observações de WILCOX et al(op cit). Porém, SYLVESTER(1988) apropriadamente prefere denominar este ângulo de 90º-Ø/2.

WILCOX et al(op cit) verificaram que em alguns casos ocorre a rotação das falhas antitéticas. Isto tem lugar quando a deformação atuante ao longo do traço da falha principal tornam as falhas antitéticas curvas. Assim, estas ultimas, assumem forma de "S", com as porções convexas indicando o sentido de deslocamento da zona transcorrente principal, conforme indicado na FIG 2.14.

O ângulo agudo formado pelas falhas sintéticas e antitéticas depende da natureza das rochas e da deformação, mas

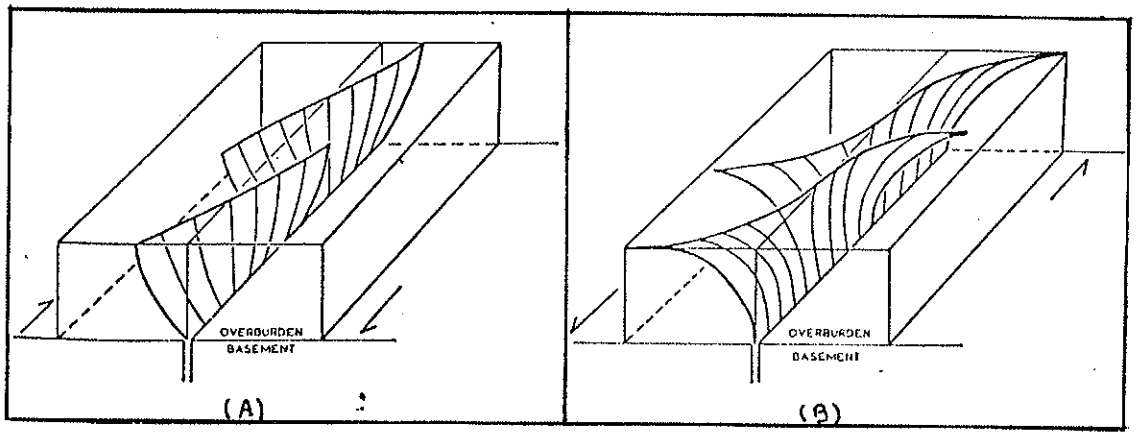
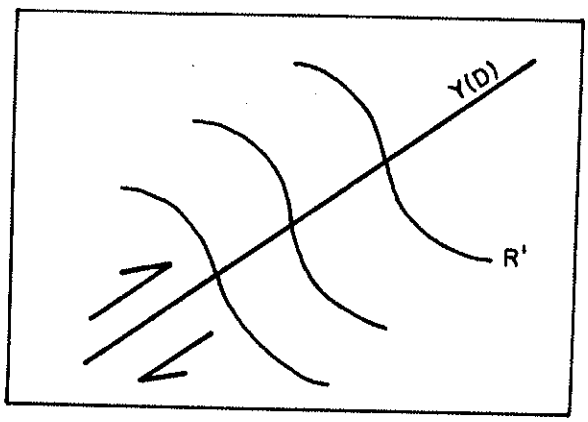


FIG 2.13 A - Disposição helicoidal de falhas sintéticas, formando "tulip structure".

FONTE: NAYLOR et al(1986), p.744

2.13 B - Evolução destas falhas a partir de esforços transcorrentes levógiras.

FONTE: SYLVESTER(1988).



FONTE: Ver WILCOX et al(1973)

FIG 2.14 - Rotação de falhas antitéticas, indicando movimento Destrógiro ao longo da Falha Principal.

usualmente varia entre 60º-70º (WILCOX et al,op cit). Fraturas extensionais (T) estão situadas na bissetriz deste ângulo, e orientadas paralelamente ao eixo de maior encurtamento (Z), e a um ângulo de 45º com a direção de máximo cisalhamento (SYLVESTER, 1988) (Ver FIG 2.10).

As falhas sintéticas possuem uma direção de movimentação idêntica ao da falha transcorrente principal. Segundo WILCOX et al(op cit), a direção da falha sintética tende a se estabilizar com a movimentação entre os blocos, pois a direção de movimentação regional leva a uma rotação, a qual é contraposta por uma rotação interna dos blocos, estabilizando a direção da falha.

As falhas antitéticas possuem um sentido de deslocamento contrário ao falhamento principal. A conjugação do esforço regional com a rotação interna dos blocos, faz com que esta falha rotacione até se dispor à 90º do eixo X do elipsóide de deformação, assumindo características tensionais. Como consequência, os movimentos laterais ao longo das falhas antitéticas são geralmente pequenos quando comparado com os deslocamentos das falhas sintéticas ou da falha transcorrente principal. Em alguns casos, o desenvolvimento das falhas antitéticas é tão pequeno que a evolução dessas falhas é praticamente inibido. Em todos os modelos de argila, os autores verificaram que as falhas sintéticas são muito melhor desenvolvidas que as falhas antitéticas.

2.3.3 - FALHA TRANSCORRENTE PRINCIPAL

O desenvolvimento da zona de falha principal ocorre no último estágio da fase inicial da deformação em zona de transcorrência (WILCOX et al, op cit).

Ainda segundo WILCOX et al(op cit), após um curto intervalo de dobramento e falhamento, as falhas sintéticas deslocam as dobras escalonadas e falhas/fraturas antitéticas (na sua maioria já abortados). Com o prosseguimento dos esforços, começam a aparecer na cobertura, as FRATURAS Y(D), as quais interligar-se-ão com as falhas/fraturas sintéticas e as fraturas P, fa-

zendo com que a falha principal seja materializada na superfície, numa faixa relativamente estreita.

À medida que o deslocamento na falha principal aumenta, diminui o deslocamento ao longo das falhas conjugadas. Nesta fase desenvolvem-se zonas TRANSPRESSIONAIS E TRANSTENSIONAIS ao longo do lineamento, conforme mecanismo previsto por KINGMA(1958)

O intenso fraturamento/falhamento nessa zona torna-se complexo, e o resultado é um PADRÃO DE FALHA ANASTOMOSADO, feição típica de grandes zonas transcorrentes.

Dentro da zona de falha são produzidos grande variedade de blocos. Alguns afundam ou são alçados, outros sofrem nova deformação através de dobramentos e falhamentos.

2.3.4 - OUTRAS ESTRUTURAS

Falhas REVERSAS e NORMAIS são geradas neste modelo, como consequência dos esforços desenvolvidos na zona de falha, conforme demostrado por HARDING(1974) (Ver FIG 2.10).

Segundo WILCOX et al(op cit), SYLVESTER(op cit), é possível, ainda, prever outras famílias de juntas, com as X (família de fraturas de esmagamento ou de relaxamento) dispostas simetricamente à R' em relação à zona de transcorrência, e paralelas a direção do eixo X do elipsóide de deformação; e T (família de fraturas de tração, distensão ou de partição), podendo estar preenchidas por material magmático na forma de diques, vênulas, veios, etc., ou ainda, por soluções hidrotermais (Ver FIG 2.10). Estas fraturas dispõem-se na bissetriz do ângulo agudo entre as falhas R e R', e são paralelas à direção do eixo Z do elipsóide de deformação.

As fraturas de tração escalonadas ou "en echelon vein" podem se formar ao longo de uma falha transcorrente, no estágio inicial da deformação, mas são facilmente destruídas à medida que o deslocamento aumenta e as estruturas compressionais tornam-se mais proeminentes (WILCOX et al,op cit).

2.3.5 - REGIMES TRANSPRESSIONAIS E TRANSTENSIONAIS

Uma das características fundamentais das Zonas Transcorrentes é a coexistência, em equilíbrio, de regimes EXTENSIONAIS e COMPRESSIONAIS. Embora KINGMA(1958) já havia previsto esta mecânica ao longo de zonas transcorrentes, a retomada deste enfoque com o estabelecimento de definições mais rigorosas foram efetuadas apenas em tempos mais recentes por HARLAND(1971). O autor denominou de TRANSPRESSÃO a compressão associada ou combinada à transcorrência, e de TRANSTENSÃO a extensão ou cisalhamento oblíquo, associado ou combinado à transcorrência.

As principais estruturas das ZONAS TRANSPRESSIONAIS são estruturas em flor positivas, falhas reversas, falhas de empurrão, dobras escalonadas, domos, diápiros e horsts. Os soergui mentos são predominantes neste ambiente (Ver ZALÁN,1986 A). Em ZONAS TRANSTENSIONAIS predominam estruturas em flor negativas, falhas normais, grabens, e eventualmente vulcanismo nos centros de espalhamento (ZALÁN,op cit).

O termo "PULL-APART BASIN" foi definido por CROWELL (1974) e aplicado a bacias geradas em regimes transtensionais.

A alternância de Zonas de Transtensão e Transpressão ao longo do "trend" de uma falha, conforme o carater de cisalhamento mude de convergente para divergente e vice-versa, provoca um intenso sobe-e-desce dos blocos envolvidos, configurando o que foi chamado de EFEITO GOLFINHO (CROWELL e SYLVESTER,1979 in: GRAHAM et al,1984).

2.3.6 - MODELO ALTERNATIVO

Um mecanismo de desenvolvimento de zonas transcorrentes idêntico ao modelo de zonas de transpressão e transtensão foi proposto por VIALON(1979) e aplicado por SADOWSKI(1983) para o Nordeste Brasileiro. A síntese deste mecanismo foi descrito por SADOWSKI(op cit, p.75): "a partir de esforços... (que geram deformações transcorrentes) ...incidentes sobre certa região,primeiro deveria ocorrer CISALHAMENTO PURO ao longo da mesma, com

achatamento das dobras pré-existentes e estiramento acompanhado de "boudinage" ao longo dos eixos. No caso extremo desta deformação, poder-se-iam formar as feições de empurrão de alto ângulo em profundidade. A seguir viria a virgação das estruturas por deformação dúctil (CISALHAMENTO SIMPLES), reorientando-as. Nos trechos finais de deformação dúctil, com a anisotropia reorientada (formada a partir do Cisalhamento Puro), poderiam ser geradas estruturas de crenulação e dobramento da mesma, principalmente na zona do cinturão dúctil. Nas zonas sujeitas a ruptura friável passariam a ser geradas fraturas e juntas".

2.3.7 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO DE RIEDEL

Na aplicação deste modelo, é importante levar em consideração que durante o transcorrer do tempo geológico, se formaram fraturas nos 10 Km superiores da crosta terrestre (0-300°C e 0-4 Kb), onde os silicatos apresentam um comportamento essencialmente rúptil (RAMSAY e HUBER,1987, p.561).

Além das fraturas geradas por FALHAS TRANSCORRENTES nos domínios rúpteis e rúpteis-dúcteis de RAMSAY(1980), diversos processos de deformação regional podem igualmente originar produtos cataclásticos, denominados de PROTOCLÁSTICOS por BRÖGGER , 1890 (in: SADOWSKI,1983), como segue:

a) Tectônica puramente extensional, com geração de grabens e rift-walley;

b) Dobras geradas por deformação longitudinal tangencial ("buckling"), com a formação de fraturas extensionais no arco externo da dobra, além de fraturas compressionais geradas no arco interno (Ver RAMSAY,1967, p.401);

c) Fraturas geradas pelo resfriamento de corpos magmáticos, e pelo processo de intrusão em suas encaixantes;

d) Fraturas originadas pela acomodação de camadas de rochas em regiões plataformais.

Além da somatória de fraturas geradas nos mais diferentes períodos geológicos e associados a processos genéticos distintos, leva seguramente a resultados e interpretações que fogem da realidade geológica. Neste sentido é importante isolar conjuntos de fraturas que foram gerados por um mesmo mecanismo , de preferência de forma singenética, ou que estejam relacionados a um mesmo processo de deformação progressiva finita.

A separação de conjuntos de fraturas distintos, na maioria das vezes, é de difícil execução se não impraticável. Estruturas guias normalmente são a chave para estas identificações, como dobras escalonadas, fraturas/falhas sintéticas e antitéticas, entre outras (WILCOX el al,op cit). Desta forma, neste trabalho, será dada ênfase à obtenção destas estruturas guias, na tentativa de determinar elementos que possam conduzir a um modelo genético responsável por boa parte das fraturas existentes nas sequências pré-Cambrianas e Fanerozóicas.

2.4 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO DE NÍVEIS ESTRUTURAIS

O modelo de níveis estruturais proposto por MATTAUER (1972) com os clássicos domínios de CISALHAMENTO (nível superior), da FLEXÃO (nível médio), ACHATAMENTO E ESCOAMENTO(nível inferior), foi concebido a partir dos parâmetros de Pressão Confinante e Temperatura. O autor determinou profundidades relativamente fixas, onde os respectivos níveis teriam sua ocorrência.

Este modelo continua sendo reconhecido, embora as profundidades de ocorrência destes níveis possam variar de forma acentuada dentro dos diversos sítios geotectônicos, a partir de uma terceira variável: o "stress" dirigido ou tectônico.

Estudos sob a ótica da deformação de rochas foram desenvolvidos por RAMSAY e GRAHAM(1970), SIBSON(1977), entre outros. Os primeiros autores estabeleceram zonas de cisalhamento rúpteis, rúpteis-dúcteis e dúcteis, enquanto que SIBSON(op cit) desenvolveu os conceitos dos regimes EF (elástico-friccional), transição EF/QP e QP (quase plástico). Estes trabalhos, entre outros, complementam o modelo de níveis estruturais de MATTAUER(op cit).

C A P Í T U L O 3

A P R E S E N T A Ç Ã O D O S D A D O S E C A R A C T E R I Z A Ç Õ E S D A F A L H A D A L A N C I N H A

3.1 - FEIÇÕES MACROSCÓPICAS OBSERVADAS

3.1.1 - NO SUDESTE BRASILEIRO

Intensa malha de falhas afetam as rochas das regiões sul-sudeste do Brasil, constituíndo-se numa Zona Móvel Transcorrente, ou Cinturão Orogênico Transcorrente, conforme conceitua - ção teórica desenvolvida por READING(1980) na Europa. Possui disposição nordeste, com seus elementos individuais arranjados segundo um padrão "en echelon" ou escalonado, e de forma anastomosada.

No Estado de São Paulo, as principais falhas trans - correntes identificadas em mapeamentos geológicos locais e regionais são as de Jundiuvira, Taxaquara, Caucaia, Agudos Grandes , Figueira, Cubatão, Ribeira, Itapirapuã, entre outras. SADOWSKI e MOTIDOME(1987) caracterizaram o SISTEMA DE FALHAMENTOS CUBATÃO (FIG 3.1), constituído pelas Falhas de ALÉM PARAÍBA no Estado do Rio de Janeiro, com 210 km até a altura de Campos; no Estado de São Paulo ocorrem outros trechos, um no extremo nordeste, com a denominação de FALHA DE CUBATÃO, e outro no extremo sudoeste, de FALHA DE ITAPEÚNA, somando 610 km. Esse lineamento extende-se para o Estado do Paraná, sob a denominação de FALHA DA LANCINHA,

com outros 150 km, até desaparecer sob os sedimentos da Bacia do Paraná. A continuidade deste lineamento, através de reativações, impressas nos sedimentos da Bacia do Paraná, levaram ZALÁN et al (1987) a extende-lo por mais 940 km, até o oeste do Estado do Rio Grande do Sul.

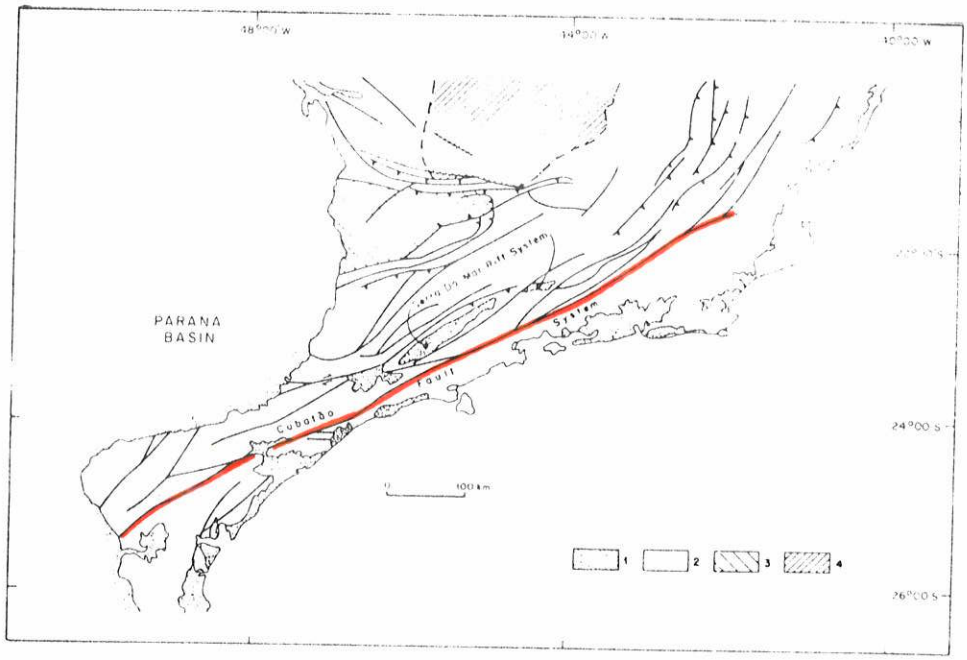


FIG 3.1 - O lineamento ALÉM PARAÍBA-CUBATÃO-LANCINHA no contexto geológico do sul - sudeste do Brasil.

1 - coberturas Fanerozóicas;

2 - cinturão de dobramentos com idade Brasiliana ou rejuvenecido;

3 - Bloco Guaxupé;

4 - Craton São Francisco.

FONTE: SADOWSKI e MOTIDOME(1987), p.69

Ao longo deste lineamento, com aproximadamente 1.910 km de extensão, verifica-se uma deformação tipicamente heterogênea. Para as porções deste lineamento chamadas Além Paraíba e

Cubatão, foram descritos blastomilonitos e milonitos (CAMPANHA , 1980; HASUI,1981; SILVA,1981; SADOWSKI,1983, entre outros), com deformação essencialmente dúctil associado, provavelmente pré - brasiliana. Esta deformação foi denominada, neste trabalho, de EVENTO CUBATÃO. Porém, no trecho em que este lineamento recebe a denominação de Lancinha, ocorre um generalizado fraturamento e esporádicas brechas associadas, além da reativação das rochas deformadas no evento Cubatão. Esta deformação rúptil a rúptil-dúctil, foi denominada de EVENTO LANCINHA.

Uma importante cartografia das estruturas do lineamento Cubatão-Lancinha foi realizada pelo projeto de Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira(1982), na porção sul do Estado de São Paulo e no Estado do Paraná (FIG 3.2). Neste mapeamento, o lineamento Cubatão-Lancinha, com direção nordeste, ocupa uma disposição ligeiramente retilínea e separa compartimentos com comportamento estrutural distintos. Por outro lado, as falhas do Cerne, Ribeira, e demais com direção nordeste-leste, provocam uma movimentação DESTRÓGIRA nas falhas/fraturas com direção norte-nordeste, como Figueira, Agudos Grandes, Caucaia, entre um grande número sem denominações específicas. É provável que ambos sistemas (NE-E e N-NE) se constituam em falhas secundárias (ou subsidiárias) do Sistema Cubatão-Lancinha, ou em alguns casos , utilizem linhas de fraqueza pré-estabelecidas, como parece ser o caso da Falha do Itariri.

As falhas com direção N-NE normalmente se constituem em limites laterais NW e SE de macrolentes tectônicas, as quais apresentam um formato de paralelogramo, com suas terminações NE e SW infletidas, indicando movimento lateral direito ao longo das falhas NE-E. É interessante observar,ainda, que os traços axiais de dobras normalmente estão contidos e dispostos de forma ligeiramente paralela ao formato longelíneo das referidas lentes (Ver FIG 3.2). As falhas N-NE, via de regra, não cortam os traços axiais de dobras. Esta relação entre falhas e traços axiais de dobras sugere uma relação genética de contemporaneidade entre elas.

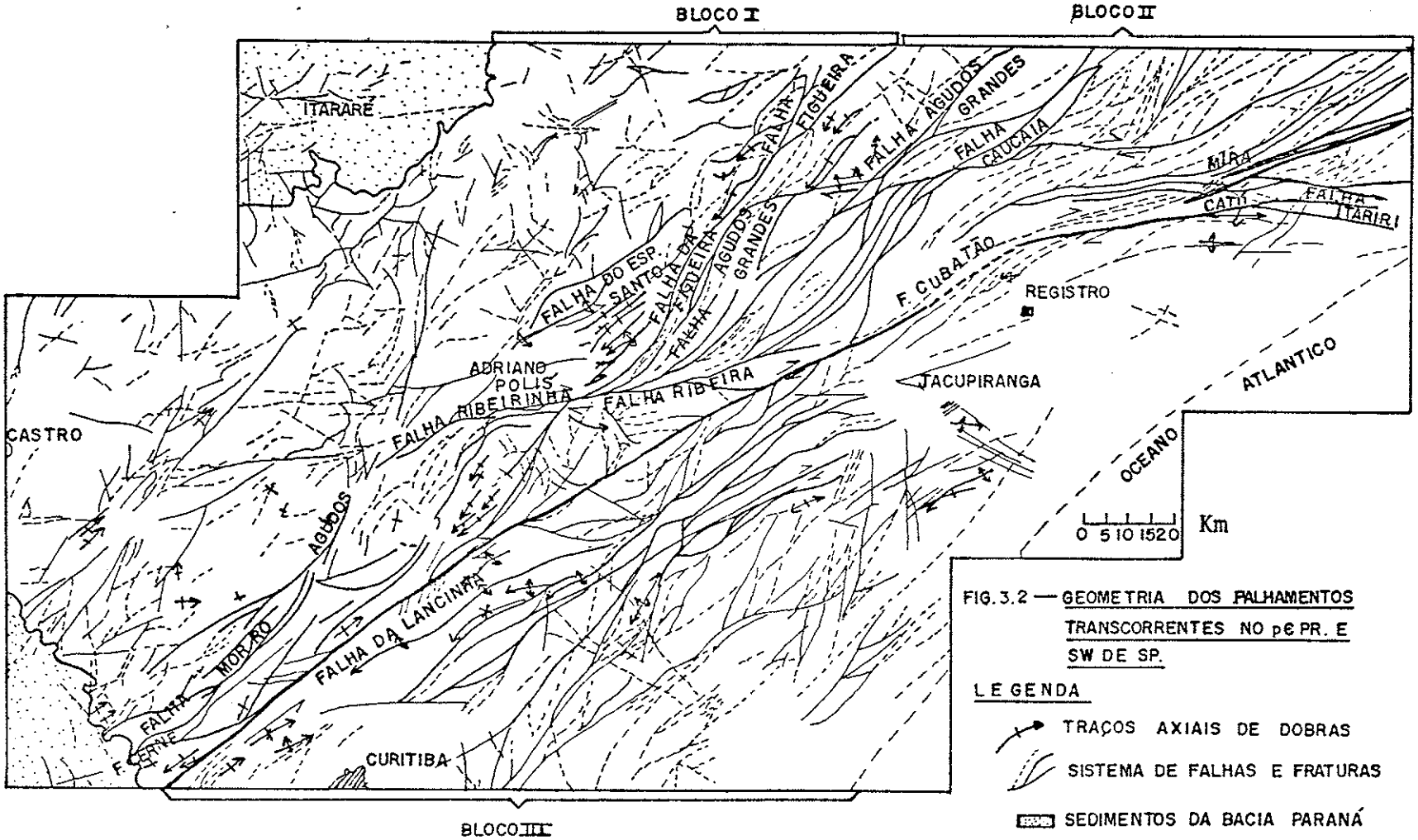


FIG. 3.2 — GEOMETRIA DOS FALHAMENTOS TRANSCORRENTES NO p€ PR. E SW DE SP.

LEGENDA

- TRAÇOS AXIAIS DE DOBRAS
- SISTEMA DE FALHAS E FRATURAS
- SEDIMENTOS DA BACIA PARANÁ
- LOCALIDADE

FONTE: PROJETO DE INTEGRAÇÃO E DETALHE GEOLÓGICO NO VALE DO RIBEIRA (1981)

3.1.2 - NO PRÉ-CAMBRIANO DO ESTADO DO PARANÁ

3.1.2.1 - Generalidades

O Sistema de Falhamento Cubatão se propagou através de um importante conjunto de falhas direcionais no Estado do Paraná.

Está disposto, em mapas, segundo uma direção média N50-60E. Apresenta um traço ligeiramente retilíneo, fazendo prever tratar-se de uma falha de mergulho vertical a subvertical. Estão associados a ela diversas estruturas secundárias como dobras escalonadas, falhas sintéticas e antitéticas, corpos graníticos, como será visto na sequência do trabalho. Além disso, causa uma importante compartimentação tectônica e estratigráfica.

3.1.2.2 - Lineamentos

O LINEAMENTO CUBATÃO-LANCINHA (indicado por (1) na FIG 3.3), de expressão continental, adentra o Estado do Paraná na altura da Barra do Turvo. Na sua continuação SW (mapas topográficos da COMEC, escalas 1:50.000, 1:20.000 e 1:10.000) tem como localidades de referência Pula Sapo, imediações de Santana, Capirú dos Diniz, Lancinha dos Capirú, Lancinha do Pioli, Rio Branco do Sul, Tacanice, Itaperussú, Queimadinho, Pombas e Campina dos Ilhéus. Seguindo ainda mais para SW, nas imediações de Conceição, este lineamento sofre uma bifurcação, surgindo um ramo que FIORI et al(1987) denominaram de FALHA DO CERNE (Ver (2) na FIG 3.3). Esta falha subsidiária paulatinamente deixa a direção NE-SW, para desaparecer sob a BACIA DO PARANÁ, com direção E-W.

Seguindo o lineamento Lancinha, nas imediações da Estância Ouro Fino (aproximadamente 600 metros à NW desta referência), ocorre nova bifurcação, desta vez surgindo a FALHA DO CAL (FIORI et al,op cit) ((3) na FIG 3.3).

Na continuação do traço de falha denominado originalmente de Lancinha, ocorrem,ainda, as localidades de Avacaé, Retiro Grande, Varzeado, região de Felpudo, Taquaral, e finalmente

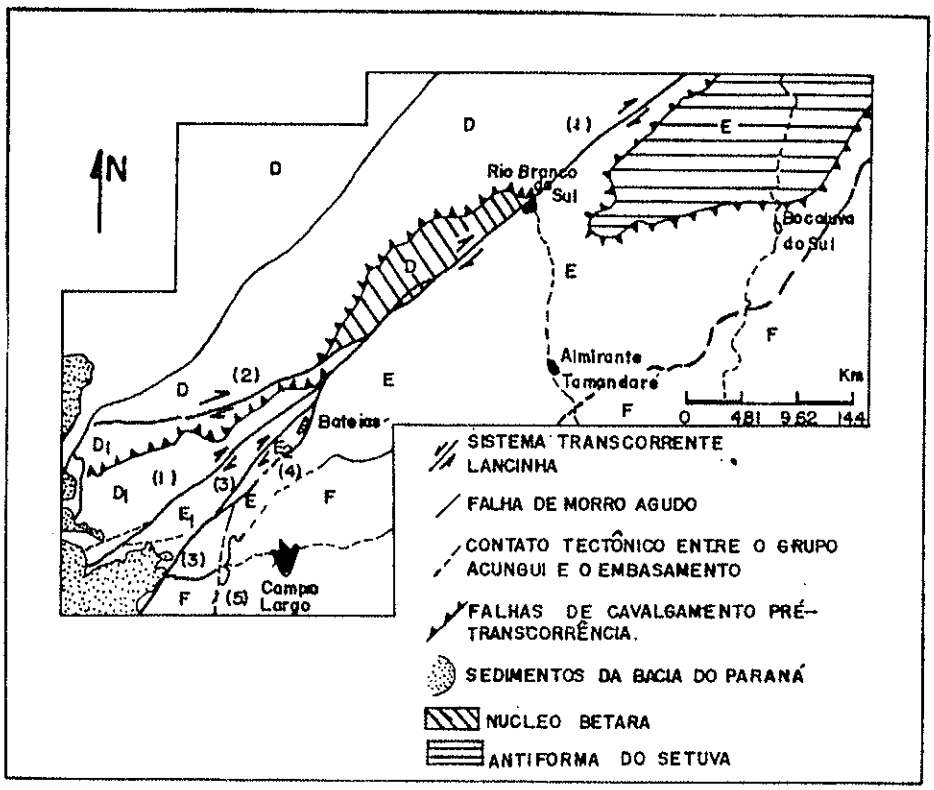


FIG 3.3 - Compartimentação Tectônica estabelecida pelo Sistema Transcorrente Lancinha. Blocos tectônicos seguem a identificação efetuada por GÓIS,SALAMUNI e FIORI (1985).

(1) Falha Transcorrente Principal (Lancinha); (2) Falha do Cerne; (3) Falha do Cal; (4)Falha do Mato; (5) Falha de Itaqui.

FONTE: FIORI et al(1985,1987).

desaparece sob os sedimentos da Bacia do Paraná, nas imediações de São Luiz do Purunã.

A FALHA DO CAL (FIORI et al,op cit), disposta igualmente com direção NE-SW, passa entre as localidades de Avacaé e Bateias. Mais a SW, tem a localidade de Itaqui de Cima e a Fábrica de Cimento Itambé como referência, até igualmente desaparecer sob a Bacia do Paraná, na região de São Carlos.

Uma quarta falha, denominada por FIORI et al(op cit)

de FALHA DO MATO, bifurca-se a partir da Falha do Cal, nas imediações de Bateias, e abre-se para SW-S, juntando-se novamente a Falha do Cal na sua sequência SW, formando uma macro lente tectônica, com formato elíptico (traço de falha indicado por (4) na FIG 3.3).

Um segundo sistema de há muito conhecido, por coincidir com a direção geral de diques de diabásio na região do Arco de Ponta Grossa, destaca-se no mapa de lineamentos, com direção noroeste. Apresenta traços proeminentes de falhas e de zonas com intensa clivagem de fratura.

Uma última falha, denominada de FALHA DE ITAQUI (FIORI et al,op cit) (indicado por (5) na FIG 3.3), disposta com direção N-S, ligeiramente NE, possui sua terminação norte de encontro à Falha do Mato, aparentemente truncada por esta última. Tem a localidade de Itaqui disposta à 1,5 km à leste, e a cidade de Campo Largo à 4 km, também à leste do lineamento, como principais referências geográficas.

3.1.2.3 - Compartimentação Tectônica

A Falha Transcorrente Lancinha causa uma importante compartimentação das rochas pré-Cambrianas no Estado do Paraná (Ver FIG 3.3), conforme caracterização efetuada por GÓIS,SALAMUNI e FIORI(1985).

Limita rochas da Formação Capirú (Compartimento E - Bocaiúva do Sul, da FIG 3.3) com Formação Votuverava (Compartimento D - Tunas) (ambas do Grupo Açungui); xistos e milonitos do Grupo Setuva no Núcleo Betara (Ver identificação na legenda da FIG 3.3) com rochas da Formação Capirú; e ainda, sedimentos da Formação Camarinha, parcialmente dispostos entre falhas secundárias do Sistema Lancinha na porção S-SW dos blocos Bocaiúva do Sul e Tunas, e em contato tectônico com as Formações Capirú e Votuverava (sub compartimento E_1). E ainda, uma lente tectônica composta por rochas do Grupo Açungui e uma estrutura antiformal composta por rochas do Grupo Setuva e/ou Pré-Setuva (E_2).

A atuação prolongada dessas falhas, promoveu desloca-

mentos de blocos ao longo do seu "trend", e consequente justaposição de blocos tectônicos, cada qual com litologias e características estruturais distintas (Ver FIG 3.3). Neste trabalho foi mantida a compartimentação e nomenclatura proposta por GÓIS, SALAMUNI e FIORI(1985).

3.1.2.3.1 - Compartimento Curitiba (Bloco F)

Composto por rochas do embasamento cristalino, como migmatitos, gnáisses variados, além de milonitos. Ocorrem também granitóides Brasilianos, diques básicos mesozóicos, além da Bacia Sedimentar de Curitiba.

Foi afetada pela Falha Transcorrente Lancinha apenas na porção SW da FIG 3.3, quando passa a ser coberta por sedimentos da Bacia do Paraná.

3.1.2.3.2 - Compartimento Bocaiúva do Sul (Bloco E)

Estende-se desde o contato com as rochas do embasamento cristalino até o traço principal da Falha da Lancinha.

Corresponde ao Complexo Pré-Setuva na porção aflorante do Antiforme do Setuva na porção NE do bloco, e por litologias da Formação Capirú (Grupo Açungui). No primeiro, ocorrem xistos, gnáisses, milonitos e corpos básicos, enquanto que no segundo predominam metacalcários, com filitos e quartzitos associados. Aparecem, ainda, neste bloco, corpos graníticos diversos , além de diques básicos.

- Bloco E_1 - É constituído integralmente por sedimentos da Formação Camarinha. Estes sedimentos distribuem-se em dois fácies distintos, um conglomerático e outro síltico.

- Bloco E_2 - Lente tectônica composta por filitos e mármores da Formação Capirú (Grupo Açungui) e por um núcleo antiformal constituído por rochas granitóides no seu núcleo, e bordejado por rochas quartzíticas.

3.1.2.3.3 - Compartimento Tunas (Bloco D)

É constituído de litologias atribuidas à Formação Votuverava (Grupo Açungui), havendo largo predomínio de metassiltitos e filitos. Metacalcários ocorrem de forma subsidiária, configurando alguns corpos estreitos e de formas lenticulares. Destacam-se nesse bloco alguns corpos lenticulares de metabasitos. Os antiformes do Rio do Salto e do Rio Votuverava são interpretados por FIORI(1985 D) como dobras escalonadas induzidas na cobertura metassedimentar, a partir de falhamentos do embasamento do Grupo Açungui.

Na porção SE deste bloco, aparece o NÚCLEO BETARA,na forma de uma estrutura antiformal. É composto essencialmente por xistos atribuíveis ao Grupo Setuva, aparecendo subsidiariamente camadas estreitas e rompidas de quartzitos, metabasitos e de uma sequência ferrífera. Além disso, ocorrem gnáisses e migmatitos , relacionados ao Complexo Pré-Setuva.

FRITZSONS JR,PIEKARZ e FALCADE(1982) preferiram subdividir esta estrutura nos núcleos Betara e Ouro Fino, compostos por rochas da Formação Perau (Grupo Setuva), além de rochas do Complexo Pré-Setuva.

E na porção sul deste bloco aparece o Granito do Cerne, truncado pela falha que recebe o mesmo nome.

- Bloco D_1 - Este subcompartimento é limitado pelas falhas do Cerne e Lancinha. É composto, na sua porção NW, por mármores, rochas calciossilicatadas e calcioxistos, ambas atribuídas a Formação Água Clara (Grupo Setuva), denominado de Núcleo

Alto Açungui por FRITZSONS JR,PIEKARZ e FALCADE(op cit). Na porção oeste, ocorre o Granito Passa Três, com mineralizações hidrotermais auríferas. E na porção SE deste bloco, ocorrem litologias como quartzitos e metassiltitos pertencentes a Formação Votuverava.

Na terminação meridional deste bloco, ocorre uma área de forma grosseiramente triangular, composta por litologias da Formação Camarinha. A direção do acamamento é noroeste, porém inflete se para norte-sul junto à Falha, devido a efeitos de arrasto. Os conglomerados são as rochas predominantes dessa Formação.

Nos blocos D e D_1 ocorrem, ainda, diques básicos mesozóicos.

3.1.2.4 - Aspectos Geomorfológicos

A justaposição de litologias do Núcleo Betara com a Formação Capirú é evidenciada por uma forte descontinuidade geomorfológica num pequeno trecho da Falha da Lancinha (Ver FIG 3.3).

A primeira unidade, com serras e morros elevados, com um relevo tipicamente acidentado, e a segunda, configurando um relevo mais arrasado, com morros suaves. O desnível topograáfico entre o núcleo Betara e a Formação Capirú (Grupo Açungui) é acentuado, servindo como tradicional critério para o traçado da Falha da Lancinha neste trecho.

Evidências da estruturação da fase principal de deformação do Sistema Transcorrente Lancinha são remanescentes por entre a forte estruturação NW, em imagens de Satélite LANDSAT na escala 1:250.000 e 1:100.000, mapas geológicos na escala 1:100.000 e 1:50.000, além de mapas topográficos da COMEC (Sistema Es-

tadual de Planejamento - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba), nas escalas 1:50.000, 1:20.000 e 1:10.000. Morros e vales alinhados, basicamente segundo a direção N30-50W, são o registro de uma tectônica rúptil ocorrida em tempos Juro-Cretáceos, com a separação dos atuais continentes da África e América do Sul, e consequente abertura do Oceâno Atlântico. Este evento imprimiu às rochas extenso sistema de falhamentos e fraturamentos, dos quais grande quantidade foi preenchido por magma basaltico na forma de diques.

O sistema de drenagens de primeira ordem se instalou segundo estas direções Mesozóicas (N30-50W), com algumas excessões. Dentro delas, cita-se o Ribeirão Capirú com nascente nas proximidades de Rio Branco do Sul, o qual recebe sucessivamente as denominações de Ribeirão da Lança e Rio São Pedro, percorrendo 10,25 km sobre o traço principal da Falha da Lancinha, no sentido NE. Finalmente desagua no Rio Santana, este último controlado por um "trend" médio N15W. As drenagens de segunda e terceira ordens são controladas pelas demais direções previstas no mapa de lineações/lineamentos do ANEXO I.

3.1.2.5 - Análise de Imagens de Satélite, Escalas 1:500.000, 1:250.000 e 1:100.000

As imagens de satélite LANDSAT, escalas 1:250.000 e 1:500.000 (canais 5 e 7) foram descritas de forma precisa e apropriada por FIORI et al(1984): "... O lineamento Lancinha apresenta-se fortemente estruturado, sendo demarcado, na realidade, por uma faixa de largura variável, com grande número de lineações e/ou lineamentos menores paralelos ou subparalelos. Além disso, ao longo desse limite, observa-se uma discordância ou uma discontinuidade de zonas homólogas, com lineamentos de direção N40E terminando abruptamente contra esse limite, como pode ser bem observado em sua parte norte, nas proximidades de Tunas. Ainda nessa região, a sul do lineamento, observa-se uma zona homóloga caracterizada por lineamentos de forma dobrada, possivelmente representando acamadamento.

As zonas homólogas separadas por esse lineamento são

bastante diferentes entre si; na zona homóloga a norte, predominam lineamentos relativamente retos e mais espaçados, representando possivelmente falhas ou fraturas ou até eixos de dobras, com orientações nordeste, formando um ângulo médio de cerca 20º-30º com a Falha da Lancinha. A sul, os lineamentos representam acamamento e apesar de estarem dobrados, apresentam uma disposição geral sub-paralela à falha. Além disso, a tonalidade entre as duas zonas homólogas é diferente, sendo a zona homóloga a sul, de tonalidade mais clara que a norte. Para sudoeste, a zona de influência da Falha da Lancinha diminui em largura, tornando-se algo mais difusa, até desaparecer por debaixo dos sedimentos da Bacia do Paraná..."

Na imagem de Satélite LANDSAT, escala 1:100.000, reduzida fotograficamente para a escala 1:417.000 (FOTO 3.1), os traços do Sistema Transcorrente Lancinha aparecem mais claros. O traço de falha principal, representado por A na FOTO 3.1, possui uma direção média N50-60E.

A estruturação do Sistema Transcorrente Lancinha formou uma macro lente tectônica. A partir do ponto I da FOTO 3.1 falhas/fraturas, além de camadas litológicas, afastam-se do "trend" principal da falha no sentido Nordeste-este, para assumirem atitudes entre N70-90E. No ponto II (Ver FOTO 3.1), o feixe de lineações principal abondona a direção principal N50-60E, na forma de uma forte inflexão, reorientando as estruturas para N80-85E. Na sequência do sentido nordeste, após praticamente desaparecer, o "trend" da falha principal reaparece, de forma sutil, no canto nordeste da FOTO 3.1, retornando a sua direção normal.

A Falha de Morro Agudo, identificada pela letra "F" na FOTO 3.1, apresenta uma estruturação N26E relativamente forte, não assumindo a mesma direção do "trend" da falha principal. Sua natureza é complexa, como será visto na sequência do trabalho.

No mapa de lineações (ANEXO I) a zona de falha principal mostra-se bem delimitada com um"trend" de lineações fotogeológicas (ver conceituação estabelecida por SOARES e FIORI, 1976) com direção N50-70E. No trecho deste lineamento compreendido entre a Bacia do Paraná, passando por Bateias, até a localidade de Rio Branco do Sul, as lineações não se mostram fortes e concentradas, com 1,5km de largura, onde apresentam uma direção N50-60E

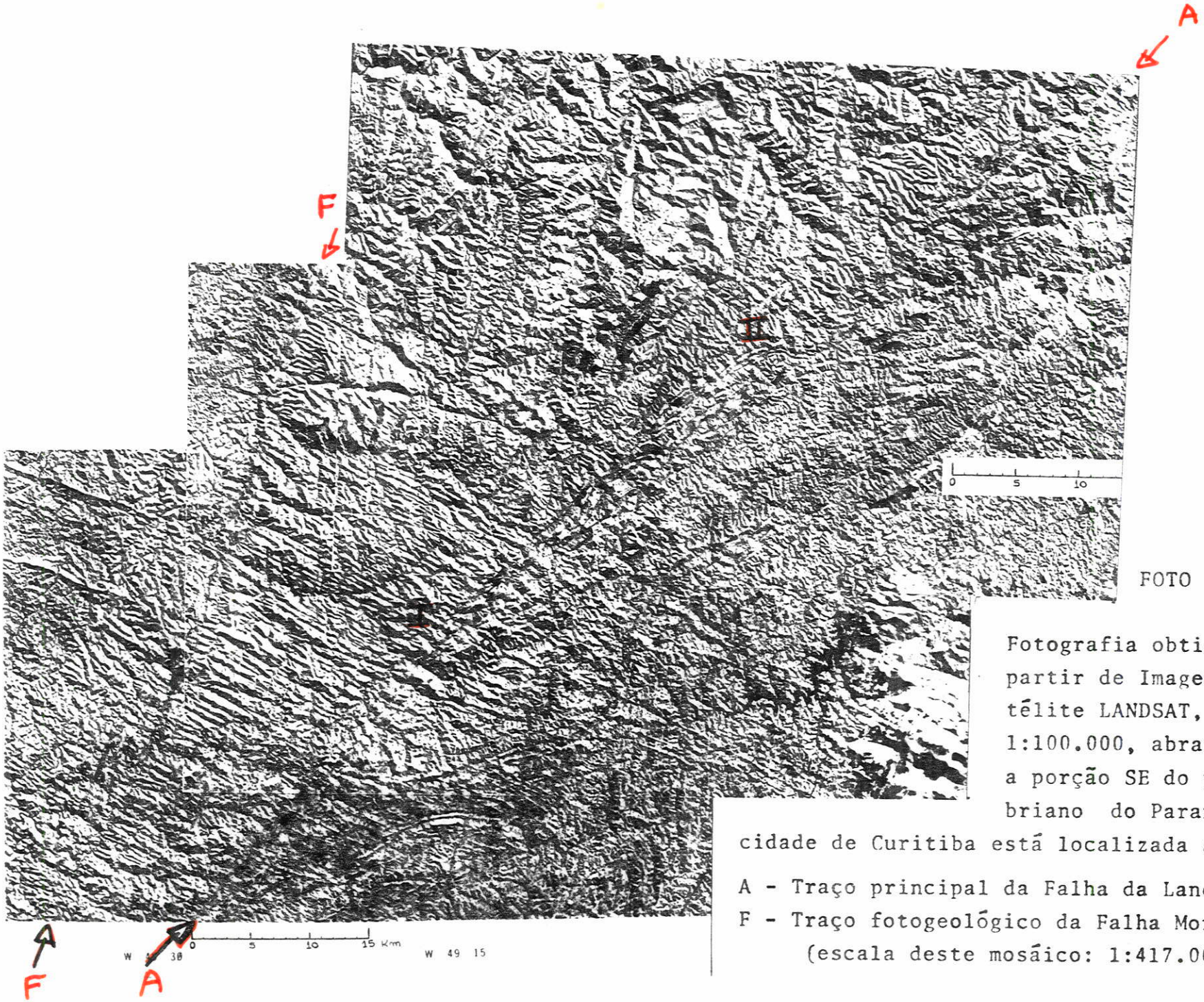


FOTO 3.1

Fotografia obtida a partir de Imagem de Satélite LANDSAT, escala 1:100.000, abrangendo a porção SE do pré-Cambriano do Paraná. A cidade de Curitiba está localizada a sul.

A - Traço principal da Falha da Lancinha;
F - Traço fotogeológico da Falha Morro Agudo (escala deste mosáico: 1:417.000).

