

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**



**PROSPECÇÃO DE FLUORITA DA PARTE NORTE DA ZONA DE
CISALHAMENTO RIO DOS BUGRES (ZCRB), DISTRITO FLUORÍTICO DE
SANTA CATARINA.**

TAMARA REGINATTO MANFREDI

ORIENTADOR

Prof. Dr. Artur Cezar Bastos Neto

CO-ORIENTADOR

Prof. Dra. Andrea Ritter Jelinek

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Norberto Dani

Prof. Dr. Vitor Paulo Pereira

COMISSÃO DOS PROJETOS TEMÁTICOS

Prof. Dra. Andrea Ritter Jelinek

Prof. Dr. Rualdo Menegat

Prof. Dr. Marcus V. D. Remus

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Geólogo.

Porto Alegre, dezembro/2010.

AGRADECIMENTOS

Quero prestar os meus sinceros agradecimentos:

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Artur Cezar Bastos Neto, por acreditar neste trabalho e pela orientação criteriosa e crítica, que foi a principal responsável pela minha evolução intelectual e profissional durante o curso; e à Prof. Dra. Andrea Ritter Jelinek, por estimular meu desenvolvimento científico desde o início da minha história acadêmica.

À todos que me ajudaram neste projeto: ao Marco Rossoni, pela companhia e pelo auxílio durante o mapeamento geológico deste trabalho; ao geólogo Renato de Souza jr., que foi o responsável pelo desenvolvimento deste projeto junto à Votorantim, pelas dicas e ensinamentos; aos professores Nelson Amoretti Lisboa, Jorge Luiz Barbosa da Silva, Ronaldo dos Santos Rocha e Rualdo Menegat, pela disponibilidade de me ajudar nas dificuldades deste trabalho e ao Grupo Votorantim, pelo financiamento deste projeto e por nos fornecer os dados da área estudada.

Ao Instituto de Geociências pelos recursos proporcionados através da cadeira Temático II.

Às minhas queridas amigas, Lili e Issa, por terem me apoiado, me escutado e compartilhado os momentos mais difíceis da graduação; e às minhas companheiras de campo e de T10, Carol e Carla, pela paciência e amizade até nos momentos de “insanidade”.

Um obrigada especial aos meus amores: ao meu pai e à minha mãe, cuja fé na minha capacidade me ensinou a acreditar em mim mesma; e ao Marcelo, meu lindo, pela sua compreensão e carinho. Suas palavras de incentivo foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

No distrito fluorítico de Santa Catarina, as jazidas filoneanas do subdistrito Grão-Pará estão associadas à zona de cisalhamento Rio Bugres, de direção geral NNE-SSW, que pode ser seguida continuamente, de sul para norte, até a jazida Nova Fátima. Ao norte desta jazida, a zona de cisalhamento Rio dos Bugres aparentemente desaparece e só são conhecidas acumulações subeconômicas de fluorita, como a do Córrego do Mijador. Este trabalho foi realizado numa área de 12km² situada imediatamente a norte da jazida Nova Fátima. Os objetivos foram localizar zona de cisalhamento Rio dos Bugres, reavaliar o potencial da área para prospecção de filões de fluorita e indicar locais para furos de sonda. Para tanto, foram utilizadas as seguintes técnicas: sensoriamento remoto, mapeamento geológico na escala 1:25.000, petrografia, prospecção geoquímica de solo e de sedimentos de corrente; os dados foram integrados em ambiente de geoprocessamento. A área é constituída por granito da Suíte Intrusiva Pedras Grandes, rochas sedimentares da Formação Rio do Sul e diques e soleiras de diabásio da Formação Serra Geral. A jazida Nova Fátima é interrompida por uma falha NW-SE. Ao intersectar esta estrutura, a zona de cisalhamento rio dos bugres se bifurca em dois ramos. O ramo oeste é o principal; ele segue por cerca de 1km na direção norte e inflete para NE-SW, direção mais favorável para existência de mineralização, por cerca de 700m. Ao longo deste último segmento, as rochas sedimentares são fortemente silicificadas e superpõem-se anomalias geoquímicas de F no solo; na drenagem a jusante, ocorrem as mais importantes anomalias de F em sedimento de corrente encontradas na área. No ramo leste e em outros locais também foram encontradas outras evidências de mineralização de fluorita, incluindo veios de quartzo do tipo “pedra osso” com cristais negativos de fluorita, a geoquímica associada. O ocorrência do Córrego do Mijador situa-se entre os 2 ramos da zona de cisalhamento Rio dos Bugres, a cerca de 700m a leste do ramo principal. O potencial prospectivo da área como um todo é classificado como muito alto. O segmento NE-SW do ramo oeste da zona de cisalhamento Rio dos Bugres é fortemente recomendado para realização de sondagens.

Palavras-chave: fluorita, filão, prospecção, Santa Catarina, rio dos Bugres

ABSTRACT

In Santa Catarina Fluorite District, the lode deposits Grão-Pará sub-district are associated with the Rio dos Bugres shear zone, of general direction NNE-SSW, which can be followed continuously from south to north, to deposit Nova Fatima. North of this mine, the ZCRB apparently disappeared and are just known fluorite's accumulations sub-economics, like to the Córrego do Mijador. This work was conducted on an area with 12km², located immediately north of the Nova Fatima mine. The objectives were to locate Rio dos Bugres zone shear, reassess the potential of the area for prospecting and fluorite's lode and indicate locations for bore. For this, we used the hereafter techniques: remote sensing, geological mapping at 1:25.000 scale, petrographic, geochemical soil and current's sediments; the data were integrated in GIS environment. The area consist Intrusive in Suite Pedras Grandes' granite; sedimentary rocks of the Formation Rio do Sul and diabase dikes and sills of the formation Serra Geral. The Nova Fatima deposit is interrupted by a NW-SE fault. To intersect this structure, Rio dos Bugres zone shear forks into two branches. The west branch is the main; it goes for about 1km in the north direction and inflects to NE-SW, direction more favorable to the existence of mineralization, for about 700m. Throughout this last segment, the sedimentary rocks are strongly silicified and they are overlap the geochemical F anomalies in soil; in the downstream drainage occur the most important anomalies in F current's sediments found in the area. In the east branch and elsewhere were also found others evidences of fluorite mineralization, including quartz veins like "pedra osso" with negative crystals of fluorite, associated geochemistry. The occurrence of the Córrego do Mijador located between two branches of shear zone Rio dos Bugres, about 700m east of the main branch. The prospective potential of the area as a whole is classified as very high. The NE-SW segment of the western branch Rio dos Bugres shear zone is strongly recommended for conducting surveys.

Keywords: fluorite, lode, prospecting, Santa Catarina, Rio dos Bugres.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mapa da margem continental sul do Brasil, destaque para o Distrito Fluorítico de Santa Catarina (DFSC).....	12
Figura 2. Mapa geológico simplificado do subdistrito Grão Pará. A área demarcada corresponde à área de mapeamento. A seta indica os filonetes da ocorrência do Córrego do Mijador (CM).....	14
Figura 3. Mapa de lineamentos da região sudeste de Santa Catarina, destacando os lineamentos de Urussanga, Santa Rosa de Lima (SRL), Garopaba, Armazém, Canela Grande e a zona de cisalhamento Rio dos Bugres (ZCRB). Subdistrito: A) Segunda Linha Torrens, B) Ribeirão da Areia, C) Pedras Grandes, D) Rio Bravo Alto E) Grão Pará.....	16
Figura 4. Mapa do Subdistrito Segunda Linha Torrens. A estrutura principal do Lineamento Canela Grande é a falha Segunda Linha Torrens.....	22
Figura 5. Fotografia do teto da galeria da mina Cocal onde o minério presente foi formado pelas 4 fases (F) de mineralização. F1: fluorita roxa brechada. F2: fluorita violeta e verde e calcedônia bandada. F3: fluorita amarela maciça. F4: fluorita amarela e branca bandada e sedimentos internos.....	24
Figura 6. Modelo genético dos filões de fluorita. Em “a”, havia apenas deposição de fluorita nas estruturas mais a leste do DFSC, devido à baixa profundidade; com o recuo da Bacia do Paraná devido à erosão em “b”, pode-se depositar também nas estruturas centrais do distrito e em “c”, com erosão bem avançada, pode-se também formar filões na parte mais oeste do DFSC.....	29
Figura 7. Fluxograma Projetual, demonstrando todas as etapas que ocorreram neste trabalho.....	31
Figura 8. Fotoanálise da área de mapeamento (área demarcada em preto). As linhas contínuas representam lineações, as tracejadas, os contatos entre as rochas graníticas e sedimentares. Acima fotografias 19462 e 19463; abaixo 24069 e 24070. Escala da foto 1:25.000.....	38
Figura 9. Mapa de morfoestruturas da área mapeada gerado a partir de imagens TM Landsat. Observou-se a grande frequência de morfoestruturas de direção NNE-SSW.....	40
Figura 10. Mapa de Pontos da área mapeada, sendo que, os pontos em vermelho correspondem ao embasamento cristalino, em amarelo ocorrem rochas do Grupo Itararé e em verde ocorrem rochas intrusivas hipoabissais da Formação Serra Geral. Note que, a maior ocorrência é de rochas sedimentares.....	42
Figura 11. Mapa geológico da área de estudo.....	44
Figura 12. Biotita monzogranito característico da área de mapeamento (ponto CM 009). Observam-se os megacristais de K-feldspato orientados.....	45
Figura 13. Biotita monzogranito milonitizado (ponto CM 053), com foliação bastante evidente. Os cristais de K-feldspato, quartzo, plagioclásio e biotita apresentam-se estirados. Evidência de zona de falha.....	45
Figura 14. Fotografia da amostra macroscópica do biotita monzogranito (CM 183a). Note o lineamento gerado pelos cristais de quartzo e K-feldspatos estirados.....	47
Figura 15. Fotografia de lâmina petrográfica da amostra CM 183a, biotita monzogranito milonitizado. Observe-se os mosaicos de quartzo muito ondulante.....	47
Figura 16. Lâmina Petrográfica (amostra CM 183a). Nas imagens, é possível identificar a granada bem fraturada e a alteração da rocha. a) seta preta indica a granada, seta amarela hematização e cloritização (luz natural); b) biotita muito alterada (nicóis cruzados).....	48
Figura 17. Diagrama QAPF (quartzo, K-feldspato, plagioclásio e feldspatóide). O ponto vermelho corresponde à composição da lâmina.....	50

Figura 18. Afloramento em corte de estrada de um varvito carbonoso da Formação Rio do Sul (ponto CM 049). Observa-se o baixo grau de seleção da rocha, típica de depósitos glaciais. .	52
Figura 19. Contato normal entre o granito Pedras Grande e um siltito muito fraturado (ponto CM 052).	52
Figura 20. Amostra (CM 111b) macroscópica. A seta indica um veio de quartzo microcristalino.	54
Figura 21. Arenito silicificado (CM 111b), podemos observar a mal seleção granulométrica e a orientação dos minerais. Nesta área da lâmina, a matriz é argilosa muito fina. a) luz natural; b) nicóis cruzados.	54
Figura 22. Amostra 111b. Nestas fotos podemos observar a maior granulometria e pouca quantidade de matriz. A seta preta indica a mica branca e a seta amarela a oxidação em torno dos cristais. A direita luz natural e a esquerda nicóis cruzados.	55
Figura 23. Fotografia da amostra macroscópica do arenito silicificado (CM 117a).	55
Figura 24. Fotografia em nicóis cruzados e luz natural (a direita e a esquerda respectivamente) do arenito silicificado(CM 117a). Nestas imagens é possível observar os mosaicos de quartzo ondulante. A seta nas imagens corresponde a um intraclasto argiloso deformado dela compactação.	56
Figura 25. Arenito silicificado (CM 117) apresenta quartzo microcristalino, em mosaico e grãos maiores com bordas de crescimento.	56
Figura 26. Fotografia da amostra CM 080. Siltito laminado muito fino silicificado.	57
Figura 27. Lâmina petrográfica da amostra CM 080. Note as intercalações de material muito fino e de material mais grosso, além da orientação dos grãos de quartzos estirados.	57
Figura 28. Diabásio hipoabissal da Formação Serra Geral, com textura equigranular fina (ponto CM 076a)	58
Figura 29. Amostra de uma soleira de diabásio afanítico (ponto CM 054a).	59
Figura 30. Amostra de quartzo-latito hipoabissal (ponto CM 022a)	59
Figura 31. Estereogramas com os pólos e as curvas de contorno dos pólos das atitudes das rochas sedimentares (projeção de Schimidt).	61
Figura 32. Siltito afetado por falha. Pode-se notar que suas camadas estão verticalizadas (CM 193).	62
Figura 33. Crista de arenito silicificado orientado (ponto CM 029) segundo a direção N30E.	62
Figura 34. Ritmito com intercalações de silte e argila, com clastos pingados típicos de depósitos glaciais (ponto CM 049). Apresenta 3 direções principais de fraturas , com alto mergulho (70° a subvertical). A fratura principal tem direção NW-SE.	63
Figura 35. Estereograma contendo os polos dos planos de fraturas da área mapeada (projeção de Schimidt).	63
Figura 36. Arenito com forte silicificação associada a falha N25°E (ponto CM 063) com direção. A falha chegou a formar uma cachoeira.	64
Figura 37. Minério da mina Nova Fátima. É possível observar o minério verde e roxo de fluorita associado ao veio de quartzo microcristalino, encaixado no granito fortemente alterado.	66
Figura 38. Veio de “calcedônia” cortando um biotita granito aflorante (ponto CM 14).	66
Figura 39. Minério do filão Nova Fátima. A fluorita da fase 2 (verde) está depositada adjunto a calcedônia (branco).	67
Figura 40. Rocha granítica cortada por veios de calcedônia. Dentro dos veios ocorre box work de fluorita (ponto CM 053).	68
Figura 41. Este arenito, além de se apresentar silicificado, ainda é cortado cor um veio de calcedônia em que ocorre box work (ponto CM 111).	70
Figura 42. Pelito silicificado (ponto CM 008) com textura muito fina e com estratificação plano-paralela preservada.	70

Figura 43. Mapa geológico da área. As setas indicam as áreas com maiores quantidades de evidências de fluorita, próximas a importantes estruturas mapeadas.....	72
Figura 44. Mapa de isoteor de flúor no solo.....	74
Figura 45. Mapa de isoteor de flúor no solo gerado neste trabalho (explicação no texto).....	75
Figura 46. Mapa geológico com superposição do mapa de geoquímica de F no solo. Observar que a anomalia 2 (Fig. 45) coincide com uma estrutura que, por sua vez, está alinhada com falha no contato entre embasamento e rocha sedimentar. Legenda igual às das figuras 43 e 45.	76
Figura 47. Mapa geológico com dados de geoquímica de sedimento de corrente, teor de flúor. Nota-se que as anomalias ocorrem principalmente na parte norte e noroeste da área.	78
Figura 48. Mapa geológico mostrando a bifurcação da estrutura principal da Zona de Cisalhamento Rio dos Bugres ao intersectar estrutura mais antiga de direção NW-SE. O ramo principal é o ramo oeste que, mais ao norte, inflete para NE-SW, onde se superpõe com anomalia geoquímica de F no solo e apresenta grande potencial para prospecção de fluorita.	80
Figura 49. Estrutura principal do Lineamento Canela Grande. Observa-se que a estrutura principal de direção NNE-SSW sempre que intersecta falhas mais antigas de direções obliquas. Os filões de fluorita estão depositados nas inflexões da falha para NE-SW, assim como ocorre na estrutura principal da ZCRB na área de mapeamento.	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quadro sinóptico das características estruturais e texturas das mineralizações do DFSC, por geração, em relação ao campo de esforços tectônicos. f.= fluorita; bra.= branca; calc.= calcita; pr = pirita; ba. =barita; esmec.= esmectita; am.= amarela; viol. = violeta; sid= siderita; b.= brecha.	25
Tabela 2. Quantidade de minerais presentes na rocha observada.....	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	11
1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVOS DO TRABALHO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 GEOLOGIA REGIONAL	15
2.1.1 Embasamento	15
2.1.1.1 Granitos Brasileiros	15
2.1.1.2 Grupo Itajaí	17
2.1.2 Bacia do Paraná	18
2.1.3 Margem Continental	19
2.2 PRINCIPAIS ESTRUTURAS TECTÔNICAS	20
2.3 MINERALIZAÇÃO DE FLUORITA	21
2.3.1 Características Gerais	21
2.3.2 Idade	26
2.4 MODELO GENÉTICO	27
2.5 SENSORIAMENTO REMOTO E GEOFÍSICA NO DFSC	30
3 METODOLOGIA	31
3.1 TÉCNICA DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO	32
3.1.1 Petrografia	33
3.2 GEOQUÍMICA DE SOLO	34
3.3 GEOQUÍMICA DE SEDIMENTO DE CORRENTE	34
3.4 TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO	34
4 GEOLOGIA DA ÁREA	36
4.1 FOTOINTERPRETAÇÃO	36
4.2 SENSORIAMENTO REMOTO	39
4.3 MAPA DE PONTOS	41
4.4 ESTRATIGRAFIA DA ÁREA	43
4.4.1 Suíte Intrusiva Pedras Grandes	43
4.4.1.1 Aspectos de Campo	43
4.4.1.2 Petrografia	46
4.4.2 Formações Sedimentares Paleozóicas da Bacia do Paraná	51
4.4.2.1 Aspectos de Campo	51
4.4.2.1 Petrografia	53
4.2.3 Formação Serra Geral	58
4.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL	60
5 PROSPECÇÃO	65
5.1 EVIDÊNCIAS DE FLUORITA	65
5.1.1 Veios de Quartzo e Calcedônia	65
5.1.2 Box Work de Fluorita	67
5.1.3 Rochas Sedimentares Silicificadas	69
5.1.4 Principais Evidências Encontradas na Área	71
5.2 GEOQUÍMICA DE SOLO	73
5.3 PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE CORRENTE	77
6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	79

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS PARA A PROSPECÇÃO DE FLUORITA	82
REFERÊNCIAS	83

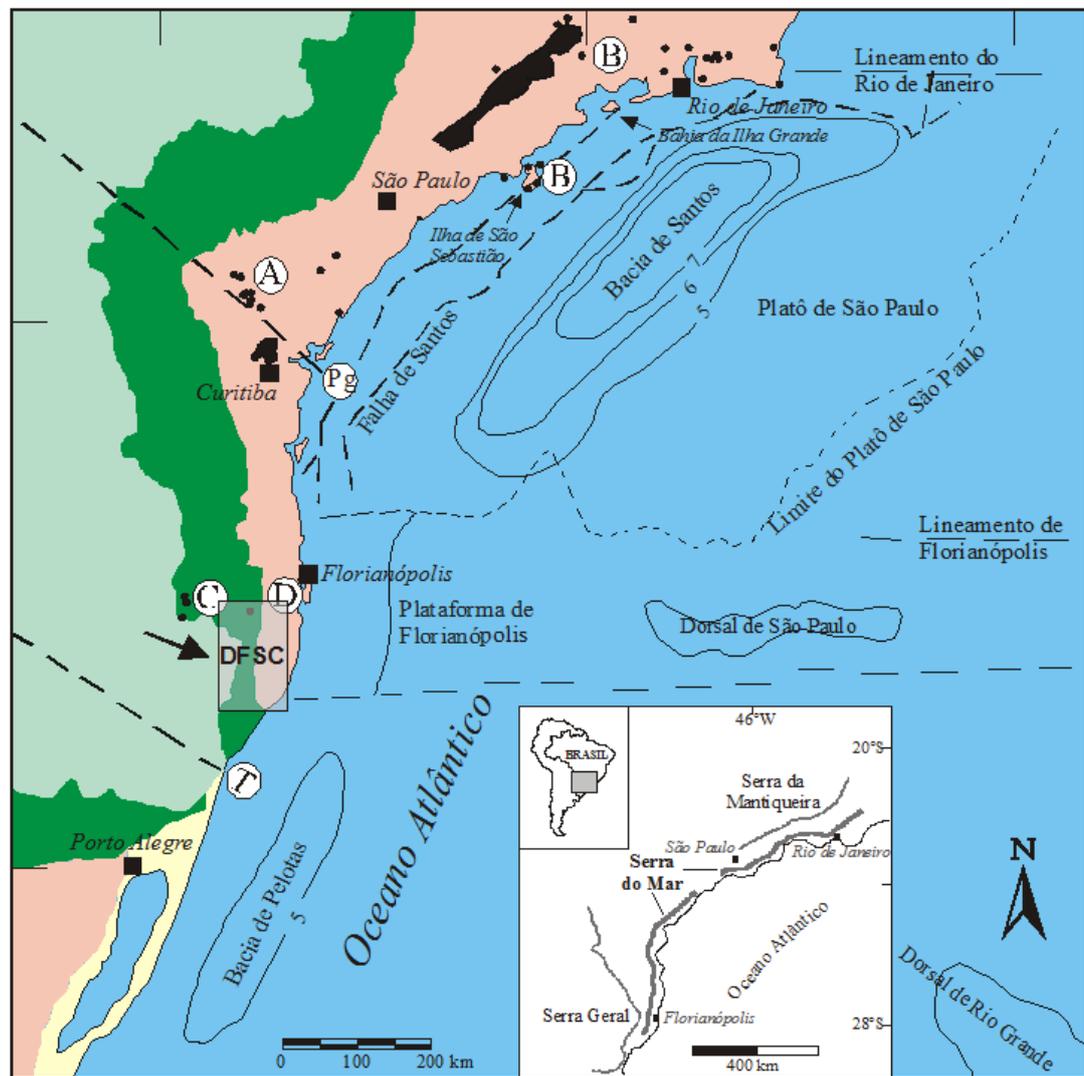
1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho é apresentado como monografia de conclusão de curso de graduação em geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande Sul. A área de concentração é a Prospecção Mineral e ele enfoca a mineralização de fluorita do Sudeste Catarinense. Sua realização teve o apoio do Grupo Votorantim, através de projeto da Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FAURGS), com recursos para os trabalhos de campo e uma bolsa de iniciação científica.

1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O distrito fluorítico de Santa Catarina (DFSC), o principal produtor de fluorita (grau ácido e metalúrgico) da América do Sul, se localiza na região sudeste do estado de Santa Catarina (Fig. 1). O melhor acesso ao distrito é pela BR 101, que o corta de norte a sul. O principal centro econômico é a cidade de Criciúma. A área de estudo pertence ao município de Santa Rosa de Lima, que se localiza no norte do DFSC, compreende partes das folhas Anitápolis e Grão-Pará (escala 1:50.000).



- | | |
|--|---|
|  Depósitos costeiros |  Maciços alcalinos |
|  Formação Serra Geral |  Isópacos (km) |
|  Rochas sedimentares da Bacia do Paraná |  Lineamentos |
|  Cinturão Dom Feliciano |  Falhas |

Figura 1. Mapa da margem continental sul do Brasil, destaque para o Distrito Fluorítico de Santa Catarina (DFSC). (A) Província alcalina de Ponta Grossa; (B) Província alcalina da Serra do Mar; (C) Complexo alcalino de Lages; (D) Maciço alcalino de Anitápolis; (Pg) Arco de Ponta Grossa; (T) Sinclinal de Torres; (Lg) Lineamento de Garopaba; (Lu) Lineamento de Urussanga; (Lcg) Linemaneto Canela Grande. Modificado de Asmus (1984), Melo et. al. (1985), Bastos Neto (1990), Almeida e Carneiro (1998) e Jelinek (2002).

