TECTÔNICA TRANSCORRENTE E IMAGENS TM-LANDSAT APLICADAS À PROSPECÇÃO DE FLUORITA E BARITA EM SANTA CATARINA

ANTÔNIO CARLOS FERREIRA* e TEODORO ISNARD RIBEIRO DE ALMEIDA**

ABSTRACT WRENCH-FAULT TECTONICS AND TM-LANDSAT IMAGERY APPLIED TO FLUORITE AND BARITE PROSPECTION ON SANTA CATARINA STATE, BRAZIL. The use of TM-Landsat (INPE-MCT) images wih infra-red air photographs and an intense field campaign has proved to be of fundamental importance in identification of tectonic lineaments. Features such as divergent shear zones, normal faults, *én échelon* tension fractures, negative flower structures, and transtensional basins have been recognised. These structures are associated with zones of transcurrent movement and brittle shear at shallow crustal levels where the rocks have undergone fragmentation and crushing. The shear zones have reactivated old deep-seated ductile shear zones expressed today as mylonites, blastomylonites, and Augen gneiss. The old lineaments were reactivated in the Mesozoic (post-Itararé), probably by lithospheric plate displacement linked with the opening of the South Atlantic and ocean-floor spreading. Fluorite-barite-quartz mineralization are found along these lineaments in a general direction N10E showing a transtensional setting wich favoured the access of hidrothermal fluids and subsequent cementation and infilling of dilation and fragmented zones. The choice of TM-Landsat sensor was made due the association: spectral resolution, geometric resolution possibility of digital processing, and homogenity of illumintation. Besides their topographic expression the lineaments were recognisable by their spectral characteristics, contrast stretch and directional filtering. The channels used (either alone or in combination) where 3, 4, 5 and 7.

RESUMO A utilização de imagens TM-Landsat (INPE-MCT), com o apoio de fotografias aéreas infra-vermelho e associada a intensa campanha de campo, foi de fundamental importância na identificação de lineamentos tectônicos. Neles são reconhecidas zonas de cisalhamento divergente, falhas normais, fraturas de tensão (tração) com padrão *en échelon*, estruturas em flor negativas e bacias de transtensão. Essa associação estrutural caracteriza faixas ou zonas "móveis" transcorrentes, rúpteis, de nível crustal raso, com fragmentação e trituração das rochas, reativando antigas zonas móveis dúcteis, de nível profundo, com deformação predominantemente plástica, hoje aflorantes e representadas por milonitos, blastomilonitos e *augen-gnaisses*. Esses lineamentos antigos foram reativados no Mesozóico (pós-Itararé), provavelmente pelo deslocamento de placas litosféricas associado à abertura do Atlântico Sul e expansão do assoalho oceânico. As mineralizações de fluorita-barita-quartzo encontram-se instaladas ao longo desses lineamentos, de direção geral N10E, em ambientes transtensionais, onde foi favorecida a percolação dos fluidos hidrotermais, com cimentação e preenchimento de zonas abertas e fragmentadas. A escolha do sensor TM-Landsat deu-se pela associação: resolução espectral-resolução geométrica-possibilidade de tratamento digital-homogeneidade de iluminação. Além da expressão topográfica, as características espectrais dos lineamentos em questão e programas de realce de contraste e filtragens direcionais foram responsáveis por sua identificação. As bandas utilizadas, isoladamente ou em combinações foram 3, 4, 5 e 7.

INTRODUÇÃO O distrito fluorítico localizado no sudeste de Santa Catarina (Fig. 1) é responsável por cerca de 90% da produção de fluorita do país. Inúmeros são os trabalhos de campo e laboratório que tratam da geologia da fluorita, entre outros: Angeiras & Teixeira (1965), Willig (1973), Savi (1980), Horbach & Marimon (1982), Issler & Kaul (1983), Morgental & Kirchner (1983), Bastos Neto & Savi (1985) e Dardene (1985). Não têm sido divulgados, entretanto, modelos estruturais abrangentes baseados na associação dos depósitos com tectônica transcorrente divergente.

O presente trabalho procura avançar no conhecimento do controle estrutural das mineralizações de fluorita-barita--quartzo do distrito fluorítico, cotejando um grande volume de informações de campo, inclusive sondagens e mapeamento de galerias de minas subterrâneas. Por outro lado, apresenta-se também a aptidão das imagens TM-Landsat na detecção dos lineamentos (zonas de cisalhamento) condicionadores, na região, dos bens minerais em questão.

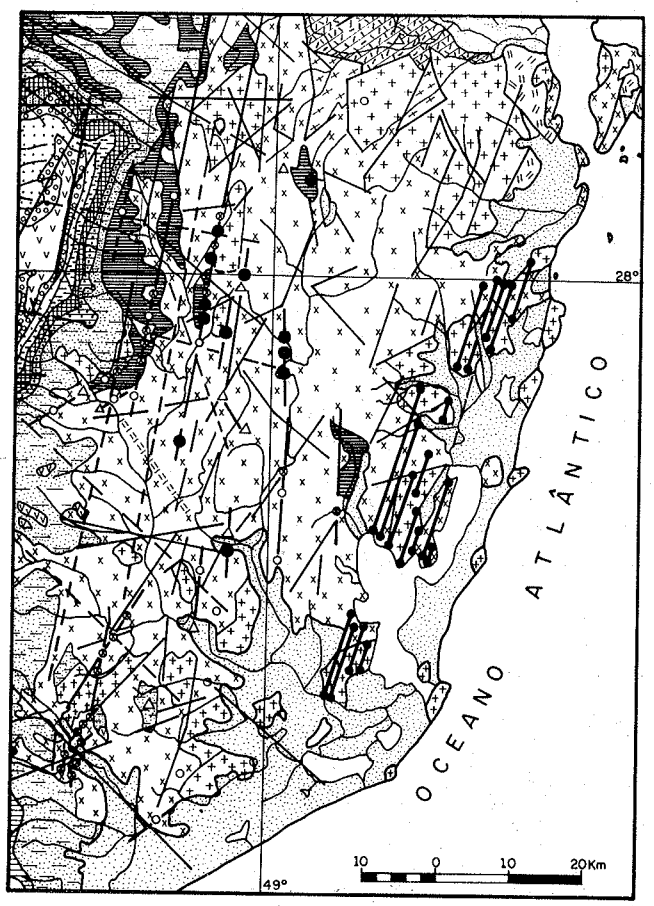
CONTEXTO GEOLÓGICO Vários são os trabalhos e discussões sobre a geologia e geotectônica do sudeste de Santa Catarina; entre outros Putzer (1955), Trainini *et al.* (1978), Horbach & Marimon (1982), Morgental & Kirchner (1983), Basei (1985), Silva (1987) e Issler (1983).

O embasamento cristalino na região estudada (Fig. 1) é composto por granitóides proterozóicos intrusivos, polidiapíricos, sin-, tardi- e pós-tectônicos, variando de Px-dioritos (*arc-tholeitic*) a granitos alcalinos aluminosos potássicos, com tendência shoshonítica, com termos intermediários representados por quartzo-dioritos, granodioritos, quartzo-monzonitos e principalmente de biotita granitos de natureza calco-alcalina a sub-alcalina, pertencentes à zona central do Cinturão Dom Feliciano, descrito por Fragoso-César (1980). Localmente apresentam mudanças texturais e composicionais dadas pelos fenômenos de microclinização, metamorfismo de contato, metamorfismo cataclástico e hidrotermalismo, superpostos aos processos ígneos originais. Essas rochas encontram-se, a leste, cobertas por sedimentos gondwânicos permocarboníferos, constituídos principalmente de tilitos, varvitos, arenitos, siltitos e folhelhos, não raro cortados e intercalados por diques e *sills* de diabásio contemporâneos à Formação Serra Geral: a norte, ocorrem intrusões de rochas do Complexo Alcalino de Anitápolis (Rodrigues 1985) representadas por piroxenitos, dunitos, nefelina-sienitos, ijolitos, álcali-sienito e carbonatitos; e a leste são cobertas por depósitos cenozóicos aluvionares, coluviais, marinhos, lacustres e mistos (IBGE 1986).

As mineralizações hidrotermais de fluorita encontram-se encaixadas principalmente em falhamentos (Putzer 1953).

AS MINERALIZAÇÕES DE FLUORITA E BARITA DO SUDESTE DE SANTA CATARINA **Localização das principais ocorrências** Nos mapeamentos geológicos realizados nas áreas de fluorita (região de Rio dos Bugres, Rio Bravo e Rio do Ouro) localizadas próximas ao paralelo 28°S

* Mineração Santa Catarina Ltda. - Votorantim. Rua 7 de Setembro, 1203, CEP 88760, Rio Fortuna, SC, Brasil
** Ibar Nordeste S/A. - Votorantim, Pós graduação IG-USP. Rua Itapicuru, 57, Ap. 6, CEP 05006, São Paulo, SP, Brasil



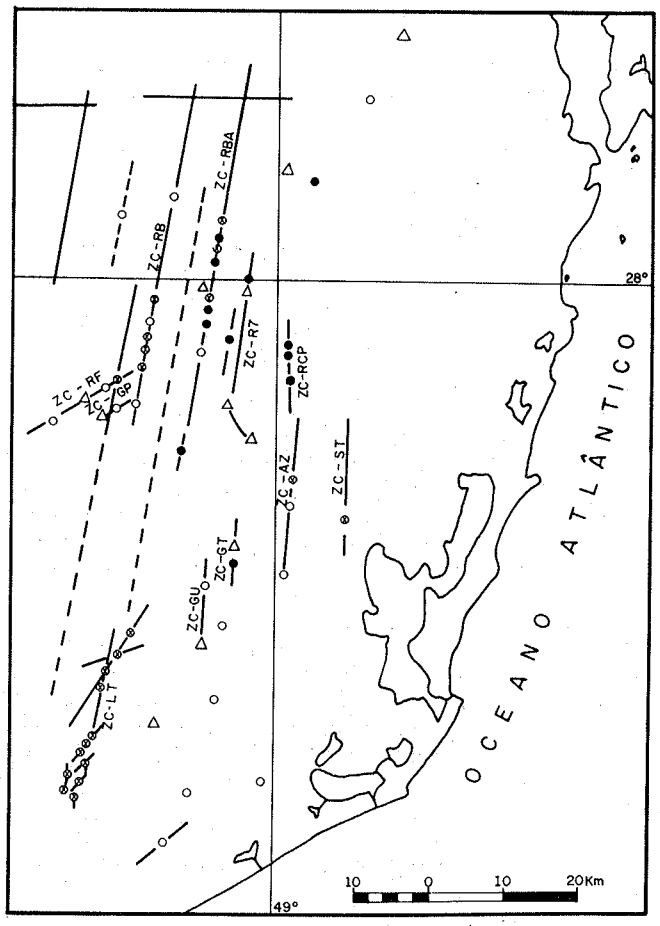


Figura 2 – Mapa de localização das principais zonas de cisalhamento rúpteis N0–10E e N60E de nível crustal raso, associadas aos depósitos de fluorita-barita-quartzo de Santa Catarina. **1.** *zonas de cisalhamento;* **2.** *água mineral;* **3.** *ocorrência de barita;* **4.** *mina de fluorita;* **5.** *ocorrência de fluorita*

Figure 2 – Detail of the major shear zones (N0-10E and N60E) and associated Santa Catarina fluorite-barite-quartz mineralizations; **1.** shear zones; **2.** mineral water; **3.** barite occurrence; **4.** fluorite mines; **5.** fluorite occurrences

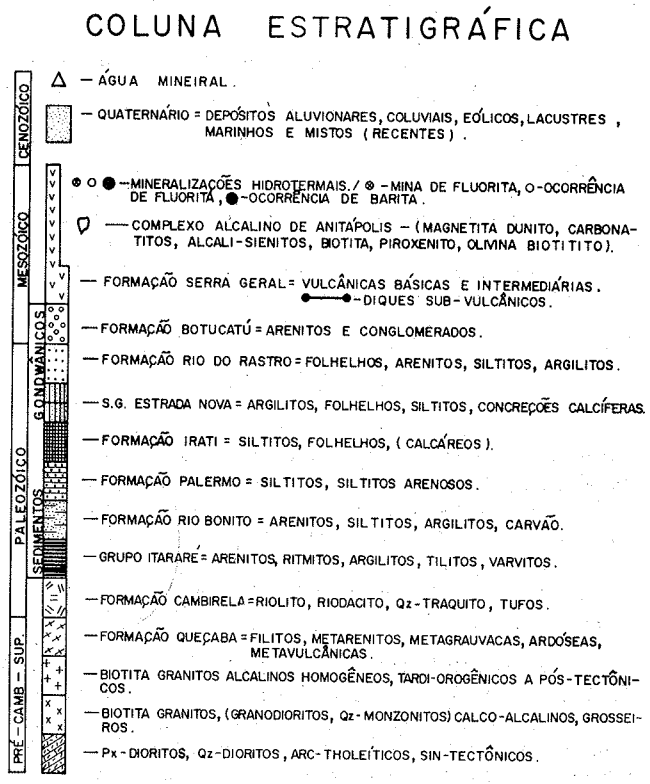


Figura 1 – Esboço geológico do sudeste de Santa Catarina. Modificado de Atlas geológico de Santa Catarina, IBGE (1986)

Figure 1 – Geologic map of southeast Santa Catarina. Modified from Atlas Geológico de Santa Catarina (IBGE 1986)

(Fig. 1), verificou-se que as principais jazidas se encontram alinhadas e intercaladas com inúmeros afloramentos de falhas hidrotermalizadas e silicificadas com indícios de mineralização. Verificou-se também que as áreas no interior dos blocos delimitados por essas principais zonas mineralizadas de direção N0–10E são muito pobres em evidências de hidrotermalismo.

Da observação do esboço geológico (Fig. 1) e do mapa de lineamentos traçado sobre imagens TM do satélite Landsat-4 (Fig. 29), vê-se de imediato que as ocorrências e depósitos de fluorita e barita do Estado de Santa Catarina encontram-se alinhadas e inseridas em zonas ou feixes de cisalhamento de direção preferencial N10E, subordinadamente N60E, expressos na área pelos grandes falhamentos transcorrentes, retilíneos e quilométricos, representados no campo por blastomilonitos, milonitos, cataclasitos e/ou brechas silicificadas. No mapa (Fig. 2) foram agrupados e plotados os principais lineamentos denominados zonas de cisalhamento: Rio dos Bugres (ZC-RB), Rio Bravo Alto (ZC-RBA) e Linha Torrens (ZC-LT). As zonas de cisalhamento São Tomaz (ZC-ST), Rio Sete

(ZC-R7), Armazém (ZC-Az), Gravatal (ZC-Gr), Guarda (ZC-Gu) e Rio Capivari (ZC-Cp), apesar de não se situarem na área estudada por satélite, apresentam no campo e nas fotografias aéreas o mesmo padrão e controle estrutural. As zonas de cisalhamento Rio Facão (ZC-RF) e Grão-Pará (ZC-GP) têm direção N60E e são facilmente reconhecidas em aerofotos.

As principais ocorrências e jazidas de cada zona de cisalhamento encontram-se listadas na tabela 1.

A localidade de Rio Bravo Alto faz intersecção de duas áreas: uma com grande incidência de mineralizações de fluorita, a oeste, e a outra com barita, a leste (Fig. 2), semelhante ao zoneamento lateral apresentado no Distrito Fluorítico de Illinois, Kentucky (Brecke 1964, 1979).

CARACTERÍSTICAS DOS FILÕES MINERALIZADOS Desenhos esquemáticos da estrutura interna dos filões mineralizados foram apresentados primeiramente por Teixeira & Angeiras (1965) e posteriormente detalhados por Savi (1980) e Morgental (1984). As características do corpo filoniano são função direta da ordem evolutiva e número dos eventos superpostos, em que a cada reativação ou movimentação fica registrada marcas dos eventos anteriores.