(Ver diagrama de rosetas J,no ANEXO I). Na sequência do lineamento, no seu sentido nordeste, as lineações apresentam-se mais concentradas, formando uma zona de falha mais proeminente, quando vista em imagem de satélite LANDSAT, escala 1:100.000. A largura desta zona deformada igualmente aumenta, atingindo 5,5 km nas imediações da localidade de Tunas.

Nesta área fazem parte, ainda, da estruturação da zona de falha, redobramentos delimitáveis na escala 1:100.000, nas imediações em que a direção da falha principal assume direção N60-70E (Diagrama A do Anexo I).

Seguindo mais 19 km pelo traçado deste lineamento no sentido nordeste, a falha sofre uma forte inflexão para nordeste este. O diagrama de rosetas G (Ver anexo I) mostra uma disposição média destas lineações com direção E-W. Idênticas lineações na área D apresentam direção N80-90E.

Na sequência nordeste do "trend" de falha, até o limite geográfico entre os Estados do Paraná e São Paulo, demarcado pelo Rio Ribeira, as lineações mostram uma tênue concentração na zona de falha.

Um terceiro conjunto de lineações igualmente com direção N75-90E, cortam aquelas da zona principal da falha, devendo estarem associados a fenômenos de deformação regional.

No mapa de lineações (Anexo I) foram, ainda, individualizados mais três conjuntos de lineações, com medidas representativas tomadas em pequenas áreas, consideradas homogêneas , e situadas a NW e SE da zona de máximo cisalhamento, como segue:

Famílias de LINEAÇÕES	Côr LILÁS	Côr VERDE	Côr MARRON
Lineações situadas à NW da Zona de Falha	N10-20W	N30-40W	N10-20E
Lineações situadas à SE da Zona de Falha	N20-30W	N30-50W	N10-20E
MÉDIA	N10-30W	N30-50W	N10-20E

QUADRO 2 - Família de lineações que aparecem no mapa de lineações (ANEXO I).

Em termos gerais, as variações entre as lineações situadas a noroeste e sudeste da zona de falha principal, são muito pequenas (Ver Quadro 2). Isto significa que as estruturas secundárias desenvolvidas nos blocos deformados em seus sítios originais e depois deslocados até a posição de justaposição atual, apresentaram direções idênticas. Isto implica que a deformação apresentou um comportamento relativamente homogeneo em escala regional, pois segundo conclusões obtidas no final do trabalho, é provável que tenha ocorrido um deslocamento mínimo de 130 km entre os blocos originalmente deformados. Por outro lado, é possível que não tenha ocorrido um deslocamento significativo ao longo da falha, e que as estruturas secundárias tenham se desenvolvido praticamente na atual disposição das unidades geológicas.

Esta última hipótese parece menos provável, uma vez que os dados obtidos e expostos na sequência do trabalho, indicam uma maior deformação no Evento Lancinha.

Alguns rejeitos foram identificados em pontos isolados. Na direção N10-30W (representada pela côr lilás no mapa de lineações - ANEXO I), pequenos traços de falhas mostram movimentos Lateral Esquerdo, enquanto que no conjunto N10-20E (cor marron), predominam movimentos Lateral Direito. E na direção N30 - 50W, com uma destacada presença no mapa de lineações, não ocorrem rejeitos direcionais pronunciados, fato provavelmente associado à escala regional na qual o mapa foi confeccionado (1:100.000).

Destacam-se no mapa de lineações do ANEXO I, duas macro lentes tectônicas. A primeira é formada por um feixe de lineações que partem do "trend" principal da falha nas imediações da localidade de Rio Branco do Sul. Contornam parte do Anticlinal do Setuva, com direção N80E, quando na altura de Bocaiúva do Sul sofrem uma reorientação, agora com direção N30E, cortando lineações N80E pré-existentes, até fechar esta lente à aproximadamente 14,5 km à SE da localidade de Tunas. Uma segunda lente está disposta logo a nordeste daquela anterior, ambas com movimento Anti-horário.

O traço principal da Falha da Lancinha foi traçado por BATOLLA JR(1977) e FIORI(1989-inédito) no limite linear noroeste da zona de falha principal, pois este limite apresenta um

comportamento relativamente retilíneo (Ver FOTO 3.1). Mas o traçado das lineações (Ver Anexo I) ao longo do lineamento, mostrou que a zona de falha principal apresenta uma extensão lateral para sudeste, com larguras que variam de 1,5 km (na localidade de Rio Branco do Sul), até 5,5 km ao sul de Tunas, onde a zona de falha, no seu limite linear sudeste, é balizado pelo Anticlinal do Setuva.

Desta forma, litologias tradicionalmente mapeadas como pertencentes a Formação Capirú, na verdade, foram deformadas pela zona de falha, em terrenos situados à norte da cidade de Curitiba. Trabalhos geofísicos de gravimetria em futuras pesquisas auxiliarão na determinação do centro geométrico desta falha para maiores profundidades do Grupo Açungui e litologias do seu embasamento.

No mapa de isocurvas de lineações (ANEXO II) é possível visualizar a concentração de lineações produzidas pela zona de falha, com direções N50-60E e N75-90E.

3.1.2.6 - Zoneamento Deformacional

A atuação do Sistema Transcorrente Lancinha estabeleceu zonas com diferente deformação, as quais foram individualizadas neste trabalho pelos blocos Três Córregos (I), Ribeira (II) e Embasamento (III) (Ver FIG 3.2-p.41).

O BLOCO TRÊS CÓRREGOS (I) apresenta a menor deformação, com um generalizado fraturamento. Inclui parte da Bacia do Paraná (limite oeste não estabelecido), Complexos Graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, metassedimentos da Faixa Itaiacoca, e pequenas porções do Grupo Açungui. Este bloco é limitado em sua margem sudeste pela Falha de Morro Agudo, pequeno trecho da Falha da Ribeira no centro da FIG 3.2, Falha do Espirito Santo, e na sequência nordeste, pela Falha da Figueira. Ocorrem algumas dobras nos metassedimentos da Faixa Itaiacoca.

No BLOCO RIBEIRA (II) ocorreu um forte cisalhamento com falhas e famílias de fraturas, além de traços axiais de dobras. Exemplos dessas estruturas são as Falhas de Morro Agudo, Espirito Santo, Figueira, Agudos Grandes, Caucaia, entre outras.

Através deste cisalhamento foram estabelecidos novos lineamentos com direção média N80E e movimento DESTRÓGIRO associado. As principais falhas deste tipo são a do Cerne, no extremo SW da FIG.3.2; da Ribeira, situada no centro do bloco; e mais a norte, duas falhas sem denominações. Nos metassedimentos deste bloco ocorrem traços axiais de dobras.

Litologicamente, o bloco II é composto por sedimentos da Formação Camarinha, na extremidade SW do bloco; metassedimentos do Grupo Açungui, além de xistos e migmatitos interpretados até o presente como igualmente pertencentes ao referido grupo , na porção central e nordeste do bloco. Apresenta, ainda, corpos graníticos brasilianos, intrudidos ao longo do bloco. Destacam-se dois núcleos antiformais antigos (núcleos Betara e Anta Gorda), com rochas atribuídas ao Grupo Setuva e Pré-Setuva.

O bloco II é limitado, na sua porção sudeste, pelo traço retilíneo da falha principal do Sistema Transcorrente Lancinha, disposta com direção N50-60E, no centro da FIG 3.2.

E por último, o BLOCO DE EMBASAMENTO (III) (Ver FIG 3.2) apresenta falhas essencialmente retilíneas.

O bloco III é composto basicamente por rochas da Sequência Turvo-Cajati e Grupo Setuva; rochas granitóides retrabalhadas, rochas gnáissico-migmatíticas, além de litologias agrupadas sob as denominações de Sequência Cachoeira e Complexos Serra Negra e Itatins. Este bloco é secundariamente intrudido por rochas graníticas brasilianas. A presença de metassedimentos se faz numa pequena extensão areal, com forma retangular, na porção sudoeste do bloco, interpretados como Formação Capirú (Grupo Açungui).

A DEFORMAÇÃO aumenta progressivamente de noroeste para sudeste, ou seja, do bloco I ao II . Este zoneamento deformacional, com aumento da intensidade de NW para SE foi observado por GÓIS,SALAMUNI e FIORI(1985), atribuído pelos autores às Falhas da Lancinha e Morro Agudo. Sugeriram, ainda, a atuação de dois ciclos de fraturamentos distintos, a partir da análise de diagramas de rosetas do Pré-Cambriano do Estado do Paraná.

Em imagem de satélite, escala 1:250.000, este zoneamento deformacional era esperado, com zonas homólogas bastante

diferentes a partir do lineamento principal do Sistema Lancinha. Assim, a norte, predominam lineamentos relativamente retos e mais espaçados com orientação nordeste, formando ângulos médios de cerca 20º-30º com a falha principal. A sul, dispõem-se geralmente de uma forma subparalela. Além disso, foi observado que a tonalidade daquela a sul é mais clara, com relação aquela ao norte, conforme descrição efetuada por FIORI(1984) e citado no ítem 3.1 2.5.(Análise de Imagens de Satélite, escala 1:500.000, 1:250.000 e 1:100.000).

Além da deformação lateral analisada acima, é possível observar um decréscimo da largura da faixa deformada por cisalhamento no Bloco II, ao longo do Sistema Transcorrente Lancinha, na FIG 3.2. Assim, este bloco apresenta uma largura de 52 km na sua terminação nordeste, sofrendo um progressivo afunilamento no sentido sudoeste, até desaparecer sob os sedimentos da Bacia do Paraná, quando possui 22 km de largura. O decrécimo da largura desta faixa de cisalhamento é sugestivo de um possível término do Sistema Transcorrente Lancinha por debaixo da Bacia do Paraná. Mas ZALÁN et al(1986,1987) estenderam as reativações deste sistema de falhamentos através da Bacia do Paraná, até o extremo oeste do Estado do Rio Grande do Sul (Ver FIG 2.2-p.15). É possível que a faixa cisalhada aumente em largura no Estado de São Paulo, como sugere a porção nordeste da FIG 3.2. Esta variação pode ser atribuída à heterogeneidade da deformação, aspecto característico em zonas de cisalhamento.

Este zoneamento deformacional se constitui numa estruturação do tipo DUPLEX DE RIEDEL.

Os esforços transcorrentes, com direções NW/SE promoveram o encurtamento das sequências litológicas, além de cisalhamento lateral direito, através das falhas sintéticas do Cerne, Ribeira, etc. Estudos mais detalhados sobre esta estruturação deverão ser desenvolvidos em futuros projetos de pesquisa.

3.2 - FEIÇÕES MESOSCÓPICAS OBSERVADAS

Com a finalidade de efetuar uma investigação estrutural sistemática dos produtos deformacionais do Sistema Transcorrente Cubatão-Lancinha, em litologias do Núcleo Betara e Grupo Açungui, foram detalhadas duas áreas de aproximadamente 25 km^2 cada, denominadas de POMBAS e OURO FINO, emprestando as denominações geográficas locais mais importantes. O principal objetivo deste trabalho foi identificar as principais características associadas ao EVENTO LANCINHA, o qual gerou a falha de mesmo nome.

3.2.1 - NÚCLEO BETARA

3.2.1.1 - Área de Pombas

A área de Pombas está localizada a sudoeste da cidade de Rio Branco do Sul, e tem na localidade de Pombas seu núcleo habitacional mais importante. Foram efetuados 111pontos de de observação de afloramentos (ANEXO III - Mapa de Pontos), incluíndo trabalhos de detalhamento ou de controle litológico, numa área de aproximadamente 25 km^2.

Os principais dados estruturais desta área foram tratados em diagramas Schmidt-Lambert, os quais serão apresentados e discutidos ao longo deste capítulo, com o objetivo de reconhecer uma possível sequência cronológica de deformações.

O Núcleo Betara apresenta uma forte foliação milonítica, com concentrações médias N38E/70NW e N17E/60SE, respectivamente com 25% e 18,7% dos dados, traçados no centro do diagrama da FIG 3.4 (Ver QUADRO 3,p.79). Ao primeiro plano associa-se uma lineação mineral de estiramento muito intensa, as vezes configurando verdadeiros filmes de minerais quartzo-feldspáticos completamente destruídos, com atitude N28E/10° e S53W/19° (respectivamente com 28,5% e 21,4% dos dados) (Ver FIG 3.4 e QUADRO 3,p.79).

A disposição atual da foliação milonítica subvertical e da lineação mineral de estiramento sub-horizontal, são in-

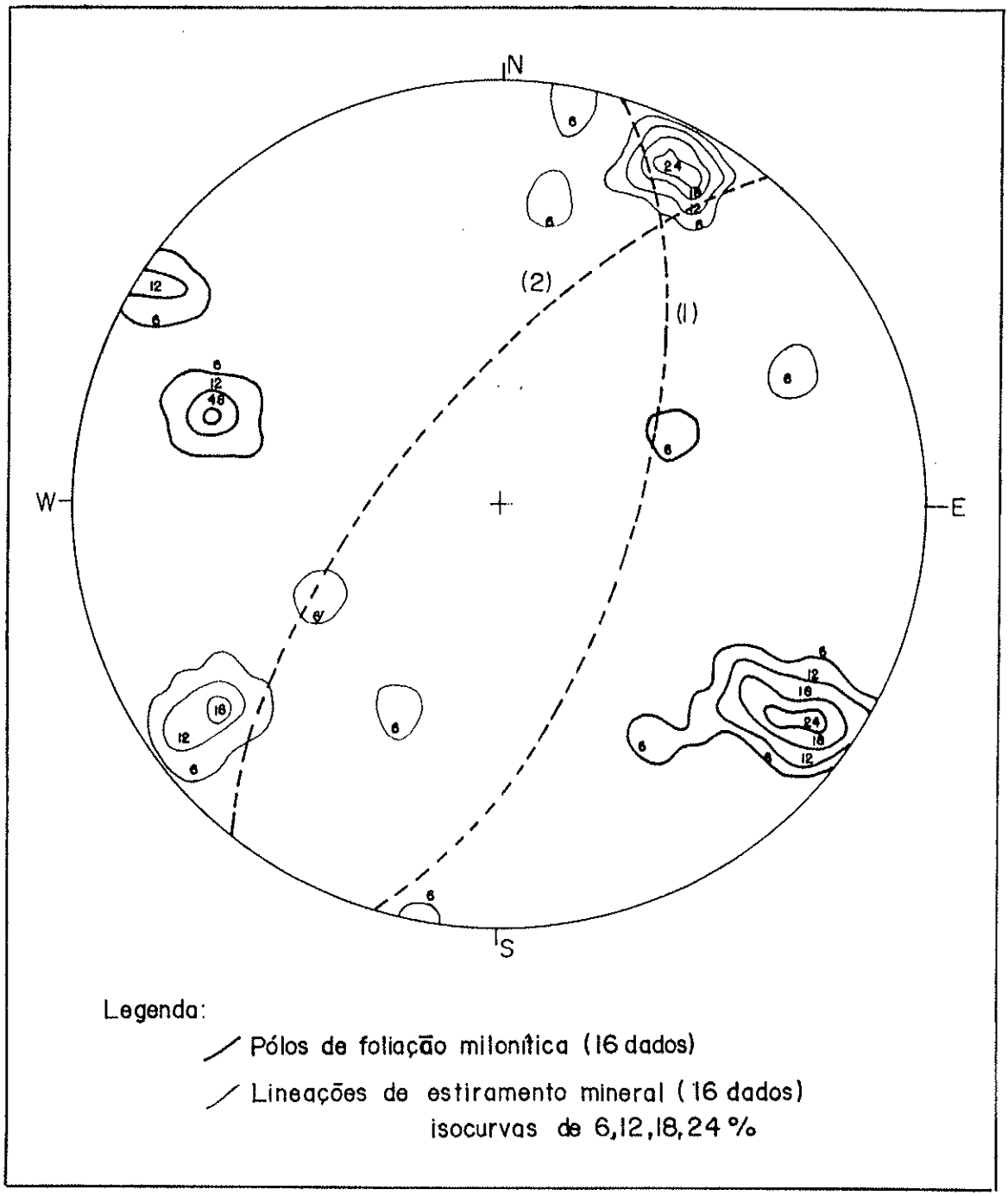


FIG 3.4 - Diagrama Schmidt-Lambert, contendo 16 medidas de foliação milonítica e 16 medidas de lineações de estiramento mineral associados.

<u>Atitudes médias</u>: FOLIAÇÃO MILONÍTICA: N38E/70NW (26,65%) e N17E/60SE (20%). LINEAÇÕES MINERAIS: N28E/10° (26,65%) e S53W/19° (20% dos dados).

dicativas de zonas de cisalhamento dúcteis de alto ângulo (zona transcorrente). Elementos cinemáticos com indicação do sentido de movimento não foram recuperados nos afloramentos estudados.

As feições do afloramento nº 80 (Ver Anexo 3 - Mapa de Pontos), são idênticas àquelas observadas no Núcleo Betara. Provavelmente pertencem ao mesmo ciclo deformativo que gerou a falha do Cubatão/Além Paraíba nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, com a presença de rochas miloníticas e blastomiloníticas. Estas características foram reunidas no evento deformativo denominado, neste trabalho, de CUBATÃO.

Nas imediações do ponto 12 (ver anexo III - Mapa de Pontos), a foliação milonítica sofreu intercalações de camadas de côr amarelada e violeta, provavelmente provenientes da percolação de fluídos de sílica, óxido de ferro e óxido de manganês, entre outros, as quais possuem, no seu início 1-2 cm de largura, quando progressivamente tornam-se maiores e mais intensos numa extensão de 50 metros, até assumirem larguras métricas no centro do ponto 12. Neste afloramento, ainda, são características as lenticularizações de camadas percoladas incompetentes, em torno de litologias mais competentes, como pode ser visto na FOTO 3.2. Rotações de porfiroclastos podem ser observados na FOTO 3.3 num detalhe da FOTO 3.2.

Nas FOTOS 3.2 e 3.3 chama a atenção o forte cisalhamento que as camadas tectônicas percoladas sofreram, com movimento DESTRÓGIRO.

A intensidade deste cisalhamento varia no afloramento para algo menos intenso, como ocorre na FOTO 3.4, para direções incipientes como na FOTO 3.5. Em ambas fotografias, nas zonas de cisalhamento com movimento lateral direito, as camadas tectônicas foram percoladas por fluídos hidrotermais. É provável que pertençam ao mesmo evento deformativo, mas representam pulsos deformativos sucessivamente menos dúcteis.

As principais direções de cisalhamento deste afloramento foram representadas no diagrama Schmidt-Lambert da FIG 3.5. Com traços fortes aparecem as concentrações de polos na forma de isocurvas e correspondem a planos médios de cisalhamento com movimento DESTRÓGIRO. Apresentam uma distribuição N40E-S80E, com

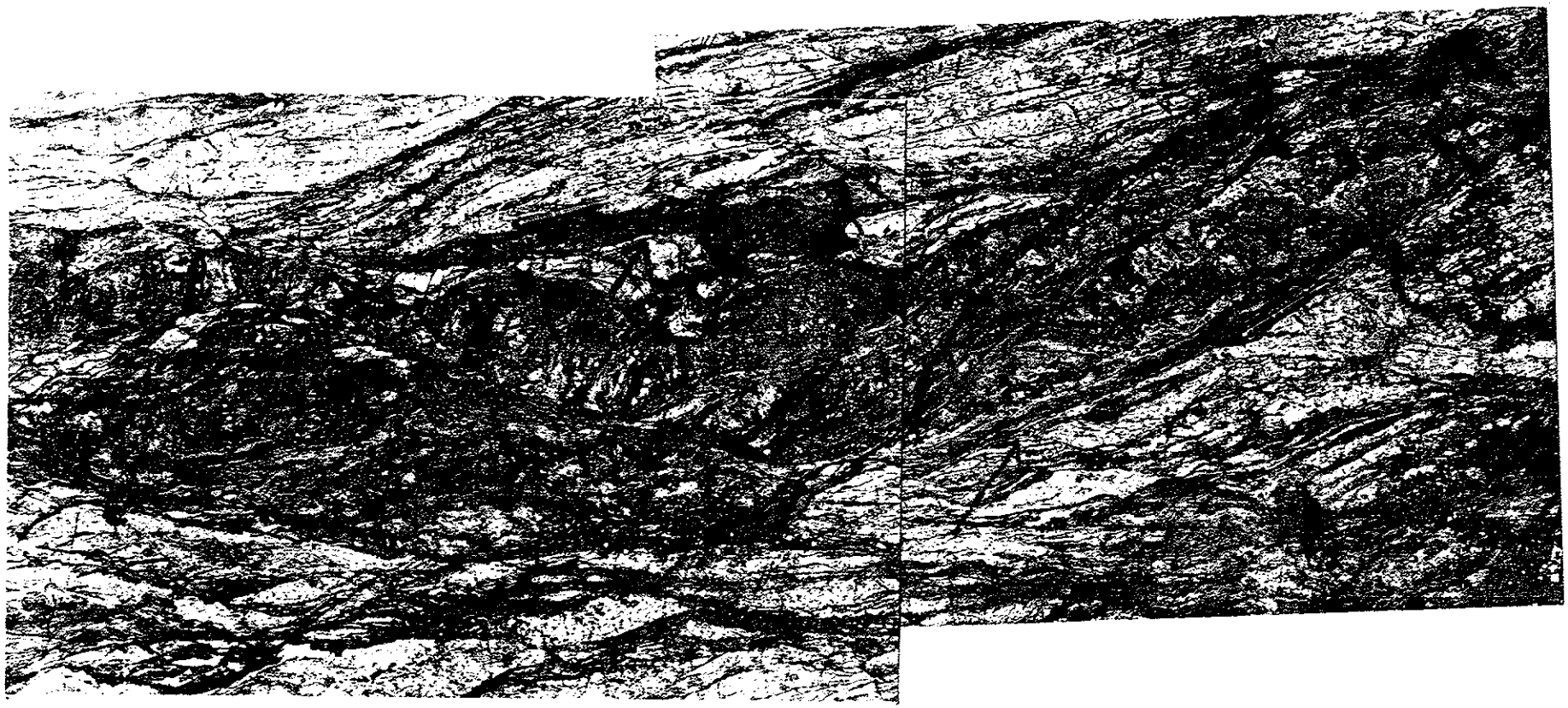


FOTO 3.2 - Cisalhamento e lenticularização de rochas incompetentes em torno de camadas mais competentes. Observar as lenticularizações indicando sentido de movimento Destrógiro.

Afloramento nº 12, na localidade de Pombas, Distrito de Itaperussú, Município de Rio Branco do Sul. As setas indicam o NORTE.

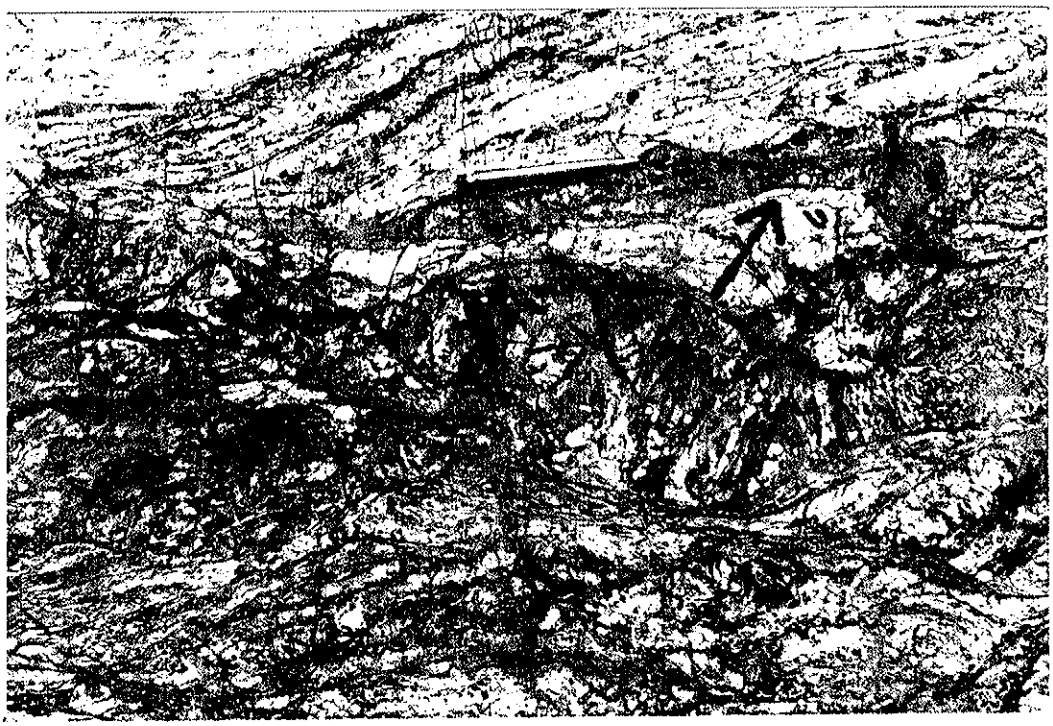


FOTO 3.3 - Detalhe da FOTO nº 3.2. Observar a rotação de porfiroclasto com veios de quartzo dispostos de forma perpendicular a foliação milonitica lateral direita.

A seta indica o NORTE.

picos de maior concentração em torno de N55E, N70E e N86E, ambos com mergulho subvertical. O padrão de cisalhamento é aquele apresentado nas FOTOS 3.4 e 3.5. Com traços de intensidade média foi representada uma segunda concentração de polos na FIG 3.5,a qual corresponde a um plano médio com deslocamento LEVÓGIRO. Estão distribuídos entre N41W e N36E, com picos de concentração em torno de N26E e N06E, além de um pico secundário N19W. A FOTO 3.6 ilustra esta direção, a qual afeta as direções de cisalhamento nordeste, e depois sofre uma inflexão até juntar-se à aquelas , com evidências de seu desenvolvimento ser sin-cinemático com relação as direções destrógiras. A FOTO 3.7 igualmente ilustra o cisalhamento levógiro, segundo direções N12-17E/61NW. No centro do macrólito, nas imadiações do norte verdadeiro da foto, as ca-

FOTO 3.4 - Zona de cisalhamento com direções N65/76SE(ao norte) e N63E/81NW(ao sul). Afetam uma foliação milonítica, percolada por fluídos hidrotermais. Ponto nº 12.

FOTO 3.5 - Zona de cisalhamento idêntica a FOTO 3.4, porém algo menos dúctil, com direção N76E/83SE (ponto nº 12).

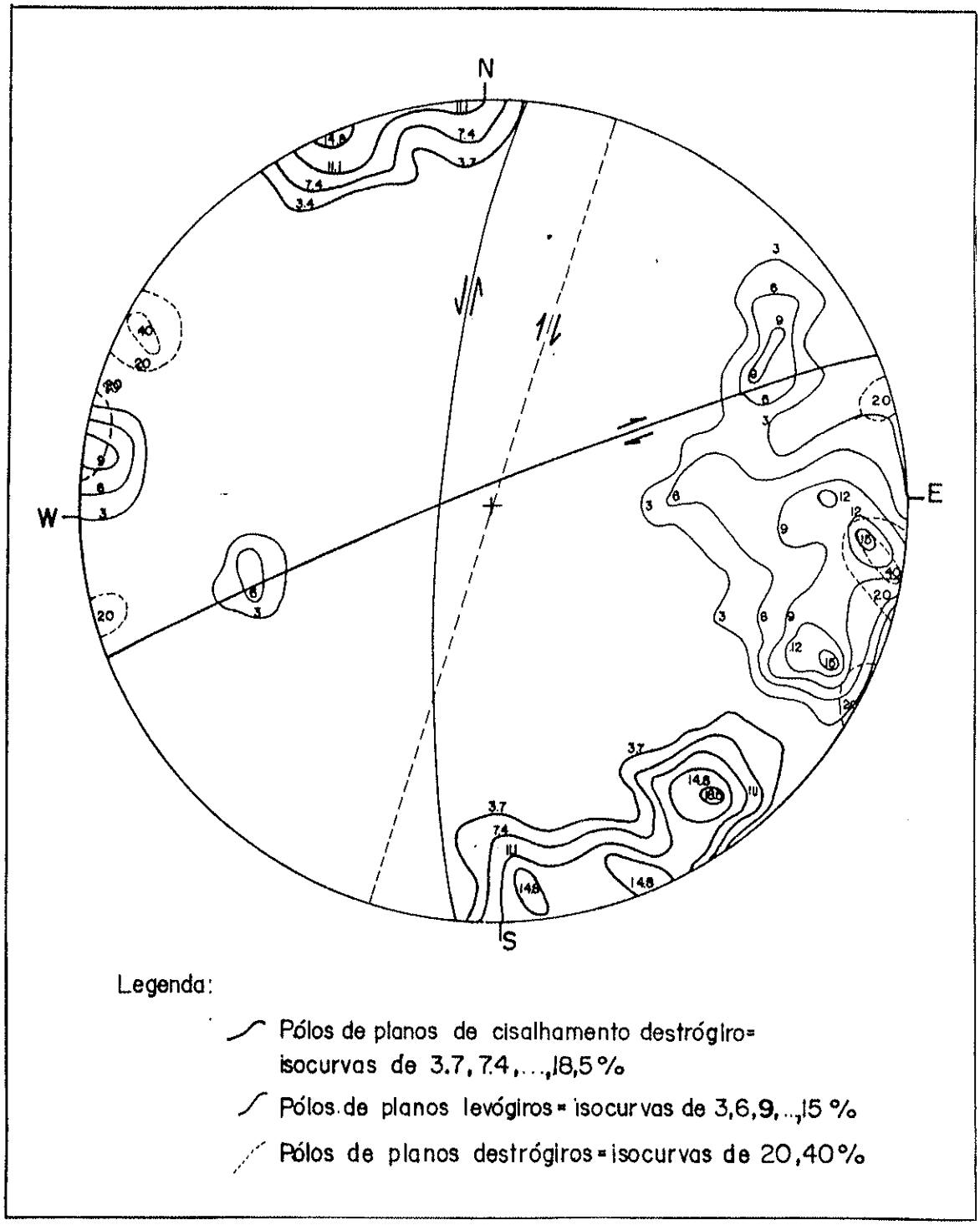


FIG 3.5 - Diagrama Schmidt-Lambert com polos de zonas de cisalhamentos pertencentes a Falha da Lancinha. Afloramento nº 12, nas proximidades da localidade de Pombas, Município de Rio Branco do Sul.
Na sequência da legenda, o total de dados são respectivamente 27, 5, e 31 atitudes.

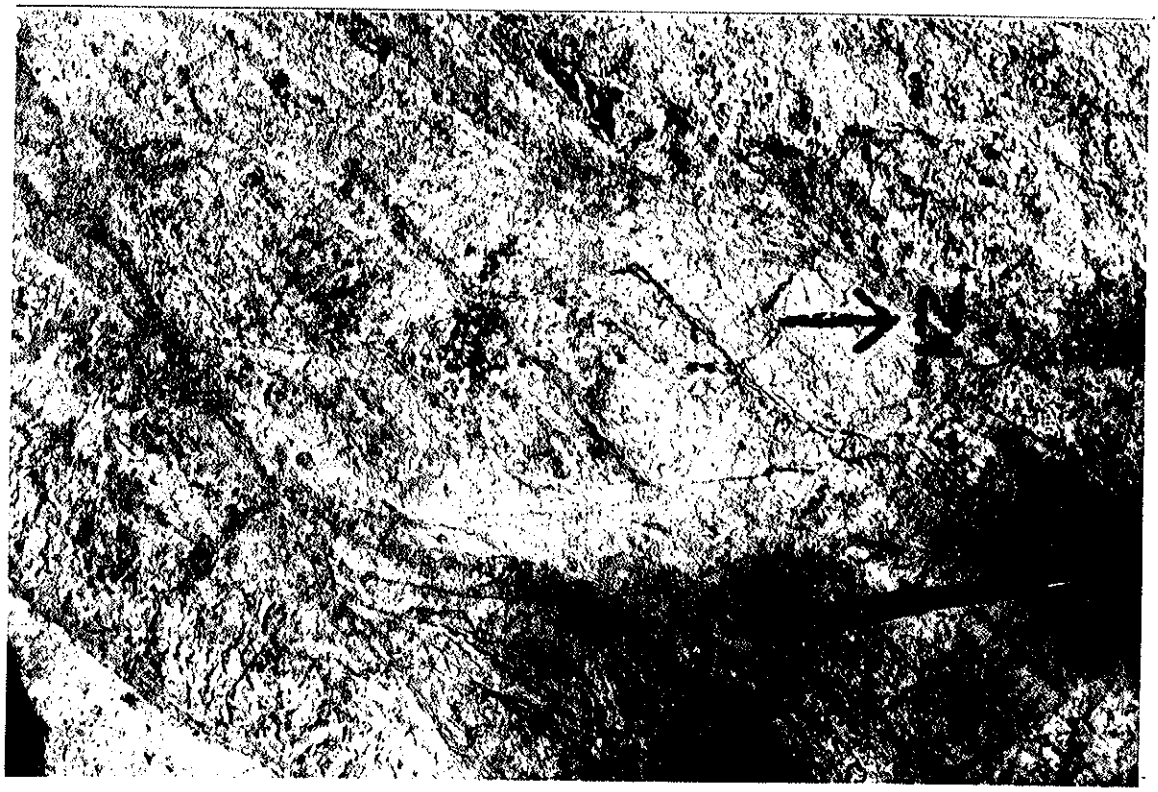


FOTO 3.6 - Pequena zona de cisalhamento, com sentido de deslocamento LEVÓGIRO, e com direção N20W/58SW.

Afloramento nº 12, nas imediações da localidade de POMBAS, Município de Rio Branco do Sul.

madas apresentam direções N56E/65NW.

Ainda no diagrama da FIG 3.5 ocorre uma terceira direção de cisalhamento com movimento LATERAL DIREITO, e está distribuída entre as direções N17W e N34E, com dois picos principais N08E e N28E, superimpostas aquelas com sentido de deslocamento LEVÓGIRO. A FOTO 3.8 ilustra este tipo de falha, deslocando os flancos de uma dobra segundo movimento N12E/80NW, com sentido DESTRÓGIRO.

Foram, ainda, identificadas no afloramento nº 12, pequenas dobras fechadas. Apresentam charneiras com mergulhos que variam desde subhorizontais até 50º. A FOTO 3.9 ilustra estas dobras, as quais, provavelmente, constituem-se em redobramentos.

FOTO 3.7 - Cisalhamento de camadas tectônicas do Lineamento Lancinha segundo direções N12-17E/61NW, com sentido de movimento LEVÓGIRO.

Afloramento nº 12, nas proximidades da localidade de POMBAS, Município de Rio Branco do Sul.

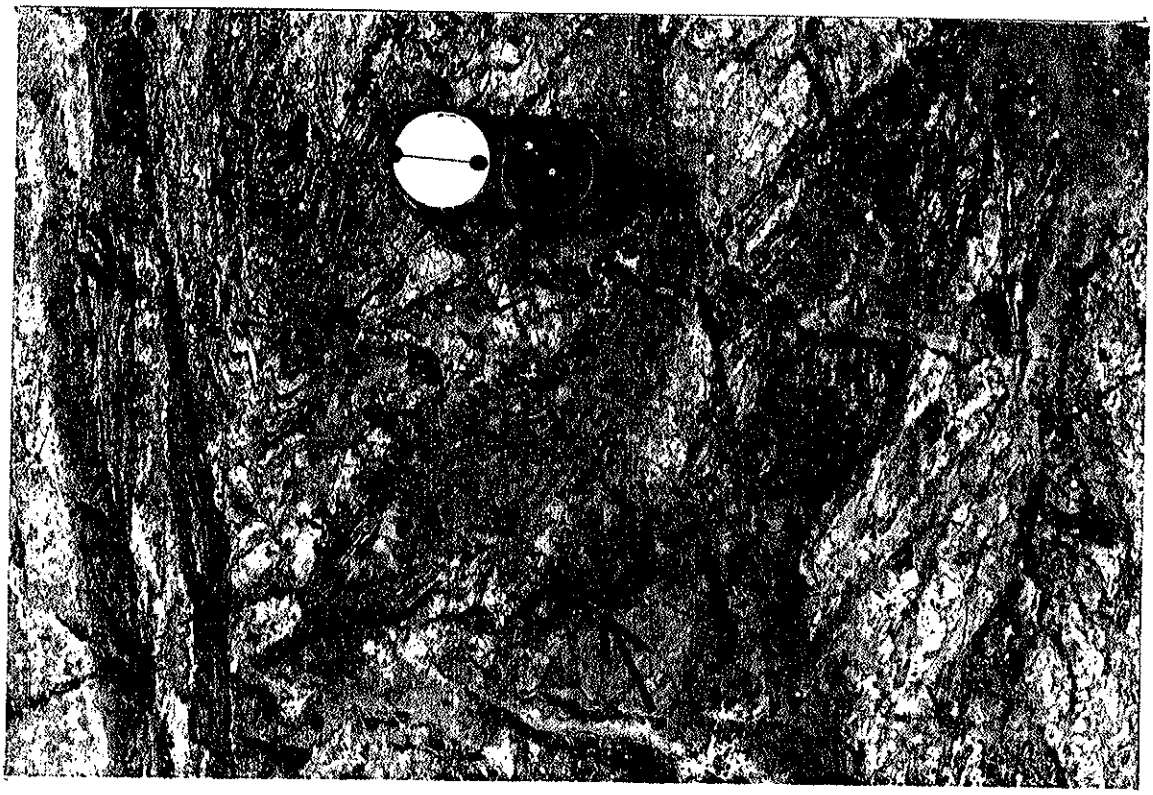


FOTO 3.8 - Cisalhamento rúptil DESTRÓGIRO, com direção N12E/ 80NW em rochas do ponto 12, deslocando os flancos de uma dobra (Núcleo Betara).

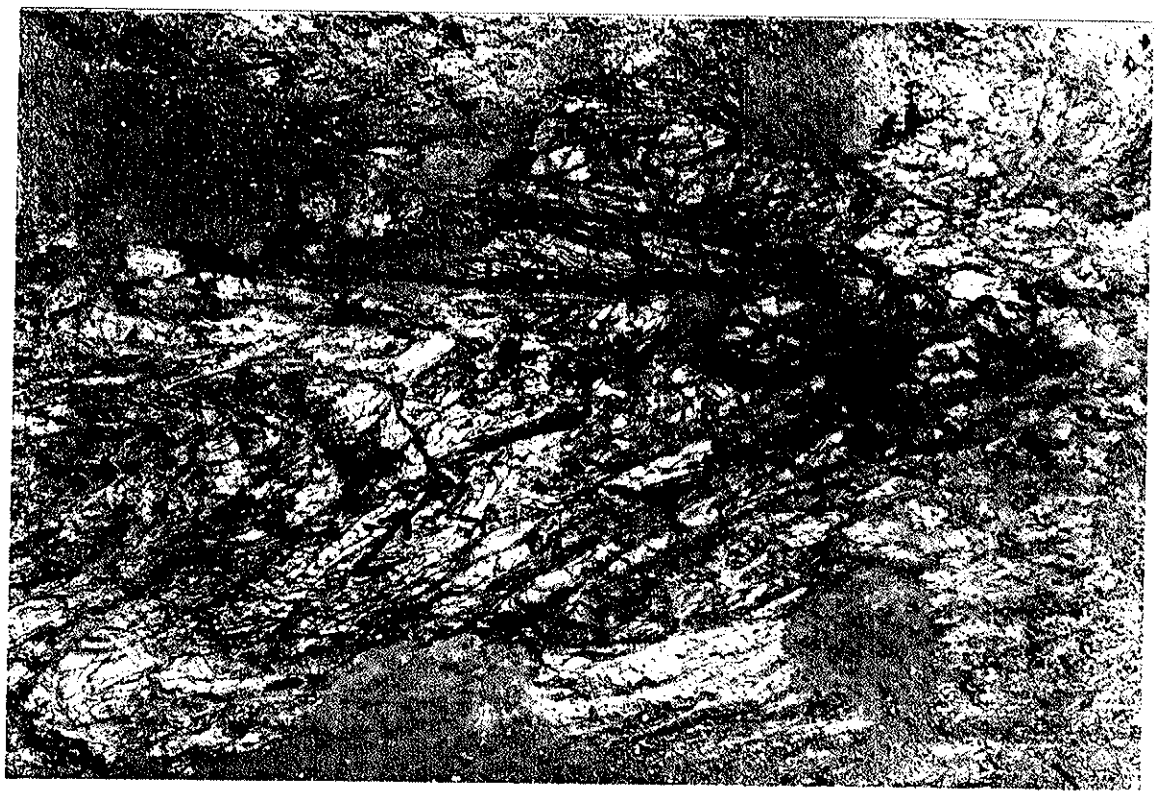


FOTO 3.9 - Dobras fechadas, com eixos S35W/46° e plano axial N35E/70NW, aflorantes em leito de estrada do ponto 12.

As feições descritas neste afloramento como PERCOLAÇÃO DE FLUÍDOS, LENTICULARIZAÇÕES e CISALHAMENTOS, além de REDOBRAMENTOS, foram identificados como DEFORMAÇÕES DÚCTEIS do EVENTO TRANSCORRENTE LANCINHA, o qual gerou a Falha da Lancinha (Ver discussões no Capítulo 4).

As feições estruturais observadas no afloramento nº 12 foram igualmente reconhecidas nos afloramentos 143 e 148 (ver Anexo III - Mapa de Pontos), e permitiram o traçado de uma zona linear de 50 a 100 metros de largura, localizada de forma paralela e distante de 500 a 1000 metros do contato entre o Grupo Açungui e o Núcleo Betara, em litologias deste último (Ver Mapa Geológico-Estrutural da Área de Pombas no ANEXO IV).

No afloramento nº 143, eixos de pequenas dobras apresentam disposições desde sub-horizontais até subverticais (FIG 3.6).

No afloramento nº 143 não foram identificados critérios para separação destes microdobramentos. É possível que pertençam ao mesmo evento gerador de cisalhamento de alto ângulo com o desenvolvimento de redobramentos. Na FIG 3.6 é possível visualizar uma guirlanda com direção NE-SW, a qual indicou dobramento dos eixos de escala centimétrica por dobras do tipo Similar.

Nos afloramentos do Núcleo Betara, compreendido nos domínios da área em estudo, ocorre uma segunda foliação, agora de natureza rúptil-dúctil, com sericitas distribuídas sobre seus planos. Apresenta uma direção principal N47E/78NW, com 14% dos dados, e um segundo polo de concentração, com correspondente direção média N33E/78NW, com 12% (FIG 3.7; Ver quadro 3, p.79). A foliação milonítica forma uma lineação de intersecção no plano desta foliação rúptil-dúctil, com concentrações N42E/48º e S67W/48º.

No diagrama da FIG 3.8 (Ver quadro 3, p.79) foram representados os polos das clivagens de fraturas mais proeminentes da área, pertencendo basicamente às rochas do Núcleo Betara. As direções médias N60W/78NE, com 11% dos dados, N52W/80SW, com 10% e N42W/59SW, com 9%, estão dispostos de forma paralela a sub paralela com os diques de diabásio gerados em tempos Juro-Cretáceos.

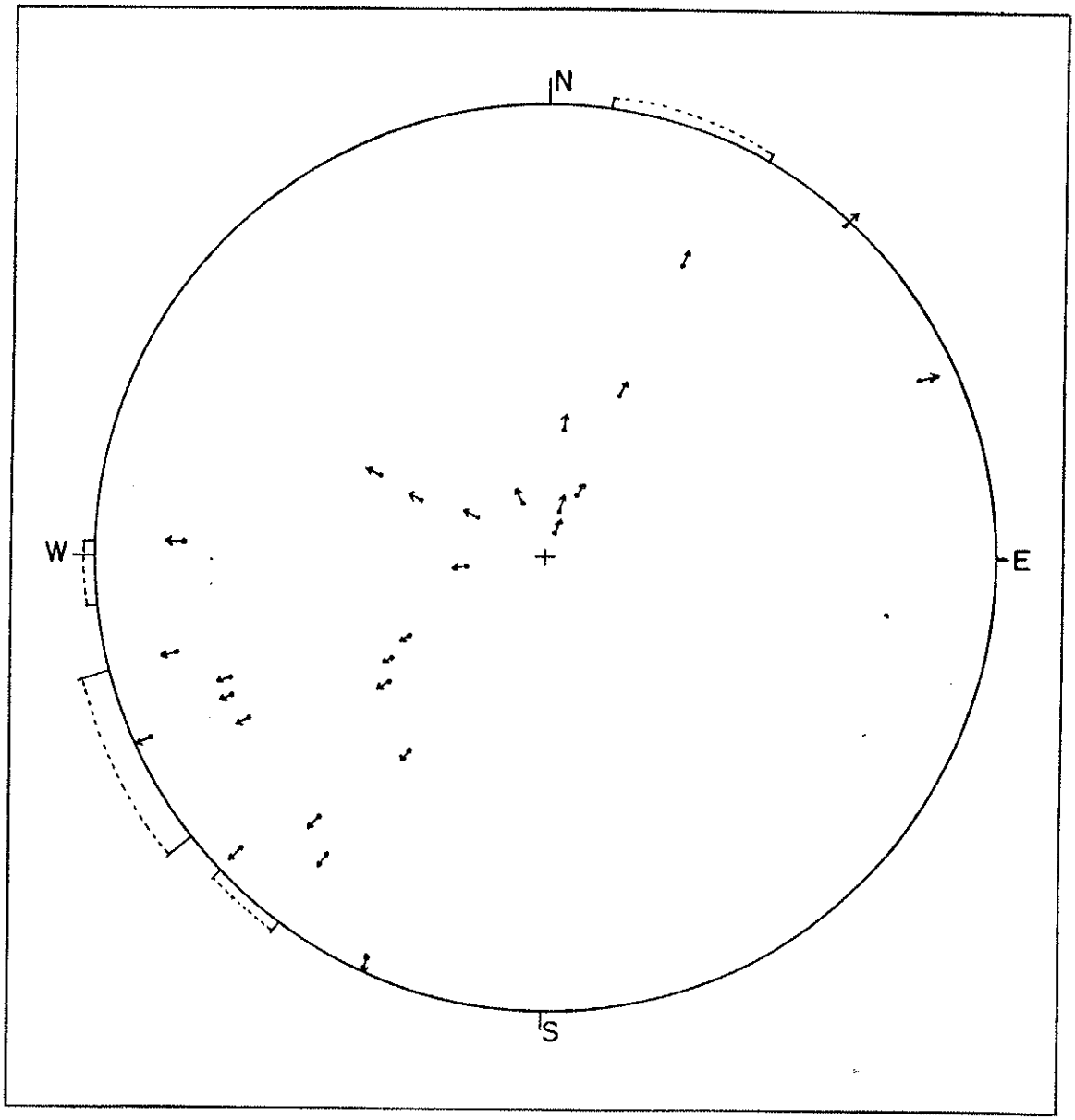


FIG 3.6 - Diagrama Schmidt-Lambert de microdobras do afloramento nº 143.