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVOS DO TRABALHO

Os filões de fluorita do DFSC são associados a lineamentos de direção geral NNE-SSW constituídos por sistemas de falhas ramificadas. Os principais filões são controlados por falhas com a mesma direção geral do lineamento. Os filões controlados por falhas e fraturas NE-SW a E-W geralmente são menores.

Um dos principais lineamentos do DFSC é conhecido como zona de cisalhamento Rio Bugres (ZCRB), conforme Ferreira e Almeida (1989). A estrutura principal da ZCRB (Fig. 2) possui diversos depósitos associados, como os filões Rio Chapéu, Rio dos Bugres, Nova Fátima, Rio dos Índios, entre outros. Esta estrutura pode ser continuamente seguida no campo de sul para norte até a jazida Nova Fátima, onde ela desaparece. Mais ao norte, na área do Córrego do Mijador, os trabalhos de prospecção realizados pela empresa Votorantim S/A revelaram a existência de filões de espessuras centimétricas de direção NE-SW constituindo um depósito subeconômico, considerado pela empresa como controlado pela estrutura principal da ZCRB. Devido às características do depósito, acreditamos que ele não seja controlado pela estrutura principal.

Os objetivos deste trabalho são localizar a estrutura principal da ZCRB ao norte da jazida Nova Fátima, reavaliar o potencial prospectivo desta área e indicar locações para a realização de sondagens.

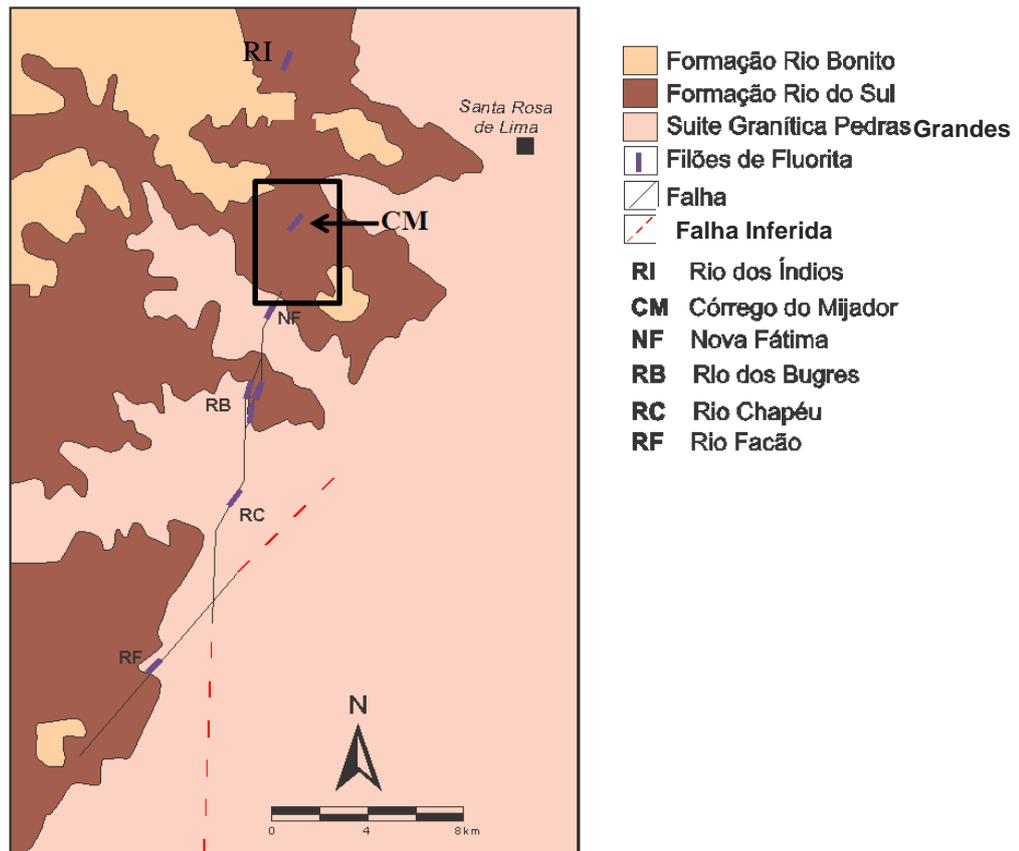


Figura 2. Mapa geológico simplificado do subdistrito Grão Pará. A área demarcada corresponde à área de mapeamento. A seta indica os filonetes da ocorrência do Córrego do Mijador (CM). Modificado de Rocha (1997) e Jelinek (2002).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GEOLOGIA REGIONAL

O DFSC situa-se numa faixa constituída predominantemente por rochas do embasamento cristalino, delimitada a oeste pela Bacia do Paraná e a leste pelo *rift* do Atlântico Sul (Fig. 1 e 3).

2.1.1 Embasamento

As unidades do embasamento presentes no DFSC são os Granitos Brasileiros, representados pela Suíte Intrusiva Pedras Grandes, e o Grupo Itajaí.

2.1.1.1 Granitos Brasileiros

De acordo com Horbach e Marimon (1982), Morgental e Kirchner (1983) e Silva e Leites (2000), a área do DFSC é constituída predominantemente pelo granito Pedras Grandes. O granito Pedras Grandes é um batólito de aproximadamente 150 km de extensão, com direção geral NNE-SSW, inserido na porção NE do Batólito de Pelotas, unidade geotectônica central do Cinturão Dom Feliciano (FRAGOSO CÉSAR, 1980).

O primeiro estudo de detalhe efetuado por Sallet (1988) subdividiu o corpo em duas associações de fácies principais, Pedras Grandes e Tabuleiro. Sallet (1988) caracterizou a fácies Pedras Grandes como granitóides de granulometria grosseira a média, textura porfirítica, com proporção de materiais máficos variando de 10% a 20%, apresentando numerosos veios e bolsões apolíticos, assim como enclaves máficos elípticos. Sallet et al. (1990) observaram que a presença de esfero euédrico e alanita é típica desta fácies. A

composição predominante é granítica, com algumas fácies granodioríticas, sendo típica de um trend transalcalino tardi-orogênico.

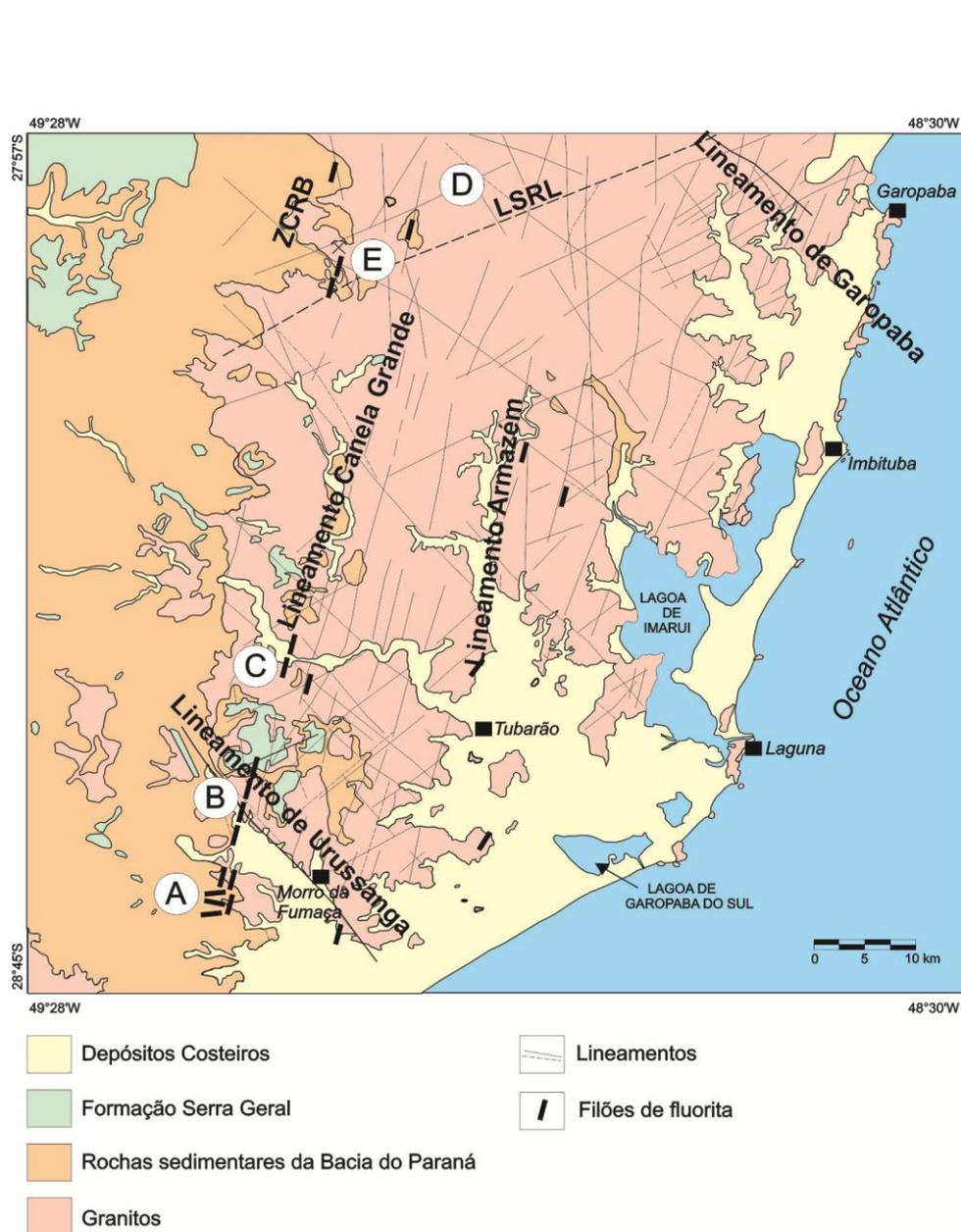


Figura 3. Mapa de lineamentos da região sudeste de Santa Catarina, destacando os lineamentos de Urussanga, Santa Rosa de Lima (SRL), Garopaba, Armazém, Canela Grande e a zona de cisalhamento Rio dos Bugres (ZCRB). Subdistrito: A) Segunda Linha Torrens, B) Ribeirão da Areia, C) Pedras Grandes, D) Rio Bravo Alto E) Grão Pará (JELINEK, 2002).

De acordo com Sallet (1988), estas fácies apresentam variações texturais e composicionais, dada pelos fenômenos de metamorfismo e hidrotermalismo superpostos aos processos ígneos originais. Esta rocha granítica foi intensamente afetada por um metamorfismo cataclástico com faixas miloníticas de baixo grau, estabilizado na fácies xisto verde, representado em campo por milonitos, blastomilonitos, protomilonitos e cataclasitos, com foliação subvertical de direção principal N30°-40°E, caracterizando uma faixa móvel ou zona móvel transcorrente rúptil-dúctil, convergente proterozóica. Aproveitando as discontinuidades e fraquezas geradas nestas zonas de cisalhamento, encaixaram-se diques alcalinos e posteriormente riolitos, orientados segundo a faixa móvel, que também apresenta evidências de esforços compressivos.

Posteriormente, Sallet et. al. (1989) passaram a considerar o granito Tabuleiro intrusivo no granito Pedras Grandes. Esta nova interpretação foi baseada apenas em dados geoquímicos. Sallet et al. (1990) consideram a Suíte Intrusiva Pedras Grandes como um conjunto multi-intrusivo granítico tardi-orogênico, pertencentes ao arcabouço transalcalino do Batólito de Pelotas.

De acordo com Morgental e Kirchner (1983), o granito Pedras Grandes é constituído de microclínios granitóides calci-alcalinos isótopos a foliados, textura granular grosseira a porfirítica, com variação composicional desde biotitas-granitos até hornblenda biotita granodiorito. A fluorita é um acessório comum.

De acordo com Horbach e Marimon (1982) o granito Tabuleiro forma pequenos corpos graníticos associados ao granito Pedras Grandes. No entanto, a relação de contato entre estas duas fácies não é clara. Sua área de afloramento no DFSC é bem menor que a do granito Pedras Grandes, predominando na porção centro-sul. Sallet (1988) caracterizou a fácies Tabuleiro como granitóides leucocráticos de granulometria média a fina com textura homogênea, proporção de máficos inferior a 10% e abundância de fluorita intersticial como acessório.

2.1.1.2 Grupo Itajaí

O embasamento é cortado por diques de rochas subvulcânicas ácidas eo-cambrianas (TEIXEIRA, 1969), correlacionadas, através de datação por K/Ar (347Ma), à sequência

vulcânica ácida da Formação Campo Alegre do Grupo Itajaí. Os diques têm até 1km de comprimento por até 100 metros de espessura e ocorrem principalmente preenchendo fraturas com direção N30°-50°W (MORGENTAL, 1984). Estas rochas apresentam textura microfanerítica a fanerítica e foram classificadas como microgranitos, granófiros, riolitos e quartzo-pórfiros (MORGENTAL e KIRCHNER, 1983).

2.1.2 Bacia do Paraná

As rochas da Bacia do Paraná presentes no DFSC pertencem às Formações Rio do Sul, Rio Bonito e Serra Geral.

A Formação Rio do Sul assenta-se em discordância erosiva sobre as rochas do embasamento, distribui-se ao longo da borda da bacia aflorando principalmente no limite leste. Ela é constituída principalmente por lamitos, varvitos, siltitos, lamitos conglomeráticos laminados, intercalações de argilito, siltito e arenitos finos com acamadamento lenticular, depositados em ambiente marinho raso, sob influência de maré periglaciais. Os conglomerados, menos abundantes, são formados por blocos de granitóides e arenito em matriz de siltito fino, sendo interpretados como blocos pingados de geleiras (HOLZ, 1995).

A Formação Rio Bonito está restrita à porção sudoeste e centro-norte do DFSC, em virtude da sua posição estratigráfica superior. A formação é composta por arenitos imaturos de granulometria média a fina, intercalados com siltitos, folhelhos e argilitos. Na porção basal têm-se níveis de arenito conglomerático (HOLZ, 1995).

As rochas da Formação Serra Geral no DFSC ocorrem como diques e soleiras de diabásio (andesi-basalto) alto titânio, intrusivo nos estratos das rochas sedimentares, mostrando intenso metamorfismo de contato e assimilação da encaixante. Os diques, mais bem observados no embasamento, apresentam espessuras variáveis, desde poucos centímetros até dezenas de metros, e comprimentos de centenas de metros até dezenas de quilômetros. As direções preferenciais desses corpos são N30°W, N60°W e N20°E, com mergulho subvertical. De acordo com Morgental e Kirchner (1983), constituem-se de rochas finas a afaníticas, com coloração preta a verde escura, intensamente diaclasadas e alteradas, sendo classificadas petrograficamente como diabásio toleíticos com textura dolerítica.

2.1.3 Margem Continental

Em frente ao DFSC, ocorre o Domo Tectono-Magmático de Florianópolis, delimitando a Bacia de Santos e a Bacia de Pelotas (Fig.1). Na margem continental catarinense, é possível identificar três diferentes feições estruturais principais: falhas normais, linhas de charneira e estruturas transversais (ASMUS, 1984).

As falhas normais são as mais abundantes, sendo responsáveis pela formação de bacias sedimentares ao longo da margem continental durante o Mesozóico. Estas estruturas que mergulham em direção ao oceano, quando associadas a estruturas que mergulham em direção ao continente, geram alternância de *horsts* e *grabens*. Estas estruturas foram formadas no Cretáceo inferior (JELINEK, 1997).

As linhas de charneira são estruturas lineares que separam linhas de sedimentos com direção ao continente de sequências sedimentares que se direcionam para o oceano. Elas são mais importantes nas Bacias de Santos e de Pelotas, onde as falhas normais pouco se desenvolveram. Possivelmente, são encontradas nas estruturas de *semigraben*, associadas à ruptura da crosta do Cretáceo Inferior (JELINEK, 1997).

As estruturas transversais ocorrem como zonas de fraturas oceânicas e lineamentos. Elas estão alinhadas na direção E-W. A Dorsal de São Paulo e a Plataforma de Florianópolis fazem parte do Lineamento de Florianópolis (Fig. 1).

Conforme Asmus (1984), a evolução da margem se deu em quatro estágios:

1 – Estágio pré-rift: soerguimento da área atualmente ocupada pelas Bacias de Santos e de Pelotas, no Triássico-Jurássico, que foi uma importante fonte de sedimentos para as bacias intracratônicas, principalmente para a Bacia do Paraná.

2 – Estágio rift: fraturamento da crosta e formação de grabens, seguido por sedimentação e/ou vulcanismo.

3 – Proto-oceano: estiramento e afinamento da crosta no eixo do rift, ocasionando a geração de bacias.

4 – Estágio oceânico: separação da crosta continental e geração do assoalho oceânico ocasionados pela intrusão e extrusão do basalto através da Cordilheira Meso-atlântica. Na região da Bacia de Santos, os falhamentos gerados foram responsáveis pelo soerguimento da Serra do Mar.

2.2 PRINCIPAIS ESTRUTURAS TECTÔNICAS

Putzer (1953) dividiu as principais estruturas da região sudeste de Santa Catarina (Fig. 3) em dois sistemas: a) Sistema Catarinense, que possui de lineamentos de direção N60°E e direção conjugada N30°W; b) Sistema Rio-grandense, com lineamentos de direção N30°E e direção conjugada N60°W. Horbach e Marimon (1982) e Morgental (1984) acreditam que a origem destes dois sistemas provém de uma compressão segundo a direção E-W, conforme modelo proposto em área ao norte por Trainini et al. (1978).

O DFSC é atravessado por um sistema de lineamentos de direção WNW-ESE, limitado pelos lineamentos de Garopaba ao norte e Urussanga ao sul (Fig. 3). Estes lineamentos são marcados no campo por rochas cataclásticas, diques de quartzo e de rochas subvulcânicas ácidas. Estes diques chegam a alcançar dimensões pluriquilométricas e largas hectométricas. As regiões ao sul foram rebaixadas em relação às regiões a norte; no lineamento de Urussanga, este rejeito é de aproximadamente de 250m. Este sistema de lineamentos marca o limite entre o Arco de Ponta Grossa e a Sinclinal de Torres e foi responsável pela assimetria do flanco norte da Sinclinal de Torres (Fig.1) (BASTOS NETO, 1990).

No eixo central do DFSC, ocorre o lineamento Canela Grande que possui direção geral N15°E, comprimento de pelo menos 150 km e largura de aproximadamente 2 km, sendo constituído por um sistema de falhas ramificadas de direção N-S e NNE-SSW a NE-SW (HACKSPACHER e FLORES, 1987). De acordo com Bastos Neto (1990), as estrias encontradas nas falhas submeridianas indicam movimento dextral, que corresponde à fase de mineralização 1. Posteriormente, as falhas N-S a NE-SW foram reativadas como falhas normais. Esta fase de distensão NW-SE corresponde à fase de mineralização 2, sendo observada em todo o distrito e em todas as escalas, e correlacionada com o estágio rift de abertura do Atlântico (ASMUS, 1984). Outras duas reativações do lineamento Canela Grande, que correspondem às fases 3 e 4, foram identificadas apenas nas minas de fluorita.

No DFSC, ocorrem também numerosos lineamentos ENE-WSW de extensão decaquilométrica e espessuras atingindo 200m. As estrias indicam um movimento sinistral correlacionável ao movimento dextral das estruturas submeridianas. Durante a fase em distensão NW-SE, estas estruturas foram bem menos reativadas do que as submeridianas a NE-SW. Posteriormente, elas foram reativadas como falhas normais que, com rejeitos

maiores nas partes norte e leste do DFSC, controlam o soerguimento do Serra do Mar. Entre estas estruturas, a mais importante é a de Santa Rosa de Lima (Fig. 3). Ao norte do DFSC, ocorrem grandes estruturas ENE-WSW nos contatos entre as unidades tectono-estratigráficas do Cinturão Dom Feliciano, tratando-se de descontinuidades crustais alinhadas com o depocentro da Bacia de Santos, a ENE, e com o maciço Alcalino de Lages, a WSW (BASTOS NETO, 1990).

2.3 MINERALIZAÇÃO DE FLUORITA

2.3.1 Características Gerais

A mineralização de fluorita é filoneana hidrotermal de baixa temperatura (SAVI, 1980). Os filões de fluorita estão associados a três lineamentos principais de direção NNE–SSW que estão assim dispostos de leste para oeste (Fig. 3): lineamento Armazém (BASTOS NETO, 1990), lineamento Canela Grande (LCG) (MORGENTAL, 1984) e Zona de Cisalhamento Rio dos Bugres (ZCRB) (ALMEIDA et al., 1989).

Os depósitos associados ao LCG são agrupados em quatro subdistritos (de sul para norte): Segunda Linha Torrens (SLT), Ribeirão da Areia, Pedras Grandes e Rio Bravo Alto. O quinto subdistrito, Grão Pará, localiza-se a oeste do lineamento Canela Grande, na parte norte do distrito, associado à ZCRB. A leste do LCG, ocorrem três jazidas (Armazém, São Martinho e Jaguaruna) associadas ao lineamento Armazém (Bastos Neto, 1990), e duas jazidas (São Tomás e Garganta) sem relações com os lineamentos citados.

Os lineamentos NNE-SSW são constituídos por sistemas de falhas ramificadas. Os principais filões são controlados por falhas com a mesma direção geral do lineamento. De acordo com Bastos Neto (1990), são comuns nestas estruturas depósitos com mais de 1.000.000t (teor *in situ* da ordem de 70% de CaF_2). Os filões controlados por falhas e fraturas NE-SW são geralmente são menores (reservas mais frequentemente inferiores a 50.000t) e suas explorações só se tornam viáveis economicamente quando estão situados nas proximidades de depósitos maiores devido à existência de uma infraestrutura no local. De modo restrito, ocorrem filões controlados por estruturas de direção E-W. No subdistrito Segunda Linha Torrens (Fig. 4) ocorrem filões nestas 3 direções.

