

**ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS GEOLÓGICOS E  
ESTRUTURAIS PARA A PROSPECÇÃO DE OURO NA  
REGIÃO DE TORQUATO SEVERO (RS)**

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM

**ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS GEOLÓGICOS E  
ESTRUTURAIS PARA A PROSPECÇÃO DE OURO NA  
REGIÃO DE TORQUATO SEVERO (RS)**

Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias

Dissertação para obtenção do título de Mestre  
em Engenharia

Porto Alegre  
2000

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM

**ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS GEOLÓGICOS E  
ESTRUTURAIS PARA A PROSPECÇÃO DE OURO NA  
REGIÃO DE TORQUATO SEVERO (RS)**

Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias  
Geólogo

Trabalho realizado no Departamento de Minas da Escola de Engenharia da UFRGS, dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Metalurgia Extrativa e Tecnologia Mineral

Porto Alegre  
2000

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de concentração: Metalurgia, Extrativa e Tecnologia Mineral e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Curso de Pós-Graduação.

Orientador: Prof. Dr. Adelir José Strieder

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jair Carlos Koppe (EE – UFRGS)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Gênova Maria Pulz (IG – UFRGS)

Prof. Dr. Marcos Tadeu de Freitas Suita (EM – UFOP)

Prof. Dr. Telmo Roberto Strohaecker  
Coordenador do PPGEM



Para Thais, Bárbara, Carlos Augusto e Beatriz, pelo apoio dedicado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Companhia Brasileira do Cobre, CBC, por permitir a utilização dos dados obtidos durante as campanhas de prospecção geoquímica regional e de detalhe efetuadas na área do Projeto Vauthier, sem os quais este trabalho não seria realizado e, especialmente, ao geólogo José Luiz Reischl, pelo incentivo e apoio na realização do trabalho. A todos os funcionários da CBC, que colaboraram direta ou indiretamente na operacionalização desse trabalho, o meu reconhecimento.

Ao professor Adelir José Strieder, pela orientação, estímulo, dedicação e esforço pessoal desenvolvidos durante essa dissertação;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida;

Aos colegas do Laboratório de Pesquisa Mineral (LPM) pelas trocas de experiências e informações que foram de muita valia na realização dessa dissertação;

Enfim, a todos os colegas e professores do DEMIM, do PPGEM e do Instituto de Geociências, pelas valiosas contribuições oferecidas;

Meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	xv
<b>ABSTRACT</b>	xvi
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b>	1
1.1. HISTÓRICO	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	2
1.4. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	4
1.5. METODOLOGIA DE TRABALHO	6
1.6. TRABALHOS ANTERIORES E CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	9
1.6.1. Compartimentação geotectônica	11
<b>CAPÍTULO 2 - BASE GEOLÓGICA</b>	13
2.1. COMPLEXO GRANULÍTICO SANTA MARIA CHICO (CGSMC)	13
2.2. COMPLEXO CAMBAÍ	15
2.3. SUÍTE GRANÍTICA SANTO AFONSO (SGSA)	16
2.4. SUÍTE SUB-VULCÂNICA VAUTHIER (SSV)	18
2.5. METAMORFITOS ARROIO DA PORTEIRA (FORMAÇÃO MARICÁ?)	19
2.6. SUÍTE INTRUSIVA SAIBRO	21
2.7. FORMAÇÃO HILÁRIO	23
2.8. FORMAÇÃO ACAMPAMENTO VELHO	24
2.9. FORMAÇÃO SANTA BÁRBARA	25
2.10. GRUPO ITARARÉ	27
2.11. FORMAÇÃO RIO BONITO	27
2.12. FORMAÇÃO SANTA TECLA	27
<b>CAPÍTULO 3 - PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA</b>	28
3.1. METODOLOGIA DE TRABALHO E EQUIPAMENTOS	29
3.2. APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	30

3.2.1. Interpretação dos resultados geoquímicos da amostragem de sedimento de corrente	34
3.2.1.1. Cobre, Chumbo e Zinco	34
3.2.1.2. Prata e Molibdênio	34
3.2.1.3. Ouro	34
3.2.2. Interpretação dos resultados de contagem de pintas de ouro nos concentrados de bateia	35
3.2.3. Interpretação dos resultados geoquímicos da amostragem de rocha	35
3.2.3.1. Ouro	35
3.2.3.2. Molibdênio	35
3.2.3.3. Outros elementos	36

## **CAPÍTULO 4 - ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS GEOLÓGICO - ESTRUTURAIS A PARTIR DE SENSORES REMOTOS**

37

4.1. ANÁLISE DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS EM SENSORIAMENTO REMOTO	38
4.1.1. Lineamentos tipo 1	38
4.1.2. Lineamentos tipo 2	39
4.2. LINEAMENTOS ESTRUTURAIS A PARTIR DE MAPAS AEROGEOFÍSICOS	39
4.3. ANÁLISE ESTRUTURAL GEOMÉTRICA DOS LINEAMENTOS TIPO 2	45
4.3.1. Fotografias aéreas	45
4.3.2. Imagens do satélite LANDSAT 7-ETM	49

## **CAPÍTULO 5 - ANÁLISE ESTRUTURAL CINEMÁTICA E DINÂMICA**

54

5.1. BASE METODOLÓGICA DA ANÁLISE CINEMÁTICA	55
5.2. ANÁLISE CINEMÁTICA	57
5.2.1. Sub-área 1 - Marmeleiro	57
5.2.2. Sub-área 2 - Granito Saibro	59
5.2.3. Sub-área 3 - Região de Ibaré	60
5.2.4. Sub-área 4 - Cerro das Tunas e Cerro das Caneleiras	62
5.2.5. Sub-área 5 - Estação Vauthier e Mina Barcellos	64

5.2.6. Elipsóide geral de paleotensão da área estudada	65
5.3. INTERPRETAÇÃO CINEMÁTICA DOS DIAGRAMAS DE ROSETA DOS LINEAMENTOS TIPO 2	67
5.3.1. Lineamentos tipo 2 das imagens de satélite	67
5.3.2. Lineamentos tipo 2 extraídos de fotografias aéreas 1:25.0000	76
5.4. ANÁLISE DINÂMICA	81
5.5. ATITUDE DOS VEIOS MEDIDOS NA ÁREA DO PROJETO VAUTHIER	83
<b>CAPÍTULO 6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES</b>	<b>87</b>
6.1. ANOMALIA 1	87
6.2. ANOMALIA 2	88
6.2.1. Estruturas tipo Cerro das Tunas	89
6.2.2. Filões de quartzo leitoso	89
6.2.3. Hidrotermalitos quartzo-sericíticos	90
6.3. ANOMALIA 3	90
6.3.1. Filões de quartzo leitoso	91
6.3.1.1. Filões de quartzo leitoso de direção NE	91
6.3.1.2. Filões de quartzo leitoso de direção NW	91
6.3.2. Hidrotermalitos quartzo-sericíticos verdes	91
6.3.3. Brechas silicosas	91
6.4. ANOMALIA 4	92
6.5. CONCLUSÕES	93
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>96</b>

## **ANEXO**

### **ANEXO 1 – MAPA GEOLÓGICO INTEGRADO DA REGIÃO SUDOESTE DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE, Escala 1:200.000.**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> -	Mapa de localização e vias de acesso.	3
<b>Figura 1.2</b> -	Mapa geológico UNISINOS – Turma 1979 - 1.	10
<b>Figura 1.3</b> -	Compartimentação tectônica (A) e mapa geológico do oeste do Escudo Sul-Riograndense (B), conforme Gastal (1998), com a delimitação da área de trabalho dessa dissertação.	12
<b>Figura 2.1</b> -	Perfil de sondagem esquemático, transversal ao Arroio do Salso, Dom Pedrito, RS.	26
<b>Figura 3.1</b> -	Modelo digital do terreno com os pontos de amostragem geoquímica de sedimentos de corrente, bateia e rocha.	32
<b>Figura 3.2</b> -	Localização das anomalias geoquímicas.	33
<b>Figura 4.1</b> -	Campo magnético total.	41
<b>Figura 4.2</b> -	Intensidade Magnética da integral (profundo).	41
<b>Figura 4.3a</b> -	Intensidade Magnética da 1ª derivada.	42
<b>Figura 4.3b</b> -	Intensidade Magnética da 1ª derivada com interpretação de lineamentos.	42
<b>Figura 4.4</b> -	Mapa gamaespectrométrico do potássio (K).	43
<b>Figura 4.5</b> -	Mapa gamaespectrométrico do tório (Th).	43
<b>Figura 4.6</b> -	Mapa gamaespectrométrico do urânio (U).	44
<b>Figura 4.7</b> -	Mapa gamaespectrométrico ternário (K+Th+U).	44
<b>Figura 4.8</b> -	Mosaico de ortofotos com a interpretação dos lineamentos tipo 2 em <i>overlays</i> .	48
<b>Figura 4.9</b> -	Diagrama em roseta dos lineamentos tipo 2 extraídos de fotografias aéreas.	49
<b>Figura 4.10</b> -	Composição colorida RGB543 LANDSAT 7-ETM com lineamentos tipo 2.	51
<b>Figura 4.11</b> -	Imagem da razão entre bandas (br)5/7 com os lineamentos tipo 2 e contatos.	51
<b>Figura 4.12</b> -	Lineamentos tipo 2 extraídos das imagens de satélite LANDSAT 7-ETM.	52
<b>Figura 4.13</b> -	Diagrama em roseta da área de ocorrência da Suíte Sub-vulcânica Vauthier.	53
<b>Figura 5.1</b> -	Superposição dos diedros retos de compressão e tração pelo método Angelier & Mechler (1977).	56
<b>Figura 5.2</b> -	Feições estruturais de zonas de cisalhamento frágil com a disposição das fraturas de Riedel (McClay, 1992).	57
<b>Figura 5.3</b> -	Elipsóide de deformação marcando as fraturas de Riedel (cf. Vialon <i>et al.</i> , 1991).	57
<b>Figura 5.4</b> -	Elipsóide de paleotensão da sub-área do Marmeleiro.	59
<b>Figura 5.5</b> -	Elipsóide de paleotensão da sub-área do Granito Saibro.	60
<b>Figura 5.6</b> -	Elipsóide de paleotensão da sub-área de Ibaré.	62
<b>Figura 5.7</b> -	Elipsóide de paleotensão da sub-área do Cerro das Tunas e do Cerro das Caneleiras.	63
<b>Figura 5.8</b> -	Elipsóide de paleotensão da sub-área da Estação Vauthier e Mina Barcellos.	65
<b>Figura 5.9</b> -	Elipsóide geral de paleotensão da área da dissertação.	66
<b>Figura 5.10</b> -	Lineamentos tipo 2 extraídos das imagens de satélite LANDSAT 7-ETM.	67
<b>Figura 5.11</b> -	Localização dos diagramas em roseta dos lineamentos tipo 2 extraído das imagens de satélite e dos elipsóides de paleotensão.	68
<b>Figura 5.12</b> -	Diagrama em roseta dos lineamentos tipo 2 das imagens de satélite da área da dissertação.	69
<b>Figura 5.13</b> -	Diagramas dos locais 1, 2, 3, 4 e 12 da sub-área da Mina Barcellos.	70
<b>Figura 5.14</b> -	Diagramas dos locais 17, 18 e 28.	70

<b>Figura 5.15</b> -	Diagrama do local 5.	71
<b>Figura 5.16</b> -	Diagrama do local 6.	71
<b>Figura 5.17</b> -	Diagramas dos locais 7, 8 e 9.	72
<b>Figura 5.18</b> -	Diagramas dos locais 10, 11.	72
<b>Figura 5.19</b> -	Diagrama do local 13.	72
<b>Figura 5.20</b> -	Diagramas dos locais 14, 15 e 16.	73
<b>Figura 5.21</b> -	Diagramas dos locais 19, 22 e 23.	74
<b>Figura 5.22</b> -	Diagramas dos locais 20, 21 e 24	75
<b>Figura 5.23</b> -	Diagramas dos locais 25, 26 e 27.	75
<b>Figura 5.24</b> -	Lineamentos tipo 2 extraídos dos mosaicos das fotografias aéreas 1:25:000.	76
<b>Figura 5.25</b> -	Mosaico das fotografias aéreas com localização dos diagramas dos lineamentos tipo 2.	77
<b>Figura 5.26</b> -	Diagramas dos locais 1, 2 e 12.	78
<b>Figura 5.27</b> -	Diagramas dos locais 3, 4 e 5.	79
<b>Figura 5.28</b> -	Diagramas dos locais 6, 7 e 8	80
<b>Figura 5.29</b> -	Diagramas dos locais 9, 10 e 11.	80
<b>Figura 5.30</b> -	Diagramas dos locais 13 e 14.	81
<b>Figura 5.31</b> -	Geometria das falhas ramificadas a) dextróginas; b) levóginas.	81
<b>Figura 5.32</b> -	Direções de fratura em relação ao elipsóide de paleotensão regional.	83
<b>Figura 5.33</b> -	Diagrama de atitudes de filões e veios medidos no campo	84
<b>Figura 5.34</b> -	Diagrama em roseta das atitudes de filões medidas no campo.	84
<b>Figura 5.35</b> -	Principais famílias de veios e filões medidos no campo.	85



## Lista de tabelas

<b>Tabela 1.1</b> -	Domínios morfoestruturais do Estado do Rio Grande do Sul (RADAMBRASIL, 1986)..	5
<b>Tabela 1.2</b> -	Compartimentação geomorfológica do Estado do Rio Grande do Sul (RADAMBRASIL, 1986).	5
<b>Tabela 3.1</b> -	Métodos de absorção atômica (aa), elementos e limites de detecção (L.D.).	30
<b>Tabela 4.1</b> -	Ortorretificação de fotografias aéreas.	47
<b>Tabela 5.1</b> -	Dados de campo da sub-área do Marmeleiro para geração do elipsóide de paleotensão pelo método de Angelier & Mechler (1977) e do diagrama em roseta.	58
<b>Tabela 5.2</b> -	Dados de campo da sub-área do Granito Saibro para geração do elipsóide de paleotensão pelo método de Angelier & Mechler (1977) e do diagrama em roseta.	59
<b>Tabela 5.3</b> -	Dados de campo da sub-área de Ibaré para geração de elipsóide de paleotensão pelo método de Angelier & Mechler (1977) e do diagrama em roseta.	61
<b>Tabela 5.4</b> -	Dados de campo da sub-área dos Cerros das Tunas e Caneleiras para geração do elipsóide de paleotensão pelo método de Angelier & Mechler (1977) e do diagrama em roseta.	62
<b>Tabela 5.5</b> -	Dados de campo da sub-área da Mina Barcellos para geração do elipsóide de paleotensão pelo método de Angelier & Mechler (1977) e do diagrama em roseta.	64
<b>Tabela 5.6</b> -	Famílias de veios	84

## LISTA DE SÍMBOLOS

AA	Espectrofotometria de Absorção Atômica
CGSMC	Complexo Granulítico Santa Maria Chico
CILS	Complexo Intrusivo Lavras do Sul
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DSG	Diretoria de serviços geográficos do Exército
ETM	Sensor <i>Enhanced Thematic Mapper</i> (sensor do LANDSAT 7)
GCP	Pontos de controle no terreno
GJ	Granito Jaguari
GrCM	Granito Cerro das Marcas
GrPC	Granito Passo da Chácara
GrS	Granito Saibro
IHS	I= intensidade, H= cor ou matiz; S= saturação
LD	Limite de detecção
MDT	Modelo digital do terreno
ppm	Parte por milhão
QMT	Quatzomonzonito Tuna
RGB	Composição colorida falsa cor: R=vermelho, G= verde; B= azul
RMS	<i>Root mean square</i>
SAD69	<i>South American Datum 1969</i>
SGSA	Suíte Granítica Santo Afonso
SIS	Suíte Intrusiva Saibro
SSV	Suíte Sub-vulcânica Vauthier
TM	Sensor <i>Thematic Mapper</i> (sensor do LANDSAT 5)
UTM	Projeção universal transversa de Mercator
WGS84	<i>World Geodetic System 1984</i>

## RESUMO

A presença de uma antiga unidade mineira de ouro na região entre Torquato Severo e Dom Pedrito, motivou a realização de uma campanha de prospecção geoquímica regional para ouro e metais básicos na área. Essa região situa-se na parte oeste do Escudo Sul-riograndense, e é constituída por terrenos metamórficos de alto grau (Complexo Granulítico Santa Maria Chico), de grau médio (Complexo Cambaí), intrudidos por suítes graníticas cálcio-alcalinas (Suíte Granítica Santo Afonso e Suíte Sub-vulcânica Vauthier), a alcalinas (Suíte Intrusiva Saibro), associadas a seqüências vulcano-sedimentares brasileiras (Formações Hilário e Acampamento Velho), que são recobertas por sedimentos gonduânicos a terciários da Bacia do Paraná.

As ocorrências minerais de ouro, de molibdênio e de metais básicos estão relacionadas a estruturas filonianas associadas a falhas regionais e intrusões graníticas. Essas ocorrências podem ser classificadas, em termos genéricos, como do tipo *gold-quartz veins*.

O objetivo dessa dissertação foi de caracterizar os controles geológicos-estruturais das ocorrências minerais cadastradas durante a prospecção geoquímica regional, na tentativa de obter parâmetros para utilização em outras áreas do Escudo Sul-Riograndense.

A análise geológica, a partir dos mapas geológicos parciais anteriores e de sensores remotos (imagem do satélite LANDSAT 7-ETM e aerogamaespectrometria), permitiu definir um arcabouço geológico mais detalhado, e preciso, para a região de Torquato Severo - Estação Vauthier (Município de Dom Pedrito, RS). A análise estrutural permitiu definir que o controle das ocorrências minerais de ouro e molibdênio é dado por um sistema conjugado de falhas dextrógiras (NW) e levógiras (NE) ramificadas, no qual as falhas NNW (R dextrógiras) são as que apresentam os melhores resultados geoquímicos.

## ABSTRACT

An old mining site is present in the Torquato Severo – Dom Pedrito (RS) region and led to the Companhia Brasileira do Cobre (CBC), in the early 1990', to carry out a regional geochemical exploration survey for gold and base metals. This region is located in the west of the Sul-riograndense Shield and is formed by high grade (Santa Maria Chico Granulitic Complex) to medium grade (Cambai Complex) metamorphic terranes, intruded by calc-alkaline (Santo Afonso Granitic Suite and Vauthier Sub-Volcanic Suite) and alkaline (Saibro Intrusive Suite) granitic rocks, associated to late Brasiliano Cycle volcano-sedimentary sequences (Hilario and Acampamento Velho formations). These units are covered by Gondwana and Tertiary sediments of the Paraná Basin. The gold, molybdenum and base metals are related to regional fault structures and local granitic intrusions faults. The mineral occurrences fills dilatational structures and can be classified as **gold-quartz vein type**.

The aim of this work was to characterize the geologic and structural controls of the mineral occurrences found during the regional geochemical prospection, in a way to compare and use the results in other areas of the Sul-riograndense Shield. The geological analysis of older geological maps and the use of remote sensing images (LANDSAT 7-ETM digital images and aerogammaspectrometric geophysical maps) led to definition of a more detailed geological base map for the Torquato Severo – Estação Vauthier (Dom Pedrito, RS) region. The structural analysis also led to recognize that the controls of the gold-quartz veins occurrences are mainly made by a NW (right movement) and NE (left movement) conjugate fault system, in which the NNW faults (R right movement Riedel shear fracture) shows the best geochemical values.

# CAPÍTULO 1

## *INTRODUÇÃO*

A presente dissertação apresenta as atividades e os resultados obtidos na prospecção para ouro, prata, molibdênio e metais básicos efetuados pelo autor, para a Companhia Brasileira do Cobre, na região de Torquato Severo, situada no sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul e compreendida entre os municípios de Lavras do Sul, Bagé, Dom Pedrito e São Gabriel.

### **1.1. HISTÓRICO**

Na região próxima à antiga estação Vauthier, do ramal desativado da Rede Ferroviária Federal, situado entre a Vila de Torquato Severo e a cidade de Dom Pedrito, podem ser encontrados vestígios de uma unidade mineira de ouro, que esteve em operação no início do século XX. Essa mina pertenceu à companhia de mineração inglesa Barcellos Mining Company. Essa empresa escavou um poço (*shaft*) com 30m de profundidade, abriu galerias e montou uma pequena instalação movida a vapor para o beneficiamento do minério de ouro. O minério é formado por um veio de quartzo piritoso, vertical próximo à superfície e mergulhante para sul em profundidade. Esse veio está encaixado em granitos sub-vulcânicos (Calógeras, 1938).

Atualmente, o poço encontra-se aterrado e restam, no local, apenas resquícios de material mineralizado espalhado por onde passa uma estrada vicinal. Nesse local, são encontrados blocos e fragmentos de minério, formados 1) por quartzo com pirita, calcopirita, galena e esfalerita; 2) por hidrotermalitos com epidoto e carbonato; 3) por brechas com sericita, quartzo, pirita e malaquita; 4) por hidrotermalitos quartzo-sericíticos com pirita disseminada; 5) por granitos e 6) por rochas sub-vulcânicas finas com pirita fina disseminada, pirita em vênulas e em fraturas.

Os resultados de análises geoquímicas de uma amostra do minério (2,24% Cu; 3,02% Pb; 0,38% Zn; 663ppm Mo; 60ppm Ag e 47,45ppm Au) levaram à Companhia Brasileira do Cobre a efetuar uma campanha de prospecção geoquímica regional no início dos anos 1990, com vistas a caracterizar o potencial da região para ouro e para metais básicos. O trabalho de

prospecção cobriu uma superfície de 280km<sup>2</sup> e foi executado em dois períodos, nos anos de 1990 e 1991.

## **1.2. OBJETIVOS**

Os estudos de prospecção mineral realizados no início da década de 1990 indicaram a existência de um ambiente favorável a depósitos de ouro em veios e em zonas hidrotermalizadas relacionadas a fraturas (*gold-quartz veins*) em granitos e gnaisses. Essas ocorrências apresentam semelhanças com as ocorrências de ouro relacionadas ao Complexo Intrusivo Lavras do Sul (Andrade *et al.*, 1998) e com as ocorrências da Ilha Cristalina de Rivera (Iglesias, 1992; Quadros *et al.*, 1997; Quadros, 2000).

Dentro dessas considerações, o objetivo dessa dissertação é a investigação do controle estrutural dos veios de quartzo e das zonas hidrotermalizadas mineralizadas em ouro. Secundariamente, por meio da análise integrada de dados geológicos, geoquímicos, geofísicos e estruturais, apresenta-se um aprofundamento do conhecimento geológico básico da região (mapa geológico-estrutural) e da distribuição das anomalias de prospecção geoquímica.

## **1.3. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO**

A área estudada na presente dissertação engloba a área prospectada pela Companhia Brasileira do Cobre (CBC). Os limites da área foram ampliados para um melhor entendimento da geologia regional e dos possíveis controles das ocorrências minerais.

A área total forma um retângulo de 65km x 46km e está situada entre os meridianos 53°54'26,4" e 54°35'18" de longitude oeste e os paralelos 30°41'45" e 31°07'33,6" de latitude sul. A área de investigação abrange parte das folhas da Diretoria de serviço geográfico do Exército (DSG), na escala 1:50.000, de Ibaré, Coxilha do Tabuleiro, Torquato Severo, Vila Afonso Jacinto, Rio Santa Maria, Dom Pedrito, Lavras do Sul e Passo do Tigre. Essa área situa-se em terras dos municípios de Dom Pedrito, Lavras do Sul, Bagé e São Gabriel.

A região é cortada por estradas estaduais não pavimentadas que ligam São Gabriel a Bagé, São Gabriel a Dom Pedrito e Lavras do Sul a Bagé. É servida, também, por estradas vicinais em bom estado de conservação, transitáveis com qualquer tempo, mas com restrições nos períodos de chuva. A BR-293 atravessa o setor sudoeste da área, no trecho entre Bagé e Dom Pedrito.

Para se chegar na área da presente dissertação, partindo-se de Porto Alegre, as possibilidades de acesso são: a) por meio da BR-290 em combinação com a BR-153 até Bagé, seguindo pela BR-293 no sentido de Dom Pedrito; b) pela BR-290 até São Gabriel e por estradas de terra até a região de interesse; c) pela BR-290 e BR-392 até Caçapava do Sul e pela RS-357 até Lavras do Sul, seguindo por estrada de terra até a área; ou, d) pela BR-290 até Rosário do Sul, seguindo pela BR-158 e pela BR-293 em direção a Dom Pedrito e Bagé.

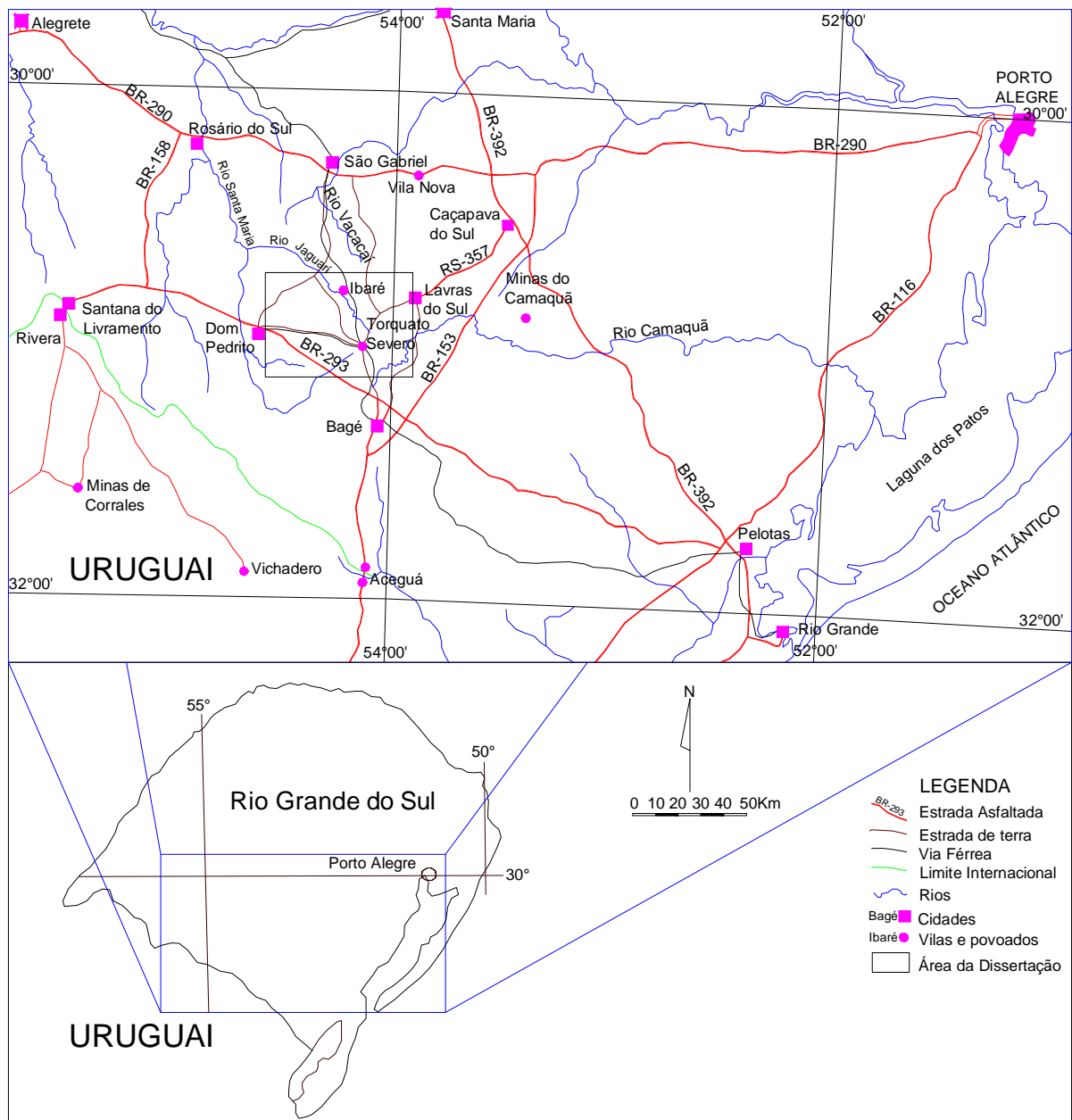


Figura 1.1 Mapa de localização e vias de acesso.

## 1.4. ASPECTOS FISIOGRAFICOS

O clima da região encontra-se no domínio úmido a sub-úmido (RADAMBRASIL, 1986), onde a precipitação pluviométrica anual varia entre 1300 e 1500mm. Nos meses de dezembro a março; ocorre uma deficiência hídrica (poucas chuvas), e os meses de junho, setembro e outubro costumam ser os mais chuvosos. A temperatura média anual é de 18 °C, com variações de 24 °C a 30 °C no verão e de 12 °C a 8 °C no inverno. É comum a formação de geadas e de nevoeiros no inverno.

A vegetação é predominantemente formada por gramíneas em campos limpos (corresponde à Região da Campanha do Rio Grande do Sul) e, secundariamente, por vegetação arbustiva, geralmente isolada, ou sob a forma de capões e mata galeria desenvolvida nas drenagens de maior porte.