Total de medidas: 27.

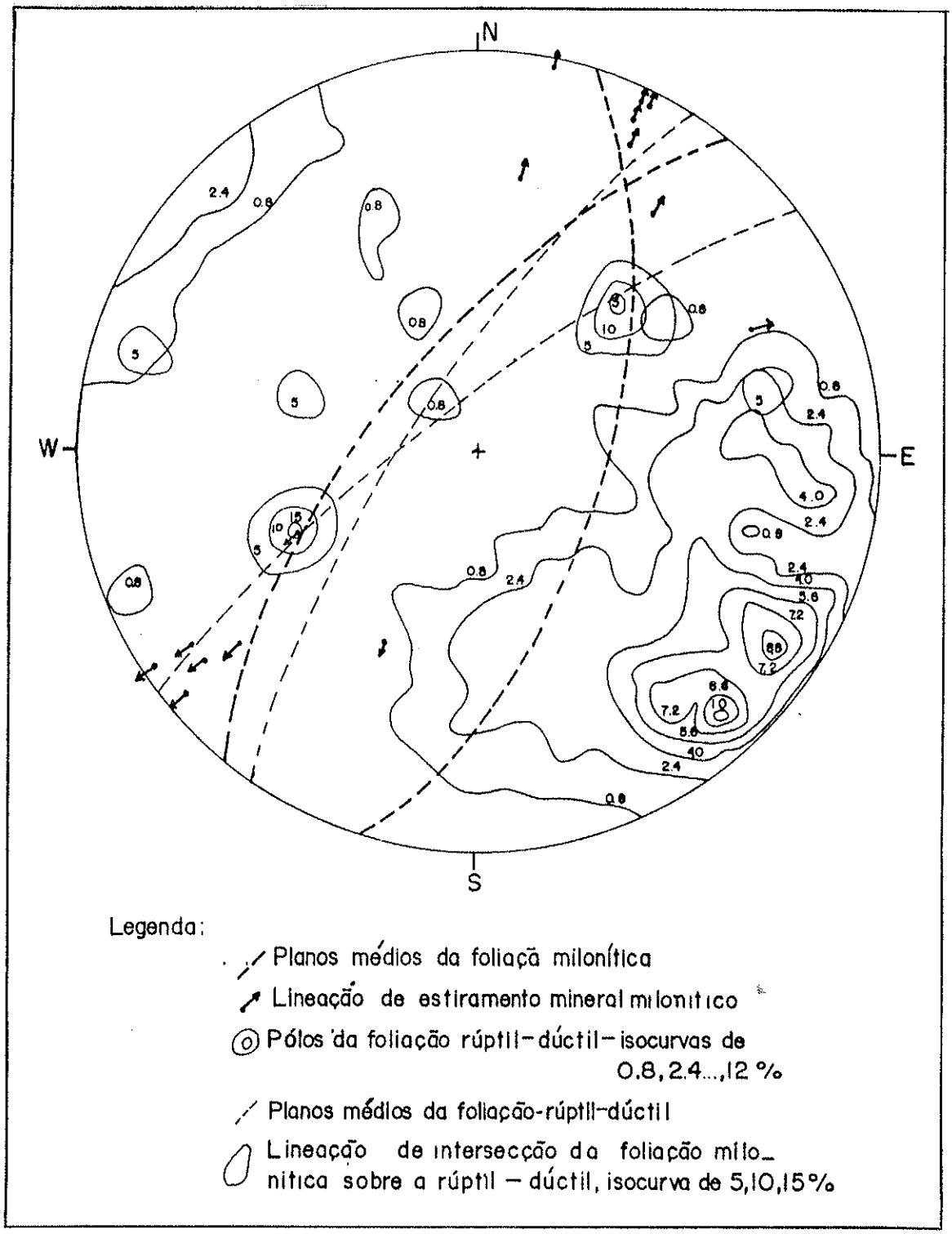


FIG 3.7 - Diagrama Schmidt-Lambert contendo dois planos médios da foliação milonítica (Ver FIG 3.4) e correspondente lineação mineral (com traço forte); polos da foliação rúptil-dúctil, com correspondentes planos médios (com traços médios). E com traços finos, a lineação de intersecção da foliação milonítica no plano da foliação rúptil-dúctil.

Total de medidas: Foliação rúptil-dúctil: 129
Lineação de intersecção: 16

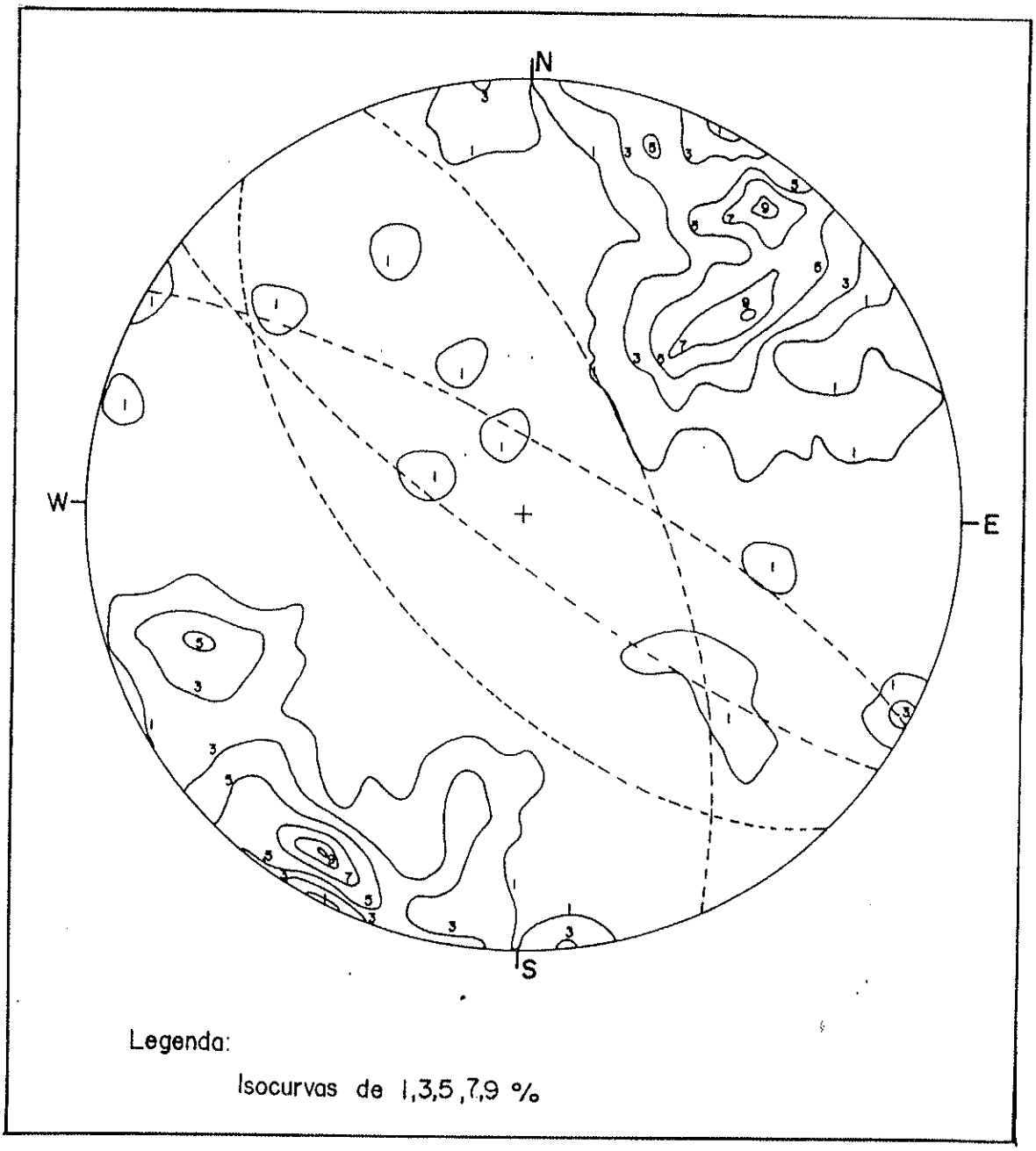


FIG 3.8 - Diagrama Schmidt-Lambert com polos de CLIVAGENS DE FRATURA da área de Pombas, com os seguintes planos médios: (1) N60W/78NE (11% dos dados); (2) N52W/80 SW (10%); (3) N42W/59SW (9%); (4) N22W/68NE (5%).

Ocorrem, ainda, concentrações secundárias de polos, com planos médios N30E/Vert. (2%); N40E/50NW (2%); e N84E/Vert. (3% dos dados).

Total de medidas: 109.

Uma quarta direção apresenta uma concentração de 5% dos dados, com uma atitude média N22W/68NE; e ainda, três direções de pouca expressão, respectivamente N84E/Vertical, com 3% , N30E/Vert. com 2% e N40E/50NW igualmente com 2% dos dados.

Embora estas fraturas possam ter sido geradas a partir da exposição das rochas do Núcleo Betara ao nível estrutural com comportamento rúptil, o diagrama da FIG 3.8 apresenta concentrações bem definidas e coerentes com o modelo teórico que será discutido na sequência do trabalho.

3.2.1.2 - Área de Ouro Fino

Está localizada imediatamente a nordeste de Bateias, com aproximadamente 25 km^2. Nesta área foram realizados 189 pontos de observações (Ver Anexo III - Mapa de Pontos e IV - Mapa Geológico-Estrutural da área).

Apresenta uma foliação milonítica proeminente. O diagrama estrutural Schmidt-Lambert da FIG 3.9 (Ver Quadro 3,p.79) mostra como direção principal N35E/60NW, com 19,35% dos dados, e concentrações secundárias N46E/Vert. (12,9%), N30E/78SE (9,67%) e N12E/72SE (6,45% dos dados). Nos planos desta foliação milonítica distribuem-se minerais de estiramento. Apresentam dois picos de concentração, o primeiro com 20% dos dados, N37E/10°; e o segundo, S46W/10°, com 11,11% dos dados.

De forma análoga à área de detalhamento de Pombas (ver quadro sinóptico 3, p.79), a disposição da foliação milonítica e sua correspondente lineação mineral de estiramento indicam deformações transcorrentes. Também aqui não foi possível recuperar elementos cinemáticos.

A zona de cisalhamento dúctil do lineamento Lancinha foi identificada nos pontos 169 e 202, em afloramentos de pequenas dimensões. A presença de planos de cisalhamento, rupturas de camadas e lenticularizações (FOTOS 3.10 e 3.11) são evidências de que a zona linear, identificada na área de Pombas, se estende para SW, de forma paralela ao contato litológico entre rochas metassedimentares do Grupo Açungui e rochas miloníticas do Núcleo Betara, porém situada à aproximadamente 1,1 km deste contato tec

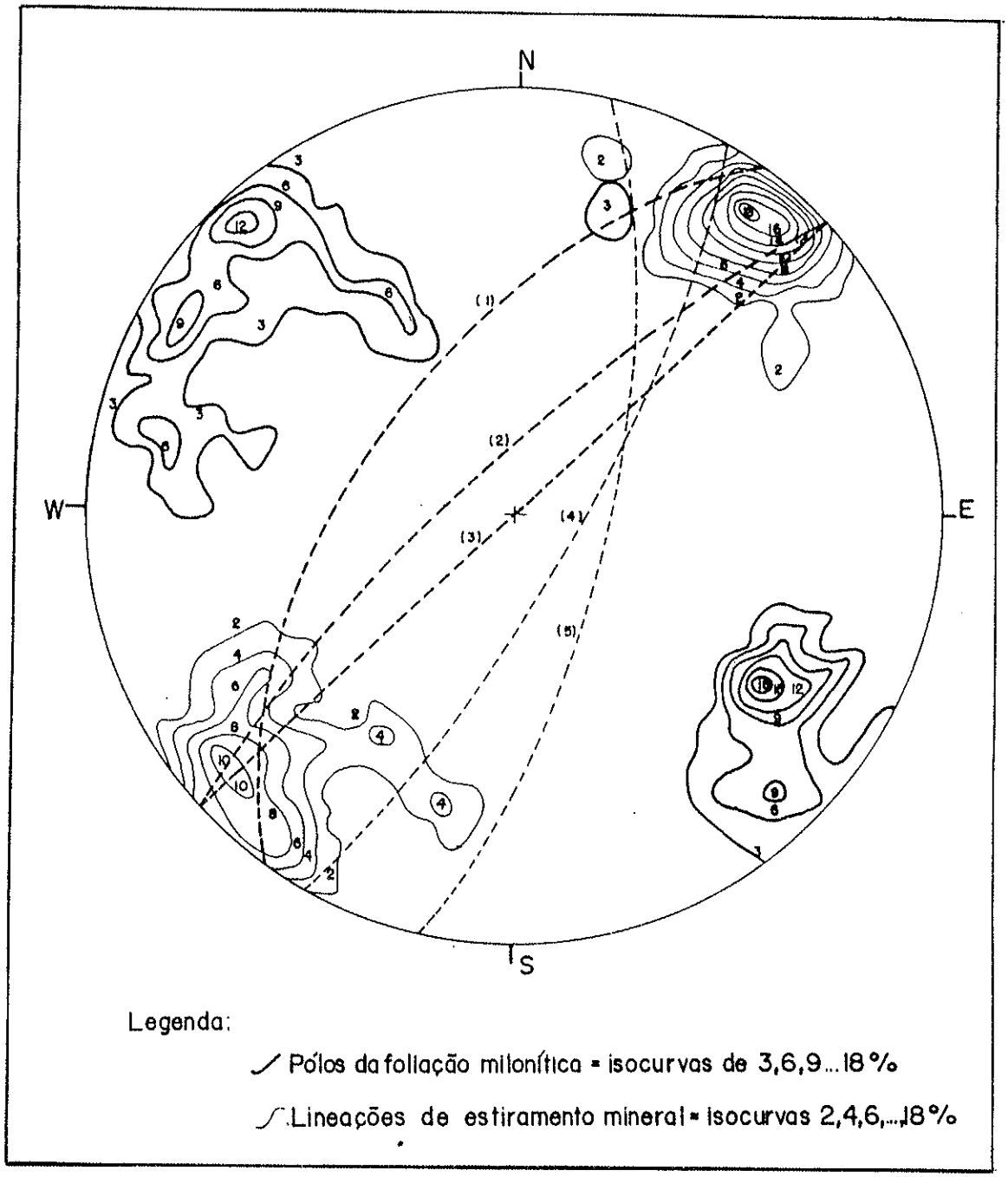


FIG 3.9 - Diagrama Schmidt-Lambert de polos da foliação milonítica e respectivos planos médios (com traço forte); e lineações de estiramento mineral associados (com traço fino).

Total de dados: Foliação: 33 - Lineações: 50

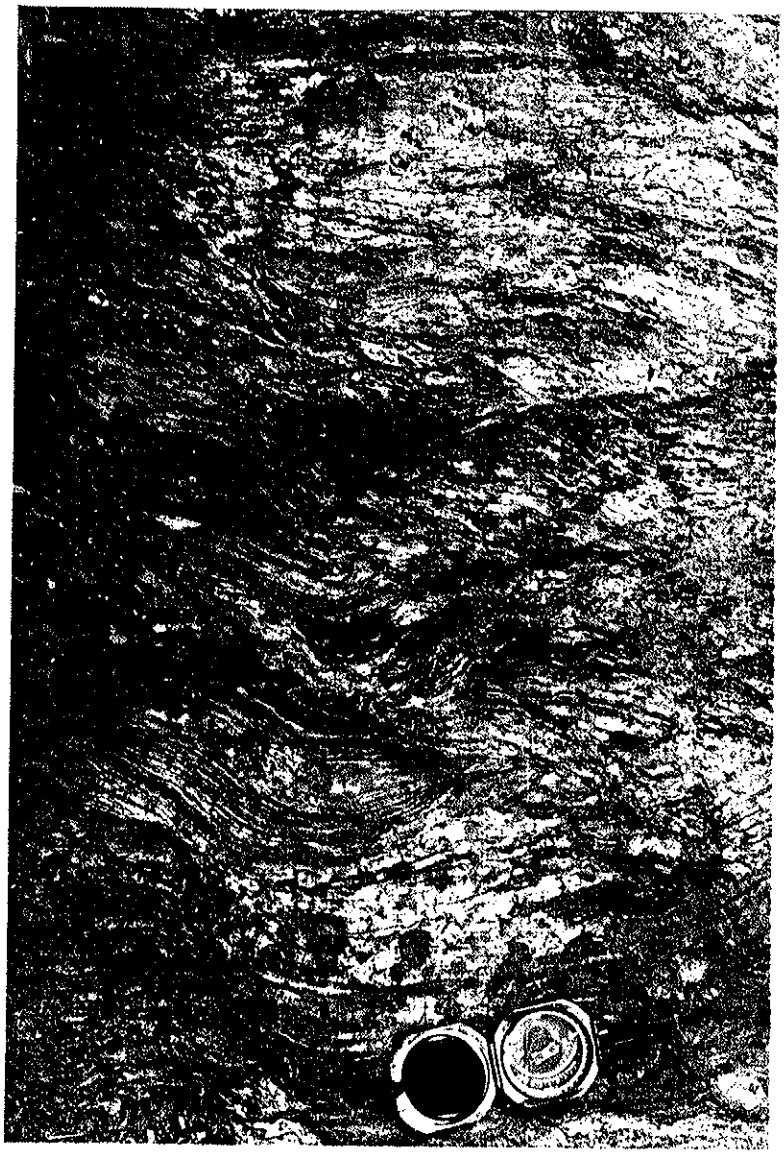


FOTO 3.10 - Afloramento com lenticularização e cisalhamento de camadas.

Ponto nº 169. A bússola indica o norte desta exposição.

tônico, nas rochas deste último (Ver Mapa Geológico-Estrutural da área de Ouro Fino, ANEXO V).

Nesta área a foliação rúptil-dúctil está disposta de forma paralela à foliação milonítica, utilizando planos de fra -

FOTO 3.11 - Lenticularização e ruptura de camadas no afloramento nº 202. A seta indica o norte verdadeiro.

queza desta última. No diagrama da FIG 3.10, esta foliação apresenta uma disposição N46E/78NW-79SE, com 17,30% dos dados. A lineação de intersecção da foliação milonítica com o plano da foliação rúptil-dúctil apresenta concentrações com N42E/9º e S43W/9º, ambas com 22,2% dos dados, apesar dos poucos dados obtidos (9 medidas) (ver diagrama da FIG 3.10 e quadro sinóptico 3,pág. 79).

No afloramento nº 18, exposição de Conglomerados milonitizados do Núcleo Betara apresentam uma foliação milonítica, com forte estiramento mineral associado. Os planos miloníticos apresentam atitudes paralelas a subparalelas a direção da Falha de Cubatão-Lancinha, e a lineação mineral é sub-horizontal, com atitudes em torno de S42-60W/Horz-28º, com predomínio de 0º-11º. Esta lineação mineral é formada pelo estiramento de porfiroclastos de composições quartzíticas, graníticas e filiticas (FOTO 3.12). Os clastos de filito sofreram um intenso estiramento,como

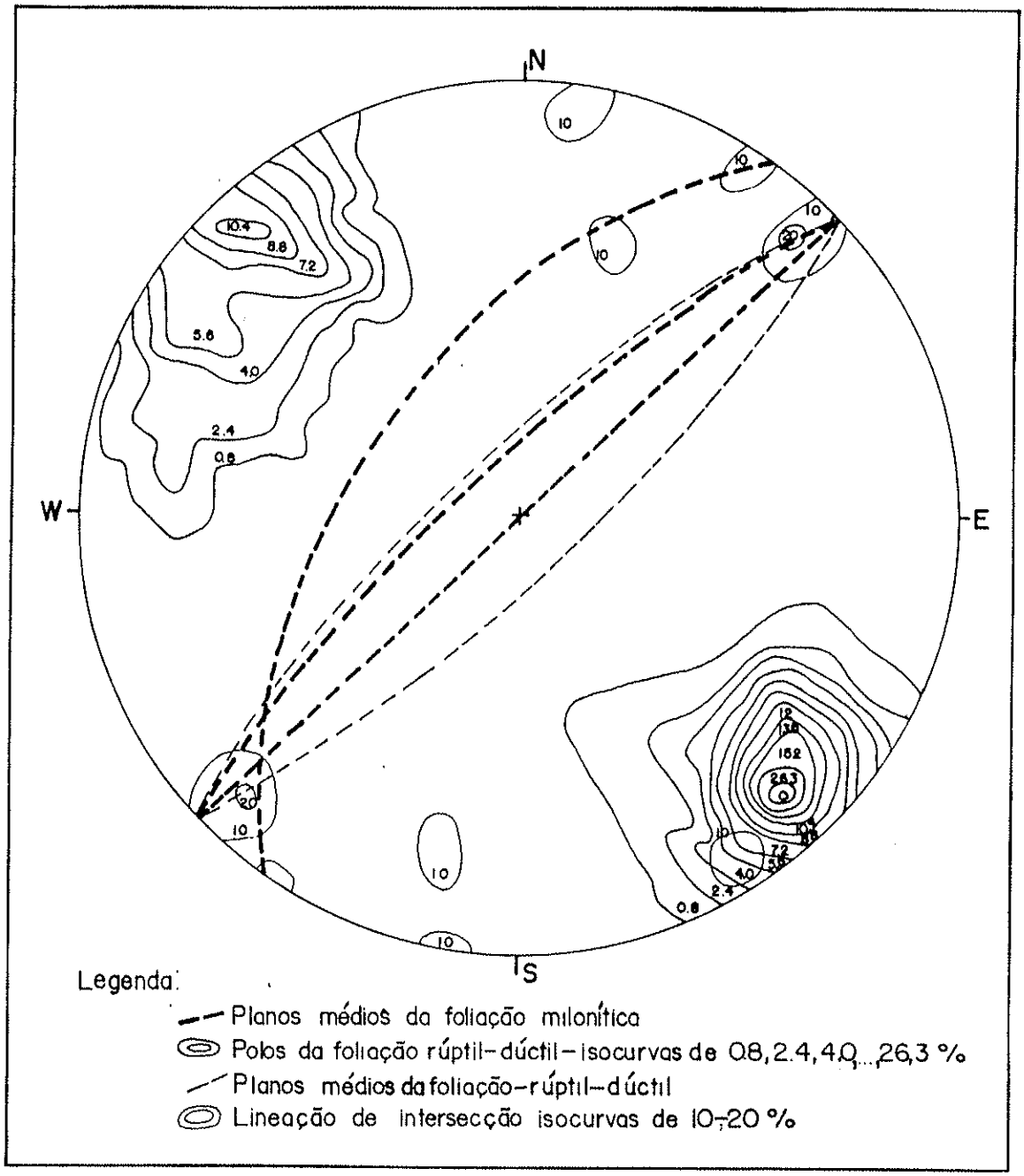


FIG 3.10 - Diagrama Schmidt-Lambert com os planos médios da foliação milonítica (com traços fortes) (Ver FIG 3.9), polos da foliação rúptil-dúctil com planos médios correspondentes (com traços médios), e lineação de intersecção da foliação milonítica no plano rúptil-dúctil (com traços finos).

Total de dados: Foliação rúptil-dúctil: 133
Lineação de intersecção: 9

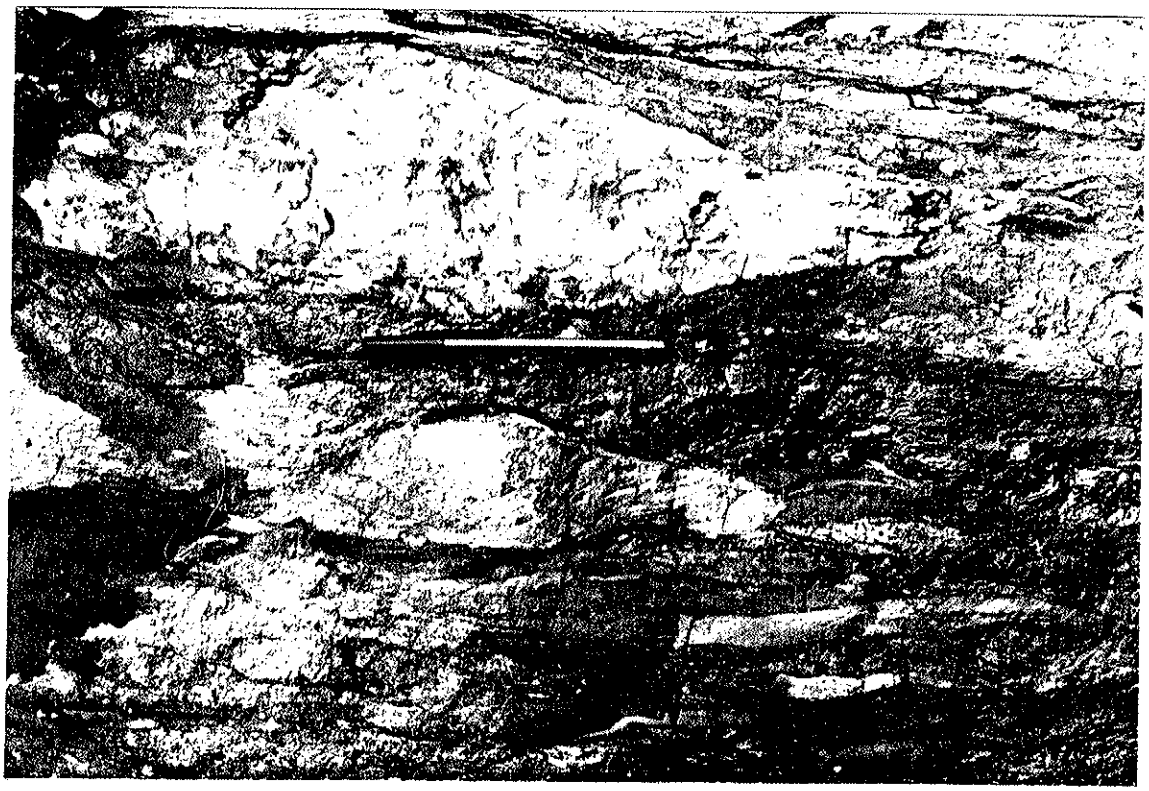


FOTO 3.12 - Conglomerados milonitizados do Núcleo Betara, expostos em leito de estrada (ponto nº 18). Observar os clastos de quartzitos, filitos e granitos estirados segundo diferentes regimes de competência.

pode ser observado na FOTO 3.12. Estão presentes, ainda, boudins de quartzo, com eixos verticalizados. Esta deformação foi associada ao Evento Transcorrente CUBATÃO, conforme discussões na sequência do trabalho.

Os planos da foliação dúctil do evento Cubatão sofreram reativações, na forma de uma foliação rúptil-dúctil, com sericitas cristalizadas em seus planos (FOTO 3.13). Trata-se de planos lisos ao tato (espelhos de falha), com a presença de estrias de atrito, as quais estão distribuídas segundo direções S40-50W/horiz-25º, com predomínio dos mergulhos entre zero e 10º. Existe uma ampla diferença de ductilidade entre estas duas foliações, embora estejam dispostas de forma paralela (Ver FOTO 3.13) indicando reativação da falha em condições metamórficas menos enérgicas do Evento Transcorrente Lancinha, a partir de linhas

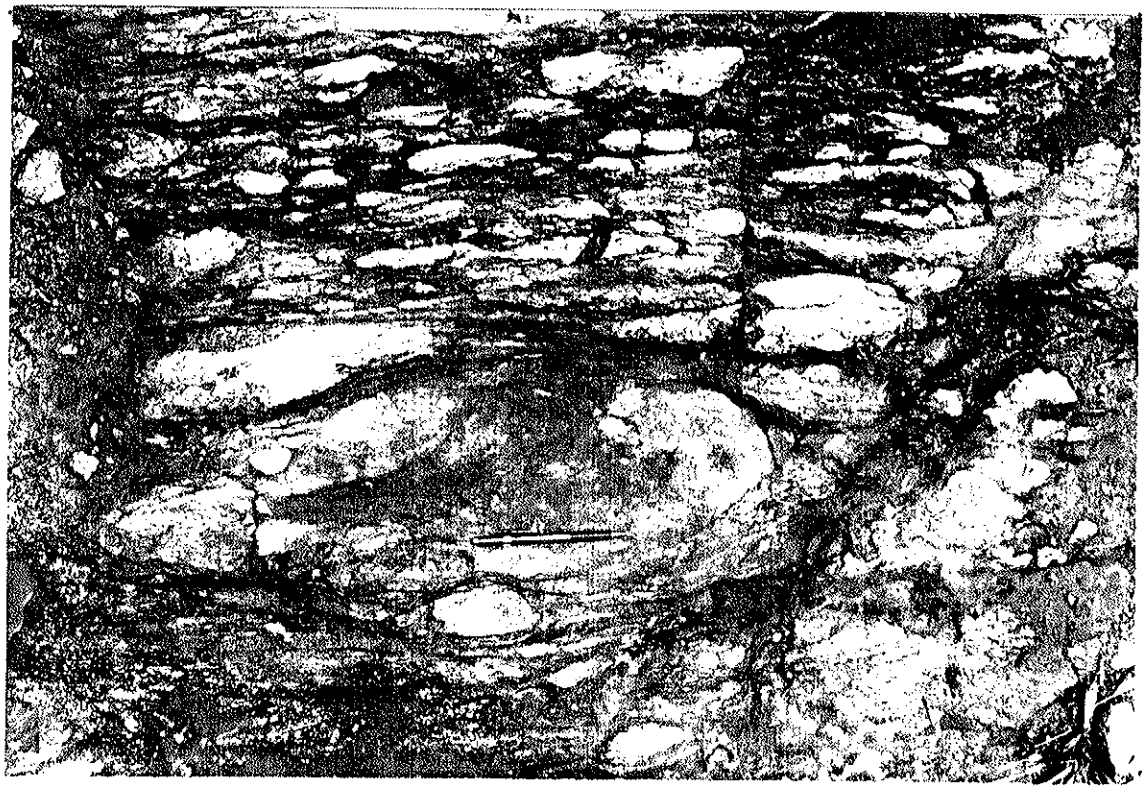


FOTO 3.13 - Superimposição de uma foliação rúptil-dúctil sobre a foliação milonítica no ponto nº 18.

de fraqueza estabelecidas pelo Evento Cubatão.

No diagrama da FIG 3.11 aparecem três concentrações de eixos de microdobras (escala mesoscópica), pertencentes à afloramentos distintos. A concentração A, S63W/73º, com 24,28% dos dados, provavelmente foi gerada por mecanismos diferentes daquela dos picos B e C, respectivamente com atitudes N38E/10º (8,57% dos dados) e S37W/9º (14,28%). Tratando-se de afloramentos distintos (A, B e C) objetivou-se uma coleta de dados qualitativos, portanto, a percentagem dos dados não é significativa nesta análise. É provavel que os microdobramentos das concentrações B e C correspondem a dobras de arrasto geradas pelo Sistema Transcorrente Lancinha.

Por outro lado, a distribuição destas concentrações podem estar dispostas segunda uma guirlanda com direção nordeste sudoeste, neste caso, gerada por redobramentos do tipo Similar.

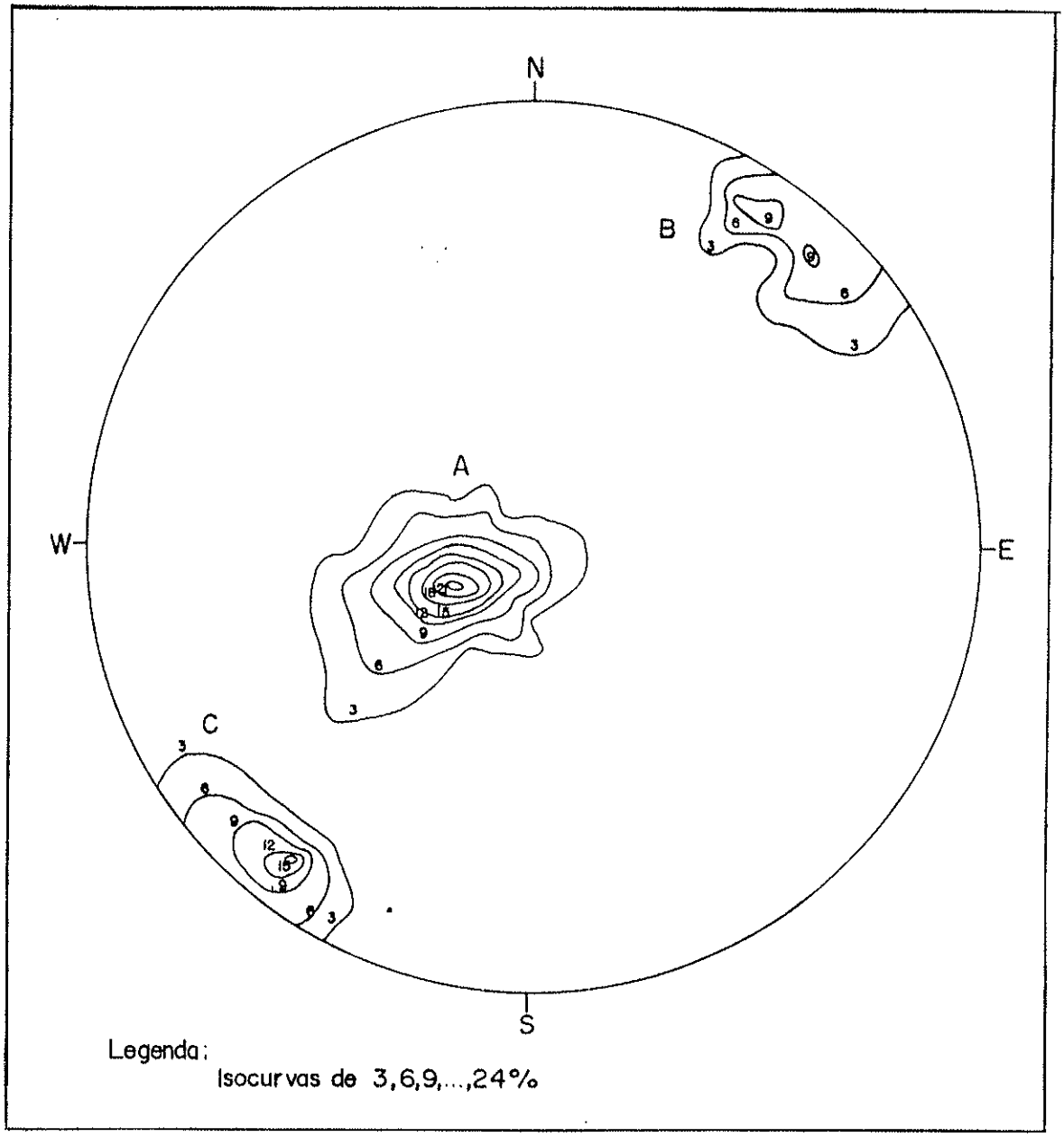


FIG 3.11 - Diagrama Schmidt-Lambert de eixos de dobras e microdobras. As concentrações A, B e C correspondem a afloramentos distintos.

Picos de concentração: A=S63W/73; B=N38E/10; C=S37W/9°

Total de medidas: 70 atitudes.

E finalmente, o diagrama da FIG 3.12 apresenta todos os dados de clivagens de fraturas coletados na área, provenientes em sua maioria, do Núcleo Betara. As principais concentrações são N59W/79NE-75SW (18,18% dos dados), N33W/80SW (5,30%), N19W/80SW (4,54%) e N08E/69SE (4,54% dos dados). A análise destes sistemas de fraturamentos será efetuada na sequência do trabalho.

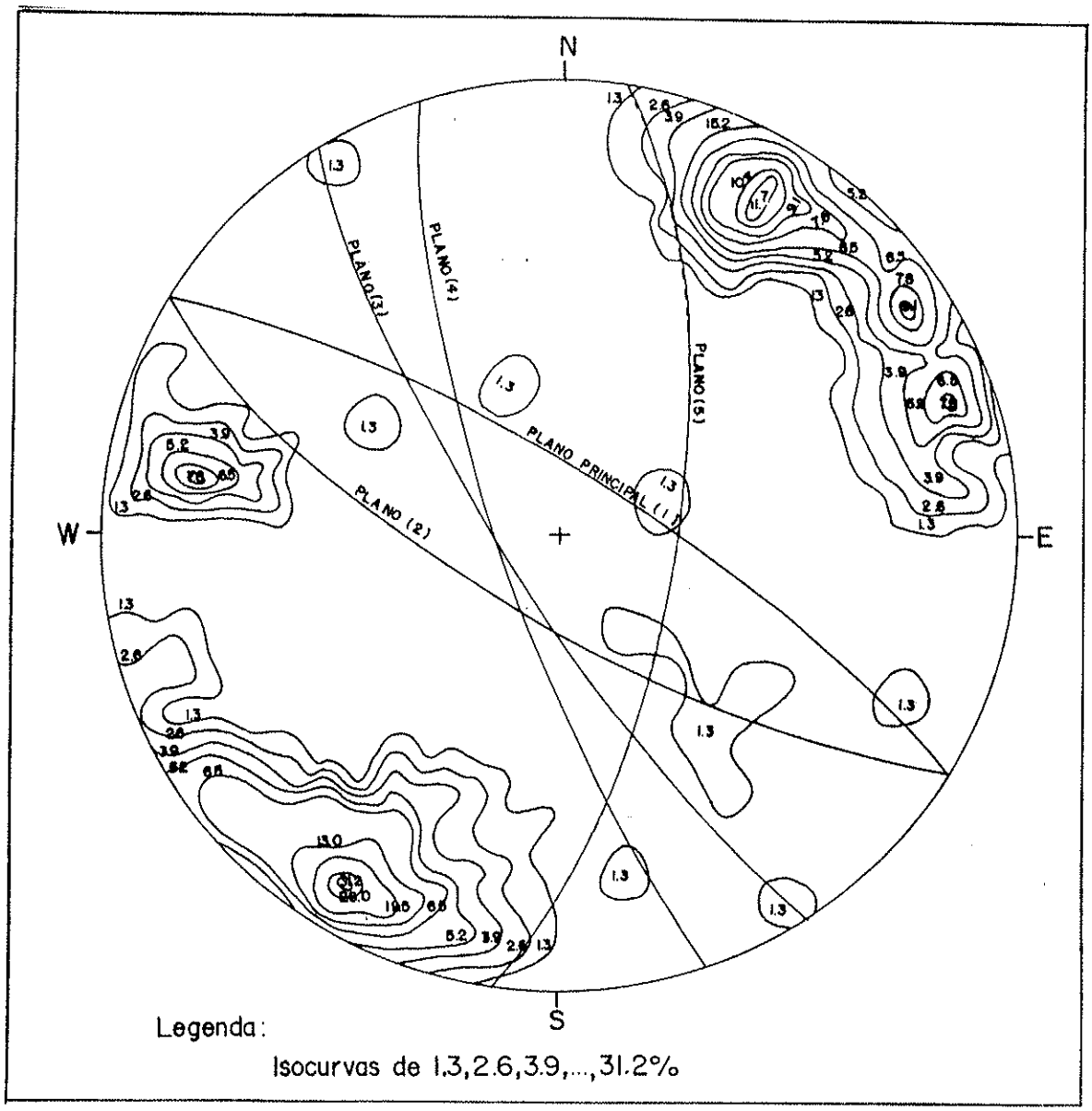


FIG 3.12 - Diagrama Schmidt-Lambert de polos de clivagens de fraturas da área de Ouro Fino.

Os planos médios estatísticos são: (1 e 2) = N59W/79NE-75SW; (3) N33W/80SW; (4) N19W/80SW; (5) N08E/69SE. Total de dados: 132.

QUADRO 3 - SINOPSE DOS DADOS ESTRUTURAIS DAS ÁREAS DE DETALHAMENTO DE POMBAS E OURO FINO

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS	ÁREA DE POMBAS				ÁREA DE OURO FINO			
	Atitudes médias	%	Total Dados	Juntas Riedel	Atitudes médias	%	Total Dados	Juntas Riedel
FOLIAÇÃO MILONÍTICA	N38E/70NW N17E/60SE	26,6 20,0	15		N35E/60NW N46E/80NW-V. N30E/78SE N12E/72SE	19,3 12,9 9,6 6,4	31	
LINEAÇÃO MINERAL DE ESTIRAMENTO Associada a Foliação Milonítica	N28E/10° S53W/19°	28,5 21,4	14		N37E/10° S46W/10°	20,0 11,1	45	
FOLIAÇÃO RÚPTIL-DÚCTIL	N47E/78NW N33E/78NW	10,8 9,3	129		N46E/78NW-79SE	17,3	133	
LINEAÇÃO DE INTERSECÇÃO DA FOLIAÇÃO MILONÍTICA NO PLANO DA FOLIAÇÃO RÚPTIL-DÚCTIL	N42E/48° S67W/48°	18,7 18,7	16		N42E/9° S43W/9°	22,2 22,2	9	
CLIVAGEM DE FRATURA	N60W/78NE N52W/80SW N42W/59SW	11,0 10,0 9,0	109	T e/ou DIQUES	N59W/79NE-75SW N33W/80SW	18,2 5,3	132	T e/ou DIQUES
	N22W/68NE	5,0		R'	N19W/80SW	4,5		R'
	N84E/Vert	3,0		R	N08E/69SE	4,5		X
	N30E/Vert	2,0		X				
	N40E/50NW	2,0		Y				

3.2.2 - AFLORAMENTOS ADJACENTES AO NÚCLEO BETARA

Um importante afloramento foi identificado sobre o traçado da Falha de Itaqui (Ponto nº 59). Trata-se de uma pedreira de quartzito, situada nas margens da BR 277, à noroeste da localidade de Itaqui. Neste local, o quartzito apresenta-se totalmente milonitizado, com forte recristalização associada. Todo o afloramento apresenta uma intensa lineação mineral, bem evidenciada pela orientação dos minerais de quartzo, finas palhetas de muscovita e de alguns minerais máficos estirados. A direção dominante da foliação milonítica, neste ponto, apresenta atitudes em torno de N45E/80SE. A lineação mineral apresenta valores em torno de N40E, com caimentos em torno de 30-40º, valores relativamente altos para falhamentos transcorrentes. Apesar do ângulo de mergulho exagerado das lineações minerais, é provável que esta deformação pertença ao Evento Cubatão.

Neste mesmo afloramento foram identificadas, ainda, dobras métricas, as quais dobram as deformações descritas acima. Trata-se de dobras fechadas, segundo a classificação de FLEUTY (1964), com ângulo interflânco de 41 a 48º, flancos médios N22E/72SE e N56E/70NW, e com eixo estatístico $_1$ = N38E/39º (FIG 3.13). No mesmo afloramento ocorrem, ainda, dobras em escala centimétrica, possivelmente geradas na mesma fase deformativa daquelas em que estão inseridas, pois os padrões são idênticos e dobram uma mesma superfície S. Além disso, os eixos das microdobras coincidem aproximadamente com o eixo $_1$ (Ver FIG 3.13).

Os elementos geométricos do afloramento nº 59 permitiram que fossem determinados os eixos X, Y e Z do elipsóide de deformação, com atitudes N38E/39º, S14W/47º e N62W/10º, respectivamente para estas dobras.

Estas feições foram associadas a Falha da Lancinha, a qual foi gerada a partir do reflexo de uma importante falha transcorrente situada no embasamento do Grupo Açungui (provavelmente a extensão da Falha de Cubatão). Este episódio de reativação foi denominado, neste trabalho, de EVENTO LANCINHA.