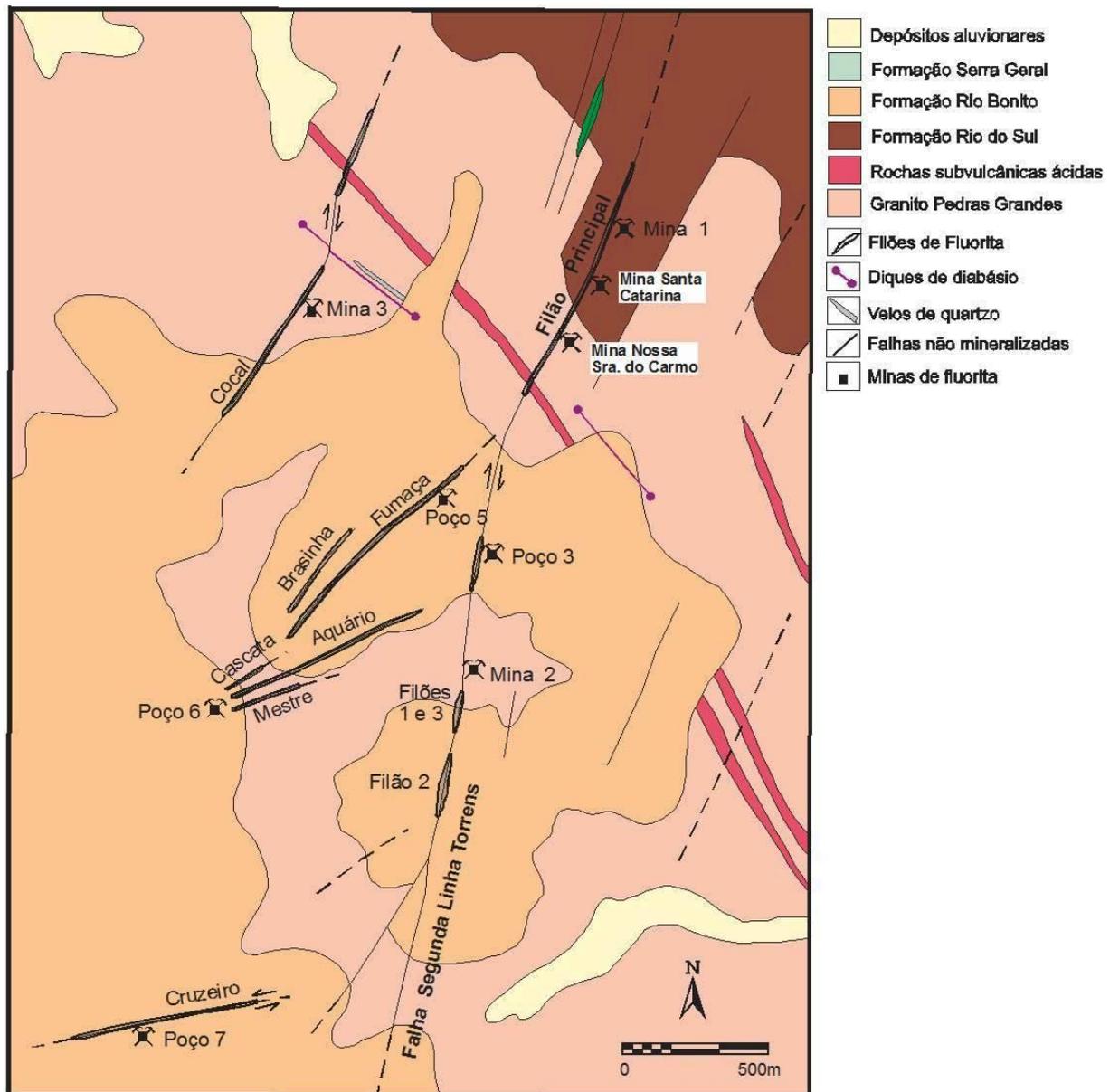


Figura 4. Mapa do Subdistrito Segunda Linha Torrens. A estrutura principal do Lineamento Canela Grande é a falha Segunda Linha Torrens.

As características gerais dos depósitos são sumarizadas a seguir:

a) Rocha Encaixante. Os filões de fluorita estão encaixados preferencialmente nas rochas granitóides, mas também seccionam diques ácidos eo-paleozóicos, rochas sedimentares permo-carboníferas e diques e soleiras básicas mesozóicas. São explorados principalmente nos granitos, pois afinam ao penetrarem a cobertura sedimentar. Embora não afetados nos seus níveis superiores pelo evento mineralizante, os sedimentos do Paleozóico estão sempre

presentes junto aos filões, capeando-os e preservando-os dos efeitos de erosão (SILVA, 2008).

b) Controle Tectônico. Segundo Bastos Neto (1990), a abertura das caixas filoneanas das jazidas associadas ao LCG foi ligada a 4 fases tectônicas sucessivas (Fig. 5). Na fase 1 (compressão NE-SW), o lineamento sofreu uma movimentação direcional dextral afetando diques de diabásio com direção NW-SE. Subsequentemente, uma distensão NW-SE reativou as estruturas do quadrante NE como falhas normais, depositando-se o minério da fase 2. A fase de mineralização 3 é ligada a uma nova movimentação dextral. A fase 4 está associada a transtensão dextral.

c) Morfologia. Em função da evolução tectônica polifásica e da direção das estruturas controladoras da mineralização, formaram-se 6 tipos morfológicos de acumulação de fluorita:

1. Lentes biconvexas associadas aos movimentos dextrógiros de falhas N-S a NNE-SSW (ex: Mina 2);
2. Corpos tabulares em que a principal abertura da estrutura filoneana ocorreu segundo um movimento transversal de fraturas NE-SW (ex: filão Fumaça);
3. Filões de morfologia combinada resultando da alternância de movimentação transcorrente dextrógira, induzindo à abertura de lentes condicionadas pelas inflexões da falha para NE, e de movimentação transversal (ex: filão Cocal);
4. Filões de morfologia combinada encaixados em falhas ENE-WSW a E-W (ex: filão Cruzeiro);
5. Associação de lentes biconvexas paralelas a subparalelas a falhas normais de direção submeridiana a NE-SW;
6. Corpos irregulares controlados pelas falhas dextrais N-S a NNE-SSW mais reativadas; predominam as brechas tectônicas, em que as gerações tardias estão presentes (ex: filões do subdistrito Pedras Grandes) as reservas podem atingir 300.000 t, onde estão ausentes (ex: filão Rio Bravo Alto).

d) Dimensões. O maior depósito conhecido (filão Segunda Linha Torrens Principal) tem comprimento de 1km, largura de até 15m e foi explorado até uma profundidade de 300m. Na maioria dos depósitos ao longo da falha Canela Grande, a extensão varia de 150 a 400m, a profundidade até 220m e a espessura de 0,10 a 5m. Um depósito típico desta estrutura teria

220m de comprimento e 1,40m de espessura média, sendo explorado até uma profundidade em torno de até 220m.

e) Preenchimento. O preenchimento pode ser dividido em quatro minérios de composições mineralógicas e texturas distintas, que no detalhe foram subdivididos em 9 gerações de fluorita (Tab.1). A Figura 5 corresponde ao minério do filão Cocal, associado ao LCG, que, como pode ser observado, é constituído por minério das 4 fases de deposição da fluorita. Os filões são constituídos predominantemente por fluorita e quartzo microcristalino. Barita e pirita sempre ocorrem, embora em pequenas proporções. Mais raramente ocorre galena e carbonatos. A paragênese tardia, restrita a vugs, geodos e fraturas, é formada por quartzo piramidado, caolinita, esmectita, hidalgoíta e, mais raramente, por piromorfita e gorceixita. A estrutura interna da caixa filoneana é formada, conforme os casos, por minério maciço, bandado, brechas finas, minério em cocardes, brecha grosseira, filonetes e veios tardios e geodos.

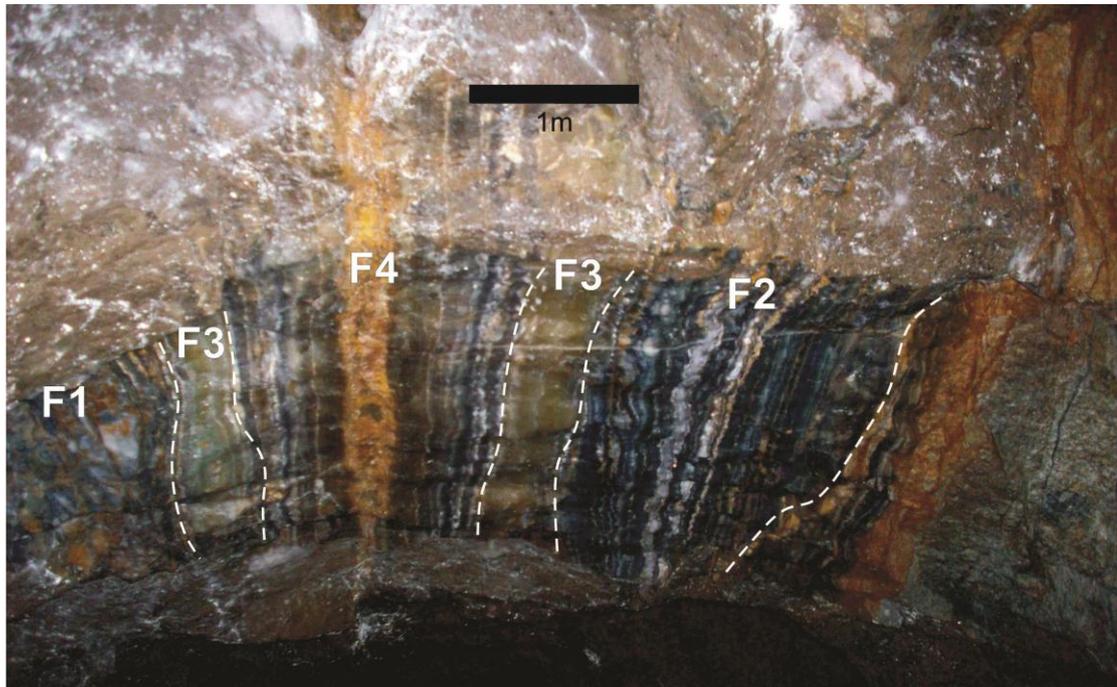


Figura 5. Fotografia do teto da galeria da mina Cocal onde o minério presente foi formado pelas 4 fases (F) de mineralização. F1: fluorita roxa brechada. F2: fluorita violeta e verde e calcedônia bandada. F3: fluorita amarela maciça. F4: fluorita amarela e branca bandada e sedimentos internos.

Tabela 1. Quadro sinóptico das características estruturais e texturas das mineralizações do DFSC, por geração, em relação ao campo de esforços tectônicos (extraído de BASTOS NETO,1990). f.= fluorita; bra.= branca; calc.= calcita; pr = pirita; ba. =barita; esmec.= esmectita; am.= amarela; viol. = violeta; sid= siderita; b.= brecha.

Fase de abertura e preench.	Tensões	Minério		
		Geração	Composição	Observações
4		IX	f. bra. + calc. + pr. + ba. + esmec.	texturas: bandedada\cocardes\ b. colapso com zon. vert. bem marcada
		VIII	f. am + calc. + ba. + pr. + IS RO	
		VII	f. bra. + calc. +ba.	
3		VI	f. amarela	textura maciça
		V	f. verde	
2		IV	f. am. escuro + calc.	textura: bandedada\cocardes\ b. colapso com zon. vert. bem marcada
		III	f. verde e viol. + calc.	
1		II	f. verde e viol. + calc.+ sid.	textura maciça
		I	calc. + f. verde e viol. + sid.	

e) Teor. A maioria dos filões tem teores da ordem de 75% de CaF_2 *in situ* nos níveis superiores, enriquecendo-se gradualmente de sílica (quartzo microcristalino) na raiz. Nas diversas minas, o teor médio lavrado varia de 32 a 50% de CaF_2 .

f) Alteração Hidrotermal. A atividade hidrotermal provocou uma alteração que pode ser desde fraca, marcada por uma zona de alteração de espessura decimétrica, até muito intensa, afetando uma faixa com dezenas de metros de espessura na qual a rocha encaixante pode não ter mais sustentação, dificultando muito a lavra. As alterações mais frequentes são argilização e cloritização, com alguma piritização e silicificação.

h) Temperatura. Os dados de inclusões fluidas da fluorita de diversos depósitos indicam temperatura de deposição da fluorita variando de 190°C a 100°C, com uma evolução decrescente para cada fase de mineralização. Abaixo de 100°C, ocorreu a deposição de uma

paragênese tardia (quartzo, barita, gorceixita, argilominerais e óxidos de Fe e Mn) sem fluorita.

2.3.2 Idade

Em função das relações estratigráficas e da datação por K-Ar para um dique de diabásio afetado hidrotermalmente, Teixeira (1969) considerou que a mineralização formou-se há aproximadamente 88 Ma.

Dos Santos e Bonhomme (1991, 1993) e Dos Santos (1994) dataram amostras do granito encaixante alterado por K-Ar. Eles obtiveram, na mina Nossa Senhora do Carmo, idades de 267 Ma, 234 Ma e 187 Ma e, na mina Santa Catarina, idades de 87 Ma e 85 Ma, interpretadas como a idade da mineralização.

Tassinari e Flores (1992) dataram pelo método K-Ar biotita cloritizada pela ação hidrotermal coletada na encaixante do Filão Fumaça, obtendo idades de 571 Ma e 301 Ma, interpretadas, respectivamente, como a idade de resfriamento do corpo granítico e uma idade intermediária entre o granito e o processo hidrotermal. Eles dataram por Rb-Sr o granito alterado, obtendo uma idade de 185 Ma, interpretada como a idade do evento hidrotermal. Para análises isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ em fluoritas verdes, os autores obtiveram valores entre 0.7381 e 0.7402, enquanto que as análises em fluoritas amarelas, forneceram valores entre 0.7292 e 0.7317. Interpretaram estes resultados como relacionados a duas gerações distintas de fluorita. Também efetuaram análise por Sm-Nd, definindo uma isócrona com 145 ± 50 Ma.

Jelinek et al. (1997) datou por traços de fissão em apatita os filões Segunda Linha Torrens, Cocal e Fumaça, obtendo dois grupos de idades (em torno de 120Ma e de 80Ma, respectivamente), interpretadas como duas fases de mineralização. Em 2003, Jelinek et al. dataram a jazida Nova Fátima por traço de fissão em apatitas, que forneceu idades mais jovens do que qualquer outro filão datado ($42,0 \pm 9$ Ma – $40,9 \pm 1,8$ Ma).

2.4 MODELO GENÉTICO

O primeiro modelo genético proposto (ANGEIRAS e TEIXEIRA, 1965) relacionou os filões de fluorita ao magmatismo granítico. A partir de Willig (1973), que observou que os filões cortam as rochas sedimentares e os diques de diabásio, todos os modelos relacionaram, embora de diferentes formas, a mineralização ao rifteamento do Atlântico Sul. Horbach e Marimon (1980) ligaram os filões à intrusão alcalina de Lages (65 Ma, cf. SCHEIBE 1986) e as aberturas das caixas filoneanas à reativação de estruturas pré-existentes pelo rifteamento. Morgental (1983) ligou a mineralização à intrusão alcalina de Anitápolis (130 Ma, cf. AMARAL, 1967). Savi (1980), Savi e Dardenne (1980) e Dardenne e Savi (1984) ligaram a formação dos filões à anomalia térmica relacionada ao rifteamento, considerando que fluidos hidrotermais migraram para o domo formado por esta anomalia, tendo lixiviado o F dos granitos e de conglomerados da base da bacia do Paraná. Sallet (1988) demonstrou que os granitos Pedras Grandes e Tabuleiro, especialmente o último, foram a fonte do F que está contido nestas rochas principalmente na forma de fluorita disseminada Segundo Sallet (op. cit.). Segundo Bastos Neto (1990) e Barbanson e Bastos Neto (1992) a maior parte da fluorita disseminada nos granitóides foi formada por três estágios de alteração hidrotermal sucessivos, muito anteriores à mineralização: alteração potássica (biotita + microclina + quartzo + fluorita + rutilo + titanita secundária 1), estágio da mica branca (mica branca + quartzo + fluorita + epidoto + F-hidroandradita titanífera), e alteração propilítica (clorita + titanita secundária 2 + fluorita + quartzo + calcita + epidoto). Ao longo destes estágios de alteração, o flúor foi parcialmente retirado dos silicatos e depositado na forma de fluorita secundária principalmente na Suíte Pedras Grandes. Segundo Bastos Neto et al. (1996) a fluorita é a forma mineralógica ideal para a lixiviação do flúor por soluções de baixa salinidade e de baixa temperatura. A origem meteórica das soluções mineralizantes no DFSC foi demonstrada por estes mesmos autores a partir de estudos isotópicos da água das inclusões fluidas da fluorita.

Segundo Bastos Neto et al. (1991) ocorreram duas épocas principais de formação dos depósitos de fluorita. A primeira é relacionada ao estágio “rift” da margem continental e abrange as fases de mineralizações 1 e 3. Estas correspondem a episódios alternados em compressão NE-SW e em distensão NW-SE. A passagem de um regime de tensões ao outro é interpretada como uma permutação das paleotensões máximas (σ_1) e intermediária (σ_2), com a direção de extensão (σ_3) permanecendo a mesma. Esta variabilidade é relacionada à

propagação por etapas do rifteamento do Atlântico Sul (Bastos Neto et al., op. cit.), causada pela migração, de sul para norte, do pólo de migração das placas. Num primeiro estágio, o pólo de rotação ao sul do DFSC foi responsável pelos esforços compressivos na região do DFSC. Com a migração do pólo para posição ao norte do DFSC, implantou-se uma fase distensiva (mineralização da fase 2). Uma perturbação no regime de tensões ligadas à formação de *decollements* associada ao estiramento do platô de São Paulo foi responsável pela reativação das estruturas do DFSC correlacionada ao minério da fase 3. Devido aos diversos dados químicos que indicam que a deposição do minério da fase 4 foi precedida por um soerguimento regional, os autores correlacionam esta fase de mineralização à reativação da margem continental na qual se enquadra o soerguimento da Serra do Mar. Para este soerguimento e, conseqüentemente, para as mineralizações da fase 4 foi tentativamente proposta uma idade de 70 Ma.

Jelinek et al. (2003) estabeleceu a hipótese de que os filões do lado leste do DFSC são mais antigos que os da parte oeste, devido a uma possível influência do recuo da escarpa Serra Geral e/ou regressão da borda da Bacia do Paraná no controle do hidrotermalismo. Isto levou a supor que, numa primeira fase de mineralização (130Ma), enquanto filões de fluorita eram formados nas parte central e leste do distrito sob uma cobertura sedimentar de 1km a 2km de espessura (BASTOS NETO, 1990), a ZCRB encontrava-se sob uma cobertura sedimentar muito mais espessa, em condições de P e T bem acima daquelas de deposição da fluorita filoneana. Há 70Ma, com soerguimento e a erosão da borda leste da Bacia do Paraná, a ZCRB atingiu nível crustal adequado para formação de fluorita. Nesta época, ainda ocorria deposição de fluorita no lineamento Canela Grande, mas, provavelmente, já não ocorria mais deposição deste mineral no lineamento Armazém. As condições para deposição de fluorita teriam persistido até 40Ma, apenas na zona de cisalhamento Rio dos Bugres (Fig. 6).

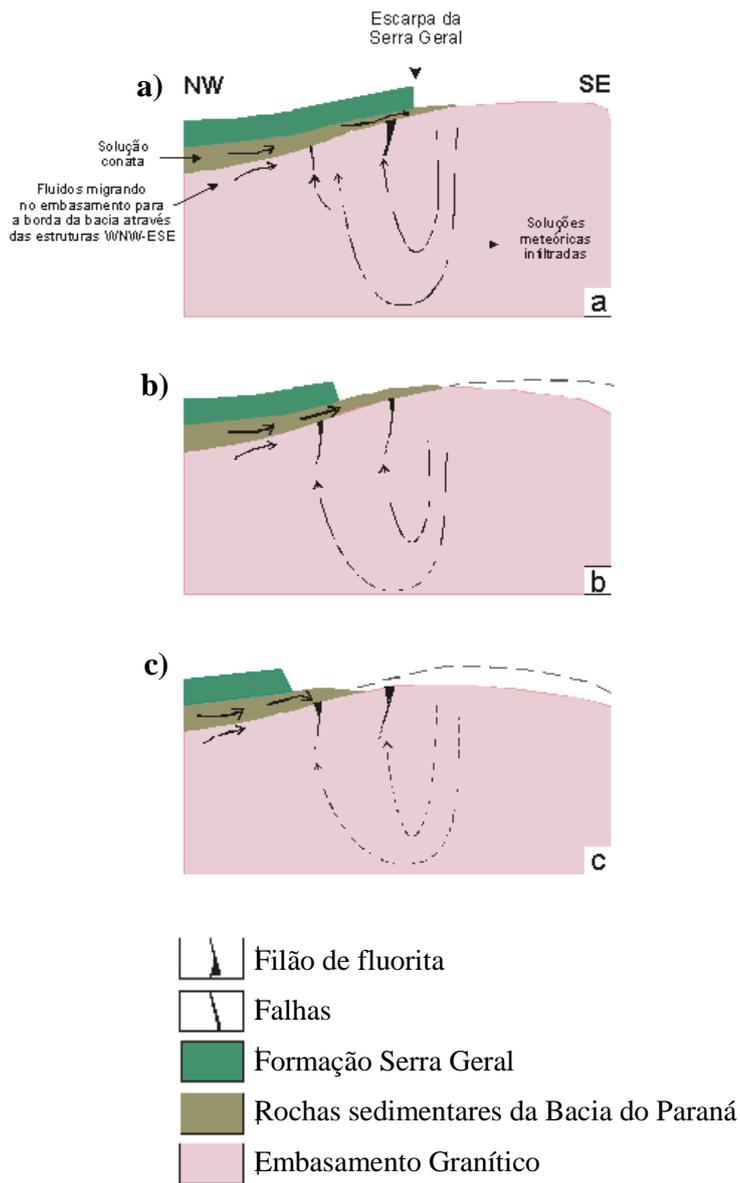


Figura 6. Modelo genético dos filões de fluorita (extraído de Jelinek, 2002). Em “a”, havia apenas deposição de fluorita nas estruturas mais a leste do DFSC, devido à baixa profundidade; com o recuo da Bacia do Paraná devido à erosão em “b”, pode-se depositar também nas estruturas centrais do distrito e em “c”, com erosão bem avançada, pode-se também formar filões na parte mais oeste do DFSC.

2.5 SENSORIAMENTO REMOTO E GEOFÍSICA NO DFSC

A técnica de sensoriamento remoto se mostrou muito eficaz na prospecção de fluorita no distrito. Pelas direções e localizações das estruturas é possível classificá-las em relação ao seu potencial.

Os primeiros a utilizar sensoriamento remoto foram Morgental e Kirchner (1983), que fizeram um levantamento das estruturas utilizando fotografias aéreas e imagens de RADAR. Posteriormente, Ferreira e Almeida (1989) utilizaram fotografias aéreas e imagens TM LANDSAT 4, com interpretação visual, para estudos na ZCRB e no LCG. Bastos Neto (1990) investigou as relações entre as grandes estruturas do DFSC a partir de imagens de RADAR. Flores et al. (1993), com a utilização de imagens TM LANDSAT 5 e fotografias aéreas, definiram áreas com diferentes padrões morfotectônicos e morfogenéticos, aos quais associaram diferentes potenciais para prospecção de fluorita.

Hoff e Bastos Neto (2008) utilizaram dados TM LANDSAT 5 para distinguir a alteração hidrotermal associada a morfoestruturas com o enfoque para prospecção de fluorita. Os dados obtidos serão utilizados neste trabalho.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho, efetuamos uma série de procedimentos para testar a hipótese. A integração destas técnicas resultou na conclusão do trabalho.