A paragênese principal quartzo-fluorita-barita ocorre basicamente na forma de cimento e fragmento. Geralmente, aparecem cimentando fraturas abertas (na forma de minério bandado) ou cimentando fragmentos de rocha, fragmentos de brecha e/ou de minério. Os fragmentos de brecha e minério ocorrem invariavelmente nas estruturas reativadas. Os fragmentos de rocha cataclasada ou milonitizada são comuns em falhas cisalhantes antigas profundas (Tp), de comportamento dúctil, reativadas próximo ou em superfície, por falhas normais (Fn) e/ou transcorrentes cisalhantes superficiais rúpteis (Ts).

Os fragmentos de rocha com textura original preservada ocorrem comumente nas falhas normais puras. As falhas normais e as fraturas abertas mineralizadas geralmente encontram-se associadas, não raro paralelas ou com passagens laterais gradativas de uma para a outra. Na fluorita bandada simétrica, que preenche as fraturas abertas da mina do Rio Chapéu (Fig. 3), foram encontrados esparsos fragmentos de granito (encaixante). Esta feição estrutural é correlacionável ao mecanismo proposto por Bastos Neto & Savi (1985) para as brechas de colapso, nas quais partes das paredes do vazio caem para seu interior, concomitantemente com a deposição de fluorita hidrotermal.

Um mesmo filão pode apresentar características diferentes na caixa filoniana quando parte dele utiliza e reativa uma falha preexistente ou quando corta diferentes tipos de rocha.

Na tabela 1 estão apresentadas esquematicamente as características das principais jazidas e ocorrências de fluorita e barita do sudeste catarinense, sendo que dois exemplos são

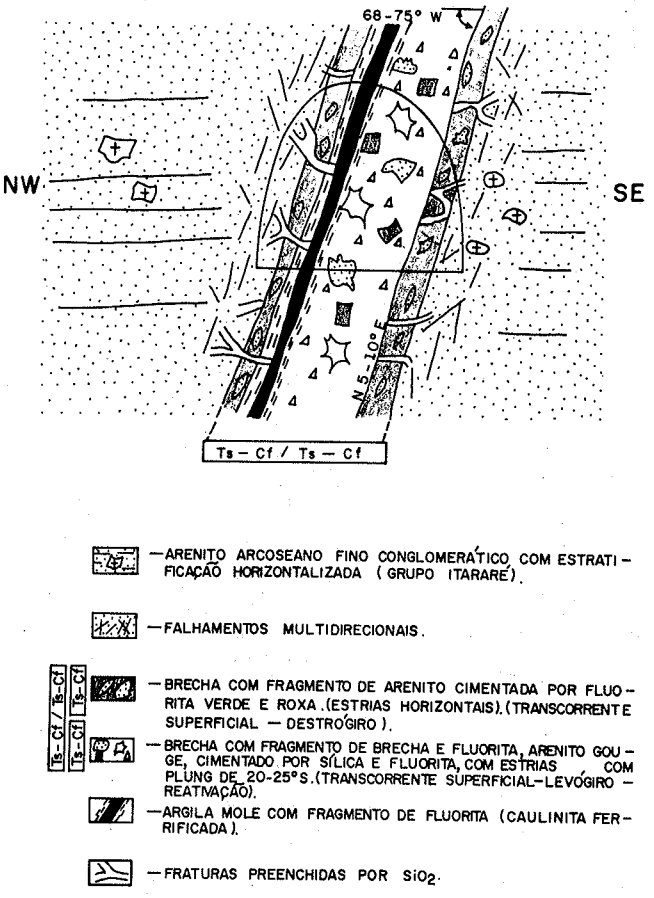


Figura 4 – Perfil geológico de detalhe (A), nível 18N1, Mina Rio dos Bugres
Figure 4 – Detail cross section, level 18, Rio dos Bugres mine.

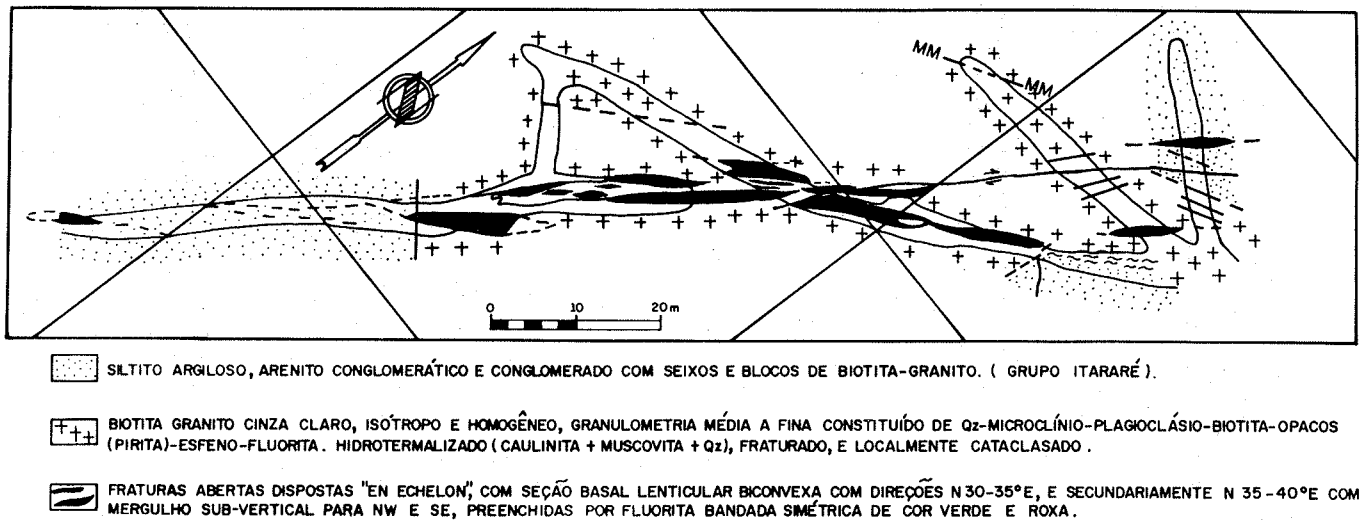


Figura 3 – Mapa geológico da galeria de encosta da mina de fluorita do Rio Chapéu
Figure 3 – Geologic map of adit; Rio Chapeu fluorite mine

Tabela 1 – Principais Jazidas e Ocorrências de Fluorita-Barita-Quartzo do Sudeste de Santa Catarina
Table 1 – Main jaziments and occurrences of Fluorite-Barite-Quartz of the Southeast of Santa Catarina State

ZONA DE CISALHAMENTO	JAZIDAS E OCORRÊNCIAS. (LOCAL)	SIGLA	FLUORITA	BARITA	ATITUDE DOS FALHAMENTOS: DIREÇÃO	ATITUDE DOS FALHAMENTOS: MERGULHO	ORDEM DOS EVENTOS FORMADORES DOS FALHAMENTOS	PADRÃO "EN ECHELON"	ROCHA FORMADA DURANTE OS FALHAMENTOS: MILONITO	CATACLASITO	BRECHA	ROCHA INDEFORMADA	ÁGUA MINERAL	ENCAIXANTE: EMBASAMENTO	COBERTURA SEDIMENTAR
ZC-RF	RIO FACÃO (MINA)	RF	■	Tr	N 30° E	SE	Fn – Cf	④			■			■	■
ZC-RF	RIO FACÃO (MINA)	RF	■	Tr	N25-30°E	80-90° SE	Fa – Cf	②				■		■	■
ZC-RF	RIO AREÃO – RIO FACÃO (MINA)	RAR	■	Tr	N55-60°E	80-90° SE	Tp/ Ts-Cf		■	■	■		Δ	■	■
ZC — RB	RIO CHAPÉU (MINA)	RC	■	Tr	N38° E	80° NW	Fn – Cf	⑥			■	■		■	■
ZC — RB	RIO CHAPÉU (MINA)	RC	■		N35-40° E	80° NW	Fa – Cf					■		■	■
ZC — RB	RIO CHAPÉU	RC	■		N50°E	SE	Tp / Ts – Cf		■	■	■		Δ	■	■
ZC — RB	RIO CHAPÉU (RIO)	RC	■		N50°E	SE	Tp / Ts – Cf		■	■	■			■	■
ZC — RB	RIO DOS BUGRES (III) (MINA)	RB	■		N38°E	NW	Fa – Cf				T	■			■
ZC — RB	RIO DOS BUGRES (III) (MINA)	RB	■		N15° E		Tp / Ts – Cf		■	■	■			■	■
ZC — RB	RIO DOS BUGRES (III) (MINA)	RB	■		N10° E	70° NW	Ts – Cf			?	■			■	■
ZC — RB	RIO DOS BUGRES (N1) (MINA)	RB	■		N5-15°E	70° NW	Tp/Ts-Cf / Ts-Cf		■	■	■			■	■
ZC — RB	RIO DOS BUGRES (S1) (MINA)	RB	■	Tr	N33°E	65° NW	Fn – Cf	③			■			■	■
ZC — RB	RIO DOS BUGRES (N1) (MINA)	RB	■		N4° E	64° NW	Tp/ Ts-Cf / Ts-Cf		■	■	■			■	■
ZC — RB	RIO DOS BUGRES (N3) (MINA)	RB	■		N10°E	74° NW	Tp/ Ts-Cf / Ts-Cf		■	■	■			■	■
ZC — RB	RIO DOS BUGRES (TrN2)(MINA)	RB	■		N40°E	75°NW	Tp / Fn-Cf / Fn- Cf		■	■	■			■	■
ZC — RB	RIO DOS BUGRES (N2) (MINA)	RB	■		N35°E	60° NW	Fn- Cf		■	■	■			■	■
ZC — RB	NOVA FÁTIMA (MINA)	NF	■		N35° E	80° NW	Tp/Fn-CSi/ Fn-Cf		■	■	■			■	■
ZC — RB	NOVA FÁTIMA (MINA)	NF	■		N10-15°E	80° NW	Tp/ Ts-CSi/ Ts-Cf		■	■	■			■	■
ZC — RB	RIO DOS ÍNDIOS (MINA)	RI	■	Tr	N20-30°E	SE	Tp/Fn- Cf	③			■			■	■
ZC — RB	RIO DOS ÍNDIOS (MINA)	RI	■	Tr	N7° E	SE/ NW	Ts/ Cf			?	■			■	■
ZC — RB	SILVINO BOEING	SB	Tr		N30° E				■		■			■	■
ZC — RB	RIO DOS BUGRES (RIO)	RB	■		N30° E	NW	Fn –Cf				■		Δ	■	■
ZC — RB	RIO CHAPÉU (CACHOEIRA)	RC	■		N25° E	80° NW	Fa – Cf					■		■	■
ZC — RB	RIO CHAPÉU (CACHOEIRA)	RC	■		N15° E	80 -90° NW	Ti/ Ts- Cf				■			■	■
ZC – RBA	GERÔNIMO ELLER	GE		■	N45° E		Tp/ Fn - Cb				■			■	■
ZC – RBA	GERÔNIMO ELLER	GE		■	N5-10° E	80°NW	Ts - Cb				■			■	■
ZC – RBA	RIO BRAVO ALTO (MINA)	RBA	■	Tr	N5-10°E	80° NW	Tp / Ts- Cf				■		Δ	■	■
ZC – RBA	ARROIO GRANDE (DAURÍ)	AG		■	N30° E	SE	Fn - Cb	④			■			■	■
ZC – RBA	ANDRINO DE PIERI	AP		■	N20° E	NW	Fn - Cb				■			■	■
ZC – RBA	RIO POVOAMENTO	RP	■		N35° E	NW/SE	Fn - Cf, b				■			■	■
ZC – RBA	RIO POVOAMENTO	RP	■		N50°E	SE/ NW	Tp/ Ts- Cf, b				■			■	■
ZC – RBA	BARRA DO RIO POVOAMENTO	BRP			N10° E	SE	Ts - Cb	2			■			■	■
ZC – RBA	RIO DO OURO (MINA)	RO	■	Tr	N5-10°E	NW	Tp / Ts - Cf				■			■	■
ZC-R7	RIO SETE	R7		■	N5-10°E		Tp / Ts - Cb				■			■	■
ZC-R7	RIO AREIA	RAA		■	N5° E		Tp/ Ts - Cb				■			■	■
ZC-ST	SÃO TOMAZ (MINA)	ST			N10°E		Tp/ Ts - Cf			?	■			■	■
ZC-CP	RIO CAPIVARI	RCP		■	N5-10°E	SE/ NW	Tp/Ts -Cb				■			■	■
ZC-CP	BARRA DO RIO SETE	BRS		■	N5-10° E	SE/ NW	Tp/Ts- Cb				■			■	■
ZC-CP	BARRA DO RIO SETE	BRS		■	N5-10° E	SE/ NW	Tp / Ts-Cb				■			■	■
ZC-AZ	ARMAZÉM (MINA)	AZ	■		N5° E		Tp/ Ts - Cf			?	■			■	■
ZC-AZ	VARGEM DAS CANOAS	VC			N5° E					?	■				■
ZC-AZ	SÃO JOSÉ	SJ			N5° E					?	■				■
ZC — LT	ROSALINO	R	■		N55° E	SE	Tp / Fn – Cf		■	■	■			■	■
ZC — LT	POÇO S5 (MINA)	S5	■		N50° E	85-90° NW	Fa – Cf					■		■	■
ZC — LT	POÇO S7 (MINA)	S7	■		N70° E	NW	Fa – Cf					■		■	■
ZC — LT	POÇO S6 (MINA)	S6	■		N65° E	NW	Fa – Cf					■		■	■
ZC — LT	POÇO B2 (MINA)	B2S3	■		N10-20° E	NW	Tp/Fa-Cf/ Fn-Cf/Fa-Cf					■		■	■
ZC — LT	COCAL SUL (MINA)	CS	■		N43° E	SE	Fa-Cf					■		■	■
ZC — LT	POÇO B3 (MINA)	B3	■		N25-40° E	80-45° SE	Fa – Cf		■	■	■			■	■
ZC — LT	POÇO B1, SC, S1 (MINA)	LT	■	Tr	N20-30°E	NW	Tp/Fa-Cf/Fn-Cf/Fa-Cf		■	■	■			■	■
ZC — LT	SANTA CATARINA (MINA)	SC	■	Tr	N10°E	SE	Tp/ Fa-Cf/ Fn-Cf/ Fa-Cf		■	■	■			■	■
ZC — LT	SÃO PEDRO (MINA)	SP	■		N30°E	80° SE					■		Δ	■	■
ZC — LT	CAFÉ (MINA)	CF	■		N30°E	NW					■			■	■
ZC — LT	RIBEIRÃO DA AREIA (MINA)	RA	■		N25°E	80° NW	Tp / Fn-Cf/ Fn-Cf		■	■	■		Δ	■	■
ZC — LT	MARAGNO S4 (MINA)	MG	■		N25° E	NW					■			■	■
ZC — LT	SCREMIN (MINA)	SM	■	Tr	N25° E	NW			■	■	■			■	■
ZC — LT	SORATO (MINA)	SR	■		N10° E									■	■
ZC — LT	CANELA GRANDE (MINA)	CG	■	Tr	N30° E		Tp/Fa-Cf/Fn-Cf/Fa		■	■	■			■	■
ZC — LT	CANELA PEQUENA (MINA)	CP	■		N30° E	NW	Tp/Fa-Cf / Fn-Cf/Fa		■	■	■			■	■
ZC — LT	CANELA PEQUENA (MINA)	CP	■		N60° E	NW	Tp/? Cf		■	■	■			■	■
ZC — LT	PINDOTIBA (MINA)	PT	■		N20-30°E				■	■	■			■	■
ZC — LT	PIGNATEL (MINA)	PG	■		N5° E	80° SE			■	■	■			■	■
ZC — LT	QUAREZEMIN	Q	■		N40° E		Tp / Fa-Cf		■	■					■
ZC-GP	GRÃO PARÁ	GP	Tr		N60°E		Tp / Fa-Cf		■		■			■	■
ZC-GP	FREDERICO LOCH	FL	Tr		N60°E		Tp/ Fa-Cf		■		■			■	■
ZC-GR	PEDRO JUCA	PJ		■	N10°E	?				■	■			■	■
ZC-GR	ÁGUA MINERAL GRAVATAL												Δ		
ZC-GU	SÃO MIGUEL	SM	■		N0-5°E	85° SW	Tp/ f – Cf/ f – Cf			■	■			■	■
ZC-GU	ÁGUA MINERAL GUARDA												Δ		
OCORRÊNCIAS ISOLADAS	CAPIVARAS (ZC-RF)	CPV	Tr		N45° E	NW	Fn – Cf				■			■	■
OCORRÊNCIAS ISOLADAS	RIO FAXINAL	RFX	F, Cu – Pb												
OCORRÊNCIAS ISOLADAS	JAGUARUNA	JG													
OCORRÊNCIAS ISOLADAS	GARGANTA (MINA)	GA	■		N30-50°E	75-45° SE	Fa – Cf							■	
OCORRÊNCIAS ISOLADAS	OSVALDO MOHA	OM	Tr		N-S										
OCORRÊNCIAS ISOLADAS	PINHEIRAL	P		Tr	N10° E	?	Tp/ ?			■	■			■	■

/ = REATIVADO POR. f = FLUORITA. Fn = FALHA NORMAL. Ts = TRANSCORRENTE SUPERFICIAL (CISALHA).
C = CIMENTO. b = BARITA. Fa = FRATURA ABERTA. Tp = TRANSCORRENTE PROFUNDA (CISALHA).
Si = SÍLICA. Tr = TRAÇOS.

mostrados nos perfis geológicos de detalhe A e B da mina Rio dos Bugres (Figs. 4 e 5).