O arcabouço geomorfológico da área foi extraído da classificação geomorfológica do Rio Grande do Sul efetuada pelo projeto RADAMBRASIL (1986). Essa classificação parte da definição de domínios morfoestruturais que correspondem às províncias geológicas. Os domínios morfoestruturais ocupam amplas áreas que registram, por vezes, grandes diferenciações geomorfológicas. Os fatores geológicos que geram os arranjos regionais de relevo abrangem variadas formas que, embora guardem relações de causa entre si, apresentam-se especialmente ligadas a fatores climáticos atuais ou passados. Portanto um **domínio morfoestrutural** pode ser decomposto em várias **regiões geomorfológicas**, que se caracterizam por uma compartimentação reconhecida regionalmente, sendo muitas vezes identificadas e correlacionadas com aspectos fito-ecológicos e pedológicos bastante evidentes. Uma região geomorfológica pode se apresentar com condições semelhantes de dissecação e relevo e não comportar subdivisões. Entretanto, mesmo que a região geomorfológica resulte da convergência de indicadores coerentes entre si, ela pode apresentar compartimentos individualizados por diferenciações quanto ao tipo de modelado, de formação superficial e de comportamento da drenagem, permitindo subdividi-la em **unidades geomorfológicas**.



Tabela 1.1 - Domínios morfoestruturais do Estado do Rio Grande do Sul (RADAMBRASIL, 1986).

<b>Domínios morfoestruturais</b>	<b>Províncias geológicas</b>
Domínio dos depósitos sedimentares (referente ao conjunto de formas de acumulação recente)	Província Costeira
Domínio das bacias e coberturas sedimentares (referente às bacias sedimentares)	Província Paraná
Domínio dos embasamentos em estilos complexos (referente aos grandes maciços de rochas cristalinas)	Província Mantiqueira

Tabela 1.2 - Compartimentação geomorfológica do Estado do Rio Grande do Sul (RADAMBRASIL, 1986).

<b>Domínios morfoestruturais</b>	<b>Regiões geomorfológicas</b>	<b>Unidades geomorfológicas</b>
Depósitos sedimentares	Planície costeira externa	Planície Marinha
	Planície costeira interna	Planície Lagunar Planície Alúvio-Coluvionar
Bacias e coberturas sedimentares	Planalto das Araucárias	Planalto dos Campos Gerais Planalto Dissecado Rio Iguaçu – Rio Uruguai Serra Geral Patamares da Serra Geral
	Planalto das Missões	Planalto de Santo Ângelo
	Planalto da Campanha	Planalto de Uruguaiana
	Planalto Centro-Oriental de Santa Catarina	Planalto de Lages
	Depressão Central Gaúcha	Depressão Rio Jacuí Depressão Rio Ibicuí-Rio Negro
	Depressão do Sudeste Catarinense	Depressão da Zona Carbonífera Catarinense
Embasamento em estilos complexos	Planalto Sul-riograndense	Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul Planalto Rebaixado Marginal

Em termos geomorfológicos, a área situa-se no Domínio morfoestrutural do embasamento em estilos complexos, na Região Geomorfológica do Planalto Sul-riograndense (que corresponde ao Escudo Sul-riograndense), em áreas dos Planaltos Residuais Canguçu – Caçapava do Sul e do Planalto Rebaixado Marginal. A área situa-se, também, no limite leste da Região Geomorfológica da Depressão Central Gaúcha, do Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares, representada pela Depressão Rio Ibicuí – Rio Negro.

O Planalto Rebaixado Marginal ocupa a maior parte da área. É uma superfície dissecada posicionada altimetricamente entre 100 e 200m, onde ocorrem vastas áreas com superfícies quase planas, com pequenas variações altimétricas. Está caracterizado por um relevo de coxilhas baixas com vales amplos, que isolam relevos elevados dos Planaltos Residuais Canguçu – Caçapava do Sul.

O contato do Planalto Rebaixado Marginal com os relevos dos Planaltos Residuais Canguçu – Caçapava do Sul faz-se, em muitos trechos, por meio de escarpas e de ressaltos

topográficos, enquanto que, com a Depressão Rio Ibicuí – Rio Negro, faz-se sem quebra de topografia.

De um modo geral, os rios que drenam o Planalto Rebaixado Marginal encontram-se encaixados, adaptados a linhas de fraturas, a contatos litológicos, ou a zonas de cisalhamento, o que originam vales ou sulcos estruturais bem marcados.

Os solos da região são predominantemente podzólicos vermelho-amarelos distróficos e litólicos, geralmente rasos.

Em termos de comportamento geomorfológico diferenciado, o Platô do Taquarembó; no oeste-sudoeste da área, e o Granito Jaguarí; no nordeste, formam altos topográficos. O vale do Arroio Jaguari (caracterizando o Lineamento de Ibaré) é uma feição geomorfológica marcante.

## **1.5. METODOLOGIA DE TRABALHO**

Os trabalhos desenvolveram-se em várias etapas, muitas delas concomitantes. Na primeira fase, correspondente à campanha de prospecção geoquímica regional, realizada pela CBC, os trabalhos foram iniciados com a coleta de material bibliográfico e mapas geológicos das áreas de interesse, para efetuar os requerimentos de pesquisa junto ao DNPM, que cobrem a região da Estação Vauthier, onde está situada a Mina Barcellos. Nesse período, foi executada uma breve revisão bibliográfica para obtenção de informações geológicas básicas, mapas geológicos regionais e de detalhe e de trabalhos de prospecção de outras empresas.

A segunda etapa foi a interpretação de fotografias aéreas USAF-AST-10, de 1964-65, na escala 1:60.000. Nessa escala, foram confeccionados *overlays* com a rede de drenagem até 4ª ordem; sobre os *overlays* foram marcados os pontos de coleta de sedimentos de corrente e de bateia, de modo a manter uma densidade média de 4amostras/km<sup>2</sup>. Posteriormente, os pontos de amostragem foram transferidos para a base planimétrica obtida das cartas da DSG, na escala 1:50.000.

A terceira etapa correspondeu aos trabalhos de campo e compreendeu a fase de prospecção geoquímica regional para ouro, prata, molibdênio e metais básicos. Essa etapa foi efetuada por meio da amostragem concomitante de sedimentos de corrente, de concentrados de bateia e de rochas. Nessa etapa, como em todo o trabalho de campo, o mapeamento geológico foi efetuado de forma sistemática com acompanhamento por descrição dos pontos

de amostragem de rocha, auxiliados por interpretação posterior das fotografias aéreas, além de croquis dos locais de maior interesse. A etapa de campo foi executada em períodos intermitentes em função da necessidade de se interpretar os dados da prospecção regional, recebimento dos resultados de análises geoquímicas e definição das anomalias, alternando fases de prospecção regional, de semi-detanha e de detanha. Em função do aumento gradual da superfície de prospecção com o andamento dos trabalhos, a área foi dividida em duas para fins de relatórios parciais e interpretação dos dados. A primeira, a oeste, engloba a região da Estação Vauthier; a segunda, a leste, forma uma faixa de direção sudoeste-nordeste entre o Cerro das Tunas e a Estação das Três Estradas.

No desenvolvimento dos trabalhos, a partir da segunda fase de prospecção regional (leste), passou-se a utilizar fotografias aéreas na escala 1:25.000, de 1977, do Projeto DNPM-CPRM no Escudo Sul-riograndense. Essas fotografias aéreas foram utilizadas para novas foto-interpretações e usadas nos trabalhos de semi-detanha e detanha, após a definição das zonas com anomalias geoquímicas. Ainda nas etapas de campo, correspondente à prospecção de detanha, foram abertas trincheiras nos locais que apresentavam os maiores teores de ouro.

Imagens de radar nas escalas 1:250.000 e 1:100.000 foram utilizadas para extração visual dos grandes lineamentos, mas foram preteridas pelos dados obtidos das fotografias aéreas nas escalas 1:60.000 e 1:25.000, pois, na época, o interesse de prospecção era ouro em estruturas relativamente pequenas, pouco visíveis nas escalas das imagens de radar. Na fase de prospecção executada pela CBC não foram utilizadas imagens de satélite.

Nessa dissertação de mestrado, novas técnicas foram empregadas e consistiram de:

1) processamento de imagens do satélite LANDSAT 5-TM da área, correspondente à órbita ponto 223-081, nível de correção 4. Foram processadas duas cenas com 3 bandas cada: i) de 1996 com as bandas 3, 4, 5 e ii) de 1997 com as bandas 3, 4, 7. O processamento e o registro (georreferenciamento) foram executados em *software ENVI 2.6* e *IDRISI 2.0*. A análise visual das imagens em tons de cinza e composições coloridas RGB das bandas disponíveis (3, 4, 5 e 3, 4, 7) definiu a composição RGB 543 (de 1996) como aquela que apresentava a melhor resolução espacial e espectral entre as composições observadas;

2) posteriormente, foi adquirida uma cena do satélite LANDSAT 7-ETM (órbita-ponto 223-081 de 15/09/99) com as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, nível de correção 1G. Após registro para o Datum Córrego Alegre das cartas da DSG 1:50.000 (a original veio com registro para o Datum SAD69, Zona UTM 21), foi feita a análise visual da banda 8 pancromática (impressa

na escala 1:50.000 em tons de cinza) e de composições coloridas RGB 321, 543, 743, 745, razão entre bandas (BR - *band ratio*) 7/5 e 5/7. Não foi feita a transformação RGB-IHS das composições coloridas com a banda 8 pancromática, que melhoraria a resolução espacial. A partir do processamento da imagem do LANDSAT 7-ETM, passou-se a utilizar apenas essa imagem nos trabalhos;

3) digitalização dos lineamentos estruturais tipo 2 (Strieder & Amaro, 1997), a partir das imagens da banda 8 pancromática, das composições coloridas RGB 543 e 743 e da imagem da razão entre bandas 5/7 do LANDSAT 7-ETM, diretamente na tela do monitor nos *softwares IDRISI 32* (para tratamento de imagem) e *AUTOCADMAP* (para integração dos dados *raster* e vetoriais);

4) interpretação de fotografias aéreas 1:25.000, com extração dos lineamentos tipo 2 (fraturas e falhas) em *overlays* constituídos por folhas de acetato transparente. Nessa fase, foram confeccionados 24 *overlays*, cobrindo a área anteriormente pesquisada pela CBC;

5) ortorretificação e georreferenciamento das fotografias aéreas com os *overlays*. Esse procedimento foi efetuado no *software ENVI 3.1* após a “escanerização” das fotografias aéreas, uma a uma, em formato *\*.tiff*, mantendo os quatro pontos fiduciais de cada foto, necessários à ortorretificação;

6) confecção de mosaicos com as fotografias ortorretificadas no *software ENVI 3.1* e transferência para o *AUTOCADMAP* para digitalização dos lineamentos tipo 2 na tela do monitor;

7) avaliação e detalhamento dos dados aerogeofísicos (gamaespectrometria e magnetometria) processados e interpretados por Roldão (2000);

8) recorte dos dados aerogeofísicos da área de interesse e integração com os mapas geológicos digitalizados, composições coloridas RGB da imagem de satélite, banda 8 pancromática, razão entre bandas (5/7) e mosaico de fotografias aéreas ortorretificadas para compor o mapa geológico básico da dissertação;

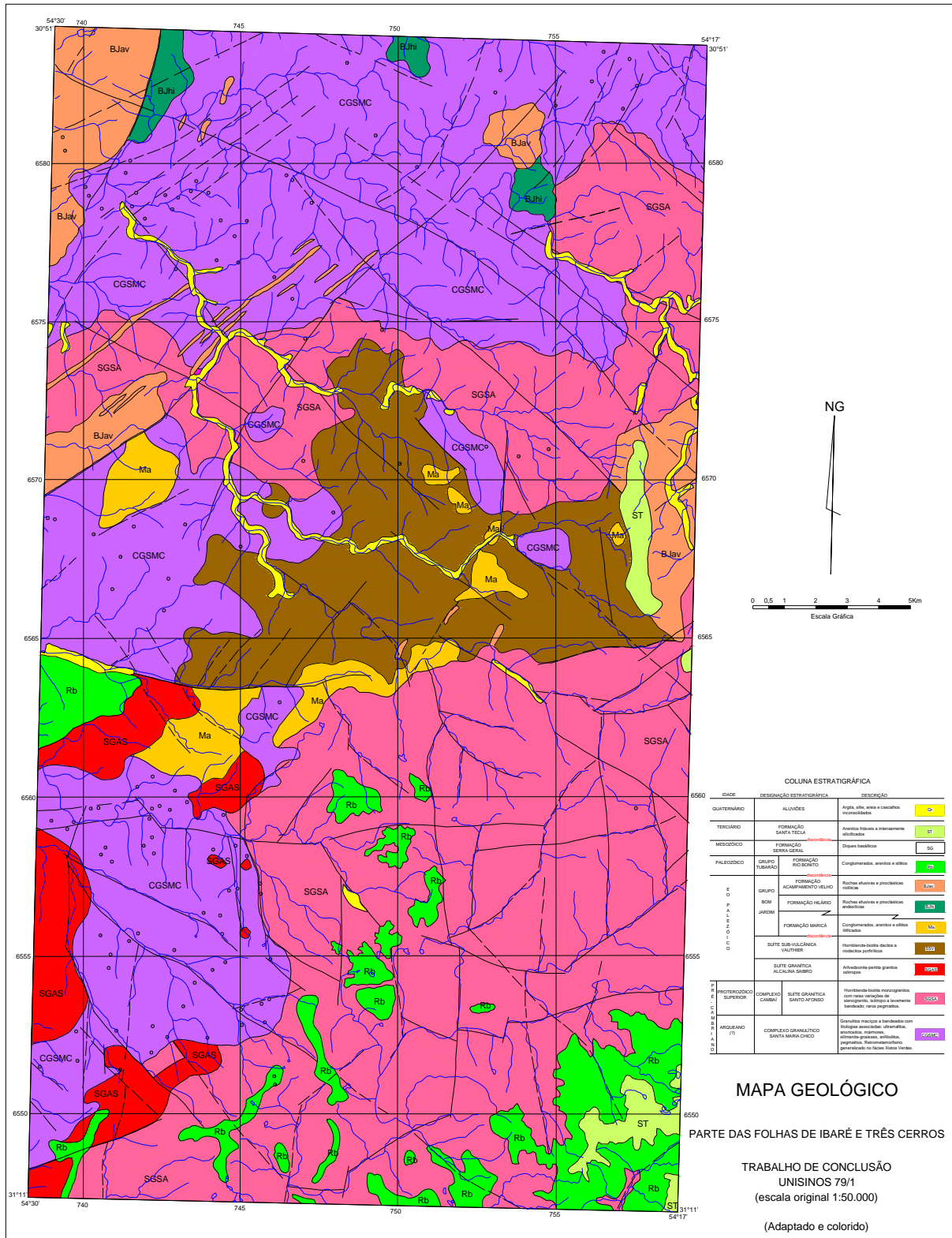
9) trabalhos de campo para obtenção de dados lito-estruturais de áreas-chaves para definir os elipsóides de paleotensão da região e reconhecimento geológico de áreas não diretamente estudadas;

10) análise geométrica dos lineamentos tipo 2 obtidos das imagens de satélite, fotografias aéreas ortorretificadas e dados de campo (veios, fraturas e falhas medidos durante a fase de prospecção).

## **1.6. TRABALHOS ANTERIORES E CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL**

A área de estudo possui trabalhos em vários níveis de detalhamento, como: 1) compilações de dados metalogenéticos feitos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM; 2) trabalhos de fotointerpretação e aerogeofísica (gamaespectrometria e magnetometria) da Texas Instruments, (Jackson *et al.*, 1973); 3) mapeamentos geológicos das turmas de graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 1968, 1986 e 1991) e da Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS, 1979-1 e 1982-1); 4) trabalhos de prospecção de ouro pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM) nos aluviões da Sanga da Mina e no Arroio Taquarembózinho; 5) prospecção para molibdênio pela Rio Doce Geologia e Mineração (DOCEGEO) no Granito Saibro; 6) prospecção de ouro pela Companhia Brasileira do Cobre (CBC) na área da Estação Vauthier; 7) dissertações de mestrado em áreas específicas, como: Naumann (1985) na região de Ibaré, Barros (1992) no monzogranito Santo Antônio na borda leste do Platô do Taquarembó, Sommer (1994) nas vulcânicas ácidas do sul do Platô do Taquarembó; 8) teses de doutorado, como Gastal (1997) com a caracterização da Suíte Intrusiva Saibro e Lima (1995) sobre a Associação Shoshonítica de Lavras do Sul. Mais recentemente, a dissertação de mestrado de Roldão (2000), com a “Análise Integrada de Dados Estruturais e Geofísicos no Controle de Depósitos Minerais na Região Oeste do Escudo Sul-riograndense”, trouxe elementos adicionais para o entendimento dos controles das ocorrências minerais também na área desse trabalho.

Muitos trabalhos geológicos básicos foram publicados a partir de 1978, como Nardi & Hartmann (1979, 1980), Hartmann & Nardi (1980, 1982), Gastal *et al.* (1997, 1998), entre outros. Vários desses trabalhos tiveram por base o mapeamento geológico da turma de graduação 1979-1 da UNISINOS (Fig.1.2), quando foram caracterizados os granulitos do Complexo Granulítico Santa Maria Chico e as suítes graníticas Santo Afonso, Saibro e Vauthier, que ocorrem de modo predominante na área do presente trabalho.



Figural.2 Mapa geológico UNISINOS - Turma 1979-1

Apesar da quantidade de trabalhos produzidos na região, a base geológica sobre a qual se pode fazer a investigação do controle estrutural das ocorrências de veios de quartzo e das zonas hidrotermalizadas mineralizadas em ouro ainda é pobre. A grande maioria dos trabalhos

concentrou-se em áreas e objetivos específicos e não foram compilados ou integrados para uma escala regional. Assim, os elementos fornecidos por esses diversos trabalhos podem ser sintetizados, re-analisados e re-interpretados para a área de estudo dessa dissertação a partir da utilização de novos elementos/informações de escala regional (mapas aeromagnetométricos, aerogamaespectrométricos e imagens de satélite, por exemplo). A discussão detalhada dessa questão será realizada no capítulo 2 e fundamentará a apresentação da base geológica para a região.

### **1.6.1. Compartimentação geotectônica**

A compartimentação geotectônica do Escudo Sul-riograndense aqui apresentada segue o texto de Gastal (1997) “o Escudo Sul-riograndense e a sua extensão no Uruguai e em Santa Catarina representa o segmento sul da Província da Mantiqueira (Almeida & Hasui, 1984). Essa província consiste de terrenos arqueanos a mesoproterozóicos, circundados e intrudidos por rochas do Neoproterozóico e do Eo-Paleozóico, as quais são formadas durante o Ciclo Brasileiro e apresentam predomínio de direções tectônicas regionais NE-SW”.

“A compartimentação geotectônica do Escudo Sul-riograndense, estabelecida em função da distribuição de unidades petrotectônicas distintas, foi inicialmente esboçada por Ribeiro & Fantinel (1978) e por Jost & Hartmann (1984). As principais unidades dispõem-se segundo faixas sub-paralelas de direção NE-SW, consistindo de duas porções granito-gnáissicas (leste e oeste), separadas pelo Cinturão Tijuca, que inclui predominantemente rochas supracrustais. A porção oeste é segmentada transversalmente em blocos Taquarembó e São Gabriel, onde o primeiro representaria a borda cratônica. Os dois segmentos do oeste são afetados por intenso magmatismo e sedimentação, marcando o final dos eventos brasileiros, os quais são expressos como seqüências molássicas ...” (Gastal, 1997).

As principais unidades petrotectônicas da porção oeste do Escudo Sul-riograndense, representadas pelos blocos tectônicos Taquarembó e São Gabriel, são separadas pelo Lineamento de Ibaré (fig. 1.3), considerado como falha transformante, de direção N50°W, com deslocamento dextral e reativação sinistral (Gastal, 1997 citando Fernandes *et al*, 1995).

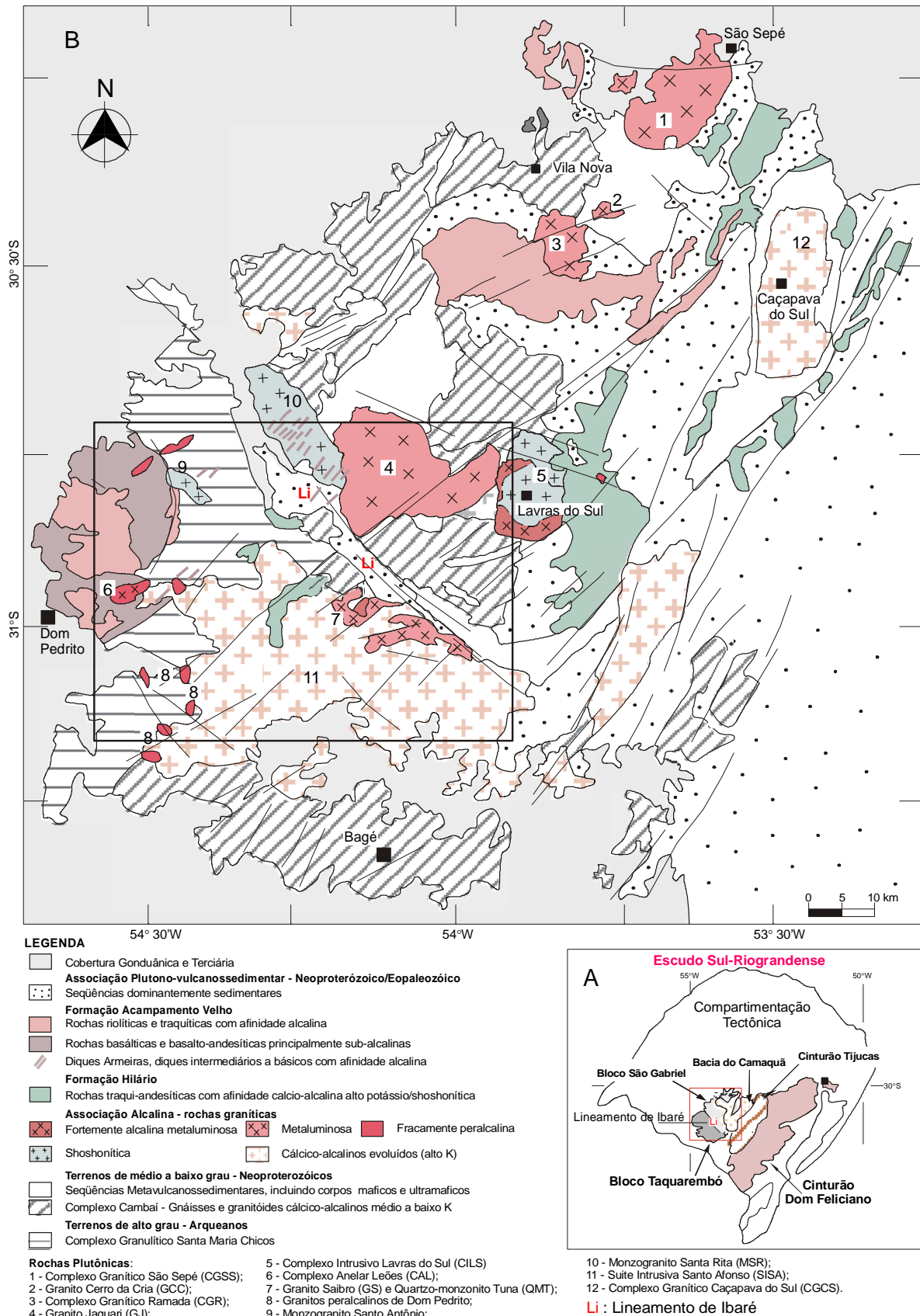


Figura 1.3 Compartimentação tectônica (A) e Mapa geológico do oeste do Escudo Sul-riograndense (B), modificado de Gastal (1999), com a delimitação da área de trabalho dessa dissertação.



## CAPÍTULO 2

### ***BASE GEOLÓGICA***

Antes do mapeamento geológico da UNISINOS, Turma 1979-1 (Fig.1.2), as litologias ocorrentes na área do presente trabalho eram incluídas no Grupo Cambaí e classificadas como migmatitos homogêneos ou heterogêneos conforme fossem maciços ou foliados (UFRGS, 1968). Observa-se, atualmente, que grande parte das litologias classificadas como migmatitos heterogêneos pertencem ao Complexo Granulítico Santa Maria Chico e aquelas classificadas como migmatitos homogêneos, pertencem às várias suítes graníticas da área (Nardi & Hartmann, 1979).

A região de interesse situa-se a SW do Lineamento de Ibaré, que é a divisa entre os Blocos Tectônicos de São Gabriel, a norte, e Taquarembó, a sul (Fig. 1.3 e Anexo 1). Nesse capítulo, serão tecidas considerações apenas sobre a geologia e a estratigrafia da região que compõe o Bloco Taquarembó.

Para fins de sistematização, a descrição de cada unidade lito-estratigráfica está dividida em duas partes: a) revisão bibliográfica e b) análise e discussão da proposta estratigráfica em vigor frente aos dados adquiridos nessa dissertação.

### **2.1. COMPLEXO GRANULÍTICO SANTA MARIA CHICO (CGSMC)**

As rochas do Complexo Granulítico Santa Maria Chico (Nardi & Hartmann, 1979), constituem a unidade estratigráfica mais antiga dessa região, com idade metamórfica Sm-Nd de 2100 Ma (Hartmann, 1987) e uma idade Tdm Sm/Nd arqueana. O CGSMC é formado por gnaisses quartzo-feldspáticos (tonalitos e trondjemitos), gnaisses máficos, anortositos, ultramafitos e por rochas supracrustais metamorfisadas em condições de fácies granulito.

Os tipo litológicos predominantes na área são os gnaisses quartzo-feldspáticos, essencialmente granoblásticos, formados por plagioclásio ( $An_{30-50}$ ), quartzo, muito pouco ou nenhum feldspato alcalino (ortoclásio ou microclínio), hiperstênio, diopsídio e hornblenda. Os gnaisses básicos são semelhantes aos quartzo-feldspáticos, mas contêm menos ou nenhum quartzo, mais plagioclásios e minerais máficos; localmente, são anortosíticos. Os ultramafitos são granoblásticos, constituídos de hiperstênio, diopsídio, hornblenda, espinélio verde e

plagioclásio ( $An_{40}$ ). Os anortositos são granoblásticos, constituídos essencialmente de plagioclásio ( $An_{30-50}$ ) e, acessoriamente, de hiperstênio, diopsídio e hornblenda. Os gnaisses quartzo-feldspáticos e gnaisses básicos ocorrem em toda a área do Complexo, enquanto os ultramafitos e anortositos formam lentes dentro desses gnaisses.

As rochas do CGSMC variam de isotrópicas a nitidamente bandadas; predomina uma foliação fina, pouco acentuada, que apresenta direção NW preferencial e mergulhos de alto ângulo. Localmente, essa foliação está dobrada de modo apertado, com plano axial tendendo a vertical e eixo mergulhante para NW. A cor das rochas varia de cinza claro, quase branco, a preto, dependendo do tipo litológico; predomina a cor cinza, localmente com tons esverdeados, ou mesmo azulados. A granulação varia de fina a média, embora ocorra granulação grossa (pegmatitos).

O CGSMC aflora no centro-oeste da área mapeada, onde formam uma faixa aproximadamente norte-sul com largura da ordem de 15 a 20km, com máximo de 30km na parte mais larga. O CGSMC está intrudido por rochas graníticas das suítes Santo Afonso, Vauthier e Saibro e por diques ácidos (dacíticos a riolíticos) da Formação Acampamento Velho, que correspondem aos Diques Armeiras, de Gastal (1997). O CGSMC faz contato, a nordeste, com rochas contidas no Lineamento de Ibaré (Complexo Ibaré, Formação Maricá e sedimentos gonduânicos da Formação Rio Bonito); a oeste, com as rochas vulcânicas intermediárias e ácidas das formações Hilário e Acampamento Velho, formadoras do Platô do Taquarembó e com o Monzogranito Santo Antônio, a sudeste, com a Suíte Granítica Santo Afonso e Suíte Sub-vulcânica Vauthier e, a sudoeste, é recoberto pelas rochas sedimentares gonduânicas da Bacia do Paraná, representadas pela Formação Rio Bonito.

Segundo Nardi & Hartmann (1979), as litologias do CGSMC comportam-se como grandes blocos rígidos (mega-xenólitos?) envoltos por rochas graníticas. A dimensão mínima desses blocos não foi definida, mas indicou-se ocorrer uma graduação completa de tamanhos, desde menos de metro, até mais de quilômetro de diâmetro. Na região a norte da Estação Vauthier, os granulitos formam um bloco alongado de direção NW, que aparece englobado pelas litologias da Suíte Sub-vulcânica Vauthier; dentro dele, ainda, ocorrem rochas sub-vulcânicas dacíticas a riodacíticas piritosas, provavelmente de mesma filiação dos granitos da Suíte Sub-vulcânica Vauthier.

## 2.2. COMPLEXO CAMBAÍ

O Complexo Cambaí, como conceituado por Ribeiro & Fantinel (1978), “é uma associação petrotectônica na qual freqüentemente se encontram conjugadas unidades litológicas diferentes e, possivelmente, de grau de metamorfismo, ou evolução petrogenética diversos, as quais se repetem em diversas localidades por uma grande área do Escudo Sul-Riograndense e apresentam sempre um mesmo estilo tectônico na sua justaposição”. Ribeiro & Fantinel (1978) ainda indicam que “o nome Cambaí deve ser utilizado com a qualificação de grupo para designar uma associação de unidades litológicas, diferentes entre si, mas que ocorrem repetidamente juntas em diversas localidades do Escudo Sul-Riograndense e notadamente na Zona Oeste, onde se encontram rochas gnáissicas que sempre receberam tal denominação estratigráfica, seja com a categoria de grupo, ou formação”. A nordeste do Lineamento de Ibaré, no Bloco Tectônico de São Gabriel, os autores acima citam as localidades Cerro da Mantiqueira, Passo da Cardosa e Tabuleiro como típicas do Grupo Cambaí.