Abaixo, fluxograma (Fig. 7) apresenta a ordem de desenvolvimento das técnicas:

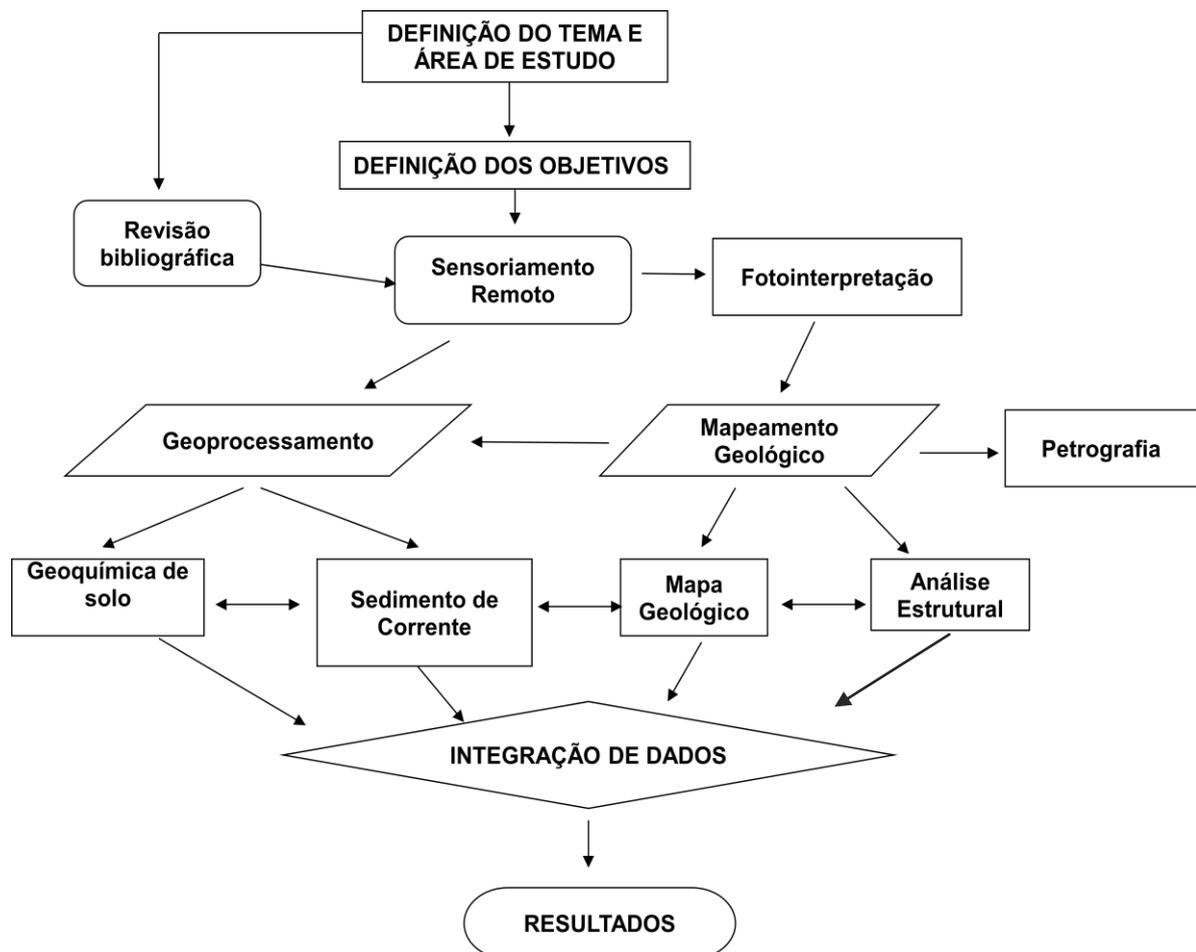


Figura 7. Fluxograma Projetual, demonstrando todas as etapas efetuadas neste trabalho.

3.1 MAPEAMENTO GEOLÓGICO

O trabalho de campo teve como objetivo a realização de um mapeamento geológico com ênfase na prospecção de fluorita, no município de Santa Rosa de Lima, SC. Este mapeamento ocorreu em dois períodos: um de dezessete dias de campo entre 13 e 25 de julho de 2009 e outro de quatro dias, entre 04 e 07 de maio de 2010.

O mapeamento geológico neste trabalho consistiu em três atividades principais: o planejamento, o levantamento geológico e a síntese de dados.

O planejamento compreendeu: revisão bibliográfica, agrupamento de mapas e fotografias aéreas da área, determinação das escalas a serem trabalhadas, reunião dos materiais e equipamentos necessários. Em seguida, foi efetuada uma revisão bibliográfica, sendo integrados alguns dados disponíveis, para melhor qualidade do trabalho de campo.

Após a revisão bibliográfica, utilizamos o programa *Gemcom Surpac* para reavaliar os dados de sondagem da Votorantim na área do Córrego do Mijador. Os resultados confirmaram as informações do geólogo da empresa sobre terem sido encontrados apenas filões de pouca espessura e com direção no entorno de N50°W. Isto significa que, provavelmente, esta jazida subeconômica não se encontra na estrutura principal da ZCRB e mostrou que a realização do presente trabalho era de fato necessária.

Com as fotografias aéreas adquiridas (2 pares estereoscópicos com escala de 1:25.000) efetuamos a fotoanálise, com a utilização de um estereoscópio de espelhos, para analisar os alvos específicos como lineamentos, tipos de drenagens (textura, padrões, zonas de sistemas), as formas de relevo (geomorfologia, superfície de erosão, quebra de relevo e suas causas) e fatores complementares como os acessos e a vegetação. Durante o campo, inserimos nas fotos os pontos realizados com as litologias encontradas e efetuamos uma fotointerpretação da geologia da área, demarcando os contatos litológicos. A partir dos dados obtidos das fotografias aéreas, geramos um mapa de estruturas, que posteriormente foi integrado ao mapa geológico. Também foram utilizados os dados de sensoriamento remoto de Hoff & Bastos Neto (2008), em que foram estudadas as morfoestruturas do DFSC através de técnicas de processamento digital de imagens (PDI) e de sistema de informações geográficas (SIG) sobre dados *TM Landsat 5*, processada no programa *Envi 4.1* e digitalizada no programa *AutoCAD MAP*.

O levantamento geológico foi efetuado numa escala de 1: 25.000, em superfície de 12 km², abrangendo a localidade denominada Córrego do Mijador. Foram usados mapa do IBGE, com escala de 1: 50.000; 4 fotografias aéreas, de mesma escala; bússola Brunton; GPS configurado de acordo com o datum Córrego Alegre.

Os procedimentos efetuados foram: descrição das litologias dos afloramentos encontrados; medidas de atitudes de falhas, de fraturas, de atitude em rochas sedimentares com a bússola Brunton. Tentativamente, o espaçamento entre os pontos descrição era de aproximadamente 250m, mas, na prática, o espaçamento foi função das exposições de rocha encontradas, podendo ser menor ou maior. Foram marcados 221 pontos e coletadas 28 amostras macroscópicas, das quais quatro foram encaminhadas para a confecção de lâminas petrográficas.

Após a primeira etapa de campo, geramos um mapa geológico preliminar com informações de campo e da fotointerpretação, que cruzamos com dados obtidos por sensoriamento remoto, com mapas de isotores e de geoquímica de sedimento de corrente.

Com os dados integrados, foi possível planejar e efetuar a segunda etapa do mapeamento, que consistiu no fechamento do mapa geológico e revisitação de áreas específicas com maiores evidências de mineralização.

3.1.1 Petrografia

No presente trabalho, coletamos 28 amostras. Todas foram identificadas e descritas com lupa binocular. Na escolha das amostras para laminação, considerou-se o grau de alteração, a importância da litologia na área e a presença de evidência de fluorita ou a proximidade de falha potencialmente mineralizável.

A amostra CM 183 é de um granito milonitizado, seu corte para laminação foi feito perpendicularmente à foliação milonítica. A amostra CM 008 é de um siltito silicificado e seu corte para laminação foi feito perpendicular ao acamamento. As amostras CM 117a e CM 111b são amostras de arenito silicificado, porém, com diferentes graus de silicificação.

3.2 GEOQUÍMICA DE SOLO

Para produzir um mapa de isoteor de flúor no solo, utilizamos dados químicos de 661 amostras de solo de uma campanha de prospecção efetuada pela Votorantim nos anos 80, que nunca foram tratados com técnicas de geoprocessamento.

3.3 GEOQUÍMICA DE SEDIMENTO DE CORRENTE

Os dados de geoquímica de sedimento (teor de F) utilizados neste trabalho foram cedidos pela Votorantim, já na forma de um mapa preparado manualmente, mas bem elaborado, que foi digitalizado para sua integração com os nossos dados em ambiente de geoprocessamento.

3.4 TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

A área em questão já foi estudada na década de 80, pela empresa Nitroquímica S/A, quando foram empregadas técnicas para a prospecção de fluorita. Entre elas estão: geoquímica de solo, geoquímica de sedimento de corrente e sondagens. Estes dados foram reinterpretados e integrados com dados de Sensoriamento Remoto de Hoff e Bastos Neto (2008) e com os dados de fotointerpretação e dados de campo coletados neste trabalho. Para isso, fez-se necessário o uso de técnicas de geoprocessamento.

Os programas utilizados neste trabalho foram: *AutoCad Map 2010 3D*, *Rockworks 15*, *Surfer 8* e *Gemcom Surpac 6.8*.

O *AutoCAD* é um software utilizado principalmente para a confecção de desenhos e modelamentos 3D. Neste trabalho, ele foi usado para a digitalização de mapas e cruzamento de dados. A escolha desta técnica deve-se à compatibilidade do programa com outros softwares utilizados.

A função do *Surfer* é reunir valores encontrados numa determinada área (neste caso, teores de geoquímica de solo) através de uma planilha com dados com coordenadas x, y e z. Através de uma coordenada gera-se um ponto de referência. O conjunto de pontos é interpolado resultando em gráficos com curvas delimitando zonas. Neste trabalho, x e y são as coordenadas geográficas e z é o teor de flúor referente a cada ponto. Com isso, geraram-se curvas de isoteores da região do CM.

O *Surpac* é um amplo sistema para avaliação de corpos mineralizados, projetos de mina, planejamento de produção, utilizado diariamente por geólogos e engenheiros de minas. No presente trabalho, ele foi utilizado para visualização de sondagens e integração de dados, em 3D na fase preliminar deste estudo.

O *Rockworks* é um importante programa de geoprocessamento utilizado em diversas áreas da geologia. Para o presente trabalho, ele foi útil para a geração de estereogramas (*Stereonet*) com dados estruturais.

Com o programa *Gemcom Surpac*, inserimos os dados de furos de sondagem do Córrego do Mijador para visualizar a relação entre eles.

Após as etapas de campo, os dados foram inseridos no programa *AutoCad Map 3D*, em que se gerou o mapa de pontos, o mapa de morfoestruturas e o mapa geológico com escala de 1:25.000. Este último foi cruzado com o mapa de isoteores de F no solo, o mapa de anomalias de F em sedimento de corrente e o mapa de estruturas de obtidas por sensoriamento remoto.

4 GEOLOGIA DA ÁREA

O mapeamento geológico é de suma importância para a prospecção de qualquer minério, especialmente no caso de filões de fluorita. O resultado desta etapa foi um mapa geológico obtido da integração dos dados de campo e de laboratório. Neste item, apresentamos o mapa geológico elaborado a partir dos dados de fotointerpretação, sensoriamento remoto (da literatura), mapa de pontos, as descrições de campo (de rochas e estruturas) de cada unidade e a petrografia.

4.1 FOTOINTERPRETAÇÃO

Nas fotografias áreas observadas, marcamos as morfoestruturas e os contatos entre as litologias da área de mapeamento. A figura 8 corresponde às fotografias aéreas utilizadas. Nelas, demarcamos a área de mapeamento, inserimos as morfoestruturas identificadas e os contatos litológicos.

As tonalidades das litologias variam de cinza claro, que representa os arenitos, cinza médio representando os granitos e cinza levemente mais escuro, representando as rochas sedimentares mais finas.

As drenagens observadas apresentam textura grossa, possuem um canal principal sinuoso, unidirecional, juntando-se as poucas ramificações em ângulos agudos. Normalmente, as drenagens ocorrem em vales.

A macroforma mais comum são as cuestas, representadas pelos grandes morros nas fotografias. Algumas destas cuestas estão recobertas por densa vegetação, o que indica a presença de rochas sedimentares mais finas. As microformas mais identificadas foram matações e lageados, representando os granitos.

As morfoestruturas são marcadas, na maior parte das vezes, em vales alinhados, cristas isoclinais alinhadas e escarpas alinhadas. Elas possuem direção NNE-SSW e NE-SW, algumas de direção NW-SE e N-S. Na parte sul da área, identificamos uma série de morfoestruturas, de direção WNW-ESE, que extrapola os limites de mapeamento,

possivelmente representando um sistema de falhas. Uma destas morfoestruturas ocorre no limite norte da estrutura da Nova Fátima.

Com as informações da fotoanálise, demarcamos os contatos entre as rochas cristalinas e as rochas sedimentares, representados por linhas tracejadas. No norte da área, próxima a drenagem principal, há ocorrência de rocha friável. Nas partes rebaixadas, há ocorrência de rocha cristalina e as regiões com relevo acentuado, normalmente são arenitos e rochas pelíticas (quando possui maior densidade de vegetação), no entanto, é possível identificar rochas ígneas plutônicas em locais com maior altitude, normalmente associados a locais com grandes morfoestruturas, como ocorre na parte nordeste e sudoeste da área.

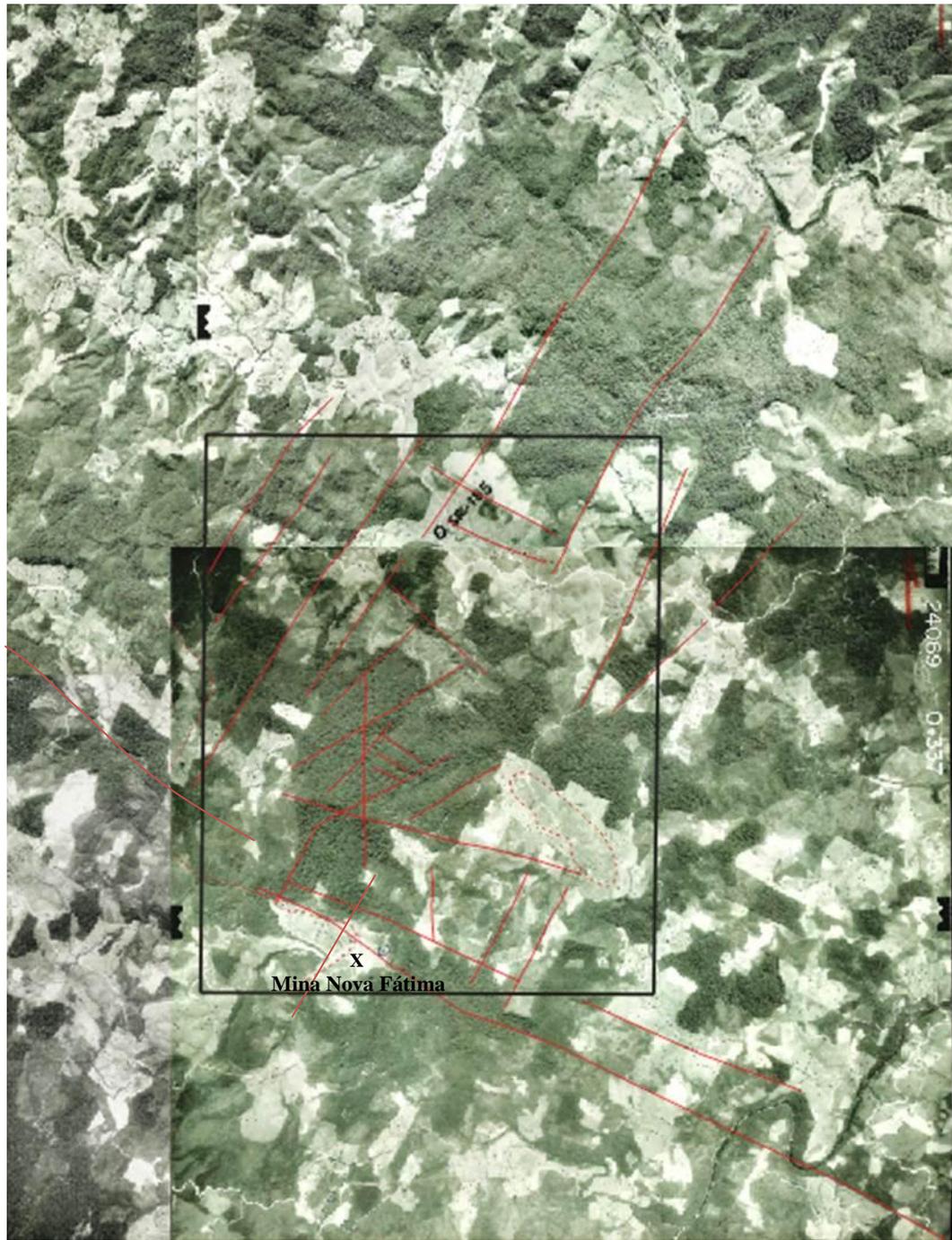


Figura 8. Fotoanálise da área de mapeamento (área demarcada em preto). As linhas contínuas representam as morfoestruturas, as tracejadas, os contatos entre as rochas graníticas e sedimentares. Acima fotografias 19462 e 19463; abaixo 24069 e 24070. Escala da foto 1:25.000

4.2 SENSORIAMENTO REMOTO

A figura 9 apresenta todas as morfoestruturas identificadas por Hoff e Bastos Neto (2008). A metodologia utilizada por estes autores foi a utilização de imagens TM LANDSAT 5, processamentos de imagem, que foram efetuados no programa *ENVI 4.1* e digitalizados no *Autocad MAP* (Autodesk, 2008) e análise vetorial no *Rockworks 14* (Rockware, 2008). A base geológica utilizada foi o mapa geológico da Folha Criciúma executado pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM (SILVA e LEITES, 2000).

Em análise ao mapa de Sensoriamento Remoto (Fig. 9), pode-se dizer que as principais estruturas da área têm direção NNE-SSW (mesma orientação em que ocorrem os mais importantes filões de fluorita do DFSC) e, subordinadamente, direções NE-SW ENE-WSW. Ocorrem também, estruturas expressivas de direções WNW-ESE e NW-SE. Muitas destas estruturas extrapolam o limite da área mapeada.

A integração dos dados de sensoriamento remoto de Hoff e Bastos Neto (2008) com os nossos de fotografias aéreas foi de grande importância no estudo prospectivo da fluorita, pois confirma a nossa fotointerpretação, especialmente nos casos de algumas estruturas que, como veremos mais adiante, têm grande importância na avaliação do potencial prospectivo da área estudada. No campo, procuramos estas estruturas, sendo confirmada a maioria delas.

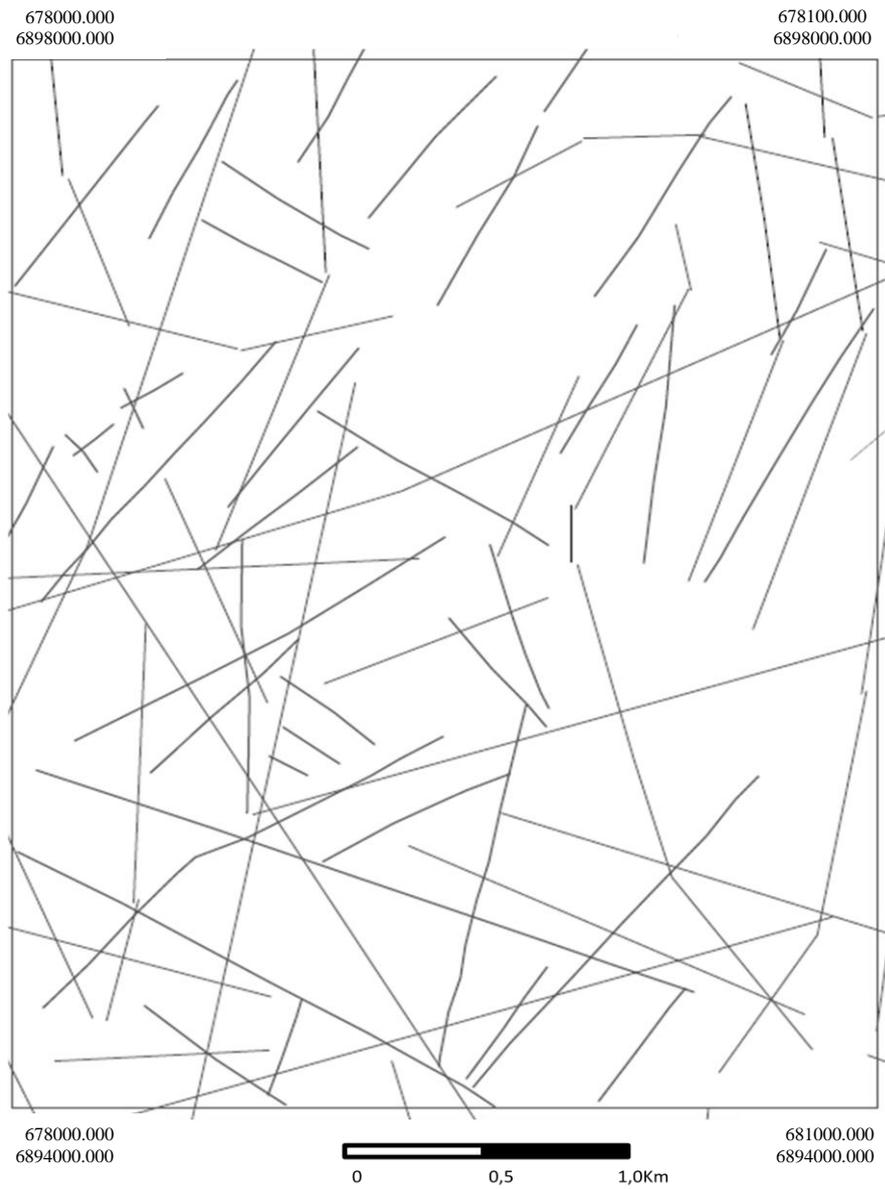


Figura 9. Mapa de morfoestruturas da área mapeada gerado a partir de imagens TM Landsat, obtido de Hoff e Bastos Neto (2008). Observou-se a grande frequência de morfoestruturas de direção NNE-SSW.

4.3 MAPA DE PONTOS

A área mapeada está inserida no setor norte do DFSC, sobre rochas do escudo Catarinense e da Bacia do Paraná. Foram identificadas três unidades litológicas previamente definidas: Suíte Intrusiva Pedras Grandes (SIPG); Formação Rio do Sul (FRS) e Formação Serra Geral (FSG). A área mapeada abrange dois pontos conhecidos de ocorrência de fluorita (filão Nova Fátima, que é um dos mais importantes depósitos do DFSC e o Córrego do Mijador, onde ocorrem filonetes de fluorita) e suas áreas adjacentes.