Estão presentes, ainda, deformações disruptivas, com movimento LATERAL ESQUERDO associado, obliterando a foliação milonítica pré-existente nas rochas quartzíticas. Trata-se de uma

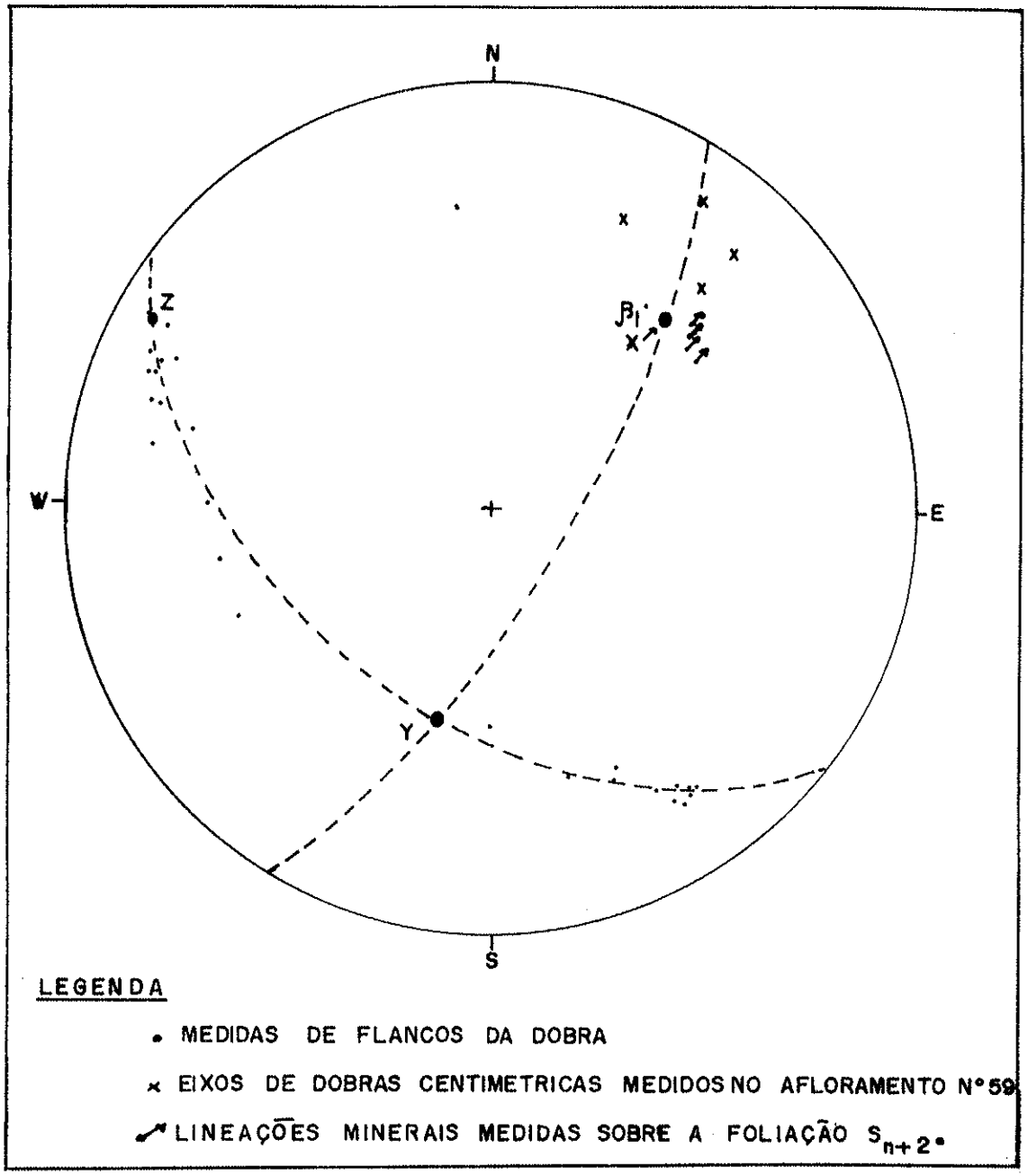


FIG 3.13 - Diagrama Schmidt-Lambert de dobras em rochas quartzíticas do ponto 59. Os dados são com - postos por 24 atitudes de flancos da dobra e 5 eixos de microdobras.

Eixo Estatístico β_1 = N38E/39°.
Ângulo interflanco = 41 a 48° (dobra fechada).

Eixos do elipsóide de deformação:
X=N38E/39°; Y=S14W/47° e Z=N62W/10°.

reativação secundária que ocorreu na evolução fanerozóica desta falha.

O corpo quartzítico que compõe o afloramento nº 59 , reaparece à nordeste, onde foi instalada uma segunda pedreira (ponto nº 34). Desta vez este afloramento está situado sobre o traço da falha do Mato (Ver FIG 3.3-p.43). Além da intensa de - formação descrita anteriormente, apresenta brechações, e dobras abertas com eixos subhorizontais, instaladas sobre níveis quartzíticos rompidos (FOTO 3.14). Neste afloramento estão pre - sentes a superimposição de deformações disruptivas sobre dúcteis. Trata-se de reativações do Sistema de Falhamentos Cubatão em rochas adjacentes à localidade de Campo Largo, Estado do Paraná.

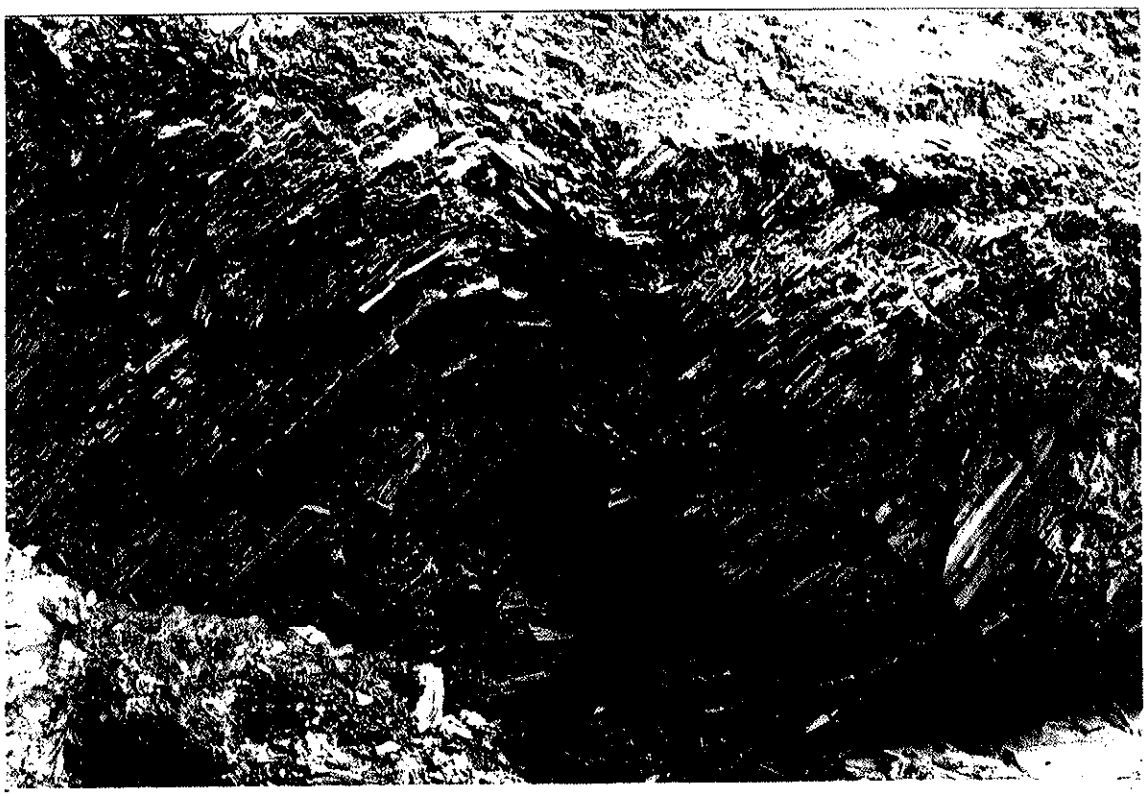


FOTO 3.14 - Dobras abertas em quartzitos friáveis.

Afloramento nº 34, localizado a sudoeste da localidade de Bateias.

3.2.3 - GRUPO AÇUNGUI

3.2.3.1 - Lenticularizações

A lenticularização de litologias do Grupo Açungui é uma feição típica ao longo do traçado da Falha da Lancinha. As lentes podem variar desde dimensões centimétricas a métricas , quando vistas em afloramentos, até dimensões quilométricas, quando observadas em mapas geológicos (Ver FIG 3,2-p.41).

Este fenômeno é mais facilmente observado quando camadas mais rígidas estão embutidas em camadas mais plásticas. Porém, esta feição pode ser observada, também, em rochas relativamente homogêneas, como filitos. Ao se quebar a rocha com o martelo, quase sempre os fragmentos tem uma forma lenticular ou losangular.

No afloramento nº 68, observa-se os efeitos da lenticularização e redobramentos em rochas filíticas (FOTO 3.15).

Em rochas quartzíticas esta lenticularização é mais proeminente, como pode ser visto no Morro da Antena de TV (Ponto nº 46), à noroeste de Rio Branco do Sul (FOTOS 3.16 e 3.17). Este aspecto contorcido, lenticularizado da zona de falha pode ser igualmente observado em mármores brechados do ponto nº 22, na estrada do Cerne, próximo à localidade de Bateias.

3.2.3.2 - Foliação Cataclástica

A foliação cataclástica é constituída pela lenticularização e constricção de corpos litológicos, ou pela foliação plano axial de dobras escalonadas, de carater local, além de um generalizado fraturamento associado. Muitas vezes, este falhamento torna-se intenso, na forma de uma foliação penetrativa nos afloramentos. São, ainda, comuns situações em que a foliação dúctil de baixo ângulo (S_1), sofre reorientações, de forma a assumir disposições paralelas a subparalelas ao lineamento Lancinha, com mergulhos verticais a subverticais.

Estas feições descritas acima são tradicionalmente citadas na literatura como "foliação cataclástica", com direções

FOTO 3.15 - Lenticularizações de camadas de metassedimentos do Grupo Açungui.

Afloramento nº 68, próximo à localidade de Rio Branco do Sul.

entre N40-60E/40-Vertical, com predomínio de mergulhos entre 70º e 90º. Neste trabalho, estas direções foram interpretadas como estruturas Y(D) (Ver ítem 4.3.1 - Aplicação do Modelo de Riedel no Grupo Açungui).

A presença de feições disruptivas associadas ao lineamento Lancinha nas litologias do Grupo Açungui, e a ausência de estruturas dúcteis, sugerem que o atual nível de exposição das rochas corresponde ao nível estrutural intermediário de MATTAUER(1972), ou no domínio da deformação rúptil-dúctil de RAMSAY (1980).

FOTO 3.16 - Aspecto lenticular de corpos de quartzito, na zona de falha da Lancinha.

Morro da TV, noroeste de Rio Branco do Sul.

3.2.3.3 - Brechação e Milonitização

Ao generalizado fraturamento gerado pelo evento de paroxisma do Evento Transcorrente Lancinha, além de diversas reativações superimpostas, associam-se esporádicas BRECHAS. Exemplos são a brecha formada em rochas carbonáticas do ponto nº 22, aflorante na estrada do Cerne, nas proximidades da localidade de Bateias (FOTO 3.18). Em alguns pontos do afloramento a dissolução de $CaCO_3$ através de pressões atuantes na zona de falha, e sua recristalização ao longo de direções específicas, originou "estruturas de fluxo", formando restritos protomilonitos (FOTO 3.18). Porém, as feições rúpteis predominam no afloramento, o que leva a descartar a presença de deformações do domínio dúctil de RAMSAY(1980).

FOTO 3.17 - Detalhe de uma lente de quartzito na zona de falha da Lancinha.

Antena de TV, noroeste de Rio Branco do Sul.

(Afloramento nº 46).

A presença de brechas pode ser identificada, ainda, em rochas filíticas homogeneas. Nestes casos é necessário observar o comportamento das foliações pré-existentes na forma de truncamentos nos limites de fragmentos angulosos da rocha. A falta de marcadores geológicos com níveis de colorações diferentes e alternadas, ou a presença de estruturas sedimentares, dificultam a identificação de brechas nestas litologias, levando muitas vezes a concluir por sua ausência.

A ausência de rochas miloníticas associadas ao lineamento Lancinha, em litologias do Grupo Açungui, é uma feição característica.

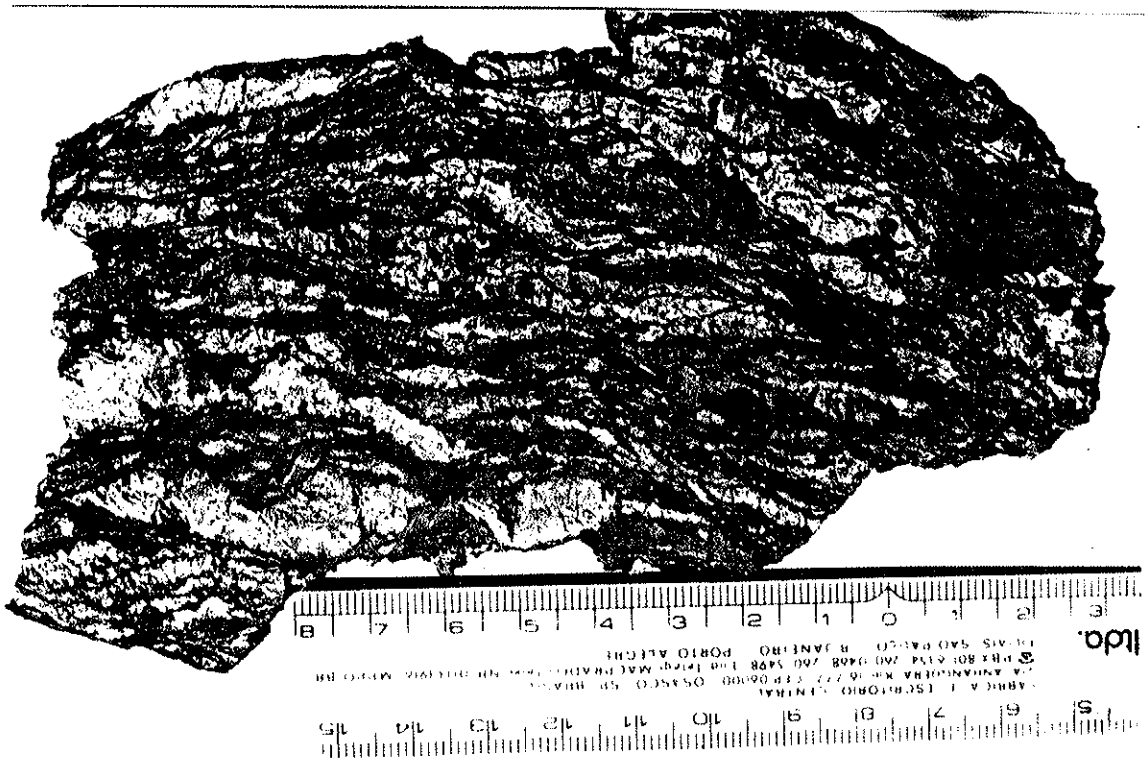


FOTO 3.18 - Protomilonitos em rochas carbonáticas da Formação Votuverava (?) (Grupo Açungui). Afloram na estrada do Cerne, nas proximidades da localidade de Bateias. (ponto nº 22).

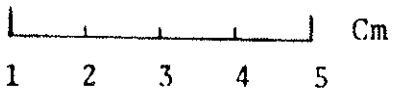
3.2.3.4 - Redobramentos

No afloramento nº 07 foram identificadas dobras mesoscópicas em filitos, com eixos S85W/65º, localizadas na zona de falha, à NE de Rio Branco do Sul. Dobram uma foliação S_1, com uma foliação plano axial S_2 interrompida em níveis mais competentes dobrados (FOTO 3.19). Neste mesmo afloramento, a foliação S_1 possui atitude N80E/81SE, enquanto que a foliação S_2, neste caso gerada pelo Sistema Transcorrente Lancinha, possui atitude N55-65E/83NW a vertical.

Muitas vezes é difícil a separação entre as dobras geradas pelo sistema transcorrente em rochas filíticas, daquelas originadas pelos cavalgamentos, visto que ambas foram geradas por idênticos processos, porém um de alto e outro de baixo ângulo de mergulho.

FOTO 3.19 - Dobras de arrasto do Sistema Transcorrente Lancinha, com eixos S85W/65°-

Afloramento nº 07, nas proximidades da localidade de Rio Branco do Sul.



É frequente a preservação de dobras geradas por cilhamento dúctil de baixo ângulo entre os planos de ruptura e redobramentos gerados pelo Sistema Transcorrente Lancinha, como pode ser observado no ponto nº 68.

Nas proximidades da localidade de Bateias observa-se dobras em chevron, com eixo disposto à S63W/47° (ponto nº 50). Esta estrutura dobra uma foliação anterior (S_1), e foi gerada em condições rúpteis-dúcteis (FOTO 3.20).

A inexistência de um trabalho detalhado sobre os padrões e geometrias dos dobramentos originados pelos cavalgamentos que afetaram o Grupo Açungui e a superimposição de um evento

FOTO 3.20 - Dobras em chevron afetando uma foliação principal S_1 em filitos da Formação Capirú (Grupo Açungui), nas proximidades de Bateias (ponto nº 50).

O eixo apresenta atitude S63W/47º.

de dobramento regional, com possíveis reorientações dos elementos cinemáticos do evento anterior, dificultam a identificação daquelas dobras geradas pelo Sistema Transcorrente Lancinha.

3.2.4 - FORMAÇÃO CAMARINHA

3.2.4.1 - Generalidades

A Formação Camarinha aflora a oeste da cidade de Curitiba, nas proximidades do Município de São Luiz do Purunã (MU-

RATORI et al,1967) (FIG 3.14).

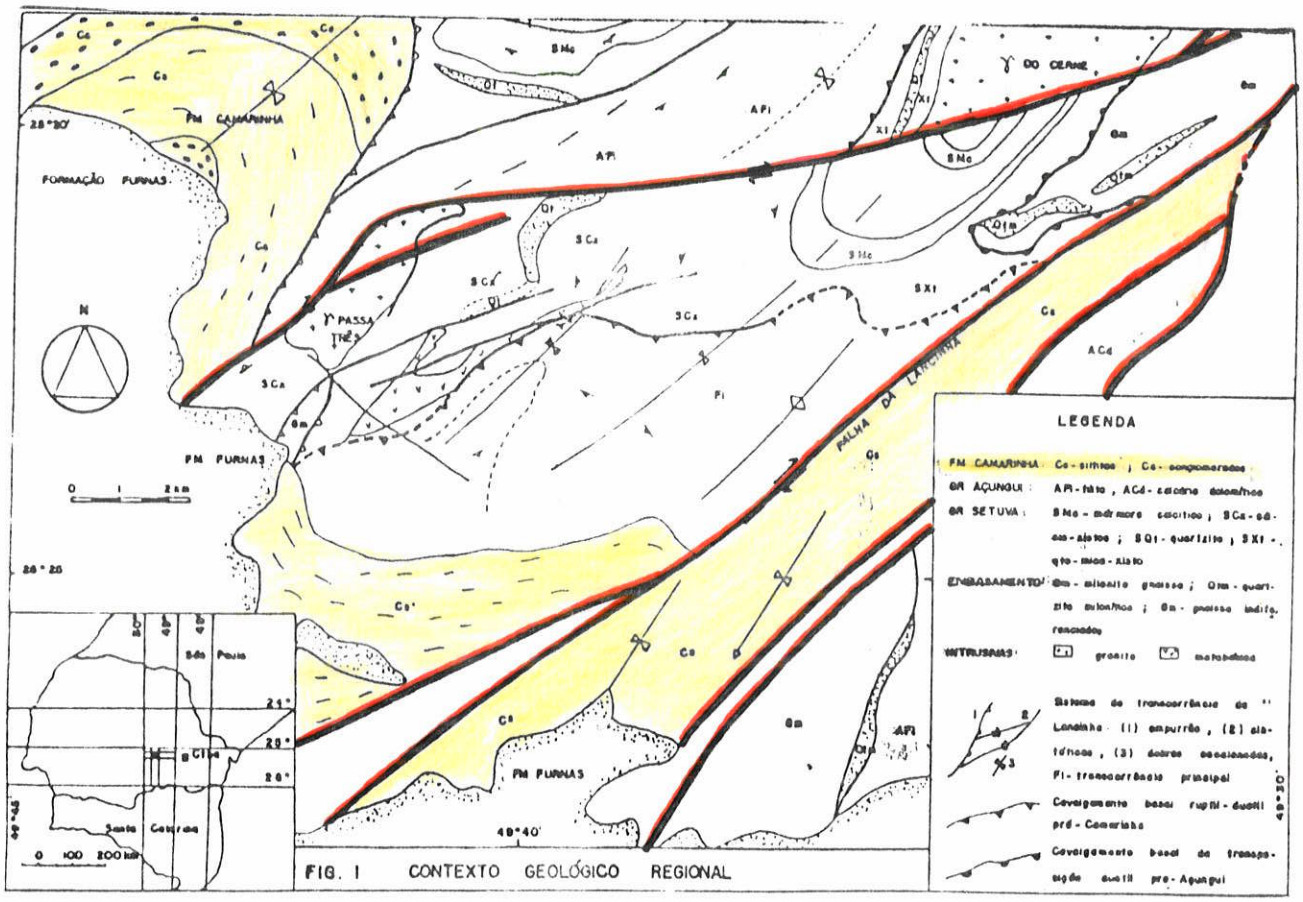


FIG 3.14 - Mapa de localização da Formação Camarinha.

FONTE: SOARES e GÕIS(1987).

A Formação Camarinha está situada em duas áreas geograficamente separadas. A primeira, é mais estreita, posicionada ao longo do traço principal da Falha da Lancinha, e estende-se desde as imediações da localidade de Bateias até desaparecer sob os sedimentos da Bacia do Paraná, através de uma extensão de cerca de 20 km. A segunda área é mais irregular, e está posicionada a NW da primeira, e igualmente desaparece sob a Bacia do Paraná.

3.2.4.2 - Efeitos do Sistema Transcorrente

A presença da Falha da Lancinha na Formação Camarinha, imprimiu em seus sedimentos clásticos, uma forte orientação e um pronunciado estiramento (FOTO 3.21) A rocha adquiriu uma típica orientação tectônica ao longo do traço principal da falha.

A composição dos seixos da fácies conglomerática é, em geral, quartzítica, granítica e filítica. Devido a diferença de competência entre os clastos, aqueles de composição filítica sofreram uma pronunciada deformação, com taxas de Rs maiores daqueles de composição quartzítica. Estas feições indicam que esta deformação ocorreu no nível estrutural intermediário, onde as isógradas de metamorfismo são menores que 350°C. Por outro lado, os seixos estirados da FOTO 3.21 mostram um pronunciado rompimento dos seixos, provavelmente decorrente da resposta deformacional a que foram submetidos.

Esta deformação sofreu um sensível decréscimo a partir do traço principal da falha, para o interior da formação. Este fato pode ser verificado na estrada da Itambé, na qual os sedimentos conservam suas características originais, a cerca de 1.5 km à sul da falha (FOTO 3.22). Trata-se de um conglomerado polimítico, com seixos que vão desde formas angulares até subarredondadas, constituindo-se em sedimentos imaturos, oriundos, em parte, de prováveis brechas na sua área fonte.

Além do estiramento dos seixos, desenvolveu clivagem de fratura, ora incipiente, ora mais expressiva, como pode ser observado na FOTO 3.23. A caneta que serve de escala para a referida foto, está disposta de forma paralela a esta estrutura ruptil, que muitas vezes corta os seixos estirados de forma oblíqua ou subparalela. Apresenta direção nordeste e mergulhos subhorizontais, disposta de forma paralela a subparalela ao traço principal da falha.

Ocorrem, na zona de falha, dobras em escala de afloramento (FOTO 3.24). No afloramento nº 39 encontram-se intercaladas rochas da Formação Camarinha e filitos da Formação Votuverava , e seu conjunto dobrado. São dobras abertas a fechadas, com eixo N15E/54°, provavelmente resultado de esforços de reativações do Sistema Transcorrente Lancinha.

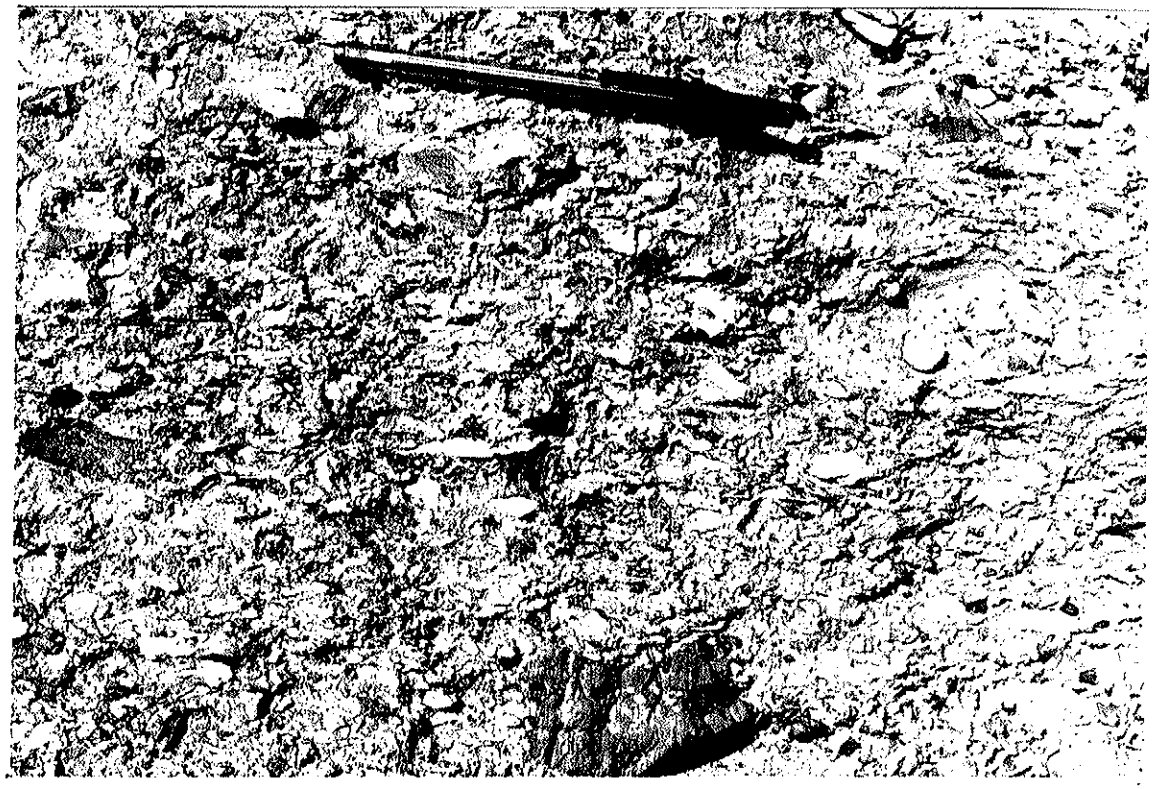


FOTO 3.21 - Seixos estirados da Formação Camarinha pelo Sistema Trancorrente Lancinha. Afloramento nº 37.

FOTO 3.22 - Seixos indeformados da Formação Camarinha, correspondente ao afloramento nº 60.

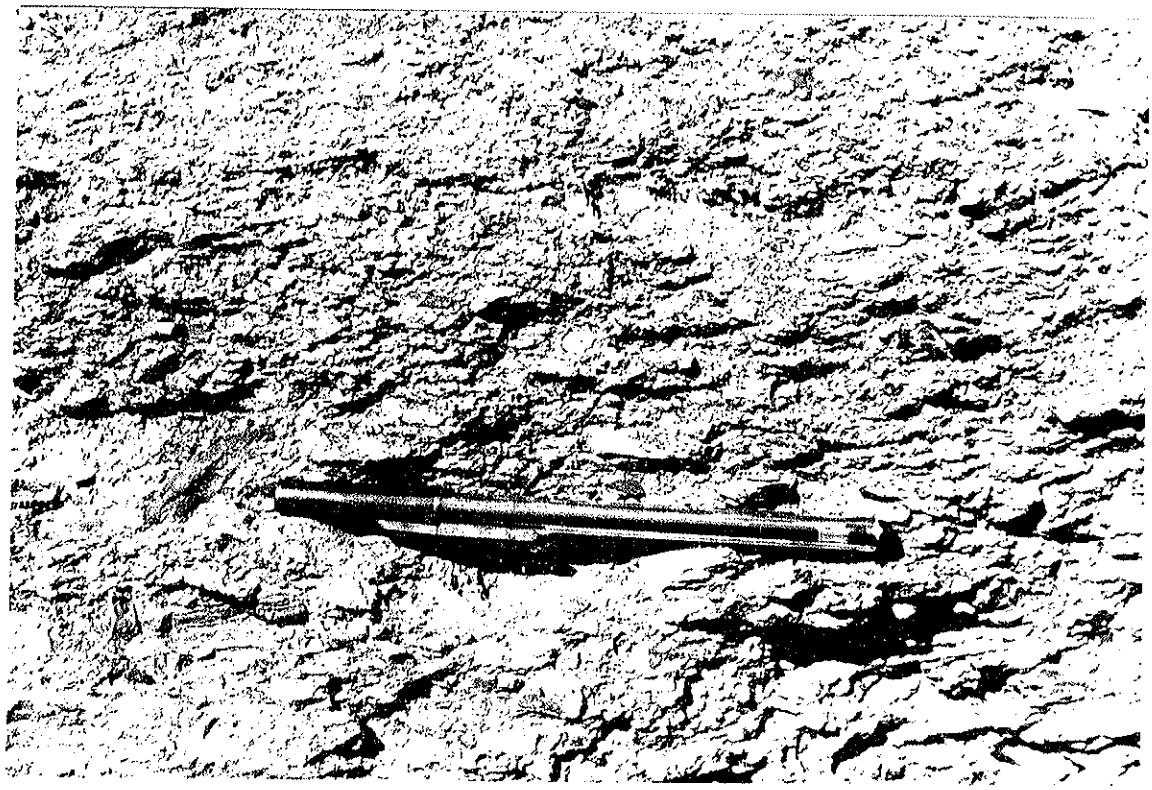


FOTO 3.23 - Estiramento de seixos da Formação Camarinha. A foto mostra, ainda, uma clivagem de fratura disposta de forma paralela à caneta que serve de escala (Afloramento nº 37).

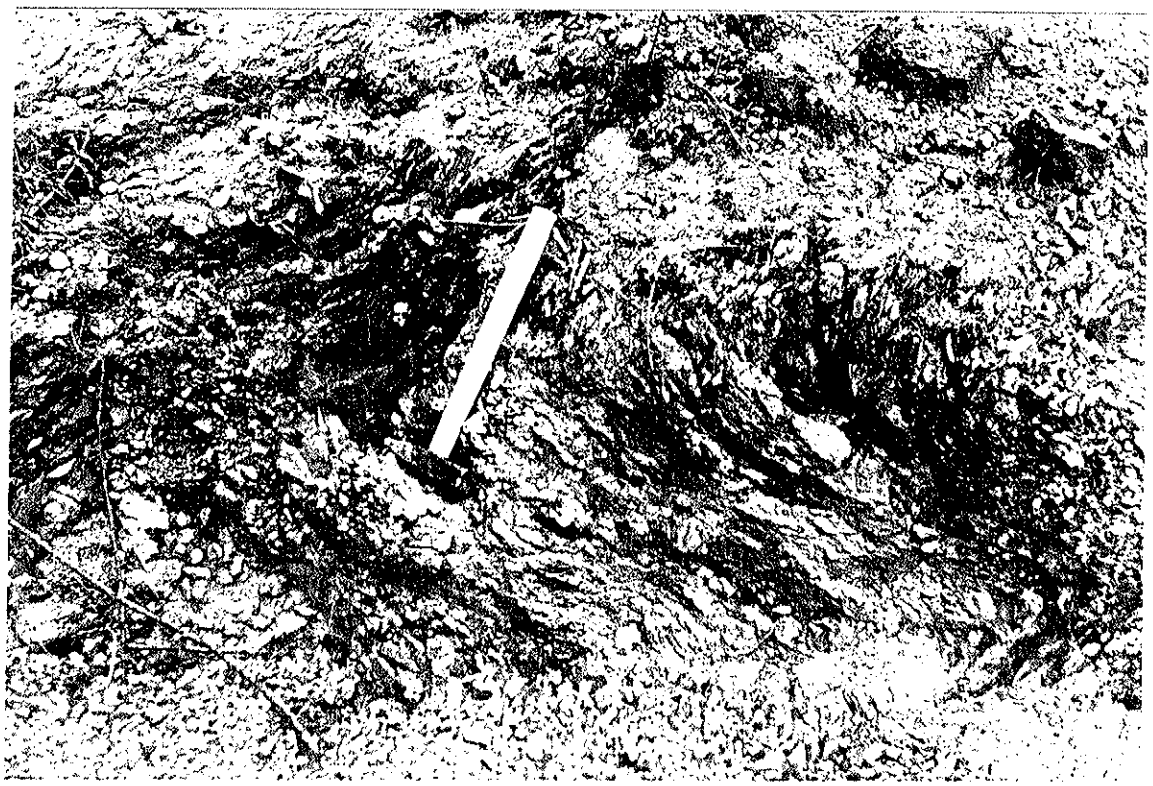


FOTO 3.24 - Camadas com seixos deformados intercalados por filitos da Fm Votuverava e dobras de forma fechada. O eixo apresenta atitude N15E/54º (Afloramento 37).

Com intuito de obter uma resposta quanto ao comportamento deformacional das camadas sedimentares da Formação Camarinha, foram compilados 150 dados de atitudes de acamamento, a partir dos trabalhos de formatura (curso de Geologia da UFPR) das equipes BRANDI e DE PAULA(1981), BORTOLOTTO, FIGUEIREDO e PEREIRA(1984), GÕIS e HORSTMANN(1984), POLIDORO e GONÇALVES(1984), CIGUEL e GODOY(1985) e JUSTEN,ROSSETTI e LEONI FILHO(1985). Estes dados são provenientes de todo o bloco afetado pelo traço principal de falha do Sistema Cubatão/Lancinha, num domínio deformacional não homogêneo. Estes dados tratados em diagrama Schmidt-Lambert forneceram uma guirlanda cônica principal, com eixo estatístico β_1 N86E/26° (FIG 3.15, identificada pelo número 1).

Concentrações secundárias permitiram o traçado de duas guirlandas. A primeira, com eixo estatístico (β_2) N47E/horizontal (Guirlanda identificada pelo número 2 na FIG 3.15), e uma segunda, com eixo estatístico (β_3) N72E/32° (indicada pelo número 3 na FIG 3.15).

Apesar do diagrama não corresponder a um domínio homogêneo de deformação, permite identificar, com razoável segurança, a presença de dobramentos ao longo do traço de falha, e confirmar as feições fotogeológicas.

Num segundo diagrama Schmidt-Lambert (FIG 3.16), 111 medidas de estiramento de seixos desta formação (lineações segundo o eixo X do elipsóide de deformação), obtidas nos pontos 61 e 62 da estrada da Industria de Calcários Itambé, revelou um pico de concentração máxima S54W/horizontal - N54E/horiz., com 51% dos dados. Esta concentração de seixos está disposta de forma paralela ao traço principal da falha, esta última com direção N50-60E.

Uma segunda concentração no diagrama da FIG 3.16, agora secundária, apresenta uma direção média N30E/horiz., com aproximadamente 18% dos dados; e uma terceira e última direção de estiramento de seixos, N84E/horizontal, formada com 8% dos dados.

A distribuição dos eixos estatísticos das guirlandas com atitudes N47E/horiz. (β_2), N72E/32° (β_3), e N86E/26° (β_1), estão inseridos no campo de distribuição dos seixos estirados, estes últimos com variação entre N20E e N95E/zero a 28°.

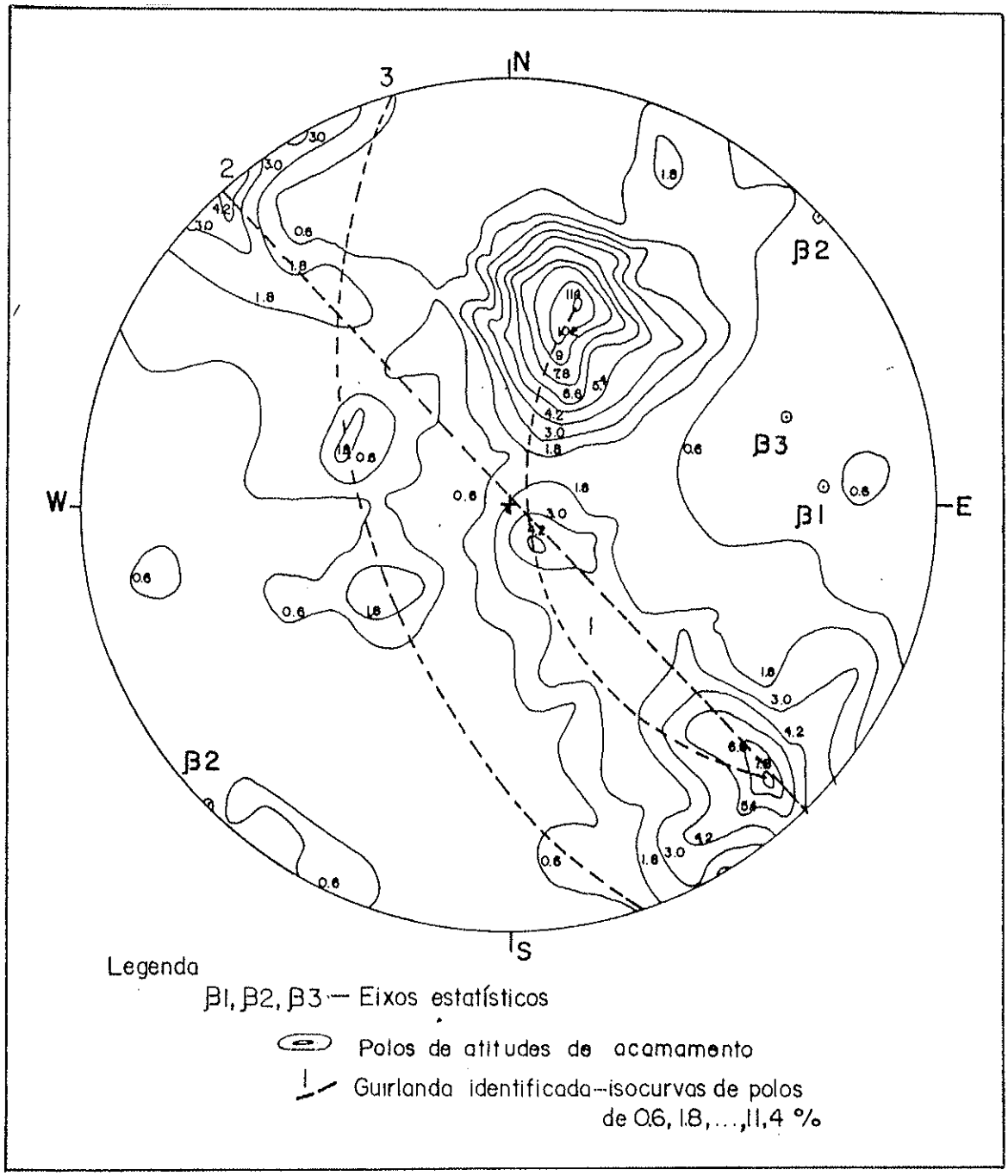


FIG 3.15 - Diagrama Schmidt-Lambert com polos de atitudes de acamamento da Formação Camarinha - Bloco leste. (bloco afetado pelo traço principal da falha da Lancinha).

Total de dados: 167 atitudes de acamamento.

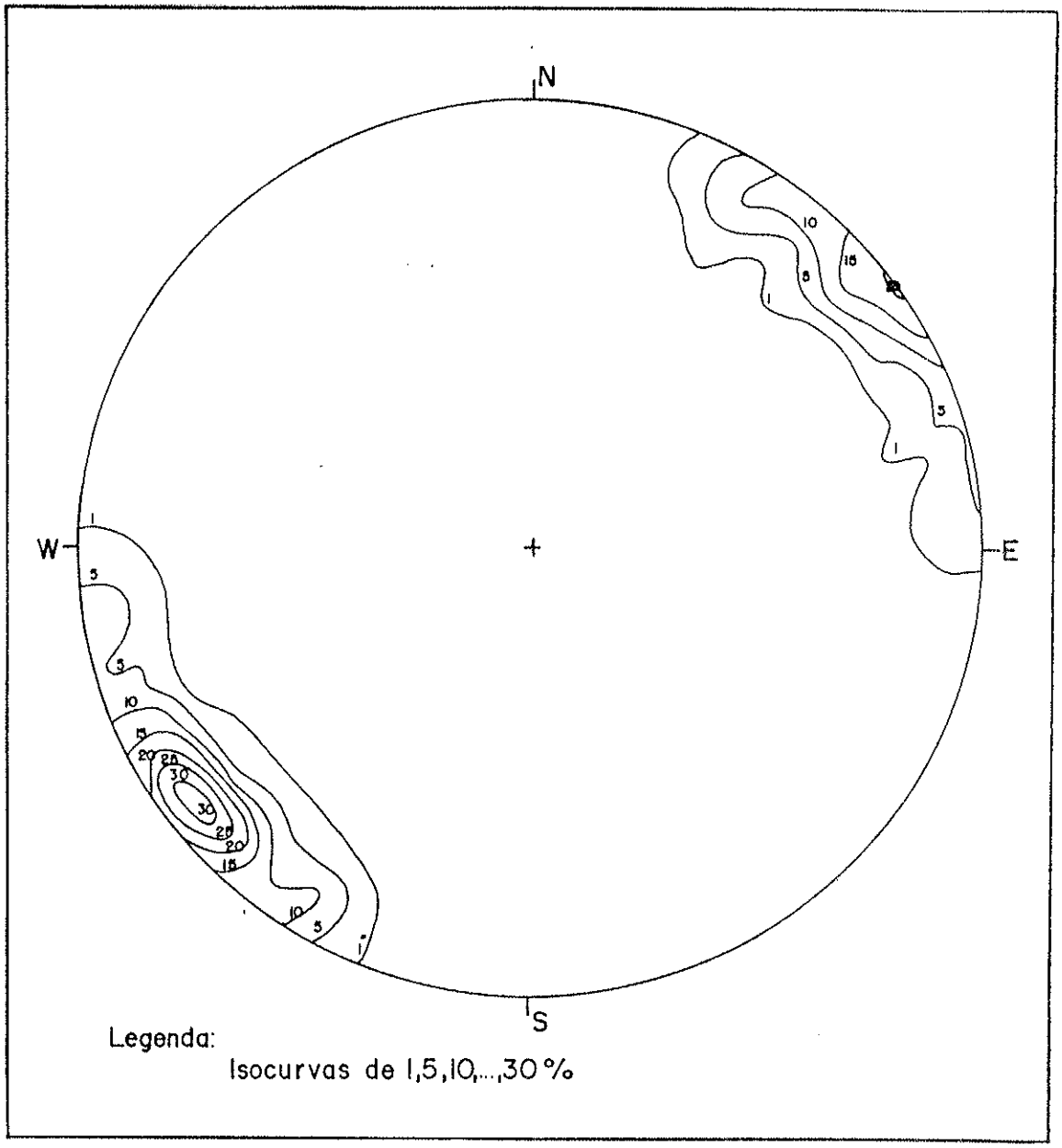


FIG 3.16 - Estereograma Schmidt-Lambert com lineações de estiramento de seixos da Formação Camarinha (pontos 61 e 62).

Total de dados: 111 atitudes.

(Ver FIGs 3.15 e 3.16). Não ocorre um perfeito ajuste gráfico entre os picos de maior população de seixos estirados e os eixos estatísticos principais β_1, β_2, β_3. É necessário observar que as guirlandas obtidas na FIG 3.15 são compostas por dados obtidos em todo o bloco da Formação Camarinha afetado pela falha, ao passo que os seixos estirados analisados no gráfico da FIG 3.16 são provenientes apenas dos afloramentos nºs 61 e 62.

No diagrama 3.16 observa-se um maior número de dados distribuídos entre as direções N30-68E/S30-68W, o que confere um caráter DESTRÓGIRO para a deformação destes conglomerados. Esta variação na direção dos seixos deve-se, provavelmente, ao fabric heterogêneo pré-deformacional. É possível, ainda, que reativações subsequentes tenham deformado ou reorientado seixos afetados pela fase principal de deformação transcorrente. Estes resultados estão embasados numa razoável quantidade de dados (111), coletados numa extensa exposição de rochas (pontos 61 e 62). Estes dados permitiram uma conclusão diferente daquela de MORITZ e FIORI(1987), os quais sugeriram um movimento lateral esquerdo para o Sistema Transcorrente Lancinha nestas litologias. Estes autores obtiveram uma direção preferencial do eixo X com direção N70-80E. Considerando que a Falha da Lancinha apresenta uma disposição N50-60E, os autores concluiram que esta deformação transcorrente foi LATERAL ESQUERDA. Porém, uma quantidade de dados substancialmente superior àquela obtida por aqueles autores, indicou que a maior concentração de eixos X está disposta no intervalo N30-68E/S30-68W, o que conferiu um deslocamento LATERAL DIREITO para esta deformação.