Braun (1974), citando o Código de Nomenclatura Estratigráfica e o Relatório Preliminar da Subcomissão Internacional de Classificação Estratigráfica, indica que o termo aplicável a conjuntos de organização intrincada e desprovidos de relações estratigráficas é complexo. Assim, complexo é definido como uma unidade litológica composta de diversos tipos de qualquer classe e caracterizada por estrutura altamente complicada, indicando ainda que o grau do complexo pode ser equivalente a grupo, formação ou membro. Numa definição semelhante à de Ribeiro & Fantinel (1978) para grupo, refere que “pode-se então adotar o termo complexo como uma unidade de mapeamento reunindo-se rochas com marcantes afinidades lito-estruturais e geográficas, pois, dado a sua extrema complexidade, dificilmente permitiriam correlações a grandes distâncias”. Continuando, Braun (1974) cita que “esses agrupamentos maiores teriam ainda a importante propriedade de definirem zonas de características paleogeográficas dentro das faixas orogênicas, estando perfeitamente caracterizadas petrologicamente e estruturalmente”.

Nardi & Hartmann (1979), na sua proposição da denominação do Complexo Granulítico Santa Maria Chico, consideram que a definição original do Complexo Cambaí não incluía granulitos e que grandes áreas do Escudo mapeadas como pertencentes ao Complexo Cambaí, são formados essencialmente por migmatitos e foram metamorfisadas no fácies anfíbolito. Assim, foram formalmente separados os gnaisses granulíticos do Bloco

Taquarembó como pertencendo ao Complexo Granulítico Santa Maria Chico, das várias ocorrências de gnaisses anfibolíticos do Complexo Cambaí, situadas no Bloco São Gabriel.

Na região do presente trabalho, a sudoeste do lineamento de Ibaré, existem várias áreas com afloramentos de gnaisses que mostram feições diferentes daquelas dos granulitos, situados mais a oeste. Esses gnaisses ocorrem dentro de áreas de afloramento da Suíte Granítica Santo Afonso e podem caracterizar mega-xenólitos, alguns dos quais mapeáveis na escala 1:100.000, outros, menores, tornam complicado o mapeamento e dificultam a separação entre os granitos porfiríticos, granitos foliados e gnaisses quartzo-feldspáticos grossos, que ocorrem misturados formando a Suíte Granítica Santo Afonso.

No centro da área desta dissertação, a sudoeste da Estação das Três Estradas, ocorre uma faixa com 12km x 2,5km composta por gnaisses anfibolíticos e xistos, com bandejamento fino bem caracterizado, com foliação nordeste de mergulho alto. Ao longo dos cortes da estrada de ferro, no contato nordeste dessa faixa de gnaisses, ocorrem gnaisses quartzo-feldspáticos, biotita-gnaisses e migmatitos. Logo a norte do Arroio Taquarembó, no centro da faixa de gnaisses, ocorre uma grande dobra, visível em fotografia aérea na escala 1:25.000, a qual é impressa sobre magnetita xistos e quartzo-magnetita xistos dobrados junto com tremolita xistos finos a grossos, anfibolitos e gnaisses carbonatados. Gnaisses quartzo-feldspáticos grossos, com biotita e granitos milonitizados, fortemente foliados, ocorrem na parte sul dessa faixa. Esses gnaisses, bem como outros que ocorrem mais a sul, na Folha Torquato Severo, mapeados pela turma de formandos da UFRGS (1981), apesar de não cobrirem grandes áreas, podem pertencer ao Complexo Cambaí, à semelhança dos gnaisses da região de Bagé, mais a sul e mapeados como pertencentes ao Complexo Cambaí (Santos *et al.*, 1989); nesses locais, os gnaisses não parecem ser produtos de retrometamorfismo induzido pelas intrusões graníticas da Suíte Granítica Santo Afonso.

### **2.3. SUÍTE GRANÍTICA SANTO AFONSO (SGSA)**

Hartmann & Nardi (1982) descrevem essa suíte como formada por um corpo de dimensões batolítica composto por monzogranitos com variações desde granodioritos até sienogranitos e mesmo tipos mais pobres em quartzo. Os constituintes mineralógicos maiores são feldspato alcalino, plagioclásio e quartzo, mas ocorrem anfibólio, biotita e clorita como constituintes menores. As amostras descritas por Hartmann & Nardi (1982) indicam a presença de rochas isótropas, sem orientação preferencial, ou com leve orientação local. A cor

é cinza, mas varia de cinza claro a rosa. A granulação é média a grossa e a textura equigranular a comumente porfirítica, com fenocristais de feldspato alcalino e, mais raramente plagioclásio ou mesmo quartzo. Hartmann & Nardi (1982) também mencionam a presença de mega-xenólitos (>1km de diâmetro) e pequenos xenólitos (<1m de diâmetro) dos gnaisses regionais, provavelmente granulitos, retrometamorfisados, mas que também podem pertencer ao Complexo Cambaí.

A coluna estratigráfica do mapa geológico da UNISINOS de 1979-1 (Fig. 1.2) apresenta a Suíte Granítica Santo Afonso como pertencente ao Complexo Cambaí. Essa consideração indica a intrincada disposição espacial apresentada pelos gnaisses e pelas rochas graníticas mapeadas nessa área. A distribuição dos afloramentos alternados em pequena escala e a sua geometria representam o possível resultado da erosão diferencial, onde as bandas quartzo-feldspáticas correspondem aos granitóides que afloram por serem mais resistentes ao intemperismo e à erosão, enquanto as bandas máficas são mais facilmente intemperizadas, erodidas e recobertas por solo.

Em campo, observa-se uma grande mistura de tipos graníticos, desde granitos finos isotropos, até granitos grossos foliados, granitos com poucos máficos, granitos milonitizados, granitos gnáissicos de difícil separação entre si e dos gnaisses quartzo-feldspáticos, granitos com textura mirmequítica, sienitos, granitos porfiríticos, onde predominam cores avermelhadas. A descrição da Suíte Granítica Santo Afonso, como definida por Hartmann & Nardi (1982), pode corresponder aos granitos da localidade tipo, próximo à Fazenda Santo Afonso, que possivelmente corresponde a um dos granitos da suíte. Porém, mesmo nessa área e nas estradas laterais à Fazenda Santo Afonso, as litologias predominantes são gnaisses máficos e quartzo-feldspáticos.

Em termos de resposta geofísica por gamaespectrometria (figuras 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7), a área mapeada como pertencente à Suíte Granítica Santo Afonso apresenta comportamento diferente em relação às áreas dos gnaisses, tanto dos granulitos do CGSMC, como dos gnaisses do Complexo Cambaí. A área mapeada como Santo Afonso é perfeitamente distinguível no mapa ternário da gamaespectrometria (Fig.4.7) por apresentar cores avermelhadas, que ocorrem também na área do Monzogranito Santa Rita. As áreas dos gnaisses granulíticos do CGSMC apresentam cor preta com tonalidades esverdeadas, enquanto os gnaisses do Complexo Cambaí apresentam cor preta com tonalidades azuladas. O Monzogranito Santa Rita, situado a nordeste do Lineamento de Ibaré, segundo Naumann

(1985), apresenta características semelhantes às da Suíte Granítica Santo Afonso, com a qual pode estar correlacionado.

A forma superficial de ocorrência da Suíte Granítica Santo Afonso, como observada no mapa geológico do anexo 1, é grosseiramente circular e está limitada, a oeste, pelos granulitos do CGSMC e por sedimentos arcossianos conglomeráticos que ocupam calhas tectônicas; a nordeste, por granitos intrusivos da Suíte Intrusiva Saibro e por litologias que ocupam o Lineamento de Ibaré (Formação Maricá); e a sul, fora da área desse trabalho, por gnaisses indiferenciados (Porscher *et al.*, 1997), ou pelo Complexo Cambaí (Santos *et al.*, 1989) da região de Bagé e por sedimentos gonduânicos da Bacia do Paraná. A Formação Santa Tecla recobre as partes topograficamente mais altas dessa suíte.

## **2.4. SUÍTE SUB-VULCÂNICA VAUTHIER (SSV)**

A Suíte Sub-vulcânica Vauthier (SSV) é constituída por sieno e monzogranitos e por dacitos e riódacitos porfiríticos, que ocorrem na área da Estação Vauthier e que ocupam uma área com 13km x 5km orientada segundo a direção nordeste-sudoeste. As rochas dessa suíte são isótropas, sem orientação preferencial e marcadamente porfiríticas, com fenocristais de ortoclásio, quartzo, biotita e hornblenda contidos em matriz fina. A cor varia de cinza claro a cinza escuro (Hartmann & Nardi, 1982).

As litologias dessa suíte podem ser separadas em dois compartimentos distintos em função da presença de uma faixa de granulitos em sua porção nordeste. A Suíte Sub-vulcânica Vauthier pode ser caracterizada como essencialmente granítica, constituída por um hornblenda-biotita monzogranito, isótropo e grosso que envolve quase todo o bloco granulítico de 10km x 2,5km de direção noroeste. As litologias da SSV formam uma faixa granítica com cerca de 500m de largura, perfeitamente distinguível dos granitóides da Suíte Granítica Santo Afonso situados mais a nordeste e com os quais faz contato. Na parte sul do bloco granulítico, a SSV torna-se mais fina e varia composicionalmente entre monzogranito e sienogranito, onde forma um corpo contínuo de aproximadamente 12km x 5km, alongado segundo NE, dentro do qual se localiza a antiga mina de ouro Barcellos; nessa área, foram identificados poucos afloramentos com rochas sub-vulcânicas dacíticas ou riódacíticas finas a médias. O comportamento muda quando se observa o bloco de granulito, onde ocorre uma área aproximadamente elíptica de 3,5km x 2km de diâmetro, orientada segundo NW, em que predominam rochas sub-vulcânicas dacíticas e riódacíticas porfiríticas, muito piritosas; nesse

local, também se observa uma intensa intercalação entre afloramentos de granulitos e sub-vulcânicas, caracterizando, provavelmente, o topo de uma câmara magmática. Nessa área, é freqüente a presença de afloramentos de granulito com fraturas preenchidas por diques de dacitos e de riódacitos e, mesmo brechas com fragmentos de granulitos de diversas composições e com matriz de rocha sub-vulcânica. Nessa área, todas as litologias (sub-vulcânicas e granulitos) apresentam intensa disseminação de pirita branca, fina, que também ocorre em vênulas e em bolsões, onde apresenta granulação mais grossa.

## **2.5. METAMORFITOS ARROIO DA PORTEIRA (FORMAÇÃO MARICÁ?)**

Ribeiro & Fantinel (1978) indicam, na descrição da Formação Maricá, a existência de faixas de recumbência e cavalgamento, ruptura e cataclase, com larguras da ordem de 1km a 2km, com a formação, por metamorfismo dinâmico, de filitos e ardósias a partir de rochas pelíticas e ritmitos laminados.

Iglesias *et al.* (1980) utilizam a denominação informal de Metamorfitos Arroio da Porteira para as rochas de baixo grau de metamorfismo ocorrentes ao longo do Arroio da Porteira, com continuidade para oeste, ao longo do Arroio Marmeleiro, formando uma zona infletida em arco, informalmente denominada de “bumerangue”. Nos Metamorfitos Arroio da Porteira, ardósias, filitos e, subordinadamente, quartzitos e metagrauvaques constituem uma sucessão de estratos pelíticos e areno-pelíticos intercalados, que mostram como característica principal, uma clivagem ardosiana muito nítida que pode evoluir, localmente, para uma xistosidade (Iglesias *et al.* 1980).

Na região do Arroio Marmeleiro, os Metamorfitos Arroio da Porteira apresentam clivagem ardosiana muito nítida, que lhes confere um aspecto filitóide, que possui direções N80° - 90°E, com mergulhos sub-vertical NW e que podem sofrer pequenas variações devido a falhas. A composição das rochas nessa área varia de siltitos a siltitos arenosos, mas também ocorrem folhelhos com estratificação concordante com a clivagem ardosiana, os quais mostram intercalações de laminações sílticas e argilosas. Meta-arenitos ortoquartzíticos também ocorrem.

Iglesias *et al.* (1980) consideraram que a quase ausência de feldspatos nas litologias estudadas e a presença de quartzitos quase puros nos Metamorfitos Arroio da Porteira, não permitiam a correlação dessa unidade com as rochas da Formação Maricá, em cuja sequência

não foram encontrados arenitos ortoquartzíticos e cujas litologias, mesmo as mais finas sempre apresentam teores altos de feldspatos.

Na presente dissertação, não há a intenção de caracterizar a área de ocorrência das rochas dos Metamorfitos Arroio da Porteira, apenas adicionar algumas informações obtidas de outras áreas ao longo do Lineamento de Ibaré, onde foram encontradas rochas semelhantes.

Na região do Arroio Marmeleiro, os Metamorfitos Arroio da Porteira ocorrem na zona do Lineamento de Ibaré, entre os xistos do Complexo Marmeleiro e o Granito Cerro das Marcas (UFRGS, 1981), mas separado desse último por uma estreita faixa (ou calha) de rochas do Grupo Itararé. Nessa área, em um perfil ao longo da estrada do Cerro da Mantiqueira no sudoeste da Folha de Lavras do Sul, pode-se observar, em nível de afloramentos, um gradual aumento na intensidade de deformação, a partir dos arenitos arcossianos da Formação Maricá. Essas características também ocorrem nos limites das rochas vulcânicas mapeadas por Iglesias *et al* (1980) como pertencentes à Formação Hilário, as quais aparentemente vão sendo transformadas para rochas mais finas e foliadas até chegar à zona dos filitos.

Para noroeste, ao longo do Lineamento de Ibaré, a área de afloramento dos Metamorfitos Arroio da Porteira vai se acunhando. A partir de onde desaparecem os filitos, aparecem arenitos arcossianos da Formação Maricá em blocos basculados com acamadamento mergulhante em alto ângulo a vertical, muito bem caracterizados na área do Afloramento Budó da Formação Itararé, na estrada São Gabriel – Bagé.

No Passo do Arroio Jaguarzinho, na estrada de Ibaré a Dom Pedrito, em local mapeado como pertencente ao Complexo Ibaré em contato com a Formação Maricá, observa-se uma variação, ao longo da estrada, de norte para sul, dos xistos e filitos do Complexo Ibaré para granulitos do CGSMC e desses para uma estreita faixa de filitos e ardósias bordô a chocolate, muito semelhantes às litologias dos Metamorfitos Arroio da Porteira. Nesse local, os granulitos voltam a ocorrer na forma de uma cunha, em contato com arenitos arcossianos da Formação Maricá. As características macroscópicas e a gradação/heterogeneidade da deformação resultam na nítida impressão de que os filitos são provenientes do metamorfismo dinâmico (milonitização) dos sedimentos finos da Formação Maricá, na zona de cisalhamento transcorrente do Lineamento de Ibaré. Essa faixa estreita de filitos, distinguível das encaixantes, pode ser observada nas imagens de satélite até desaparecer sob o aluvião do Arroio Jaguari.



## 2.6. SUÍTE INTRUSIVA SAIBRO

A Suíte Intrusiva Saibro (SIS), conforme Hartmann & Nardi (1982), recebeu este nome em função do Granito Saibro, de tendência alcalina, que ocorre a norte da Vila de Torquato Severo. A SIS compreende rochas graníticas isótropas, sem orientação preferencial, cor rosa clara e granulação média a grossa. O teor de minerais máficos é muito baixo; predomina amplamente o feldspato potássico na composição, um conteúdo elevado em quartzo e ainda albita, zircão e fluorita. A composição petrográfica é de pertita granito, com textura fanerítica hipidiomórfica a alotriomórfica. A variação petrográfica é no sentido dos sienogranitos e também dos pertita sienitos e sienitos. Essa suíte incluiria, na área, o próprio Granito Saibro e os granitos alcalinos de Dom Pedrito.

Gastal (1997) estende a abrangência dessa suíte para as rochas plutônicas (super)saturadas em sílica, de afinidade alcalina, tardias no Ciclo Brasileiro (540 – 580Ma), situadas na porção oeste do Escudo Sul-Riograndense e, além dos granitos metaluminosos dominantes, incluiria termos peralcalinos, quartzo sienitos e rochas básicas a intermediárias.

Na área da presente dissertação, todos os granitos individualizados como corpos isolados intrusivos pertencem a essa suíte, incluindo o Granito Saibro e o Quartzo Monzonito Tuna (Gastal, 1992), o Granito Cerro das Marcas (UFRGS,1981), o Complexo Anelar Leões (Gastal, 1997), os granitos alcalinos de Dom Pedrito (Hartmann & Nardi, 1982), o Monzogranito Santo Antônio (Barros, 1992), pequenos corpos intrusivos no CGSMC (UNISINOS, 1979-1, 1982-1), todos situados a W-SW do Lineamento de Ibaré, e o Granito Jaguarí e o Complexo Intrusivo Lavras do Sul (Gastal, 1997) situados a E-NE do Lineamento de Ibaré.

O Granito Saibro (GrS) e o Quartzo Monzonito Tuna (QMT) fazem parte de um corpo semi-circular a elíptico, concêntrico, de aproximadamente 6 a 8km de diâmetro. O QMT forma o núcleo e o Granito Saibro a borda do corpo. O Granito Cerro das Marcas (GrCM) foi caracterizado pelos formandos da turma de 1981 da UFRGS, é um granito alcalino que apresenta as mesmas características do Granito Saibro e está situado imediatamente a leste do GrS. O GrCM aflora por cerca de 25km, forma uma faixa com largura de 3 a 6km, aparentemente contínua nas imagens de satélite e nos mapas gamaespectrométricos (Roldão, 2000), apesar de serem citados corpos arredondados, intrusivos na Suíte Granítica Santo Afonso. No mapa geológico gerado pela turma da UFRGS de 1981, o GrCM aparece alinhado

e alongado segundo a direção NW-SE, paralelo ao Lineamento de Ibaré e também é controlado por falhas da mesma direção (N60W).

A caracterização dos granitos peralcalinos de Dom Pedrito é difícil, pois apresentam, como características, afloramentos em campos de matacões; esses matacões são arredondados e possuem diâmetro bastante uniforme, da ordem de 0,5 a 1m. Em alguns locais mapeados como granitos alcalinos em trabalhos anteriores (UNISINOS, 1979-1, Gastal, 1997), esse tipo de afloramento em matacões foi encontrado, mas as ocorrências caracterizam um mega conglomerado granítico que ocorre em calhas tectônicas, sobrepostos a arenitos arcossianos e conglomeráticos da Formação Santa Bárbara e sotopostos aos sedimentitos da Bacia do Paraná, sem uma definição precisa de qual unidade pertencem. Esse tipo de situação foi observado a leste da Estação Vauthier, nas cabeceiras da Sanga da Mina, junto a afloramentos de granitóides da Suíte Granítica Santo Afonso e, também, ao longo do vale do Arroio do Salso até a sul do Platô do Taquarembó (Fig. 2.1). Não foram estudadas as áreas que apresentam corpos de granito alcalino com maiores dimensões, mapeados a sul da BR-293.

Na Folha de Ibaré, 6,5km a NW do Granito Saibro, na confluência da Sanga da Areia com o Arroio Taquarembó, ocorre um corpo granítico de forma elíptica com cerca de 8km x 5km de diâmetro, alongado em direção N-NW, formado por um biotita granito isótopo, de granulação média a grossa, textura rapakivi, com enclaves máficos de tamanhos diversos, aflorando em matacões e lageados. Esse corpo granítico foi denominado de Granito Passo da Chácara (GrPC) em referência ao passo localizado no Arroio Taquarembó, próximo à confluência da Sanga da Areia com o Arroio Taquarembó (coordenadas UTM 758.780, 6.575.850). Nos mapas gamaespectrométricos de K, Th, U (figuras 4.4, 4.5, 4.6) e, principalmente, no mapa gamaespectrométrico ternário (figura 4.7), esse corpo é salientado em relação às encaixantes, o que caracteriza a presença de mais um corpo de granito alcalino na área. Esse corpo granítico está alinhado entre o Monzogranito Santo Antonio e o Granito Saibro e forma, juntamente com o Granito Cerro das Marcas, uma faixa de direção NW sub-paralela ao Lineamento de Ibaré.

Não foram feitos estudos para caracterizar sua composição petrográfica, sendo a composição alcalina inferida da resposta geofísica da gamaespectrometria (ver Roldão 2000). No campo, macroscopicamente, esse granito apresenta semelhança com o granito rapakivi do núcleo do Complexo Granítico Lavras do Sul.

## 2.7. FORMAÇÃO HILÁRIO

O nome Hilário foi usado pela primeira vez por Robertson (1961) como Andesito Hilário para designar rochas andesíticas que ocorrem no Passo do Hilário, no Arroio Camaquã do Hilário, a nordeste de Lavras do Sul. Ribeiro *et al.* (1966) usaram o nome Hilário para designar o membro inferior da Formação Crespos; Ribeiro & Fantinel (1978) reconceituaram-no como Formação Hilário por se tratar de uma associação de rochas vulcânicas e sedimentares e não apenas andesitos, Santos *et al.* (1978) voltam a usar Hilário como membro; porém, como constituinte da Formação Cerro dos Martins.

Ribeiro & Fantinel (1978) citam que as rochas da Formação Hilário distribuem-se ao redor de cinco ou seis centros de atividade magmática que se localizam em áreas de entrecruzamento de fraturas regionais, onde, em alguns casos também, podem ser reconhecidos remanescentes de antigos cones vulcânicos complexos. Os materiais depositados junto a esses centros vulcânicos constituem espessas pilhas de lavas, aglomerados vulcânicos diversos (*flow breccia, mud flow*) e tufos, acompanhados de grauvaques e outros tipos de sedimentos vulcanogênicos, os quais se distribuem sobre áreas de forma mais ou menos elípticas, com cerca de 10 a 15km de diâmetro máximo. Os detritos de origem vulcânica podem atingir distâncias de 20 a 25km do centro de emissão.

Lima (1995) caracterizou estratigraficamente a Formação Hilário na região de Lavras do Sul. Nesse local a Formação Hilário está formada a partir de derrames básicos na base da pilha vulcânica, sucedidos por depósitos de queda que intercalam tufos, lapili-tufos e brechas vulcânicas, seguidos por derrames intermediários (andesitos porfiríticos), intercalados com depósitos piroclásticos e sucedidos por rochas sedimentares vulcanogênicas. Lima (1995) caracterizou geoquimicamente as lavas intermediárias e os tufos a cristal associados, estabeleceu a afinidade shoshonítica do vulcanismo e, por meio da identificação de disjunções colunares, das estruturas em corda para as lavas de derrames intermediários e da falta de evidências de um ambiente sub-aquoso, caracterizou as condições do vulcanismo em ambiente sub-aéreo.

Na área do presente trabalho, as rochas da Formação Hilário ocorrem no centro, na borda leste e no sul do Platô do Taquarembó. Essas rochas formam a base do pacote vulcânico, e estão sotopostas à Seqüência Vulcânica Ácida de Sommer (1994), que corresponde às rochas vulcânicas ácidas da Formação Acampamento Velho. Nessa área, a Formação Hilário é intrudida pelo Monzogranito Santo Antônio, no contato com os granulitos

do CGSMC (Barros, 1992). Ocorrências esparsas da Formação Hilário distribuem-se sobre os granulitos do CGSMC e no contato deste com o Lineamento de Ibaré, sob a forma de remanescentes erosionais de derrames e de diques.

## **2.8. FORMAÇÃO ACAMPAMENTO VELHO**

“As rochas que compõe a associação representativa da Formação Acampamento Velho são vulcanitos félsicos (composição riolítica e dacítica) e pequenas massas intrusivas de granitos pós-tectônicos que lhes estão geneticamente relacionados. As extrusões de vulcanitos diversos, tais como derrames de lavas e materiais piroclásticos, foram alimentados tanto por ascensão de magma através de fraturas, como por condutos sub-vulcânicos aproximadamente circulares, cujo melhor representante é a Chaminé de Serrinha, situada 16km a nordeste de Dom Pedrito” (Ribeiro & Fantinel 1978).

Na área da presente dissertação, as vulcânicas ácidas ocupam grandes áreas no Platô do Taquarembó, ocorrem sobre as vulcânicas intermediárias da Formação Hilário e constituem o topo do platô. Na porção sul do platô, as rochas da Formação Acampamento Velho foram estudadas por Sommer (1994), que as caracterizou como Seqüência Vulcânica Ácida (SVA), formada por lavas ácidas intercaladas com piroclásticas, como brechas vulcânicas, tufos e ignimbritos. Nessa área, o Complexo Anelar Leões (Gastal, 1997) é intrusivo na SVA e forma, nas imagens de satélite, uma típica feição circular, provavelmente uma estrutura de cone vulcânico que pode corresponder à Chaminé de Serrinha de Ribeiro & Fantinel (1978). Para leste desse cone vulcânico, ocorre uma faixa estreita (15km x 1,5km) de direção NE-SW, que é formada por ignimbritos e que provavelmente ocupa um antigo vale tectônico.

Diques de dacitos, de riodacitos e mais raramente, de riolitos (descrição macroscópica), rosados a vermelhos, com direção nordeste e larguras da ordem de 1 metro até 50 metros são conspícuos na região. Esses diques cortam principalmente, os granitóides da Suíte Granítica Santo Afonso, mas também cortam intrusões graníticas alcalinas, tipo Granito Saibro. Esses diques podem ser caracterizados como pertencentes aos Diques Armeiras de Gastal (1997). Os Diques Armeiras foram descritos a oeste do Granito Jaguarí, cortam o Monzogranito Santa Rita, e estão relacionados ao magmatismo alcalino da Suíte Intrusiva Saibro e às vulcânicas ácidas do Platô do Taquarembó (Gastal, 1997)

## **2.9. FORMAÇÃO SANTA BÁRBARA**

A Formação Santa Bárbara foi definida por Robertson (1961) no vale do Arroio Santa Bárbara, a oeste de Caçapava do Sul, consistindo de conglomerados com estratificação cruzada, com fácies de deposição em canais em regimes torrenciais, arcóseos de granulação grossa a fina, grauvaques e siltitos.

No vale do Arroio do Salso, a sul da faixa dos ignimbritos da Sequência Ácida da Formação Acampamento Velho, no Platô do Taquarembó, ocorrem rochas sedimentares formadas por arenitos arcosianos e conglomerados, que estão encaixados em calhas tectônicas estreitas. Estas rochas sedimentares estão sobrepostas às rochas vulcânicas intermediárias e ácidas (fig.2.1). Tais rochas são, no presente trabalho, associadas à Formação Santa Bárbara e não à Formação Maricá, como aparece em trabalhos anteriores (como UNISINOS, 1979-1).

Essas rochas sedimentares, formam, também, uma faixa estreita e contínua, ao longo do contato sul da Suíte Sub-vulcânica Vauthier; nesse local, estão associadas a zonas de falha que separam a Suíte Sub-vulcânica Vauthier da Suíte Granítica Santo Afonso.

Localmente, os arcósios são muito grossos e piritosos, como observado na antiga pedreira da Viação Férrea, a sul da Estação Vauthier e da Mina Barcellos.

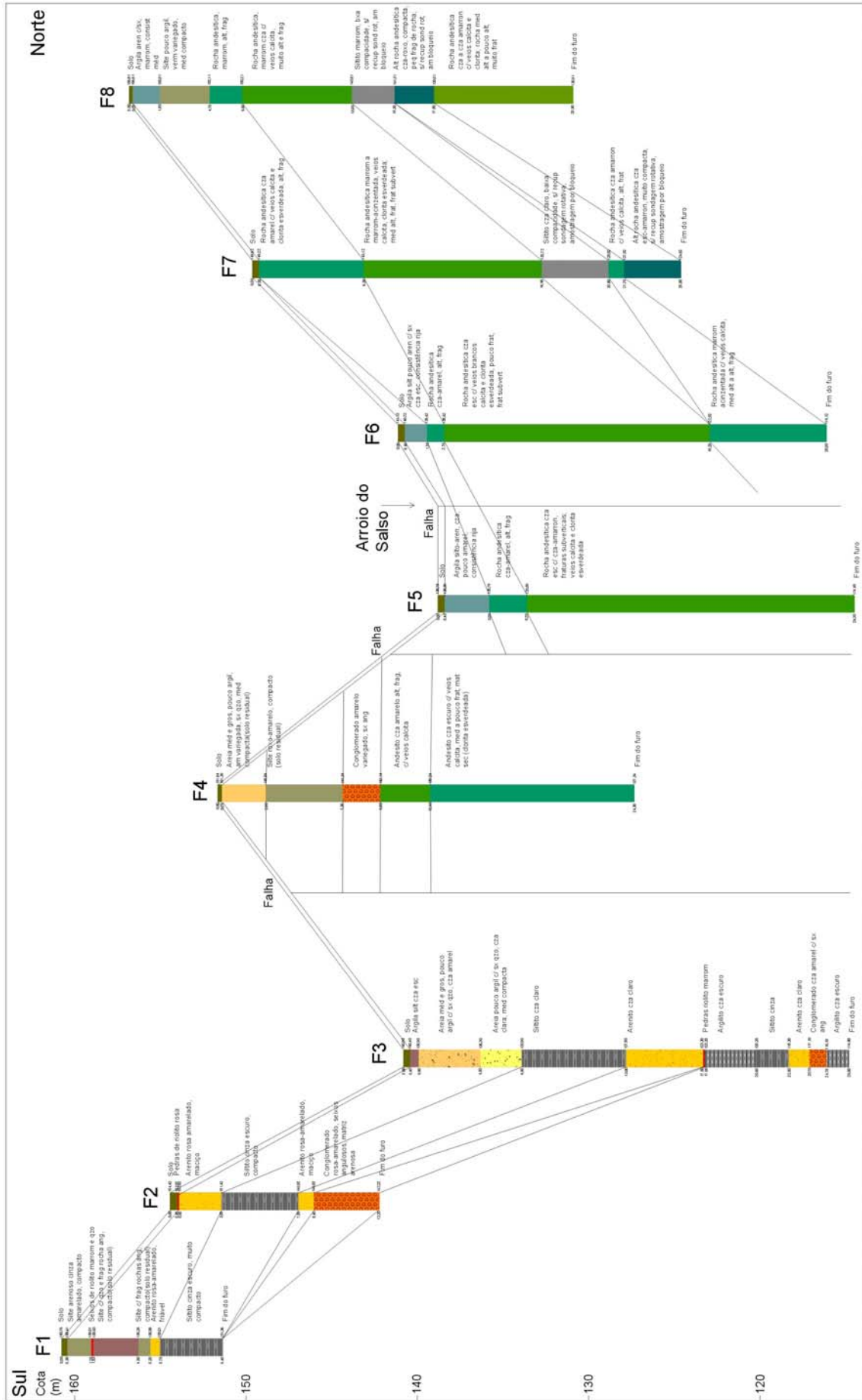


Fig. 2.1. Perfil de sondagem (esquemático), transversal ao Ar. do Salso, Dom Pedrito, RS

## **2.10. GRUPO ITARARÉ**

As rochas do Grupo Itararé ocorrem na área do Lineamento de Ibaré e ocupam faixas estreitas com direção noroeste. Nessa área, ocorrem as seções-tipo das duas fácies do Grupo Itararé no Rio Grande do Sul: a Fácies Suspiro (glacial) no norte da área e a Fácies Budó (siltitos arenosos fossilíferos) no centro da área, na estrada Bagé – São Gabriel. Não foram feitos estudos específicos sobre as litologias que compõe essa unidade.