A figura 10 corresponde ao mapa de pontos da área mapeada. As partes externas nas adjacências da área também foram percorridas e alguns pontos considerados importantes para este trabalho constam no mapa mesmo estando fora do seu perímetro. Os 220 pontos foram coloridos no mapa de acordo com as litologias. Os pontos vermelhos representam a SIPG, os pontos amarelos correspondem a rochas da FRS. Nos pontos verdes ocorrem rochas da Formação Serra Geral, em forma de diques e soleiras. A ocorrência das rochas do Grupo Itararé é predominante, principalmente nas áreas de maior altitude e próximas ao Córrego do Mijador.

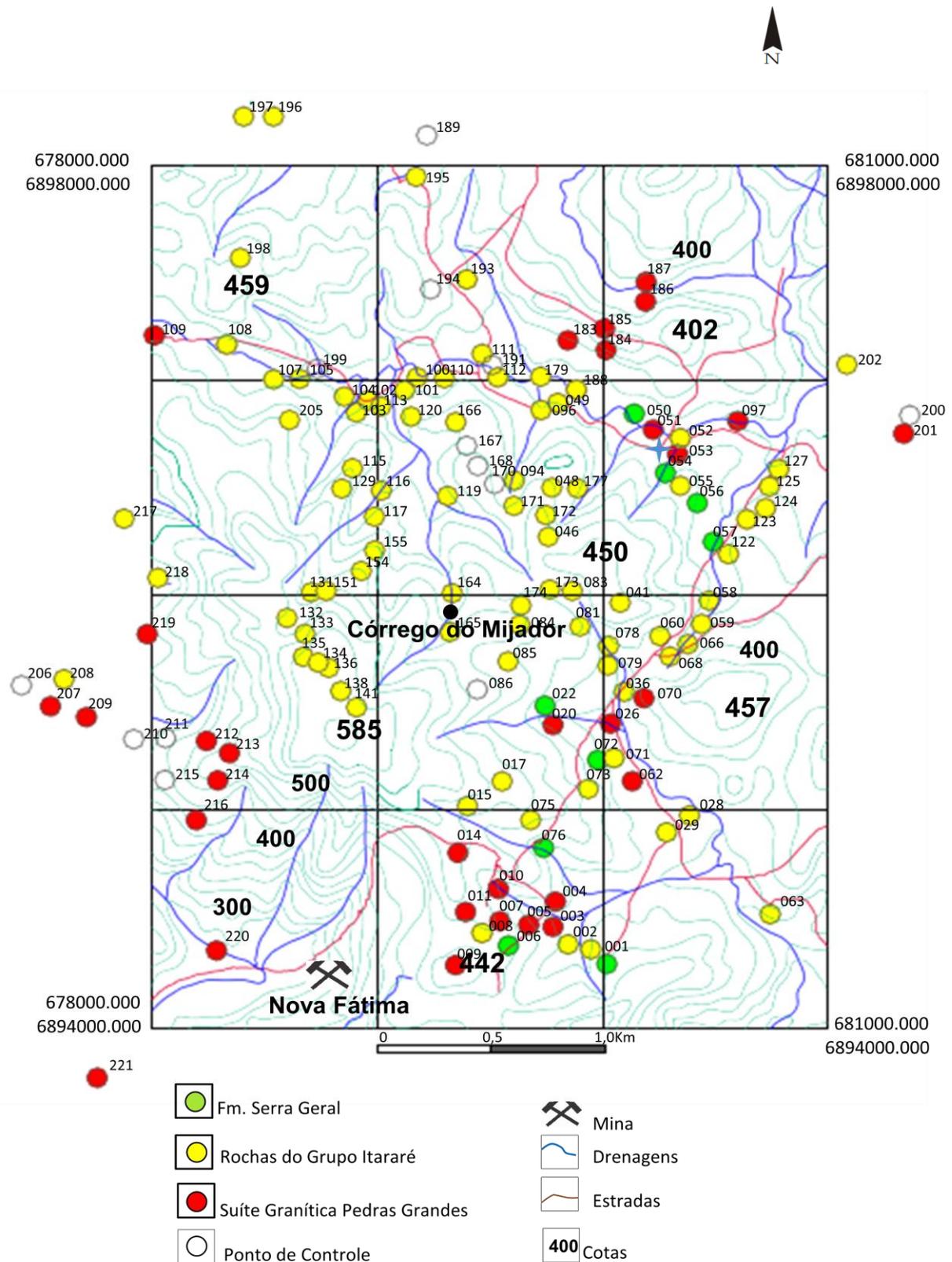


Figura 10. Mapa de Pontos da área mapeada, sendo que, os pontos em vermelho correspondem ao embasamento cristalino, em amarelo ocorrem rochas do Grupo Itararé e em verde ocorrem rochas intrusivas hipoabissais da Formação Serra Geral. Note que, a maior ocorrência é de rochas sedimentares.

4.4 ESTRATIGRAFIA DA ÁREA

4.4.1 Suíte Intrusiva Pedras Grandes

4.4.1.1 Aspectos de Campo

O embasamento da área corresponde Suíte Intrusiva Pedras Grandes e ocorre principalmente nas partes sudeste e nordeste da área mapeada (Fig. 11). A suíte é representada por biotita monzogranitos transalcalinos (SALLET et al, 1989). As rochas ocorrem mais frequentemente na forma de matacões (tamanho variável desde 0,5m a aproximadamente 2m) algumas vezes encontramos lajeados.

Estas rochas possuem baixo índice de cor ($M^p \sim 5\%$) e apresentam principalmente granulometria grosseira, muitas vezes porfirítica, com megacristais de K-feldspato orientados segundo a direção NNE-SSW, que podem atingir até ~ 4cm de comprimento. Possui quartzo intersticial, biotita disseminada e plagioclásio (Fig. 12). Também ocorrem granitos com textura equigranular média. O biotita monzogranito muitas vezes está intemperizado, cataclasado ou milonitizado, podendo apresentar minerais estirados (Fig. 13).

Os granitos podem ser cortados por veios de quartzo leitoso, calcedônia (ou quartzo microcristalino) ou por veios de microgranito. Muitas vezes são encontrados *box work* de fluorita, sendo uma evidência da presença da mesma.

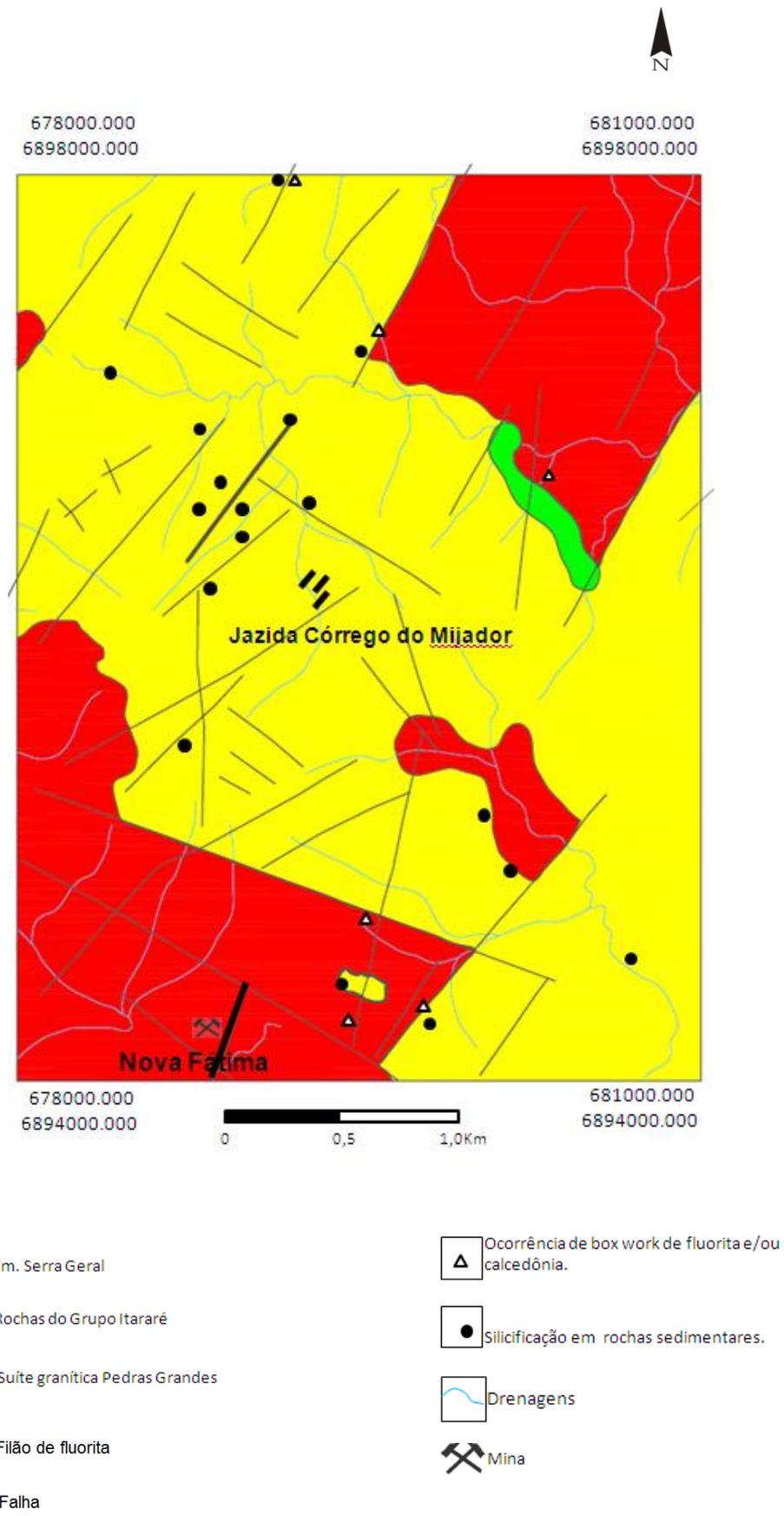


Figura 11. Mapa geológico da área de estudo.



Figura 12. Biotita monzogranito característico da área de mapeamento (ponto CM 009). Observam-se os megacristais de K-feldspato orientados.



Figura 13. Biotita monzogranito milonitizado (ponto CM 053), com foliação bastante evidente. Os cristais de K-feldspato, quartzo, plagioclasio e biotita apresentam-se estirados. Evidência de zona de falha.

4.2.1.2 Petrografia

Nesta etapa, analisamos diversas amostras macroscópicas e fizemos uma lâmina delgada do granito que ocorre no ponto CM 183 (Fig. 14), sendo possível observar que a mineralogia é composta pelos minerais essenciais: quartzo, com extinção muito ondulante (Fig. 15), K-feldspatos orientados, plagioclásio e biotita alterando para clorita. Os acessórios são predominantemente zircão, apatita, grossulária (Fig. 16), epidoto, minerais opacos muito alterados e titanita.

Os minerais presentes nestes granitos estão fortemente alterados. Os processos de sericitização nos K-feldspatos e cloritização principalmente na biotita são muito comuns, além dos processos de hematização nos opacos.

A textura é porfirítica com grandes cristais anédricos e estirados de K-feldspato (principalmente o ortoclásio) e a matriz é equigranular média. O quartzo está deformado, que se podendo observar a forte extinção ondulante que o caracteriza, além de seus contatos estarem interdigitados. O plagioclásio é subédrico em algumas seções, com texturas de dissolução, ocorrendo esmectização e albitização. A biotita é estirada, muito alterada (Fig. 16).

O zircão ocorre incluso nos K-feldspatos, com forma euédrica e apresentando sua característica mitamitização. A apatita também ocorre como cristais euédricos dentro dos K-feldspatos. Foi possível identificar alguns cristais anédricos de epidoto, alguns cristais subédricos de esfeno e algumas granadas fraturadas.

De acordo com as características observadas na lâmina, foi possível determinar que este granito sofreu deformação milonítica de muito baixo grau, confirmando que o ponto estava localizado próximo a uma zona de falha e alterações hidrotermais.



Figura 14. Fotografia da amostra macroscópica do biotita monzogranito (CM 183a). Note o lineamento gerado pelos cristais de quartzo e K-feldspatos estirados.

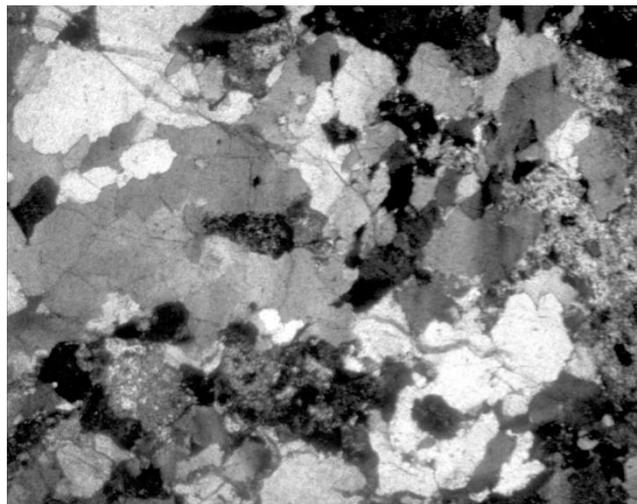


Figura 15. Fotografia de lâmina petrográfica da amostra CM 183a, biotita monzogranito milonitizado. Observe-se os mozaicos de quartzo muito ondulante.

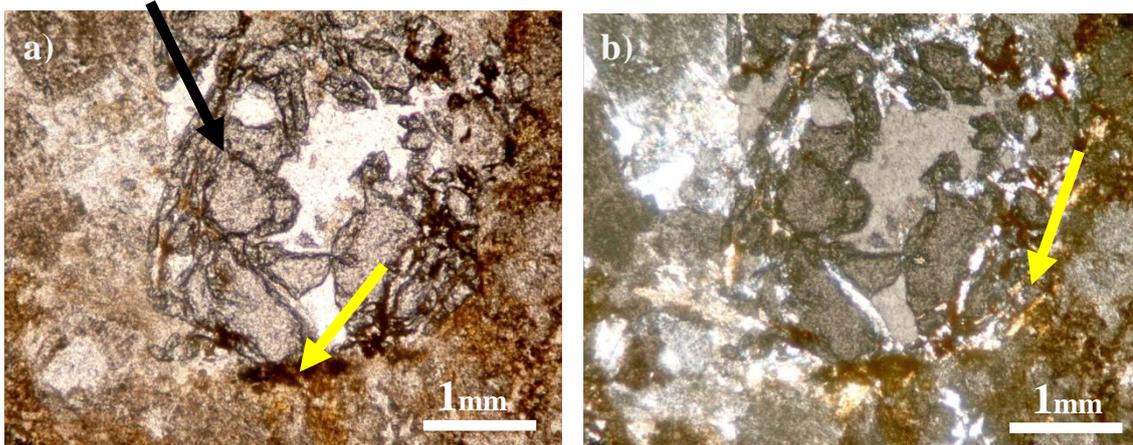


Figura 16. Lâmina Petrográfica (amostra CM 183a). Nas imagens, é possível identificar a granada bem fraturada e a alteração da rocha. a) seta preta indica a granada, seta amarela hematização e cloritização (luz natural); b) biotita muito alterada (nicóis cruzados).

A tabela 2 corresponde à quantidade de minerais presentes na rocha. Estes valores foram estimados visualmente. De acordo com o diagrama QAPF (Fig. 17), o Q a percentagem de quartzo, A é a percentagem de K-feldspato e P a quantidade de Plagioclásio. Como neste sistema, apenas estes três minerais devem ser considerados, devemos recalculá-los a percentagem, como mostrado na equação 1.

Como é possível identificar no diagrama, a amostra está localizada no campo de composição monzogranítica. Devido a sua quantidade de biotita e suas texturas, podemos classificar a rocha como um biotita monzogranito milonitizado.

Tabela 2. Quantidade de minerais presentes na rocha observada.

MINERAIS PRIMÁRIOS	PORCENTAGEM (valores aproximados)
Quartzo	0.37
K-feldspato	0.33
Plagioclásio	0.25
Biotita	0.03
Opacos	0.01
Outros	0.01

Equação 1:

$$Q_{\text{novo}} = 100 \times Q_{\text{original}} / (Q_{\text{original}} + A_{\text{original}} + P_{\text{original}}) = 38,95\%$$

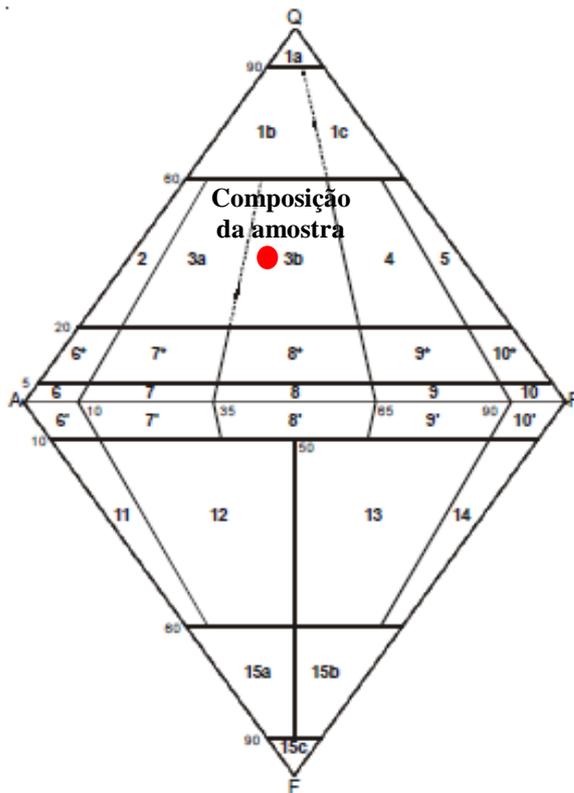
$$A_{\text{novo}} = 100 \times A_{\text{original}} / (Q_{\text{original}} + A_{\text{original}} + P_{\text{original}}) = 34,74\%$$

$$P_{\text{novo}} = 100 \times P_{\text{original}} / (Q_{\text{original}} + A_{\text{original}} + P_{\text{original}}) = 26,31\%$$

$$P/A+P = 100 \times P_{\text{original}} / (A_{\text{original}} + P_{\text{original}}) = 43,10$$

Onde,

Q= quartzo, A= K-feldspato, P= plagioclásio, P/A+P= a razão dos feldspatos presentes na rocha para aplicar no diagrama.



	Granulometria grossa
1a	quartzolito
1b	quartzo granito
1c	quartzo granodiorito
2	álcali granito
3a	granito (sienogranito)
3b	granito (monzogranito)
4	granodiorito
5	M > 10, tonalito, M < 10, trondjemito
6*	quartzo álcali sienito
7*	quartzo sienito
8*	quartzo monzonito
9*	An < 50, quartzo monzodiorito An > 50, quartzo monzogabro
10*	An < 50, quartzo diorito An > 50, quartzo gabro
6	álcali sienito com quartzo
7	sienito com quartzo
8	monzonito com quartzo
9	An < 50, monzodiorito com quartzo An > 50, monzogabro com quartzo
10	An < 50, diorito An > 50, gabro
6'	álcali sienito com foides
7'	sienito com foides
8'	monzonito com foides
9'	An < 50, monzodiorito com foides An > 50, monzogabro com foides
10'	An < 50, diorito com foides An > 50, quartzo gabro com foides
11	fóide sienito
12	fóide monzosienito
13	An < 50, fóide monzodiorito An > 50, fóide monzogabro
14	An < 50, fóide diorito An > 50, fóide gabro
15a	foidito foiaítico
15b	foidito teralítico
15c	foidito

Figura 17. Diagrama QAPF (quartzo, K-feldspato, plagioclásio e feldspatóide). O ponto vermelho corresponde à composição da lâmina.

4.4.2 Formações Sedimentares Paleozóicas da Bacia do Paraná

4.4.2.1 Aspectos de Campo

As rochas sedimentares paleozóicas são as predominantes na área mapeada, cobrindo as partes central, sudeste e noroeste. Estão assentadas em discordância erosiva sobre as rochas do embasamento. Pertencem à Formação Rio do Sul, que compõe o terço superior do Grupo Itararé, constituído principalmente de siltitos, lamitos, varvitos, conglomerados e arenitos. Os melhores afloramentos ocorrem nos cortes de estrada, mas também foram encontrados bons afloramentos nas drenagens.

Normalmente, no contato entre o embasamento e as rochas sedimentares, foram encontrados paraconglomerados suportados por matriz arenosa e arenitos conglomeráticos mal selecionados de cor branca, com clastos angulosos, com tamanho que varia de grânulos (arenito conglomerático) até blocos de 1m, com estratificação incipiente. Acima dos paraconglomerados ocorrem varvitos, eventualmente carbonosos, com camadas intercaladas de lamito e siltito, com clastos pingados (Fig.18). Eles se apresentam laminados, com fissilidade e estratificação plano-paralela. Ocorrem, também, intercalações de camadas de espessura milimétrica de siltito e arenito fino, com estratificação plano-paralela.

Acima do pacote de varvitos, ocorre um pacote de siltito de espessura não determinada. A rocha é cinza, às vezes com alguma oxidação, fortemente estratificada (estratos centimétricos) e frequentemente fraturada (Fig.19).

Sobre o siltito ocorre arenito mais frequentemente branco, porém, muitas vezes com tons avermelhados ou com uma capa de oxidação de ~ 2 cm. Estes arenitos têm granulação de fina a média, geralmente mal selecionados. São maciços ou com estratificação plano paralela (estratos de aproximadamente 5 cm de espessura).

Estas rochas, muitas vezes, ocorrem silicificadas e também podem apresentar *box work* de fluorita e veios de quartzo, que será melhor detalhado no capítulo de prospecção.



Figura 18. Afloramento em corte de estrada de um varvito carbonoso da Formação Rio do Sul (ponto CM 049). Observa-se o baixo grau de seleção da rocha, típica de depósitos glaciais.



Figura 19. Contato normal entre o granito Pedras Grande e um siltito muito fraturado (ponto CM 052).

4.2.2.1 Petrografia

Da Formação Rio do Sul, foram feitas três lâminas delgadas de afloramentos que apresentaram potencial para a presença de fluorita. São dois arenitos e um siltito, todos com forte silicificação.

A amostra CM 111b corresponde a um arenito grosso, silicificado de coloração esbranquiçada, laminação fina e plana, devido à mudança na granulação (Fig.20). O arenito é muito mal selecionado, com granulação desde muito fina (argilas em sua matriz) até grãos de quartzo maiores (de até 5mm) conforme mostrada na figura 21. Os cristais são subangulares e os contatos entre os grãos são côncavo-convexos. A fábrica, na maior parte da amostra, é suportada pelos grãos (Fig. 22), no entanto, em alguns pontos ela é suportada pela matriz, como apresenta a figura 21. Os grãos são orientados, a composição é predominantemente quartzosa, e os cristais de quartzo apresentam-se na forma mono e policristalina. Ocorrem em grandes quantidades grãos de K-feldspatos e algumas moscovitas, ambos fortemente alterados. Os grãos, algumas vezes, estão estirados. A rocha apresenta silicificação e é cortada por veios de quartzo microcristalino (Fig.20).