Idênticos resultados foram obtidos no ponto nº 37, onde a direção da lineação de estiramento dos seixos deformados (eixo X do elipsóide de deformação) giram em torno de N30E/15º.

3.2.4.3 - Análise de Deformação

Estudos de análise de deformação, empregando o método Rf/Ø em seixos deformados do ponto nº 37 (FIG 3.17; ver Anexo III - Mapa de Pontos), forneceram um valor de 1.96 para Rs, através do método Gráfico (FIG 3.18). Este mesmo estudo, através do

emprego do método analítico, acusou resultados idênticos, Rs = 1,82 (FIG 3.19). Para fins de comparação entre os resultados dos dois métodos foi plotada a reta D na FIG 3.18, a qual corresponde a deformação 1.82. É provavel que este resultado seria obtido no método Gráfico com aplicação de cálculos de regressão linear, mais exatos que a interpolação visual da reta C, como foi procedido na FIG 3.18. Portanto, a valor de 1.82 para a deformação dos conglomerados da Formação Camarinha, obtidos com um maior rigor metodológico, refletem uma maior aproximação do valor ideal de deformação.

Valores idênticos foram encontrados por MORITZ e FIORI(1987), na estrada da Itambé (imediações da cidade de Campo Largo). Os autores obtiveram valores entre 1.8 e 2.4 para os pontos 61 e 62 deste trabalho. A partir destes dados, os autores obtiveram um deslocamento mínimo experimental de 800 metros, aplicando a equação $d = \gamma \times l$, onde l assumiu valores de 1.000 metros (d=deslocamento; γ =deformação; l=largura da zona de falha).

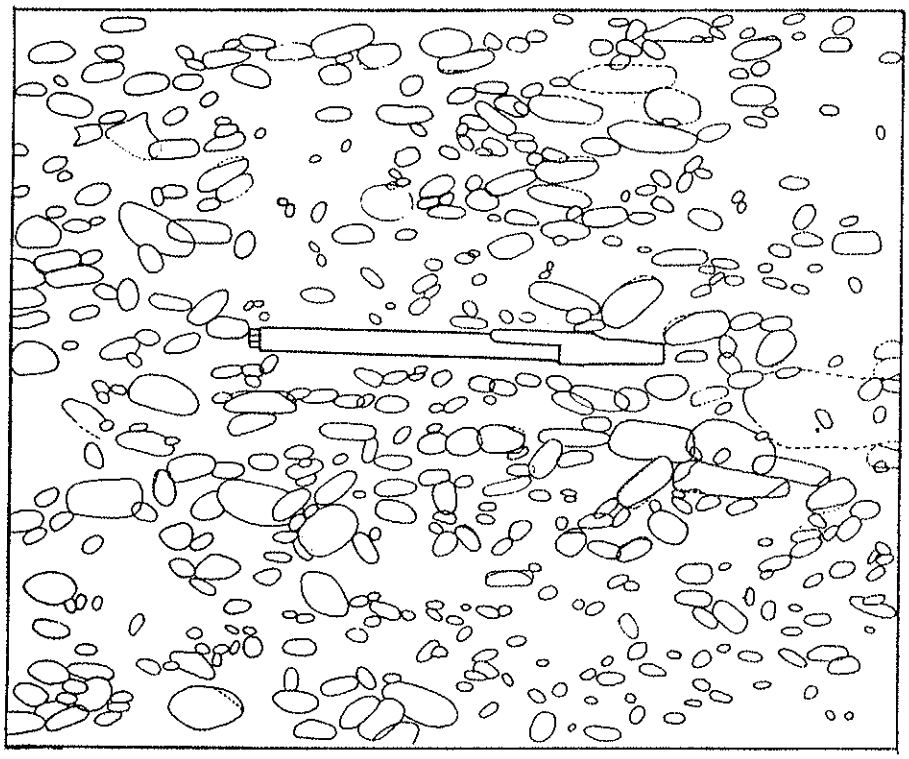


FIG 3.17 - Seixos deformados da Formação Camarinha. Ponto nº 37.

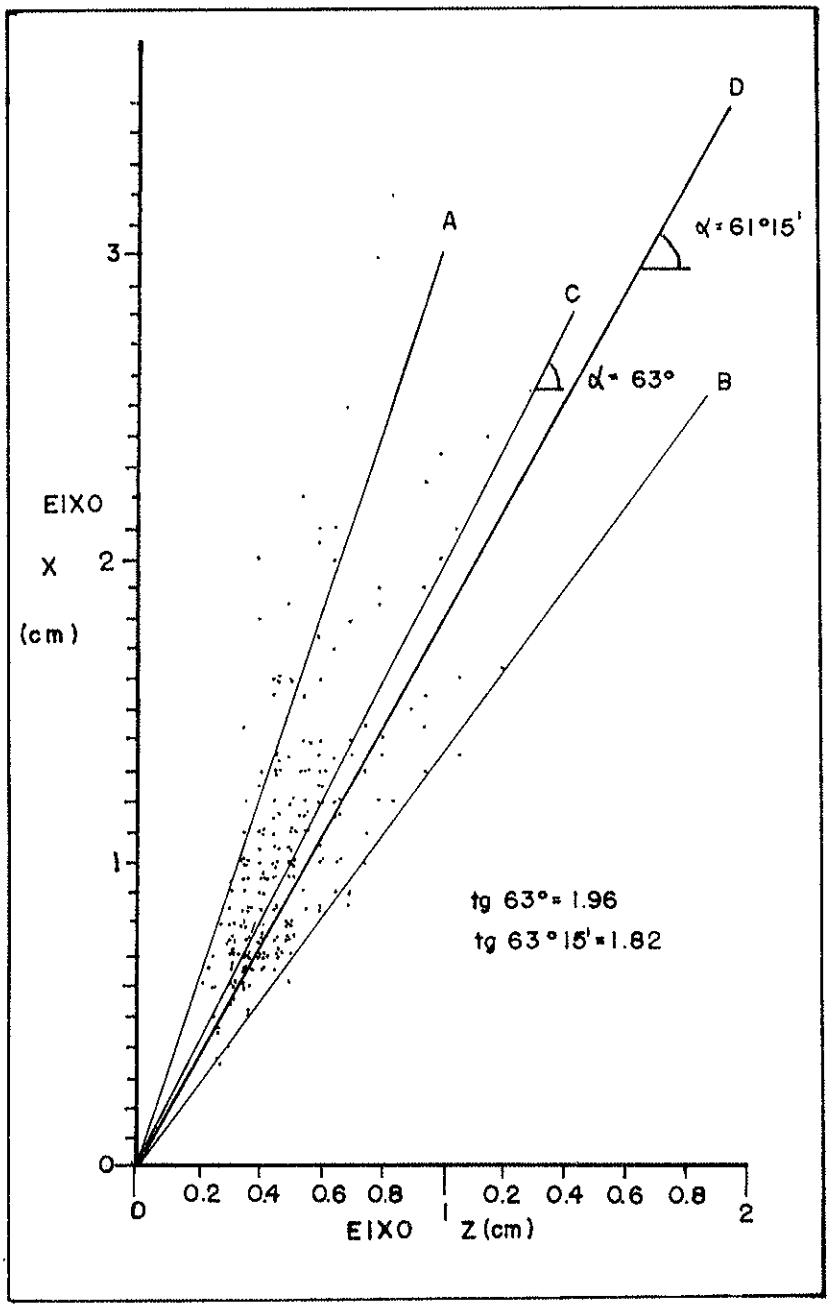


FIG 3.18 - A interpolação visual da reta C forneceu um valor de Rs=1.96 para o método GRÁFICO. As retas A e B balizam a população de seixos.

A reta D representa o valor deformacional obtido pelo método ANALÍTICO (1.82) e transportado para esta figura para efeito de comparação.

tg 63°=1.96 de deformação; tg 61°15'=1.82.

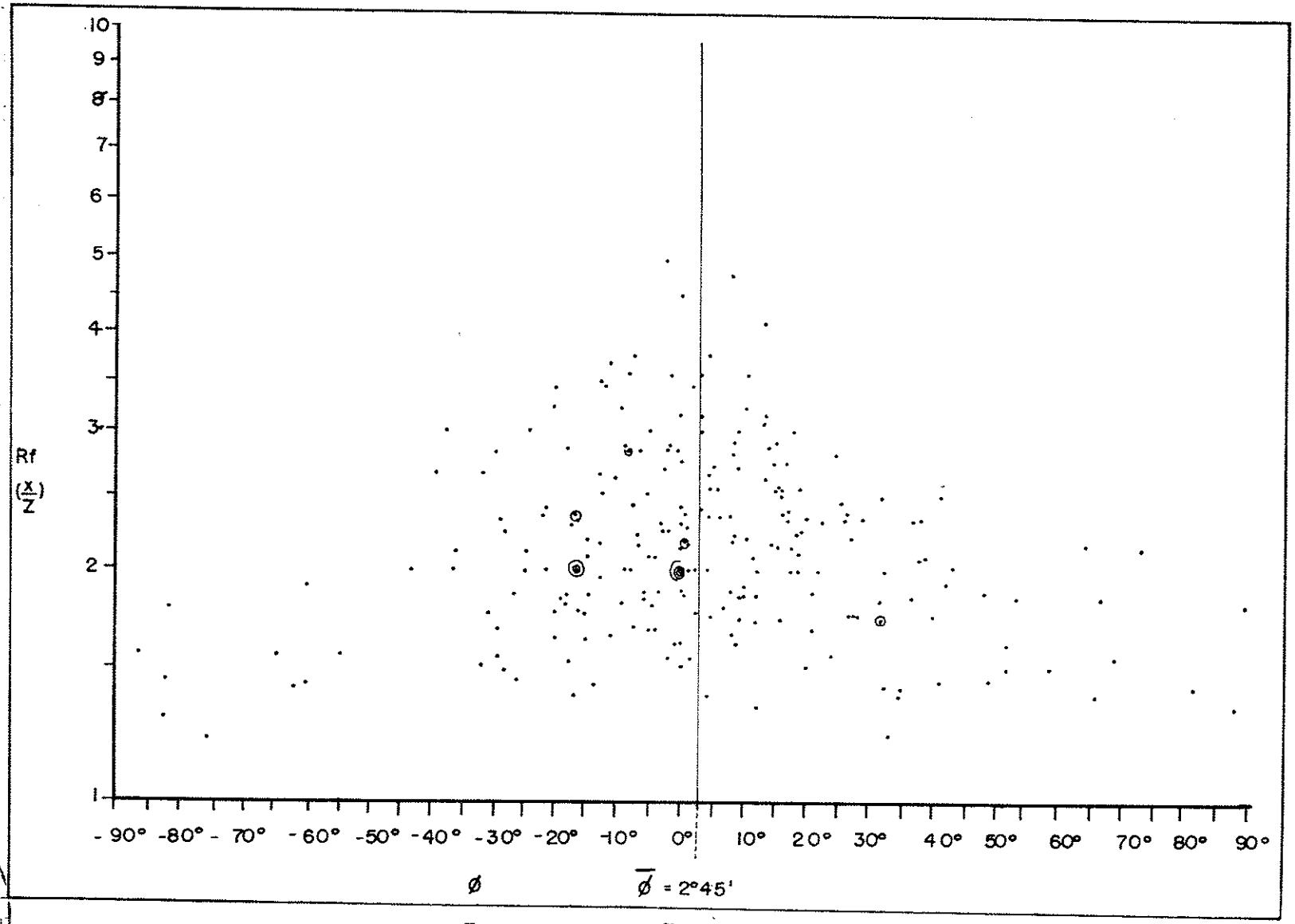


FIG 3.19 - Distribuição da população de seixos do Ponto 37, os quais apresentam uma melhor distribuição para a cela de γ =1.80 de LISLE(1985). Gráfico do MÉTODO ANALÍTICO.

Instituto de Geociências U.S.P. BIBLIOTECA T/Sab c.2

3.2.5 - REATIVAÇÕES AO LONGO DA FALHA DA LANCINHA

Algumas evidências de reativações foram identificadas ao longo do trecho Paranaense do lineamento Cubatão-Lancinha.

O afloramento nº 80, nas margens da BR 277 (Curitiba-Ponta Grossa), ocorrem rochas gnáissico-migmatíticas, com uma pronunciada foliação de carater dúctil e um intenso estiramento mineral associado. Esta foliação apresenta direções N35-50E/80 NW, com lineação de estiramento mineral sub-horizontal. O sentido de deslocamento, obtidos através de porfiroclastos rotacionados e foliações do tipo S-C, é lateral esquerdo. Esta rocha apresenta uma clivagem de fratura, com direção N60W, preenchida com material sem aparente foliação. A referida clivagem de fratura apresenta rejeitos centimétricos ao longo de alguns pontos da foliação gnáissico-migmatítica, a qual serviu como plano de fraqueza para a atuação de um novo pulso tectônico de natureza transcorrente, com sentido de deslocamento DESTRÓGIRO (Ver rejeitos no centro da FOTO 3.25).

É possível que estas evidências de reativação estejam associadas a uma falha rúptil que corta o afloramento nº 80 em toda sua extensão, formando paredes de 50 metros de comprimento X 20 metros de altura, com direção N34E/80SE. Este plano médio da falha foi obtido através da coleta de 40 planos de falha e 104 atitudes de estrias de atrito associadas (Diagrama da FIG 3.20). Apresenta 20-30 cm de rocha muito deformada, com um aspecto de xisto retorcido, de cor cinza escura.

É provável que os veios de quartzo infletidos na FOTO 3.26 (Ponto nº 128), estejam associados a esta reativação Lateral direita, em rochas miloníticas do Núcleo Betara. É possível que as inflexões a norte e sul da foto 3.26 constituam-se em duas zonas de cisalhamento com máxima deformação. Nesta interpretação, os veios infletidos que deveriam ocorrer imediatamente à norte e a sul das zonas de maior deformação (Ver FOTO 3.26), foram rompidos e deslocados com sentido LATERAL DIREITO.

A foliação gnáissico-migmatítica descrita no início desta secção, constitui-se numa zona de cisalhamento dúctil de alto ângulo, e foi interpretada como pertencente ao EVENTO TRANS

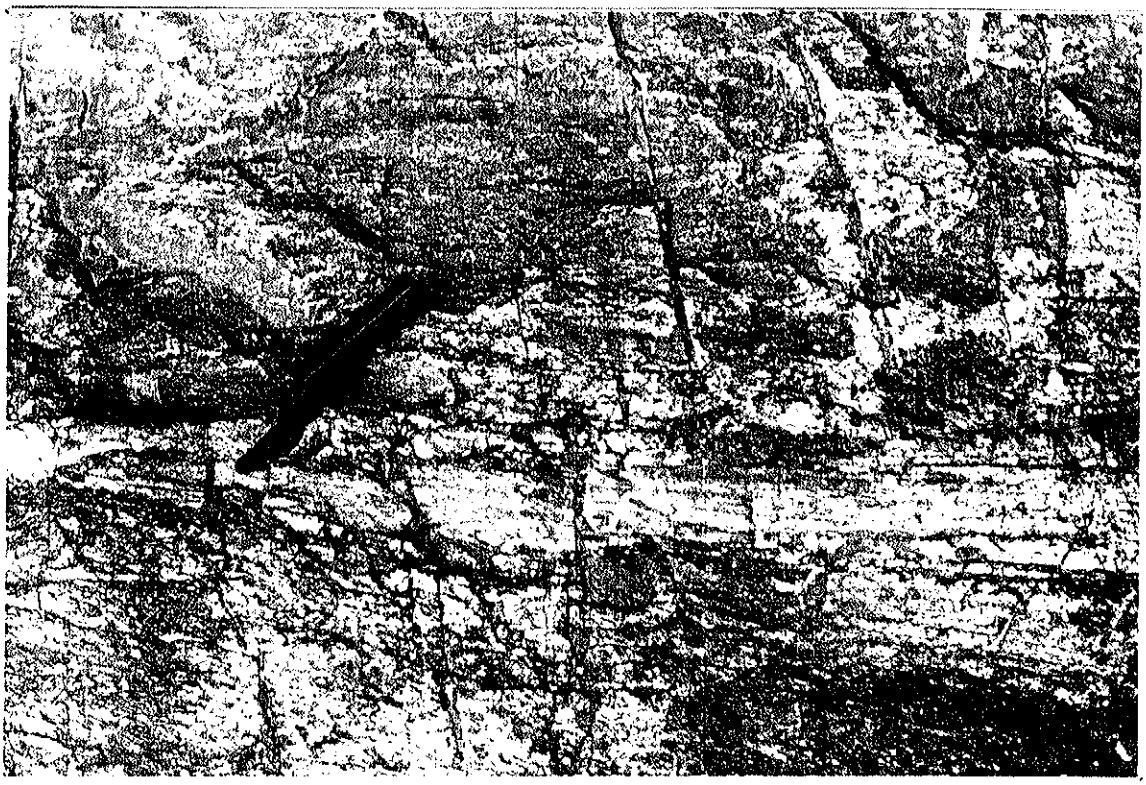


FOTO 3.25 - Clivagem de Fratura com direção N60W/Subvertical, preenchida por material indeformado. Observar o deslocamento DESTRÓGIRO desta clivagem de fratura através de reativações de planos de fraqueza da foliação gnáissico-migmatítica no centro da foto. (Afloramento nº 80).

CORRENTE CUBATÃO. E as reativações rúpteis-dúcteis, ocupando planos de fraqueza pré-estabelecidos, além da instalação de zonas de cisalhamento, com inflexão e ruptura de veios de quartzo, são produtos do EVENTO TRANSCORRENTE LANCINHA em rochas do embasamento do Grupo Açungui.

De um modo geral é difícil separar no Grupo Açungui as Falhas/fraturas geradas nos diversos pulsos tectônicos que reativaram este lineamento ao longo do Fanerozóico, e efetuar sua ordenação cronológica. Diversas falhas foram identificadas ao longo do trecho paranaense deste lineamento, na forma de falhas rúpteis, na escala centimétrica (FIG 3.21):

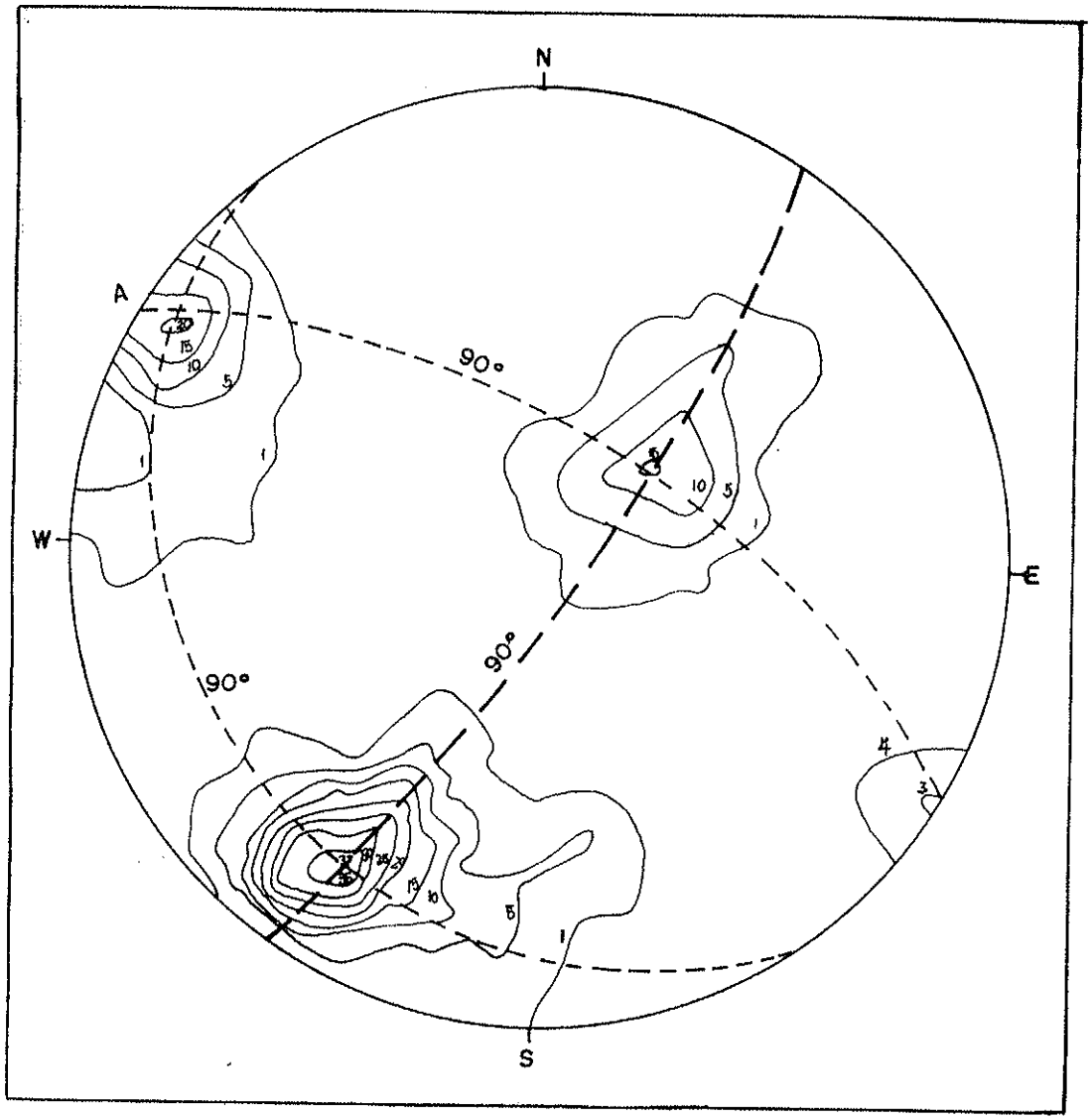


FIG 3.20 - Diagrama de uma falha transcorrente Lateral Direita, na Pedreira do Menegusso(Ponto 80), fazendo parte do Sistema de Reativações Lancinha.

Isocurvas de 1, 5, 10, ..., 35, 40%.

Total de dados: 40 planos de falha; 104 atitudes de estrias de atrito.

O Plano da falha N34E/80SE foi formado pelo plano médio da falha e a concentração média das estrias de atrito (S29W/21°).

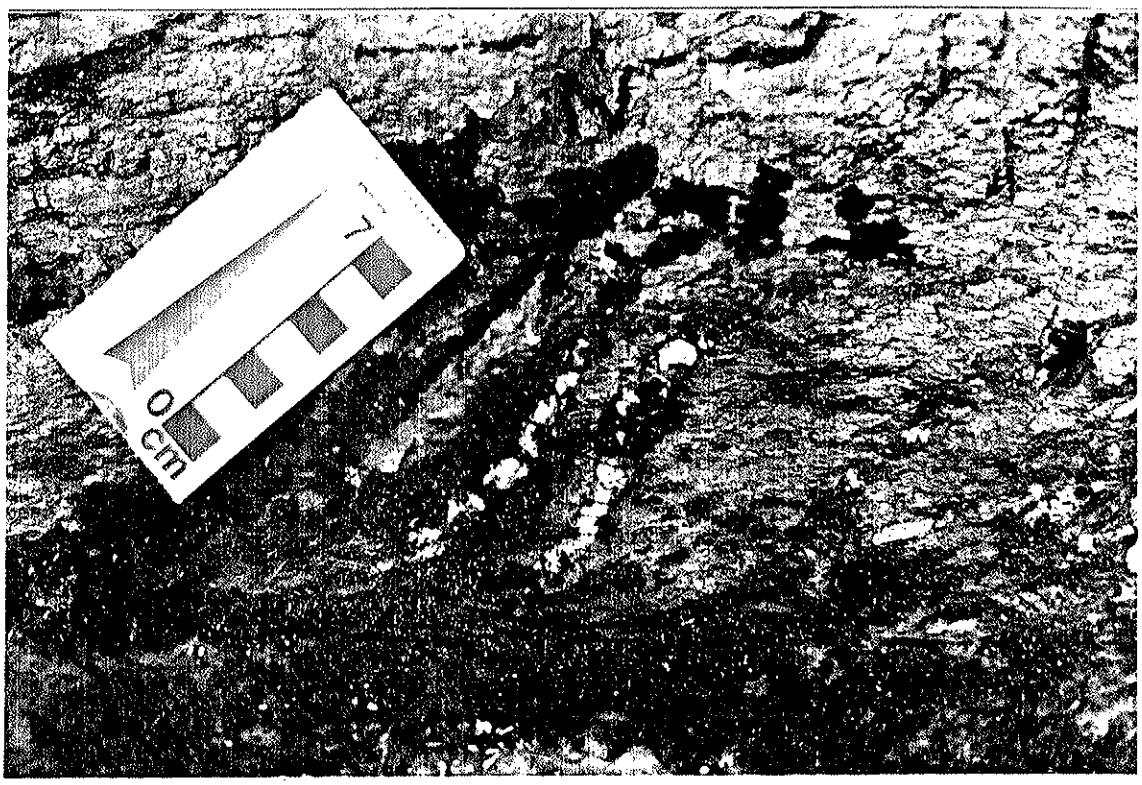


FOTO 3.26 - Veios de quartzo infletidos com deslocamento DESTRÓGIRO associado. A foliação milonítica, indicada por traços da cor lilás, apresenta atitudes N35-38E/45-55NW.

Afloramento nº 128, em rochas do Núcleo Betara , nas imediações da Falha da Lancinha. A exposição de rochas apresenta um mergulho de 40º.

a) Com deslocamento DESTRÓGIRO: N36W/66SW (ponto nº 47) e N70W/75NE (ponto nº 54);

b) Com deslocamento LEVÓGIRO: N50E/55NE, N64W/55NE e N10E (ponto nº 03).

Foram verificadas, ainda, zonas de cisalhamento rúpteis-dúcteis, com escala centimétrica, como segue:

a) Com deslocamento DESTRÓGIRO: N16E/76NW (ponto nº 11).

b) Com deslocamento LEVÓGIRO: N24W/Subvert. e N12W/Subvert. (ponto nº 23).

Estes dados plotados em diagrama Schmidt-Lambert (Ver FIG 3.21), mostraram uma dispersão em praticamente todo o diagrama. Comparando estes resultados com aqueles previstos pelo Modelo de Riedel, concluiu-se que as direções 5, 14, 15 (Ver FIG 3.21) foram geradas por processos de reativação do Sistema Lanci - nha. As falhas representadas por 1, 2, 3, 7 e 8 ocupam direções noroeste, paralelas a subparalelas ao fraturamento desenvolvido durante a ruptura do continente de Gondwana. A separação genética entre estes grupos de lineamentos noroeste não foi possível no atual estágio dos trabalhos. E as direções 6, 9, 10, 11, 12, 13, e 14, foram associadas a fase de paroxisma do Evento Lanci - nha, conforme considerações efetuadas na sequência do trabalho.

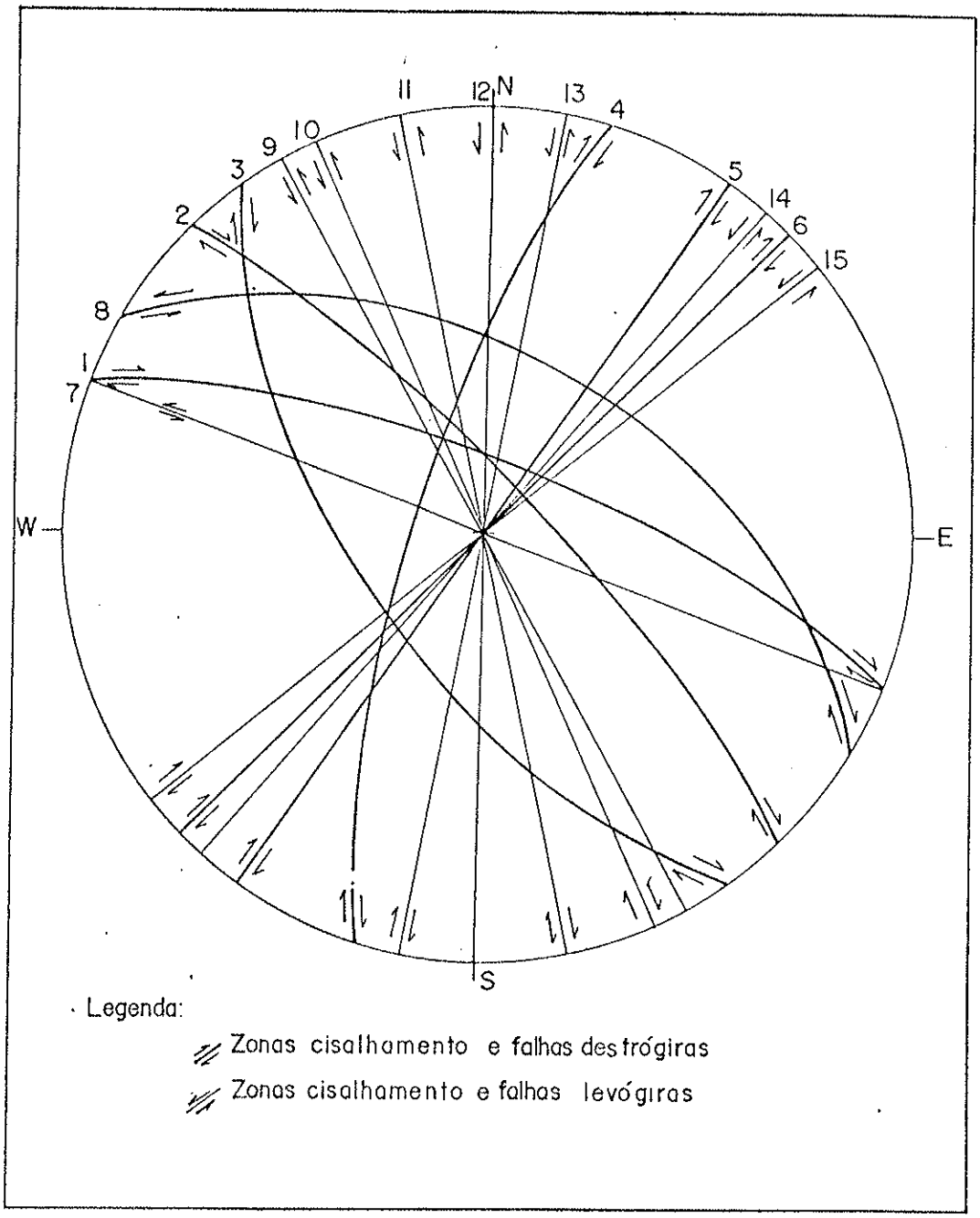


FIG 3.21 - Diagrama Schmidt-Lambert com planos de zonas de cisalhamentos e falhas rúpteis (escala centimétrica a métrica) provenientes de diversos afloramentos.

Atitudes plotadas no diagrama: (1) N70W/75NE; (2) N45W/80NE; (3)N36W/66SW; (4) N16E/76NW; (5) N30E; (6) N44E; (7) N70W; (8) N64W/55NE; (9) N30W; (10) N24W; (11) N12W; (12)N-S; (13)N10E; (14) N40E; (15) N50E.

C A P Í T U L O 4

D I S C U S S Ã O D O S D A D O S

4.1 - CARATER TRANSCORRENTE DO LINEAMENTO LANCINHA

O traçado levemente sinuoso do Lineamento Lancinha (Ver ANEXO I) em terrenos pré-Cambrianos do Estado do Paraná, faz prever uma falha com foliação cataclástica/milonítica vertical a subvertical, e lineações minerais, oólitos e conglomerados estirados, com disposição horizontal a subhorizontal.

A forma anastomosada desta falha se constitui num segundo critério que faz prever um caráter transcorrente para este lineamento.

Neste sentido, diversas feições estruturais foram identificadas em imagens de satélite Landsat, e em trabalhos de campo, que confirmam estas previsões, como segue.

4.1.1 - NÚCLEO BETARA

Apresenta uma foliação milonítica disposta de forma vertical a subvertical (N12-46E/60NW-Vertical) e lineações de estiramento mineral com mergulhos subhorizontais (N28-37E/10° e S46-53W/10-19° (Ver quadro sinóptico nº 2, p.79). À esta foliação milonítica está superimposta um cisalhamento dúctil a rúptil dúctil, com direções médias N55-86E, N06-26E e N08-28E, respectivamente com movimentos laterais direito, esquerdo e direito (Ver quadro sinóptico nº 2, p.79). Além disso, a presença de percolações de fluídos de óxido de ferro, óxido de manganês, sílica, cal

cita, e rotações de porfiroclastos (Ver FOTO 3.2, p.59), são indicativas da presença de esforços transcorrentes.

4.1.2 - GRUPO AÇUNGUI

A ausência de estruturas dúcteis no Grupo Açungui, como rochas miloníticas e lineações minerais de estiramento associadas ao Lineamento Lancinha, dificulta em parte esta caracterização. Mas a disposição de famílias de fraturas (Ver ANEXO I), coerentes com o modelo de RIEDEL, além de pequenos rejeitos direcionais ao longo de pequenos traços de falhas identificadas no ANEXO I (Ver discussões no ítem 4.3 - Aplicação do Modelo de Riedel, na sequência do Capítulo), corroboram as feições transcorrentes previstas a partir da forte estruturação presente em imagens de satélite (Ver FOTO 3.1, p.50).

Complementam, ainda, esta caracterização no Grupo Açungui, a presença de lenticularizações e constricções de camadas, redobramentos, brechações e verticalizações de camadas tectônicas pré-existentes, em torno de direções N40-60E/40-Vertical, com predomínio de mergulhos entre 70 e 90°.

4.1.3 - FORMAÇÃO CAMARINHA

O estiramento de seixos polimíticos da fácies conglomerática da Formação Camarinha, segundo picos de concentração N54E, N30E e N84E, com mergulhos subhorizontais (Ver discussões no ítem 3.2.4.2 - Efeitos do Sistema Transcorrente Lancinha sobre a Formação Camarinha, p.91); além de arrasto de camadas sedimentares, formando dobras cônicas com eixo estatístico (β_1) N86E/26° (Ver FIG 3.15, p.95), são fortes indicações da presença de deformações transcorrentes nestas litologias. Além disso, a deformação está concentrada nas imediações do Lineamento Lancinha, conforme população de seixos estirados nos afloramentos 61 e 62 (Ver FIG 3.16, p.96).

4.2 - CARATER TRANSPRESSIVO DO LINEAMENTO

4.2.1 - NÚCLEOS ANTIFORMAIS

Diversas estruturas antiformais foram descritas por FRITZSONS JR.,PIEKARZ e FALCADE(1982) ao longo da Falha da Lancinha, como os núcleos do Alto Açungui, Ouro Fino, Betara, Anticlinal do Setuva, Anta Gorda e Perau (Ver FIG 2.7, p.23). Neste trabalho, estas estruturas foram reconhecidas como de natureza transpressional, alçados por esforços transcorrentes compressivos. Foram expostas no atual nível de erosão rochas com maior grau metamórfico, maior complexidade e ductilidade estrutural,em relação aos metassedimentos do Grupo Açungui, que as rodeiam.

Este carater transpressivo foi reconhecido por MARINI (1970). O autor descreveu a Falha da Lancinha como direcional e inversa de alto ângulo. BATOLLA JR. et al(1977) igualmente identificaram características inversas associadas a este lineamento, com a exposição de níveis estratigráficos mais profundos de natureza pelítica ao lado de sedimentos calcio-psamíticos, considerados pelos autores de nívies mais superiores do Grupo Açungui.

4.2.2 - EVIDÊNCIAS DE ESTRUTURA EM FLOR

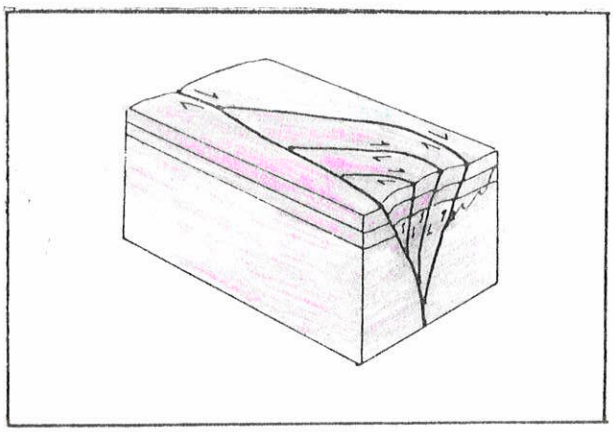
A geometria do contato entre o Núcleo Betara e os metassedimentos do Grupo Açungui nas imediações da localidade de Pombas, sugerem transpressão. No ponto nº 137 deste contato, as rochas miloníticas do Núcleo Betara assumem atitudes N09-17E/26-44NW. Esta disposição estrutural das rochas miloníticas indica uma inversão estratigráfica, com as rochas do Núcleo Betara dispostas sobre aquelas do Grupo Açungui, na zona de falha, através de uma possível falha inversa. Para este tipo de falha são esperados mergulhos entre 60-90º. Porém, "estruturas em flor" apresentam geometrias complexas, nas quais podem ocorrer mergulhos locais menores de 60º.

Em fotografias aéreas são proeminentes os mergulhos de planos de falha para noroeste. Esta estrutura foi confirmada no campo, com uma foliação rúptil-dúctil associada, a qual transpõem uma foliação anterior, de natureza milonítica (Ver FIG 5.1).

O diagrama Schmidt-Lambert da FIG 3.7 (p.68), evidencia um grande predomínio dos mergulhos noroeste para esta foliação, confirmando as feições fotogeológicas. Esta estruturação foi reconhecida por MARINI(1970) que a denominou de "estrutura em escamas".

É interessante notar, ainda, que a zona de cisalhamento principal está situada entre 600-800 metros do contato litológico, em rochas do Núcleo Betara. Nesta estruturação estão, ainda, inseridas várias falhas paralelas a zona de máximo cisalhamento.

Estas evidências sugerem a presença de estrutura em flor (ou de ejeção), na forma de "meia taça", conforme bloco diagrama esquemático abaixo (FIG 4.1).



LEGENDA

- Rochas do Grupo Açungui.
- Rochas do Núcleo Betara.

FIG 4.1 - Bloco diagrama esquemático sugerindo a presença de ESTRUTURA EM FLOR POSITIVA, alçando rochas do Núcleo Betara em relação aos metassedimentos do Grupo Açungui, através de falhas inversas.

4.2.3 - INTRUSÕES GRANÍTICAS ASSOCIADAS AO LINEAMENTO LANCINHA

Embora os dados sobre os corpos graníticos no Estado do Paraná não sejam abundantes, a disposição geométrica dos granitos do Cerne, Piedade, Morro Grande, Varginha e do Mato, sugerem uma relação genética com a Falha da Lancinha (FIG 4.2).

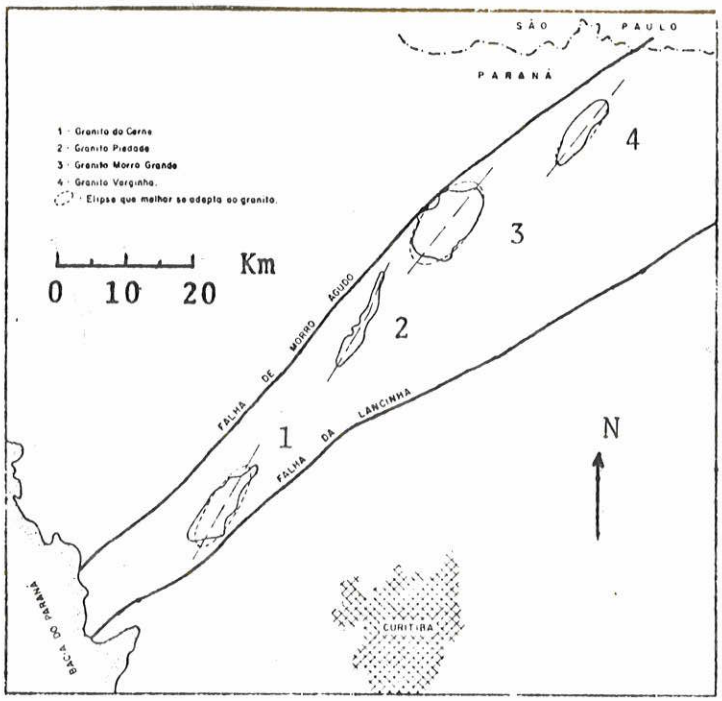


FIG 4.2 - Sistema Transcorrente Lancinha e corpos graníticos associados.

1 - Granito do Cerne;
2 - Granito Piedade;
3 - Granito Morro Grande;
4 - Granito Varginha

FONTE: FIORI(1985 C).

Tudo indica que estes corpos graníticos formaram-se pela ascenção de massas graníticas em pequenas zonas transtensionais ao longo do lineamento, e foram alojados em dobras escalonadas antiformais, conforme proposição de FIORI(1985 C) para o Grupo Açungui. Neste sentido, modelações teóricas podem ser encontradas em GUINEBERTEAU,BOUCHEZ e VIGNERESSE(1987) e HUTTON(1988), entre outros.

4.2.4 - NÍVEL ESTRUTURAL DE EXPOSIÇÃO DAS ROCHAS DEFORMADAS PELA FALHA DA LANCINHA

A foliação milonítica e correspondente estiramento mineral presentes no Núcleo Betara, evidenciam o registro de deformações essencialmente dúcteis. Com o alçamento deste núcleo por esforços transpressionais ocorreu a superimposição de um novo cisalhamento sobre a foliação milonítica anterior. Este cisalhamento, a princípio com comportamento dúctil, passou a ser rúptil - dúctil e rúptil, a medida em que o Núcleo Betara foi gradativamente sendo alçado (Ver discussões no ítem 3.2.1 - Feições Mesoscópicas Observadas no Núcleo Betara, p.56).

O atual nível de exposição das rochas do Grupo Açungui

deformadas pelo Sistema Transcorrente Lancinha em NÍVEL ESTRUTURAL INTERMEDIÁRIO de MATTAUER(1972),apresentam um comportamento rúptil-dúctil para os filitos e rúptil para os corpos graníticos. Nestas rochas do Grupo Açungui ocorreu, em termos gerais, um pronunciado fraturamento, com esporádicas brechas associadas. Idênticas observações foram realizadas por MAACK(1947), BIGARELLA (1947), ALGARTE e KAEFER(1974) (in: PAIVA et al,1977), FIORI (1985 D), entre outros. A ausência de estruturas dúcteis, como milonitos, é característica na área de estudos do presente trabalho. Mas é provavel que níveis mais profundos do Grupo Açungui exponham deformações dúcteis, deformados e alçados por esforços transpressionais. Supõem-se que estas rochas formem pequenos a médios núcleos, dispostos ao longo da Falha da Lancinha, quando considerada em termos regionais.

4.3 - APLICAÇÃO DO MODELO DE RIEDEL

A partir das famílias de lineações do ANEXO I, da disposição dos elementos estruturais da FIG 3.2 (p.41), além dos trabalhos de campo nas áreas de detalhamento de Pombas e Ouro Fino, foram confeccionados dois diagramas sintéticos de algumas estruturas previstas no MODELO DE RIEDEL e suas relações angulares (FIGs. 4.3 e 4.5). Este ítem objetiva discutir sequencialmente estas estruturas, compreendidas por Dobras Escalonadas, Falhas Sintéticas, Falhas Antitéticas, Falha Principal, Famílias de Juntas X e T, Falhas de Empurrão, e a superimposição de diques básicos mesozóicos, à luz dos conceitos teóricos sumarizados no ítem 2.3 (Considerações Teóricas Sobre o Modelo de Riedel, p.25). Além disso, efetuou-se estudos comparativos entre os resultados obtidos no Grupo Açungui e no Núcleo Betara.