## **2.11. FORMAÇÃO RIO BONITO**

A Formação Rio Bonito é constituída por espessos bancos de arenitos quartzo-feldspáticos, esbranquiçados, amarelos e róseos (freqüentemente ferruginosos) e siltitos, que se intercalam com camadas de folhelhos pretos (carbonosos), cinzentos, ou claros, e com camadas de carvão. As estruturas primárias (marcas de ondas, estratificação cruzada, de correntes, etc.) denotam ambientes de águas rasas e condições deltáicas de sedimentação.

A Formação Rio Bonito ocorre no extremo NW do Lineamento de Ibaré, sobre os metamorfitos do Complexo Ibaré, e no sudoeste da área, sobre os granulitos do CGSMC. No sul da área da presente dissertação, a Formação Rio Bonito ocorre preenchendo um paleovale delimitado pelo atual curso do Arroio do Salso, aflorando a sul das vulcânicas do Platô do Taquarembó e entre duas zonas de ocorrência de granulitos do CGSMC. No campo, os afloramentos confundem-se com os sedimentos relacionados ao vulcanismo ácido, sobre os quais ocorrem. Pode ocorrer que, entre os sedimentos dos paleovales descritos como pertencentes à Formação Rio Bonito, ocorram litologias pertencentes ao Grupo Itararé, sotoposto e de difícil distinção quando há poucos afloramentos e quando os sedimentitos são semelhantes. A presença de horizontes carbonosos tira qualquer dúvida sobre a unidade que está sendo observada.

## **2.12. FORMAÇÃO SANTA TECLA**

A Formação Santa Tecla é formada por arenitos finos com crostas silicosas, que formam chapadas nas áreas topograficamente mais altas da Suíte Granítica Santo Afonso, ao longo das estradas de Torquato Severo a Dom Pedrito e Torquato Severo a Bagé. A formação de ágata sobre os granitóides é característica e indica um possível controle climático sobre a formação dessas litologias.

## CAPÍTULO 3

### *PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA*

#### **3.1. METODOLOGIA DE TRABALHO E EQUIPAMENTOS**

Os trabalhos de geoquímica desenvolveram-se com a amostragem concomitante de sedimentos de corrente, de concentrado de bateia e de rocha. As amostras de sedimentos de corrente e de concentrado de bateia foram coletadas no mesmo ponto, em locais próximos da drenagem; porém, enquanto para os sedimentos de corrente era coletada a fração fina, para os concentrados de bateia era coletada a fração grossa do aluvião (sedimentos ativo).

As amostras de sedimentos de corrente possuíam, como padrão, volume aproximado de 1 litro cada; nos casos em que a fração fina do aluvião era pouca, o volume da amostra era aumentado.

Nos concentrados de bateia, utilizou-se uma bateia de madeira e uma peneira com malha de 4mm para separar o material mais grosso (seixos, grânulos e raízes) de modo a padronizar o volume das amostras em 5 litros (uma bateia cheia). No processo inicial de peneiramento, era observada a presença de pepitas de ouro que, eventualmente, pudessem ocorrer. A contagem de pintas era feita no local, com lupa de 10 aumentos. Posteriormente, o concentrado era seco, descrito em lupa binocular para contagem final, avaliação do peso das pintas e descrição de outras espécies minerais. Para fins estatísticos, foi considerado o maior valor encontrado na contagem das pintas.

Para a amostragem de rocha, sempre se procurou locais com maior possibilidade de conter indícios de minérios, tais como: veios de quartzo, brechas, rochas hidrotermalizadas, zonas e rochas sulfetadas, zonas oxidadas e faixas de cisalhamento. Isso foi feito dentro de todas as litologias ocorrentes na área. As amostras de rocha eram formadas por fragmentos pequenos (*chip sampling*) coletados em zonas ou em canaletas, em afloramentos contínuos, ou contíguos, dependendo do tipo e da estrutura da rocha, nunca se amostrando um único fragmento. As amostras tinham, como padrão, massa de aproximadamente 1kg cada.

As amostras foram analisadas no laboratório da CBC, nas Minas do Camaquã (em Caçapava do Sul, RS) por meio de Espectrofotometria de Absorção Atômica (AA), para os



elementos Cu, Pb, Zn, Mo, Au e Ag, na fração abaixo de 80 mesh para as amostras de sedimentos de corrente e, em rocha total, para as amostras de rocha. Posteriormente, foi analisado apenas Au e Mo das amostras de rocha e, esporadicamente, Cu, Pb, Zn, quando apareciam indícios dessas mineralizações. Um sumário dos métodos analíticos, com os respectivos limites de detecção, pode ser observado na tabela 3.1.

Tabela 3.1. Métodos de absorção atômica, elementos e limites de detecção (Iglesias, 1992).

Método	Abertura	Volume	Elementos	Elemento adicional.	LD
AA(CBC)	A quente c/ água régia e extração c/ MIBK	40g/10ml	Au		0,05ppm
AA1	A quente c/ HCL, HNO <sub>3</sub> e HClO <sub>4</sub>	0,1g/200ml	Cu,Fe		0,2%
AA3(1)	A quente c/ água régia	1,0g/10ml	Ag Cd Bi,Mo	Cu,Pb,Zn,Fe Co,Ni,Mn	0,2ppm 1,0ppm 2,5ppm 1,0ppm 1,0ppm
AA3	A quente c/ ác. Perclórico e ác. Nítrico	0,75g/15ml	Cu,Pb,Zn,Fe Mo		2,0ppm 5,0ppm
AA10	A quente c/ água régia	0,3g/15ml	Cu,Pb,Zn,Fe, Co,Ni,Mn		5,0ppm 5,0ppm
AA8	A quente c/ ác. Clorídrico e ác. Nítrico	0,1g/100ml	Cu,Pb,Zn,Fe		0,01%
AA9	A quente c/ ác. Nítrico e ác. Perclórico	0,1g/100ml	Cu,Fe		0,01%
Caraíba Especial	A quente c/ água régia e ác. Sulfúrico	2g/100ml	Ag		1,0ppm

Os métodos AA, AA3, AA3(1) e AA10 são métodos geoquímicos utilizados quando os teores esperados dos elementos são baixos (ordem de ppm), como normalmente encontrado nos sedimentos de corrente, solos e rochas. Os métodos AA1, AA8, AA9 e Caraíba Especial são utilizados para minérios, ou para amostras ricas, quando a concentração dos elementos atinge níveis de percentagem.

As amostras de sedimentos de corrente foram secas em estufa a 110°C nos laboratórios da CBC e, posteriormente, desagregadas e peneiradas em malha 80 mesh. A fração retida foi descartada e a passante foi pulverizada em gral de porcelana. As amostras de rocha foram totalmente britadas em britadores de mandíbulas e moídas em moinhos de disco; posteriormente, foram homogeneizadas por tombamento e quarteadas em cone de divisão até atingirem cerca de 100g, quando, então, eram pulverizadas a menos de 200 mesh em moinhos de anéis.

A CBC utilizava normalmente espectrofotometria de absorção atômica com o equipamento marca Varian, modelo AA-1475 nas suas análises de rotina e, eventualmente, varreduras de fluorescência de raios-X com o aparelho marca Rigaku Denki, modelo

Gigerflex-3064 para determinações semiquantitativas e identificação de elementos constituintes.

### 3.2. APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Para a apresentação dos resultados, integração e interpretação dos dados geoquímicos e geológicos durante os trabalhos de prospecção na CBC, foram elaborados mapas de pontos de amostragem de sedimentos de corrente e de bateia, mapa de pontos de amostragem de rocha, mapas de distribuição geoquímica dos elementos nos sedimentos de corrente, mapas de distribuição geoquímica dos elementos nas rochas, mapa do número de pintas de ouro em concentrado de bateia e mapa geológico. Os dados físicos de produção, em termos de número de amostras coletadas e de análises químicas efetuadas, estão na tabela 3.2.

Tabela 3.2 Dados da prospecção geoquímica realizada pela CBC no Projeto Vauthier (Iglesias, 1992).

Classe	Tipo	Nº am	Densidade Am/km <sup>2</sup>	Análises geoquímicas							
				Au	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Total
Amostragem regional	Sed.corrente	849	3,03	888	412	849	849	849	412		4259
	Rocha	1013	3,62	700	250	139	87	87	107		1370
	Conc.Bateia	849	3,03	849							
Semi-detalhe e detalhe	Sed.corrente	60		60					60		120
	Rocha	877		796	183	29	153	21	1	8	1191
	Conc.Bateia	178		178							
Total geral	Sed.corrente	909	3,25	948	412	849	849	849	412		4319
	Rocha	1890	6,75	1046	433	168	240	138	108		2561
	Conc.Bateia	1027	3,61	1027							

Em função de descontinuidade da amostragem regional e de mudança de métodos analíticos durante o decorrer dos trabalhos, os cálculos estatísticos dos sedimentos de corrente e, conseqüentemente, os mapas, foram desdobrados em duas áreas, oeste e leste. O estudo estatístico das análises geoquímicas pode ser visualizado na tabela 3.3.

Tabela 3.3. Resultados estatísticos da geoquímica do Projeto Vauthier da CBC (Iglesias, 1992)

Tipo	Elemento	Oeste			Leste		
		x	s	x+2s	x	s	x+2s
Sedimentos de corrente	Cu	13,50	6,67	26,84	12,27	6,29	24,85
	Pb	13,14	4,98	23,10	17,35	7,77	32,89
	Zn	35,70	14,46	64,62	27,19	14,04	55,27
	Mo (82,5% < LD)	1,31	0,77	2,85	ND		
	Ag	0,42	0,16	0,74	0,37	0,21	0,79
	Au	0,03	0,037	0,10	0,02	0,026	0,072
Concentrado de bateia	n° pintas Au	1,67	2,49	6,64	1,90	2,89	7,68
Rocha	Au	0,04	0,04	0,12	0,03	0,04	0,11
	Mo	8,83	9,09	27,01	9,62	14,06	37,74

x = média; s = desvio padrão; x+2s = anomalia (média mais dois desvios padrão).

Os pontos de amostragem de sedimentos de corrente, de bateia e de rocha, estão plotados, em conjunto com os contatos geológicos, no mapa da figura 3.1. Nessa figura também está associado o modelo digital do terreno (MDT), confeccionado a partir das curvas de nível com equidistância de 20 metros das cartas do Exército na escala 1:50.000. Na figura 3.2, que é a mesma anterior, sem o MDT, estão localizadas as áreas definidas como anômalas para os elementos analisados.

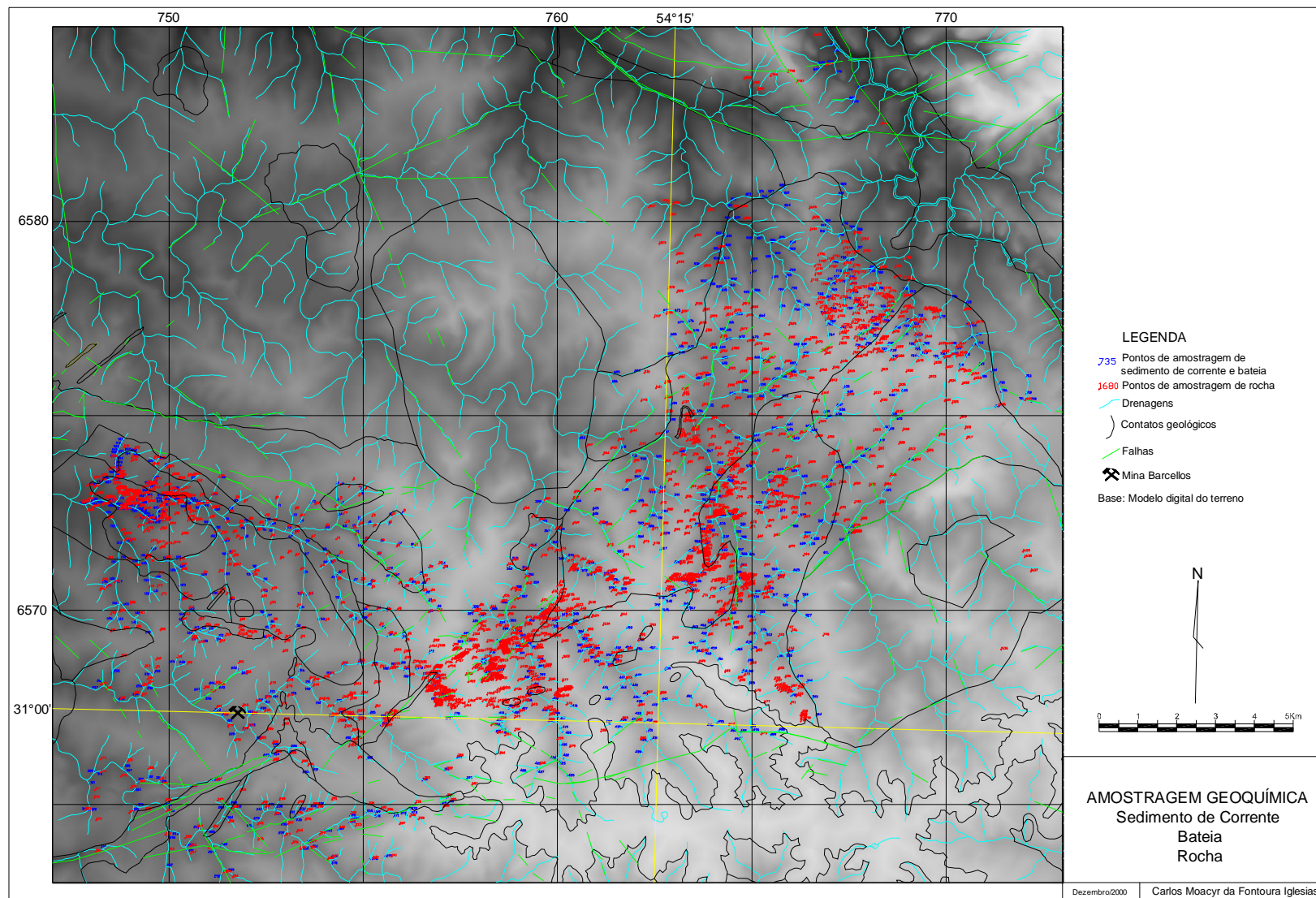


Figura 3.1 Modelo digital do terreno com os pontos de amostragem de sedimentos de corrente, de bateia e de rocha.

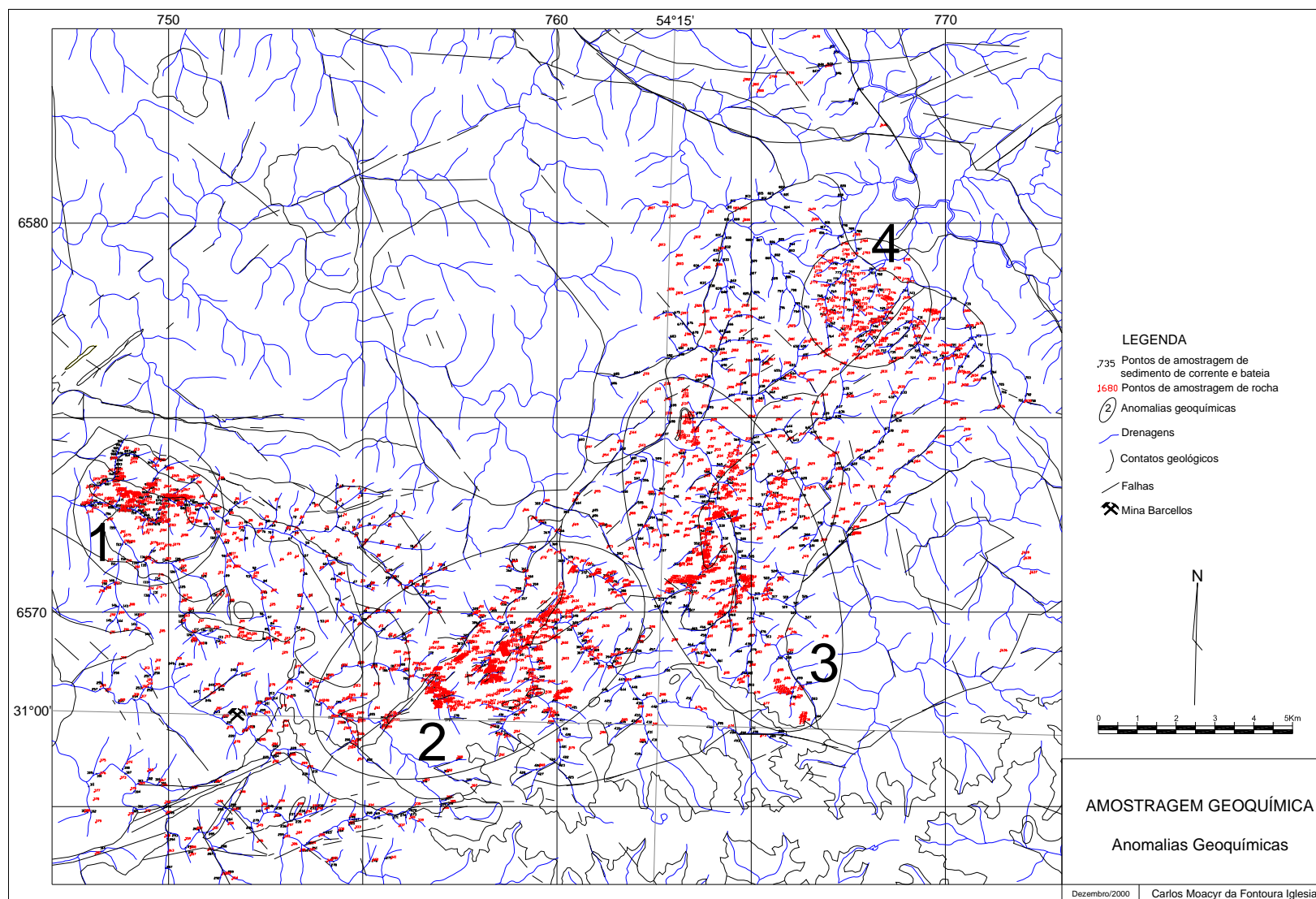


Figura 3.2 Localização das anomalias geoquímicas

### **3.2.1. Interpretação dos resultados geoquímicos da amostragem de sedimentos de corrente.**

#### 3.2.1.1. Cobre, Chumbo e Zinco

Nos sedimentos de corrente, Cu, Pb e Zn foram analisados pelo método AA-3 (1) em uma área e AA-10 em outra. Em ambas, apresentam relevos geoquímicos baixos, com anomalias pouco expressivas.

O cobre não apresenta anomalias bem definidas, apenas valores esparsos elevados em relação à média.

O chumbo apresentou muita discrepância nos resultados geoquímicos devido à mudança do método de análise química no decorrer do trabalho (AA-3(1) em uma área e AA-10 em outra). O chumbo acompanha o ouro nas anomalias 1 e 2, mas não mostra essa característica nas anomalias 3 e 4.

O zinco apresenta um comportamento inverso ao do chumbo, com valores mais altos em uma região em relação à outra. O zinco acompanha o ouro nas anomalias 2 e 4, mas não acompanha nas anomalias 1 e 3.

#### 3.2.1.2. Prata e Molibdênio

A prata e molibdênio foram analisados nas amostras de sedimentos de corrente pelo método AA-3(1).

A prata apresentou valores baixos e não definiu uma área com anomalia significativa. Por isso, deixou de ser analisada na segunda etapa do trabalho.

O molibdênio apresentou 82,5% dos resultados de sedimentos de corrente abaixo do limite de detecção e também deixou de ser analisado na segunda etapa do trabalho.

#### 3.2.1.3. Ouro

O ouro nos sedimentos de corrente foi analisado pelo método AA(CBC) em todas as amostras. 25% dessas amostras apresentaram resultados positivos, distribuídos por toda a área do projeto. Valores acima de 0,1 ppm definem cinco áreas anômalas: uma a jusante da Mina Barcellos e 4 distribuídas pela área do projeto (Anomalias 1, 2, 3 e 4). Na região da Mina Barcellos, três amostras caracterizam uma anomalia de sedimentos de corrente na Sanga da Mina. Esses pontos ocorrem a jusante dos escombros da mina e, como não foi encontrada

correspondência nas amostragens de rocha e bateia dessa área, pode-se caracterizar a provável contaminação pelos trabalhos de mineração e beneficiamento do minério aurífero nas instalações da mina, situados logo a montante dos três pontos.

### **3.2.2. Interpretação dos resultados de contagem de pintas de ouro nos concentrados de bateia**

Os resultados dos concentrados de bateia definiram, do mesmo modo que os sedimentos de corrente, quatro áreas com anomalias e alguns pontos altos esparsos fora dessas áreas. A Sanga da Mina, que drena a antiga Mina Barcellos, apresentou anomalias em concentrado de bateia a montante da mesma, o que indica a presença de outras fontes para o ouro.

### **3.2.3. Interpretação dos resultados geoquímicos da amostragem de rocha**

A amostragem de rocha teve, inicialmente, o objetivo de caracterizar os pontos de amostragem de sedimentos de corrente, para detectar a possível presença de anomalias litológicas. Nesta fase, foram analisados os mesmos elementos das amostras de sedimentos de corrente, mas, com o decorrer dos trabalhos, verificou-se que não havia interferência e passou-se então, analisar apenas ouro, molibdênio e, esporadicamente, Cu, Pb, Zn.

#### **3.2.3.1. Ouro**

Na fase regional, foram coletadas 1013 amostras de rocha, das quais 700 foram analisadas. Das amostras analisadas, 33% apresentaram teores de ouro com valores que variaram de 0,03ppm a 36,66ppm, coincidentes com as quatro anomalias marcadas pelos sedimentos de corrente e pelos concentrados de bateia. As anomalias receberam a denominação de Anomalia 1, Anomalia 2, Anomalia 3 e Anomalia 4 (Figura 3.2), conforme a seqüência temporal em que foram definidas e trabalhadas em nível de semi-detelhe, por meio do adensamento da amostragem de rocha, e, de detalhe, com a abertura de trincheiras.

#### **3.2.3.2. Molibdênio**

A molibdenita é um mineral muito comum nos filões de quartzo leitoso que cortam os granitóides da Suíte Granítica Santo Afonso. Ocorre nas anomalias 2 e 3 e não foi encontrada

nas anomalias 1 e 4. O molibdênio foi analisado nas amostras de rocha da primeira fase regional e semi-detalhe, mas deixou de ser analisado nas fases posteriores.

#### 3.2.3.3. Outros elementos

Cu, Pb, Zn e Ag foram analisados sistematicamente no início da amostragem de rocha regional; mas, como não apresentaram anomalias consistentes, apenas pontos altos esporádicos, associados a concentrações ferruginosas em veios de quartzo, passaram a ser analisados apenas quando os respectivos minerais eram encontrados. Isso ocorre na anomalia 2, onde há filões de quartzo com disseminações de galena e de esfalerita (1,2% Pb; 0,62% Zn; 0,60ppm Au; numa análise em filão que tem 100m de comprimento, por 1,5 a 3m de largura em superfície). Barita e fluorita ocorrem ao longo das falhas dos Cerro das Tunas e das Caneleiras, junto com brechas com fragmentos de rochas vulcânicas e diques de dacitos porfiríticos. Aparentemente, não estão associadas a ouro.



## **CAPÍTULO 4**

### ***ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS GEOLÓGICO-ESTRUTURAIS A PARTIR DE SENSORES REMOTOS***

O sensoriamento remoto consiste na utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos, ou sobre fenômenos, sem que haja contato direto com eles. Os sensores são equipamentos capazes de coletar a energia proveniente de objetos, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentar o sinal na forma adequada à extração e análise das informações. A partir das definições acima, pode-se caracterizar as fotografias aéreas, as imagens de satélite, as imagens de radar e os métodos geofísicos aéreos e terrestres como pertencentes ao grupo de sensores remotos.

A obtenção de informações geológico-estruturais a partir de sensoriamento remoto permite a identificação de estruturas geológicas e tectônicas controladoras, ou associadas a ocorrências minerais em vários níveis de observação. A análise de imagens de sensoriamento remoto é aplicada na prospecção mineral, principalmente em nível regional e semi-detalhe; mas, também pode ser utilizada em nível de detalhe, tendo em vista o tipo de sensor e a plataforma utilizados. De modo geral, a análise de imagens de satélite tem sido utilizada na seleção de alvos, locais e estruturas geológicas e tectônicas propícias ao alojamento de ocorrências minerais.

Em nível regional, a análise de imagens de satélite permite a interpretação e a identificação das grandes unidades lito-estruturais, que podem estar contendo, ou controlando o posicionamento de ocorrências minerais de interesse econômico (depósitos minerais), ou de feições da crosta (superfície) terrestre de interesse científico.

As mesmas imagens digitais analisadas em nível regional, uma vez detectados locais, ou feições com potencial interesse, podem ser utilizadas em nível de semi-detalhe, restringindo-se a abrangência da área de estudo. No caso de imagens do satélite LANDSAT 7-ETM, com resolução espacial de 30m nas bandas 1 a 5 e 7 e de 15m na banda 8 pancromática, pode-se facilmente atingir escalas maiores, da ordem de 1:25.000, com boa qualidade. Isso permite a análise de feições e de estruturas antes estudadas com fotografias aéreas

convencionais; perde-se, nesse caso, o efeito estereoscópico que as fotografias aéreas permitem, mas ganha-se visão sinóptica nas imagens de satélite, pois áreas contínuas bem maiores podem ser visualizadas e facilitar as interpretações de continuidade espacial das estruturas e unidades geológicas. Em nível de detalhe, as imagens de sensoriamento remoto podem ser utilizadas (como as fotografias aéreas o são) para locação de pontos de amostragem de rocha, locação de poços, trincheiras, furos de sondagem e mapeamento geológico.

A utilização de levantamentos geofísicos (aéreos e terrestres), associados a imagens de satélite e fotografias aéreas ortorretificadas, permite uma melhor avaliação e análise dos dados de sensoriamento remoto em todas as escalas de trabalho (do regional ao detalhe). Isso facilita a identificação de áreas alvos favoráveis à prospecção, em função da integração das respostas distintas de cada método em cada área. Assim, é possível o refinamento, por exemplo, da localização e da delimitação de contatos litológicos entre unidades lito-estratigráficas, distinção entre intrusões graníticas, posicionamento de estruturas tectônicas em profundidade, etc..

## **4.1. ANÁLISE DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS EM SENSORIAMENTO REMOTO**

Inicialmente, deve-se explicitar a definição de lineamentos estruturais extraídos de imagens de sensores remotos. O'Leary *et al.* (1976) definem lineamentos como feições lineares, ou curvilíneas mapeáveis em superfície, mas que refletem fenômenos de sub-superfície. Baseados nessa caracterização, Strieder & Amaro (1997) observam que feições de caráter frágil (como falhas, fraturas e juntas) apresentam comportamento diferente daquelas desenvolvidas por dobramentos e cavalgamentos; consideram, então, que os lineamentos, como definidos por O'Leary *et al.* (1976), podem corresponder a 1) estruturas penetrativas, ou a 2) estruturas rúpteis (frágeis a dúcteis), e que os lineamentos derivados desses dois tipos de estruturas tectônicas têm diferentes atributos morfológicos. Assim Strieder & Amaro (1997) propõem a distinção entre lineamentos tipo 1 e tipo 2, respectivamente.

### **4.1.1. Lineamentos tipo 1**

Os lineamentos tipo 1 estão associados a estruturas penetrativas, que desenvolvem feições geomorfológicas positivas e negativas (altos e baixos), que são paralelizadas em

arranjos lineares ou curvilíneos e que geralmente estão associados com bandamento tonal devido a variações composicionais das litologias. Os lineamentos tipo 1 desenvolvem-se devido ao intemperismo e erosão diferencial de litologias alternadas, como camadas e derrames vulcânicos, por exemplo, ou de estruturas deformacionais heterogêneas, como foliação, bandamento gnáissico ou lineações. Os lineamentos tipo 1 tendem a modelar formas estruturais que possibilitam a identificação de dobras e zonas de cisalhamento dúcteis.