A amostra 117a é um arenito silicificado (Fig. 23), mal selecionado, com grande variação granulométrica (de arenito fino até grãos de quartzo e de K-feldspato maiores do que 5mm). Mineralogicamente, é composto por quartzo microcristalino (Fig. 24), em mosaicos ou grão bem maiores com bordas de crescimento (Fig. 25), comum em rochas que sofreram hidrotermalismo, e alguns K-feldspatos bastante alterados, alguns grãos são recobertos por óxidos de Fe, ocorre, também, intraclastos argilosos deformados (Fig. 22). A matriz é composta por argilominerais muito finos e quartzo policristalino. A amostra é cortada por veios de quartzo microcristalino, que corresponde a uma evidência de fluorita (popularmente chamada de calcedônia na região).

A amostra 080 é um siltito silicificado fortemente orientado (Fig. 26). Esta rocha apresenta laminação com espessura milimétrica (Fig. 27). São camadas de quartzo microcristalino intercaladas com camadas levemente mais espessas de maior granulometria (quartzo fino), apresenta clastos maiores estirados. Apresenta também argilominerais na matriz e microcristais de biotita orientados.



Figura 20. Amostra (CM 111b) macroscópica. A seta indica um veio de quartzo microcristalino.

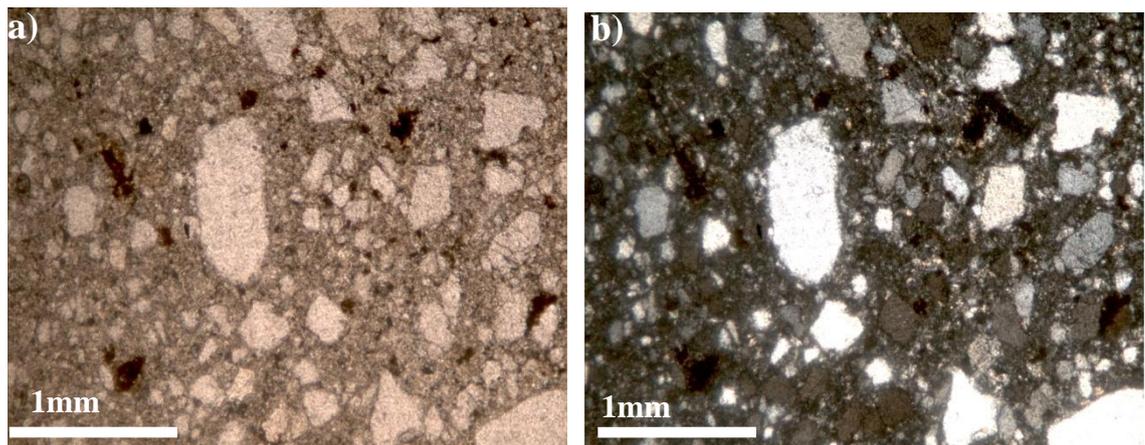


Figura 21. Arenito silificado (CM 111b), podemos observar a mal seleção granulométrica e a orientação dos minerais. Nesta área da lâmina, a matriz é argilosa muito fina. a) luz natural; b) nicóis cruzados.

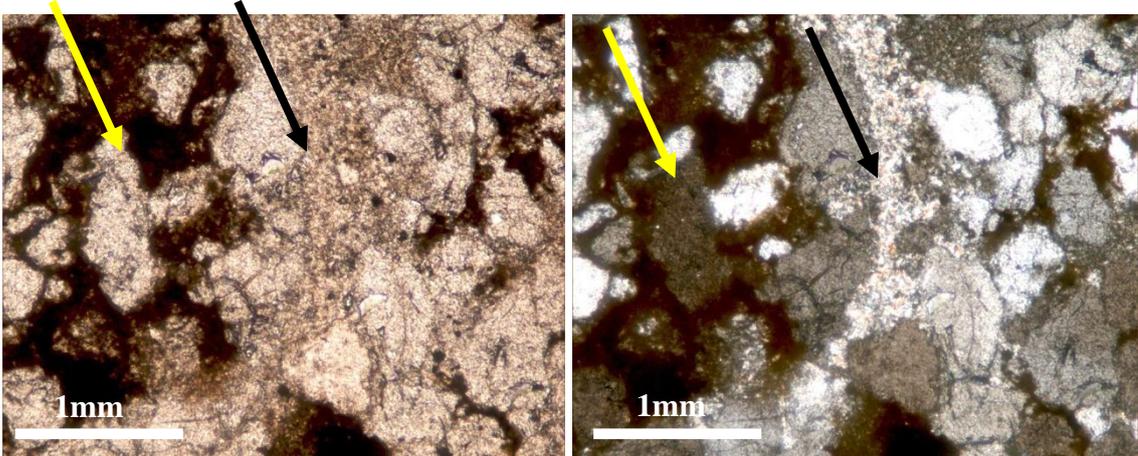


Figura 22. Amostra 111b. Nestas fotos podemos observar a maior granulometria e pouca quantidade de matriz. A seta preta indica a mica branca e a seta amarela a oxidação em torno dos cristais. A direita luz natural e a esquerda nicóis cruzados



Figura 23. Fotografia da amostra macroscópica do arenito silicificado (CM 117a).

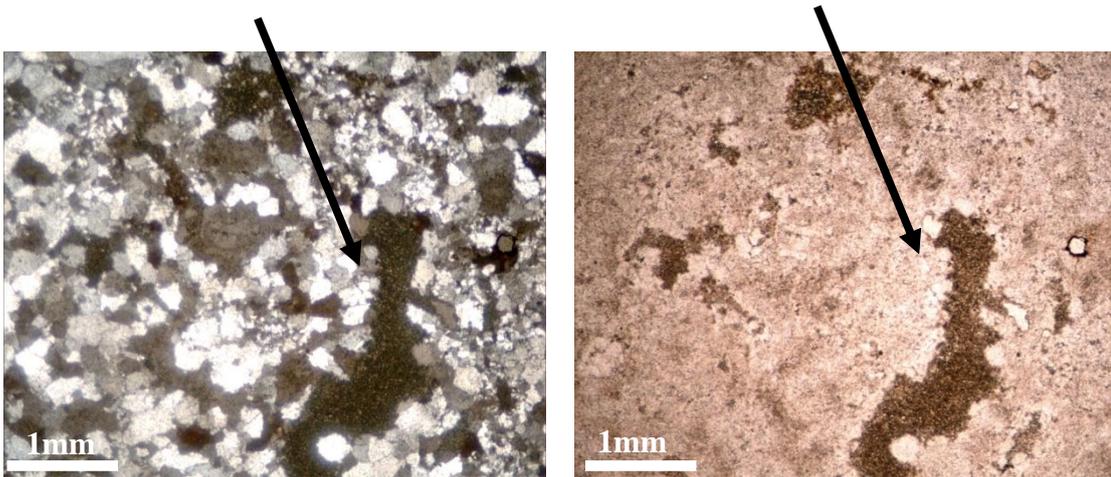


Figura 24. Fotografia em nicóis cruzados e luz natural (a direita e a esquerda respectivamente) do arenito silicificado (CM 117a). Nestas imagens é possível observar os mosaicos de quartzo ondulante. A seta nas imagens corresponde a um intraclasto argiloso deformado pela compactação.



Figura 25. Arenito silicificado (CM 117) apresenta quartzo microcristalino, em mosaico e grãos maiores com bordas de crescimento.



Figura 26. Fotografia da amostra CM 080. Siltito laminado muito fino silicificado.

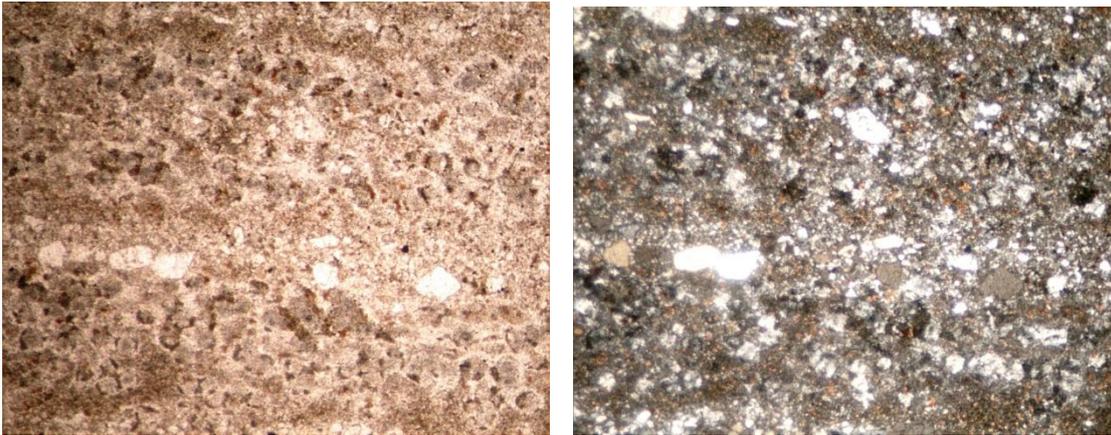


Figura 27. Lâmina petrográfica da amostra CM 080. Note as intercalações de material muito fino e de material mais grosso, além da orientação dos grãos de quartzos estirados.

4.2.3 Formação Serra Geral

As rochas da Formação Serra Geral apresentam-se na forma de soleiras e diques. Estas rochas têm uma composição que varia desde intermediária, como o quartzo-latito hipoabissal até uma composição mais básica como o diabásio.

Em geral, estas rochas são acinzentadas ou pretas e sua textura varia de fanerítica fina (Fig.28) a afanítica (Fig. 29). O quartzo-latito apresenta xenocristais de quartzo e de K-feldspato (de aproximadamente 1 cm) numa matriz afanítica (Fig. 30). Normalmente, os quartzo-latitos apresentam-se muito alterados e com xenocristais assimilados da encaixante.

Estas rochas apresentam em sua mineralogia biotita, plagioclásio, anfibólio e piroxênio, variando um pouco em cada composição. Não foram produzidas lâminas petrográficas desta unidade porque sua composição pouco interfere na prospecção de fluorita nesta etapa de prospecção.



Figura 28. Diabásio hipoabissal da Formação Serra Geral, com textura equigranular fina (ponto CM 076a)



Figura 29. Amostra de uma soleira de diabásio afanítico (ponto CM 054a).



Figura 30. Amostra de quartzo-latito hipoabissal (ponto CM 022a)

4.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL

Neste item são descritas as principais feições estruturais da área de mapeamento. No campo, nem sempre conseguimos encontrar e medir as orientações do plano de falha, no entanto, ela sempre deixa algumas evidências, que indicam a ocorrência de algum processo tectônico no ponto. Com as medidas obtidas no campo, geramos estereogramas com os polos dos planos, utilizando a projeção de Schmidt.

Os granitos mapeados são cortados por dois sistemas de falhas principais: um sistema que é representado por falhas de direções WNW-ESSE e outro de direção NNE-SSW, originados de esforços compressivos de direção E-W (MORGENTAL, 1983). Próximas a estas falhas, os granitos registram efeitos de deformação rúptil e dúctil. O granito foi soerguido nas partes NE e SW da área.

Os granito nas proximidades das estruturas NNE-SSW possui orientação do K-feldspato segundo esta direção (Fig. 13). Quando os granitos apresentam evidências de fluorita ou sofreram processos tectônicos (cataclase ou milonitização) a orientação dos minerais (K-feldspato, biotita e quartzo estirados) tem direção NNE-SSW.

As camadas de rochas sedimentares da área, em sua maioria, ocorrem com baixo mergulho, entre 05° e 30° (Fig. 31). A atitude mais frequente é NW-SE com mergulho para SW. Subordinadamente, as camadas têm direção NE-SW com mergulho para SE, o que ocorre mais frequentemente nas proximidades das maiores estruturas.

Em casos frequentes, as rochas estão verticalizadas (Fig. 32), indicando falhamentos próximos. Em todos os casos de camadas verticalizadas (mergulho superior a 80°) o acamamento apresenta direção NE-SW e, na maior parte deles, a rocha sedimentar está silicificada.

Muitas vezes, estas rochas estão muito fraturadas, resultado da tectônica rúptil que ocorreu na área. Também são comuns cristas formadas por arenitos silicificados (Fig. 33) que, em todos os casos, têm direção NE-SW.

As rochas sedimentares são muito fraturadas (Fig. 34). No estereograma (Fig. 35), que contém os polos dos planos de fraturas das rochas sedimentares, podemos verificar que, a maior parte das fraturas medidas tem orientação NE-SW e NNE-SSW, e outras com orientação NW-SE e WNW-ESE, com mergulho subvertical na maioria delas.

Na fotointerpretação foi observado e foi confirmado no campo que a estrutura que controla a jazida Nova Fátima é interrompida por uma estrutura de direção NW-SE que faz parte de um sistema de falhas com esta direção que também aparece no mapa de morfoestruturas de Hoff e Bastos Neto (2008) e que extrapola os limites da área.

Os veios de calcedônia que cortam as rochas presentes na área têm direção NNE-SSW.

Os diques encontrados estão encaixados em lineamentos de direção NE-SW.

As falhas (Fig. 36) ocorrem com direção preferencial NNE-SSW e NE-SW. Subordinadamente, ocorrem com direção NW-SE.

Portanto, as orientações das estruturas da área mapeada têm orientação NE-SW e NNE-SSW, assim como mostra o mapa de sensoriamento remoto. Estas direções ocorrem em todo o distrito, sendo que, os principais filões de fluorita estão encaixados nas inflexões das falhas para estas direções.

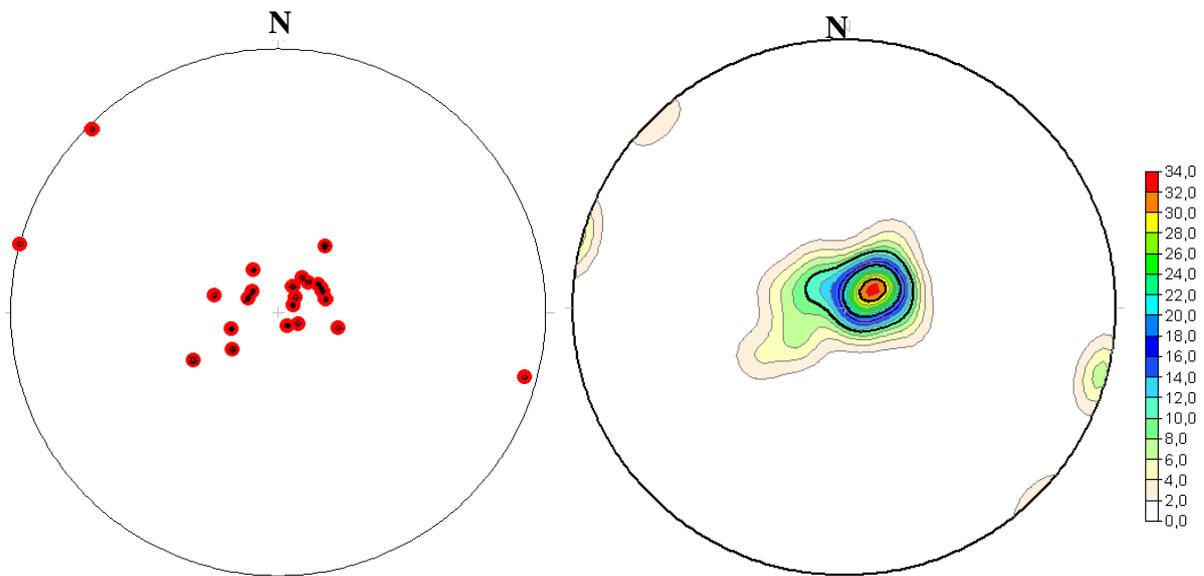


Figura 31. Estereogramas com os polos e as curvas de contorno dos polos das atitudes das rochas sedimentares (projeção de Schmidt).



Figura 32. Siltito afetado por falha. Pode-se notar que suas camadas estão verticalizadas (CM 193).



Figura 33. Crista de arenito silicificado orientado (ponto CM 029) segundo a direção N30E.



Figura 34. Ritmito com intercalações de silte e argila, com clastos pingados típicos de depósitos glaciais (ponto CM 049). Apresenta 3 direções principais de fraturas, com alto mergulho (70° a subvertical). A fratura principal tem direção NW-SE.

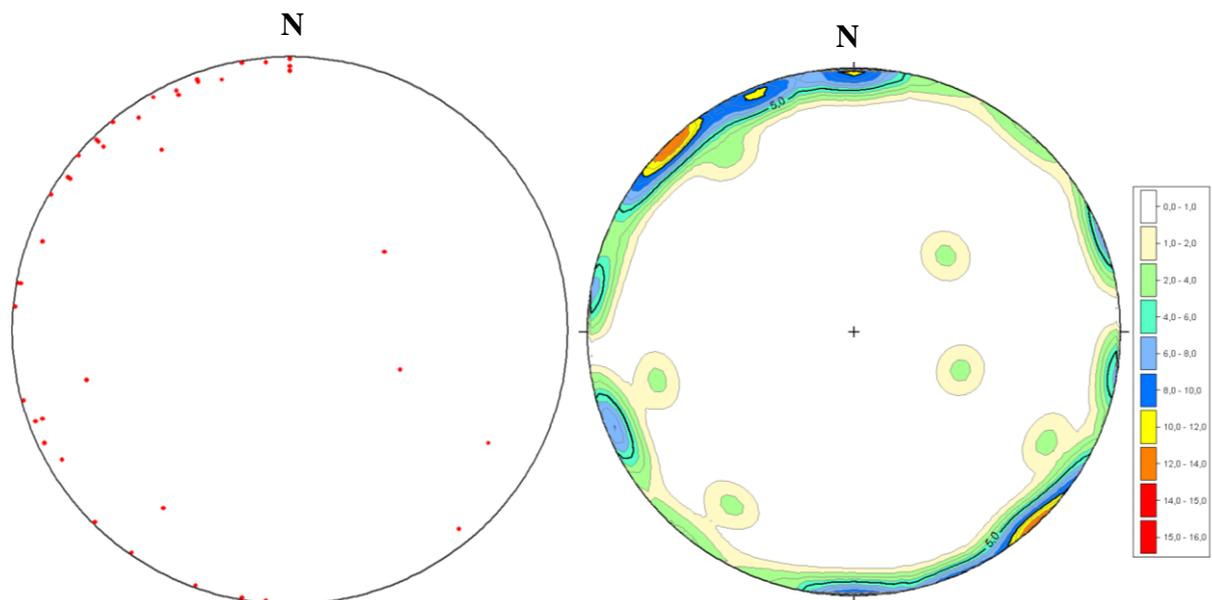


Figura 35. Estereograma contendo os polos dos planos de fraturas da área mapeada (projeção de Schmidt).



Figura 36. Arenito com forte silicificação associada a falha N25°E (ponto CM 063) com direção. A falha chegou a formar uma cachoeira.

5 PROSPECÇÃO

5.1 EVIDÊNCIAS DE FLUORITA

Neste trabalho, utilizamos diversas técnicas para a prospecção de fluorita, entre elas está o sensoriamento remoto que, associado à geologia estrutural nos auxiliou na procura das estruturas mais importantes da área, além deste, o mapeamento geológico também foi importante, pois com ele foi possível identificar evidências de falhas e de fluorita (veios de calcedônia e *box work* de fluorita) e silicificação das rochas sedimentares. Para completar, a utilização de dados geoquímicos nos indicou os locais com maiores teores de flúor. A integração destes dados indicou a área com maior possibilidade de conter filões.

5.1.1 Veios de Quartzo e Calcedônia

O quartzo é o mineral mais abundante na ganga nos depósitos de fluorita do DFSC. Na maioria das vezes, ele ocorre como quartzo microcristalino que pode ser mais antigo ou cogenético à fluorita. O quartzo microcristalino pertence à paragênese da fluorita em todas as fases de deposição do minério (Fig. 37). Por isso, a ocorrência de veios quartzo microcristalino (popularmente conhecido por calcedônia ou pedra osso no DFSC) numa rocha pode indicar que houve deposição de fluorita naquele mesmo local, porém, em superfície, ela já tenha sido erodida (Fig. 38). Muitos filões de fluorita no DFSC já foram encontrados por sondagens efetuadas a partir da ocorrência de “pedra osso”.

Entretanto, só a presença de veios de quartzo não confirma a deposição de fluorita, já que ele pode ser mais antigo do que o evento mineralizador. Por outro lado, grande parte das estruturas que controlam a mineralização são estruturas pré-existentes reativadas. Ou seja, veios de quartzo, mesmo quando têm aspecto de serem mais antigos do que a fluorita (por exemplo, quartzo leitoso) também devem ser mapeados, pois são evidências de estrutura. O mesmo é válido para evidências de deformação a profundidades ainda maiores, como, por exemplo, milonitização e minerais estirados/orientados.



Figura 37. Minério da mina Nova Fátima. É possível observar o minério verde e roxo de fluorita associado ao veio de quartzo microcristalino, encaixado no granito fortemente alterado.



Figura 38. Veio de “calcedônia” cortando um biotita granito aflorante (ponto CM 14).

5.1.2 *Box Work* de Fluorita

Box work refere-se a espaços vazios decorrentes da lixiviação de minerais, cuja forma ainda se mantém preservada.

Os *box works* de fluorita são encontrados nos veios de quartzo, pois ambos são depositadas em associação (Fig. 39). Contudo, quando elas afloram, a fluorita é dissolvida, enquanto a calcedônia resiste ao intemperismo. Estes *box works* apresentam-se na forma cúbica ou triangular porque este é o hábito em que a fluorita ocorre na natureza. Portanto, quando se encontra cavidades de formato cúbico em veios de calcedônia numa rocha, é provável que exista mais fluorita em profundidade. A figura 39 corresponde a uma fotografia do minério na mina Nova Fátima, onde ocorre fluorita verde associada à calcedônia (quartzo microcristalino). Quando a fluorita é dissolvida, ela deixa espaços vazios na calcedônia (Fig. 40).



Figura 39. Minério do filão Nova Fátima. A fluorita da fase 2 (verde) está depositada adjunto a calcedônia (branco).



Figura 40. Rocha granítica cortada por veios de calcedônia. Dentro dos veios ocorre box work de fluorita (ponto CM 053).

5.1.3 Rochas Sedimentares Silicificadas

Para Summerfield (1983), rochas silicificadas ou silcrete é um produto endurecido por silicificação próximo da superfície, formado pela cimentação e/ou substituição da rocha, por meio de processos físico-químicos de baixa temperatura. Elas podem ser substituídas por várias formas de sílica secundária, incluindo opala, quartzo criptocristalino ou quartzo cristalizado.

No DFSC, próximo aos filões de fluorita, as rochas sedimentares geralmente estão silicificadas. Mas trata-se de processo de silicificação relacionado ao hidrotermalismo e/ou deformação e o aspecto conferido à rocha é muito distinto da silicificação no sentido de Summerfield.