Estudos de detalhes na caixa filoniana das jazidas Rio dos Índios, Rio dos Bugres, Nova Fátima, Rio do Ouro e Rio Bravo Alto indicam que existem pelo menos três gerações de fluorita em tempos subseqüentes. Essas relações podem ser vistas em brechas com fragmentos de fluorita (primeira geração), cimentadas por fluorita (segunda geração) cortada por fraturas preenchidas por fluorita (terceira geração), sendo que a primeira e segunda gerações são responsáveis pela maior parte da mineralização e a terceira é fraca e localizada. As correlações entre as gerações de fluorita das várias minas encontram-se em estudo.

No perfil geológico do nível 18 N1 da mina Rio dos Bugres (Fig. 4), vê-se que as principais gerações de fluorita encontram-se também dentro do arenito do Grupo Itararé.

CONTROLE ESTRUTURAL DAS ZONAS MINERALIZADAS Devido a grande complexidade da tectônica rígida, causada por reativações, deslocamentos e rotações dos falhamentos preexistentes, tornou-se necessário um estudo regional dos principais grupos de lineamentos, bem como a caracterização individual daqueles controladores da mineralização, na tentativa de recompor a ordem cronológica dos eventos e os regimes superimpostos.

A tabela 2, construída a partir da bibliografia, caracteriza os três principais tipos de falhamentos de acordo com a posição dos eixos de tensão. No entanto é importante salientar que essas estruturas ocorrem associadas, em zonas de cisalhamento rotacional, quando blocos crustais se movem paralelamente, de acordo com Harding (1974) (Fig. 6). Estruturas compressionais, representadas por falhas de empurrão, falhas

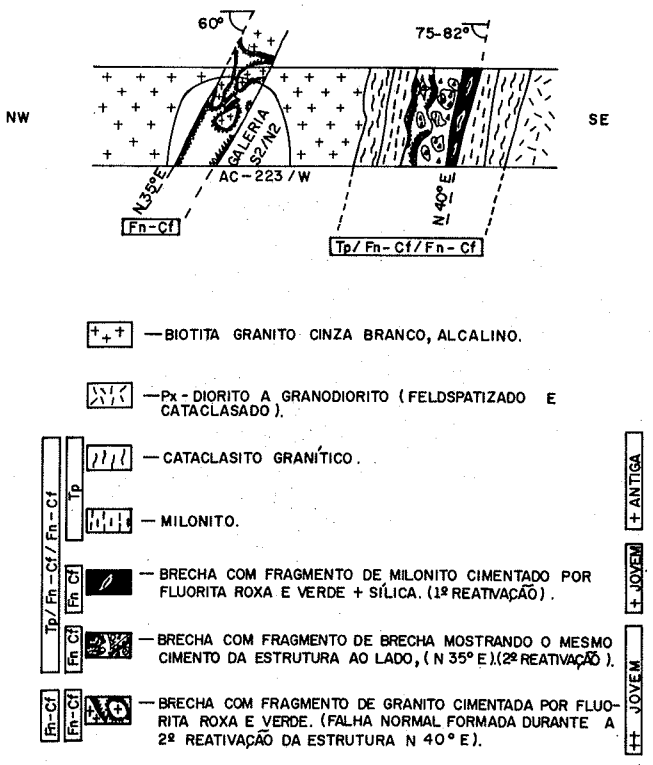
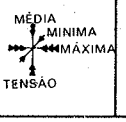
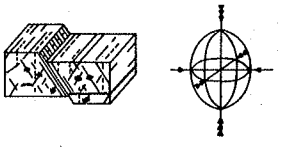
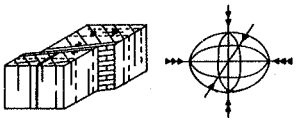
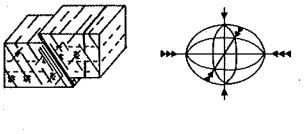


Figura 5 – Perfil geológico de detalhe (B), nível 223, Mina Rio dos Bugres

Figure 5 – Detail cross section, level 223(N1), Rio dos Bugres mine

Tabela 2 – Principais tipos de falhamentos, de acordo com os eixos de tensão

Table 2 – Main fault-types, according to the tension axis

TIPOS	FALHAMENTOS NORMAIS (FALHAS DE GRAVIDADE)	FALHAMENTOS TRANSCORRENTES.	FALHAS DE CAVALGAMENTO (EMPURRÃO).
REGIME TECTÔNICO.	DISTENSIVO.	COMPRESSIVO.	COMPRESSIVO.
ÂNGULO DE MERGULHO DO PLANO DE FALHA.	APRESENTAM MERGULHOS QUE VARIAM DE 45° A 90° COM MAIOR INTENSIDADE PRÓXIMO DE 60°. DIMINUINDO EM PROFUNDIDADE.	APRESENTAM MERGULHOS SUPERIORES A 70°, GERALMENTE PRÓXIMOS DE 90° EM PROFUNDIDADE. VARIÁVEL EM ESTRUTURA EM FLOR.	APRESENTAM MERGULHOS BAIXOS A SUB-HORIZONTAIS, GERALMENTE PRÓXIMOS A 30°.
DIMENSÕES.	MICROSCÓPICOS ATÉ DEZENAS DE QUILOMETROS. (VARIÁVEL).	QUILOMÉTRICOS PODENDO ALCANÇAR DIMENSÕES CONTINENTAIS.	MÉTRICAS ATÉ QUILOMÉTRICAS.
FEIÇÕES OBSERVADAS EM IMAGENS AÉREAS.	TRAÇO RETILÍNEO OU SINUOSO.	GRANDES LINEAMENTOS RETILÍNEOS E UNIFORMES.	LINEAMENTOS IRREGULARES.
SISTEMAS ASSOCIADOS.	PODEM APRESENTAR-SE PARALELAMENTE FORMANDO HORST E GRABENS OU INTERCORTANDO-SE FORMANDO SISTEMAS COMPLICADOS.	- PODEM APRESENTAR RAMIFICAÇÕES OU DESDOBRAMENTOS DE 1,2ª E 3ª ORDEM COM DIREÇÕES DIFERENTES DA FALHA PRINCIPAL. - PODEM APRESENTAR FALHAMENTOS PARALELOS E ESCALONADOS AO PRINCIPAL. - PODEM ASSOCIAR-SE A FALHAS DE EMPURRÃO OBLÍQUAS A SUA DIREÇÃO. - PODEM APRESENTAR FRATURAS DE TENSÃO DISPOSTAS "En Echelon" FAZENDO UM ÂNGULO DE 30° COM A ZONA PRINCIPAL DE CISALHA. - PODEM APRESENTAR INTERRUPÇÕES DO PLANO DE CISALHA PELO PAR CONJUGADO (60°). - PODEM APRESENTAR DESCONTINUIDADES NA ZONA DE CISALHA.	- APRESENTAM-SE GERALMENTE ASSOCIADOS A DOBRAS. - SÃO BOAS INDICADORAS DE VERGÊNCIA ESTRUTURAL. - NORMALMENTE APRESENTAM DEPÓSITOS DE FANGLOMERADOS NA PORÇÃO FRONTAL.
DEFORMAÇÃO NAS ROCHAS AFETADAS PELO FALHAMENTO.	FORMAM FAIXAS ESTREITAS, USUALMENTE BRECHADAS COM ESPAÇOS VAZIOS E FRATURAS ABERTAS. RARA PRESENÇA DE DEFORMAÇÃO CATACLÁSTICA, PODENDO APRESENTAR DRAGS E SLIKENSIDES COMO FEIÇÕES COMUNS. ESTRIAS VERTICAIS.	APRESENTAM DEFORMAÇÃO CATACLÁSTICA E OUTROS EFEITOS DE ALTA PRESSÃO REPRESENTADOS POR CATACLASITOS, MILONITOS, BLASTOMILONITOS, ETC... AS ROCHAS POR ELES AFETADAS MOSTRAM FOLIAÇÃO OU XISTOSIDADE VERTICAL LOCALIZADA. ESTRIAS HORIZONTAIS.	ZONA DE CISALHAMENTO CONSTITUIDO POR MILONITO (MATERIAL QUARTZOSO RECRISTALIZADO), GOUGE (FARINHA DE ROCHA) E BRECHA.
EXTENSÃO VERTICAL.	FRATURAMENTOS SUPERFICIAIS.	FRATURAMENTOS SUPERFICIAIS A PROFUNDOS, PODENDO PRÓXIMO A SUPERFÍCIE APRESENTAREM ZONAS BRECHADAS COM GOUGE.	SUPERFICIAIS A PROFUNDAS.
FATORES TECTÔNICOS RESPONSÁVEIS PELO FALHAMENTO.	PLACAS DIVERGENTES, ARCOS MAGMÁTICOS. SOBRE ESTRUTURAS DÔMICAS, RADIAIS E ANELARES, RIFT CONTINENTAIS, ARQUEAMENTOS.	CORRENTES DE CONVECÇÃO NO MANTO ASSOCIADOS A DORSAIS OCEÂNICAS. DESLOCAMENTOS CRUSTAIS DE PLACAS LITOSFÉRICAS ASSOCIADOS AOS FENÔMENOS DE EXPANSÃO DOS ASSOALHOS OCEÂNICOS. DESLOCAMENTO DE TODA A CROSTA EM RELAÇÃO AO MANTO. VARIAÇÃO NA VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DA TERRA.	CINTURÕES OROGÊNICOS (CINTURÕES DE MONTANHAS DOBRADAS). ZONAS DE SUBDUCÇÃO DE PLACAS TECTÔNICAS MODERNAS. COLISÃO DE CONTINENTES.
RELAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE FALHAMENTOS E O ELIPSÓIDE DE TENSÃO, MOSTRANDO O POSICIONAMENTO DE PEQUENAS FALHAS, JUNTAS, E FRATURAS DESENVOLVIDAS EM TORNO DE UMA GRANDE FALHA. — PEQUENAS FALHAS. - - - FRATURAS DE TENSÃO. —— DIACLASES, JUNTAS. —— JUNTAS ESTILOLÍTICAS. ≡ ESTRIAS (SLIKENSIDES).	 		

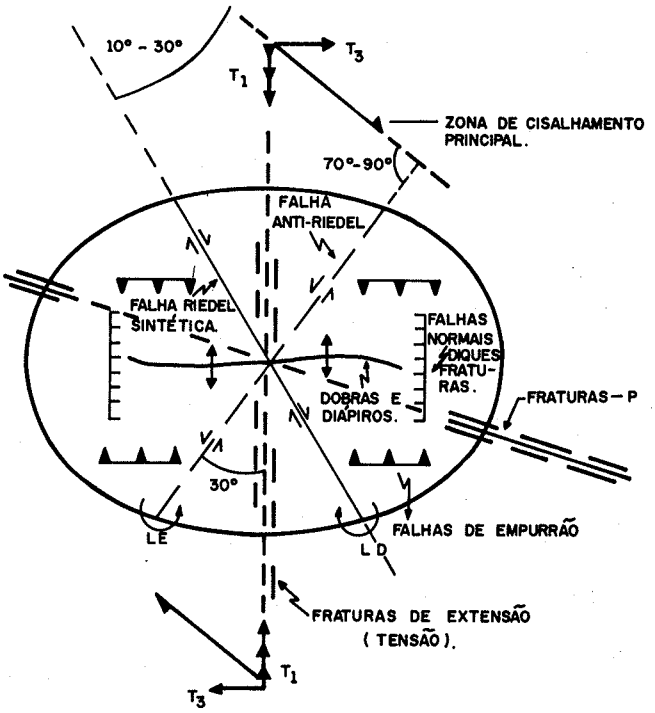


Figura 6 – Elipsóide de deformação com estruturas associadas em uma zona de cisalhamento dextral, de Harding (1974) apud *Zalán (1986) modificado*

Figure 6 – Deformation ellipsoid with associated structures in a dextral shear zone. Modified from Harding (1974) apud Zalán (1986)

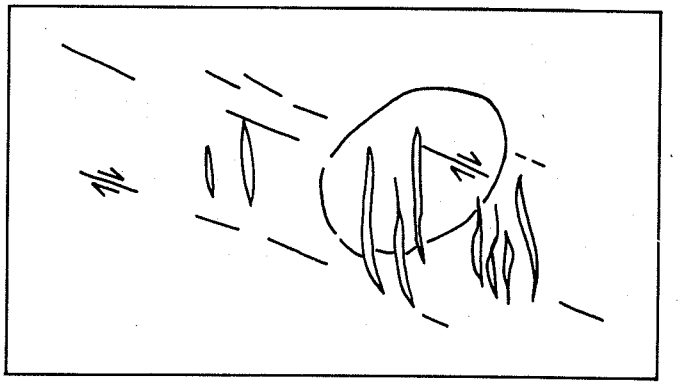


Figura 7 – Falhas ou juntas en échelon *numa zona de cisalhamento divergente Wilcox* et al. *(1973)*

Figure 7 – "En échelon" faults or joints in a divergent shear zone. After Wilcox *et al.* (1973)

reversas e dobras desenvolvem-se perpendicularmente à componente compressiva T1, enquanto estruturas extensionais, tais como falhas normais, diáclases e fraturas abertas, ocorrem paralelamente aos esforços compressivos. Dependendo do caráter convergente ou divergente do cisalhamento predominarão as estruturas compressivas ou extensivas. Segundo Cloos (1955), Tchalenko (1970), Wilcox *et al.* (1973) e outros, há uma seqüência evolutiva na formação das estruturas durante o cisalhamento. Primeiramente, ocorrem as fraturas abertas ou falhas normais (no caso de cisalhamento divergente) dispostas *en échelon* e fazendo um ângulo de $30^o \pm 15^o$ com zona de cisalhamento (Fig. 7). Logo após aparecem as cisalhantes conjugadas, inicialmente como diáclases e depois como falhas, com posterior aborto das anti-Riedel pelas Riedel. As falhas transcorrentes sintéticas se desenvolvem muito mais que as antitéticas devido ao menor ângulo (10°–30°) formado em relação à zona de cisalhamento principal. Num estágio mais avançado formam-se as estruturas P (*P-shears, P-fractures*) simétricas com as Riedel em relação à zona principal e, finalmente, a falha transcorrente principal formada pela soma das fraturas P com as Riedel. Dependendo do estágio evolutivo da zona de cisalhamento e do nível erosional alcançado, algumas estruturas principais podem ficar confinadas a maiores profundidades, não aparecendo em superfície, mostrando descontinuidades e variações estruturais ao longo dos lineamentos superficiais. A figura 8 mostra um padrão característico de um falhamento transcorrente em superfície. Blés & Feuga (1981) mostram a forma e a disposição das fraturas de tensão (tração) (Fig. 9) enquanto Durney & Ramsay (1973) estudaram o desenvolvimento de várias gerações de fraturas de tração numa zona de cisalhamento (Fig. 10). Seções verticais em zonas de cisalhamentos transcorrentes puderam ser bem entendidas e visualizadas nos experimentos utilizando caixas de areia (Emmons 1968), nas quais as estruturas convergem para baixo em direção à falha principal enquanto para cima se abrem em leque. A seção vertical desse conjunto estrutural (falhas normais ou reversas + cisalha) foi denominado *estrutura-em-flor (flower structure;* Kingma 1958). Harding (1983, *apud* Zalán 1986) reconheceu dois tipos de estrutura-em-flor: uma positiva e outra negativa, caracterizada pelo predomínio de falhas reversas ou normais, respectivamente, na região de cunha (Fig. 11). Mudanças no sentido do mergulho, tendência à diminuição do ângulo de mergulho com a profundidade, semicírculos e meias-taças são feições comuns encontradas nessas estruturas. A positividade ou negatividade da estrutura-em-flor dependerá também do caráter convergente ou divergente da zona de cisalhamento.