4.3.1 - NO GRUPO AÇUNGUI

Foram utilizados dados obtidos através das imagens de satélite LANDSAT, escala 1:100.000 (Ver FOTO 3.1, p.50), representados na forma de lineações e pequenos rejeitos de falhas no

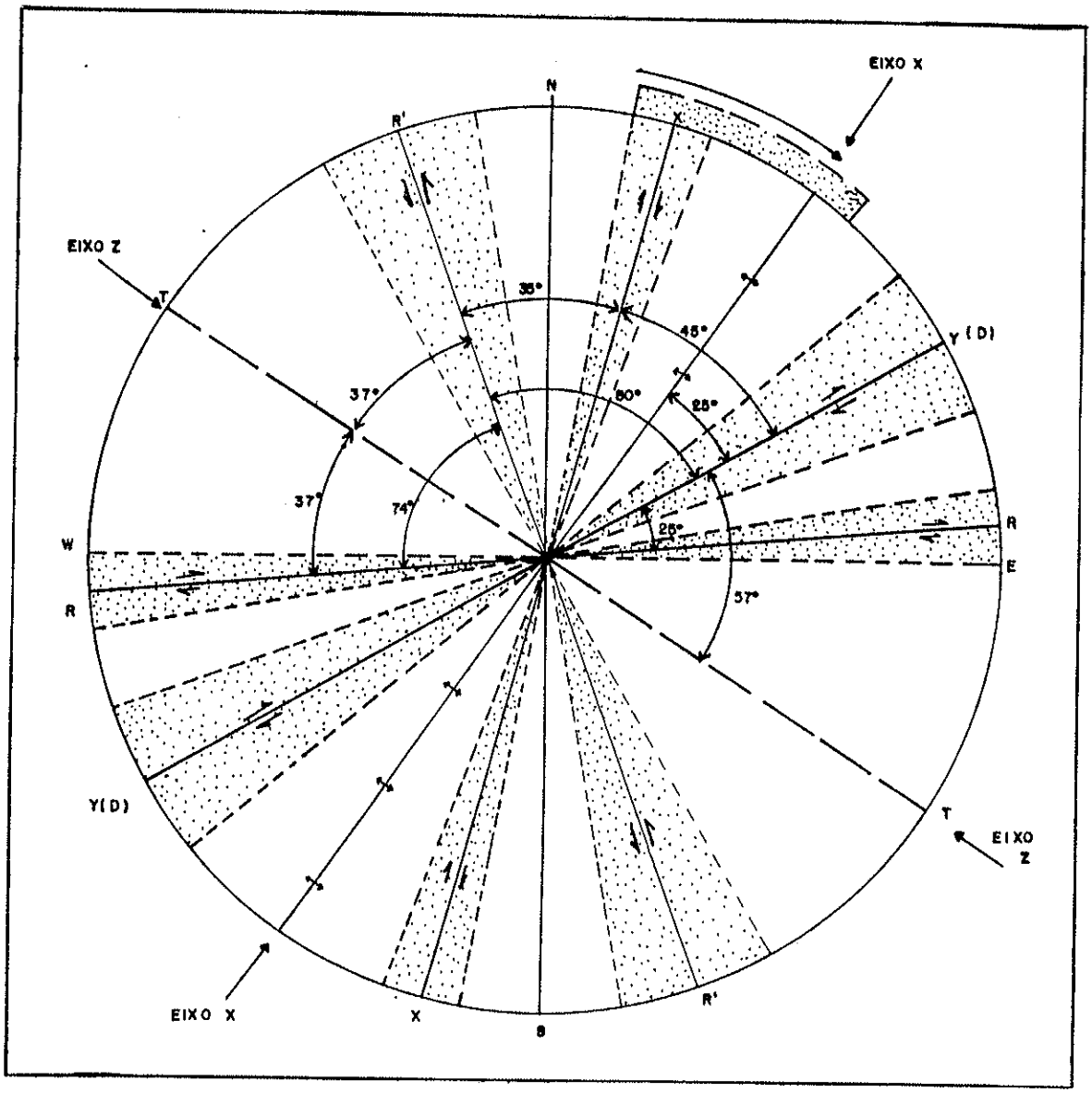


FIG 4.3 - Disposição e ângulos médios entre as ESTRUTURAS DE RIEDEL em metassedimentos do Grupo Açungui.

Falha Principal, N50-70E (média N60E) (Fraturas Y= D); Falhas Sintéticas (R), N80-90E (média N85E); Falhas Antitéticas (R'), N10-30W (média N20W); Fraturas X, N10-20E (média N15E); Dobras Escalonadas, N34E; Fraturas T, N57W.

EIXOS DO ELIPSÓIDE DE DEFORMAÇÃO:
X = N33E; Y = N90W/Vert.; e Z = N57W.

mapa de lineações (ANEXO I). Serviram de fonte, ainda, as elipses dos corpos graníticos do Cerne, Piedade, Morro Grande, Vargi nha e do Mato (Ver FIG 4.2, p.111 e QUADRO 3, p. 79), além da disposição dos elementos estruturais da FIG 3.2, p.41.

Estes dados foram reunidos no diagrama da FIG 4.3, e permitiram uma análise segundo o modelo de RIEDEL, como segue.

4.3.1.1 - Dobras Escalonadas

Dobras escalonadas ("en echelon folds") foram definidas através de experimentos com estratos de argila e areia indeformados, e reconhecidos em sedimentos Fanerozóicos em idênticas condições (WILCOX et al,1973; HARDING e LOWELL,1979; SYLVESTER, 1988; entre outros).

Em terrenos pré-Cambrianos, com deformações pré-existentes, este padrão escalonado nem sempre é reconhecido ao longo de toda faixa linear afetada por processos transcorrentes. Assim ocorre com os metassedimentos do Grupo Açungui, os quais apresentam uma foliação S_1 gerada por mecanismos de cavalgamento (FIORI et al,1985 e 1987). A geometria deste processo deformacional ainda não é muito bem conhecido no Estado do Paraná. Porém, a ausência de ápices de dobras em escala regional, a verificação de dobras/falha em escala centimétrica, o grande predomínio entre o paralelismo da foliação S_1 e as estruturas sedimentares, embora não sejam absolutas, levam a sugerir um modelo que se aproxima ao DUPLEX de BOYER e ELLIOT(1982).

A superimposição de dobras escalonadas sobre dobras / falha provavelmente gerou figuras de interferência, não permitindo uma identificação de padrões escalonados clássicos ao longo do traço principal de falha. Para que estas figuras de interferência possam ocorrer, é necessário que a amplitude de ambos dobramentos sejam de escalas aproximadas. Esta condição ainda não foi confirmada nos metassedimentos do Grupo Açungui.

FIORI(1985 B) compilou vários traços axiais de dobras ao longo dos lineamentos Lancinha e Morro Agudo, os quais forneceram um pico de concentração média N50-55E, e outro pico secundário, N35-50E. Estes traços axiais são controlados pela estrutu

ração do DUPLEX DE RIEDEL (Ver discussões no ítem 3.1.2.6 - Zoneamento Deformacional observado ao longo do lineamento Cubatão-Lancinha no Sudeste Brasileiro - p.53; e ítem 4.4 - Duplex de Riedel - p.130). Estão normalmente contidos e dispostos de forma ligeiramente paralela ao formato longelíneo das lentes tectônicas que se formaram nesta estruturação (Ver FIG 3.2, p.41). FIORI(1985 B) não efetuou a separação destas dobras situadas nas imediações da Falha da Lancinha daquelas tradicionalmente descritas como D_2 no Grupo Açungui, por falta de critérios específicos. São dobras que afetam uma foliação S_1, com ângulos interflâncos abertos até fechados. Localmente desenvolveram uma foliação plano axial, que normalmente não passa de uma clivagem de fratura.

Na zona de falha não foi identificada sobreposições de dobras escalonadas sobre dobras regionais (D_2) ou vice-versa, o que leva supor que se trata de uma única fase de geração destas estruturas.

O evento transcorrente parece ter sido o último fenômeno tectônico com "stress" suficiente para dobrar os metassedimentos do Grupo Açungui, durante o final do Pré-Cambriano Superior. Nas sequências Fanerozóicas não existem casos de dobramentos com a amplitude daquelas reconhecidas como D_2.

Dobras em escala centimétrica a métrica identificadas sobre o traço da Falha de Itaqui (Ponto nº 59), forneceram atitudes para os eixos X, Y e Z (elipsóide de deformação), respectivamente N38E/39º, S14W/47º e N62W/10º (Ver FIG 3.13, p.81). Estes eixos apresentam atitudes idênticas àquelas obtidas nos diagramas sintéticos de deformação para o Grupo Açungui e Núcleo Betara, respectivamente com atitudes N33E e N40E para o eixo X, N55W e S50E para o eixo Z (Ver FIGs 4.3 e 4.5).

Porém, partindo-se da disposição destes elipsóides de deformação com idênticas atitudes (FIGs 3.13, 4.3 e 4.5), e tendo-se em vista que no modelo de CISALHAMENTO SIMPLES o eixo das dobras é paralelo ao eixo X deste elipsóide, leva a concluir que estas dobras (D_2) foram geradas por precessos transcorrente (FIG 4.4 A). Este modelo permite explicar a presença de falhas transcorrentes e dobras D_2 por um único evento tectônico. Esta interpretação difere daquela formulada por diversos autores, os

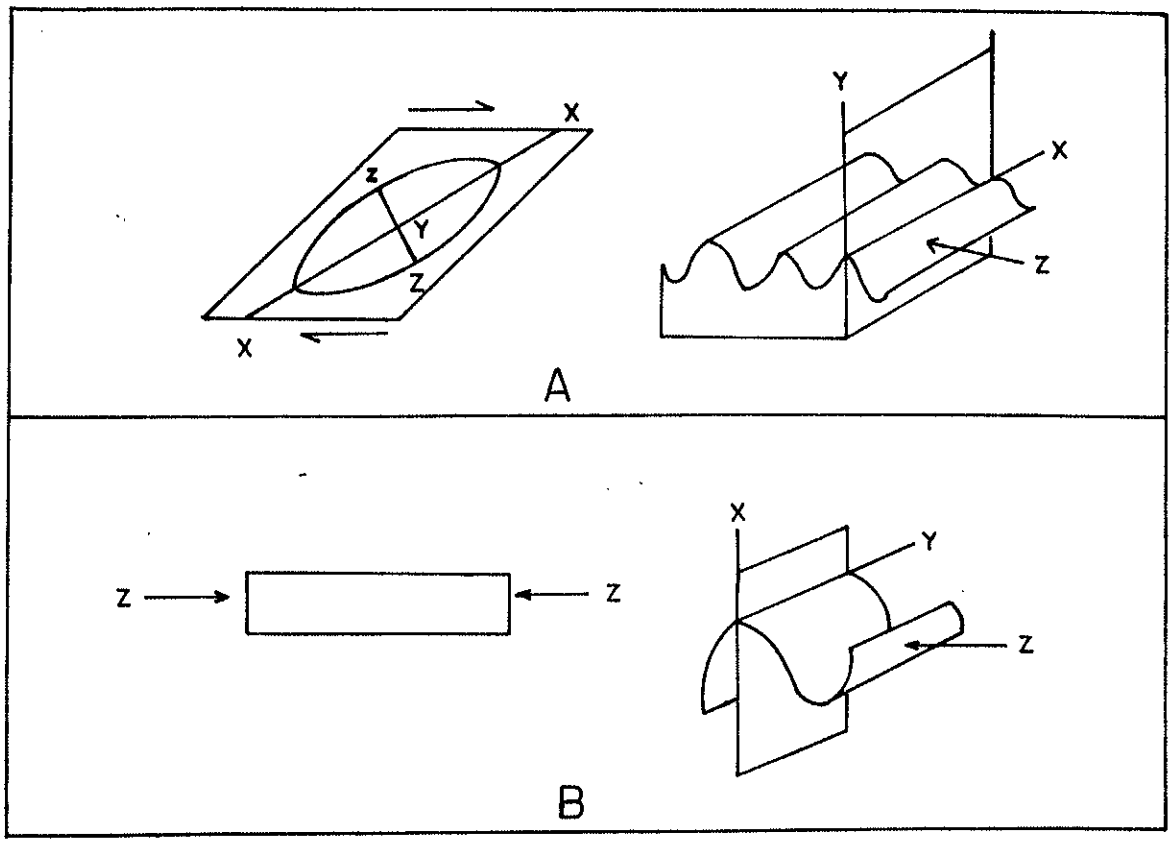


FIG 4.4 - Processos de Geração de dobras.

A - A partir de CISALHAMENTO SIMPLES.
Observar que o eixo das dobras são paralelos ao eixo X do elipsõide de deformação.

B - A partir de CISALHAMENTO PURO.("Buckling"),
Observar que o eixo das dobras ẽ Y.

quais associaram estas dobras regionais no Grupo Açungui (D_2) a processos de cisalhamento puro ("BUCKLING"), porém sem relacio - nã-las ao contexto geológico e a nenhum evento tectônico conheci do.(FIG 4.4 B).

Por outro lado, a geometria das dobras da Megantiforma da Serra do Cadeado (HASUI et al,1984), são compatíveis com dobras escalonadas, a partir de movimentos transcorrentes destrógiros. De fato, a organização espacial destas estruturas está prevista no MODELO DE RIEDEL (Ver ítem 2.3 - Considerações Teóricas sobre o Modelo de Riedel).

É importante observar, ainda, que as dobras D_2 estão inseridas no Bloco RIBEIRA (Ver FIG 3.2, p.41), portanto, dentro da zona de cisalhamento do Lineamento Cubatão-Lancinha. Estas dobras possuem um carater regional quando consideradas no âmbito do Grupo Açungui e correlatos, porém assumem uma dimensão mais restrita quando consideradas dentro da extensa zona de falhamentos transcorrentes que afetaram toda região Sul e Sudeste do Brasil.

Uma forte indicação da presença de dobras escalonadas são, ainda, os corpos graníticos do CERNE, PIEDADE, MORRO GRANDE, VARGINHA e do MATO ao longo dos lineamentos LANCINHA e Morro Agudo. O formato elíptico destes corpos, e seus eixos maiores com direções N31E, N30E, N36E, N37E e N33E respectivamente, podem indicar o eixo geométrico de possíveis dobras escalonadas, uma vez que as massas graníticas que lhes deram origem foram alojadas em estruturas antiformais.

4.3.1.2 - Falhas Sintéticas

Esta estrutura apresenta direção N80-90E/N80-90W no Mapa de lineações do ANEXO I, e N80E nos Mapas do Projeto de Integração e Detalhe Geológico do Vale do Ribeira (Ver FIG 3.2, p. 41). Neste trabalho foi atribuída uma direção média regional N85 E para estas falhas (FIG 4.3).

Os melhores exemplos destas estruturas são as Falhas do Cerne, localizada a oeste da cidade de Curitiba; Ribeira,tendo a localidade de Adrianópolis situada sobre o seu traçado;

entre outras sem denominações específicas.

Estas falhas provocam um forte cisalhamento nas Falhas da Figueira, Agudos Grandes, Caucaia, etre outras, com movimento LATERAL DIREITO.

No diagrama de fraturas da área de detalhamento de POMBAS (Ver FIG 3.8, p,69) aparece um pico secundário com direção N84E/Vertical, com 3% dos dados, o qual deve corresponder as estruturas regionais enfocadas neste ítem.

4.3.1.3 - Falhas Antitéticas

Sua distribuição no mapa de lineações (ANEXO I), representadas pela côr lilás, apresentam direções que variam entre N10-30W. No diagrama da FIG 4.3 foi adotada uma direção média de N20W.

Em alguns pontos do mapa de lineações, apresentam pequenos rejeitos levógiros, conforme esperado pelo modelo teórico.

SOARES(1985) delimitou o traçado de falhas antitéticas através de trabalhos de fotointerpretação, obtendo uma direção média N18W, coerente com os dados obtidos neste trabalho.

No campo, estas estruturas se confundem com fendas de tração (T) e fraturamentos gerados pela ruptura do Continente de Gondwana e concomitante intrusão de diques de diabásio Juro-Cretáceos.

Nas áreas de detalhamento de Pombas e Ouro Fino estão presentes as direções de fraturamentos N22W/68NE e N19W/80SW respectivamente, confirmando as estruturas obtidas por fotointerpretação. Na FIG 3.21 (p,106) aparecem as direções N30W, N24W , N12W, NS e N10E,(representadas na citada Figura pelos nºs. 9, 10, 11, 12 e 13) e foram interpretadas como falhas antitéticas do evento principal de transcorrência da Falha da Lancinha.

FIORI et al(1984) identificou falhas centimétricas levógiras, com direção N30W/Vertical, em metassedimentos do Grupo Açungui, na região de Rio Branco do Sul - Bocaiúva do Sul, provavelmente associadas as fraturas R' previstas pelo Modelo de Riedel, resultados coerentes com aqueles obtidos neste trabalho.

4.3.1.4 - Falha Principal

No Mapa de Lineações (Ver ANEXO I) a falha principal é formada por um trend de lineações, geradas por fraturas do tipo Y(D), com direção N50-70E (Ver FIG 2.10, p.28). A largura da zona de falha pode variar, desde 1,5 km nas imediações da localidade de Rio Branco do Sul, até 5,5 km a sudeste de Tunas. Em outras porções, a zona de falha praticamente desaparece, com larguras menores que 1,5 km.

Nas rochas do Grupo Açungui, a zona de falha normalmente é reconhecida por um intenso fraturamento e esporádicas brechas associadas. Os esforços que promoveram a formação da zona de falha, reorientaram camadas de filito incompetentes, utilizando as linhas de fraqueza pré-existentes da foliação S_1. São normais as situações em que camadas tectonizadas pelos cavalgamentos do Grupo Açungui encontram-se verticalizadas, e aparentemente indeformadas pelo Evento Lancinha, amoldando-se as reorientações dos esforços transcorrentes.

Nas áreas de detalhamento de Pombas e Ouro Fino não foram reconhecidos padrões proeminentes de fraturamentos que pudessem ser associados aquelas lineações fotointerpretadas, com excessão da direção N40E/50NW, com apenas 2% dos dados do diagrama da FIG 3.8 (p.69).

No Grupo Açungui não foram identificadas foliações dúcteis associadas a zona principal de falhamento Lancinha, no atual nível de exposições das rochas. É provavel que deformações dúcteis ocorram em algumas porções do lineamento no Grupo Açungui, expostas por efeitos de transpressão.

4.3.1.5 - Famílias de Juntas X e T

A direção N10-20E foi interpretada, neste trabalho, como fraturas de relaxamento (X) (Ver Mapa de Lineações - ANEXO I e FIG 2.10, p.28). Na FIG 3.2 (p.41), as correspondentes estruturas foram reconhecidas nas zonas de fraturas e/ou falhas do Espirito Santo, Figueira, Agudos Grandes, Caucaia, entre outras. A direção nestas falhas varia entre N10-40E, devido ao cisalha -

mento que sofreram ao longo das direções sintéticas.

A menor dispersão observada no Anexo I deve-se ao fato que este anexo abrange uma faixa linear relativamente pequena ao longo da Falha da Lancinha, enquanto que na FIG 3.2 (p.41) estas estruturas são representadas de forma regional. Assim, a medida que as fraturas X se afastam da zona de falha principal, com direção aproximada norte-sul, sofrem paulatinamente rotações horárias de até 30°, devido ao cisalhamento lateral direito que as falhas sintéticas promoveram, à exemplo da Falha da Ribeira.

Pelas previsões teóricas, espera-se que estas fraturas estejam dispostas paralelamente ao traço axial das dobras escalonadas, o que em alguns locais é verificado e em outros ocorrem diferenças de até 25°, devido a forma anastomosada que estas estruturas se dispõem.

Por outro lado, a direção de deslocamento das fraturas/falhas X em alguns pontos é lateral direita e em outros, lateral esquerdo, embora a direção teórica esperada de movimento seja destrógira.

Nos trabalhos de detalhamento das Áreas de Pombas e Ouro Fino, verificou-se direções de fraturas N30E/Vertical e N08E/69SE respectivamente (Ver FIGs 3.8, p.69 e e.3.12, p.78), provavelmente associadas as estruturas X (Ver também QUADRO 3 , p.79).

As fraturas T (Ver FIGs 4.3 e 2.10, p.28) não foram identificadas com segurança.

No mapa de lineações (ANEXO I) ocorre uma intensa malha de fraturas com disposição noroeste. As falhas/fraturas antitéticas, com direção N10-30W misturam-se aquelas formadas pela abertura do oceâno Atlântico Sul em tempos Juro-Cretáceos, com direção N30-60W. É provavel que um sistema de juntas de fraturas de tração (T) tenha existido antes da ruptura do continente de Gondwana, e talvez até servido como zona de fraqueza para a instalação do extenso enxame de diques mesozóicos. A separação destes dois tipos de fraturas não é operacional, por falta de critérios específicos, o que não invalida a previsão teórica das juntas T. Teoricamente estão dispostas na bissetriz do ângulo agudo entre as falhas sintéticas e antitéticas (WILCOX et al,1973),com

direção esperada N57W.

4.3.1.6 - Falhas de Empurrão

As falhas de empurrão constituem-se numa importante estrutura de zonas transpressionais (LOWELL,1972; HARDING,1985; RAMSAY e HUBER,1987; entre outros).

Neste trabalho, em alguns pontos foram identificadas feições associadas a falhas de empurrão, a exemplo do ponto nº 137, na área de Pombas.

Porém, uma ampla identificação desta estrutura não foi concretizada. É possível que os critérios fotogeológicos utilizados neste trabalho não tenham sido suficientemente sensíveis na detecção destas estruturas, além de uma maior abrangência nos trabalhos de campo, para verificar sua possível continuidade lateral. Por outro lado, é possível que algumas falhas de cavalgamento identificadas por FIORI(1989-inédito) nas imediações do traço da falha da Lancinha (Mapa Geológico-Estrutural Bateias - Bocaiúva do Sul), sejam na verdade, falhas de empurrão associadas à zona transcorrente. Mas somente futuros trabalhos de detalhamentos contribuirão no esclarecimento desta questão.

4.3.1.7 - Diques Mesozóicos

Intenso enxame de diques de diabásio Juro-Cretáceos e sistema de fraturamentos associados, foram indicados no mapa de lineações (ANEXO I) com côr verde. Estão distribuídos entre as direções N30-50E, conforme diagramas de rosetas das áreas E e F (Ver Anexo I).

Esta estruturação obliterou intensamente as estruturas pré-existentes, determinando que o principal padrão de drenagem da região se instalasse em seus planos de fraqueza.

Nos trabalhos de detalhe geológico da área de Pombas, as principais direções de fraturas são N60W/78NE, N52W/80SW, e N42W/59SW, respectivamente com 11%, 10%,e 9% dos dados (Ver FIG 3.8, p.69). De forma semelhante ocorre na área de Ouro Fino, com

direções N59W/79NE-75SW e N33W/80SW, respectivamente com 18,2% e 5,3% dos dados (Ver FIG 3.12, p.78 e Quadro Sinóptico nº 3,p.79).

Em alguns pontos ao longo do lineamento é possível identificar a obliteração de diques de diabásio dispostos de forma transversal à zona de falha, reativados com movimento lateral esquerdo, como pode ser observado na região à sudeste de Tunas, nas imediações da rodovia que liga Bocaiúva do sul até Tunas (Ver ANEXO I). FIORI(1985 B) identificou deslocamentos levógiros na ordem de 950 metros, nas imediações do Morro dos Três Irmãos (Noroeste da localidade de Bateias) (Ver FIG 2.4, p. 17). Nos trabalhos de detalhamento da Folha de Rio Branco do Sul, MARINI (1970) também observou esta feição, porém em escala não mapeável (1:20.000).

4.3.1.8 - Ângulos entre as Estruturas de Riedel no Grupo Açungui

A disposição das estruturas no diagrama da FIG 4.3, permitiu uma análise das suas relações angulares.

A) As FRATURAS Y(D), que compõem a zona de falha principal, apresentam uma direção N50-70E, com valores médios regionais N60E.

B) As DOBRAS ESCALONADAS estão dispostas à 17º da zona de máximo cisalhamento, com direção média de N33E (Ver FIG 4.3). Este valor angular de 17º foi obtido numa área em que a falha principal assume uma direção média N50E, e é coerente com os 30±15º estabelecidos por WILCOX et al(1973) e 10-35º por HARDING e LOWELL(1979).

O valor angular de 17º foi obtido através do eixo maior das elipses de cinco corpos graníticos, presumivelmente encaixados em dobras escalonadas (Ver ítem 4.2.3 - Intrusão de Corpos Graníticos associados ao Lineamento Lancinha), visto que as prováveis figuras de interferência geradas a partir das dobras escalonadas e dobras/falha (tectônica de cavalgamento), podem fornecer resultados geométricos que não condizem com o ângulo real entre estas estruturas com a zona de máximo cisalhamento. Outro fator que pode influenciar neste ângulo foi apontado por ODONNE e VIALON(1983). Os autores mostraram que o traço axial

destas dobras dispõem-se na forma de "S" com relação à falha principal, assumindo progressivamente ângulos maiores a medida em que o traço axial das dobras se afastam da falha principal (Ver discussões no ítem 2.3 - Considerações Teóricas sobre o Modelo de Riedel e FIG 2.11, p.30).

C) As FRATURAS X apresentam direção N10-20E no ANEXO I, embora teoricamente deveriam estar dispostas de forma paralela ao traço axial das dobras escalonadas, ou seja, em torno de N35E. Na FIG 3.2 (p.41)(Mapas do Projeto de Integração e Detalhe Geológico do Vale do Ribeira), estas fraturas são representadas pelas Falhas do Espirito Santo, Figueira, Agudos Grandes, Caucaia, entre outros. Apresentam uma dispersão entre N10-40E, devido ao anastomosamento que sofreram ao longo das direções sintéticas. A diferença de direções entre estas duas fontes de dados tem origem no fato de que o mapa de lineações (ANEXO I) abrange apenas as lineações próximas ao traço principal de falha, com direções N10-20E. Na medida em que se afastam da zona principal, estas lineações (fraturas e/ou falhas) sofrem paulatinamente rotações de seus traços de até 30º, devido ao cisalhamento lateral direito que sofreram ao longo das falhas sintéticas (Falha da Ribeira, entre outras).

D) As FALHAS SINTÉTICAS por sua vez apresentam uma disposição N80-90E/N80-90W no mapa de lineações (ANEXO I), e N80E na FIG 3.2 (p.41), com direção média N85E. Formam um ângulo de aproximadamente 25º com a zona de máximo cisalhamento (Ver FIG 4.3). Este ângulo é relativamente grande, embora encaixe na previsão teórica de 10-30º (média de 15º) efetuada por WILCOX et al(1973), ou próximo ao ângulo de 15-20º estabelecido por TCHALANKO e AMBRASEYS(1970). Porém, NAYLOR et al(1986) verificaram que este ângulo é maior que 15º quando o pacote (meta)sedimentar que cobre a falha de embasamento é espesso. Considerando que a Bacia do Açungui sofreu um substancial encurtamento através de uma tectônica de cavalgamentos, é provavel que as verificações de NAYLOR et al(op cit) também ocorram nos metassedimentos deformados pela Falha da Lancinha.

Por outro lado, a geometria helicoidal descrita por NAYLOR et al(op cit) para as falhas sintéticas, na forma de "tu-

lip structure", mostram um crescente aumento do ângulo das falhas sintéticas, da base para o topo de uma determinada cobertura (meta)sedimentar. Desta forma, o ângulo de 25º verificado entre estas estruturas no Grupo Açungui indica que o atual nível de exposição das rochas deformadas pela falha da Lancinha se situam na porção mais próxima ao topo da referida cobertura original, portanto no nível estrutural superior a médio de MATAUER(1972), com comportamento rúptil a rúptil-dúctil.

E) As FALHAS ANTITÉTICAS (R') estão dispostas à uma direção de N10-30W (média de N20W) e fazem um ângulo médio de 80 graus com a zona de máximo cisalhamento (Ver FIG 4.3). Este ângulo é coerente com os valores obtidos por WILCOX et al(op cit) em trabalhos experimentais (70-90º) e próximo aos valores de 60 a 75º de TCHALENKO e AMBRASEYS(op cit).

O efeito da rotação das falhas antitéticas pode ser sutil (Ver ítem 2.3 - Considerações Teóricas sobre o Modelo de Riedel), mas quando considerado em termos regionais pode se constituir em subsídio teórico para explicar a dispersão entre N10 - 30W.

O ângulo agudo formado pelas falhas sintéticas e antitéticas no diagrama da FIG 4.3, apresenta um valor de 74º, dentro do intervalo de 60-70º sugerido por WILCOX et al(1973).

F) As FRATURAS T, com direção previsional N57W, são teoricamente esperadas dentro do "trend" de falhas noroeste. No diagrama da FIG 4.3, dispõem-se na bissetriz do ângulo formado pelas falhas sintéticas e antitéticas, assumindo um ângulo de 37 graus com ambas falhas, coerente com as considerações teóricas de WILCOX et al(op cit), entre outros. Porém, o ângulo de 57º que estas fraturas formam com a zona de máximo cisalhamento (fraturas do tipo Y), divergem parcialmente dos 45º esperados por SYLVESTER(1988).

As verificações discutidas nos ítens A, B, C, D, E e F, permitiram concluir que os ângulos verificados entre as estruturas de Riedel nos metassedimentos do Grupo Açungui, são coerentes com aqueles ângulos teóricos obtidos através de experimentos

de argila e areia. O valor de 25º para o ângulo Ø/2 (metade do ângulo de fricção interna), formado entre as falhas sintéticas e a zona de máximo cisalhamento, excede em 10º o valor médio verificado na literatura. É provavel que uma maior espessura da cobertura metassedimentar do Grupo Açungui sobre a falha de embasamento do Evento Transcorrente Cubatão, esteja determinando este valor relativamente alto para este ângulo (Ver considerações teóricas de NAYLOR et al,op cit, sumarizadas no ítem 2.3 - Considerações Teóricas sobre o Modelo de Riedel, p.25). Esta verificação angular seguramente não invalida a aplicação deste modelo nos metassedimentos deformados pela Falha da Lancinha no pré-Cambriano do Estado do Paraná.

4.3.1.9 - Eixos do Elipsóide de Deformação

A partir da disposição das diversas estruturas secundárias associadas a deformação do Evento Transcorrente Lancinha, foi determinado os eixos do elipsóide de deformação (Ver FIG 2.9, p.28) utilizando os conceitos teóricos de HARDING(1974) (Ver ítem 2.3 - Considerações Teóricas sobre o Modelo de Riedel). Assim, os eixos Z e X apresentam atitudes N57W/S57E e N33E/S33W respectivamente.

Idênticas direções foram obtidas por FIORI(1985) e SOARES(1985), respectivamente com atitudes N73W e N65W para o eixo Z, N17E e N25E para o eixo X.

4.3.2 - NO NÚCLEO BETARA

O Núcleo Betara apresenta uma forte foliação milonítica, com carater essencialmente dúctil. Apresenta uma direção principal N38E/70NW com lineações de estiramento mineral N28E/10º associadas, na área de Pombas, e N35E/60NW, com lineações de estiramento N37E/10º, na área de Ouro Fino.

Esta deformação foi associada, neste trabalho, ao Evento Transcorrente Cubatão (Ver Discussões no ítem 4.7 - Eventos Cubatão e Lancinha na sequência do trabalho).

Superimpõem-se a esta foliação milonítica um forte cisalhamento, a qual provocou lenticularizações, além de constricções e reorientações de camadas tectônicas pré-existentes. A natureza desta deformação é predominantemente dúctil, com transições rúpteis-dúcteis até rúpteis secundárias (Ver FOTOS 3.2 a 3.8 (p. 59 a 65)). Esta diferença na ductilidade permite concluir que a maior parte da deformação dúctil ocorreu em níveis mais inferiores do Grupo Açungui e nas litologias do Grupo Setuva e Pré Setuva, situadas em níveis estratigráficos respectivamente mais inferiores com relação ao Grupo Açungui. A medida em que houve o prosseguimento da atuação dos esforços transpressionais, foi paulatinamente formado um núcleo antiformal, denominado de Núcleo Betara, materializado através de falhas com componentes de empurrão e transcorrente (Ver discussões Teóricas no ítem 2.3.5 - Regimes Transpressionais e Transtensionais, p.35). O concomitante soerguimento deste núcleo e correspondente erosão das litologias do Grupo Açungui, permitiu a exposição das litologias do Grupo Setuva e Pré-Setuva, inicialmente deformadas de forma dúctil. Porém, com o contínuo soerguimento destas rochas, ocorreu uma correspondente superimposição de deformações dúcteis-rúpteis, e finalmente rúptil, quando o Núcleo Betara atingiu um mesmo nível de exposição com relação as rochas do Grupo Açungui.

Os maiores picos de concentrações destas direções de cisalhamento, bem como suas relações angulares, foram representadas na FIG 4.5 e interpretadas segundo o modelo de RIEDEL.

Assim, a DIREÇÃO DE MÁXIMO CISALHAMENTO, representada pelas linhas Y(D), apresenta uma direção média N54E/76NW.

As FALHAS SINTÉTICAS (R_1), estão dispostas na direção estatística N70E/86NW, e formam um ângulo de 18° com a zona de máximo cisalhamento, coerente com o ângulo teórico estabelecido por WILCOX et al(op cit) de 10-30° (média de 15°), entre outros. E uma segunda direção Sintética (R_2), com direção N86E/85NW, forma um ângulo de 32° com a zona de máximo cisalhamento. Esta última concentração de falhas provavelmente representa uma reativação, a qual teve lugar quando as rochas do Núcleo Betara já encontravam-se colocadas no mesmo nível estrutural daquelas do Grupo Açungui. Esta direção (R_2) é idêntica àquela verificada no Grupo Açungui, esta última com direção N85E (Ver FIG 4.3).

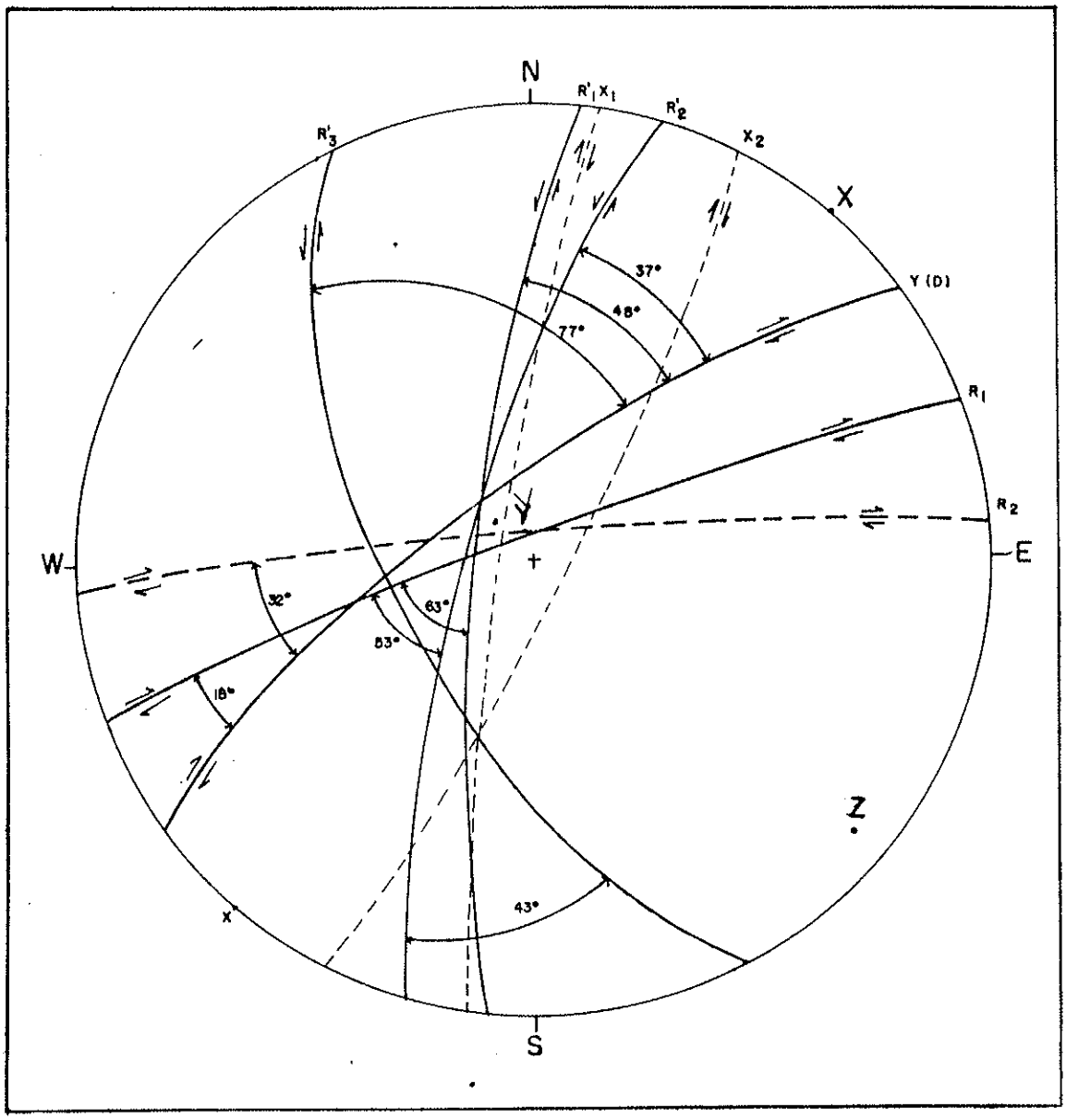


FIG 4.5 - Direções médias de cisalhamentos verificados no Ponto nº 12 (Núcleo Betara), e suas relações angulares.

PRINCIPAIS DIREÇÕES: Y(D)= N54E/70NW; R_1=N70E/86NW; R_2=N86E/85NW; R'_1=N06E/80NW; R'_2=N16E/78NW; R'_3= N27W/65SW; Direção média entre R'_1 e R'_2=N11E/78NW; X_1=N09E/84NW; X_2=N27E/84SE.

EIXOS DO ELIPSÓIDE DE DEFORMAÇÃO: X=N40E/hor.; Y= N45W/81º e Z=S50E/8º.

RELAÇÕES ANGULARES: Y e R_1=18º; Y e R_2=32º;R'_2 e R'_3 =43º; Y e R'_3=77º; Y e R'_1=48º; Y e R'_2=37º Y e média de R'_1 e R'_2=42º; R e R'_1=63º;R e R'_2=53º;R e média de R'_1 e R'_2=58º.

As direções Y(D), R_1 e R_2 apresentam deslocamentos DESTRÓGIROS, idêntico aos deslocamentos principais verificados no Grupo Açungui.

As FALHAS ANTITÉTICAS, representadas por R'_1, R'_2 e R'_3 na FIG 4.5, formam duas concentrações principais e uma secundária, respectivamente. A direção R'_1 possui direção N06E/80NW e R'_2, N16E/78NW, e fazem ângulos de 48º e 37º com a zona de máximo cisalhamento. Neste trabalho foi adotado um ângulo médio de 42º entre R'_1 e R'_2.

E uma terceira direção antitética (R'_3), com direção N27W/65SW, forma um ângulo de 77º com o cisalhamento Y. Para considerar esta direção singenética a R'_1 e R'_2, seria necessário admitir um ângulo de rotação para estas estruturas de 43º (ângulo entre R'_1 e R'_3), algo improvável nesta conjuntura deformacional. Desta forma, é provável que esta última direção R'_3, com atitude N27W/65SW, tenha se formado nas mesmas condições daquelas direções antitéticas do Grupo Açungui, estas últimas com direção N10-30W (média N20W), portanto com direções idênticas (Comparar as FIGs 4.3 e 4.5). Estas direções antitéticas (R'_1, R'_2 e R'_3) apresentam sentido de deslocamento anti-horário.

O diagrama da FIG 3.5,(p.62) acusou, ainda, uma última direção de cisalhamento, representada na FIG 4.5,com dois picos de concentração de dados, com direções N09E/84NW e N27E/84SE. Estas direções são constituídas por falhas essencialmente rúpteis, com rejeitos LATERAL DIREITO. Nas observações de campo, obliteram nitidamente as deformações transcorrentes anteriores Y(D), R'_1, e R'_2. Tudo indica que estas direções foram geradas quando o Núcleo Betara passou a assumir um idêntico nível estrutural com relação àquele ocupado pelo Grupo Açungui, a exemplo das direções R_2 e R'_3 anteriormente discutidas. Estas direções anotadas por X_1 e X_2 no Diagrama da FIG 4.5 foram interpretadas como pertencentes a família de fraturas X, previstas no modelo teórico de Riedel.

O ângulo médio formado entre as zonas de cisalhamento SINTÉTICAS e ANTITÉTICAS (R e R') é de 58º, próximo ao intervalo de 60-70º estabelecido por WILCOX et al(1973). A bissetriz deste ângulo, com 29º, forneceu a direção do eixo Z do elipsóide de deformação (Ver FIG 4.5). Disto resultou que o referido eixo

apresentou a direção de S49E/8°. Sabendo-se que o eixo X assume mergulhos teóricos subhorizontais a horizontais, além de situar-se próximo as direções das fraturas X, efetuou-se sua localização no diagrama da FIG 4.5, à partir de 90° do eixo Z, e obteve-se, assim, a direção de N40E/horizontal. E o eixo Y, com disposição teórica ortogonal aos eixos X e Z, apresentou a atitude de N45W/81°.

A comparação entre os elipsóides de deformação do Núcleo Betara e do Grupo Açungui (Ver FIGs. 4.5 e 4.3), permitiu as seguintes observações:

1.- A Falha Principal possui atitude idêntica no Grupo Açungui e Núcleo Betara, respectivamente com direções médias N60E e N54E;

2.- O valor angular obtido entre as fraturas Y e R é de 25° para o Grupo Açungui, valor que diminui para 18° no Núcleo Betara. O valor obtido no Núcleo Betara está mais próximo do ângulo médio teórico verificado por WILCOX et al(1973), de 15°;

3.- As zonas de cisalhamento antitéticas (R') no Núcleo Betara estão dispostas, em média, na direção N11E, enquanto que no Grupo Açungui assumem direções médias N20W. Observa-se que aquelas do Núcleo Betara sofreram uma rotação horária de aproximadamente 30° em relação àquelas do Grupo Açungui.

4.- Os eixos do elipsóide de deformação do Núcleo Betara sofreram uma rotação horária de 7° em relação ao elipsóide do Grupo Açungui, indicando um maior grau de deformação dúctil nas rochas do Núcleo Betara.

A obtenção de idênticas direções para os eixos dos elipsóides de deformação do Grupo Açungui e Núcleo Betara, confeccionados a partir de dados de origem diferentes (o primeiro a partir de dados de fotointerpretação de Imagens de Satélite Landsat,e o segundo, exclusivamente através de dados de campo), permitiram concluir que as deformações observadas nestes dois contextos geológicos foram gerados por um mesmo mecanismo deformador, no caso transcorrente.

4.4 - DUPLEX DE RIEDEL

Os metassedimentos do Grupo Açungui, dispostos ao longo da Falha da Lancinha no Estado do Paraná, foram arranjados na forma de estruturas do tipo DUPLEX DE RIEDEL(WOODCOCK e FISCHER,1986). Esta estruturação foi articulada através de fraturas Y(D), fraturas X e Falhas Sintéticas, conforme pode ser observado na FIG 4.6.

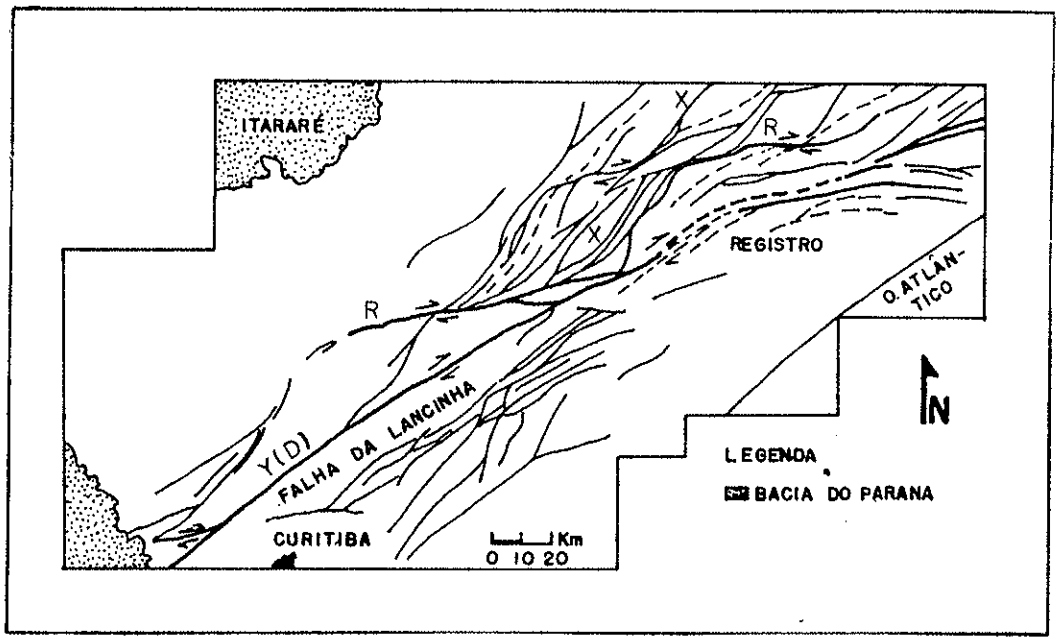


FIG 4.6 - DUPLEX de RIEDEL estruturado ao longo do lineamento Cubatão-Lancinha.

Ver WOODCOCK e FISCHER(1986).

WOODCOCK e FISCHER(op cit) exemplificaram esta tectônica com a interconexão de fraturas R, P e D(Y), ou R com P. Porém, no Grupo Açungui não foram identificadas fraturas do tipo P, pois a direção mais próxima, identificada como X, dispõem-se à um ângulo de 45º com a zona de máximo cisalhamento. Este ângulo é excessivamente grande comparado com os 25º obtidos entre Y

e R no Grupo Açungui e 18º no Núcleo Betara, valor angular igualmente esperado para as fraturas P a partir da zona de máximo cisalhamento (Ver FIGs 4.3 e 4.5).