Na área de estudo, as rochas sedimentares silicificadas ocorrem próximas a algumas falhas com grande potencial, sendo uma importante evidência de fluorita, principalmente quando associados aos *box works*. As figuras 41 e 42 mostram exemplos de silicificação de rocha sedimentar na área. Esta silicificação foi gerada pelo processo hidrotermal responsável pela alteração da rocha encaixante e formação dos depósitos fluoríticos. Como é possível visualizar na figura 42, a rocha apresenta várias evidências, como a forte silicificação e veios de quartzo com *box work* cortando-a.



Figura 41. Este arenito, além de se apresentar silicificado, ainda é cortado por um veio de quartzo em que ocorre box work (ponto CM 111).



Figura 42. Pelito silicificado (ponto CM 008) com textura muito fina e com estratificação plano-paralela preservada.

5.1.4 Principais Evidências Encontradas na Área

No mapa geológico gerado neste trabalho foi indicada uma grande quantidade de evidências de mineralização de fluorita ocorrentes na área. Na figura 43, o mapa geológico é reapresentado com 2 setas indicando os setores onde ocorrem as mais expressivas evidências de mineralização encontradas. Nestes 2 setores, assim como na maioria dos outros casos, as evidências estão associadas a estruturas de direção NNE-SSW e NE-SW, que são as direções de maior potencial para mineralização de fluorita do DFSC.

Podemos conferir no mapa geológico que um grande número de ocorrências de rochas sedimentares silicificadas ocorre próximo a uma falha de direção N40°E, localizada a noroeste da ocorrência do Córrego do Mijador.

Evidências do tipo calcedônia com *box works* de fluorita foram encontradas na parte sudeste da área, a nordeste do filão Nova Fátima, adjacentes a falhas de direções N15°E e N40°E. Também foram encontradas no extremo norte da área, numa falha de direção NE-SW, com silicificação associada. Ainda na parte norte da área, este tipo de evidência foi encontrada em falha que marca o contato do embasamento com as rochas sedimentares e que está alinhada com a zona de silicificação mapeada a noroeste do Córrego do Mijador. No granito, nas proximidades da soleira de diabásio, observa-se uma ocorrência de box work de fluorita associada a uma estrutura de direção NNE-SSW.

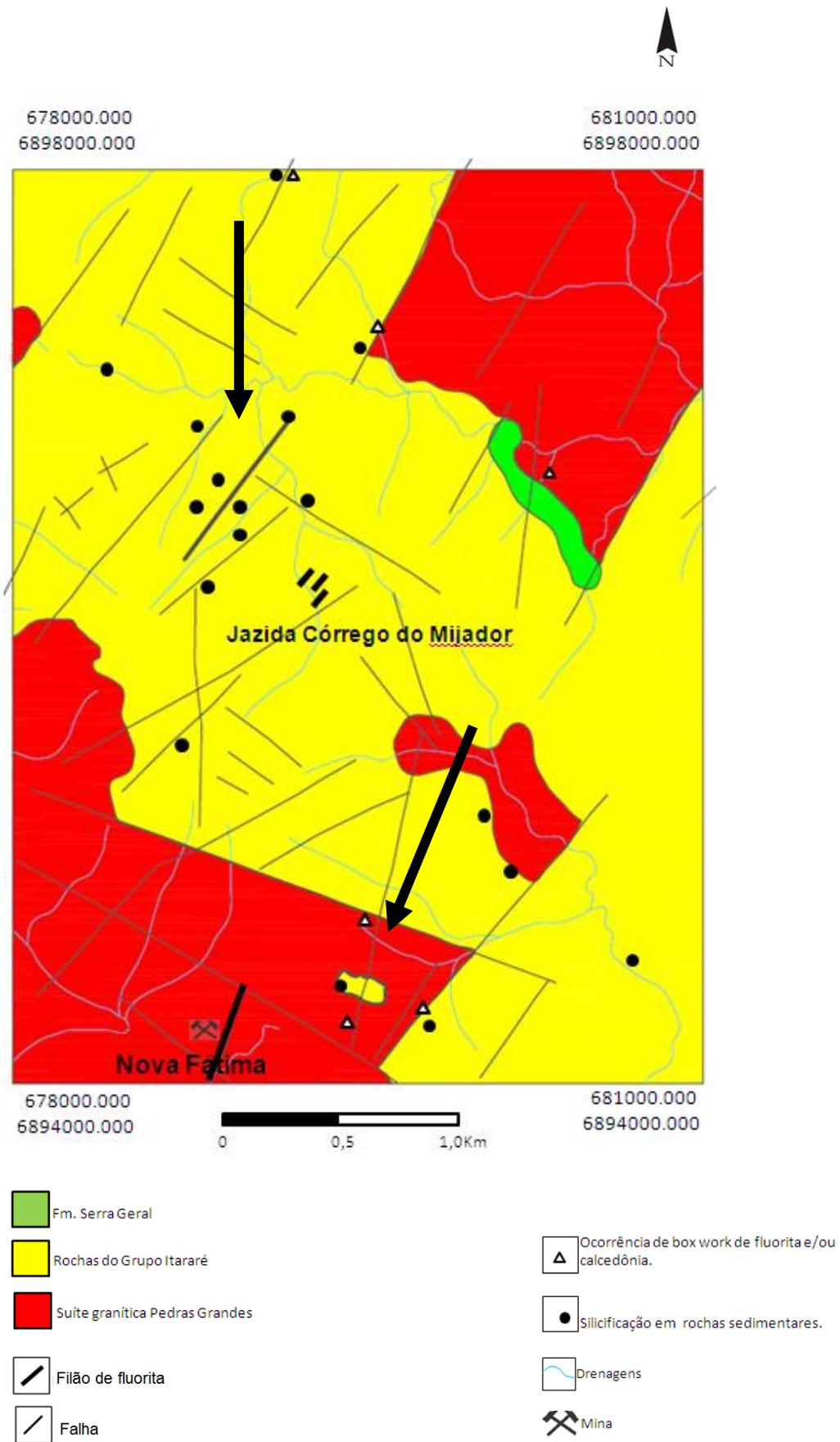


Figura 43. Mapa geológico da área. As setas indicam as áreas com maiores quantidades de evidências de fluorita, próximas a importantes estruturas mapeadas.

5.2 GEOQUÍMICA DE SOLO

Nos primeiros trabalhos de prospecção na área (década de 80), foram coletadas amostras de solo para análise geoquímica de teores de flúor. Estes dados nos foram cedidos pela empresa Votorantim S/A e, a partir deles, geramos um mapa de isoteor de flúor com o programa *Surfer* 9. O mapa de isoteor deste trabalho apresenta resultados diferentes daqueles gerados pelos geólogos da empresa que não tinham acesso a programas de interpolação. A figura 44 é o mapa de isoteor de flúor produzido pelos geólogos da Votorantim, através da utilização de técnicas manuais. De acordo com este mapa, é possível observar apenas uma anomalia importante de direção NNW-SSE.

A figura 45 corresponde ao mapa de isoteor de flúor que foi elaborado através da utilização do programa *Surfer*, sendo possível observar que as curvas de isoteores delineiam 3 alinhamentos de anomalias com orientações favoráveis para mineralização de fluorita. Elas são indicadas na figura pelos números 1 (anomalias orientadas na direção N10°E) e 2 e 3 (anomalias orientadas na direção NE-SW).

A figura 46 corresponde ao mapa geológico da área cruzado com o mapa de isoteor de flúor. Podemos observar que, a anomalia simbolizada pelo número 2 coincide exatamente com uma importante estrutura presente na área mapeada, em que ocorrem evidências de mineralização de fluorita. A área do Córrego do Mijador encontra-se entre as anomalias, não se localizando em nenhuma delas.

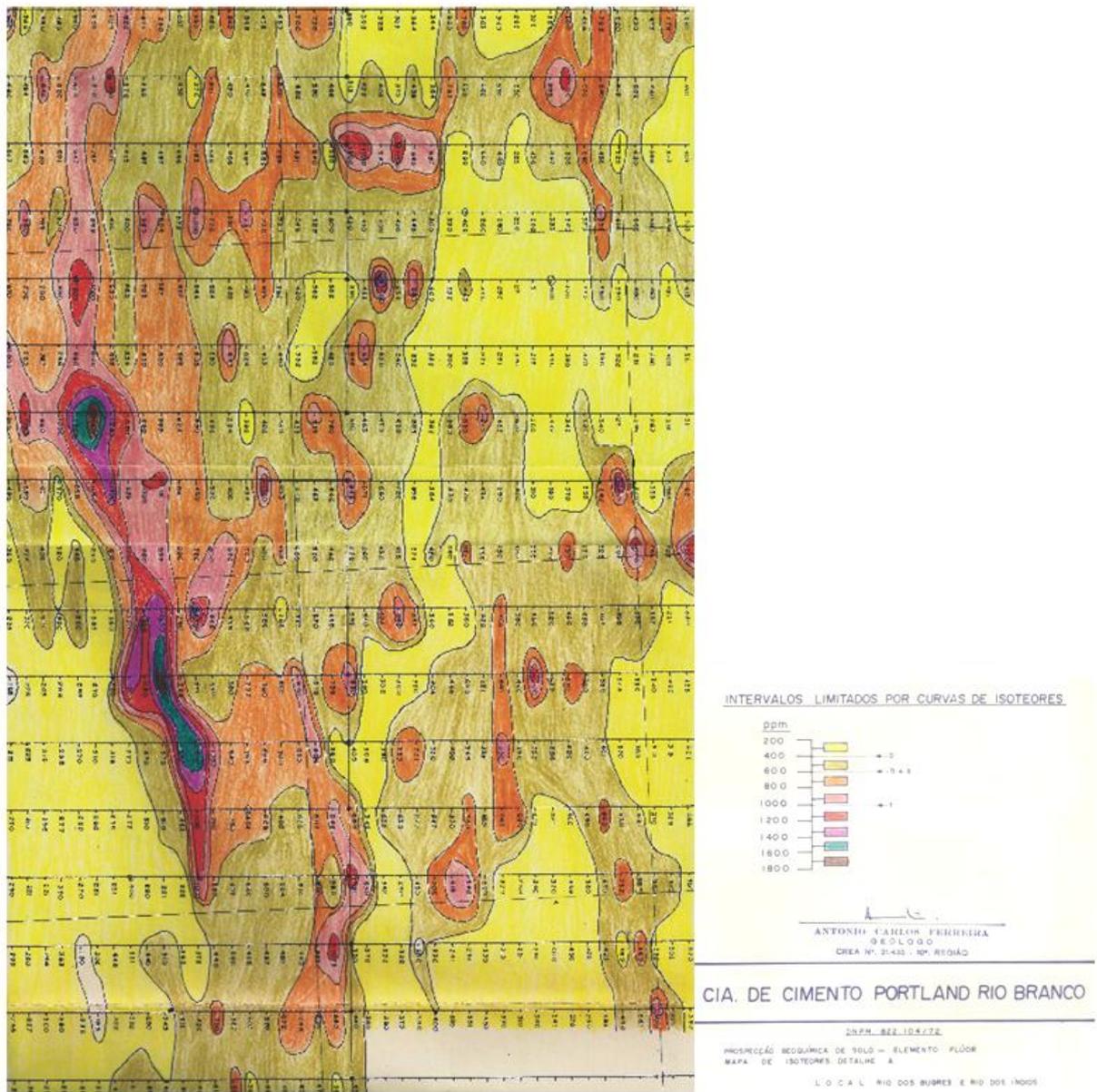


Figura 44. Mapa de isoterma de flúor no solo (FERREIRA 1992).

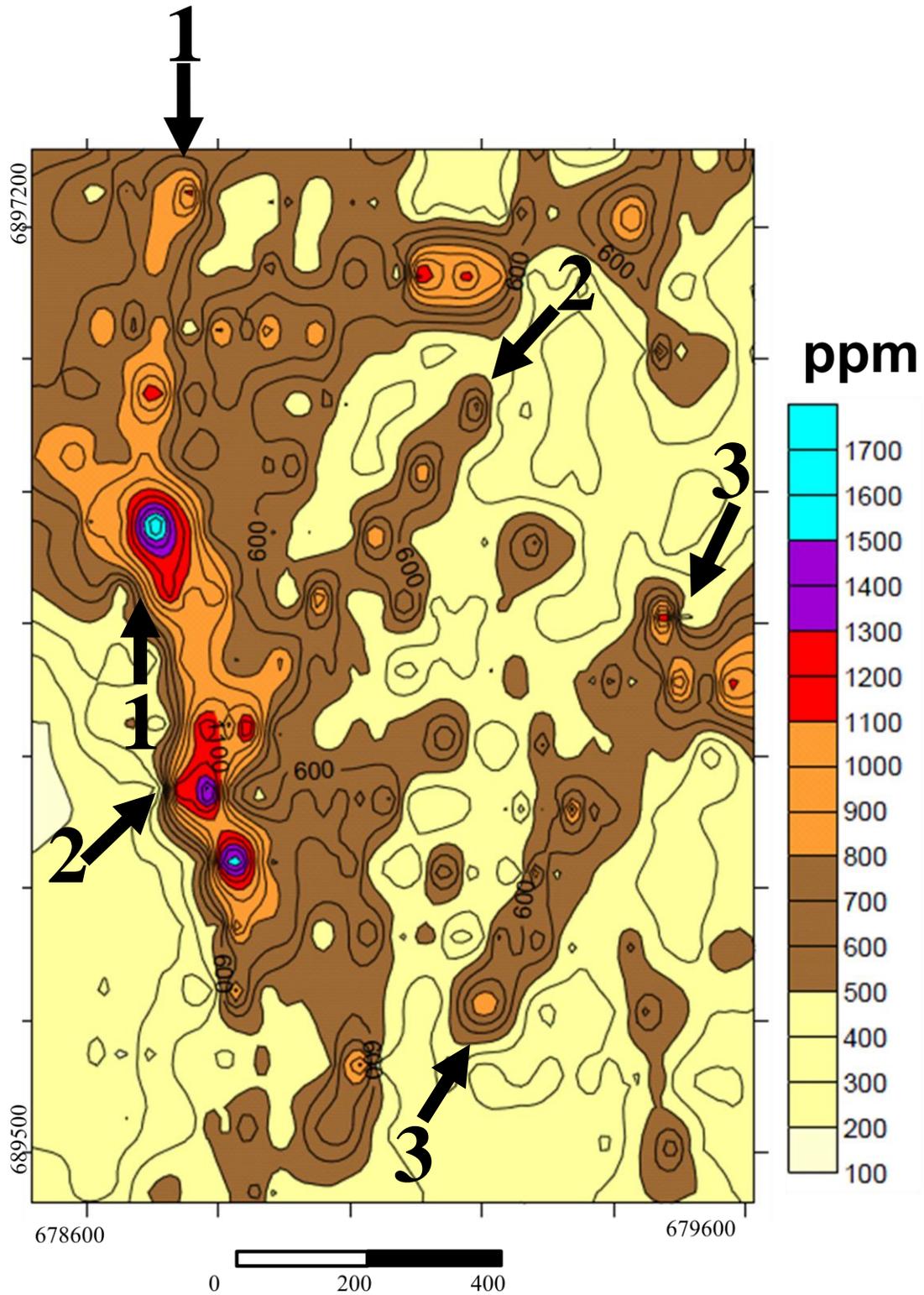


Figura 45. Mapa de isótopo de flúor no solo gerado neste trabalho (explicação no texto).

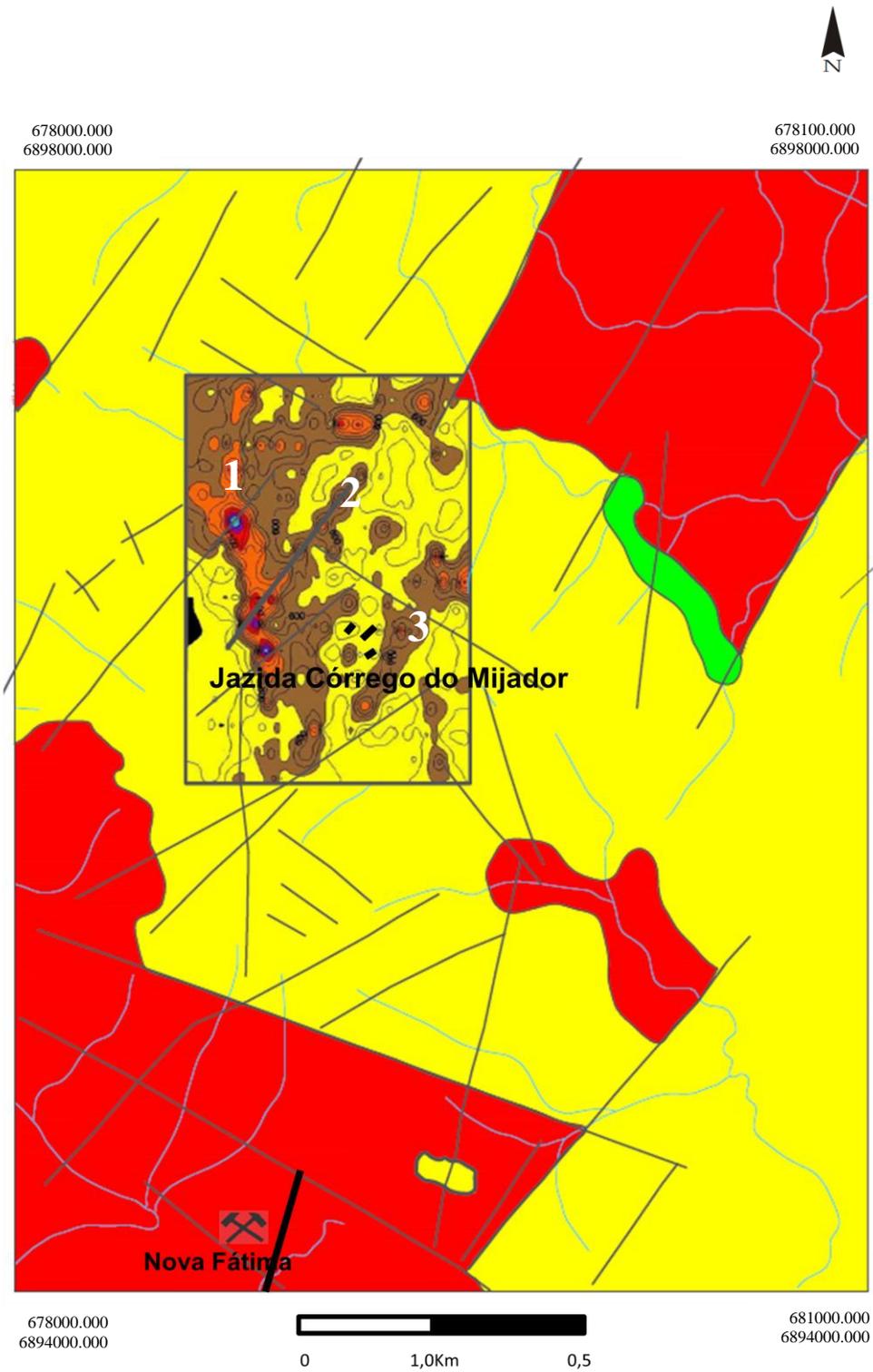


Figura 46. Mapa geológico com superposição do mapa de geoquímica de F no solo. Observar que a anomalia 2 (Fig. 45) coincide com uma estrutura que, por sua vez, está alinhada com falha no contato entre embasamento e rocha sedimentar. Legenda igual às das figuras 43 e 45.

5.3 PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE CORRENTE

Outro método que utilizamos para a prospecção de fluorita é a análise geoquímica de sedimento de corrente (teor de flúor), também efetuado pelos geólogos da Votorantim S/A no primeiro trabalho de prospecção da área.

De acordo com o mapa geológico da área elaborado por eles, estas análises foram feitas em sedimentos provenientes de rochas sedimentares, no entanto, no mapeamento geológico efetuado neste trabalho foram encontradas rochas de diferentes litologias nas regiões onde foram amostrados.

Neste trabalho, foi efetuada apenas a digitalização do mapa gerado por Ferreira (2002) e o integramos no nosso mapa geológico.

Neste mapa (Fig. 47), pode-se observar que, os maiores teores de flúor nos sedimentos de corrente ocorrem nas drenagens da parte norte da área mapeada, exatamente para onde seriam transportados sedimentos provenientes da área da anomalia de solo 2 (Fig. 45). Pode-se perceber que, na área do Córrego do Mijador, não há anomalias significativas.

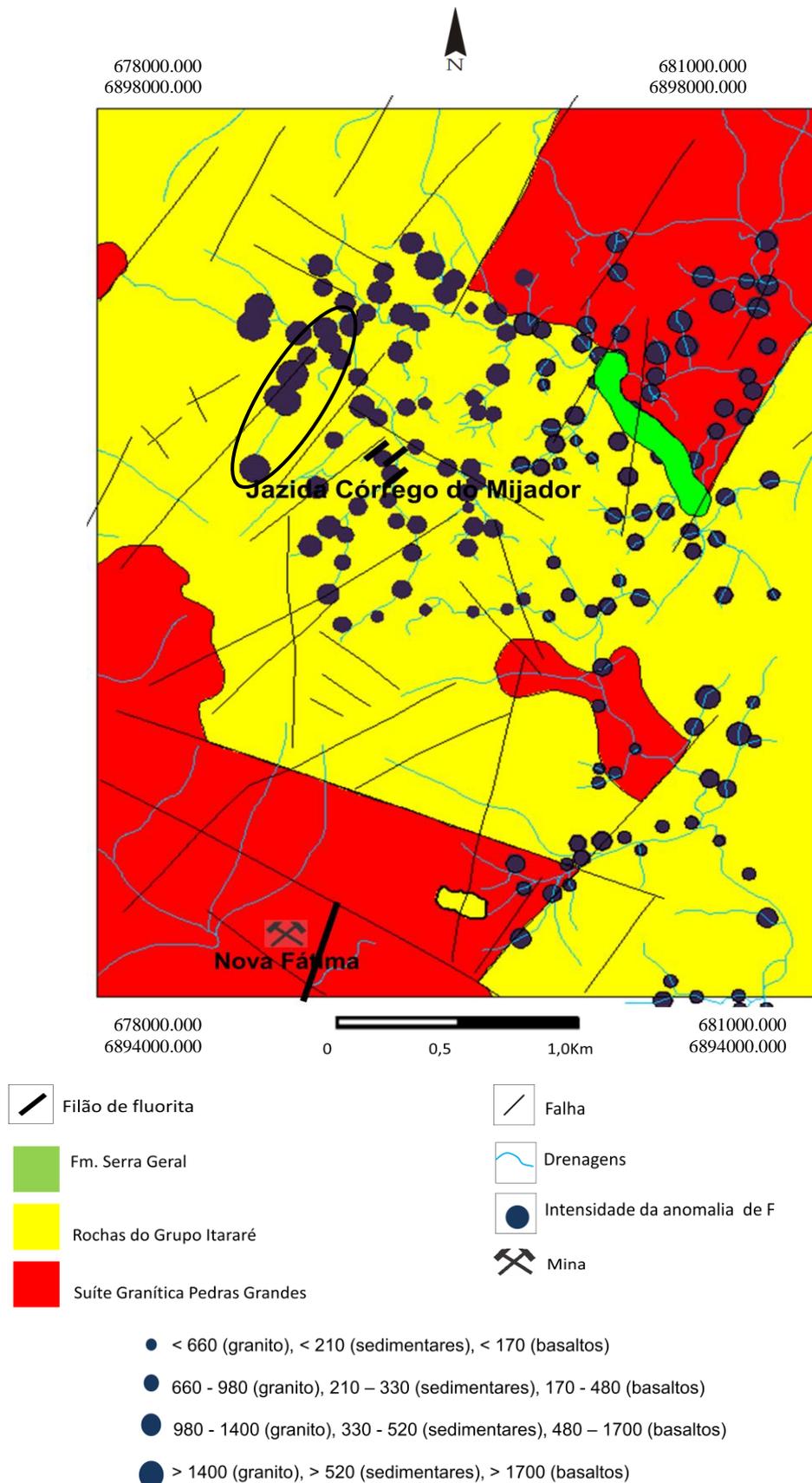


Figura 47. Mapa geológico com dados de geoquímica de sedimento de corrente, teor de flúor. Nota-se que as anomalias ocorrem principalmente na parte norte e noroeste da área.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir do mapeamento geológico e das técnicas de geoprocessamento, foi possível identificar um importante sistema de falhas de direção WNW-ESE que ocorre no sul da área, extrapolando os limites do mapeamento. Uma dessas falhas (Fig. 48), a mais ao sul, interrompe o filão Nova Fátima, que está localizado na estrutura principal da ZCRB. Entretanto, no bloco norte delimitado pela referida falha NW-SE e imediatamente a norte da mesma ocorrem indícios de mineralização na estrutura identificada pelo nº 3 na figura 48. Cerca de 700m a oeste desta, encontra-se a estrutura 1, que parece iniciar exatamente na outra estrutura NW-SE, e que não apresenta indícios de mineralização, mas isto é coerente com sua direção N-S.