Dependendo do condicionamento geológico local, dado pelo movimento relativo entre os blocos (Fig. 12), podem desenvolver-se ambientes transtensionais ou transpressionais ao

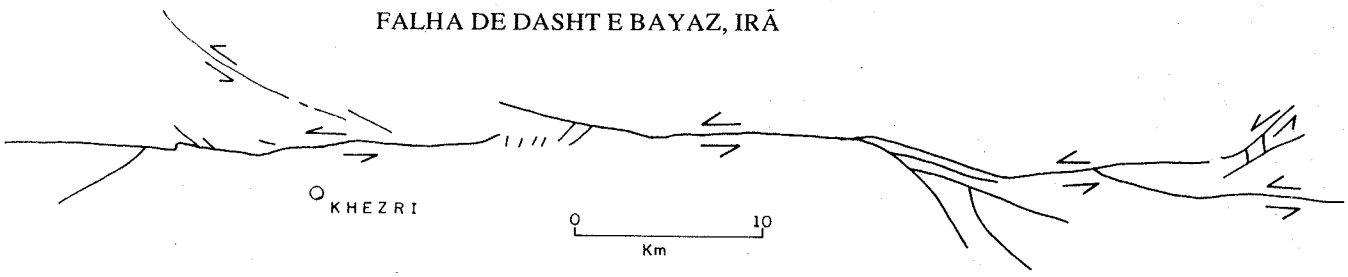


Figura 8 – Padrão característico das falhas transcorrentes: bifurcações, descontinuidades, falhas en échelon *associadas. Tchalenko & Berberian (1975)*

Figure 8 – Characteristic pattern of transcurrent faults: associated bifurcations, descontinuities, "en échelon" faults. After Tchalenko & Berberian (1975)

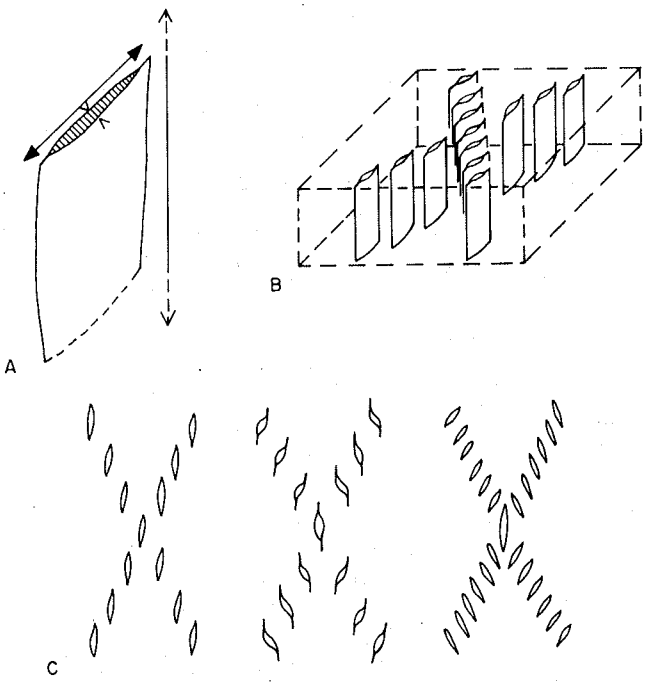


Figura 9 – Morfologia (A) e disposição en échelon *(BeC) das fraturas de tração. Blés & Feuga (1981)*

Figure 9 – Tension fractures morphology and "en echelon" setting

longo dos falhamentos transcorrentes, conforme mostram as figuras 13 (Clayton 1966) e 15. Os ambientes transtensionais são de extrema importância na prospecção mineral, pois proporcionam espaços abertos favorecendo a percolação de fluídos e conseqüente instalação de jazimentos.

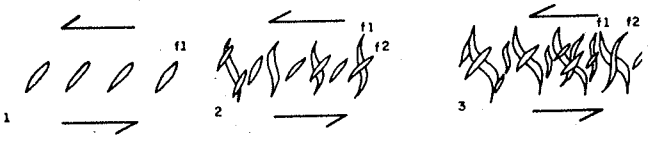


Figura 10 – Desenvolvimento de várias gerações de fraturas de tração numa zona de cisalhamento. Durney & Ramsay (1973)

Figure 10 – Development of various generations of tension fractures in a shear zone

Na tabela 3, construída a partir de Sibson (1977) e Spry (1969), é apresentado um resumo esquemático das principais rochas formadas pelos vários tipos de falhamentos, em diferentes níveis crustais, onde predomina o comportamento rúptil em superfície e plástico em profundidade.

Os diagramas construídos a partir da tabela 1 mostram que a grande maioria dos depósitos de fluorita está inserida em falhamentos transcorrentes de nível superficial (Fig. 14A) com direção principal aproximadamente N0°–10°E (dextrógiro, Riedel), conjugado com falhas N50–60E (*levógira*, Anti-Riedel), nas fraturas de tensão abertas (Fig. 14B) e falhas normais (Fig. 14C) N30–40E.

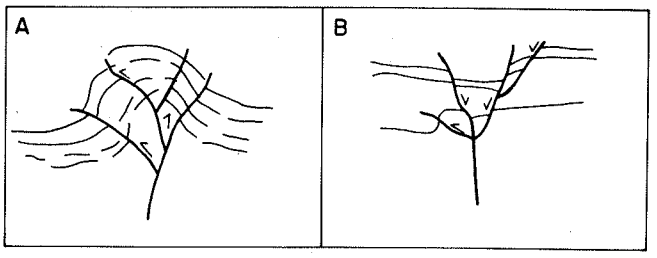


*Figura 11 – **A.** Estrutura-em-flor positiva (ambiente transpressional) e **B.** Estrutura-em-flor negativa (ambiente transtensional). Modificado de Zalán (1986)*

Figure 11 – **A.** Positive flower structure (transpressional environment). **B.** Negative flower structure (transtensional environment). Modified from Zalán (1986)

O diagrama (Fig. 14D) construído a partir das falhas hidrotermalizadas com evidências da mineralização (para a região de Rio dos Bugres) também mostra, coincidentemente, maior incidência nessas direções. Este conjunto de falhamentos (Fig. 14E) sugere um sistema de falhamentos (Fig. 16), provavelmente relacionado com a tectônica de abertura do

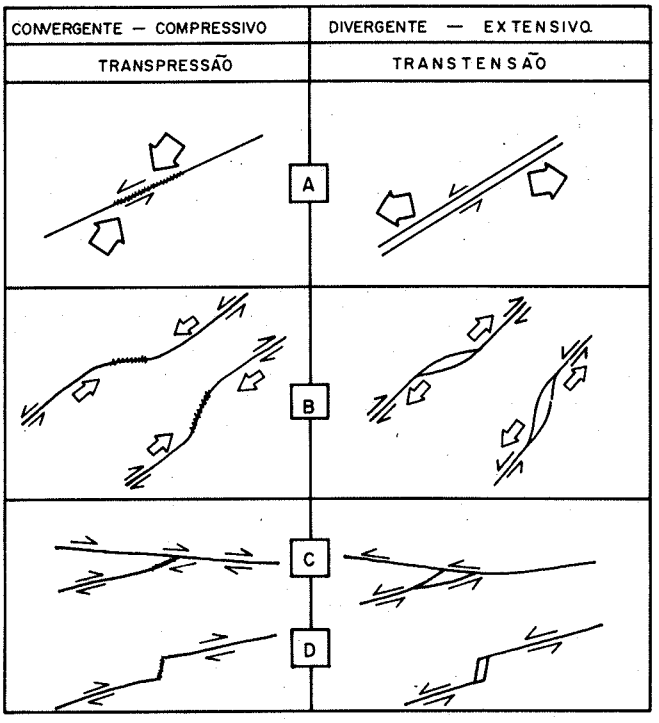


*Figura 12 – Ambientes de transtensão e transpressão associados a falhas transcorrentes, modificado de Zalán (1986): **A.** falhas transcorrentes simples, **B.** deflexão de falhas transcorrentes, **C.** ramificações de falhas transcorrentes; **D.** terminações de falhas transcorrentes*

Figure 12 – Transtensional and transpressional environments associated to transcurrent faults, modified from Zalan (1986) **A.** Simple fault; **B.** fault deflexion; **C.** ramifications of faults; **D.** termination of faults

Atlântico Sul, estágio *Rift Valley*, que se iniciou a 125–130 Ma (Larson & Laad 1973, *apud* Asmus 1977).

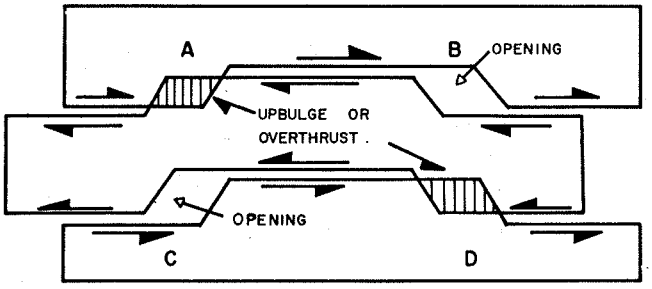


Figura 13 – Diagrama mostrando as pressões e tensões formadas entre os segmentos en échelon *e as laterais direita e esquerda cisalhantes. Clayton (1966)*

Figure 13 – Diagram showing the pression and tension formed between the segments "en echelon" and the lateral right and left shearing

Tabela 3 – Principais características das rochas formadas durante os falhamentos, em diferentes níveis crustais

Table 3 – Main characteristics of the rocks formed during faulting, in differents crustal levels

TIPOS DE FALHAS		FALHAMENTO TRANSCORRENTE (CISALHAMENTO) (T)	FALHAMENTO NORMAL (Fn)	FRATURA ABERTA (Fa)
POSIÇÃO DAS ESTRIAS	VERTICAIS		●	
	INTERMEDIÁRIAS	◑	◑	
	HORIZONTAIS	●		
ÂNGULO DE MERGULHO DO PLANO DE FALHA	PRÓXIMO DE 30°	○	◑ (SUPER-PROFICIAL, FUNDO)	○
	PRÓXIMO DE 60°	◑ (SUPER-PROFICIAL)	●	◑
	PRÓXIMO DE 90°	● (PRO-FUNDO)	○	●
* ROCHAS FORMADAS DURANTE O FALHAMENTO (AUMENTO DA PROFUNDIDADE E REDUÇÃO DO GRÃO, AUMENTO DA RECRISTALIZAÇÃO E FOLIAÇÃO)	0 Km – NÍVEL SUPERFICIAL (RÚPTIL – NÃO COESO) (Ts)			
	FRATURAMENTO SEM BRECHAÇÃO. A TEXTURA ORIGINAL É COMPLETAMENTE PRESERVADA.	○	○	●
	BRECHA SUPERFICIAL SEM RECRISTALIZAÇÃO – BRECHA DE FALHA. FRAGMENTOS VISÍVEIS >30%	◑	●	○ BRECHA DE COLAPSO
	GOUGE DE FALHA. FRAGMENTOS VISÍVEIS <30%	◑	●	
	1-4 Km – NÍVEL INTERMEDIÁRIO (RÚPTIL – COESO) (Ti)			
	BRECHA TECTÔNICA COM RECRISTALIZAÇÃO PARCIAL MATRIZ < 10% – BRECHA FRAGMENTO > 5mm	◑	◑	
	BRECHA FINA FRAG. DE 1 A 5mm	◑	◑	
	MICROBRECHA FRAGMENTO < 1 mm	◑	○	
	PROTOCATACLASITO 10-50% MATRIZ MACIÇA.	◑	○	
	CATACLASITO 50-90% MATRIZ MACIÇA.	●	○	
	ULTRACATACLASITO >90% MATRIZ MACIÇA.	◑		
	PSEUDOTAQUILITO (ASPECTO VÍTREO-RECRISTALIZADO)	○		
	10-15 Km – NÍVEL PROFUNDO (DÚCTIL) 250-300°C (Tp)			
	GNEISSE FACOIDAL "AUGEM GNEISS"	◑		
	PROTOMILONITO 10-50% MATRIZ FOLIADA.	◑		
	MILONITO 50-90% MATRIZ FOLIADA.	●		
	ULTRAMILONITO >90% DE MATRIZ FOLIADA.	◑		
	BLASTOMILONITO (PORFIROBLASTOS-RECRISTALIZADO)	◑		
REGIME TECTÔNICO		COMPRESSIVO	DISTENSIVO	DISTENSIVO

* CLASSIFICAÇÃO MODIFICADA DE SIBSON (1977) E SPRY (1969).

○-RARO, ◑-COMUM, ●-ABUNDANTE.

As fraturas abertas (Fig. 14B) apresentam direções que variam de N10E a N70E com maior intensidade em N30–40E. Este fato deve estar ligado com esforços intramosaicos provocando alívio de tensão em falhas reativadas e com o aparecimento de várias gerações de fraturas de tensão durante a continuidade do cisalhamento rotacional horário, sendo as de maior grau mais jovens. Cabe salientar que o filão Fumaça (S5) foi correlacionado por Bastos Neto & Savi (1985) à segunda fase de preenchimento dos filões Cocal (B3) e Segunda Linha Torrens (LT).

Ao longo dos lineamentos, as várias minas estudadas encontram-se localizadas, de preferência, em ambientes transtensionais (Fig. 16) formados principalmente no cruzamento de falhas cisalhantes com fraturas de tensão e/ou normais (Figs. 17, 18, 19, 20 e 21); nas fraturas de tensão e/ou falhas normais, não raro com disposição *en échelon* (Figs. 3, 21 e 22); nas zonas de cisalhamento divergentes (Figs. 23 e 24); em bifurcações e deflexões de falhas cisalhantes; e em terminações de falhamentos transcorrentes (Fig. 29). Os cruzamentos (N0–10E) x (N30–40E) e (N30–40E) x (N50–60E) e terminações de falhas N0–10E são excelentes exemplos desses ambientes transtensionais (Tab. 1).

Em muitos casos, a fluorita se instala em antigas falhas (Horbach & Marimon 1982, Morgental 1984) compressivas (Fig. 14F) de caráter transcorrente plástico de nível profundo (Tp), logo após a primeira reativação rúptil superficial. As falhas compressivas representadas por milonitos, cataclasitos e blastomilonitos são correlacionáveis ao sistema meridional e equatorial da Rede Regmática Terrestre concebida por Moody & Hill (1973) e a fase compressiva da Orogênese Brasiliana.

Mapeamentos de detalhe na ocorrência de fluorita e barita do Rio Povoamento (encontrada posteriormente aos trabalhos de sensoriamento remoto) mostram que a mineralização se encontra num cruzamento (N35E) x (N50E) situado na terminação de dois lineamentos transcorrentes dextrógiros (Figs. 20 e 29).