#### **4.1.2. Lineamentos tipo 2**

Os lineamentos tipo 2 estão associados a estruturas frágeis e são geralmente representados por feições geomorfológicas negativas, que são caracterizadas por vales e talvegues e que freqüentemente truncam limites litológicos materializados por lineamentos tipo 1. Como as zonas de fraturas são geralmente zonas de infiltração e percolação de água meteórica, torna-se fácil o intemperismo e a erosão das rochas, controlando o padrão de drenagem e dando lugar a feições retilíneas a levemente curvilíneas (são comuns os segmentos retos de drenagens em cursos d'água divergentes). As feições geomorfológicas positivas também podem aparecer, quando associadas a veios de quartzo, ou a zonas de silicificação, ou a diques de rochas ácidas; nesse caso, o intemperismo desenvolve-se de maneira inversa e as encaixantes é que são erodidas. Também podem ocorrer lineamentos curvilíneos positivos quando as estruturas mergulhantes passam de um vale para outro (regra dos “V”); nesse caso, pode-se observar inclusive uma variação tonal, principalmente em fotografias aéreas, onde o efeito da estereoscopia também ajuda na definição da continuidade da estrutura. Esse tipo de lineamento caracteriza estruturas disjuntivas (rúpteis), que se desenvolvem em padrões específicos e característicos (ver exemplos em Strieder & Amaro, 1997).

## **4.2. LINEAMENTOS ESTRUTURAIS A PARTIR DE MAPAS AEROGEOFÍSICOS**

A geofísica é uma ferramenta de grande importância na prospecção mineral, pois as propriedades físico-químicas das mineralizações e dos materiais rochosos permitem a identificação de estruturas, e de litologias e mesmo de acumulações em sub-superfície, imperceptíveis por qualquer outro método. Os depósitos minerais, os metálicos principalmente, tendem a ter um comportamento anômalo em relação às rochas encaixantes,

pois se comportam de modo contrastante, seja positiva, ou negativamente, frente a vários tipos de sensores remotos, o que pode se refletir na superfície. Alguns métodos geofísicos (aerogeofísica) funcionam à semelhança dos sensores remotos, principalmente como auxiliar no mapeamento geológico; a cobertura de extensas áreas, permite a delimitação de zonas contrastantes em termos de resposta aos sensores, delineando estruturas (lineamentos), diferenças litológicas e mesmo anomalias em termos de elementos químicos presentes nas rochas.

A área da presente dissertação possui cobertura geofísica do Projeto Aerogeofísico Camaquã, executado para os convênios DNPM/CPRM e CNEN/CPRM pela Texas Instruments Inc. e Texas Instrumentos Eletrônicos do Brasil Ltda (Jackson et al. 1973), que consta do levantamento aeromagnetométrico e gamaespectrométrico de parte do Escudo Sulriograndense, numa malha com linhas de vôo com direção N45°W, espaçamento de 1km entre linhas, amostragem a cada 137m e 125m de altura média sobre o terreno.

Roldão (2000) processou os dados do Projeto Aerogeofísico Camaquã e gerou vários mapas aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos com recobrimento sobre a área da presente dissertação:

- i. campo magnético total (Fig. 4.1);
- ii. intensidade magnética da integral (Fig.4.2);
- iii. intensidade magnética da primeira derivada vertical (Fig. 4.3a)
- iv. gamaespectrométrico do K (Fig. 4.4);
- v. gamaespectrométrico do Th (Fig. 4.5);
- vi. gamaespectrométrico do U (Fig. 4.6);
- vii. gamaespectrométrico ternário, composto por K+Th+U (Fig. 4.7).

As informações desses mapas foram utilizadas, por meio de recortes digitais dos arquivos, sem qualquer tratamento adicional, para integração com as imagens de satélite e os mapas digitalizados. Esse procedimento permitiu gerar o mapa geológico básico (Anexo1). A extração de lineamentos magnéticos correspondente a lineamentos estruturais foi realizada sobre o mapa de intensidade magnética da primeira derivada vertical (Fig. 4.3b); tais lineamentos foram definidos na quebra entre altos e baixos magnéticos alongados.

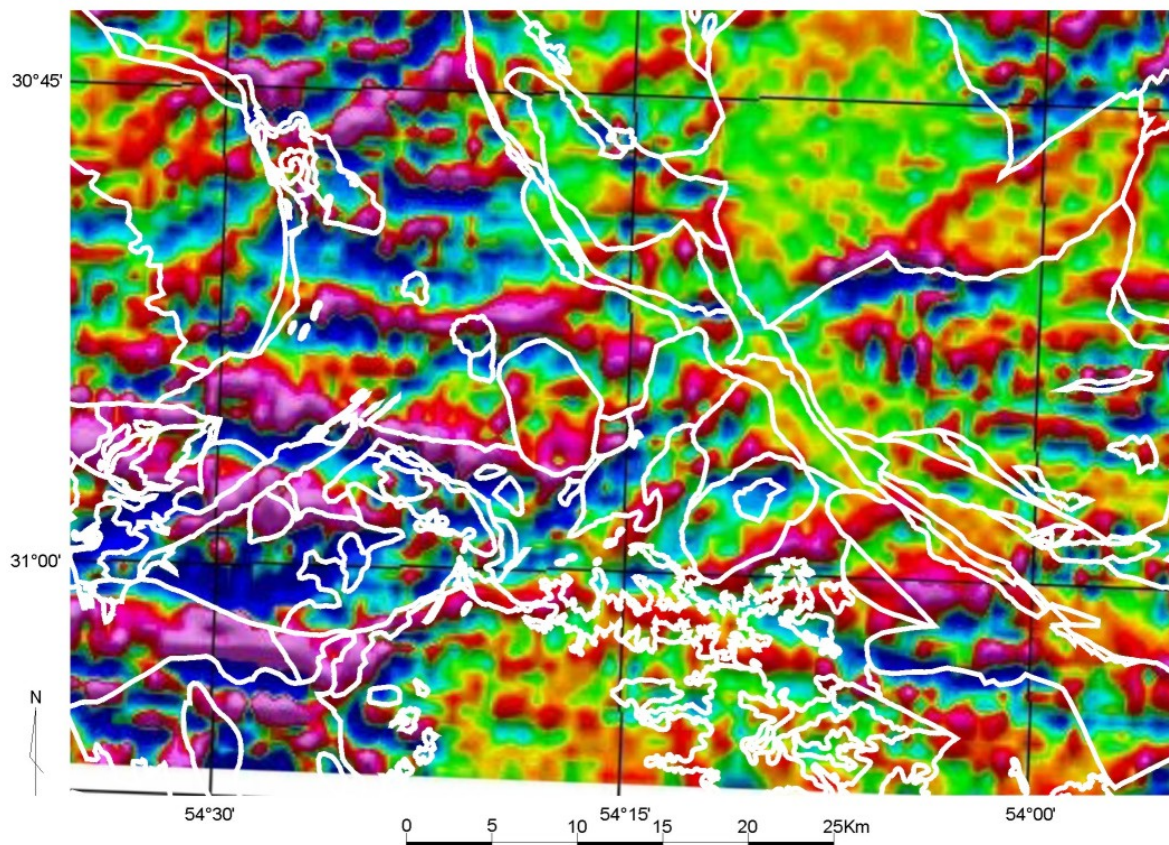


Figura 4.1 Mapa do campo magnético total (recortado e adaptado de Roldão, 2000)

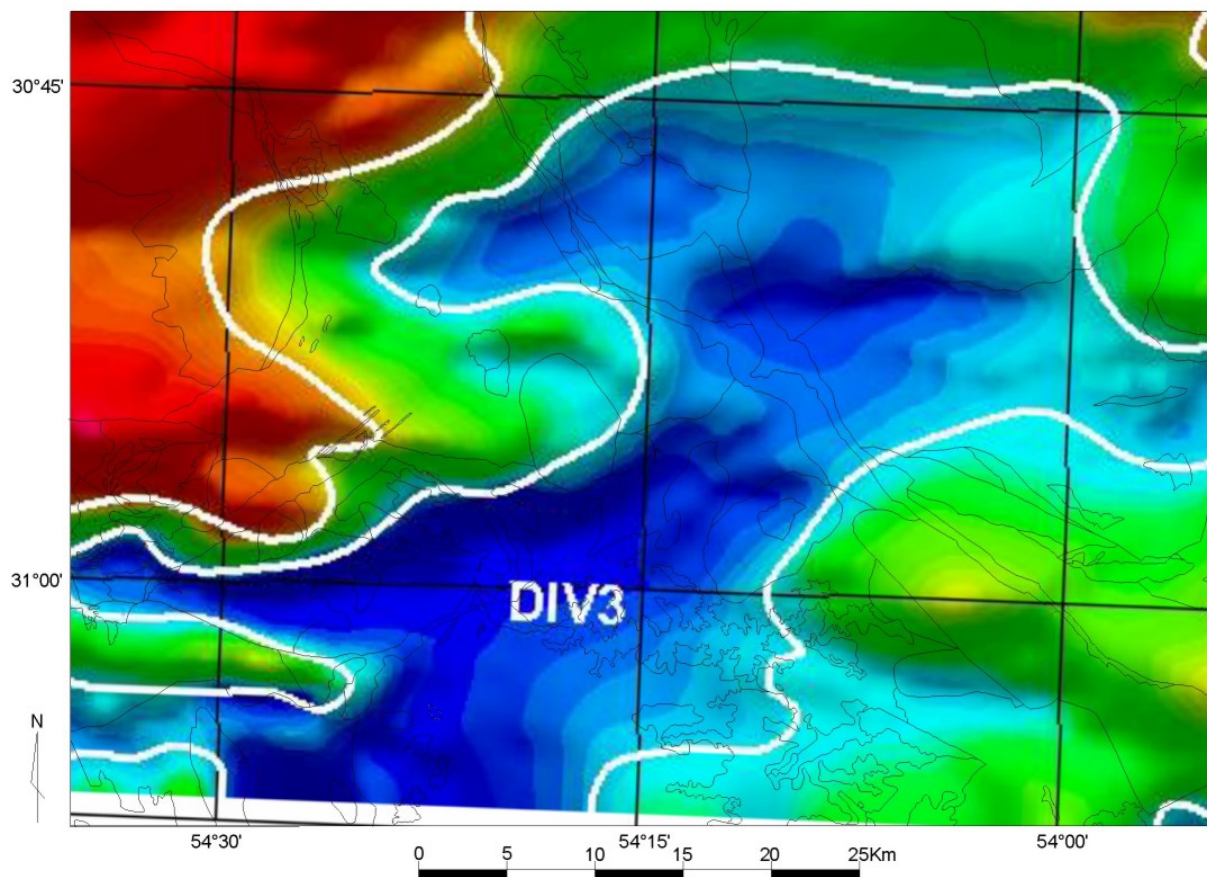


Figura 4.2 Mapa de intensidade Magnética da integral (recortado e adaptado de Roldão, 2000)



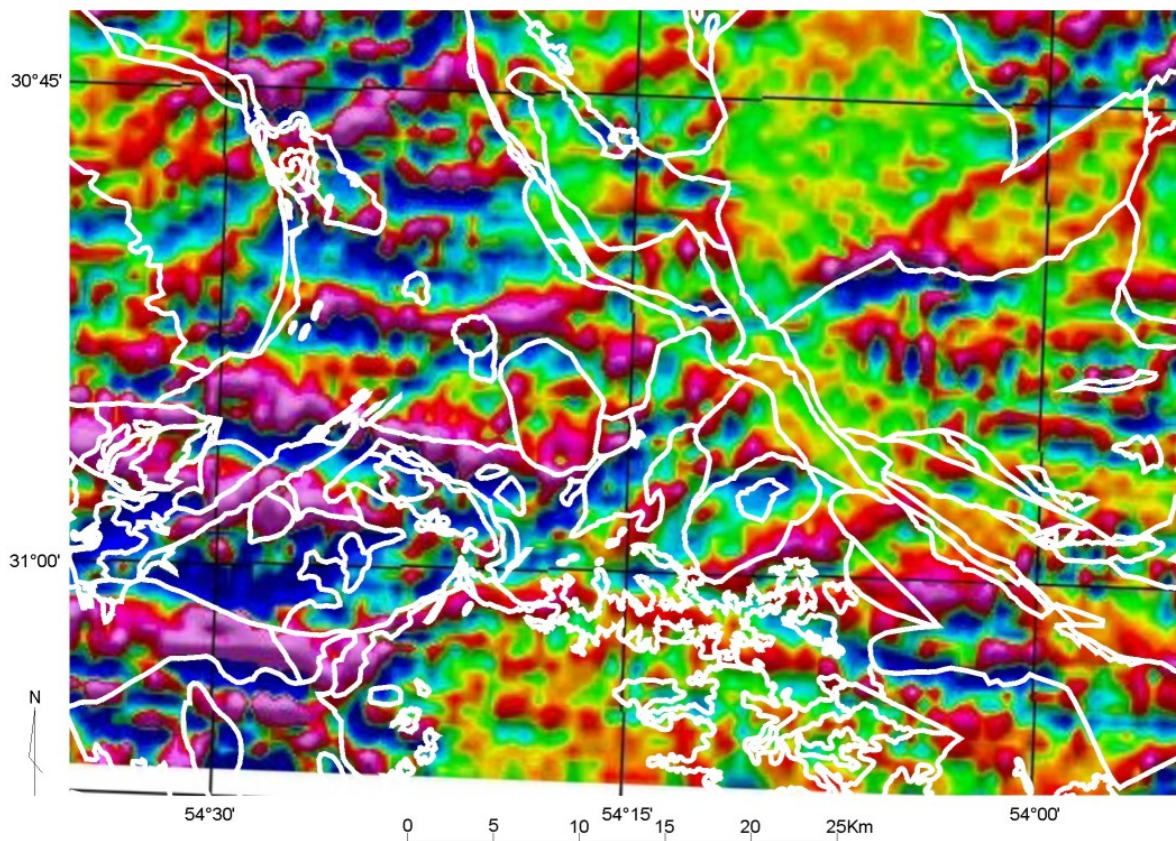


Figura 4.3a Intensidade magnética da 1ª derivada (recortado e adaptado de Roldão, 2000).

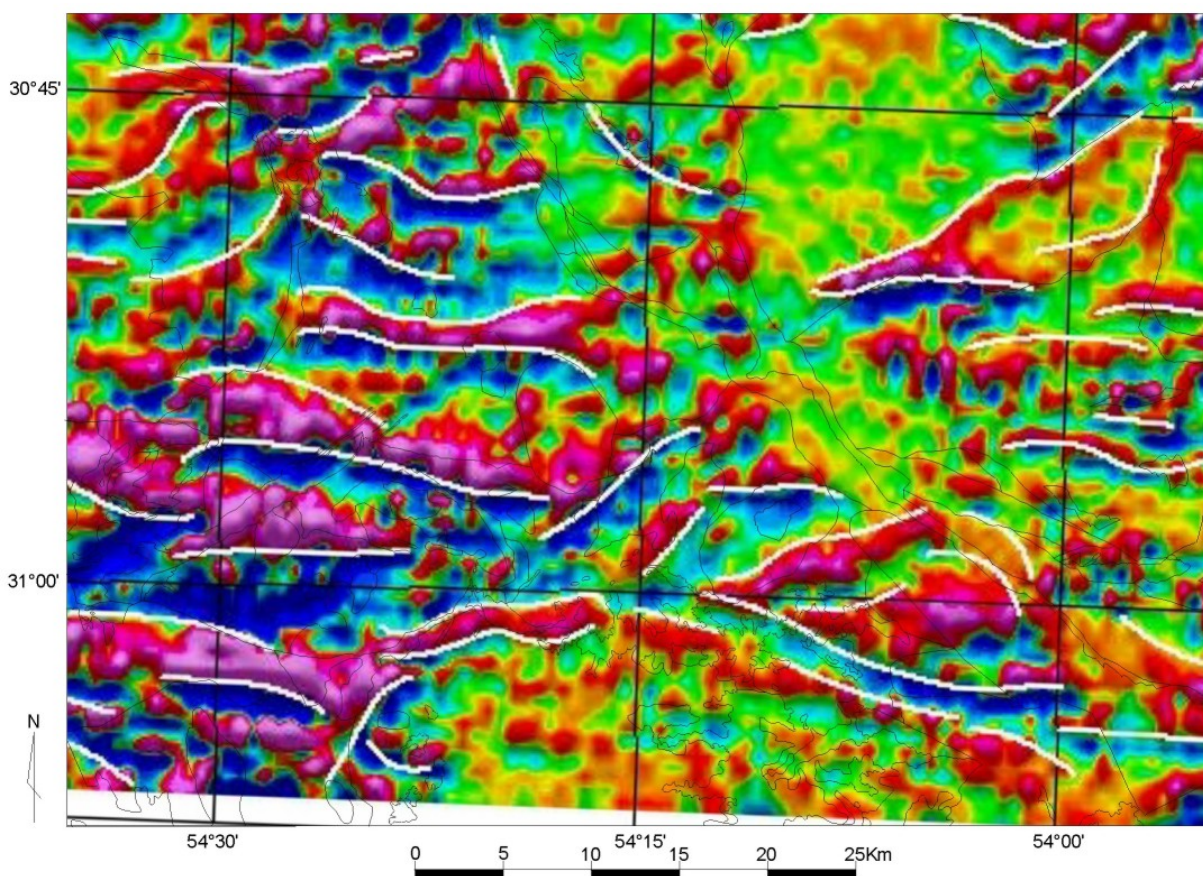


Figura 4.3b Intensidade Magnética da 1ª derivada com interpretação de lineamentos (recortado e adaptado de Roldão, 2000).



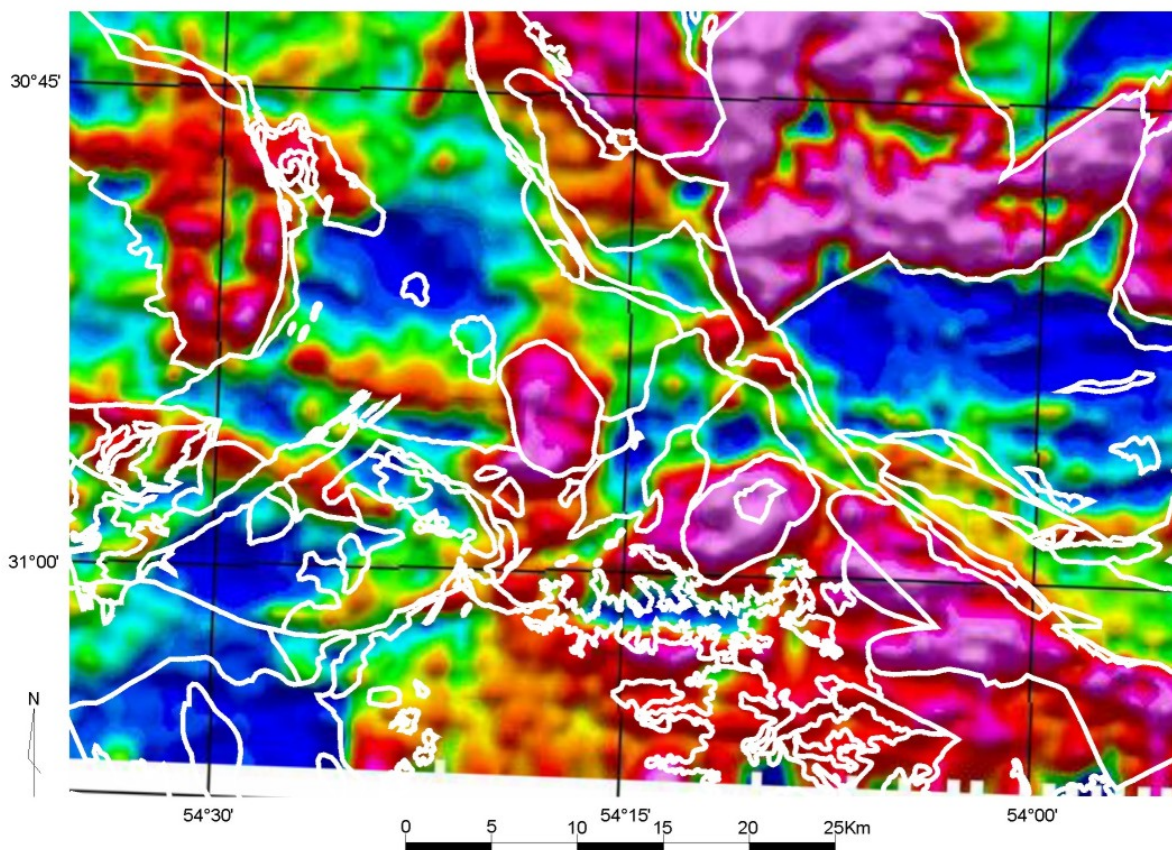


Figura 4.4 Mapa gamaespectrométrico do potássio (recortado e adaptado de Roldão, 2000).

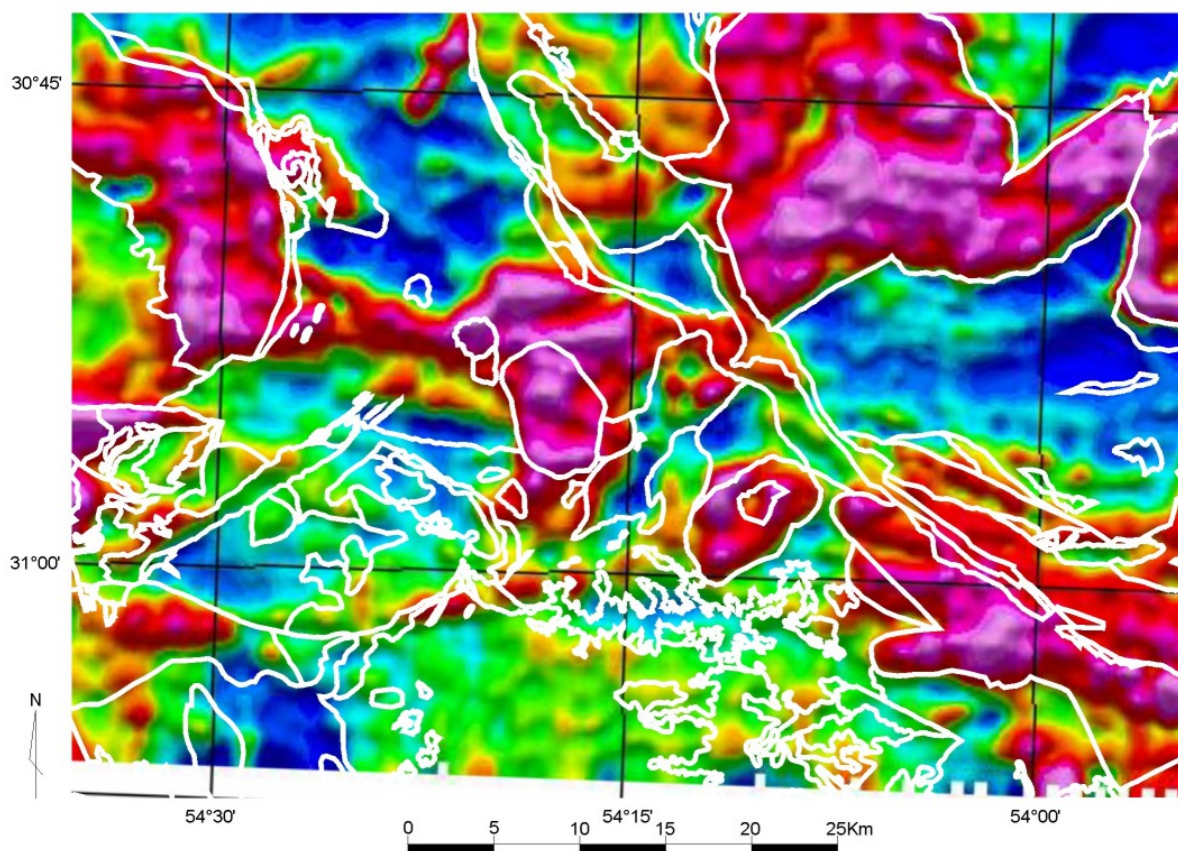


Figura 4.5 Mapa gamaespectrométrico do tório (recortado e adaptado de Roldão, 2000).



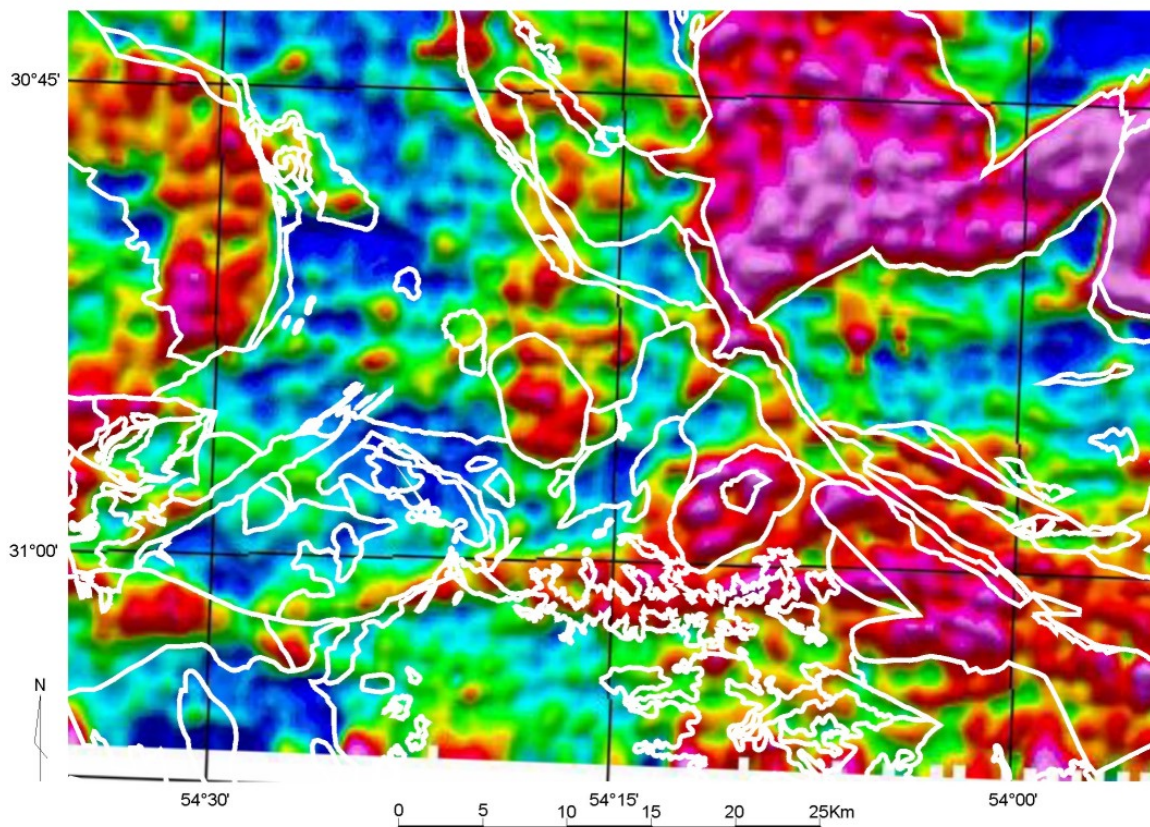


Figura 4.6 Mapa gamaespectrométrico do urânio (recortado e adaptado de Roldão, 2000).

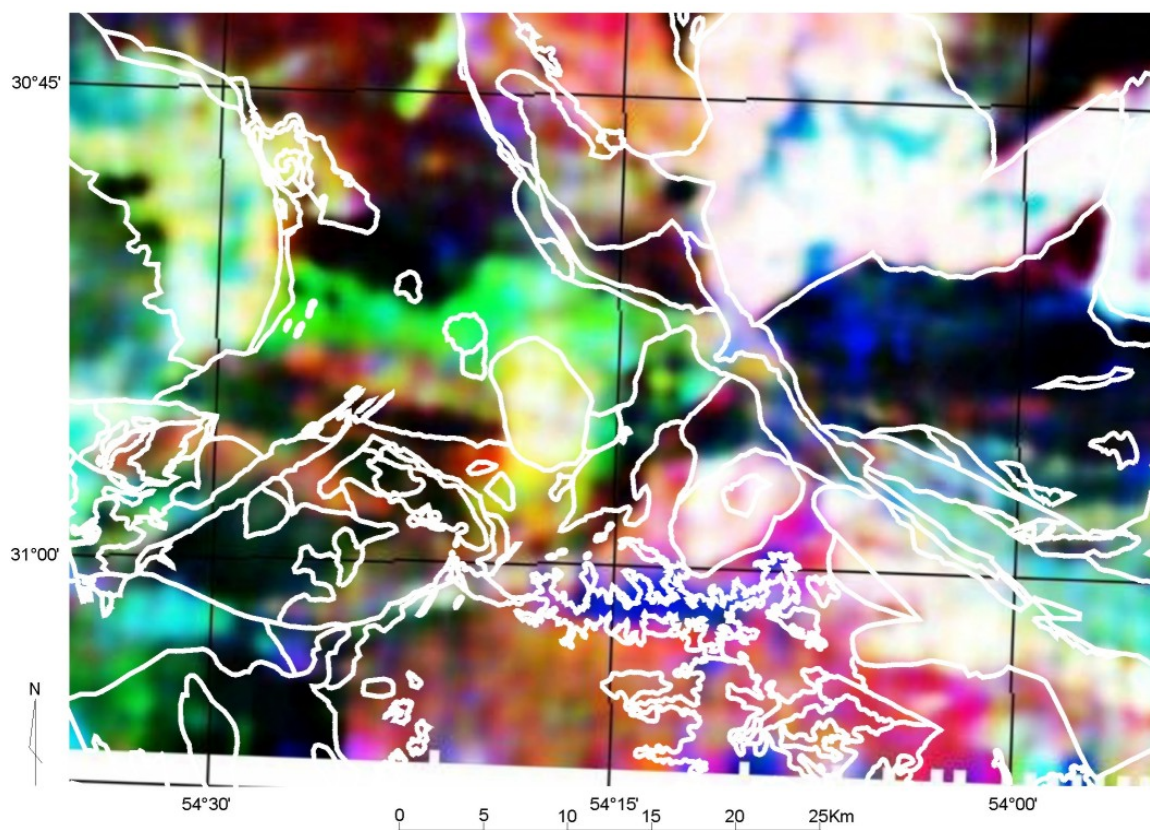


Figura 4.7 Mapa gamaespectrométrico ternário K,Th,U (recortado e adaptado de Roldão, 2000).