Indícios de mineralização ocorrem na estrutura 2 que pode representar não uma outra estrutura, mas uma inflexão da própria estrutura 1 para a direção NE. Esta é exatamente a configuração mais favorável possível para a ocorrência de mineralização de fluorita no caso de uma movimentação dextral da estrutura.

Diante do acima exposto, a interpretação mais provável é que, quando a estrutura principal da ZCRB intersecta o sistema de falhas NW-SE, que é mais antigo, ela se divide em duas estruturas. Uma configuração semelhante ocorre no Lineamento Canela Grande (Fig. 49), onde a estrutura principal se divide em ramos sempre que intersecta falhas mais antigas, no caso, de direção ENE-WSW (Fig. 49).

Na estrutura 2, ocorre uma grande quantidade de rochas sedimentares silicificadas, veios de calcedônia e *box work* de fluorita. Nas análises de geoquímica de solo, uma importante anomalia coincidiu com esta estrutura, além disso, sedimentos de drenagens próximas a ela apresentaram os maiores teores de flúor da área. Trata-se, portanto, de local extremamente promissor para a realização de sondagens. No ramo mais leste (estrutura 3), com direção N20E, também ocorrem evidências de fluorita, trata-se de estrutura prospectável, mas não no mesmo nível de potencial da estrutura 2.

Assim, os dados deste trabalho mostram que o conjunto estrutura 1 + estrutura 2 representa a estrutura principal da ZCRB a norte da jazida Nova Fátima. Embora os furos de sondagem efetuados na “jazida” Córrego do Mijador tenham apresentados filonetes de fluorita, não há muitas evidências de mineralização em superfície. Estes filonetes centimétricos, com direções N50°E, pertencem a estruturas secundárias, distanciadas cerca de 500m da estrutura principal.

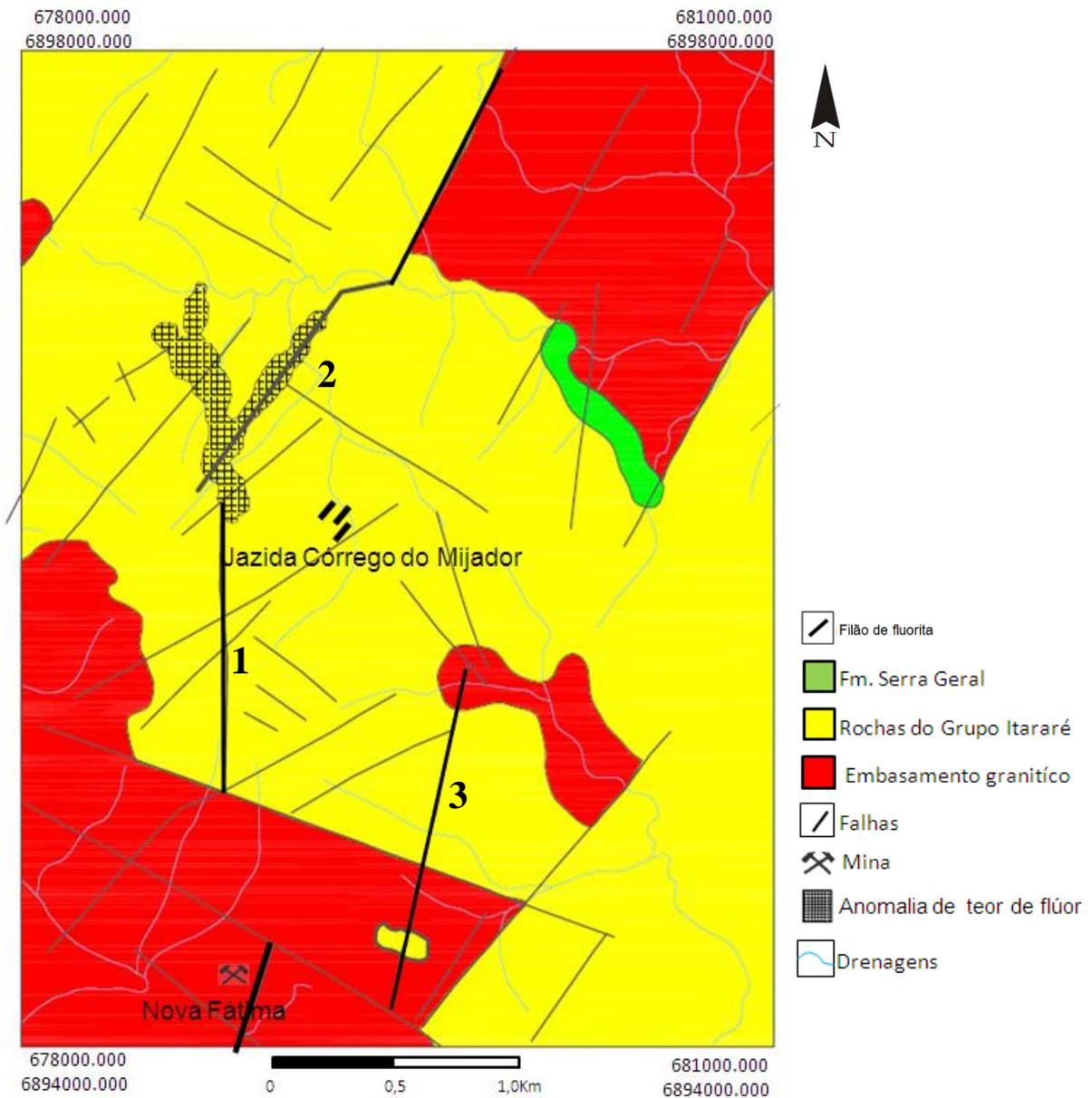


Figura 48. Mapa geológico mostrando a bifurcação da estrutura principal da Zona de Cisalhamento Rio dos Bugres ao intersectar estrutura mais antiga de direção NW-SE. O ramo principal é o ramo oeste que, mais ao norte, inflete para NE-SW, onde se superpõe com anomalia geoquímica de F no solo e apresenta grande potencial para prospecção de fluorita.

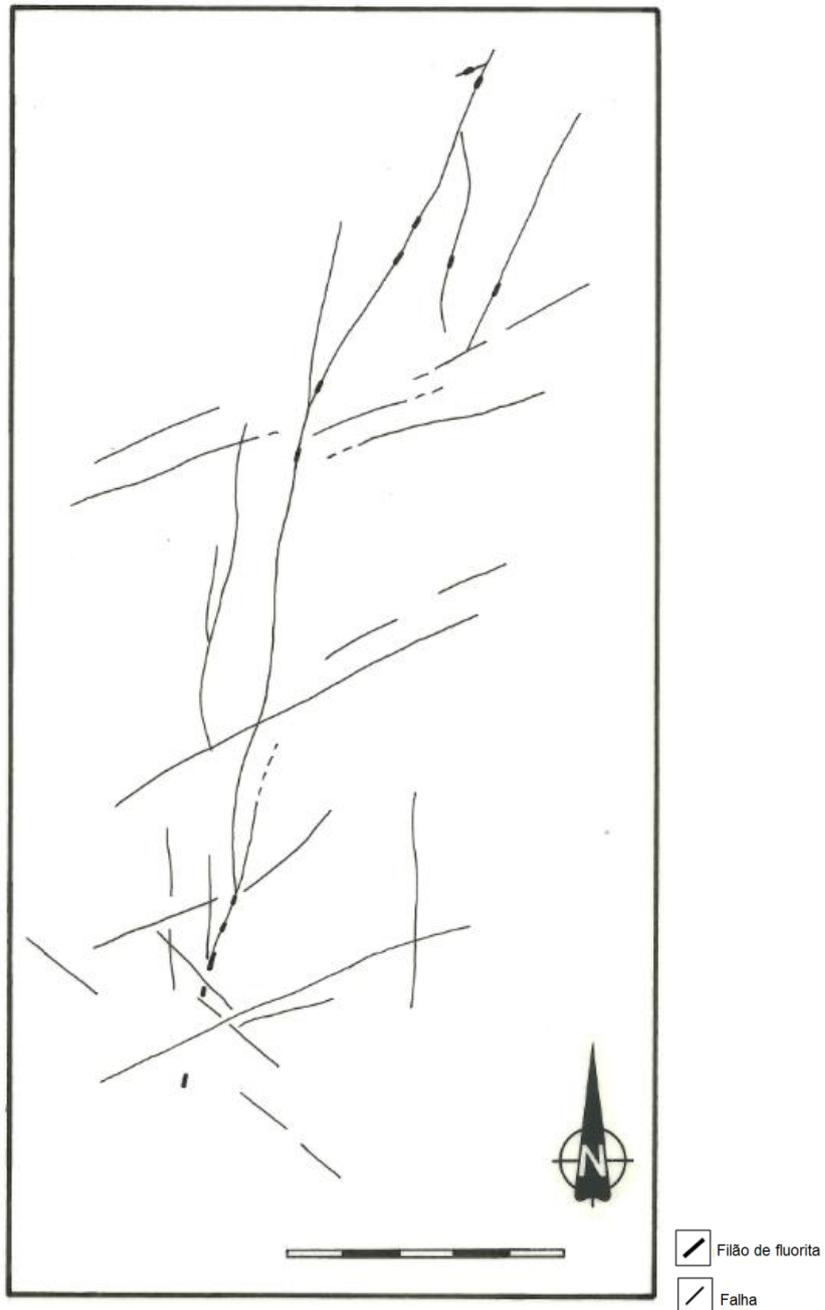


Figura 49. Estrutura principal do Lineamento Canela Grande (BASTOS NETO, 1990). Observa-se que a estrutura principal de direção NNE-SSW sempre que intersecta falhas mais antigas de direções oblíquas. Os filões de fluorita estão depositados nas inflexões da falha para NE-SW, assim como ocorre na estrutura principal da ZCRB na área de mapeamento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS PARA A PROSPECÇÃO DE FLUORITA

Este trabalho foi baseado na integração de diversas técnicas de prospecção para encontrar a estrutura principal da ZCRB ao norte da jazida Nova Fátima e indicar o local que possui maior potencial para mineralização de fluorita.

Ao contrário do que apresentavam os mapas geológicos anteriores, na área mapeada não afloram somente rochas sedimentares, mas também foram encontradas rochas graníticas e rochas básicas hipoabissais, que tiveram extrema importância para o entendimento dos processos estruturais atuantes na área. Com o mapeamento geológico foi possível identificar as mais importantes estruturas e as áreas que possuem grandes quantidades de evidências de fluorita.

A técnica de sensoriamento remoto e a análise estrutural da área nos possibilitaram descobrir que existem, principalmente, dois sistemas diferentes de falhas. Um mais antigo, de orientação WNW-ESE e outro de direções NNE-SSW e NE-SW. Isto nos levou a crer que, a estrutura principal da ZCRB não desaparece ao norte da jazida Nova Fátima, ela apenas é interrompida por este importante sistema de falhas WNW-ESE que extrapola os limites da área mapeada. Quando a estrutura principal da ZCRB (de direção NNE-SSW) intersecta estas falhas, ela se bifurca em dois ramos principais.

A nova interpretação dos dados de geoquímica de solo nos levou a identificar uma anomalia de flúor de direção N40°E que coincide exatamente com uma falha de mesma direção que parece mais representar uma inflexão do ramo oeste da estrutura principal da ZCRB. Esta anomalia é corroborada pelos dados de geoquímica de sedimento de corrente.

A jazida subeconômica do Córrego do Mijador se mostrou fora da estrutura principal da ZCRB.

Os resultados da prospecção obtidos neste trabalho indicaram que, o ramo oeste da estrutura principal da ZCRB é o que possui maior potencial para depósitos de fluorita, principalmente na inflexão da falha para NE-SW. Portanto, é altamente recomendado que sejam efetuados furos de sondagens nesta estrutura.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. 1998. Origem e Evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de. Geociências**. São Paulo: SBG, v.28 n.2, p.135-150.

ANGEIRAS A. G., TEIXEIRA C. A. S. 1965. Nota sobre a gênese da fluorita de Morro da Fumaça. **Engenharia, Mineração e Metalurgia**. Rio de Janeiro, v.42, n.250, p.185-189.

ASMUS, H. E. 1984. Geologia da margem continental brasileira. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A. DERZE, G. R. (Ed). **Geologia do Brasil**. Brasília : DNPM. p.443-472.

BASTOS NETO, A. C.1990. **Le district à fluorine de Santa Catarina**: minéralisations et altérations hydrothermales dans leur cadre géodynamique. 1990. 420p. Tese (PhD) - Université d'Orléans. Orléans, France.

BASTOS NETO, A.C.; BARBANSON, L. 1997.Evolução Geoquímica do flúor nos granitos Pedras Grandes e Tabuleiro da região da Segunda Linha Torrens: a formação de uma rocha fonte para as mineralizações de fluorita cretácea/terciária do Sudeste Catarinense. **Geoquímica Brasiliensis**.S.I.

BASTOS NETO, A. C.; CHARVET, J.; TOURAY,J.C.; DARDENNE, M. A. 1991. Evolution technique Du district à fluorine de Santa Catarina (Brésil) em relacion avec l'ouverture de l' Atlantic Sud. **Bull. Soc. Geól. France**, n.3, p.503-513.

BASTOS NETO, A. C.; TOURAY, J. C.; DARDENNE, M. A. 1996. Géochimie isotopique appliquée à l'étude des inclusions fluides de La fluorine Du district de Santa Catarina (brésil): une discussion sur l'origine des solutions minéralisés. S.I, **Anais...** Academia Brasileira de Ciências, v.68, n.2, p.213-221.

COMPTON, ROBERT. 1962. **Manual of Field Geology**. California, USA: John Wiley & Sons, Inc.378p.

DARDENNE, M. A.; SAVI, C. N. 1984. Geologia e geoquímica dos filões de fluorita Segunda Linha Torrens e Cocal – SC. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo: SBG v.14, n.2, p.120-127.

DOS SANTOS, R. P. 1994. **Datation K/Ar ET Rb/Sr d'argiles de minéralisations et diagenèse Le long de La cote Est de l' Amerique Du Sud. Implications géodynamiques**. 1994. Tese (PhD), Université Joseph Fourier - Grenoble I, Grenoble.

DOS SANTOS, R. P.; BONHOMME, M. G. 1991. K/Ar dating of clays associated with fluorite mineralizations along the Atlantic coast of South America – Relationships with South Atlantic Ocean opening. In: Pagel e Leroy (Ed.). **Source, Transport and Deposition of Metals**, Rotterdam: Balkema, p.381-383.

DOS SANTOS, R.P.; BONHOMME, M. G. 1993. Datação K/Ar de argilas associadas à mineralização e aos processos diagenéticos, em relação com a história da abertura do Oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo: SBG, v.23, n.1, p.61-67.

FERREIRA, A. C. 1992. **Jazida de fluorita do Córrego do Mijador, Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, BR**. Relatório técnico. Grupo Votorantim, Santa Catarina.

FERREIRA, A. C.; ALMEIDA, T. I. 1989. Tectônica transcorrente aplicada à prospecção de fluorita e barita em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geociências**, SBG, v.19, n.2, p.207-223.

FRAGOSO CESAR, A.R. 1980. O Cráton de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 31. 1980. **Anais...** Camboriú: SBG, n.5, p.2879-2892.

HACKSPACHER P.C., FLORES J.A.A. 1987. Contribuição sobre o controle estrutural das jazidas de fluorita na estrutura de Canela Grande, sudeste de Santa Catarina. In: Simpósio Sul - Brasileiro de Geologia, 3. **Anais...** Curitiba. Atas.v.2, p. 543-550.

HOFF, R.; BASTOS NETO, A. C. 2008. Investigação da alteração hidrotermal por meio de técnicas de PID e SIG, no Distrito Fluorítico de Santa Catarina (DFSC), Brasil. *Revista Brasileira de Geociências, SBG*, v.38, n.2, p.356-365.

HOLZ, M. 1995. Estratigrafia de sequências e evolução paleofisiológica da zona de borda da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. In: SIMPOSIO SUL-BRASILEIRO DE GELOGIA, 7º, Porto Alegre, 1995. *Anais.../SBG*, n.6, p.1540-1551.

HORBACH, R.; MARIMON, R.C. 1982. Contribuição à geologia do Distrito Fluorítico de Santa Catarina. *Boletim Técnico – Série Geologia/Projeto Radam-Brasil*, Salvador. V.1

JELINEK, A. R. 1997. **Análise por traço de fissão em apatitas (AFTA) da encaixante dos depósitos de fluorita filoneana do sudeste catarinense**: uma evolução hidrotermal polifásica. 1997. 200 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

JELINEK, A. R. 2002. **Evolução Geológica do Distrito Fluorítico de Santa Catarina**: Estudo integrado de miineralogia, geoquímica e tectônica por traço de fissão em apatita. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

JELINEK, A. R.; BASTOS NETO, A. C. 2008. Geoquímica de Elementos Terras Raras e Elementos Traço na Fluorita: comparação entre filões das partes norte e sul do Distrito Fluorítico de Santa Catarina e implicações no modelo genético. **Revista Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, RS, v.35, p. 43-56.

JELINEK, A. R.; BASTOS NETO, A. C.; POUPEAU, G. 2003. Análise por traços de fissão em apatitas do distrito fluorítico de Santa Catarina: relações entre hidrotermalismo e evolução da margem continental. **Revista Brasileira de Geociências**, Porto Alegre, RS, v. 33, p. 289-298.

MELO, M. S., RICCOMINI, C.; HASUI Y., ALMEIDA F.F.M., COIMBRA, A. M.1985. Geologia e evolução do sistema de bacias tafrogênicas continentais do Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.15 n.3, p.193-201.

MORGENTAL, A. 1984. **Caracterização dos depósitos de fluorita. Projeto fluorita no sudeste de Santa Catarina**. Relatório Preliminar, Etapa 2. Porto Alegre: CPRM, 130p.

MORGENTAL, A.; KIRCHNER, C.A. 1983. Síntese do mapa provisional do distrito de fluorite de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1. , 1983. **Anais...** Porto Alegre: SBG, p.294-306.

PUTZER, H. 1953. "Diastrofismo "Germanótipo" e sua relação com o vulcanismo basáltico na parte meridional de Santa Catarina". **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, S.I. v.2 n.1, p. 37-74.

ROCHA, F. F. N. 1997. **Geologia e geoquímica dos filões de fluorita da parte norte do distrito Fluorítico de Santa Catarina**. 1997. 188p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

SALLET, R.G.1988. **Etud pétrolique et métallogénique d'un secteur du distict à fluorine de Santa Catarina, Brésil**: Le granitóides précambiens monzonitiques source probable de La fluorine filonienne post- jurassique. Paris. 233P. Tese (PhD), Université de Paris VI.

SALLET, R.; FERREIRA, A.C., FRAGOSO CESAR, A. R.; MONTEIRO, R.; MACHADO, R. 1989. O arcabouço granítico transalcalino tardi-orogênico do Batólito Pelotas - sul do Brasil e Uruguai - e sua potencialidade para mineralizações de Fluorita. **Acta Geologica Leopoldensia**, S.I v.30 n.13. p. 213–228.

SALLET R., FERREIRA, A. C., SABATIER, H., 1990. Petrografia e geoquímica dos granitóides do sul do distrito de fluorita de Santa Catarina. Folhas Jaguaruna et Tubarão. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36., 1990. Natal: SBG., **Anais...**, v. 4, p. 1793–1806.

SAVI, C. N. 1980. **Gênese e controle das mineralizações de fluorita da região de Criciúma (SC)**.1980. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto. de Geociências, Curso de Pós Graduação em Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.

SAVI, C N.; DARDENNE, M.A.1980. Zonação, paragênese e controles damineralização de fluorita do filão Segunda Linha Torrens, Municípiode Morro da Fumaça, SC. In:, Congresso. Brasileiro de Geologia, 31., 1980. Camboriú: SBG **Anais...**, v.3 1743-1757.

SCHEIBE L.F. 1986. **Geologia e petrologia do distrito alcalino de Lages, SC**. 1986. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, M. M. S. 2008. **O graben de Urussanga e as rochas da Bacia do Paraná associadas a lineamentos NW-SE no distrito fluorítico de Santa Catarina**: aplicação da estratigrafia de sequências e implicações na gênese e prospecção de filões de fluorita. 2002. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA M. A. S.; LEITES, S.R. 2000. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Criciúma, Folha SH.22-X-B. Estado de Santa Catarina. Escala 1:250000**. Organizadores. Brasília: CPRM.

SUMMERFIELD, M. A. 1983. Silcrete as a Palaeoclimatic Indicator: Evidence From Southern Africa. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. S.I, v.41., p.65-79.

TASSINARI, C. G.; FLORES, J. A. 1992. Aplicação dos isótopos de Sr e Nd na mineralização de fluorita do poço 5, Segunda Linha Torrens, sudeste de Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, **Anais...**, São Paulo: SBG. v.37, n.1., p.259-260.

TEIXEIRA, C.A.S.; 1969. **Relatório de datações geocronológicas do projeto básico da região leste e do projeto específico da fluorita**. Porto Alegre: DNPM, 39p. Relatório Inédito.

TRAININI, D. R.; DIAS, A. A.; KREB, A. S. J.; SOUZA, E. C.; CAPELETTI, I.; TONIOLO, J. A.; SILVA, L. C.; SILVA, M. A. S. 1978. **Projeto Vidal Ramos-Biguaçú**. Porto Alegre: DNPM/CPRM, Florianópolis: DNPM.