As estruturas distensivas representadas pelas falhas normais e fraturas de tração mineralizadas ocorrem perpendicularmente à distensão regional (Fig. 16), sugerindo disposição *en échelon* (Tab. 1 e Figs. 3, 21 e 22).

Dentre os ambientes transtensionais encontrados ao longo dos lineamentos, as jazidas estudadas encontram-se de preferência naqueles situados próximos ou nos bordos de pequenos corpos intrusivos de biotita-microclínio granito alcalino, aluminoso, potássico cinza-branco, ou na encaixante feldspatizada por veios e diques subvulcânicos desse mesmo granito.

O padrão anastomosado em planta, bem como mudanças no mergulho do plano de falhas, a convergência das estruturas para o mesmo ponto em profundidade, a associação preferencial de falhas normais com falhas transcorrentes e o confinamento de algumas estruturas em profundidade verificadas nas minas Rio dos Bugres (Fig. 26), Santa Catarina (Fig. 25) e Nova Fátima podem estar relacionados com estruturas-em-flor negativas.

Entre as jazidas de Nova Fátima e Rio dos Índios, na localidade de Córrego do Mijador, existem vários cruzamentos de falhas com direção (N30E) x (N10E), hidrotermalizadas com *box work* de fluorita e anômalas em flúor, cujos dados de sondagem estão revelando mineralizações em profundidade. Nesta ocorrência, o filão mineralizado corta um *sill* de "diabásio", encaixado em rochas sedimentares do Grupo Itararé, provavelmente contemporâneo à Formação Serra Geral (Fig. 27).

No esboço geológico de Santa Catarina (Fig. 1), pode-se ver que os lineamentos N10E controlam as escarpas das formações gondwânicas (borda leste da Bacia do Paraná) e em alguns casos fazem contatos (por falha) dos sedimentos com rochas graníticas e entre tipos diferentes de granitos. É importante salientar que a leste do Estado, próximo do mar, foram mapeados enxames de diques de direções N25–30E (mapa previsional, Morgental & Kirchner 1983) contemporâneos à Formação Serra Geral, que teve sua atividade máxima entre 120 e 130 Ma (Almeida 1986). O Complexo Alcalino de Anitápolis também apresenta controle estrutural por linea-

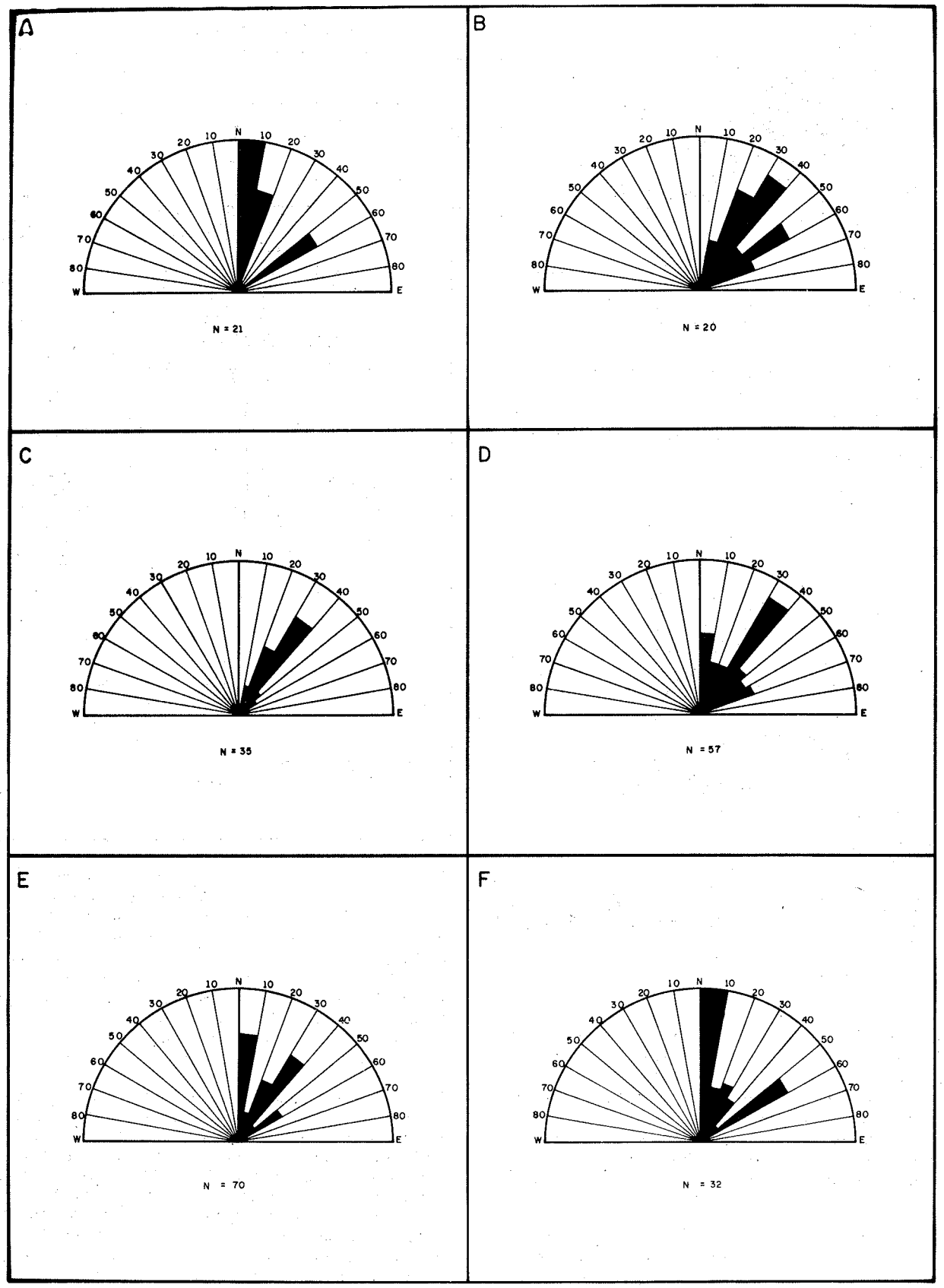


Figura 14 – Diagramas de falhas e fraturas mineralizadas a fluorita e barita do sudeste de Santa Catarina: **A.** *transcorrentes superficiais (Ts).* **B.** *fraturas abertas (Fa);* **C.** *falhas normais (Fn);* **D.** *falhas hidrotermalizadas com evidência de fluorita para a região de Rio dos Bugres.* **E.** *falhas (geral);* **F.** *transcorrentes profundas (Tp)*

Figure 14 – Fluorite and barite mineralized faults and fractures diagrams of the Southeast Santa Catarina: **A.** surficial transcurrents (Ts); **B.** open fractures (Fa); **C.** normal faults (Fn); **D.** hidrothermalized faults with fluorite evidences in the Rio dos Bugres region; **E.** iron discriminated faults (in general); **F.** deep transcurrent faults (Tp)

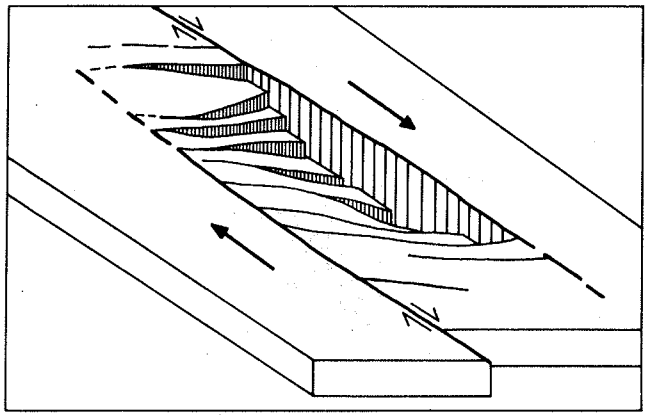


Figura 15 – Bacia transtensional desenvolvida em um área de superposição de duas falhas transcorrentes levógiras. Kingma (1958 apud *Zalán (1986)*

Figure 15 – Transtensional basin developed in an area of two levogyrate transcurrent faults superposition

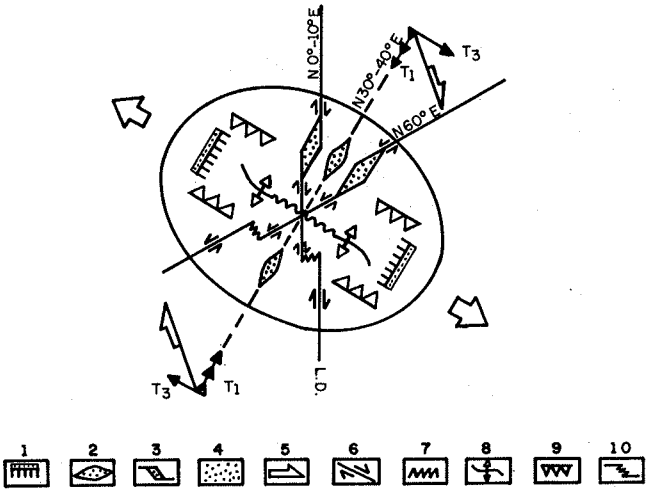


Figura 16 – Elipsóide de deformação mostrando o principal controle estrutural dos jazimentos de fluorita e barita, correlacionável ao estágio Rift Valley *de Asmus (1977):* **1.** *falhas normais;* **2.** *fraturas de tensão.* **3.** *transtensão;* **4.** *fluorita-barita-quartzo;* **5.** *falha principal;* **6.** *cisalhamento;* **7.** *estilólitos;* **8.** *dobras;* **9.** *thrust;* **10.** *transpressão*

Figure 16 – Deformation ellipsoid showing the main structural control of the fluorite and barite occurences in Santa Catarina State, correlated with the Rift Valley Stape (Asmus 1977)

mentos N–S conjugados com N50–60E (Rodrigues 1985) e idade de 129 Ma (Amaral *et al.* 1967).

APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO À PROSPECÇAO **Escolha das Imagens TM** Definido o principal controle das mineralizações como sendo as falhas transcorrentes N10E, tornou-se imperativo encontrar um produto de sensoriamento remoto adequado a sua identificação, já que outros métodos, como a geoquímica, embora aptos, implicariam notável aumento de custos e prazos, além de dificilmente serem aplicados de forma tão extensiva como necessário.

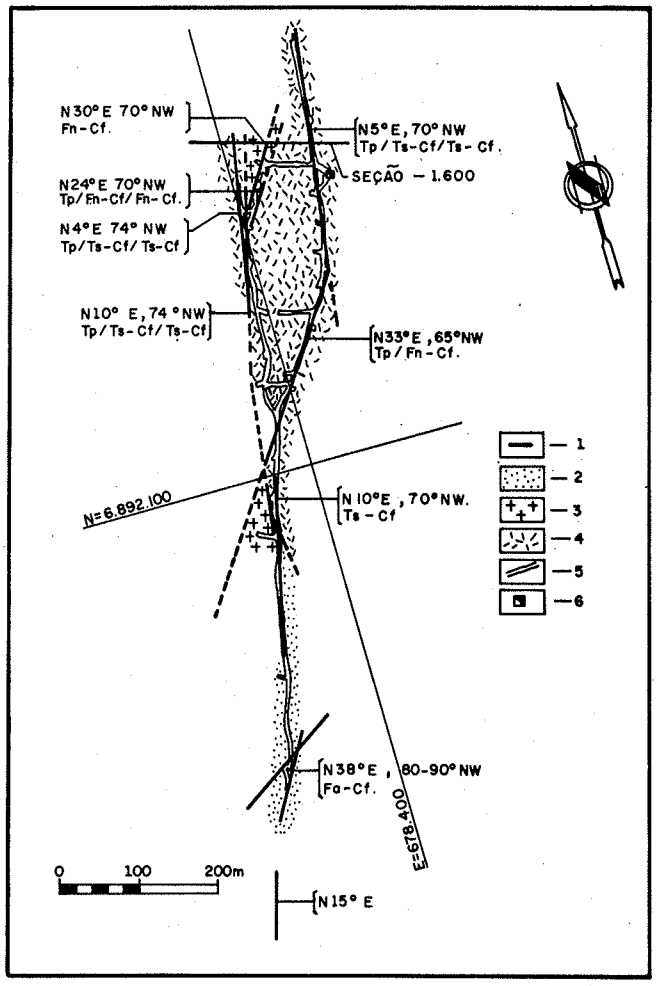


Figura 17 – Mapa geológico do nível 102 da Mina Rio dos Bugres: **1.** *falhamentos mineralizados;* **2.** *paraconglomerados, varvitos, arenitos;* **3.** *biotita granito alcalino cinza-claro;* **4.** *px-diorito, qz-diorito, granodiorito (feldspatizados);* **5.** *galeria;* **6.** *poço*

Figure 17 – Geologic map (level 102) of the Rio dos Bugres mine; **1.** mineralized faults. **2.** para-conglomerates varvites, sandstones; **3.** bright gray alcaline biotite-granite; **4.** Px-diorite, Qz-diorite, granodiorite (microclinized); **5.** drift; **6.** test pit

A baixa performance das fotografias aéreas, tanto as em branco e preto pancromáticas 1:25.000 como as coloridas infra-vermelho 1:50.000, pode ser explicada pela pequena visão sinótica que oferecem se comparadas à das imagens de satélite e de radar de visada lateral (RVL). Além disso, as fotografias aéreas, embora possuindo uma excelente resolução geométrica, têm baixa resolução espectral já que toda radiação refletida é igualmente captada no intervalo de sensibilidade dos filmes – aproximadamente 0,4–0,7 μm para as pancromáticas e 0,4–0,8 μm para as infra-vermelhas – não permitindo assim o artifício de se analisar o comportamento da superfície em várias bandas do espectro.