### **4.3. ANÁLISE ESTRUTURAL GEOMÉTRICA DOS LINEAMENTOS TIPO 2**

Nesse trabalho, foram utilizados, para análise estrutural, apenas os lineamentos tipo 2, caracterizados por representar estruturas frágeis como falhas e juntas. Essas são as estruturas controladoras dos tipos de ocorrências minerais registradas na área, materializadas principalmente na forma de veios, filões e brechas hidrotermalizadas.

O estudo dos lineamentos tipo 2 foi desenvolvido de acordo com a metodologia proposta por Strieder & Amaro (1997) com pequenas adaptações de caráter local. Os lineamentos foram extraídos a partir de fotografias aéreas na escala 1:25.000, de imagens de satélite LANDSAT 7-ETM (sensor ETM+ = *Enhanced Thematic Mapper plus*), na banda 8 pancromática e nas composições coloridas RGB 543, 743 e BR 5/7 e do mapa aeromagnetométrico (para situar os lineamentos maiores).

O procedimento para elaboração dos mapas de lineamento tipo 2, como observado no parágrafo anterior, utilizou mais de um tipo de sensor. Assim, para cada produto houve um procedimento diferente, que será discutido a seguir.

#### **4.3.1. Fotografias aéreas**

A interpretação estereoscópica de fotografias aéreas permite a obtenção de muitas informações geológicas e estruturais de uma área, mais ainda quando se tem parâmetros e controles de campo. A dificuldade aparece quando se quer transportar esses dados para as bases cartográficas; a extração de informações geológicas como contatos litológicos e tipos de rochas pode ser feita manualmente, mas depende da escala dos mapas base e dos detalhes requeridos, e é bastante trabalhosa e incorre em erros de posicionamento geográfico. No caso dos lineamentos estruturais de pequeno comprimento onde posição, tamanho e direção são importantes, essa tarefa torna-se praticamente impossível pela falta de pontos de referência nas cartas usadas como base e pelo grande número de lineamentos traçados. Desse modo, para melhor aproveitar as informações geradas pelas fotografias aéreas, torna-se obrigatória a ortorretificação das mesmas, antes da digitalização dos lineamentos estruturais fotointerpretados.

Foram utilizadas 55 fotografias aéreas (no princípio eram 72) na escala 1:25.000, do Projeto DNPM/CPRM 383/DAD/77, que utilizou câmera *Zeiss RMK 15/23* de 9" (23x23cm), com distância focal de 153,08mm (6" nominal) e altura de vôo de 3.825m. Foram

interpretadas com estereoscópio de espelho *Sokkisha MS-27*, em 24 *overlays* de acetato transparente (transparências de retro-projetor), onde os lineamentos foram traçados com lápis dermatográfico colorido. Nesses *overlays* também foram separadas outras feições geológicas conhecidas do campo, como contatos, diques, veios, etc., em cores diferentes. Esses dados foram posteriormente fixados com canetas para retroprojetor de ponta fina e escaneados em scanner comum (216 x 330mm) com 256 tons de cinza. Como cada fotografia tem 23 x 23cm, para manter as 4 marcas fiduciais situadas nas laterais das fotos, foi necessário escanear as fotografias, com os *overlays*, na diagonal (45°), de modo que foi perdida parte da cobertura de dois cantos de cada fotografia aérea. As imagens das fotografias escaneadas foram giradas (-45°), recortadas para diminuir o tamanho do arquivo e gravadas em formato \*.tiff de 8 bits, necessário para processamento nos programas de tratamento de imagem.

A ortorretificação das fotografias aéreas utilizou o programa *ENVI 3.1*, que executa esse processo em três etapas. Para isso é necessário dispor de informações prévias como distância focal, mínimo de quatro pontos fiduciais de cada fotografia, medidas de coordenadas arbitrárias das marcas fiduciais em relação ao ponto principal de cada fotografia, coordenadas de pontos de controle nas cartas (GCP = *ground control points*) com a respectiva cota altimétrica e o modelo digital do terreno (MDT) da área coberta pelas fotografias (obtido entre outros modos, da digitalização das curvas de nível das cartas do exército) e a imagem digital da fotografia aérea em formato adequado. As etapas desse processamento foram:

1) orientação interna da fotografia aérea utilizando as marcas fiduciais e a distância focal da câmera. A distância, em milímetros, do ponto principal da foto (centro focal, local teoricamente sem distorção) até as marcas fiduciais (mínimo de quatro) é medida e transformada em coordenadas arbitrárias. Nessa etapa, é corrigida, ou são estabelecidos os parâmetros para a correção interna da distorção cônica da fotografia, conforme definido por Wolf (1974). Nessa etapa, o RMS médio encontrado na posição das marcas fiduciais das 24 fotografias aéreas foi de 0,1313mm, variando de 0,0365mm a 0,2771mm. A distância entre as marcas fiduciais nas fotografias é da ordem de 226,4 a 227mm e foi medida no *AUTOCAD*. Assim foi criado um arquivo \*.ort, que contém os dados de correção de cada foto.

2) a orientação externa da fotografia é o segundo passo, onde é feito o registro da imagem fotográfica de modo similar ao utilizado para as imagens de satélite: por meio de pontos de controle conhecidos (GCP); porém há uma importante diferença: a necessidade da determinação da cota topográfica de cada ponto. É usado para correlacionar pontos da fotografia aérea a pontos com coordenadas e cotas altimétricas conhecidas nas cartas, ou no

terreno num sistema de projeção geográfica (UTM zona 21, Datum Córrego Alegre, no presente caso). Foram utilizados 295 GCP, que correspondem, em média, a mais de 19 GCP por foto; o RMS variou de 13 a 30m, em função da dificuldade de se encontrar pontos correspondentes nas fotografias aéreas e nas cartas do exército na escala 1:50.000. As cotas dos pontos foram determinadas por meio da plotagem dos GCP (extraídos das cartas do exército) no modelo digital do terreno. O modelo digital do terreno foi gerado no programa *IDRISI 32*, por meio da geração de superfície por triangulação Delaunay irregular (*Triangular Irregular Networks - TIN*), de modo restrito (“*Constrained TIN*”), a partir das curvas de nível digitalizadas das cartas do exército na escala 1:50.000, com 20m de espaçamento entre cotas e 75m entre pontos digitalizados nas isolinhas. O tamanho do *pixel* definido para o modelo digital do terreno cobrindo a área do mosaico das fotografias foi de 4 x 4m em função da utilização específica com as imagens fotográficas (esse tamanho pequeno de *pixel* gera um arquivo digital muito grande, desnecessário para outras aplicações).

3) ortorretificação da fotografia aérea – utiliza os dois passos anteriores e o MDT da área das fotografias aéreas. Cada imagem correspondente a uma fotografia aérea ortorretificada e georreferenciada adquire o tamanho de pixel definido pelo modelo digital do terreno.

Tabela 4.1 - Ortorretificação de fotografias aéreas.

Foto	Marcas Fiduciais (mm)					Imagem (foto) Ortorretificada e Georreferenciada								
	Coordenadas arbitrárias				RMS (mm)	colunas	linhas	dimensão (m)		Coord. UTM (CSE)		pixel	GCP	RMS (m)
	x	-x	y	-y										
7333	113,46	113,40	113,13	113,27	0,1614	1444	1449	5775	5792	763.222	6.582.981	4m	22	14,12
7335	111,33	113,36	113,26	113,30	0,1917	1482	1487	5924	5946	763.046	6.579.408	4m	23	22,78
7337	113,37	113,38	113,22	113,32	0,2196	1478	1485	5809	5939	763.228	6.575.657	4m	29	15,39
7339	113,48	113,48	113,27	113,37	0,2509	1443	1452	5771	5806	763.173	6.571.890	4m	29	17,88
7341	113,46	113,47	113,13	113,26	0,1437	1493	1505	5969	6017	763.143	6.568.357	4m	21	19,33
7343	113,38	113,41	113,20	113,34	0,1135	1453	1458	5811	5831	763.093	6.564.783	4m	14	30,37
7346	113,35	113,36	113,23	113,33	0,0874	1478	1488	5909	5950	758.879	6.566.050	4m	19	20,28
7348	113,36	113,36	113,23	113,33	0,1464	1462	1464	5844	5855	759.287	6.569.734	4m	23	23,07
7350	113,49	113,40	113,15	113,27	0,2771	1448	1462	5789	5844	759.345	6.573.427	4m	25	20,09
7352	113,40	113,34	113,12	113,17	0,0931	1432	1442	5726	5767	759.559	6.576.926	4m	26	17,30
7354	113,39	113,40	113,12	113,17	0,0714	1447	1460	5785	5836	759.652	6.580.568	4m	21	17,61
7465	113,34	113,33	113,20	113,23	0,0807	1438	1452	5751	5807	756.413	6.581.283	4m	16	20,57
7467	113,34	113,34	113,19	113,27	0,0365	1419	1427	5674	5707	756.537	6.576.993	4m	16	19,89
7469	113,36	113,43	113,12	113,17	0,1123	1441	1453	5760	5810	756.654	6.572.745	4m	13	15,35
7471	113,27	113,27	113,30	113,23	0,1015	1426	1403	5701	5608	756.702	6.568.604	4m	10	13,36
7595	113,44	113,38	113,16	113,30	0,1874	1475	1488	5897	5950	748.594	6.574.389	4m	12	19,34
7597	113,48	113,40	113,23	113,34	0,1499	1431	1445	5720	5777	748.624	6.570.648	4m	10	20,39
7598	113,44	113,50	113,16	113,41	0,1403	1495	1502	5979	6005	748.631	6.568.731	4m	13	14,63
7601	113,50	113,54	113,25	113,46	0,0961	1413	1403	5651	5609	744.994	6.570.495	4m	9	22,05
7603	113,45	113,46	113,24	113,32	0,1258	1399	1402	5592	5607	744.866	6.574.182	4m	18	23,40
7604	113,55	113,48	113,21	113,29	0,0930	1412	1427	5645	5705	745.067	6.575.985	4m	17	24,74
8544	113,42	113,40	113,28	113,29	0,0802	1436	1433	5742	5729	753.825	6.575.694	4m	21	19,46
8546	113,42	113,36	113,26	113,19	0,1198	1489	1480	5952	5919	753.753	6.571.954	4m	21	22,43
8548	113,46	113,36	113,23	113,31	0,0733	1447	1443	5784	5771	753.937	6.568.089	4m	12	13,18

A partir desse ponto foi confeccionado o mosaico das imagens fotográficas no *ENVI 3.1* (Fig. 4.8), de modo a integrar as imagens das 24 fotografias aéreas ortorretificadas, ordenadas e superpostas em faixas de norte para sul e, posteriormente, também reunidas, em superposição de oeste para leste. A partir do mosaico das fotografias aéreas ortorretificadas com os *overlays*, foram extraídos os lineamentos tipo 2, por meios da digitalização (vetorização) manual de cada segmento de reta correspondente aos lineamentos, no software *AUTOCAD*.

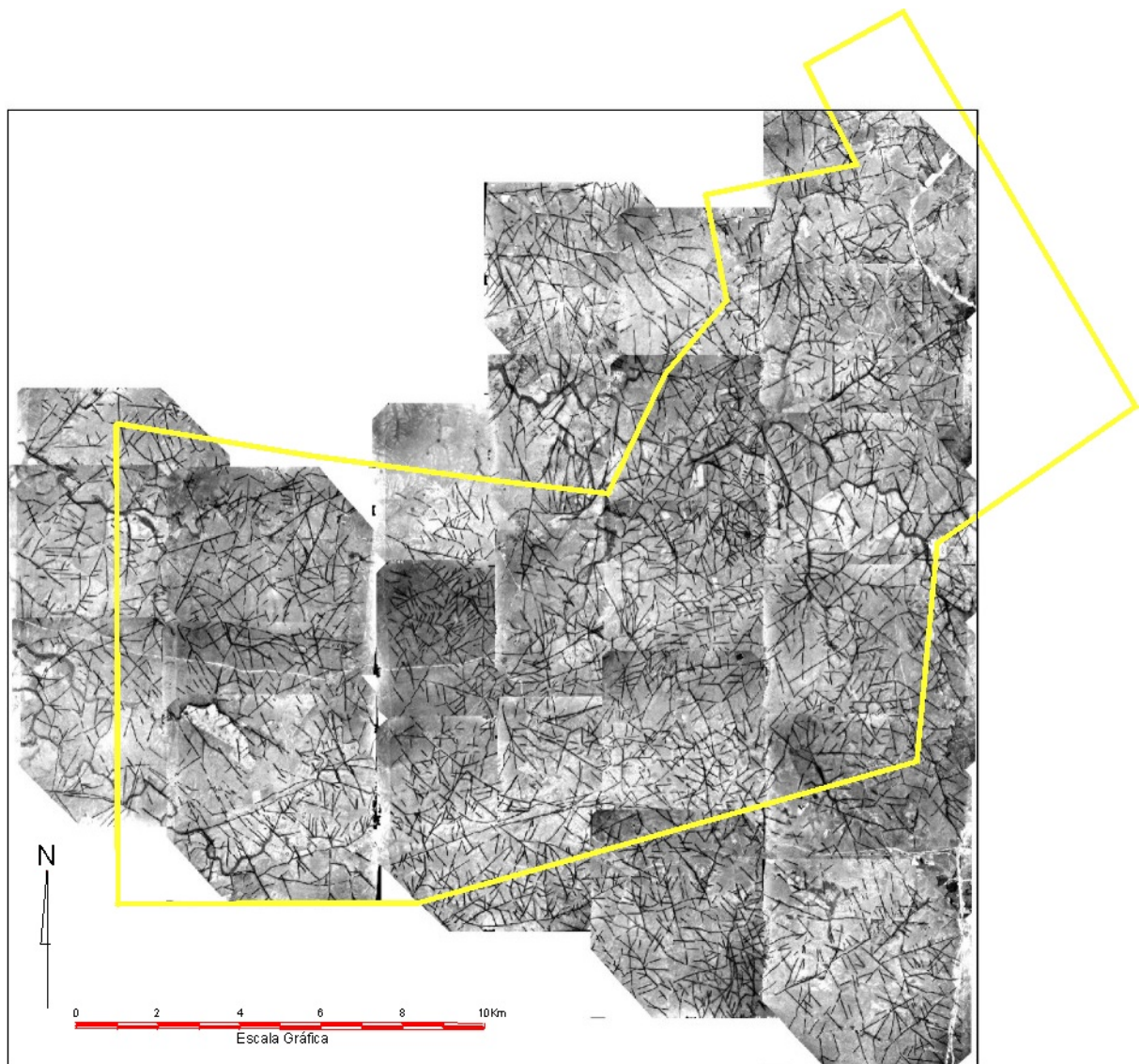


Figura 4.8 Mosaico de ortofotos com a interpretação dos lineamentos tipo 2 em *overlays*.

Para definição da direção e do comprimento de cada segmento correspondente a um lineamento tipo 2, o arquivo *\*.dwg* do *AUTOCAD* foi exportado em formato *\*.dxf* e

modificado por outro *software* (*DXF2XYZ 1.3*) para um arquivo *\*.txt* (formato ASCII), que contém os pares de coordenadas das extremidades de cada lineamento tipo 2. Esse arquivo *\*.txt* por sua vez, foi inserido em uma planilha *EXCEL* que continha as fórmulas trigonométricas para a transformação dos pares de coordenadas em comprimento e ângulo (direção) em relação ao norte.

Os dados de direção de cada lineamento tipo 2 (mergulho considerado vertical) foram processadas no programa *STEREONET 3.01* para gerar os diagramas em roseta para cada região. Essas regiões foram definidas em função dos parâmetros geológicos como associações litológicas, direções preferenciais ou associações de falhas.

O diagrama em roseta da figura 4.9 foi obtido de 1197 segmentos de retas que representam os lineamentos tipo 2 extraídos de uma região do mosaico de fotografias aéreas ortorretificadas mostra uma distribuição radial das direções dos lineamentos tipo 2, mas pode-se observar quatro direções preferenciais. A direção NE-SW ( $N60^{\circ}E$ ) é a que apresenta maior número de lineamentos. As direções  $N0^{\circ}-15^{\circ}W$  e a direção  $N40^{\circ}W$  apresentam um número equivalente de segmentos e uma quarta direção, E-W, aparece de modo isolado.

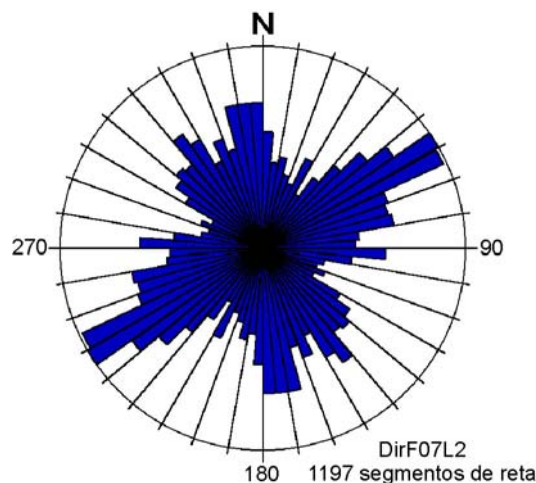


Figura 4.9 Diagrama em roseta dos lineamentos tipo 2 extraídos de fotografias aéreas.

#### 4.3.2. Imagens do satélite LANDSAT 7-ETM

O padrão de comercialização das imagens do satélite LANDSAT 7-ETM, vigente no ano de 2000 no Brasil, é de cena inteira com todas as bandas do sensor, distribuído em CD-ROM padrão ISO 9660, em formato geotiff. Isso difere do padrão usado para o LANDSAT 5-TM, cuja comercialização, até o início do ano, podia ser feita por fração de cena (metade,

quadrante, cena inteira, conjuntos de 3 bandas), em função do local e do tamanho da área de interesse.

A possibilidade de aquisição de uma cena inteira com todas as bandas, tornou mais prática e melhor a utilização de imagens do LANDSAT 7-ETM. Essas imagens são formadas por 6 bandas com resolução espacial de 30m (1 a 5 e 7), pela banda 6 (infravermelho termal) dividida em duas bandas com resolução espacial de 60m e pela banda 8 pancromática com resolução espacial de 15m. Essas imagens também vêm com nível de correção 1G, que corresponde a uma imagem com correções radiométricas e geométricas básicas associada a um sistema de projeção cartográfica e datum horizontal de referência; o padrão é o sistema WGS84, mas, no Brasil é comercializada com o sistema (datum) SAD69.

Na área dessa dissertação, foi utilizada uma imagem com órbita-ponto 223-081 de 15/09/99, nível 1G, registrada no sistema UTM SAD69, fuso 21, praticamente sem cobertura de nuvens. Como a base cartográfica da área foi feita sobre as cartas do Exército na escala 1:50.000, que utilizam o datum Córrego Alegre, elipsóide Internacional 1924, Zona UTM 21, as bandas da imagem foram registradas para esse sistema por meio de 100 GCP (pontos de controle do terreno) extraídos manualmente das cartas do Exército com escalímetro. Esse procedimento foi executado no programa *IDRISI 32*, individualmente para as bandas 1 a 5 e 7 com resolução espacial de 30m e apresentou um RMS (*root mean square* = erro médio de posicionamento) de 37,27m; para a banda 8 pancromática, com resolução espacial de 15m, o RMS foi de 41,67m.

Os procedimentos utilizados para extração dos lineamentos tipo 2 das imagens de satélite foram semelhantes aos utilizados nos mosaicos das fotografias aéreas, com a única diferença que os lineamentos tipo 2 foram interpretados e digitalizados no *AUTOCAD* diretamente na tela do computador, a partir da banda 8 pancromática, das composições coloridas RGB543 (Fig. 4.10) e RGB743 e da razão entre bandas (B/R) 5/7 (Fig. 4.11) que ofereceram melhor condições de análise visual das estruturas). Os lineamentos tipo 2 extraídos das imagens de satélite foram tratados por meio dos mesmos passos e programas utilizados nos mosaicos das fotografias aéreas, na transformação dos dados vetoriais (segmentos de reta no *AUTOCAD*) em arquivos *\*.txt* para gerar os diversos diagramas em roseta da área da dissertação. Na figura 4.12 pode-se observar os lineamentos tipo 2 extraídos das imagens de satélite LANDSAT 7-ETM, a partir do qual foi gerado o diagrama em rosetas da figura 4.13.



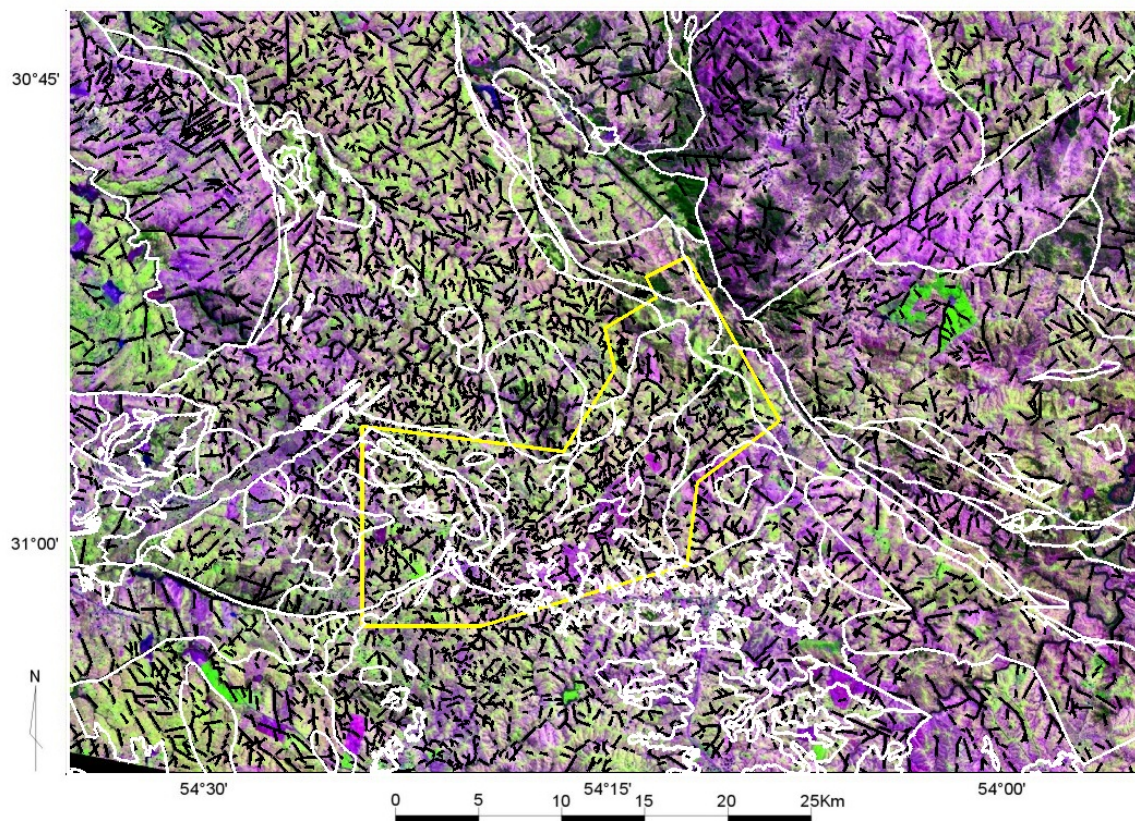


Figura 4.10 Composição colorida RGB543 LANDSAT 7-ETM com lineamento tipo 2 e contatos interpretados.

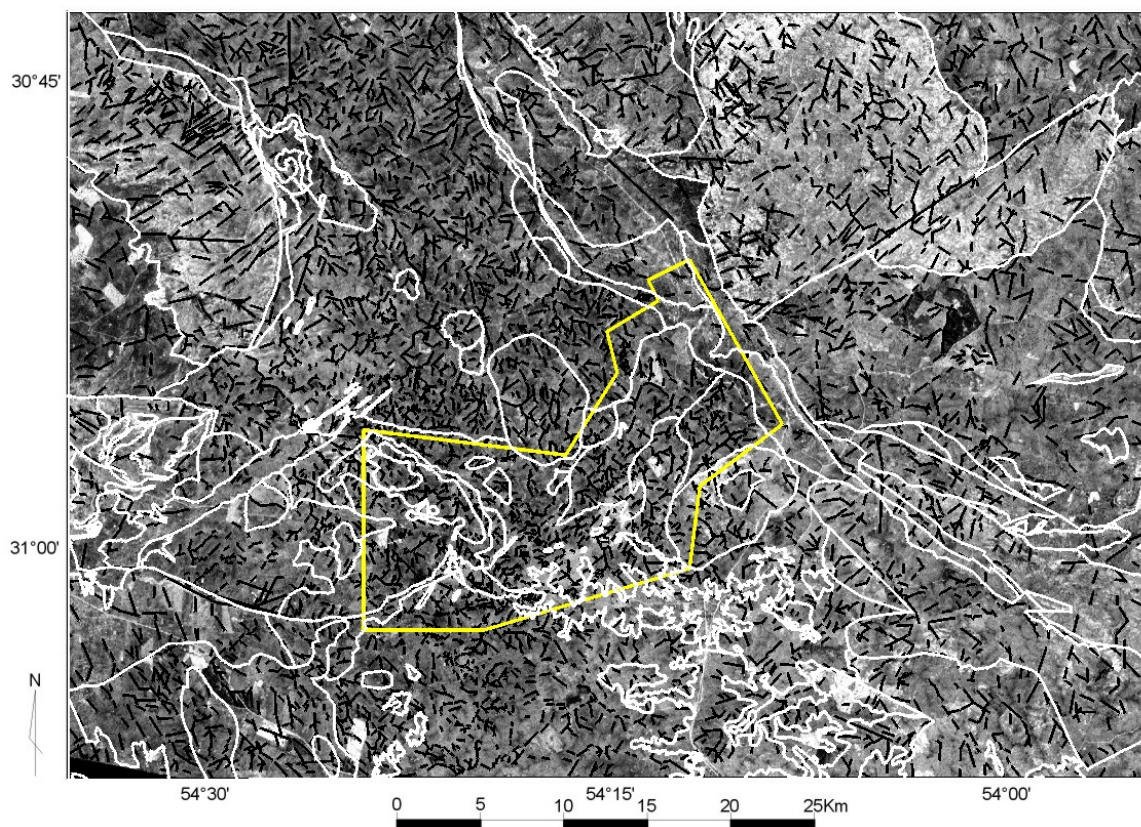


Figura 5.11 Razão entre bandas 5/7 LANDSAT 7-ETM com lineamentos tipo 2 e contatos interpretados.