4.5 - POLARIDADE DOS DESLOCAMENTOS TRANSCORRENTES

A foliação milonítica gerada por processos transcorrentes no Núcleo Betara, não permitiu a recuperação de elementos cinemáticos.

Embora não tenha sido possível identificar, na maioria das vezes, deslocamentos relativos ao longo das diversas famílias de juntas no GRUPO AÇUNGUI, a disposição espacial destas estruturas no MODELO DE RIEDEL (Ver FIG 4.3) permitiu concluir um MOVIMENTO LATERAL DIREITO para estas rochas deformadas ao longo da Falha da Lancinha. A geometria do DUPLEX DE RIEDEL (Ver FIG 4.6) igualmente indica um idêntico sentido de deslocamento.

No NÚCLEO BETARA, onde atuaram deformações dúcteis,os sentidos de deslocamentos das diversas zonas de cisalhamentos puderam ser determinadas através de dados de campo. Assim, as direções Y(D), Sintéticas e Antitéticas indicam um sentido DESTRÓGIRO de deslocamento para a Falha da Lancinha (Ver FIG 4.5). No Grupo Açungui obteve-se um idêntico sentido de deslocamento àquele verificado no Núcleo Betara, a partir de dados de fotointerpretação de imagens de Satélite Landsat, escala 1:100.000, e sintetizadas na FIG 4.3.

Este deslocamento LATERAL DIREITO já era reconhecido de forma concensual por BATOLLA JR et al(1977), PAIVA et al(1977), SILVA et al(1982), BIONDI, SOARES e CAVA(1983), porém sem discussões de dados que pudessem justificar esta conclusão. Os primeiros trabalhos que buscaram provas objetivas para este deslocamento foram realizados por FIORI et al(1984), FIORI(1985 A,B,C,D) e SOARES(1985 inédito).

Esta deformação lateral direita se constituiu no paroxisma do Evento Transcorrente Lancinha, e teve lugar no final da Orogenia Brasiliana.

A FORMAÇÃO CAMARINHA (com provável idade Cambro-Ordoviciana), apresenta seixos estirados segundo uma direção principal N54E/Horizontal, e outra secundária, N30E/Horiz., além de dobras escalonadas impressas em suas rochas. Estes dados sugerem um movimento LATERAL DIREITO atuante em suas rochas, ao contrário da reativação lateral esquerda sugerida por MORITZ e FIORI (1987).

Um pulso tectônico subsequente reativou o Lineamento Lancinha, formando duas macro lentes tectônicas, com sentido de deslocamento LATERAL ESQUERDO (Ver Mapa de Lineações no ANEXO I). É provavel que estas evidências obtidas em imagens de Satélite Landsat estejam associados a fase transtensional proposta por SOARES(1987). O autor apontou como principais características deste evento, uma suave ondulação das rochas, com eixo estatístico N80W (porém com ausência de dobramentos); geração de bacias com geometria rômbica (rombograbens), com vulcanismo riolítico associado (Grupo Castro); e intrusões graníticas pós-orogênicas alcalinas, tipo Carambeí e Joaquim Murtinho; e ainda, extensão WNW-ESE e compressão residual NNE.

Segundo SOARES(op cit), o início e duração deste evento é difícil de precisar. Datações de rochas vulcânicas riolíticas da Sequência Castro, apontam idades de resfriamento de 425± 15 Ma (isócrona obtida pelo método Rb/Sr por CORDANI,HALPERN e BERENHOLC,1974 (in: ARIOLI,1981). É provável que estas efusivas ácidas foram extrudidas num período de aproximadamente 450-500 Ma (SOARES,1987). Corpos graníticos alcalinos a peralcalinos, interpretados até o presente como pós-orogênicos, provavelmente estão associados a este evento (SOARES,op cit), são datados com 480-550 Ma.

É provavel, ainda, que o movimento lateral esquerdo identificado por SCHOLL(1981) na região de Rio Branco do Sul,esteja associado as evidências arroladas neste pulso tectônico. O autor estimou um rejeito da ordem de 20-30 km, o qual não foi reconstituído neste trabalho por falta de dados complementares.

Durante o Fanerozóico, diversas reativações foram descritas por ZALÁN et al(1987), sem especificar o sentido de deslocamento correspondente.

Uma das últimas reativações significativas foi o deslocamento anti-horário de diques de diabásio Juro-Cretáceos. Estes deslocamentos são perceptíveis nas imediações da estrada que liga Curitiba a Tunas, à sudeste desta última localidade, em imagens de satélite Landsat (escala 1:100.000). Porém, nas áreas de detalhamento de Pombas e Ouro Fino (Ver ANEXOS IV e V), não foram identificados deslocamentos significativos na escala 1:25.000, o que pode indicar a heterogeneidade da atuação desta reativação ao longo do traço principal da Falha da Lancinha.

4.6 - DISCUSSÃO DO REJEITO HORIZONTAL DA FALHA

Foram realizados estudos na tentativa de justapor pontos homólogos entre os blocos separados pela movimentação transcorrente da falha, desde a Bacia do Paraná, até a região sul do Estado de São Paulo (nos domínios dos Mapas do Projeto de Integração e Detalhe Geológico do Vale do Ribeira). As litologias mapeadas por este projeto não permitiram uma justaposição dos blocos NW e SE com relação a falha, e em consequência inviabilizaram a estimativa do rejeito horizontal através desta técnica. Este fato deve-se, provavelmente, à presença de zonas de transpressão e transtensão ao longo do lineamento, as quais promoveram exposições de níveis estratigráficos mais profundos da falha através de falhas de empurrão, e do abatimento de blocos, com geração de bacias "Pull-Apart", respectivamente.

Por outro lado, supondo que o deslocamento não é horizontal, mas com um desvio de apenas 5 graus da horizontal, após um deslocamento de 100 km da falha, será registrado um rejeito vertical de 8,75 km. Desta forma, níveis estratigráficos e deformacionais mais profundos serão expostos em certos trechos do lineamento.

As evidências do carater transpressivo deste lineamento foram expostas no ítem 4.2 (Carater Transpressivo do Lineamento), embora evidências de Bacias "Pull-Apart" não tenham sido identificadas com segurança. É verdade que parte da Formação Camarinha está embutida entre as falhas da Lancinha e do Cal, ca -

racterizada como Bloco E_1 na FIG 3.3 (p.43). Porém faltam dados de gravimetria para determinar a profundidade e geometria desta bacia, além de estudos sedimentológicos, para determinar sua origem e evolução. Pode tratar-se de molassas pré-existentes, afetadas na sequência da história deformacional destas litologias por falhas transcorrentes. Além disso, observa-se que litologias da Formação Camarinha afloram fora deste domínio (Bloco D_1), em áreas aparentemente não controladas por estruturas geradas pelo Sistema Transcorrente Lancinha (Ver FIG 3.14, p.90). A continuação desta formação sob a Bacia do Paraná foi confirmada por furos de sondagem efetuados pela PETROBRÁS S/A (SOARES, comunicação pessoal), o que indica que a extensão lateral desta formação ultrapassa os limites estabelecidos nas atuais cartografias geológicas. Porém, os dados disponíveis sobre o bloco E_1 da FIG 3.3 (p.43) são, ainda, insuficientes para caracterizar uma Bacia do tipo "Pull-Apart", ou que possibilite descartar esta hipótese.

Uma segunda técnica que permite estimar o deslocamento ao longo de zonas de cisalhamento dúcteis foi estabelecido por RAMSAY e GRAHAM(1970). Esta metodologia foi empregada por FIORI(1985 B) para a Falha da Lancinha. O autor obteve um valor de deformação (γ) de 11.0 para a zona de máximo cisalhamento através da equação $tg\ 2\theta' = 2/\gamma$ ou $\gamma = 2/tg2\theta'$, onde θ' é o ângulo entre o eixo de dobras escalonadas e o centro da zona de máximo cisalhamento. E após cálculos de integração ($S = \int_0^x \gamma dx$), o autor obteve um deslocamento situado entre 100 e 142 km, com média de 114 km para o lineamento Lancinha. Estes valores se constituem numa tentativa válida para estimar o rejeito mínimo da falha. Porém, a provavel presença de figuras de interferência a partir de dobras/falha geradas em zonas de cavalgamento (FIORI et al, 1985,1987) e dobras escalonadas, resultará em figuras geométricas que podem prejudicar estimativas efetuadas a partir destes parâmetros (Ver ítem 4.3.1.1 - Dobras escalonadas).

Neste trabalho foram considerados os eixos das elipses (eixo X do elipsóide de deformação) formados pelos corpos graníticos do CERNE, PIEDADE, MORRO GRANDE, VARGINHA e do MATO (Ver FIG 4.2), com uma direção média N33E, como elemento indicativo de uma direção aproximada dos eixos das DOBRAS ESCALONADAS.

Aplicando a equação tg $2\theta' = 2/\gamma$ de forma individualizada para cada corpo granítico e efetuando-se a média aritmética entre estas deformações, obteve-se um valor $\gamma = 3.50$ para o lineamento Lancinha no Estado do Paraná (QUADRO 4). Estes valores são maiores em relação àqueles verificados em conglomerados da Formação Camarinha, com valores de 1,82 obtidos neste trabalho (ponto nº 37), ou 1.8-2.4 determinados por MORITZ e FIORI(1987) nos pontos nºs. 61 e 62 (Ver ítem 3.2.4.3 - Análise de deformação da Formação Camarinha). Desta forma, a referida formação assistiu apenas aos 52% finais da deformação lateral direita desenvolvida na fase de paroxisma do Evento Transcorrente Lancinha.

A deformação de seixos da fácies conglomerática da Formação Camarinha, dispostos ao longo da Falha da Lancinha, provavelmente ocorreu em época idêntica da intrusão dos Corpos Graníticos do Cerne, Piedade e Varginha. Estes corpos intrusivos, com forma atual elíptica, assistiram respectivamente à 50%, 44% e 45% da história deformacional do lineamento (FIORI,1985 C), idêntico aos 52% assistidos pela Formação Camarinha.

Obtem-se o deslocamento mínimo(S) ao longo do lineamento aplicando-se a equação $S = \gamma \times l$, onde l é a largura da zona transcorrente (RAMSAY e GRAHAM,1970). O valor de l foi obtido a partir da zona de cisalhamento verificada no Bloco II (da Ribeira) na FIG 3.2 (p.41). Tendo em vista que a largura deste bloco varia desde 22 km nas imediações da Bacia do Paraná, para 52 km nas proximidades da localidade de Miracatú-SP, tomou-se um valor médio de 37 km. Assim, a equação acima forneceu um deslocamento médio de 130 km, compatível com os valores encontrados por FIORI (1985 B), os quais podem variar entre 100 e 142 km. É importante observar que nestes cálculos não foi considerado a participação de CISALHAMENTO PURO. Este elemento está invariavelmente presente nos diversos mecanismos deformacionais, embora com participação secundária nos processos de cisalhamento simples (COWARD, 1976).

O grau de rotação das dobras escalonadas em relação a zona de máximo cisalhamento permite classificar a Falha da Lancinha com INTENSIDADE DE DESLOCAMENTO MODERADA (17º) (THOMAS , 1974).

GRANITO	DIREÇÃO DA FALHA (1)	EIXO DA ELIPSE (2)	ÂNGULO ENTRE (1) e (2)	TOTAL
CERNE	N51E	N31E	20	2.38
PIEDADE	N40E	N30E	10	5,49
MORRO GRANDE	N49E	N36E	13	4.10
VARGINHA	N54E	N37E	17	2.96
DO MATO	N52E	N33E	19	2.56
VALORES MÉDIOS	N49E	N32E	17	3.50

QUADRO 4 - Relações angulares entre diversos corpos graníticos e o Lineamento Lancinha, com as respectivas deformações.

FONTE: FIORI(1985 C) modificado.

Uma terceira metodologia que permite calcular o rejeito de uma falha transcorrente foi desenvolvida por RANALLI(1977), correlacionando comprimento X deslocamento. SADOWSKI(1983) aplicou esta técnica para o lineamento Além Paraíba/Cubatão com aproximadamente 820 km de extensão. O autor encontrou valores situados entre 275 e 60 km, com valor médio de 129 km.

SADOWSKI(op cit) sugeriu a extensão deste lineamento para o Estado do Paraná, onde passou a ser denominado de LANCINHA, dada a inércia mecânica de uma estrutura já tão extensa, segundo análise do autor.

Acrescentando ao lineamento Além Paraíba/Cubatão os 150 km da Falha da Lancinha, o lineamento passa a ter uma extensão de 970 km até os sedimentos da Bacia do Paraná.

Porém, a presença de reativações na Bacia do Paraná, levaram ZALÁN et al(1987) a extender este lineamento até o oeste

do Estado do Rio Grande do Sul, acrescentando mais 940 km ao lineamento (Ver FIG 2.2, p.15). Desta forma, os mapas de SCHOBBENHAUS,ALMEIDA,CAMPOS,DERZE e ASMUS(1981), na escala 1:2.500.000, indicam uma extensão total para este lineamento de aproximadamente 1.910 km, se considerar-mos seu início nas proximidades da localidade de Campos no Estado do Rio de Janeiro, prolongando-se até o oeste do Estado do RS. A continuidade deste lineamento na Argentina é desconhecida, provavelmente por falta de trabalhos específicos.

O provavel deslocamento deste Sistema de Falhamentos com aplicação da técnica de RANALLI(op cit), passa a ter valores médios de 346 km e máximos e mínimos de 739 e 162 km respectivamente.

Os valores de 346 km obtidos acima são bem superiores àqueles encontrados por FIORI(op cit) (114 km) e neste trabalho (130 km) para o lineamento Lancinha. A análise destes resultados serão efetuados no ítem 4.7 - Eventos Cubatão e Lancinha, na sequencia do trabalho.

A dificuldade na definição da extensão total do lineamento Além Paraíba-Cubatão-Lancinha, dificulta a aplicação da técnica de RANALLI(op cit). Acrescenta-se, ainda, que a Falha da Lancinha representa uma reativação da Falha de Cubatão. Idêntico comportamento ocorre na Bacia do Paraná, onde milhares de metros de sedimentos fanerozóicos cobrem uma possível falha de embasamento, e impossibilitam o seu estudo por métodos diretos (trabalhos de campo, etc).

Segundo a avaliação crítica de SADOWSKI(1983), a técnica de RANALLI não deve ser utilizada para fins de previsão para uma citada falha, uma vez que representa apenas uma tendência mundial média. Esta técnica deixa implícito, ainda, grandes generalizações, as quais podem levar a erros significativos quando consideradas as diversas variáveis que influenciam e condicionam as zonas de cisalhamento (SADOWSKI,1983; RAMSAY,1967,1980); RAMSAY e GRAHAM,1970, entre outros).

4.7 - EVENTOS TRANSCORRENTES CUBATÃO E LANCINHA

Foi identificada uma foliação milonítica nas Áreas de Pombas e Ouro Fino (Núcleo Betara) de natureza transcorrente, com um intenso estiramento mineral associado, além da formação de filmes que normalmente não permitem reconhecer o grão mineral na sua forma individual. A intensidade desta deformação não permitiu identificar os elementos cinemáticos a ela associados. As características mesoscópicas indicam que os produtos deformacionais variam entre milonitos e ultramilonitos, com provável metamorfismo de médio a alto grau associado.

Estas observações são idênticas aquelas descritas por CAMPANHA(1980) na Falha de Além Paraíba, no Estado do Rio de Janeiro. O autor descreveu rochas blastomiloníticas e miloníticas, metamorfisadas no fácies Anfibolito, as quais forneceram idades de 1.923±60 Ma pelo método Rb/Sr, além de reativações identificadas pelo método K/Ar, com 499±18 Ma. SILVA(1981) e SADOWSKI(1983) igualmente descreveram protomilonitos, milonitos e ultramilonitos na Falha de Cubatão, no Estado de São Paulo.

Os dados arrolados neste ítem levam a concluir a existência de um evento deformativo denominado, neste trabalho, de EVENTO TRANSCORRENTE CUBATÃO. No Estado do Paraná afetou rochas pertencentes ao Grupo Setuva e Complexos Pré-Setuva e Embasamento Cristalino.

Na sequência da história deformacional do lineamento, ocorreram reativações de planos de fraqueza gerados pelo Evento Cubatão, na forma de foliações rúpteis-dúcteis, com sericitas cristalizadas nos seus planos, como pode ser observado nas áreas de Pombas, Ouro Fino, e no Km 91 da Rodovia Regis Bittencourt (BR 116). Estas feições foram anteriormente identificadas por FIORI(1985 A) e FIORI, FASSBINDER e FUMAGALLI(1987). SADOWSKI (1989) igualmente observou no Estado de São Paulo, que os milonitos da Falha de Cubatão apresentam uma foliação superimposta, evidenciada pela orientação de biotitas neocristalizadas e de porfiroblastos de clorita sem orientação clara.

Além das características arroladas acima, ocorreu a superimposição de zonas de cisalhamentos lineares dúcteis sobre as rochas miloníticas do evento Cubatão, além de lenticulariza -

ções, rotações de porfiroclastos e constricções de camadas tectônicas, além de percolações de fluídos hidrotermais. Núcleos de rochas com estas características deformacionais foram alçados por esforços transpressionais ao longo do lineamento, até atingir níveis estruturais com a geração de fraturamentos.

Paralelamente ocorreu a aloctonia dos sedimentos do Grupo Açungui, transportados sobre uma antiga zona de falha gerada pelo Evento Cubatão através de uma tectônica de cavalgamentos (FIORI et al,1985,1987). A reativação desta linha de fraqueza levou à formação de estruturas secundárias na cobertura metassedimentar (Grupo Açungui) na forma de dobras escalonadas, falhas sintéticas e antitéticas, fraturas Y, X e T, entre outras, se constituiu no EVENTO TRANSCORRENTE LANCINHA.

No Grupo Açungui, o evento Lancinha promoveu, no máximo, a cristalização de sericitas nos planos de foliação, lenticularizações e constricções de corpos quartzíticos, generalizado fraturamento principalmente em corpos graníticos tidos como pós-orogênicos na literatura, redobramentos e reorientações de camadas filíticas. A ação deformativa deste evento promoveu a formação de poucas brechas e característica ausência de milonitos no atual nível de exposição do Grupo Açungui, nas áreas abrangidas por este trabalho.

A recuperação de estrias de atrito foi prejudicado pelo intenso intemperismo ativo nesta região. Estruturas do tipo "en echelon veins" igualmente não foram identificadas com segurança, provavelmente devido a homogeneidade litológica do Grupo Açungui.

O contraste entre a ação deformativa dos EVENTOS CUBATÃO e LANCINHA é acentuado. O primeiro, gerado em níveis crustais médios a profundos, é compatível com a geração de rochas miloníticas a ultramiloníticas; o segundo, formado em níveis estruturais mais superiores, com generalizado fraturamento associados, além da exposição de núcleos antiformais.

Não existem dados que indiquem uma transsição entre o fácies anfibolito (Evento Cubatão) e xisto verde baixo (Evento Lancinha). Esta discordância estrutural e metamórfica provavelmente é o resultado da presença de uma falha de descolamento entre estes dois eventos, conforme esquematizado na FIG 4.7.

A quantificação de um deslocamento mínimo para o EVENTO LANCINHA, da ordem de 100 a 142 km, e um valor de $\gamma = 3.50$, corresponde apenas a etapa ulterior de deformação verificada no lineamento Além Paraíba-Cubatão-Lancinha, prevendo um valor e correspondente deslocamento maiores para o EVENTO CUBATÃO. Apesar da dificuldade na aplicação da Técnica de RANALLI, obteve-se um deslocamento médio de 346 km ao longo dos 1.910 km deste lineamento. Estes dados permitiram concluir que o EVENTO LANCINHA participou de um período relativamente curto da história deformacional deste mega lineamento, na forma de reativações.

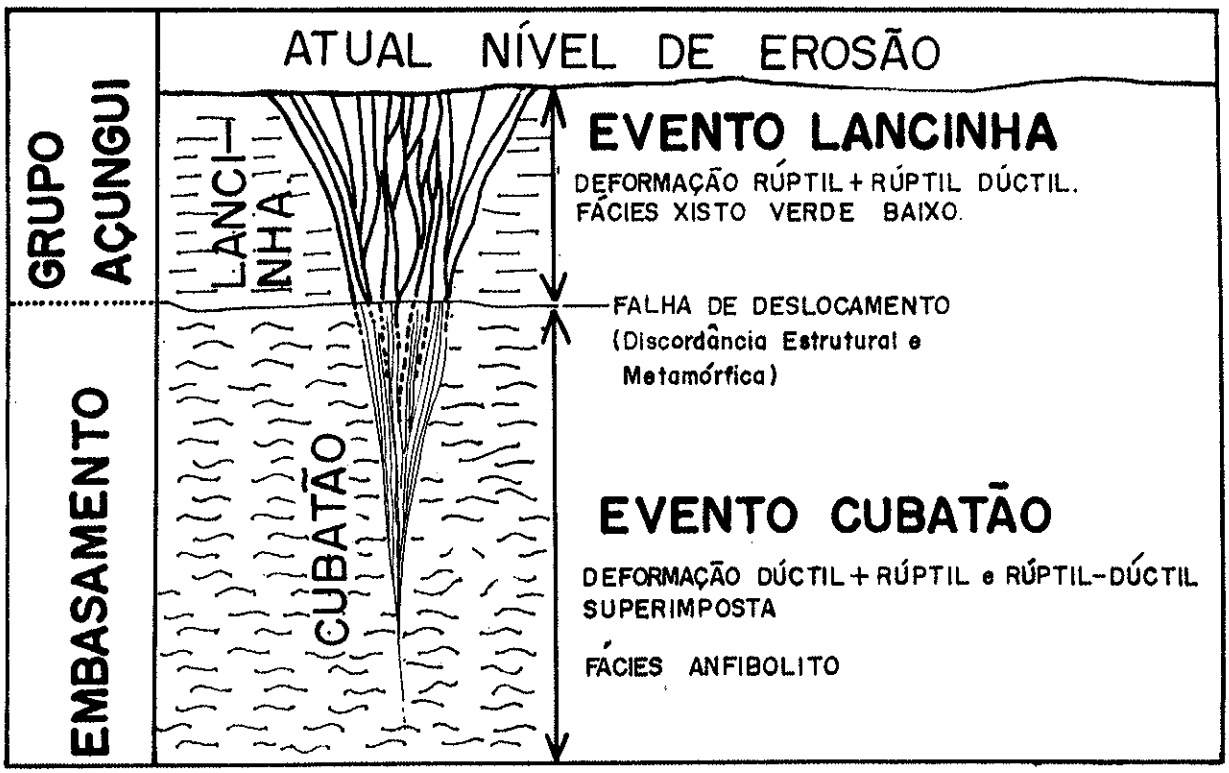


FIG 4.7 - Desenho esquemático dos Eventos Cubatão e Lancinha.

4.8 - EVOLUÇÃO GEOLÓGICO-TEMPORAL DO LINEAMENTO CUBATÃO-LANCINHA

A Falha de Além Paraíba-Cubatão mostra a presença de rochas miloníticas e blastomiloníticas, metamorfisadas no fácies Anfibolito, com deformações essencialmente dúcteis associadas. Além disso, apresenta idades de 1.923±60 Ma., obtidas pelo método Rb/Sr em rochas blastomiloníticas da região de Três Rios(CAM-

PANHA,1980). No Estado do Paraná idênticas rochas foram identificadas no Núcleo Betara, com intensa foliação e estiramento mineral associados.

Os dados acima indicam que a Falha de Cubatão-Além Paraíba foi estruturada em rochas gnáissicas em tempos Pré-Brasilianos (Transamazônicos?), embora reavaliações efetuadas por CAMPANHA(1981) dos dados geocronológicos citados pelo mesmo autor em 1980, levaram a concluir por uma idade Brasiliana para o Lineamento. Porém, esta interpretação não descartou a hipótese deste lineamento ter sido formado em tempos Pré-Brasilianos, o que parece ser mais coerente com os dados obtidos neste trabalho.

Este lineamento tem ao todo, aproximadamente 1.910 km de comprimento, e sofreu um provável deslocamento de 346 km nesta evolução Pré-Brasiliana, conforme resultados obtidos através da técnica de Ranalli.

Denominou-se esta evolução transcorrente de EVENTO CUBATÃO, fazendo alusão à Falha de Cubatão e seus produtos de deformação, em condições dúcteis, de alto grau metamórfico e com idade Pré-Brasiliana (Transamazônica ?). Posteriormente esse lineamento vem a sofrer reativações, porém em condições metamórficas e deformacionais menos enérgicas.

A ruptura de novos planos além da REATIVAÇÃO DA ZONA DE FRAQUEZA DO EVENTO CUBATÃO, deformou os metassedimentos do Grupo Açungui sobrepostos, gerando estruturas secundárias como Dobras Escalonadas, Falhas Sintéticas e Antitéticas, Fraturas Y (D), X, T, entre outras, previstas pelo Modelo de RIEDEL, através do deslocamento lateral direito.

A deformação presente no Grupo Açungui gerada pela deformação transcorrente, de carater dúctil-rúptil a rúptil, provocou o redobramento e reorientação de camadas filíticas, geração de esporádicas brechas e generalizado fraturamento ao longo da zona de falha. Nesta época, é provável que uma suíte de sienogranitos alcalinos tenham sido intrudidos em dobras escalonadas antiformais, e canalizados através de pequenas zonas transtensionais, datados com 550 Ma. Trata-se de corpos graníticos elípticos, com eixo maior dispostos, em média, 17º da falha transcorrente principal do Sistema Lancinha. Este valor angular permitiu

calcular um valor Rs = 3.50 para a Falha da Lancinha. Considerando-se que o reflexo desta deformação extende-se, em média, 37,5 km de largura sobre rochas metassedimentares, o provável deslocamento deste falhamento será de 130 km.

Datações de rochas graníticas dos Batólitos de Três Córregos e Cunhaporanga indicaram idades de 700-650 Ma. Trata-se de rochas com composição granodiorítica a granítica, indeformados. Uma nova suíte, com composição quartzo-monzonítica acusou idades de 600 Ma. Estas rochas são interpretadas como constituindo um arco magmático, gerado em período colisional no Ciclo Brasiliano. De forma concomitante com a intrusão destes corpos graníticos, ocorreu a aloctonia do Grupo Açungui. Recobriu a Falha de Cubatão no pré-Cambriano do Estado do Paraná, na forma de cavalgamentos, com provavel transporte na direção NW-W/SE-E. Com o progressivo encurtamento da Bacia Açungui, o eixo X do elipsóide de deformação, foi simultaneamente tornando-se menor até verificar-se a sua igualdade com o eixo Y. Porém, com a continuação dos esforços anteriormente dissipados através da tectônica de cavalgamentos, agora passaram a gerar falhas transcorrentes e a reativar antigas zonas de fraqueza de alto ângulo do embasamento. Desta forma,o eixo X com anterior disposição subvertical passou a ocupar uma posição subhorizontal, ocorrendo uma troca com o eixo Y, ao passo que o eixo Z continuou a ocupar uma disposição idêntica durante todo este processo de deformação progressiva , uma vez que o campo de "stress" não sofreu modificações durante os eventos de cavalgamento e transcorrência.

Datações radiométricas obtidas pelo método K/Ar em rochas blastomiloníticas do lineamento Além Paraíba por CAMPANHA (1980), acusaram idades de 499±18 Ma. Trata-se de uma homogenização isotópica que representa a reativação ocorrida no EVENTO LANCINHA ao longo do lineamento Além Paraíba-Cubatão-Lancinha. Trata-se de uma foliação rúptil-dúctil, com sericitas recristalizadas em seus planos, além de estrias de atrito com mergulhos subhorizontais associados. Esta foliação reutilizou os antigos planos de fraqueza do Evento Cubatão, dispondo-se de forma paralela às antigas estruturas de natureza essencialmente dúcteis,ou cortando-as de forma oblígua, à pequenos ângulos. A diferença de ductilidade entre estes dois eventos é acentuada, como pode ser

observado nos afloramentos do Núcleo Betara, e no Km 91 da Rodovia Regis Bittencourt (BR 116), em rochas blastomiloníticas da Falha de Cubatão.

A reativação da Falha de Cubatão, em condições rúpteis dúcteis, em condições de baixo grau metamórfico e com incipiente cristalização de minerais nos novos planos e em épocas pós-cavalgamento, foi aqui denominada de EVENTO DE REATIVAÇÃO LANCINHA. Desta forma, no Paraná, a Falha da Lancinha representa a natureza desse evento, impresso nas rochas do Grupo Açungui.

Neste trabalho não foi completamente descartada a hipótese do Lineamento Além Paraíba-Cubatão-Lancinha ter sido estruturado em tempos brasilianos, ou seja. em apenas um evento expressivo, apesar de que os dados obtidos neste trabalho não conduzem para esta interpretação.

Na sequência da história geológica, ocorreu a intrusão de corpos graníticos alcalinos a peralcalinos considerados pós-orogênicos, datados com 480-550 Ma. Seguiu-se o vulcanismo Castro, com idades de resfriamento de 425±15 Ma., possivelmente extrudidos por volta de 450-500 Ma. É provável que nesta época tanha ocorrido uma segunda REATIVAÇÃO do Sistema Transcorrente Cubatão, com a deformação de sedimentos conglomeráticos da Formação Camarinha. Trata-se de sedimentos clásticos provenientes de corpos graníticos, rochas filíticas e quartzíticas. Estudos de análise de deformação acusaram valores de Rs=1.80-2.0 para estes conglomerados polimíticos, e um provavel deslocamento de 800 metros da Falha da Lancinha ao longo de suas litologias, calculado por MORITZ e FIORI(1987). Considerando que a deformação total impressa pelo EVENTO LANCINHA foi de 3,50, esta reativação representa apenas 52% deste total. Com os dados disponíveis é difícil situar precisamente esta reativação, uma vez que os clastos graníticos ainda não foram associados a uma área fonte específica. Porém, sabe-se que esta reativação ocorreu anteriormente ao início da deposição dos sedimentos da Bacia do Paraná, uma vez que furos de sondagem da PETROBRÁS identificaram litologias desta formação sob a Bacia do Paraná. Está associado a esta reativação, movimento LATERAL DIREITO.

Segue-se uma sequência de reativações na Bacia do Paraná ao longo de uma zona linear com extensão de 940 km, até o oeste do Estado do Rio Grande do Sul (Ver FIGs 2.2 e 2.3, p. 15 e 16), identificadas por ZALÁN et al(1986,1987). As correspondentes deformações da Bacia do Paraná registradas em litologias pré Cambrianas, são de difícil separação. Trata-se de um generalizado fraturamento em rochas litologicamente homogêneas. Portanto,a ausência de marcadores geológicos em número expressivo dificultam a identificação de possíveis rejeitos ao longo de pequenas falhas. Além disso, a dificuldade em efetuar uma ordenação cronológica destas fraturas, dificulta a identificação dos diversos pulsos tectônicos que tiveram lugar ao longo do Fanerozóico.

Um dos últimos pulsos de reativação significativos deformaram diques mesozóicos. Em fotografias aéreas é possível identificar a inflexão ou obliteração de diques básicos Juro-Cretáceos, alojados de forma transversal a zona de falha e posteriormente deformados de forma rúptil. Esta deformação manifestou se de forma muito heterogênea, com deformações identificáveis nas escalas 1:100.000 (sul de Tunas), 1:25.000 (região de Bateias), e em outros pontos com deformações métricas a centimétricas. Enquanto isso, outros diques não apresentam deformações, o que indica que esta reativação está inserida ao longo do período de colocação destes corpos básicos.

É provável que esforços tectônicos continuem atuando sobre a placa Sul Americana, advindos da interação com as placas circunvizinhas, promovendo sismos de baixa intensidade, além de pequenas reativações ao longo de zonas de fraqueza de alto ângulo, dissipadores naturais destes esforços.

C A P Í T U L O 5

C O N C L U S Õ E S

1.- A Falha da Lancinha faz parte do Sistema Transcorrente Além Paraíba-Cubatão, com aproximadamente 970 km de extensão. Evidências de reativações na Bacia do Paraná, levaram a prolongar este lineamento por mais 940 km até o oeste do Estado do Rio Grande do Sul, perfazendo um total de 1.910 km de extensão.

2.- A atuação do Sistema Transcorrente Lancinha estabeleceu um zoneamento deformacional, com a formação dos Blocos Três Córregos (I), Ribeira (II) e Embasamento (III). Apresentam, respectivamente, fraturamento, cisalhamento e falhas retilíneas em seus domínios. A deformação aumenta progressivamente de NW para SE, ou seja, do bloco I ao II, até a falha principal Lancinha-Cubatão (Ver FIG 3.2, p.41).

3.- A zona de influência deste lineamento extende-se desde 22 km até 55 km através da ação de cisalhamento (Bloco da Ribeira, na FIG 3.2, p.41). Porém, a zona de falha está delimitada a uma largura de 1,5 km nas imediações da localidade de Rio Branco do Sul, até 5,5 km nas proximidades de Tunas (Ver Mapa de Lineações, ANEXO I).

4.- O Lineamento Lancinha apresenta um carater transpressional , com o alçamento de núcleos antiformais como, por exemplo, do Betara, entre outros (Ver FIG 2.7, p.23). Na localidade de Pombas ocorrem falhas de empurrão, promovendo a colocação de

rochas do Núcleo Betara sobre aquelas do Grupo Açungui. Associam-se a esta feição proeminentes estruturas disruptivas (rúpteis-dúcteis), com mergulhos para noroeste. Estas feições sugerem a presença de estruturas em flor possitivas, apesar da ausência de dados sísmicos (Ver FIG 4.1, p.110).

5.- Ao longo do lineamento, pequenas zonas transtensionais permitiram a intrusão de corpos graníticos em estruturas antiformais do tipo de dobras escalonadas. São exemplos os corpos graníticos do Mato, Cerne, Piedade, Morro Grande e Varginha.

6.- O atual nível de exposição das rochas deformadas pela Falha da Lancinha no Grupo Açungui, apresentam deformações rúpteis dúcteis a rúpteis, com lenticularizações e rupturas de camadas, além de pronunciados fraturamentos e esporádicas brechas associadas. Enquanto que as rochas do Núcleo Betara foram deformadas de forma dúctil e posteriormente alçados por esforços transpressionais. Assim, os esforços transcorrentes deformaram as rochas do Grupo Açungui num nível estrutural médio a superior, enquanto que aquelas do Núcleo Betara no nível médio a inferior.

7.- O modelo de Riedel aplica-se para as estruturas secundárias da Falha da Lancinha no Estado do Paraná. Assim, no GRUPO AÇUNGUI ocorrem fraturas Y(D) com direção média N60E; Falhas Sintéticas, N85E; Falhas Antitéticas, N20W; Fraturas X,N15E; Dobras Escalonadas, N34E; e fraturas T, com direção previsional N57W. Os eixos do elipsóide de deformação apresentam direções N33E/Horiz., N90W/Vert e N57W/Horiz., respectivamente para os eixos X, Y e Z.

No NÚCLEO BETARA, a direção de máximo cisalhamento (Y), apresenta direção N54E/70NW; Falhas Sintéticas, N70E/86NW; Falhas Antitéticas, N11E/78NW. Os eixos X, Y e Z do elipsóide de deformação apresentam direções N40E/horiz., N45W/81° e S49E/8°, respectivamente.

8.- A direção dos eixos das dobras escalonadas foram deduzidas pela direção média dos eixos maiores das elipses de deforma-

ção dos corpos graníticos do Cerne, Piedade, Morro Grande, Varginha, e do Mato, com direção média N32E. Tendo-se que a Falha da Lancinha apresenta uma direção média no trecho da ocorrência destes corpos graníticos de N49E, o ângulo médio entre a falha e estes eixos, é de 17°. Disto resulta que γ é igual à 3.50.

9.- A rotação horária das falhas antitéticas, desde uma direção média de N20W no Grupo Açungui, para N11E no Núcleo Betara e de idêntica rotação de 7° do elipsóide do Núcleo Betara em relação aquele do Grupo Açungui, indica uma maior deformação presente no cisalhamento dúctil do Núcleo Betara. Esta rotação do elipsóide pode ser verificada a partir da mudança de seus eixos. Assim, no Grupo Açungui, os eixos X, Y e Z apresentaram atitudes N33E/Horiz., N90W/Vert. e N57W/Horiz, respectivamente, enquanto que no Núcleo Betara estes eixos apresentam uma pequena rotação horária para N40E/Horiz., N45W/81 e S49E/8°.

10 - A obtenção de idênticas direções para os eixos dos elipsóides de deformação do Grupo Açungui e Núcleo Betara, a partir de dados de origem distintas, permite concluir que as deformações verificadas nestes dois contextos geológicos foram gerados por um mesmo mecanismo deformador, no caso transcorrente. Os 7 graus de rotação horária verificada no elipsóide do Núcleo Betara em relação aquele do Grupo Açungui são intrínsicos deste mecanismo deformador.

11 - As estruturas do Lineamento Lancinha estão arranjadas na forma do DUPLEX DE RIEDEL, segundo o qual ocorreu um encurtamento das camadas litológicas a partir dos eixos (de deformação) Z, com direções N57W e S49E/8°, respectivamente para o Grupo Açungui e Núcleo Betara.

12 - A disposição das estruturas de Riedel no Grupo Açungui (ver FIG 4.3) e o sentido de deslocamento de diversas zonas de cisalhamento dúctil e rúptil-dúctil no Núcleo Betara (Ver FIG 4.5) permitiu concluir que a fase de paroxisma do Evento Lancinha sofreu deslocamento LATERAL DIREITO. As litolo-

gias da Formação Camarinha provavelmente receberam apenas parte da deformação deste evento.

O sentido de deslocamento para o Evento Cubatão não foi identificado, motivado pela intensa deformação impressa durante este evento, além dos reduzidos afloramentos disponíveis na área deste projeto.

13.- O valor deformacional (γ) obtido pela disposição das dobras escalonadas em relação a zona de máximo cisalhamento é igual a 3.50. A quantificação da deformação em seixos da Formação Camarinha acusou um valor de Rs=1.82.

14.- Obteve-se um deslocamento mínimo para o Lineamento Lancinha de aproximadamente 130 km, aplicando-se a equação $S=\gamma \times l$, onde S=deslocamento; γ=deformação dúctil; e l=largura da zona transcorrente. Os valores de l e γ estão explicitados nos ítens 3 e 8 das presentes conclusões. O valor de 130 km de deslocamento estão próximos dos calculos efetuados por FIORI(1985 B), com valores entre 100 e 142 km, e média de 114 km.
A obtenção de resultados idênticos através dos cálculos efetuados neste trabalho e por FIORI(op cit), permitem concluir que os cisalhamentos verificados no Bloco Ribeira (II) da FIG 3.2 (p.41), foram gerados pela Falha da Lancinha. Portanto, a influência deformacional desta falha abrange uma faixa linear de, em média, 38 km de largura (ver conclusão do ítem 3).

15.- O prolongamento do lineamento Além Paraíba-Cubatão por mais 940 km, através dos sedimentos da Bacia do Paraná, até o oeste do Estado do Rio Grande do Sul, irá conferir um deslocamento médio para este lineamento de 346 km, calculado pela técnica de Ranalli. Porém, a dificuldade na definição exata do comprimento do lineamento gerado pelo Evento Cubatão, prejudica a aplicação desta técnica, a qual utiliza como parâmetros básicos o comprimento x deslocamento.

16.- A sedimentação da Formação Camarinha provavelmente ocorreu

em época idêntica da intrusão dos corpos graníticos do Cerne, Piedade e Varginha. A partir de cálculos de análise da deformação, a formação Camarinha assistiu à 52% da deformação do lineamento Lancinha, e os corpos graníticos respectivamente 50%, 44% e 45%.

17.- Uma intensa deformação impressa nas rochas do embasamento do Grupo Açungui sobre o traço fotogeológico do lineamento Além Paraíba-Cubatão, na forma de foliações miloníticas a ultramiloníticas e um intenso estiramento mineral associado, caracterizam o EVENTO denominado de CUBATÃO neste trabalho. Reativações de planos de fraqueza deste evento, na forma de foliações rúpteis-dúcteis, e com metamorfismo do fácies xisto verde baixo associado, além de constricções, lenticularizações, rotações de porfiroclastos, percolações de fluídos hidrotermais, e instalação de zonas lineares de cisalhamento, caracterizam o EVENTO LANCINHA em zonas transpressionais do Núcleo Betara.Nos metassedimentos do Grupo Açungui foram instaladas estruturas secundárias a partir de movimentos de blocos basais, na forma de dobras escalonadas,falhas sintéticas e antitéticas, fraturas Y, X e T. Estão associados a este evento um generalizado fraturamento, com esporádicas brechas, além de reorientações de camadas de filitos ao longo do lineamento no Grupo Açungui.

C A P Í T U L O 6

R E F E R Ê N C I A S B I B L I O G R Á F I C A S

ALMEIDA,F.F.M. - 1967 - Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Boletim Div.Geol. e Mineralogia, DNPM, Rio de Janeiro, 241:1-36.

ALMEIDA,F.F.M. - 1969 - Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira. In: CONGR.BRAS.GEOL., 23, Salvador, 1969. Anais... Salvador, SBG, v.1,p.29-46.

ALMEIDA,F.F,M. - 1986 - Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-Paleozóico no Brasil. Revista Brasileira de Geociências, 16(4):325-349.

ALMEIDA,F.F.M. e HASUI,Y. - 1984 - O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 378 p.

ANDERSON,E.M. - 1951 - The Dynamics of faulting. Edinburgh, Oliver Boyd (Rev).

ARIOLI,E.E. - 1981 - Geologia do Grupo Castro na Folha SB 22.D-IV-4. In: SIMPOSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, Curitiba. Atas... Curitiba, SBG,p.185-200.

ARTHAUD,F. - 1969 - Méthode de determination graphique des directions d'allongement, de raccourcisserment et intermediaire d'une population de failles. Bull.Soc.Geol.France (7):11, p. 729-737.

ARTHAUD,M.H. - 1987 - Zonas de Cisalhamento Dúctil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 1, Salvador, 1987, 40p.

ASMUS,H.E. e PORTO,R. - 1972 - Classificação das Bacias Sedimentares Brasileiras segundo a tectônica de placas. In: CONGR. BRAS.GEOL., 26, Belém, 1972. Anais... Belém, SBG, 2:67-90.

BADGLEY,P.C. - 1965 - Structural and tectonic principles. Harper and Row, New York, 521p.

BATOLLA JR,F.; COLANERI,S.; LOPES JR,I.; AGUIR NETO,A.; SILVA CARNEIRO,M.A. - 1977 - Mapa Geológico da Folha de Curitiba (SG-22-X-D-I). Projeto Leste do Paraná, Convênio DNPM-BADEP - IGUFP.

BATOLLA JR,F.; SILVA CARVALHO,M.A.; COLANERI,S.; AGUIAR NETO,A.- 1977 - Projeto Leste do Paraná. Relatório Final da Folha de Curitiba. São Paulo, Convênio DNPM-BADEP-IGUFP, v.1, 250p.

BELL,T.H. e ETHERIDGE,M.A. - 1973 - Microstructure of mylonites and their descriptive terminology. Lithos, 6:337-348.

BELL,T.H. - 1978 - Progressive Deformation and varientation of fold axes in a Ductile Mylonite Zone: The Wooreffe Thrust. Tectonophysics, 44:285-320.

BIGARELA,J.J. - 1947 - Estudos preliminares na Série Açungui.I: Brecha Calcária de Toquinhos. Arq.Biol.Tecnol., IBPT, Curitiba, 2:41-61.

BIONDI,J.C.: SOARES,P.C.; CAVA,L.T. - 1983 - Mapa Geológico do Estado do Paraná, escala 1:250.000. Curitiba-Pr, MINEROPAR (no prelo).

BJORNBERG,A.J.S. e GANDOLFI,N. - 1974 - Falhas recentes na Região de São Carlos-SP. In: CONGR.BRAS.GEOL., 28, Porto Alegre, 1974. Anais... Salvador, SBG v.6, p.241-243.

BJORNBERG,A.J.S.; GANDOLFI,N. e PARAGUASSU,A.B. - 1971 - Basculamentos tectônicos no Estado de São Paulo. In: CONGR.BRAS.GEOL, 25, São Paulo, 1971. Anais... São Paulo, SBG v.2, p.159-174.

BORTOLOTTO,A.L.; FIGUEIREDO NETO,A.F.; e PEREIRA,J.H. - 1984 - Folha Geológica de Felpudo, parcial oeste de Campo do Meio , escala 1:10.000. Trabalho de Formatura, equipe III-1º/1984, Departamento de Geologia, UFPR. Texto Final, Mapa Geológico e demais anexos (inédito).

BOUCHEZ,J.L.; LISTER,G.S. e NICOLAS,A. - 1983 - Fabric Asymmetry and Shear sense in movement zones. Geol.Rundschau, 72:401-419.

BOYER,S.E. e ELLIOTT,D.- 1982 - Thrust Systems. Am.Assoc.Petrol. Geol.Bull., 66:1196-1230.