Os mosaicos de imagens RVL (Radambrasil), de utilização consagrada na identificação de grandes estruturas, não foram utilizados por três motivos intrínsecos ao produto: **1.** sombreamento diferencial entre a porção proximal e distal ao avião, já que o RVL, sendo um sensor ativo, gera sua própria

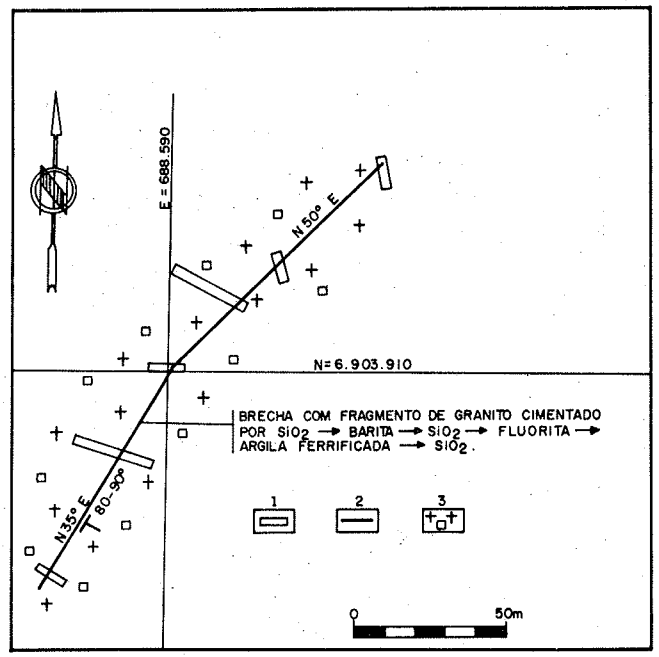


Figura 18 – Mapa geológico do nível 42 da Mina Nova Fátima; **1.** *granodiorito cortado por veios e diques de feldspato alcalino riólito;* **2.** *falhamentos mineralizados;* **3.** *galeria;* **4.** *poço*

Figure 18 – Geologic map of the level 42, Nova Fátima mine. **1.** granodiorite cut by veins and dikes of riolite alcalin feldspar; **2.** mineralized faults; **3.** drift; **4.** pit test

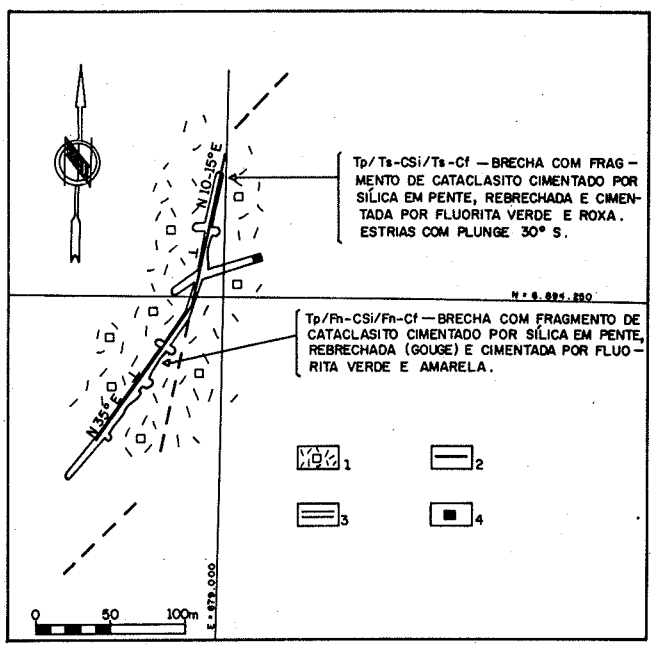


Figura 20 – Ocorrência de fluorita do Rio Povoamento: **1.** *trincheiras;* **2.** *falha mineralizada a fluorita-barita-quartzo;* **3.** *biotita microclínio sienogranito porfirítico grosso*

Figure 20 – Fluorite occurrence of Rio Povoamento. **1.** trench; **2.** fluorite-barite-quartz mineralized fault; **3.** coarse porphyritic biotite microcline sienogranite

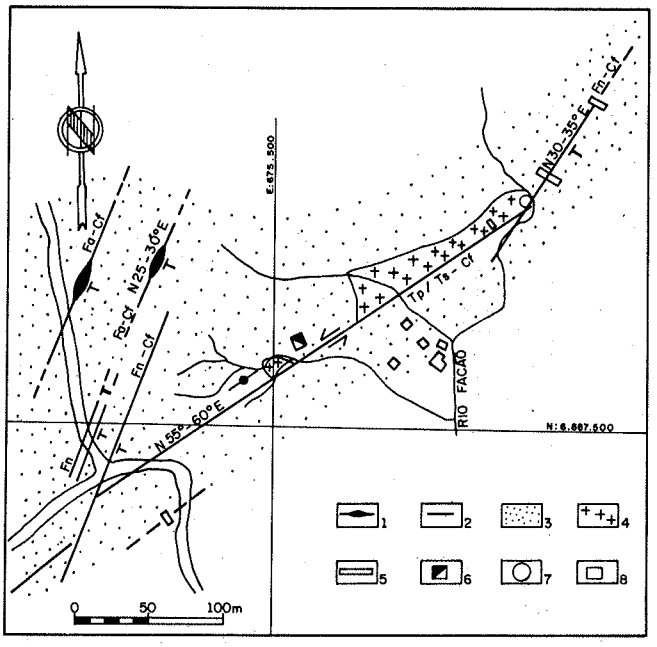


Figura 19 – Mapa geológico do nível 42 da Mina Rio dos Índios; **1.** *biotita granito cinza-branco a rosa porfirítico;* **2.** *falhamentos mineralizados a fluorita;* **3.** *galeria;* **4.** *poço*

Figure 19 – Geologic map of the level 42, Rio dos Bugres mine. **1.** gray-white to pink porfiritic biotite-granite; **2.**mineralized faults (fluorites); **3.** drift; **4.** pit test

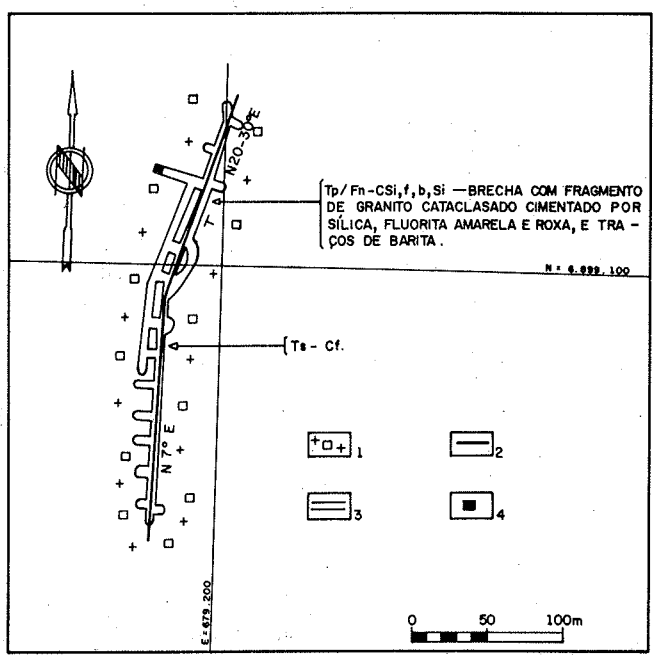


Figura 21 – Mapa geológico da mina de fluorita do Rio Facão. **1.** *fratura aberta preenchida por fluorita.* **2.** *falhamentos mineralizados;* **3.** *arenitos, varvitos, folhelhos (grupo Itararé);* **4.** *biotita granito alcalino cinza-branco;* **5.** *trincheira;* **6.** *chaminé;* **7.** *poço;* **8.** *casas*

Figure 21 – Geologic map of Rio Facão fluorite mine. **1.** open fracture supply with fluorite; **2.** mineralized faults; **3.** sandstone, shales, glacial rithmytes (Itararé Group); **4.** gray to white alcalin biotite granite; **5.** trench; **6.** neck; **7.** pit test; **8.** houses

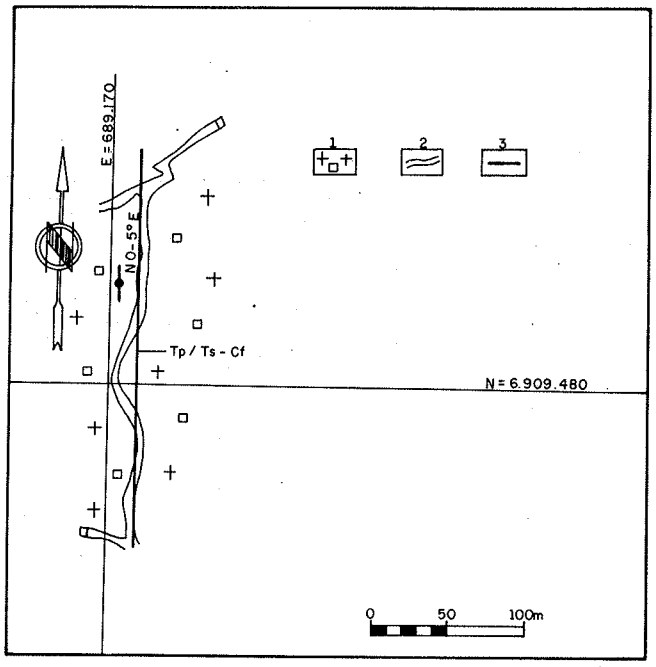


Figura 22 – Ocorrência de barita do Arroio Grande
Figure 22 – Barite occurrence of Arroio Grande

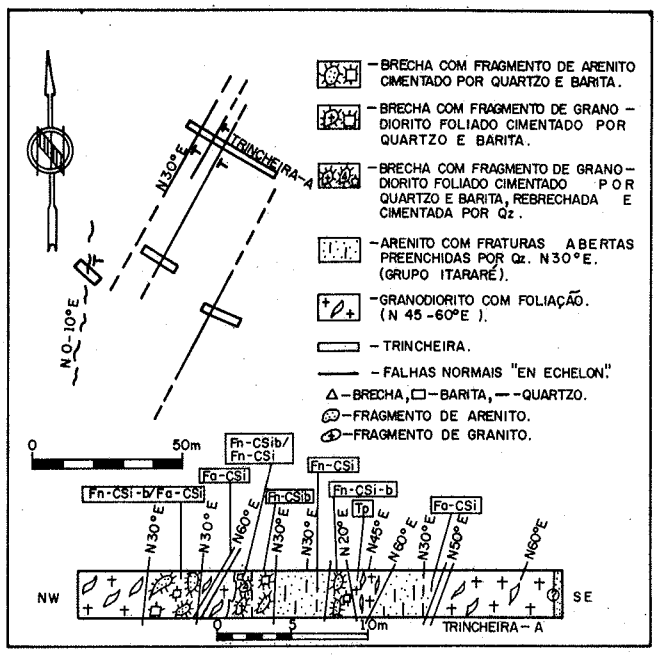


Figura 24 – Mapa da galeria de encosta da ocorrência de fluorita Rio do Ouro: **1.** *biotita microclínio granito porfirítico grosso;* **2.** *galeria de encosta;* **3.** *falha mineralizada a fluorita*
Figure 24 – Adit map of the Rio do Ouro fluorite occurrence: **1.** coarse porphiritic biotite microcline granite; **2.** adit; **3.** mineralized fault (fluorite)

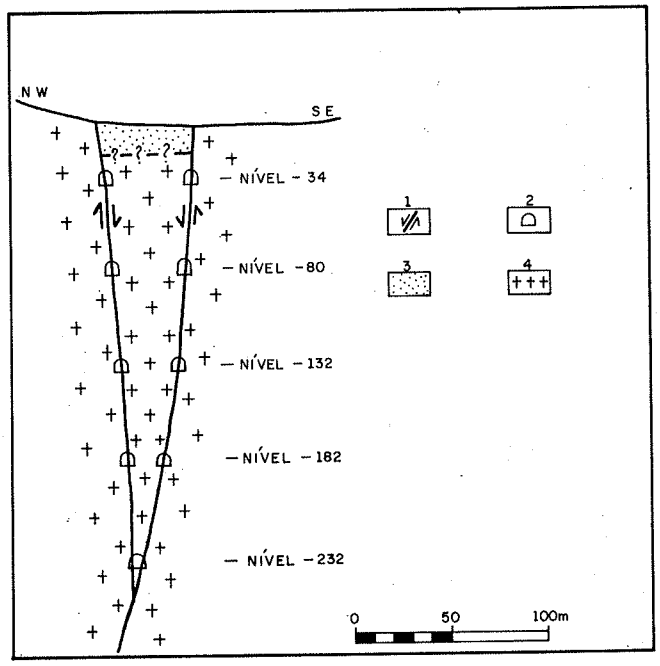


Figura 23 – Ocorrência de barita Gerônimo Eller: **1.** *arenitos do Grupo Itararé sobre biotita granito alcalino cinza-branco;* **2.** *microclínio granodiorito a Qz-diorito porfiroblástico feldspatizado.* **3.** *trincheiras;* **4.** *falhamento mineralizado*
Figure 23 – Barite occurrence of Geronimo Eller: **1.** sandstones (Itararé Group) besides gray to white alcalin biotite granite; **2.** Qz-diorite porphyblastic microclinized granite **3.** trenchs; **4.** mineralized fault.

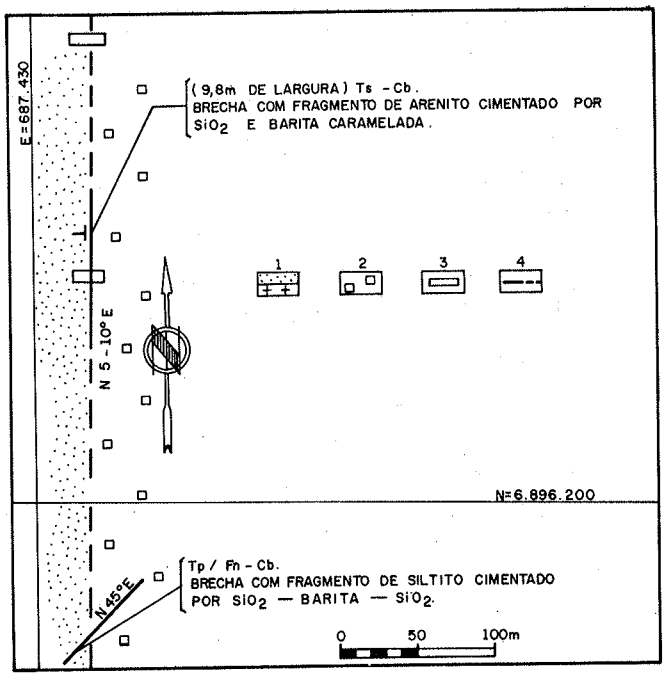


Figura 25 – Perfil geológico da Mina Santa Catarina: **1.** *falhas mineralizadas;* **2.** *galeria;* **3.** *Grupo Itararé;* **4.** *Qz-monzonito*
Figure 25 – Santa Catarina mine cross section: **1.** mineralized faults; **2.** drift; **3.** Itararé Group; **4.** Qz-monzonite

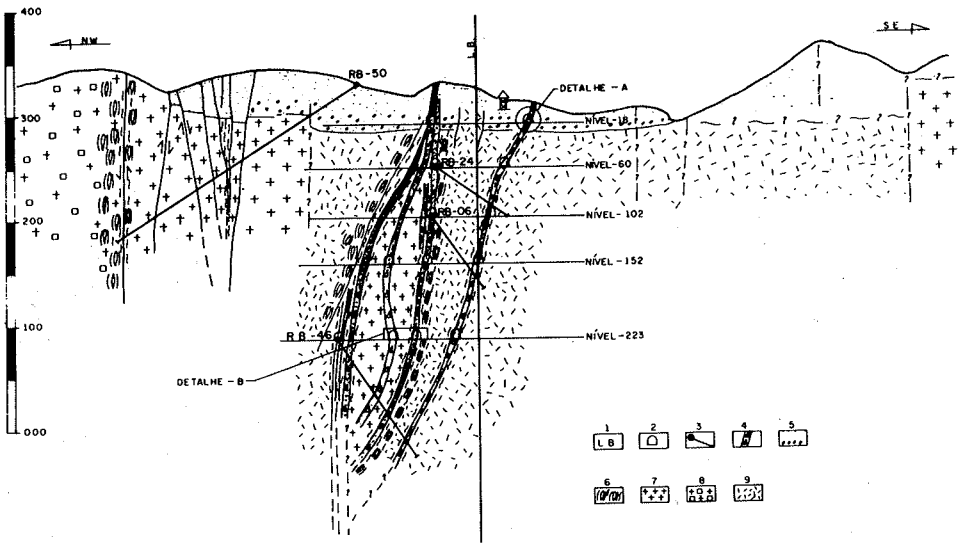


Figura 26 – Perfil geológico da seção 1600, mina de fluorita Rio dos Bugres: **1.** *linha-base;* **2.** *galeria;* **3.** *furos de sonda;* **4.** *brecha mineralizada* SiO_2-CaF_2-($BaSO_4$-$CaCO_3$). **5.** *arenito conglomerático;* **6.** *milonitos;* augen-*gnaisses blastomilonitos, cataclasitos;* **7.** *biotita granito alcalino cinza-branco homogêneo;* **8.** *biotita granito a granodiorito porfirítico grosso cálcio-alcalino;* **9.** *Px-diorito a Qz-diorito,* arc-tholeitic

Figure 26 – Cross section of the Rio dos Bugres fluorite mine (section 1600): **1.** base-line; **2.** drift; **3.**drill holes; **4.** mineralized breccia; **5.** conglomeratic sandstone; **6.** mylonites, blastomylonites augen-gneiss, cataclasites; **7.** homogeneous gray to white alcaline biotite granite; **8.** biotite granite to coarse calco-alcaline porphyritic granodiorite; **9.** Px-diorite to Qz-diorite related to arc tholeitic