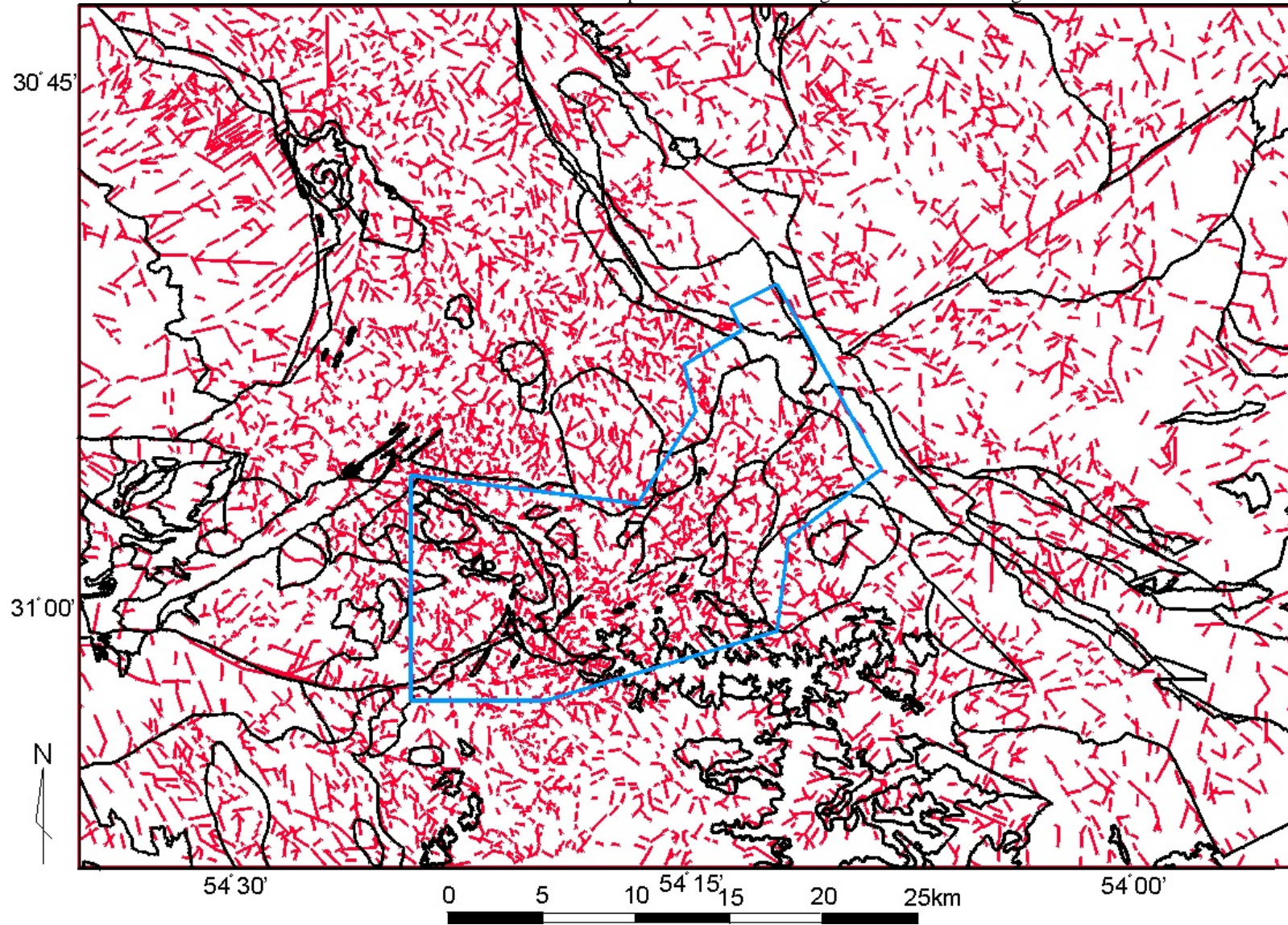


Figura 4.12 Lineamentos tipo 2 extraídos das imagens de satélite *LANDSAT 7-ETM*



Pode-se observar nas imagens das figuras 4.10 e 4.11 que feições geológicas e estruturais, como zonas de contatos entre as diferentes litologias e estruturas tectônicas regionais, aparecem salientes nas imagens, mais nítidas quanto maior a escala. Os lineamentos tipo 2 foram interpretados e aparecem como pequenos segmentos retilíneos nas imagens. A imagem da figura 4.10 é uma composição colorida RGB (falsa cor) da banda 5 (**Red**), banda 4 (**Green**) e banda 3 (**Blue**). Nessa imagem as zonas com afloramentos e solo exposto (lavouras) aparecem em cores bordô, a vegetação aparece em tons de verde, mais intenso quanto mais densa e viçosa for a vegetação e a água aparece em preto ou azul escuro. A imagem da figura 4.11 foi formada pela divisão (razão) da banda 5 pela banda 7, ambas no infravermelho próximo, o que permite aumentar o contraste entre a vegetação e as áreas de afloramento e solo, como pode ser observado nas áreas de afloramento do Granito Jaguarí e do Complexo Granítico Lavras do Sul no nordeste da imagem, e na área das vulcânicas ácidas da Formação Acampamento Velho, no Platô do Taquarembó, no noroeste da imagem. Essas feições, associadas aos dados dos mapas aerogeofísicos e aos dados de campo, permitiram a interpretação do mapa geológico da dissertação (Anexo 1).

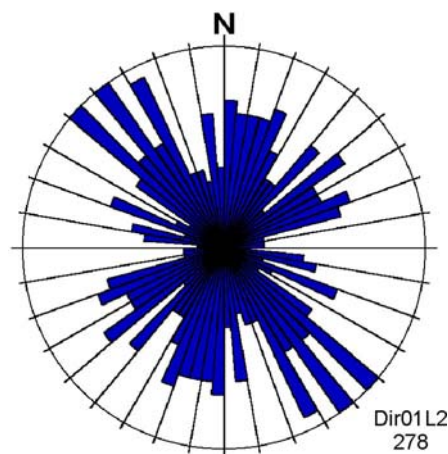


Figura 4.13. Diagrama em roseta da área de ocorrência da Suíte Sub-vulcânica Vauthier.

O diagrama em roseta da figura 4.13, obtido de 278 segmentos de reta representando os lineamentos tipo 2 extraídos das imagens de satélite, na área de ocorrência da Suíte Sub-vulcânica Vauthier, onde está situada a Mina de Ouro Barcellos, mostra uma distribuição radial das fraturas, onde aparece uma predominância de direções NW, mas também podem ser observadas direções NNE e NE. Da análise geométrica dessas direções de fratura com a posição do elipsóide de deformação da área (Capítulo 5) poderá ser interpretada a posição dos possíveis corpos de minério presente na região.

## CAPÍTULO 5

### *ANÁLISE ESTRUTURAL CINEMÁTICA E DINÂMICA*

A análise de lineamentos estruturais permite identificar arranjos geométricos de estruturas favoráveis para a prospecção mineral em zonas de cisalhamento, em ramificações de falhas, em zonas de fraturas, em dobras, em intrusões ígneas, em intersecção de estruturas planares, etc. A identificação de zonas dilatacionais, onde são encontradas muitas das ocorrências de minerais metálicos de interesse econômico, necessita da investigação dos processos tectônicos deformacionais que atuaram na área e do entendimento da mecânica desenvolvida durante a formação das estruturas controladoras dessas ocorrências.

A identificação de zonas de dilatância é feita por meio da análise estrutural e pode ser realizada em três etapas (Turner & Weiss, 1963):

- 1) análise geométrica: onde são identificadas e caracterizadas as superfícies deformacionais superimpostas às rochas, tomando-se o cuidado de identificar preliminarmente, quais as estruturas que controlam o posicionamento das feições indicativas de mineralizações (realizada no capítulo 4);
- 2) análise cinemática: onde são definidos os planos de movimento (campos tensionais);
- 3) análise dinâmica: onde são interpretados os dados geométricos e cinemáticos com o objetivo de traçar a evolução espacial e temporal da deformação.

O estudo dos campos paleotensionais permite identificar as diferentes disposições espaciais das direções de compressão e extensão de uma determinada área e, com isso, o posicionamento das possíveis zonas dilatacionais (correlacionadas às direções extensionais). A determinação das direções principais de esforços de uma região afetada por falhas, pode ser feita por métodos gráficos, como explicado por Torquato *et al.* (1996), que enumera os métodos de Arthaud (1969), Angelier & Mechler (1977), Aleksandrowski (1985).

## 5.1. BASE METODOLÓGICA DA ANÁLISE CINEMÁTICA

O método Angelier & Mechler, (1977) ou método dos diedros retos, é um método gráfico usado para determinar as direções dos esforços principais numa região de falhas e consiste do seguinte:

- i) para cada falha admite-se a presença de dois planos ortogonais: o plano de falha (PF) e um plano auxiliar (PA) ortogonal às estrias impressas no plano de falha. Assim é possível delimitar quatro diedros retos: dois de compressão e dois de extensão. O plano auxiliar só ficará perpendicular ao mergulho real do plano de falha no caso das estrias situarem-se segundo essa direção. No caso geral, existe um ângulo entre as estrias e o mergulho real da falha;
- ii) o estudo sistemático de todos os diedros retos que afetam um conjunto de falhas compatíveis, permite determinar as condições mecânicas que governaram o processo de falhamento.

O método baseia-se em duas premissas:

- 1) os blocos rochosos separados por planos de falhas são pertencentes ao mesmo episódio tectônico e movimentaram-se exclusivamente em função de um esforço médio, uniforme em todo o volume rochoso considerado;
- 2) um bloco rochoso submetido ao esforço tangencial sofre cisalhamento antes de romper. O deslocamento será feito segundo o sentido do cisalhamento.

Com base nessas duas condições, Angelier & Mechler (1977) enunciaram o princípio básico do método: “se, para cada falha os diedros em compressão contêm  $\sigma_1$  e os diedros de extensão contêm  $\sigma_3$  e se os eixos portadores de  $\sigma_1$  e  $\sigma_3$  são os mesmos para todo o conjuntos de falhas observadas, a porção de espaço comum a todos os diedros em compressão contêm  $\sigma_1$  e a porção de espaço comum a todos os diedros em extensão contém  $\sigma_3$ ”.

A interpretação geológica é feita geometricamente com base no diagrama de Schmidt. No campo, é possível determinar com facilidade a atitude de um plano de falha e, por meio de estrias, a direção e o sentido do movimento. A representação é feita por meio de uma folha de papel transparente, onde se traça, para cada falha, o plano (PF) e plota-se a estria que nele está impressa. Depois, desenha-se o plano normal à estria (plano cujo pólo é a estria) e, assim obtém-se o plano auxiliar (PA), que, por construção, também é ortogonal ao plano da falha.

Com os planos PF e PA, o espaço do diagrama é dividido em quatro diedros retos. Para saber qual deles está em compressão, ou em extensão, basta verificar o sentido do movimento indicado pela estria. Superpondo-se os estereogramas das diversas falhas medidas para uma dada região obtém-se o estereograma final com os campos compressivos e trativos onde estão localizados  $\sigma_1$  e  $\sigma_3$  respectivamente. Quanto maior for o número de medidas diferentes, menores serão as regiões de  $\sigma_1$  (compressão) e  $\sigma_3$  (extensão).

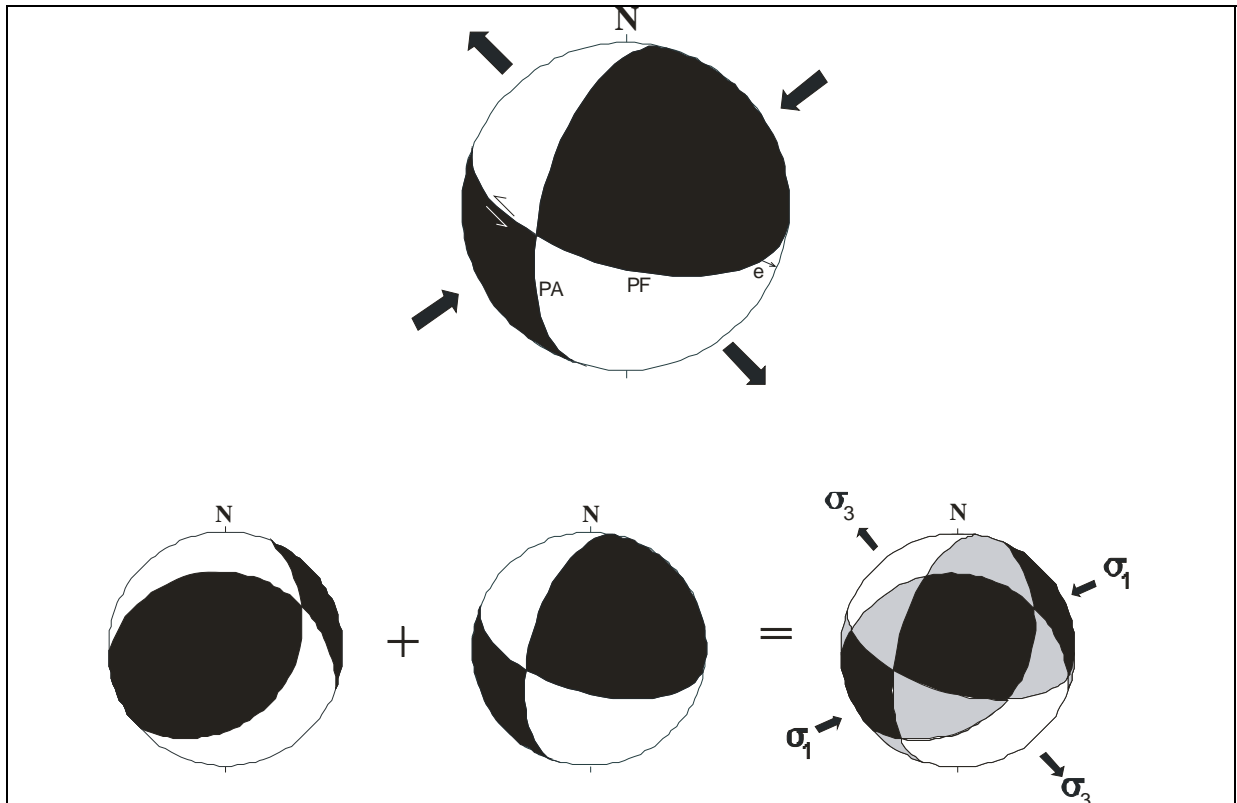
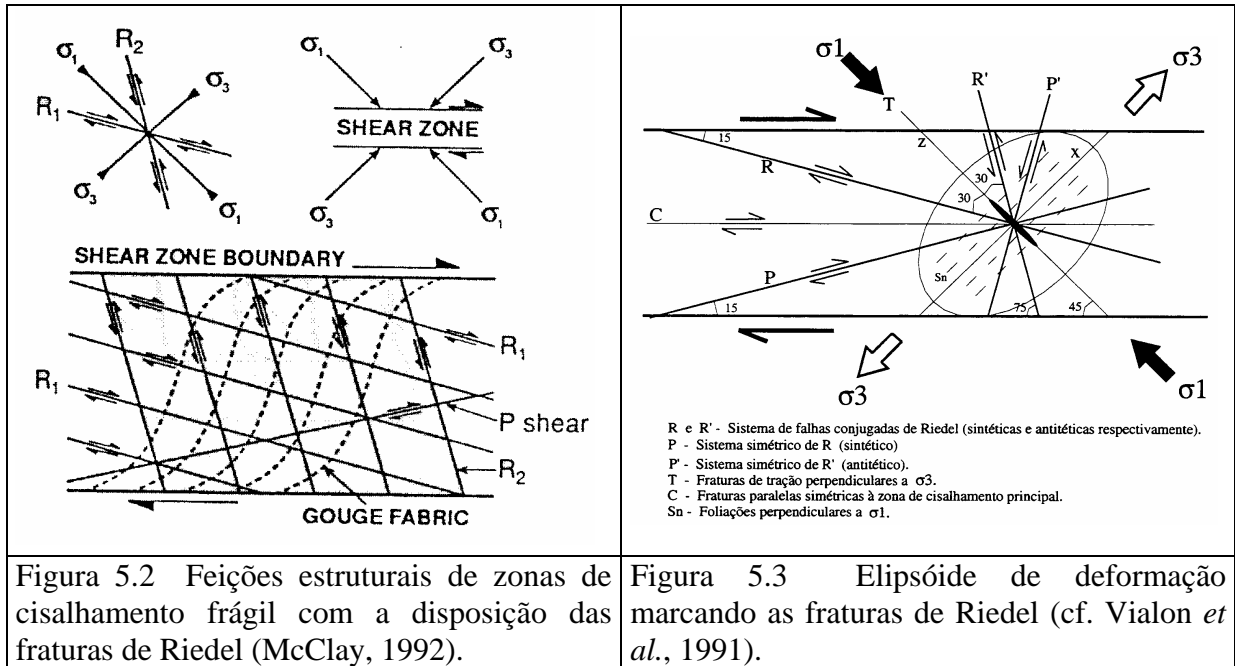


Figura 5.1 Superposição dos diedros retos de compressão e tração pelo método de Angelier & Mechler (1977).

A determinação da posição provável dos eixos principais de paleotensão ( $\sigma_1$  e  $\sigma_3$ ) permite identificar a orientação preferencial das falhas trativas (falhas dilatacionais) e compressivas segundo o modelo de Riedel (1929). Essas estruturas deformacionais estão representadas nas figuras 5.2 e 5.3, respectivamente



## 5.2. ANÁLISE CINEMÁTICA

A análise da cinemática da área dessa dissertação foi realizada em cinco sub-áreas chaves para o entendimento do padrão tectônico da região. Essas sub-áreas foram definidas de acordo com os critérios de homogeneidade estrutural, conforme definidos por Turner & Weiss (1963) e por Ramsay & Huber (1987). Os dados de cada área estão nas tabelas 5.1 a 5.5 e, para melhor visualização e interpretação, os elipsóides de paleotensão e os diagramas de rosetas estão associados de forma superposta em um único diagrama, onde também foi feita a interpretação da disposição das fraturas Riedel e o sentido de movimento de cada direção.

### 5.2.1. Sub-área 1 – Marmeleiro

Esta área corresponde ao setor E-SE do mapa geológico (Anexo1), no canto sudoeste da Folha de Lavras do Sul e noroeste da Folha do Passo do Tigre. Nesse setor, um perfil atravessou os arenitos arcossianos da Formação Maricá, os filitos dos Metamorfitos Arroio da Porteira e o Granito Cerro das Marcas. Foram utilizadas 14 medidas de estrias e atitudes de falhas para gerar o elipsóide de paleotensão e 33 atitudes para o diagrama de rosetas (Tabela 5.1).

Na sub-área do Marmeleiro, observa-se a predominância do sentido dextrógiro com fraturas  $P$  e  $C$ , que correspondem à direção do Lineamento de Ibaré (Fig. 5.4). As direções

principais de paleotensão dessa sub-área foram definidas em: 1)  $\sigma_1 = 24^\circ, 170^\circ$ ; 2)  $\sigma_2 = 66^\circ, 350^\circ$ ; 3)  $\sigma_3 = 29^\circ, 274^\circ$ .

Tabela 5.1 – Dados de campo da sub-área do Marmeleiro para geração do elipsóide de paleotensão pelo método de Angelier & Mechler (1977) e do diagrama em roseta.

medida	Falhas		Estrias			Angelier & Mechler		
	dir	Merg	merg	dir	sentido	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
1.1	335	55	12	148	Dextrógira	X		X
1.2	325	88	24	326	Dextrógira	X		X
2.1	18	30	05	30	Dextrógira			
2.2	336	90						
3.1	253	68	16	260	Levógira	X		X
3.2	277	89	02	277	Dextrógira	X		X
3.3	225	73	05	227	Levógira	X		X
4.1	290	50	24	90	Dextrógira	X		X
4.2	225	68	10	229	Levógira	X		X
4.3	274	51	16	285	Dextrógira	X		X
4.5	335	47	40	20	Inversa	X		X
4.6	290	80						
4.7	250	77			Levógira			
4.8	265	80			Levógira			
6.1	295	80	18	298	Dextrógira	X		X
6.2	98	82			Dextrógira			
6.3	250	70			Levógira			
6.4	298	85			Dextrógira			
7.1	133	80	21	136	Dextrógira	X		X
7.2	190	78						
7.3	80	45						
7.4	190	85						
9.1	125	75	18	299	Dextrógira	X		X
9.2	305	73	16	310	Dextrógira	X		X
10.1	130	78	06	132	Dextrógira	X		X
12.1	142	64			Levógira			
12.2	168	73			Dextrógira			
12.3	65	72			Levógira			
13.1	296	64						
13.2	65	46						
13.3	290	60			Dextrógira			
13.4	78	75						
elipsóide de paleotensão						24°,170°	66°,350°	29°,274°

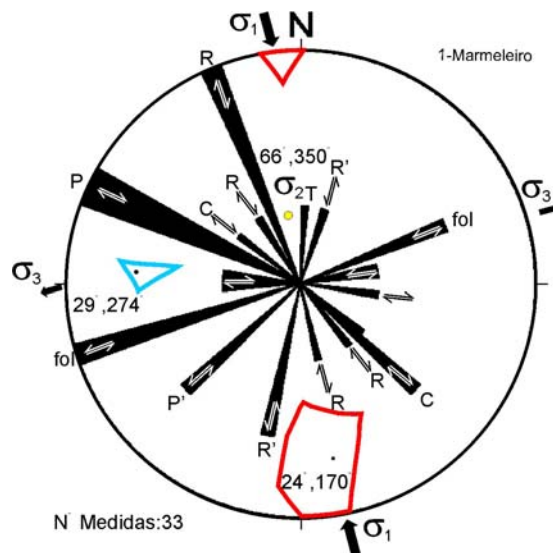


Figura 5.4 Elipsóide de paleotensão da sub-área do Marmeleiro.

### 5.2.2. Sub-área 2 - Granito Saibro

Na sub-área do Granito Saibro, foram obtidas medidas de atitudes na pedreira da Fazenda Saibro, no contato com Quartzomonzonito Tuna e no corte da estrada de ferro, num perfil ao longo da estrada que corta o Granito Saibro no sentido NW-SE. Desse perfil, foram utilizados 7 medidas de estrias e atitudes de falhas para o elipsóide de paleotensão e 10 atitudes de falhas para o diagrama de rosetas (Tabela 5.2). As direções principais de paleotensão dessa sub-área foram definidas em: 1)  $\sigma_1 = 06^\circ,166^\circ$ ; 2)  $\sigma_2 = 84^\circ,346^\circ$ ; 3)  $\sigma_3 = 06^\circ,255^\circ$  (Fig. 5.5).

Nessa sub-área predomina o sentido levógiro do sistema de falhas, com distribuição eqüitativa entre as fraturas R, C e P; isso se deve, possivelmente, ao pequeno número de medidas de fraturas utilizadas nos diagramas.

Tabela 5.2 – Dados de campo da sub-área do Granito Saibro para geração do elipsóide de paleotensão pelo método de Angelier & Mechler (1977) e do diagrama em roseta.

medida	Falhas		Estria		Angelier & Mechler			
	dir	merg	merg	dir	sentido	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
16.1	25	77	17	202	Levógira	X		X
16.2	65	55	12	238	Levógira	X		X
16.3	38	88	10	38	Levógira	X		X
17.1	43	81	14	45	Levógira	X		X
17.2	3	77			Levógira			
17.3	10	77			Levógira			
17.4	220	73						
18.1	190	84	16	9	Levógira	X		X
18.2	187	79	24	2	Levógira	X		X
18.3	152	89	14	333	Dextrógira	X		X
elipsóide de paleotensão						$06^\circ,166^\circ$	$84^\circ,346^\circ$	$06^\circ,255^\circ$

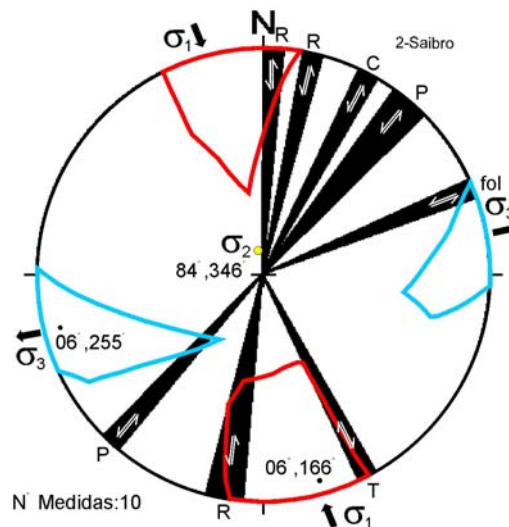


Figura 5.5 Elipsóide de paleotensão da sub-área do Granito Saibro.

### 5.2.3. Sub-área 3 - Região de Ibaré

As atitudes de falhas e estrias foram obtidas nos cortes da antiga estrada de ferro, no contato dos granulitos com os xistos do Complexo Ibaré e ao longo da estrada Ibaré-Dom Pedrito até o Passo do Arroio Jaguarzinho. Foram utilizadas 6 medidas de atitudes de falhas e estrias para o elipsóide de paleotensão e 50 atitudes de falhas e fraturas para o diagrama de rosetas (Tabela 5.3). Para fins de comparação, foram utilizadas no diagrama de rosetas, atitudes de fraturas e de veios nos granulitos, nos diques de dacito-riodacito (Diques Armeiras) e no Granito Passo da Chácara. As direções principais de paleotensão dessa sub-área foram definidas em: 1)  $\sigma_1 = 24^\circ, 195^\circ$ ; 2)  $\sigma_2 = 66^\circ, 14^\circ$ ; 3)  $\sigma_3 = 24^\circ, 93^\circ$  (Fig 5.6).

A ampla distribuição das direções de fraturas no diagrama em roseta indica que pode haver medidas de atitudes dos sistemas dextrógiro e levógiro plotados juntos no mesmo diagrama. Na geração do elipsóide de paleotensão, salienta-se o sentido dextrógiro das falhas com a direção do lineamento de Ibaré, que é marcada por fraturas do tipo P e C; as medidas de foliação estão alinhadas segundo  $\sigma_3$  e os diques de dacito-riodacito tendem à posição de R'.



Tabela 5.3 – Dados de campo da sub-área de Ibaré para geração do elipsóide de paleotensão pelo método de Angelier &amp; Mechler (1977) e do diagrama em roseta.

Medida	Falhas		Estrias			Angelier & Mechler		
	dir	Merg	Merg	dir	Sentido	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
21.1	205	78	34	18	Dextrógira	X		X
21.2	145	40						
22.1	83	67			Dextrógira			
22.2	140	63						
24.1	95	78			Dextrógira			
24.2	250	73						
25.1	142	85			Dextrógira			
25.2	340	86						
26.1	55	86	12	235	Levógira	X		X
26.2	280	51			Dextrógira			
26.3	270	80						
26.4	234	46			Dextrógira			
26.5	61	87						
26.6	276	34						
26.7	265	53						
26.8	275	55						
26.11	276	55						
26.12	245	79						
26.16	274	82						
26.17	280	46						
26.18	264	68						
27.1	35	84	14	213	Levógiro	X		X
27.2	253	71	30	63	Levógiro	X		X
27.3	147	84			Dextrógira			
27.4	242	53						
27.5	40	81						
27.6	196	78						
27.7	170	50						
27.8	286	66			Dextrógira			
28.1	247	57	41	282	Levógiro	X		X
28.2	220	38						
29.1	12	76			Levógiro			
30.1	164	75						
31.1	145	84			Dextrógira			
31.2	8	76			Dextrógira			
32.1	308	70	11	312	Dextrógira	X		X
32.2	125	81						
32.3	303	78						
32.4	320	81						
33.1	345	80						
33.2	305	60						
elipsóide de paleotensão						24°,195°	66°,14°	24°,93°

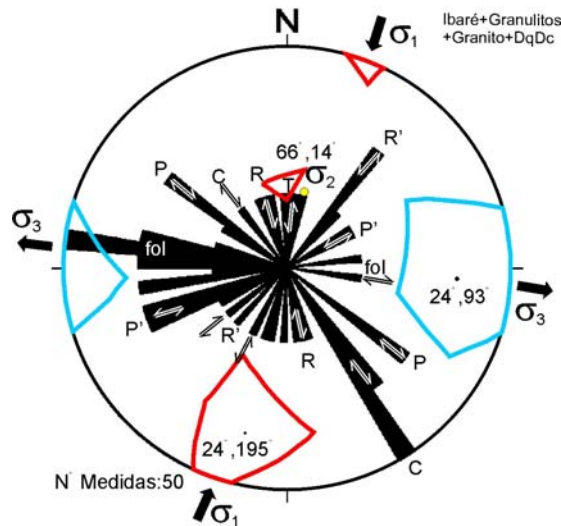


Figura 5.6 Elipsóide de paleotensão da sub-área de Ibaré.

**5.2.4. Sub-área 4 - Cerro das Tunas e Cerro das Caneleiras**

Nessa sub-área foram obtidas medidas de atitudes em dois locais da mesma estrutura de direção nordeste, que é marcada por espessos veios de quartzo e brechas silicosas, com pirita e barita. Foram coletadas 9 atitudes de falhas e estrias para geração do elipsóide de paleotensão e 39 medidas de fraturas e falhas para o diagrama em rosetas (Tabela 5.4). As direções principais de paleotensão dessa sub-área foram definidas em: 1)  $\sigma_1 = 00^\circ,152^\circ$ ; 2)  $\sigma_2 = 00^\circ,00^\circ$ ; 3)  $\sigma_3 = 00^\circ,242^\circ$  (Fig 5.7). Nessa sub-área parece haver um certo predomínio das fraturas com movimento levógiro; as fraturas C e P marcam a direção geral N/NE da estrutura enquanto as fraturas R dispõe-se na direção N/NW.

Tabela 5.4 – Dados de campo da sub-área dos Cerros das Tunas e Caneleiras para geração do elipsóide de paleotensão pelo método de Angelier & Mechler (1977) e do diagrama em roseta.

Medida	Falhas		Estrias			Angelier & Mechler		
	dir	Merg	Merg	dir	Sentido	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
46.1	250	79			Dextrógira			
46.2	250	68			Dextrógira			
46.3	294	66			Dextrógira			
46.4	215	48			Dextrógira			
47.1	76	65						
47.2	78	84						
48.1	245	87						
48.2	15	83						
48.3	117	56			Dextrógira			
48.4	142	48			Dextrógira			
48.5	20	76			Levógira			
48.6	238	83						

Medida	Falhas		Estrias			Angelier & Mechler		
	dir	Merg	Merg	dir	Sentido	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
48.7	252	88						
49.1	45	70	16	220	Levógira	X		X
49.2	55	63						
51.1	245	55			Dextrógira			
51.2	3	82			Dextrógira			
52.1	43	75			Levógira			
52.2	66	77			Levógira			
53.1	160	47			Levógira			
53.2	118	41			Levógira			
53.3	188	64			Levógira			
54.1	186	74	15	1	Levógira	X		X
55.1	70	60			Dextrógira			
55.2	303	60			Dextrógira			
55.3	185	77			Levógira			
56.1	22	58	24	186	Levógira	X		X
56.2	225	64	6	228	Levógira	X		X
56.3	200	81			Levógira			
57.1	196	83	17	198	Levógira	X		X
57.2	205	83	21	208	Levógira	X		X
57.3	75	81						
58.1	185	40	7	191	Levógira	X		X
58.2	350	70						
58.3	160	80						
59.1	195	75	12	22	Levógira	X		X
60.1	0	60	24	170	Levógira	X		X
60.2	30	36						
elipsóide de paleotensão						00°,152°	00°,00°	00°,242°

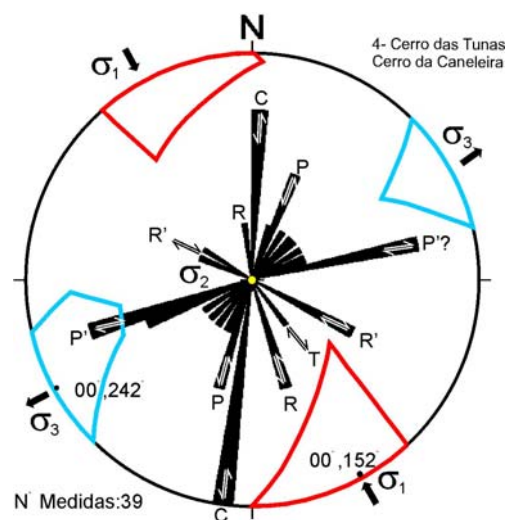


Figura 5.7 Elipsóide de paleotensão da sub-área dos Cerros das Tunas e das Caneleiras.