BRANDI,E.C. e PAULA,O.B. - 1981 - Folha Geológica de Ouro Fino e parcial leste do Cerne, escala 1:10.000. Trabalho de Formatura, equipe IV-2º/1981, Departamento de Geologia, UFPR,Curitiba-PR. Texto Final, Mapa Geológico e demais anexos (inédito).

BURG,J.P. e LAURENT,ph - 1978 - Strain Analysis of a shear in a Granodiorite. Tectonophysics, 47:15-42.

BURKART,B.; DEATON,B.C.; DENGO,C. e MORENO,G. - 1987 - Tectonic wedges and offset Laramide structures along the Polochic fault of Guatemala and Chiapas, México: Reaffirmation of large Neogene displacement. Tectonics, 6:411-422.

CAMPANHA,G.A.C. - 1980 - O lineamento de Além Paraíba na Área de Três Rios-RJ. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 109p.

CAMPANHA,G.A.C. - 1981 - O Lineamento de Além-Paraíba na Área de Três Rios (RJ). Rev.Bras.Geociencias, 11(3):159-171.

CAMPOS NETO,M. e BASEI,M.A.S. - 1983 - A importância dos falhamentos transcorrentes na configuração do pré-Cambriano entre São José dos Campos e Amparo-SP. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo, 1983. Atas... São Paulo, SBG, p.79-90.

CARRERAS,J.; COBBOLD,P.R.; RAMSAY,J.R. e WHITE,S.H. - 1980 - Shear zone in rocks. J.Struct.Geol., 2, nº 1/2.

CERVO,A.L. e BERVIAN,P.A. - 1983 - Metodologia Científica. 1º ed., São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 249p.

CHRISTIE,J.M. - 1960 - Mylonitic rocks of the Moide Thrust Zone in the Assynt Region, North-West Scotland. Trans.Edin.Geol.

Soc., 18:79-93.

CHRISTIE-BLICK,N. e BIDDLE,K.T. -1985 - Deformation and basin formation along strike-slip faults. In: CHRISTIE-BLICKM,N. (Eds), Strike-slip deformation, basin and sedimentation. Soc. Econ.Paleont.Miner., Sp.Publ., 37:1-34.

CIGUEL,J.H.G. e GODOY,H. - 1985 - Folha Geológica de Camarinha e parcial leste de Cerro do Purunã, escala 1:10.000. Trabalho de Formatura, equipe II-2º/1984, Departamento de Geologia - UFPR., Curitiba-PR. Texto Final, Mapa Geológico e demais anexos (inédito).

COWARD,M.P. - 1976 - Strain within ductili shear zones. Tectonophysics, 34:181-197.

COX,A. - 1973 - Plate tectonics and geomagnetic reversals. São Francisco, W.H. Freeman, 702 p.

CROWELL,J.C. - 1974 - Sedimentation along the San Andreas Fault, Califórnia. In: DOTT,R.H. e SHAVERmR.H. (eds), Modern and ancient geosynclinal sedimentation. Sp.Public. SEPM, 19:292-303.

CROWELL,J.C. - 1974 - Origin of late Cenozoic Basins in Southern Califórnia. In: DICKINSON,W.R. (ed), Tectonics and Sedimentation. Spec.Publ. SEPM, 22:190-204.

DAVISON,I. - 1985 - Structural interpretation in extensional basins, strike-slip basins and thrust belts. Notas de curso ministrado por GIBBS,A.; COWARD,M e DAVISON,I. - CENPES, PETROBRÁS, 318p.

DESCHAMPS JUSTEN,D,; ROSSETTI,D.F.; LEONI FILHO,S.A. - 1985 - Folha Geológica de Passo Fundo - Taquaral/Parcial leste Povinho de São João, escala 1:10.000. Trabalho de Formatura, equipe I-2º/1984, Departamento de Geologia, UFPR, Curitiba-PR. Texto Final, Mapa Geológico e demais anexos (inédito).

DONATH,F.A. - 1967 - Role of experimental rock deformation in dynamic structural geology - NSF Advanced Science Seminar in rock mechanics. Baston College - Special Report.

ELLIOTT,D. - 1970 - Determination of finite strain initial shape from deformed elliptical objects. Geol.Soc.Am.Bull., 81:2221-

2236.

EMMONS,R.C. - 1969 - Strike-slip rupture paterns in sand models. Tectonophysics, 7(1):71-87.

ESCHER,A.; ESCHER,J.C. e WATERSON,J. - 1975 - The reorientation of the Kangamuit Dike Swarm, West Greenland. Can.Jl.Earth Sci, 12:158-173.

FASSBINDER,E.; FUMAGALLI,C.E.; FIORI,A.P. - 1985 - Estudo preliminar sobre lineamentos tectônicos, intrusões e possíveis mineralizações associadas no pré-Cambriano Paranaense. In: SIMP. SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2, Florianópolis, 1985. Atas... Florianópolis, SBG, p.172-183.

FIORI,A.P. (Coordenador); CAMARGO,E.C.; MONASTIER,M.S.: LIMA,R.E. FUMAGALLI,C.E.; SALAMUNI,E.; FASSBINDER,E. e GÓIS,J.R. -1984- Lineamentos Tectônicos e possíveis mineralizações associadas no pré-Cambriano Paranaense. Convênio UFPR-MINEROPAR, V.1,Curitiba-Pr., 261p.

_____ Mapa de Lineamentos Tectônicos do Pré-Cambriano Paranaense, escala 1:250.000. Convênio UFPR-MINEROPAR, Curitiba-PR.

_____ Mapa de Lineamentos Tectônicos do Pré-Cambriano Paranaense, escala 1:500.000. Convênio UFPR-MINEROPAR, Curitiba-PR.

FIORI,A.P. - 1985 A - A Falha da Lancinha no pré-Cambriano Paranaense: reflexo de uma falha profunda? Boletim Paranaense de Geociências, 36:01-14.

FIORI,A.P. - 1985 B - Avaliação preliminar do deslocamento dúctil das Falhas da Lancinha e de Morro Agudo no Estado do Paraná. Boletim Paran.Geoc., 36:15-29.

FIORI,A.P. - 1985 C - Aplicação do Modelo de Cisalhamento Simples na análise da deformação dúctil de alguns granitos paranaenses. Boletim Paran.Geoc., 36:31-40.

FIORI,A.P. - 1985 D - As Falhas da Lancinha e de Morro Agudo e Estruturas Secundárias Associadas. In: SIMP.SUL BRAS.GEOLOGIA, 2, Florianópolis, 1985. Atas... Florianópolis,SBG,p.146-158.

FIORI,A.P. - 1985 E - Mapa Geológico-Estrutural da Região de Rio Branco do Sul - Bocaiúva do Sul. Convênio UFPR-MINEROPAR, escala 1:50.000 (Relatório Interno).

FIORI,A.P. (Coordenador); TREIN.E.; CAMARGO,E.C.; REIS NETO,J.M.; NADALIM,J.R.; MONASTIER,M.S.; LIMA,R.E.; VEIGA,R.A.; FUMAGALI C.E.; GOMES,D.L.; SALAMUNI,E.; FASSBINDER,E. e GÓIS. - 1985 - Estudos Geológicos Integrados do pré-Cambriano Paranaense. Convênio UFPR-MINEROPAR, Texto Final, Curitiba-PR, 192p.

FIORI,A.P.; SALAMUNI,E. e FASSBINDER,E. - 1987 - Geologia da Região de Bateias-Bocaiúva do Sul. In: SIMP.SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1987. Atas... Curitiba, SBG v.2, p.773 788.

FIORI,A.P.;FASSBINDER,E.; GÓIS,J.R.; e FUMAGALI,C.E. - 1987 -Compartimentação tectônica do Grupo Açungui à norte de Curitiba. In: SIMP.SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1987. Atas... Curitiba, SBG V.1, p.183-196.

FIORI,A.P.; FUMAGALI,C.E.; GÓIS,J.R.; SALAMUNI;E. - 1987 - As principais estruturas dobradas do Grupo Açungui na Região de Rio Branco do Sul - Bocaiúva do Sul. In: SIMP.SUL BRAS.GEOL., 3, Curitiba, 1987. Atas... Curitiba, SBG v.1, p.281-302.

FIORI,A.P. (Coordenador); REIS NETO,J.M.; MONASTIER,M.S.; CAMARGO,E.C.; FUMAGALI,C.E.; SANTOS LIMA,J.P.; XAVIER MORO,R.P.; KOPS,P.T. - 1987 - Aspectos Estruturais e Estratigráficos do Grupo Açungui e da Formação Itaiacoca no Estado do Paraná. Convênio UFPR-MINEROPAR, Texto Final, Curitiba-PR, 191p.

_____ Mapa Geológico-Estrutural da Região de Bateias, Campo Largo, escala 1:50.000. Convênio UFPR-MINEROPAR, Curitiba-PR.

FIORI,A.P. - 1989 - Mapa Geológico-Estrutural da Região de Bateias-Bocaiúva do Sul. Convênio UFPR-MINEROPAR, escala 1:100. 000 (en confecção).

FLEUTY,M.J. - 1964 - The description of folds. Proc.Geol.Ass., 75:461-492.

FLIN,D. - 1977 - Transcorrent faults and associated cataclasis in Shetland. Jl.Geol.London, 133:231-248.

FREUND.R. - 1974 - Kinematics of transform and transcurrent faults. Tectonophysics, 21:93-134.

FRITZSONS,J.O.; PIEKARZ,G.F. e FALCADE,D.- 1982 - Geologia e potencial econômico do Grupo Setuva (PR). In: CONGR.BRAS.GEOL., 32, Salvador, 1982. Anais... Salvador, SBG v.3, p.987-997.

FUCK,R.A.; MARINI,O.J.; TREIN,E. e MURATORI,A. - 1971 - Geologia do leste Paranaense. In: CONGR.BRAS.GEOL., 25, São Paulo, 1971. Anais...São Paulo, SBG v. , p.191 - .

GAY,N.C. - 1968 - The determination of total finite strain in a rock from objects such as deformed pebbles. Tectonophysics, 5:295-302.

GAY,N.C. - 1968 - Pure Shear and Simple Shear deformation of inhomogeneos viscous fluids. 1.Teory. Tectonophysics, 5:211 - 234.

GÕIS,J.R. e HORSTMANN,L.H. - 1984 - Folha Geológica de Retiro Grande e parcial oeste de Bateias, escala 1:10.000. Trabalho de Formatura, equipe III-1º/1984, Departamento de Geologia, UFPR, Curitiba-PR. Texto Final, Mapa Geológico e demais ane - xos (inédito).

GÕIS,J.R.; SALAMUNI,E. e FIORI,A.P. - 1985 - Lineamentos e com - partimentos tectônicso do pré-Cambriano Paranaense. In: SIMP. SUL BRAS.GEOL., 2, Florianópolis, 1985. Atas... Florianópolis, SBG, p.159-171.

GRAHAM,S.A.; McCLOY,C.; HITZMAN,M.; WARD,R.; e TURNER,R. - 1984- Basin evolution during change from convergent to transform continental margin in central Califórnia. AAPG Bull, 6(3):233 249.

GRIGGS,D.T, e HANDIN,J. - 1960 - Observations on fracture and a hypothesis of earthquaker. In Rock Deformation. Geol.Soc.America Mem. 79:347-364.

GUINEBERTEAU,B.; BOUCHEZ,J.L. e VIGNERESSE,J.L. - 1987 - The Mortagne granite pluton (France) emplaced by pull-apart along a shear zone: Structural and granimetric arguments and regional

implication. Geological Soc. of America Bull., 99:763-770.

HANDIN,J. - 1966 - Strength and ductility. In: Handboock of Physical Constants. Geol.Soc.America Mem, 97:224-289.

HANMER,S. - 1986 - Asymmetrical pull-aparts and foliation fish as kinematic indicators. Jl.Struc.Geol., 8(2):111-122.

HARDING,T.P. - 1973 - New Port Inglewood trend, Califõrnia - An example of wrenchimg style of deformation. AAPG Bull, 57(1): 97-116.

HARDING,T.P. - 1974 - Petroleum traps associated with wrench faults. AAPG Bull, 58(7): 1290-1304.

HARDING,T.P. - 1985 - Seismic characteristics and identification of negative flower structure, positive flawer structure, and positive structural inversion. AAPG Bull., 69(4):582-600.

HARDING,T.P. e LOWELL,J.D. - 1979 - Structural styles, ther plate tectonic habitats, and hydrocarbon traps im petroleum provinces. AAPG Bull., 63(7):1016-1058.

HARDING,T.P. e TUMINAS,A.C. - 1988 - Interpretation of Footwall (Lowside) Fault Traps sealed by Reverse Faults and Convergent wrench Faults. AAPG Bull., 72(6):738-757.

HARLAND,W.B. - 1971 - Tectonic transpression in Caledonian Spitzbergen. Geolog.Mag., 108:27-42.

HASUI,Y. - 1986 - Novo Modelo Geológico do Vale do Ribeira. Relatõrio Interno nº 23742, IPT, São Paulo, 44p.

HASUI,H. e COSTA,J.B.S. - 1988 - Curso de Zonas e Cinturões de Cisalhamento. In: CONGR.BRAS.GEOL., 35, Belém, 1988. Anais... Belém, SBG, 86p.

HASUI,Y.; CREMONINI,O.A. e BORN,H. - 1984 - Considerações sobre o Grupo Açungui em São Paulo e porções adjacentes do Paraná. In: CONGR.BRAS.GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG v.

HASUI,Y.;PONÇANO,W.L.; STEIN,D.P.; GALVÃO,C.A.C.F.; GINENEZ,A.P. MELO,M.S. de; PIRES NETO,A.G. - 1977 - As grandes falhas do leste Paulista. In: SIMP.REG.GEOL., 1, São Paulo, 1977. Atas... São Paulo, SBG, p.369-380.

HEARD,H.C. - 1960 - Transition from brittle fracture to ductile flow in solenhofen limestone as a function of temperature, confining pressure, and interstitial fluid pressure. In: Rock Deformation. Geol.Soc.América Mem., 79:193-226.

HIGGINS,M.W. - 1971 - Cataclastic Rocks. Geological Survey Pro - fessional Paper 687, Washinton, 97p.

HOBBS,B.E.; MEANS,W.D e WILLIAMS,P.F. - 1976 - An Outline of Structural Geology. 1º ad. New York, John Wiley and Sons,571p.

HOBBS,B.E.: WILKIE,J.C. - 1976 - Deformation Mechanisms in Quartz 25 th Ub, Geol.Congr. - Sydney.

HOSSACK,J.R. - 1968 - Pebble deformation and thrusting in the Byg din área (S.Norway). Tectonophysics, 5:315-339.

HSU,K.J. - 1974 - Melanges and their distinction from olistostro mes. In: Modern and Ancient geosynclinal sedimentation - R.H. Dot e R.H. SHAUERS (Eds). Soc.Econ.Paleontologists and Minera logists, Spec.Publ. 19.

HUTTON,D.H.W. - 1988 - Igneous emplecement in a shear zone termi nation: The biotite granite at strontian, Scotland. Geologi - cal Society of America Bulletin, 100:1392-1399.

KINGMA,J.T. - 1958 - Possible origin of piercement structures, local unconformities, and secondary basins in the eastern geo syncline, New Zealand. New Zealand Journal of Geol. and Geo - physics, 1:269-274.

KINGSTON,D.R.; DISHRDON,C.P. e WILLIAMS,P.A. - 1983 - Global ba- sin classification System. AAPG Bull., 67(12):2175-2193.

KLIGFIELD,R.; CARMIGNANI,L, e OWENS,W.H. - 1981 - Strain Analy - sis of a northern Appenine Shear Zone using deformed mable breccias. Jl.Struct.Geol., 3:421-436.

LAPWORTH,C. - 1885 - The highland controversy in British Geology; its causes couse and consequences. Nature, 32:558-559.

LISLE,R.J. - 1977 - Estimation of tectonic strain ratio from the mean shape of deformed elliptical markers. Geol.Mijnb, 56:140 144.

LISLE,R. - 1985 - Geological Strain Analysis (A manual for the Rf/O Technique). Pergamon Press., 98p.

LISTER,G.S.; SNOKE,A.W. - 1984 - S-C Mylonites. Jl.Struct.Geology, 6:617-638.

LOCZY,L. e LADEIRA,E.A. - 1976 - Geologia Estrutural e Indrodução ã Geotectônica. Editora Edgard Blücher, Rio de Janeiro, CNPq, 528p.

LOPES,J.T. et al - 1977 - Geologia das Folhas de Piraí do Sul, Cerro Azul e Apiaí. Escala 1:100.000. Projeto Leste do Paraná. Convênio CPRM-SUREG/SUL, Convênio.

LOWELL,J.D. - 1972 - Spitzbergen terciary orogenic belt and the Spitzbergen fracture zone. GSA Bull, 83:3091-3101.

MAACK,R. - 1947 - Breves Nptícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. Arq.Biol.Tecn, UFPR., 2:63-154.

MARINI,O,J. - 1970 - Geologia da Folha de Rio Branco do Sul-PR. Tese Apresentada a Fac.Fil.Ciencias e letras, Rio Claro,SP.

MARINI,O.J.; FUCK,R.A. e TREIN,E. - 1967 - O Grupo Açungui no Estado do Paraná. In: BIGARELLA, SALAMUNI e PINTO, Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subsequentes da Porção Oriental do Estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, 23-25:43 103.

MATTAUER,M. - 1972 - La deformation des roches: de la microtectonique a la chaine de montagne. In: ALLÈGRE,C.J. e MATTAUER,M. 1972, Structure e Dinamique de la lithosphère. Hermann, Paris, IV, p.199-264.

McKENZIE,D. - 1979 - Some remarks of the development of sedimentary basins. Earth and Planetary Science Letters, 40:25-32.

MENDIGUREN,J.A. e RICHTER,F.M. - 1978 - On the origin of compressional intraplate stresses in South America. Rev.Bras.Geoc., 8:90-101.

MOODY,J.D. - 1973 - Petroleum exploration aspects of wrench fault tectonics. AAPG Bull, 57(3):449-476.

MOODY,J.D. e HILL,M.J. - 1956 - Wrench fault tectonics. GSA Bull, 67:1207-1246.

MORITZ JR,A. e FIORI,A.P. - 1987 - Análise de seixos deformados da Formação Camarinha. In:SIMP.SUL BRAS.GEOL., 3, Curitiba , 1987. Atas... Curitiba, SBG v.1, p.107-122.

MORLEY,C.K. - 1986 - Vertical strain variations in the Osen-Roa thrust sheet, North-Western Oslo Fjord, Norway. Jl.Struc.Geol. 8(6):621-632.

MURATORI,A.; FUCK,R.A. e BIGARELLA,J.J. - 1967 - Contribuição ao estudo da Formação Camarinha. Boletim Paranaense de Geociências, 23-25:221-235.

MURREL,S.A.F. - 1977 - Natural faulting and the mechanics of brittle shear failure. Jl.Geol.Soc.London, 133:175-189.

NAYLOR,M.A.; MANDL,G. e SIJPE STEIJN,C.H.R. - 1986 - Fault geometries in basement - induced wrench faulting under different initial stress states. Jl.Struc. Geol., 8(7):737-752.

ODONNE,F. e VIALON,P. - 1983 - Analogue Models of folds above a wrench faut. Tectonophysics, 99:31-46.

PAIVA,I.P.; BATOLLA JR.,F.; CARVALHO,M.A.S.; COLANERI,S.; AGUIAR NETO,A. - 1977 - Projeto Leste do Paraná. Relatório Final da Folha de Apiaí. Convênio DNPM-BADEP.IGUFP, v.1, São Paulo,228p.

PARK,R.G. - 1983 - Foundations of Structural Geology. New York, Charman and Hall, 137 p.

PATERSON,M.S. - 1958 - Experimental Deformation and Faulting in Wombeyam Marble. Bull.Geol.Soc.Am., 69:465-476.

PIEKARZ,G.F. - 1984 - Geologia e resultados preliminares da pesquisa no Núcleo Betara da Formação Perau (PR). In:CONGR:BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro,SBG v.7, p.3682-3696.

POLIDORO,G.F.B. e GONÇALVES,M.R. - 1984 - Mapa Geológico das parciais das Folhas do Cerne, Ouro Fino, Bateias e Campo Magro, escala 1:10.000. Trabalho de Formatura, equipe I-1º/1984,Departamento de Geologia, UFPR, Curitiba-PR. Texto Final, Mapa Geológico e demais anexos (inédito).

POPP,J.H. - 1972 - Contribuição a estratigrafia e sedimentologia da Formação Camarinha (Pré-Devoniano do Estado do Paraná). Boletim Paranaense de Geociencias, UFPR, 30:7-71.

RAGAN,D.M. - 1973 - Structural Geology. Znd Edn. Wiley, New York.

RAMSAY,J.G. - 1967 - Folding and Fracturing of rocks. McGraw Hill, New York, 568p.

RAMSAY,J.G. - 1980 - Shear Zone Geometry: a riview. Jl.Struct. Geol., 2:83-89.

RAMSAY,J.G. e GRAHAM,R.H. - 1970 - Strain variation in Shear Belts. Can.Jl.Earth Sci, 7:786-813.

RAMSAY,J.G. e HUBER,M.I. - 1983 - The Technique of modern structural Geology. Vol. I: Strain Analysis. Academic Press, New York, 307p.

RAMSAY,J.G. e HUBER,M.I. - 1987 - The Techniques of Modern Structural Geology. VOL II: Folds and Fractures. Academic Press,700p.

RANALLI,G. - 1977 - Correlation between length and offset in strike slip faults. Tectonophysics, 37:T_1-T_7.

READING,H.C. - 1980 - Characteristics and recognition of strike slip fault systems. In: BALLANCE,P.F. e READING,H.C.(eds) Sedimentation in oblique slip mobile zone..Spec.Publ.Internat. Assoc.Sedimentologists, 4:7-26.

RIBEIRO,M. - 1980 - Geossuturas do Estado do Rio Grande do Sul. In:CONGR.BRAS.GEOL., 31, Camboriú, 1980. Anais... Camboriú, SBG v.5, p.2709-2718.

RIEDEL,W. - 1929 - Zur mecjanick geologischer Brucherscheinungen. Centralbl.f.Mineral.Geolo.u.Pal., 1929(B):354-368.

SADOWSKI,G.R. - 1976 - Ativação da plataforma na América do Sul e as zonas de fraturas do Atlântico Sul. In: CONGR.BRAS.GEOL. 29, Ouro Preto, 1976. Anais... Ouro Preto, SBG v.2, p.13-23.

SADOWSKI,G.R. - 1980 - Plataformal Activation in South America and the Atlântic Fracture Zone. In: CONGR.GEOL.INT., 26th, Ses.5, Resumés, 1:385.

SADOWSKI,G.R. - 1983 - Geologia Estrutural de Cinturões de Cisalhamento Continentais. Tese de Livre Docência. IG-USP,108p.

SADOWSKI,G.R. - 1984 - Estado da arte do tema: Geologia Estrutural de Grandes Falhamentos. In: CONGR.BRAS.GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais,,, Rio de Janeiro, SBG v. ,p.17.67 - 17193.

SADOWSKI,G.R. - 1987 - A possible relation between pulses of plataform activation and plate kenematics. Tectonophysics, 143:43-57.

SADOWSKI,G.R. - 1989 - Resumos do Congr.Intern.Geol.Washington.

SADOWSKI,G.R. e DIAS NETO,C.M. - 1981 - O lineamento sismotectônico de Cabo Frio. Rev.Bras.Geoc., 11:209-212.

SADOWSKI,G.R. e MOTIDOME,M.J. - 1987 - Brazilian Megafauts. Revista Geológica do Chile, 31:61-75.

SADOWSKI,G.R.; CSORDAS,S.M.; e KANJI,M.A. - 1978 - Sismicidade da Plataforma Brasileira. In:CONGR.BRAS.GEOL., 30, Recife, 1976. Anais... Recife, SBG v.5, p.2347-2361.

SANDER,B. - 1911 - Uber Zusammenhange Zwischen Teilbewewgung und Gefüge in Gesteinen-Tschermaks. Mineral.Petrogr.Mitt., 30:381 384.

SCHOBBENHAUS,C.; ALMEIDA CAMPOS,D.; DERZE,G.R.; e ASMUS,H.E. - 1981 - Mapa Geológico do Brasil. DNPM - Ministério da Minas e Energia.

SCHOLL,W.U. - 1981 - Geologia do Grupo Açungui na Região à no - roeste de Rio Branco do Sul(PR). In: SIMP.REGIONAL DE GEOLOGIA, 1, Curitiba, 1981. Atas... Curitiba, SBG v.1, p.170-184.

SIBSON,R.H. - 1977 - Fault rocks and fault mechanisms. Jl.Geol. Soc. London, 133:191-213.

SILVA,A.T.S.F. - 1982 - Projeto de Integração e Detalhe Geológico do Vale do Ribeira. Mapas Geológicos, escala 1:100.000. Convênio CPRM/SUREG/SUL.

SILVA,M.E. - 1981 - Análise Estrutural das Faixas Ectiníticas associadas ao Falhamento de Cubatão entre as regiões de Juquiá e Pedro Barros, Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, IG-USP., 118p.

SILVA,M.E.; SADOWSKI,G.R.; e TROMPETTE,R.R. - 1982 - Modelo Geométrico e Cinemático para os falhamentos de Idade Brasiliana da Faixa de dobramento Ribeira, Estado de São Paulo, Brasil. In: CONGR.LATINO AMERICANO DE GEOLOGIA, tomo II, p.11-21.

SIMPSON,C. - 1982 - Strain and Shape-Fabric variations associa - ted with ductile shear zones. Jl.Struc.Geol., 5:61-72.

SIMPSON,C. - 1983 - Displacement and strain patterns from naturally ocurring shear zone terminations. Jl.Struc.Geol., 5:497 - 506.

SIMPSON,D. - 1986 - Deetermination of movement sense in Myloni - tes. Jl. of Education, 34:246-261.

SIMPSON,C. e SCHMIDT,S.M. - 1983 - An Evaluation of Criteria to deduce the sense of moviment in sheared rocks. Geol.Soc.Am. Bull., 94:1281-1288.

SOARES,P.C. - 1984 - Mapa Geológico da área do escudo do Paraná- Mapa tectônico simplificado (integração de elementos morfoestruturais de imagem de satélite Landsat e geológicos). Inédito.

SOARES,P.C. - 1985 - Seleção de Prospectos no Estado do Paraná: Avaliação Estrutural. Relatório parcial de consultoria nº 02,

Rio Doce Geologia e Mineração S/A., Curitiba-PR.(relatório interno).

SOARES,P.C. - 1987 - Sequências tecto-sedimentares e tectônica deformadora no centro-oeste do escudo paranaense. In:SIMP. SUL BRAS.GEOL., 3, Curitiba, 1987. Atas... Curitiba, SBG v.2, p.743-772.

SOARES,P.C. e FIORI,A.P. - 1976 - Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. Not. Geomorfol., Campinas, 16(32):71-104.

SOARES,P.C.; GÓIS,J.R. - 1987 - Geologia do Granito Passa Três (PR) e suas mineralizações auríferas. In: SIMP.SUL BRAS.GEOL., 3, Curitiba, 1987. Atas... Curitiba, SBG v.2, p.497-514.

SOARES,P.C.; STEVANATO,R.; e CAMARGO,C.R. - 1987 - Geologia do noroeste da Faixa Itaiacoca - PR. In: SIMP.SUL BRAS.GEOL., 3, Curitiba, 1987. Atas... Curitiba, SBG v.1, p.245-262.

SPRY,A. - 1969 - Metamorphic textures. Pergamon Press Ltd.,350 p.

SYLVESTER,A.G. - 1988 - Strike-Slip faults. Geological Society of America Bull., 100:1666-1703.

SYLVESTER,A.C. e SMITH,R.R. - 1976 - Tectonic Transpression and basement - controled deformation in San Andreas Fault Zone, Salton Trough, California. AAPG Bull, 60(12):2081-2102.

SZATMARI,P.; CONCEIÇÃO,J.C.J.; CUNHA LANA,M.; MILANI,E.J. - 1984 Mecanismo tectônico do rifteamento Sul Atlântico. In:CONGR. BRAS.GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG v.4, p.1589-1601.

TCHALENKO,J.S. - 1970 - Similarities between shear zones of different magnitudes. GSA Bull., 81:1625-1640.

TCHALENKO,J.S. e AMBRASEYS,N.N. - 1970 - Structural Analysis of the Dasht-e-Bayz (Iran) earthquake features. Geol.Soc.Am.Bull, 81:41-60.

THOMAS,G.E. - 1974 - Lineament block tectonics: Williston-Blood Creek Basin. Am.Assoc.Petroleum Geologists, 58(7):1305-1322.

TREIN,E.; e FUCK,R.A. - 1967 - O Grupo Castro. In:Geologia Pré - Devoniana e Intrusivas Subsequentes da Porção Oriental do Estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, 23-25.

VIALON,P. - 1979 - Les deformations continues-descontinues des roches ahisotropes. Eclogae Geol.Helv., 72(2):531-549.

VIALON,P.; RUHLAND,M. e GROLIER,J. - 1976 - Elements de Tectonique Analytique. Masson, Paris, 118p.

WILCOX,R.E.; HARDING,T.P.; e SEELY,D.R. - 1973 - Basic wrench tectonics. AAPG Bull., 57:79-96.

WISE,D,E.; DUNN,D.E.; ENGELDER,J.T.; GEISER,P.A.; HATCHER,R.D.; KISH,S.A.; ODON,A.L. e SCHAMELIS - 1984 - Fault-related rocks: suggestions for terminology. Geology 12:391-394.

WOODCOCK,N.H. e FISCHER,M. - 1986 - Strike-slip duplexes.Jl. Struct.Geology, 8(7):725-735.

ZALÁN,P.V. - 1986 A - A tectônica transcorrente na exploração de petróleo: uma revisão. Rev.Bras.Geociências, 16(3):245-257.

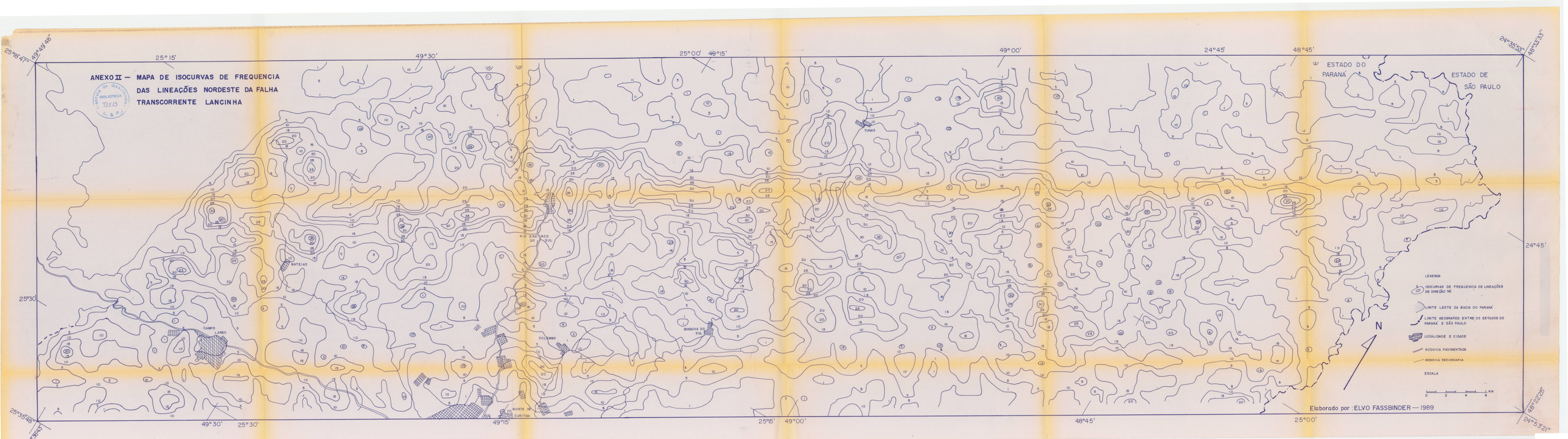
ZALÁN,P.V. - 1986 B - Identificação de falhas transcorrentes em seções sísmicas. Rev.Bras.Geologia, 16(3):258-265.

ZALÁN,P.V.; CONCEIÇÃO,J.C.J.; WOLFF,S.; ASTOLFI,M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI,V.T.; NETO,E.V.S.;CERQUEIRA,J.R.; ZANOTTO,O.A.; PAUMER,M.L.; MARQUES,A. - 1986 - Análise da Bacia do Paraná. Relatório Interno da Petrobrás. DEPEX/CENPES nº 1035-5765, Rio de Janeiro, 5 volumes.

ZALÁN,P.V.; WOLFF,S.; CONCEIÇÃO,J.J.; ASTOLFI,M.A.M.; VIEIRA,I. S., APPI,V.T.; ZANOTTO,O.A. - 1987 - Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In: SIMP.SUL BRAS.GEOL., 3, Curitiba, 1987. Atas... Curitiba, SBG v.1, p.441-476.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
BIBLIOTECA
7513
U. & P.

ANEXO I — SISTEMA DE LINEAÇÕES DA FALHA DA LANCINHA E DE PROCESSOS REGIONAIS



Instituto de Geociências BIBLIOTECA 7513 U.S.P.

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
T/513
U. S. P.

ANEXO III — MAPAS DE PONTOS

LEGENDA

- 015 Ponto de observação
- ○ Ponto de controle litologico de diabasio (Diques Mesozoicos)
- Sistema de Falhamento Lancinha
- Rodovia pavamentada
- Malha de estradas secundaria
- Caminho
- Cidade
- Localidade
- Lago
- Área de detalhamento
- Porção oriental da bacia do Paraná
- Pontos citados no texto

ESCALA

0 1 2 3 4 5 6 7 Km

1:100.000

MAPAS BASE

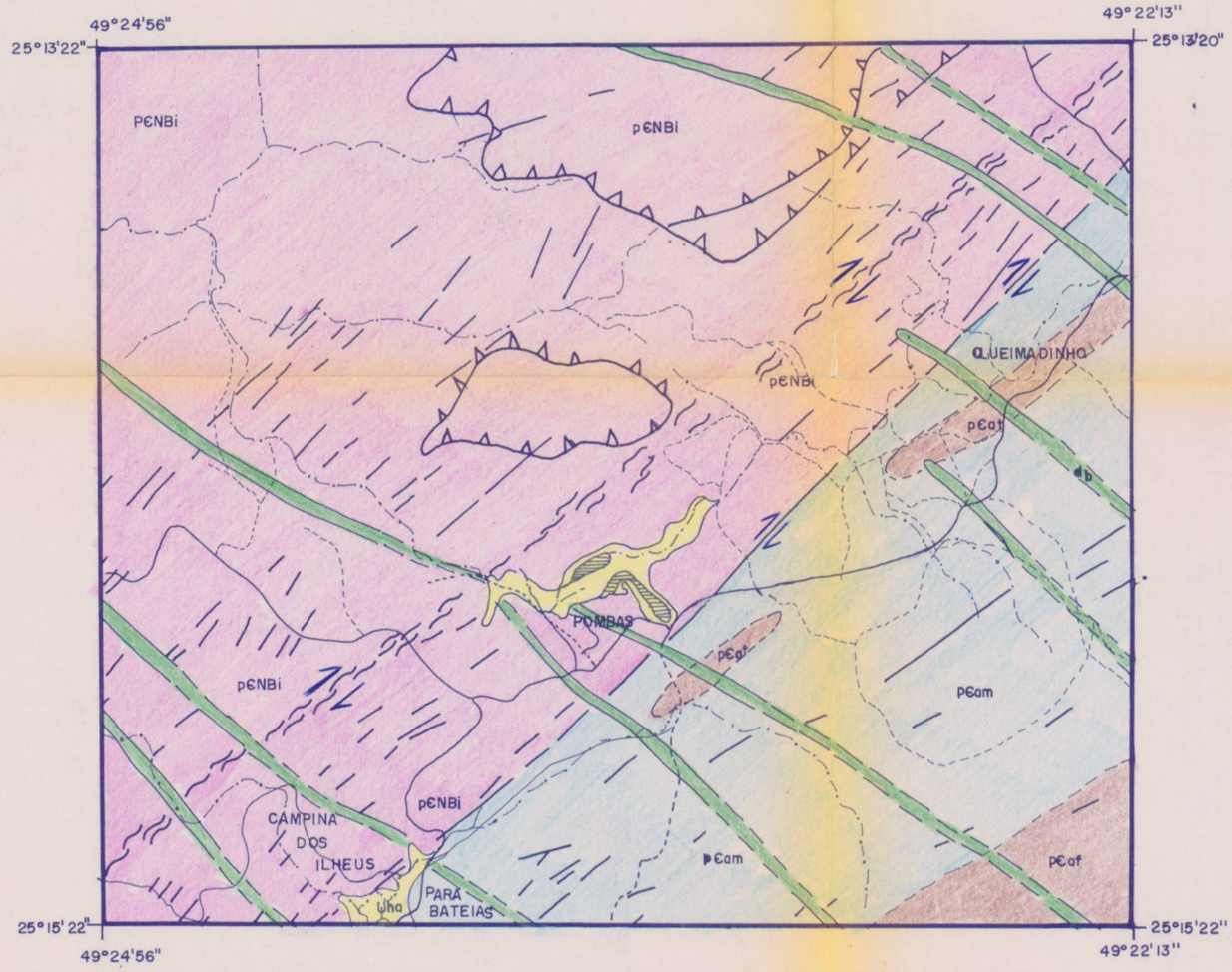
Mapas topográficos da COMEC Nº 087, A090, A097, Escala 1:20.000

Mapa geológico — Estrutural da região de Bateias — Bocaiúva do Sul — Fiori et al (em confecção), Escala 1:100.000

Confeccionado por: ELVO FASSBINDER — 1989

ANEXO IV — MAPA GEOLOGICO-ESTRUTURAL DA ÁREA DE POMBAS

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
T/513
U. S. P.



ESCALA

0 200 400 600 800 1.000 METROS 1:20.000

BASE TOPOGRAFICA — CARTA DA COMEC-A.—087, ESCALA 1:20.000

FOTOINTERPRETAÇÃO — FOTOS AEREAS DA CRUZEIRO DO SUL, 1980
ESCALA: 1:25.000,
NÚMERO: 51.106 e 51.062

N

CONVENÇÕES

LITOLOGICAS

- ψha Depositos recentes
- db Diques basicos juro-cretáceos

GRUPO ACUNGU (Fm. CAPIRÚ)

- pЄam Marmores
- pЄaf Filitos

NUCLEO BETARA

- pЄNBi Gnaisses, milonitos, xistos
- pЄNBq Quartzitos

GEOLOGICAS

- ZONA DE CIZALHAMENTO DE ALTO ANGULO
- FALHA TRANSCORRENTE APROXIMADA
- TRAÇOS DE FOLIAÇÃO/FRATURAS: ALINHAMENTO ESTRUTURAL
- FALHA DE EMPURRÃO OU CAVALGAMENTO
- RELAÇÃO DESCONHECIDA ENTREA FALHA TRANSCORRENTE E DIQUES DE DIABASIO
- CONTATO GEOLOGICO DEFINIDO
- CONTATO GEOLOGICO APROXIMADO
- CONTATO GEOLOGICO INFERIDO
- XISTOSIDADE COM MERGULHO DEFINIDO

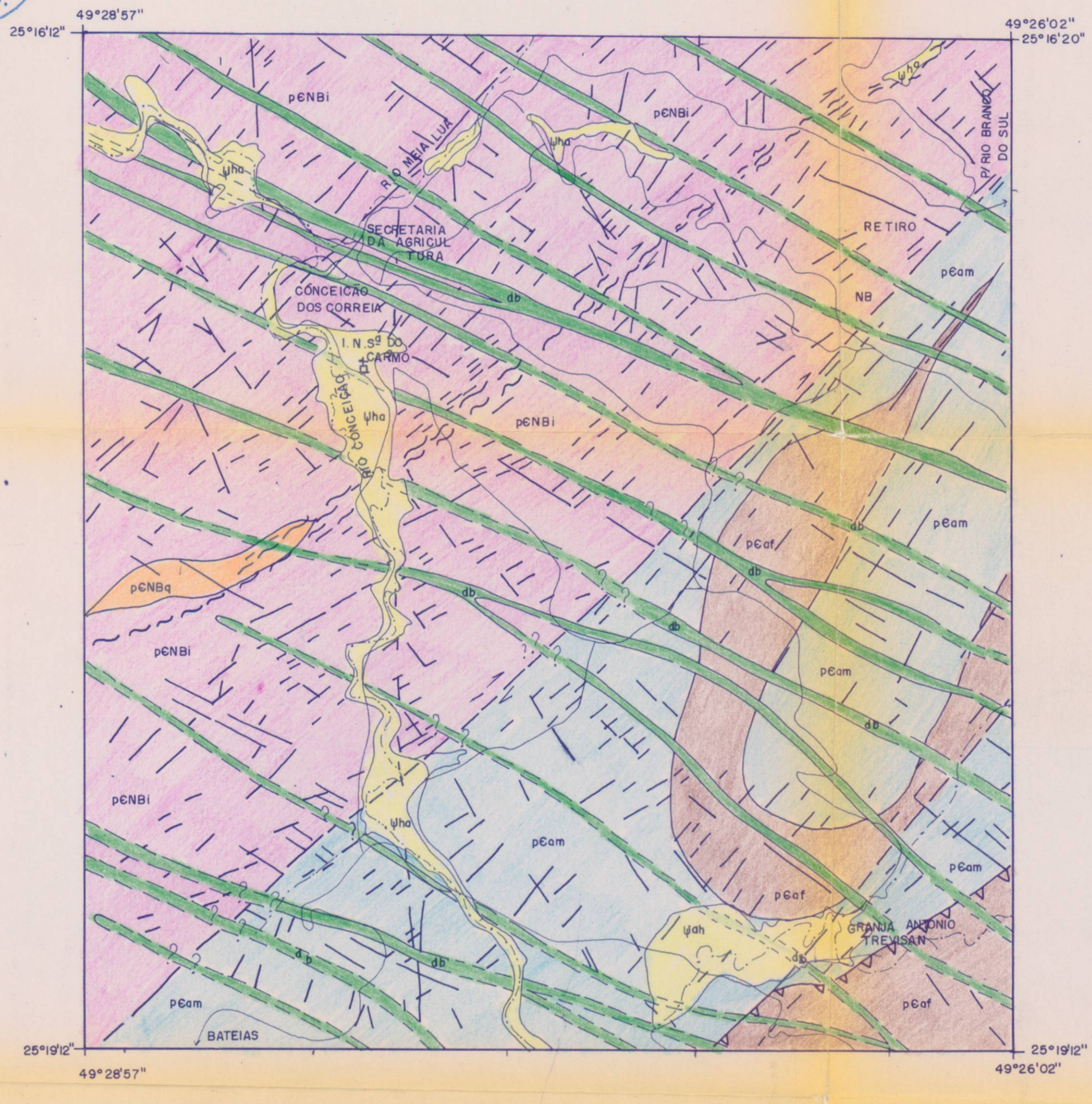
PLANIMETRICAS

- Localidade
- Estrada de saibro
- Rios e corregos
- Habitação
- Igrejas
- Lagos e pantanos

CONFECCIONADO POR- ELVO FASSBINDER-1989

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
TJ513
U. S. P.

ANEXO-V- MAPA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DA ÁREA DE OURO FINO



CONVENÇÕES

LITOLÓGICAS

- ψha — Depósitos recentes
- db — Diques básicos juro-cretáceos

GRUPO ACUNGUI (Fm. CAPIRÚ)

- pЄam — Mármores
- pЄaf — Filitos

NÚCLEO BETARA

- pЄNBi — Gnáisses, Milonito, Xisto
- pЄNBq — Quartzito

GEOLÓGICAS

- ZONA DE CISALHAMENTO DE ALTO ÂNGULO
- FALHA TRANSCORRENTE APROXIMADA
- TRAÇOS DA FOLIAÇÃO / FRATURAS: ALINHAMENTO ESTRUTURAL
- FALHA DE EMPURRÃO OU CAVALGAMENTO
- RELAÇÃO DESCONHECIDA ENTRE A FALHA TRANSCORRENTE E DIQUES DE DIABÁSIO
- CONTATO GEOLÓGICO DEFINIDO
- CONTATO GEOLÓGICO APROXIMADO
- CONTATO GEOLÓGICO INFERIDO
- XISTOSIDADE COM MERGULHO DEFINIDO

PLANIMÉTRICA

- Localidade
- Estrada de Saibro
- Rios e Córregos
- Habitações
- Igrejas
- Lagos e Pântanos

ESCALA 0 200 400 600 800 1.000 METROS — 1:20.000

BASE TOPOGRAFICA: CARTA DA COMEC A—097, ESCALA 1:20.000

FOTOINTERPRETAÇÃO: FOTOS AÉREAS DA CRUZEIRO DO SUL, 1980 ESCALA 1:25.000, Nº 51.062

N

ELVO FASSBINDER