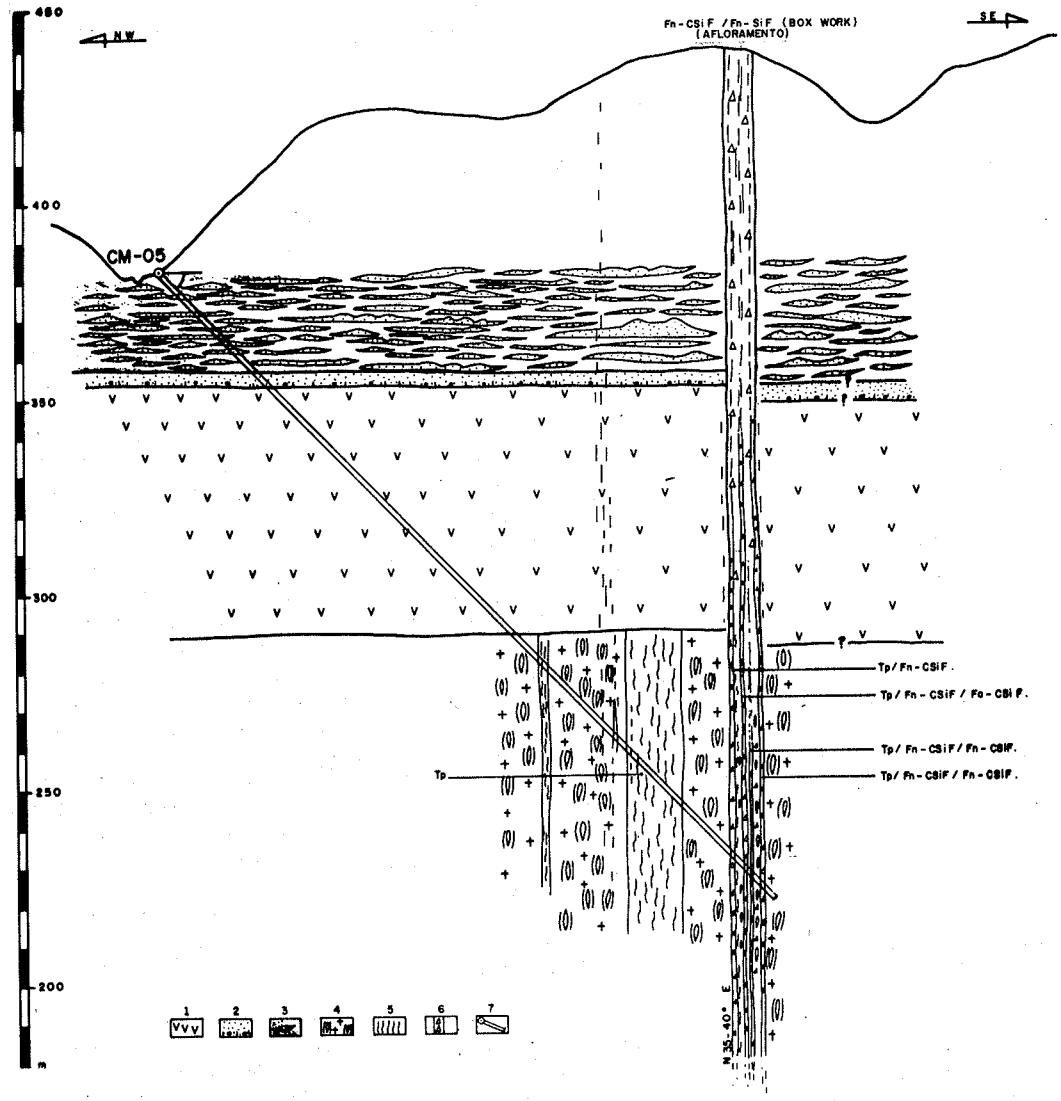


Figura 27 – Perfil geológico da Sondagem, furo CM-5, ocorrência de fluorita do Córrego do Mijador: **1.** *sill de diabásio (Formação Serra Geral);* **2.** *arenito noduloso (metamorfismo de contato);* **3.** *siltito com lentes arenosas;* **2 e 3.** *Grupo Itararé;* **4.** *milonito granítico facoidal porfiroclástico, polideformado;* **5.** *milonito fino;* **6.** *brecha mineralizada* (CaF_2-SiO_2)*;* **7.** *furo de sonda CM-05*

Figure 27 – Cross section of the CM-5 drill hole: fluorite occurrence of Córrego do Mijadouro. **1.** diabase sill (Serra Geral Formation); **2.** sandstone with contact metamorphism; **3.** siltstone with sandstone lenses; **4.** Itararé Group; **4.** polydeformed porphiroclastic facoidal granitic mylonite; **5.** mylonite (fine grained); **6.** mineralized breccia (CaF_2-SiO_2; **7.** drill hole CM-5

iluminação. Esta característica implica minimizar ou mesmo anular o sombreamento da porção proximal da faixa imageada, exagerando-o, por outro lado, na porção distal. Acrescenta-se, portanto, um fator imponderável na interpretação, uma vez que lineamentos na porção proximal poderiam passar desapercebidos; **2.** resolução espectral extremamente baixa e **3.** dificuldade de se identificar lineamentos com direções próximas a N–S, fato comprovado por exemplo em Chiang (1984) e provavelmente devido ao processamento da abertura sintética que deterioraria as informações paralelas à direção do vôo (no caso Radambrasil, N–S) devido à atenuação por compressão dos dados (Gilberto Amaral, informação verbal). Aliado a esses aspectos, já por si suficientes, um quarto, de ordem prática, alinhou-se: a escala de 1:250.000 em que são oferecidos os mosaicos é demasiado pequena e, para se trabalhar em escalas maiores (o que é possível já que a resolução geométrica de 16 m é bastante boa), necessitar-se-ia obter os originais em processo custoso, difícil e de alta relação custo/benefício.

As imagens do sensor TM Landsat-4, obtidas no INPE-MCT, foram escolhidas por possibilitarem, a um só tempo: abordagem em escalas variáveis; observação do comportamento da superfície em seis bandas do espectro refletido, separadamente ou combinadas; tratamento digital (entre outros, realce de contraste e filtragem direcional); e homogeneidade de sombreamento em toda a cena imageada. Observe-se, por fim, que a opção de utilização de imagens do satélite Spot não foi analisada.

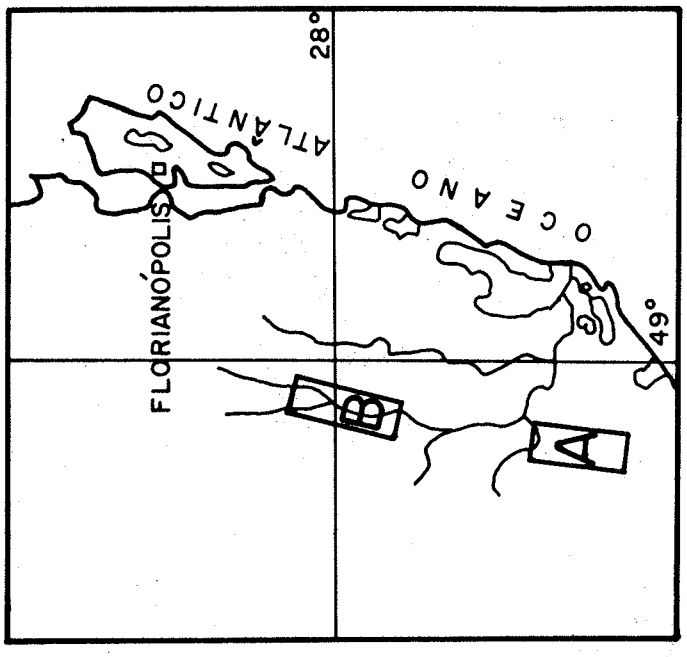


Figura 28 – Mapa de localização da área estudada por sensores remotos
Figure 28 – Localization map of the area studied by remote sensing

Comportamento dos Lineamentos na Superfície As falhas transcorrentes N10E compõem lineamentos com até 30 km de comprimento nem sempre contínuos. Topograficamente, comportam-se como cristas alinhadas, descontinuadas por vales transversais ou, ainda, como vales alinhados. Em locais recobertos por matas virgens (floresta tropical) comumente as cristas apresentam vegetação mais rala e baixa, embora contendo, pelo que se observou, a mesma assembléia vegetal. Isso pode ser explicado pela menor espessura do solo e pela umidade.

Em locais desmatados ou campos naturais, sejam pastos ou plantações, as cristas associadas às falhas N10E são quase sempre coalhadas de fragmentos de rocha, em geral quartzo mas também blocos de brecha e milonitos silicificados. Nas áreas desmatadas abandonadas, as cristas são de preferência tomadas por samambaias. Os vales associados aos lineamentos não apresentam, por outro lado, características notáveis.

Comportamento dos Lineamentos nas Imagens Localmente, a expressão topográfica dessas estruturas é observada com facilidade pela presença do par "sombra x face iluminada", tanto no caso das cristas como no dos vales. Nesses casos, a identificação dos lineamentos se fez como em qualquer processo de fotointerpretação pela associação de cristas e vales alinhados (Fig. 29).

Houve, entretanto, um importante auxílio de seu comportamento espectral, especialmente no caso das cristas. Assim, a partir do exposto em Freden & Gordon Jr. (1983) e Curran (1985), e do observado pelos autores, segue-se uma síntese do comportamento das estruturas nas várias bandas do sensor TM utilizadas e de suas possíveis causas:

- *Banda 3 (0,63–0,69*μm). Nesta banda, a energia sofre uma importante absorção pela clorofila enquanto há uma grande reflectância do solo exposto. Em locais cobertos por vegetação natural, as cristas aparecem quase sempre com matiz mais claro que as encostas, o que pode ser explicado pela menor pujança da mata. Em áreas desmatadas, a diferença de reflectância é ainda mais acentuada, possivelmente devido aos fragmentos silicosos, que impõem alta reflectância.
- *Banda 4 (0,76–0,90* μm). Nesta banda, a vegetação apresenta alta reflectância e a diferença entre assembléias vegetais é minimizada. Assim, essas imagens foram as que salientaram as características topográficas dos lineamentos por não estarem as sombras sujeitas ao mascaramento por variações na vegetação.
- *Banda 5 (1,55–1,75 μm).* Esta banda é muito sensível à umidade e alterações de vegetação por desequilíbrio da água na cobertura foliar. Os lineamentos apresentam-se com sua expressão topográfica bastante mascarada pelas variações nas características da cobertura vegetal. Por outro lado, as cristas fornecem maior reflectância (menor pujança da vegetação e umidade) enquanto os vales de forma menos evidente, mostram menor reflectância, possivelmente por maior umidade.
- *Banda 7 (2,08–2,35 μm).* É potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal e, embora a literatura não o cite, assemelha-se à banda 5 no tocante à alteração de vegetação por excesso de água. Neste trabalho demonstrou grande eficiência na identificação dos lineamentos associados às falhas N10E. O principal elemento foi fornecido pela topografia, mas houve auxílio de uma maior reflectância sobre os lineamentos, tanto em áreas de cultivo/solo parcialmente exposto/pasto como aquelas com floresta natural. Observe-se que nestas últimas o fato se evidencia mais facilmente. A causa dessa maior reflectância é difícil de ser determinada sem estudos de radiometria, mas aventa-se como causas mais prováveis o estresse de vegetação e a presença de produtos de alteração hidrotermal.

Procedimentos Foram utilizadas imagens TM da órbita 220, ponto 79 (S) e 80 (N), de 14 de setembro de 1986, adquiridas junto ao INPE-MCT sob a forma de produtos digitais. Utilizou-se como processador de imagens o analisador multiespectral Image-100, do INPE de São José dos Campos.

Os procedimentos adotados demandaram pouco tempo, com bons resultados no uso de realce de contraste (*contrast stretch*), que implica "aumentar a distância" entre os níveis de

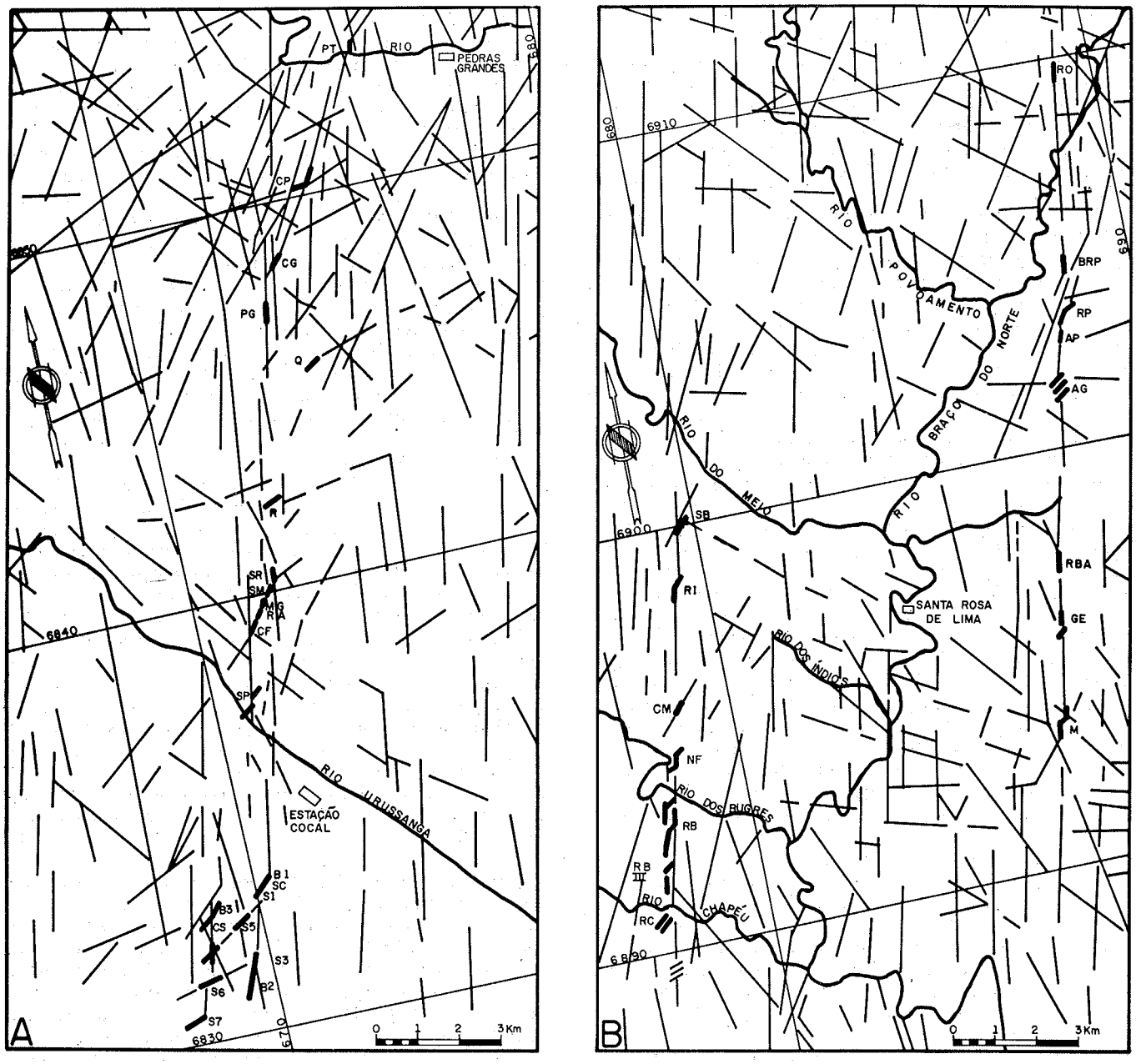


Figura 29 – Mapas dos principais lineamentos tectônicos traçados sobre imagens de satélite TM-Landsat-4, canais 4R-5G-7B, órbita 220, ponto 79, fornecido pelo INPE, com locação das principais jazidas e ocorrências de fluorita e barita do sudeste catarinense: **A.** *zona de cisalhamento Linha Torrens;* **B.** *zona de cisalhamento Rio dos Bugres (oeste) e Zona de cisalhamento Rio Bravo Alto (leste)*

Figure 29 – Maps of the main tectonic lineaments interpreted from TM images (Landsat 4) with the principal occurrences and mines of fluorite and barite in the southeast of Santa Catarina State. **A.** Linha Torrens Shear Zone; **B.** Rio dos Bugres Shear Zone (west) and Rio Bravo Alto Shear Zone (east).

cinza presentes na imagem e filtragens direcionais, que produzem um rearranjo dos níveis de cinza de todos os pontos da imagem, de forma a realçar uma direção pré-selecionada. Foram experimentados outros procedimentos, como uso de cores complementares, que "inverte" a topografia, mas os resultados não foram bons, já que, embora salientando os segmentos de lineamentos dados por drenagens, dificultou a identificação daqueles, mais comuns, expressos como cristas descontínuas. Outro procedimento tentado, com maus resultados, foi o programa "Principais Componentes". Finalmente, *ratios* – divisão entre bandas – não foram utilizados, já que dissipariam a impressão de relevo muito utilizada na interpretação.

A interpretação foi feita sobre diapositivos e ampliações em papel, ambos em cores, com os resultados passados para um *overlay* e deste para fotografias aéreas, o que permitiu a exata localização em campo dos lineamentos foto-interpretados.

CONSIDERAÇÕES GENÉTICAS Os depósitos de fluorita são consagradamente filonianos e hidrotermais de baixa temperatura, porém várias são as hipóteses em relação à idade e origem dos fluidos mineralizantes ricos em flúor, a saber:

A. Fluidos residuais (pós-magmáticos) do magmatismo ácido e alcalino granítico (Angeiras & Teixeira 1965).
B. Fluidos hidrotermais ricos em flúor gerados pela fusão da flogopita, ao longo de zona de subducção, incorporados ao magmatismo alcalino e instalados ao longo de fraturas de tração no fim da orogênese brasiliana (Issler & Kaul 1983).
C. Manifestações residuais tardias relacionadas à evolução do vulcanismo e plutonismo do Neocretáceo da Bacia do Paraná (Willig 1973).
D. Fluidos hidrotermais juvenis de origem magmática alcalina recente (Horbach & Marimon 1982).
E. Infiltração de águas superficiais e conatas em fraturas causadas pelo rifteamento Meso-Atlântico que se aquecem em profundidade, provocando a lixiviação da sílica, flúor e bário das rochas graníticas calco-alcalinas do embasamento, que posteriormente sobem e precipitam fluorita, calcedônia e barita junto à interface ao nível da discordância delimitada pela base dos sedimentos do Grupo Itararé (Dardene & Savi 1984).
F. Emanações residuais tardias de rochas vulcânicas básicas e alcalinas (Complexo de Anitápolis) (Morgental 1984).

Posteriormente à deformação compressiva que afetou o plutonismo e vulcanismo sintectônico, toleítico de arco insular e calci-alcalino (Condie 1982), de composição variável entre Px-diorítica e granítica, da orogênese brasiliana, instalaram-se pequenos *stocks* de biotita granito cinza-claro alcalino nas zonas cisalhadas. Esses granitos alcalinos com flúor, concentrado nos minerais hidroxilados introduziram principalmente SiO_2, K, Al e voláteis nas rochas pré-formadas (granodioritização). Com o rifteamento do continente Gondwana, e o início da abertura do Atlântico Sul, criaram-se ambientes transtensionais ao longo dos falhamentos transcorrentes divergentes N0–10E subordinadamente N60E, por onde subiram fluidos hidrotermais oriundos dos processos ígneos (instalados na base da crosta continental) gerados pelo magmatismo mesozóico convectivo ascendente. Esses fluidos hidrotermais, misturados próximos à superfície com águas superficiais e conatas, reaquecidas, lixiviaram sílica, flúor e bário, principalmente dos biotita-microclínio-granitos alcalinos potássicos ricos em flúor e bário (com tendência shoshonítica) tardi-orogênicos a pós-tectônicos, precipitando quartzo-fluorita-(barita) nas zonas abertas e fragmentadas. O flúor especificamente origina-se da biotita e da hornblenda e o bário dos feldspatos alcalinos. Pesquisas recentes realizadas pelo Grupo Votorantim por geoquímica de terras-raras têm demonstrado extrema semelhança nos padrões de REE das fluoritas e dos veios de microgranitos, considerados apófises dos biotita-granitos cinza-claro alcalinos.

Na tentativa de datar a época da instalação das várias gerações de fluorita dos jazimentos, estão sendo feitos estudos radiométricos em argilas hidrotermais, apatitas e zircões encaixantes aos filões.

CONCLUSÕES

- A mineralização preenche zonas abertas ou fragmentadas formadas durante o cisalhamento divergente rúptil mesozóico de nível crustal raso, não raro reativando antigas falhas transcorrentes dúcteis profundas (zonas de cisalhamento dúcteis proterozóicas).
- As mineralizações hidrotermais de fluorita-quartzo-(barita) encontram-se instaladas em ambientes transtensionais, ao longo de zonas de cisalhamento divergente N0–10E, subordinadamente N60E, principalmente naqueles situados próximo ou na borda de pequenos corpos de biotita granito alcalino aluminoso potássico, tardi-orogênicos a pós-tectônicos.
- Os ambientes transtensionais mineralizados localizam-se principalmente no cruzamento de falhas cisalhantes divergentes com fraturas de tração e/ou falhas normais; nas fraturas de tração pura e/ou falhas normais não raro com disposição *en échelon*; em bifurcações e deflexões de falhas cisalhantes, e tração em terminações de falhamentos transcorrentes.
- A fonte do flúor é neoproterozóica, mas a lixiviação, a remobilização e conseqüente instalação do jazimento são do Neomesozóico Pós-Itararé.
- As mesmas gerações de fluorita encontradas nos falhamentos encaixados nas rochas "graníticas" também são verificadas nas falhas que cortam os sedimentos do Grupo Itararé.
- As imagens TM Landsat 4 permitem a identificação dos lineamentos N0–10E, mesmo em locais em que sua expressão é muito discreta, não se mostrando visíveis em fotografias aéreas e sendo a custo reconhecidas em campo. Como esses lineamentos são expressão de zonas de cisalhamento e coincidem claramente com as jazidas e ocorrências minerais em questão, fica bem demonstrada a aptidão do método para este tipo de prospecção.
- Dentre as combinações de canais efetuadas no I-100 (INPE), as que se mostraram mais aptas para a identificação dos lineamentos foram entre os canais 3, 4 e 5 e 3, 4 e 7. O aumento linear de contraste mostrou-se bastante efetivo e as filtragens direcionais N–S facilitaram em muitos casos a interpretação.

Agradecimentos Agradecemos à direção da Mineração Santa Catarina Ltda. e da IBAR Nordeste S/A., empresas do Grupo Votorantim, por fornecerem todo o suporte para a realização deste trabalho. Agradecemos ainda aos Professores-doutores Gilberto Amaral e Reinholt Ellert, pela leitura crítica dos manuscritos referentes ao sensoriamento remoto; ao Prof. Dr. Celso Dal Ré Carneiro, pela leitura crítica e sugestões; ao colega Ângelo Nobreza Figueiredo, pelas informações verbais; ao Prof. Dr. Asit Choudhouri, por verter o resumo para o inglês; e ao Sr. Dilney Baumann, pelos desenhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozóico no Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, **16**(4): 325-349.
AMARAL, G.; BUSHEE, J.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J.H. 1967. Potassium-argon ages of alkaline rocks from Southern Brazil. *Geoch. Cosm. Acta*, **31**:117-142.
ANGEIRAS, A.G. & TEIXEIRA, C.A.S. 1965. Nota sobre a gênese da fluorita em Morro da Fumaça. *Rev. Eng. Met. Min.*, **42**(252): 252-259.
ASMUS, A.E. 1977. Diferenças nos estágios iniciais da evolução tectônica da margem continental leste brasileira; possíveis causas e implicações. Rio de Janeiro, Petrobrás. 36p. (Com. téc. Remac-007/77, ined.).
BASEI, M.A.S. 1985. Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina. São Paulo, IGUSP. (tese dout. inédito).
BASTOS NETO, A.C. & SAVI C.N. 1985. Observações sobre a abertura e fases de preenchimento de alguns filões de fluorita do sudeste catarinense. In: SIMP. SUL-BRAS. GEOL. 2, Florianópolis, 1985. *Atas...*, SBG. v. 1. 215-228.
BLÉS, J.L. & FEUGA. 1981. *La fracturation des roches. Paris. (Manuels et Méthodes*, 1). BRGM.
BRECKE, E.A. 1964. Barite Zoning in the Illinois-Kentucky Fluorspar District. *Econ. Geol.* **59**:299-302.
BRECKE, E.A. 1979. A Hidrotermal system in the Midcontinent Region. *Econ. Geol.*, **74**(6): 1327-1335.
CHIANG, L.C. 1984. Análise estrutural de lineamentos em imagens de sensoriamento remoto: aplicação ao Estado de Rio de Janeiro. São Paulo, IGUSP. 157p. (Tese Dout., inédito).
CLAYTON, L. 1966. Tectonic depression along the Hope fault, a transcurrent fault in North Canterbury. *New Zealand J. Geol. &*

Geophys., **9**:(1-2):95-104.
CLOOS, E. 1955. Experimental analysis of fracture patterns. *Bull. Geol. Soc. Am.*. **66**:241-256.
CONDIE, K.C. 1982. *Plate tectonics & crustal evolution*. New York, Pergamon, 310 p.
CURRAN, P.J. 1985. *Principles of remote sensing*. New York. 282p.
DARDENE, M.A. & SAVI, C.N. 1984. Geologia e geoquímica dos filões de fluorita Segunda Linha Torrens e Cocal, SC. *Rev. Bras. Geoc.*, **14**(2):120-127.
DARDENE, M.A. 1985. Os depósitos de fluorita da região sul do Brasil. In: SIMP. SUL-BRAS. GEOL. 2, Florianópolis, 1985. p. 201-221.
DURNEY, D.W. & RAMSAY, J.G. 1973. Incremental strains measured by syntectonic crystal growths. In: de JONG & SCHOLTEN eds. *Gravity and tectonics*. New York, John Wiley & Sons. p. 67-96.
EMMONS, R.C. 1968. Strike-slip rupture patterns in sand models. *Tectonophysics*, **7**:71-87.
FRAGOSO CÉSAR, A.R.S. 1980. O Cráton do Rio de la Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense. In: CONGR. BRAS. GEOL., 31, Baln. Camboriú, 1980. *Anais*... Baln. Camboriú, SBG. v. 5, p. 2879-2892.
FREDEN, S.C. & GORDON JR., F. 1983. Landsat satellites. In: COLWELL, R.N. ed. *Manual of remote sensing*. Falls Churc, Virginia, American Society of Photogrammetry, 2440p.
HARDING, T.P. 1974. Petroleum traps associated with wrench faults. *AAPG Bull.*, **58**:(7):1290-1304.
HARDING, T.P. 1983. *Divergent wrench fault and negative flower structure, Andaman Sea*. In: BALLY, A.W. ed., *Seismic expression of structural styles*. Tulsa, AAPG. v. 3, p. 117. (AAPG Studies in Geology Series 15).
HORBACH, R. & MARIMON, R.G. 1982. *Contribuição à geologia do distrito de fluorita de Santa Catarina*. Salvador, Radambrasil, (Geologia Série Bol. Técnico 1).
IBGE. 1986. *Atlas de Santa Catarina*. Florianópolis, Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. 173p.
ISSLER, R.S. 1983. Evolução crustal da faixa arco-fossa Tijucas e faixa magmática Pedras Grandes: Cráton Dom Feliciano. In: SIMP. SUL-BRAS. GEOL., 1, Porto Alegre, 1983. *Atas*... Porto Alegre, SBG. p. 19-36.
ISSLER, R.S. & KAUL, P.F.T. 1983. Sobre a gênese dos depósitos de fluorita de Santa Catarina: modelo alternativo. *Miner. Metal.*, Rio de Janeiro, **46**(443):20-24.
KINGMA, J.T. 1958. Possible origin of piercement structures, local unconformities, and secondary basin in the eastern geossyncline. *New Zealand J. Geol. Geophys.*, **1**:269-274.
MOODY, J.D. & HILL, M.J. 1973. Petroleum exploration aspects of wrench fault tectonics. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* **57**(3):449-476.
MORGENTAL, A. & KIRCHNER, C.A. 1983. *Projeto Fluorita no sudeste de Santa Catarina. Relatório Preliminar*. Etapa I, Mapa Previsional. Porto Alegre, DNPM/CPRM, 1v., mapas. (Rel. inédito).
MORGENTAL, A. 1984. *Projeto fluorita no sudeste de Santa Catarina*. Relatório Preliminar. Etapa 2, Caracterização dos Depósitos de Fluorita, DNPM/CPRM, Porto Alegre. 2v. 114p. (Rel. inédito).
PUTZER, H. 1953. Diastrofismo "germanótipo" e sua relação com o vulcanismo basáltico na parte meridional de Santa Catarina. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, **2**(1): p. 37-74.
PUTZER, H. 1955. *Geologia da Folha de Tubarão*, SC. DFPM-DNPM, Rio de Janeiro, 94-96p. (Bol.)
RODRIGUES, E.P. 1985. *O Complexo alcalino de Anitapólis* – Um estudo petrológico. São Paulo, 173p. (Dissert. Mestr. USP-IG).
SAVI, C.N. 1980. *Gênese e controle das mineralizações de fluorita da região de Criciúma, SC*. Brasília, UnB. 112p. (Tese Mestr., UnB).
SIBSON, R.H. 1977. Fault rocks and fault mechanisms. *Bull. Geol. Soc. London*, **133**:191-213.
SILVA, L.C. 1987. *Geologia do Pré-Cambriano/Eopaleozóico de Santa Catarina*. Florianópolis, DNPM/CPRM, (Série Mapas e cartas de síntese) 3, Seção geologia, 15-90p.
SPRY, A. 1969. *Metamorphic textures*. Pergamon Press.
TCHALENKO, J.S. 1970. Similarities between shear zones of different magnitudes. *GSA Bull.*, **81**:1625-1640.
TCHALENKO, J.S. & BERBERIAN, M. 1975. Dasht & Bayaz Fault, Iran: Earthquake and earlier related structures in bed rock. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **86**:703-709.
TEIXEIRA, C.A.S. & ANGEIRAS, A.G. 1965. Nota sobre a gênese da fluorita em Morro da Fumaça. *Eng. Min. Met.*, **XII**. (251):185-188.
TRAININI, D.R.; DIAS, A.A.; KREBS, A.S.J.; SOUZA, E.C.; CAPELETTI, I.; TONIOLO, J.A.; SILVA, L.C.; SILVA, M.A.S. 1978. *Projeto Vidal Ramos-Biguaçu*. Relatório Final. Porto Alegre, DNPM/CPRM, 5v. mapas. (Rel. inéd.)
WILCOX, R.E. HARDING, T.P.; SEELY, D.R. 1973. Basic wrench tectonics. *AAPG Bull.*, **57**:74-96.
WILLIG, C.D. 1973. Observações sobre os controles e a gênese dos depósitos de fluorita de Santa Catarina. *Rev. Eng. Met. Min.*, **343**:36-41.
ZALÁN, P.V. 1986. A tectônica transcorrente na exploração de petróleo: Uma revisão. *Rev. Bras. Geoc.*, **16**(3): 245-257.

MANUSCRITO 557
Recebido em 21 de junho de 1988
Revisão do autor em 01 de março de 1989
Revisão aceita em 02 de março de 1989

A falta de apoio e reconhecimento dos poderes públicos para com os "negócios da educação" (ou porque só cuidaram dos negócios e não da educação), somada à exacerbação do narcisismo dos últimos anos estão conduzindo mestres e alunos a cuidarem, cada qual de si mesmos, sem pensarem no que é (?) esse conjunto harmonioso que, um dia, se chamou Escola.

José Reis