### 5.2.5.Sub-área 5 - Estação Vauthier e Mina Barcellos

Nessa sub-área foram tomadas medidas de atitudes de 6 fraturas e estrias no corte da estrada de ferro, a sul da Mina Barcellos para o elipsóide de paleotensão e 24 atitudes de falhas para o diagrama em rosetas (Tabela 5.5). As direções principais de paleotensão dessa sub-área foram definidas em: 1)  $\sigma_1 = 20^\circ, 150^\circ$ ; 2)  $\sigma_2 = 70^\circ, 330^\circ$ ; 3)  $\sigma_3 = 20^\circ, 248^\circ$  (Fig 5.8). No diagrama, o sentido de movimento é dextrógiro, com as fraturas C predominantes. As fraturas P e R são pouco expressivas nas atitudes medidas também aparecem R' e P' na seqüência.

Tabela 5.5 – Dados de campo da sub-área da Mina Barcellos para geração do elipsóide de paleotensão pelo método de Angelier & Mechler (1977) e do diagrama em roseta.

Medida	Falhas		Estrias			Angelier & Mechler		
	dir	Merg	Merg	dir	Sentido	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
61.1	290	73						
62.1	180	80						
62.2	220	82						
62.3	180	81						
62.4	0	86						
63.1	293	42	24	84	Dextrógiro			
63.2	330	54	61	335	Dextrógiro			
63.3	283	89	13	102	Dextrógiro			
63.4	110	65	17	281	Dextrógiro			
63.5	97	62	9	102	Dextrógiro			
63.6	290	90						
63.7	13	83						
64.1	115	83						
64.2	110	67						
64.3	92	65						
64.4	265	68						
64.5	169	70						
64.6	290	62			Dextrógiro			
64.7	130	72			Dextrógiro			
64.8	110	67						
65.1	18	88						
65.2	217	69						
65.3	73	86	7	74	Dextrógiro			
65.3	325	73						
65.4	360	15						
65.5	205	69						
65.6	20	73						
elipsóide de paleotensão						$20^\circ, 150^\circ$	$70^\circ, 330^\circ$	$20^\circ, 248^\circ$

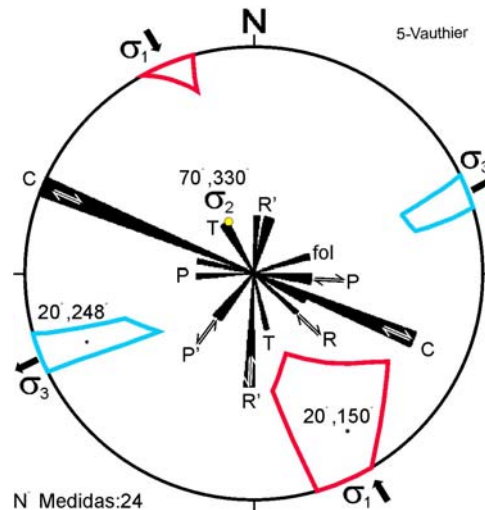


Figura 5.8 Elipsóide de paleotensão da sub-área da Estação Vauthier e Mina Barcellos.

### 5.2.6. Elipsóide geral de paleotensão da área estudada

Os elipsóides de paleotensão das áreas estudadas foram reunidos em um só e o elipsóide de paleotensão resultante, com o diagrama de roseta obtido dos dados das mesmas áreas, pode ser observado na figura 5.9. Nesse diagrama, pode-se observar que a direção de paleotensão definida é coerente com um sistema conjugado, onde temos sentidos de movimento tanto dextrógiros como levógiros. A única direção de fraturas Riedel que muda de direção corresponde às fraturas C, que têm direção NW-SE nas zonas dextróginas e têm direção NE-SW nas zonas levóginas. Isso também é observado nos diagramas individuais de cada uma das cinco sub-áreas.

Observa-se que, como a direção geral de compressão é a mesma nos dois sentidos de movimento, as fraturas R e R' e P e P' correspondem-se: o que é R no sistema dextrógiro é R' no sistema levógiro, o que é P no sistema dextrógiro é P' no sistema levógiro; mas, o sentido de movimento nos dois casos (R e R' e P e P') é o mesmo, ou seja, o sentido de movimento não muda e para saber em que sistema se encontra é necessário saber a direção de  $\sigma_1$  do elipsóide de paleotensão.

A análise geral dos elipsóides de paleotensão na área dessa dissertação mostra uma coerência muito grande na orientação dos elipsóides de paleotensão locais de 4 sub-áreas:

- sub-área 1 -  $\sigma_1 = 24^\circ, 170^\circ$ ;  $\sigma_2 = 66^\circ, 350^\circ$ ;  $\sigma_3 = 29^\circ, 274^\circ$ ;
- sub-área 2 -  $\sigma_1 = 06^\circ, 166^\circ$ ;  $\sigma_2 = 84^\circ, 346^\circ$ ;  $\sigma_3 = 06^\circ, 255^\circ$ ;
- sub-área 4 -  $\sigma_1 = 00^\circ, 152^\circ$ ;  $\sigma_2 = 00^\circ, 00^\circ$ ;  $\sigma_3 = 00^\circ, 242^\circ$ ;

d) sub-área 5 -  $\sigma_1 = 20^\circ, 150^\circ$ ;  $\sigma_2 = 70^\circ, 330^\circ$ ;  $\sigma_3 = 20^\circ, 248^\circ$ .

Nessas 4 sub-áreas, deve-se observar que os dados foram predominantemente coletados distantes do Lineamento de Ibaré. Também deve-se observar que, na construção do elipsóide de paleotensão da sub-área de Ibaré, foram utilizados dados coletados predominantemente próximo ao Lineamento de Ibaré, ou em zonas de falha bem desenvolvidas. Esses elementos explicam a divergência (não ajuste) entre os elipsóides das 4 sub-áreas discriminadas acima, reunidos no elipsóide geral de paleotensão ( $\sigma_1 = 13^\circ, 159^\circ$ ;  $\sigma_2 = 77^\circ, 339^\circ$ ;  $\sigma_3 = 13^\circ, 252^\circ$ ), com relação ao elipsóide de paleotensão da sub-área de Ibaré ( $\sigma_1 = 24^\circ, 195^\circ$ ;  $\sigma_2 = 66^\circ, 14^\circ$ ;  $\sigma_3 = 24^\circ, 93^\circ$ ). As direções de paleotensão da sub-área de Ibaré estão rotacionadas no sentido horário com relação às direções do elipsóide geral. Desse modo, pode-se sugerir que o elipsóide de paleotensão da sub-área de Ibaré é um elipsóide local, rotacionado no sentido horário em função do deslocamento dextrógiro do Lineamento de Ibaré. O elipsóide geral, construído a partir de dados de zonas menos deformadas, pode, então, ser assumido como o elipsóide regional de deformação que deu origem às falhas e juntas na região estudada.

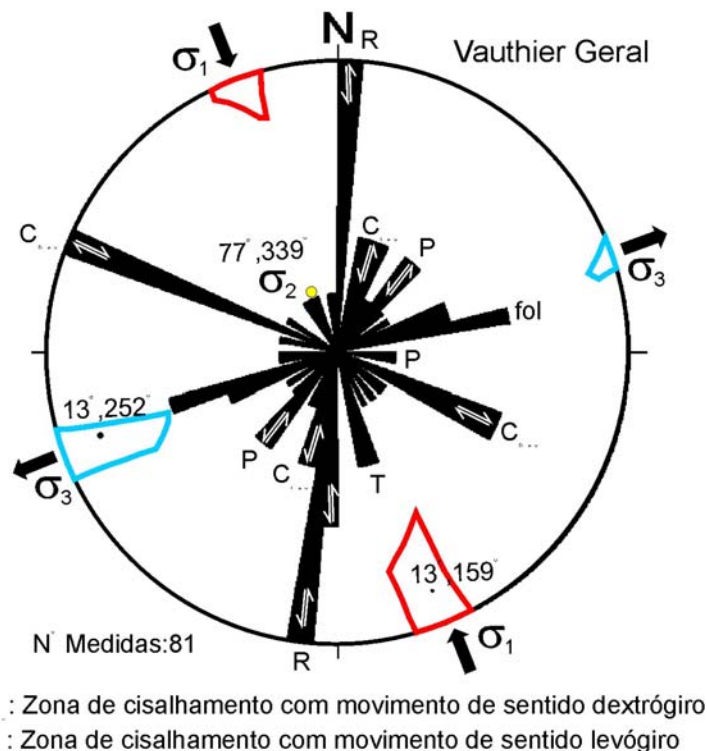


Figura 5.9 Elipsóide geral de paleotensão da área da dissertação.



## 5.3. INTERPRETAÇÃO CINEMÁTICA DOS DIAGRAMAS DE ROSETA DOS LINEAMENTOS TIPO 2

### 5.3.1. Lineamentos tipo 2 das imagens de satélite

A interpretação dos diagramas em rosetas gerados a partir da extração dos lineamentos tipo 2 nas imagens de satélite foi feita separando áreas que apresentavam características litológicas e estruturais semelhantes (Figuras 5.10 e 5.11) e utilizou as direções de esforços tectônicos definidos pelos elipsóides de paleotensão das 5 sub-áreas. É importante salientar que os lineamentos tipo 2 extraídos de imagens de satélite são formados por segmentos retilíneos considerados com mergulho vertical, o que nem sempre corresponde à realidade, pois uma estrutura tabular vertical pode ter variações no mergulho em função de heterogeneidades do substrato rochoso.

Essa interpretação visa definir o tipo de estrutura predominante, a direção, a posição ou o local mais favorável para a prospecção de depósitos filonianos de ouro em veios de quartzo, que é a tipologia dos depósitos que se espera encontrar na região.

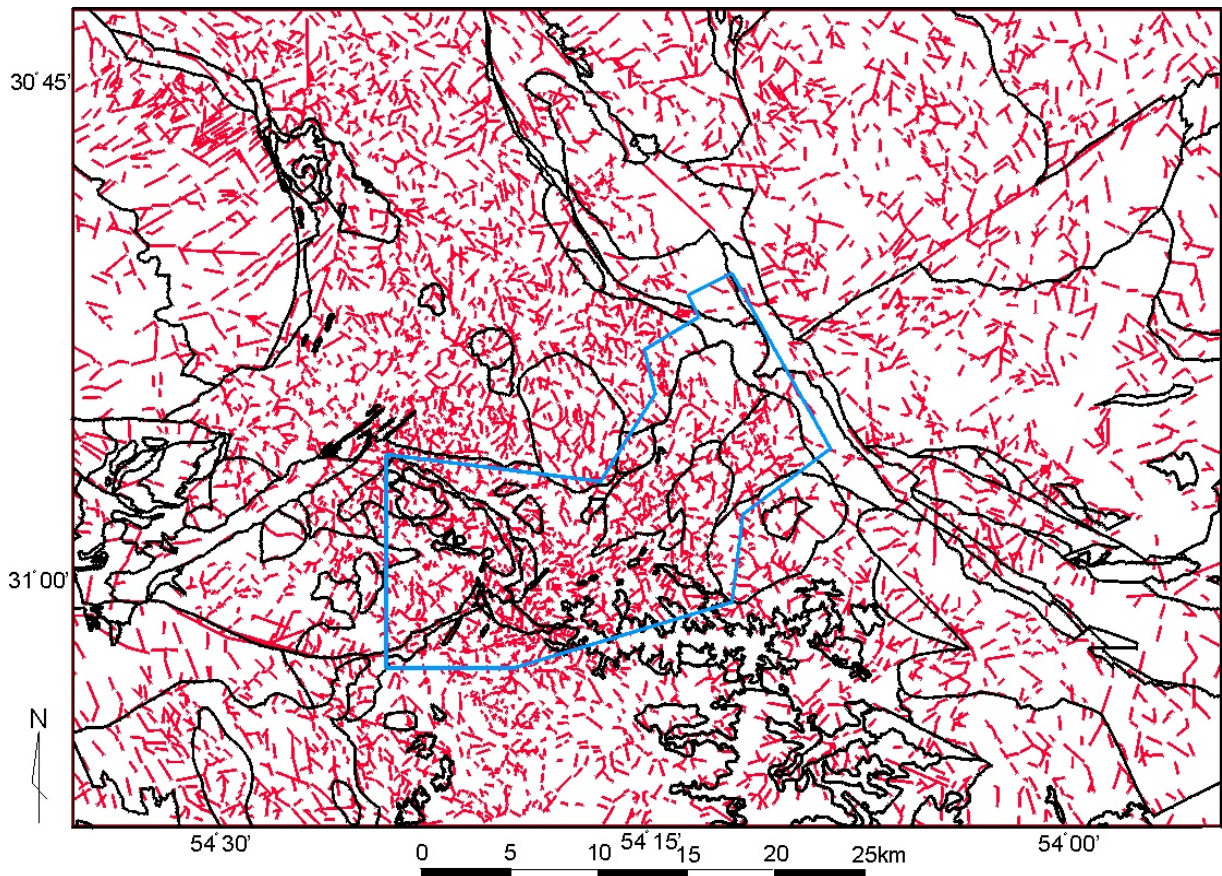


Figura 5.10 Lineamentos tipo 2 extraídos das imagens de satélite LANDSAT 7-ETM.

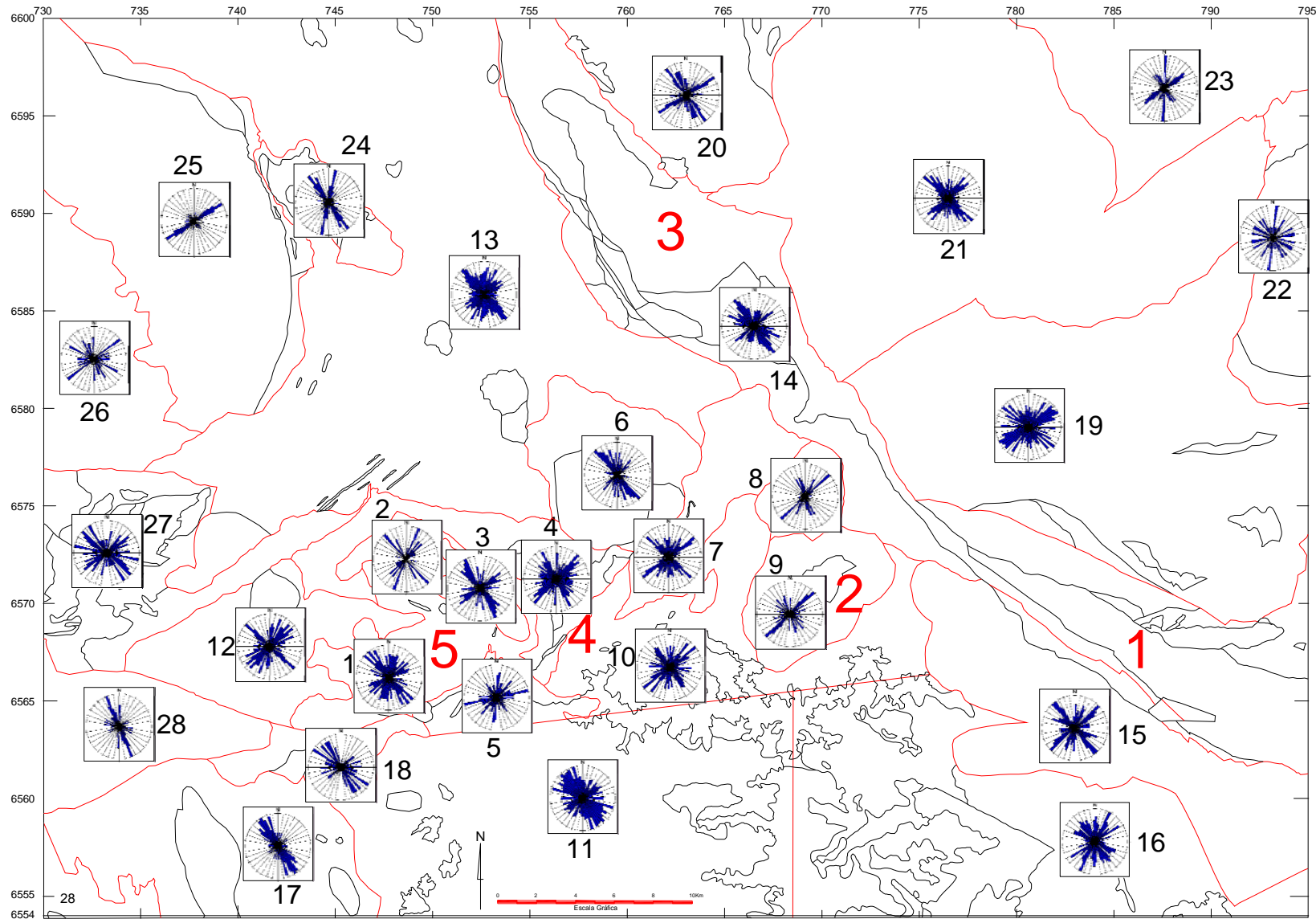


Figura 5.11 Localização dos diagramas em roseta dos lineamentos tipo 2 extraídos das imagens de satélite e, dos elipsóides de paleotensão.



O diagrama em rosetas dos lineamentos tipo 2 extraídos das imagens de satélite de toda a área da dissertação (Fig. 5.12) mostra-se compatível com as direções de esforços  $\sigma_1$  e  $\sigma_3$  geradas no elipsóide de paleotensão de toda a área da dissertação ( $\sigma_1 = 13^\circ,159^\circ$ ;  $\sigma_2 = 77^\circ,339^\circ$ ;  $\sigma_3 = 13^\circ,252^\circ$ ). No diagrama em rosetas, a disposição dos lineamentos tipo 2 é compatível com uma direção de esforços principal NNW( $160^\circ$ ) e forma um sistema conjugado NE (P levógiro), e NW (R dextrógiro). Nesse caso, as fraturas T (tratativas, ou transtrativas) teriam direção NNW.

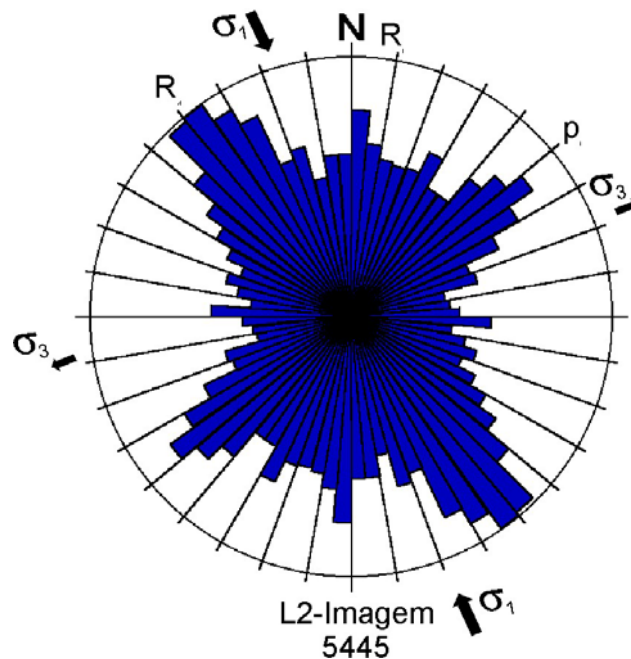


Figura 5.12 Diagrama em roseta dos lineamentos tipo 2 das imagens de satélite da área da dissertação.

De um modo geral, os diagramas em roseta dos lineamentos tipo 2 das imagens de satélite da sub-área de ocorrência da Suíte Sub-vulcânica Vauthier (Fig. 5.13, diagramas dos locais 1, 2, 3, 4 e 12) apresentam uma disposição onde a direção de esforço compressivo é NNW, e há desenvolvimento do sistema conjugado NE (P levógiro), NNE (R levógiro) e NW (R dextrógiro). No entanto, pode-se observar uma distribuição heterogênea das direções de fraturas nos diferentes locais dessa sub-área, conforme está representado nos seus respectivos diagramas (Fig. 5.13). Essas heterogeneidades de distribuição das fraturas refletem arranjos geométricos e corroboram as subdivisões de áreas deformacionalmente homogêneas como referido anteriormente.

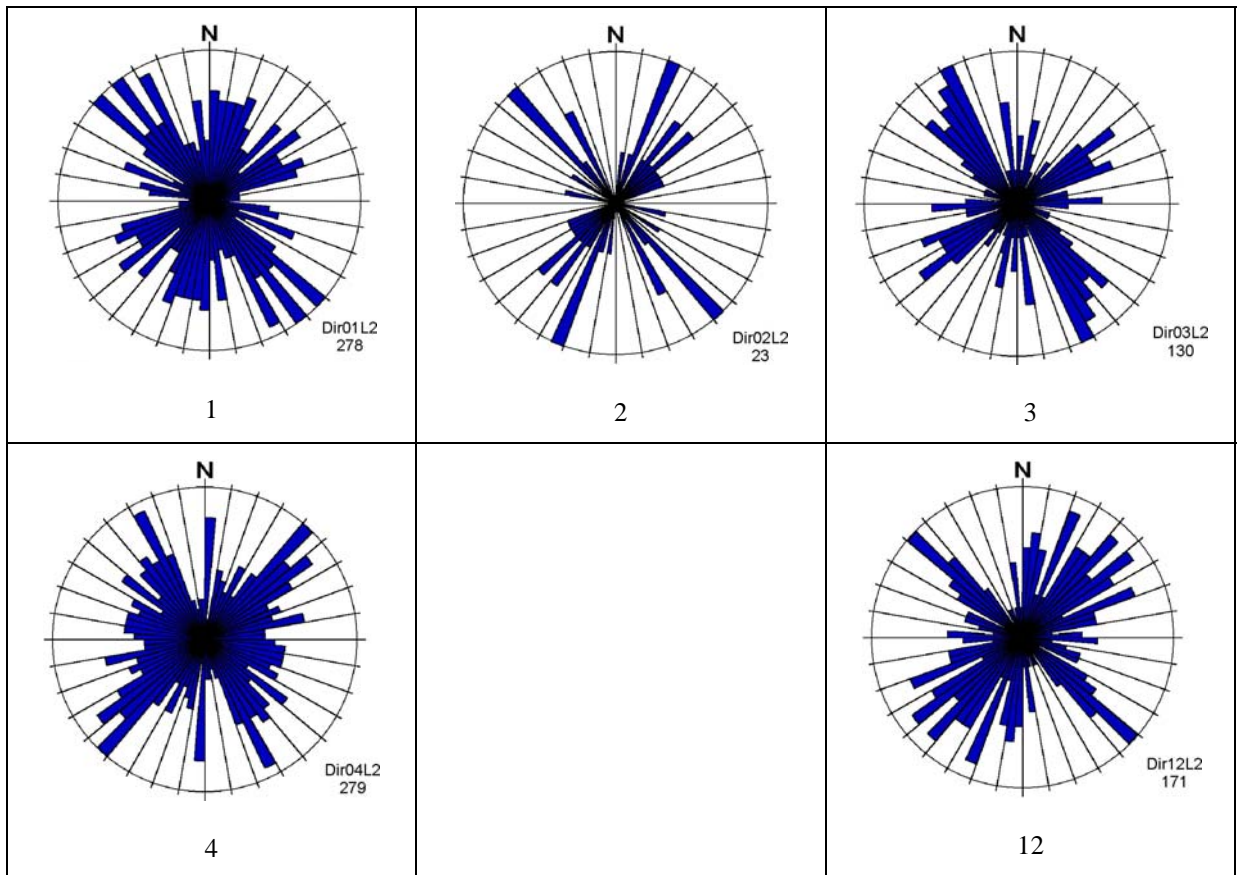


Figura 5.13. Diagramas dos locais 1, 2, 3, 4 e 12 da sub-área da Mina Barcellos.

Nos locais a sul da falha do contato da SSV com a Formação Santa Bárbara, nos granulitos do sul e nos sedimentos da Formação Rio Bonito, o sistema com sentido dextrógiro é o mais desenvolvido (Fig. 5.14, diagramas dos locais 18, 17 e 28). Nessa sub-área, a heterogeneidade da deformação pode novamente ser observada, apesar do predomínio das direções NW.

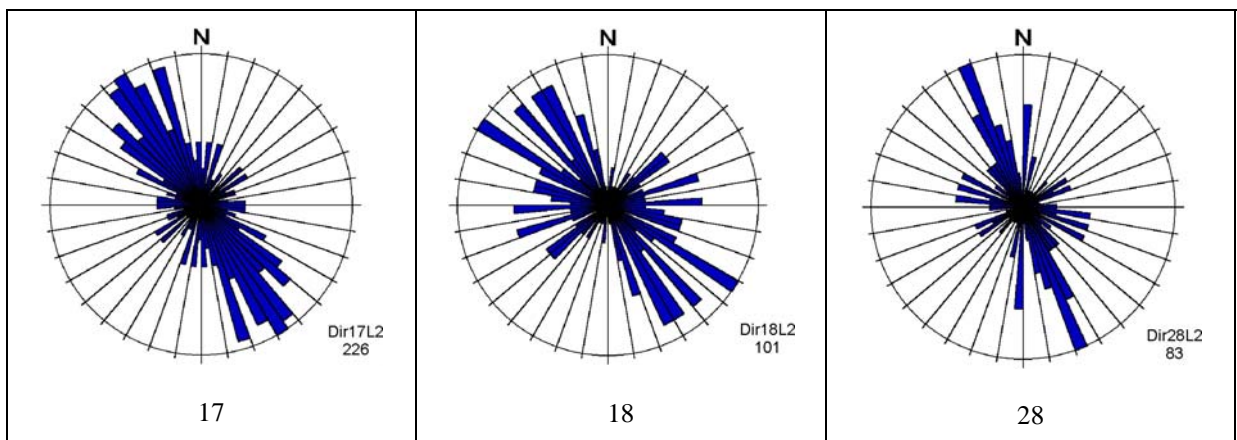


Figura 5.14. Diagramas dos locais 17, 18 e 28.

O diagrama do local 5 (Fig. 5.15), posicionado no limite sul da SSV, apresenta forte influência do sistema de falhas de direção  $250^{\circ}$ ,  $(60-80^{\circ})$ , dextrógiro. Essa posição corresponde às direções das fraturas compressoriais, uma vez que estão orientadas aproximadamente perpendiculares à direção de  $\sigma_1$  geral ( $160-340^{\circ}$ ). Esse sistema de falhas parece ser o mesmo que ocorre ao longo do Arroio do Salso, a sul do Platô do Taquarembó, numa inflexão de NE para NW.

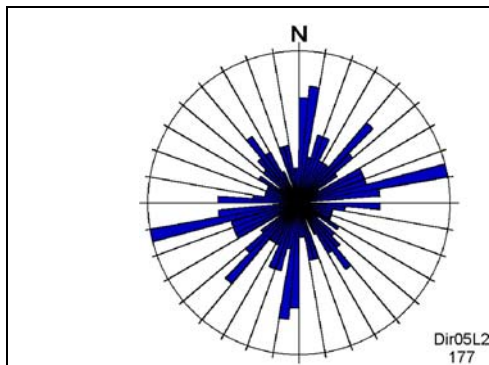


Figura 5.15 Diagrama do local 5.

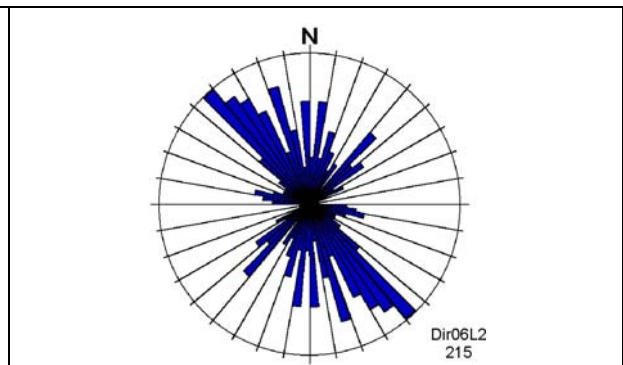


Figura 5.16 Diagrama do local 6.

O diagrama do local 6 (Fig. 5.16), na área do Granito Passo da Chácara, também apresenta o padrão conjugado NE-NW, com direção de esforços coincidente com o elipsóide geral de paleotensão. Porém, observa-se uma maior concentração de lineamentos na direção NW (R dextrógiro), que aproximadamente acompanha a direção do Lineamento de Ibaré.

Os diagramas dos locais 7, 8 e 9 (Fig. 5.17), esse último na área do Granito Saibro, mostram predominância de lineamentos com direção NE, coincidente com a direção de fraturas P do elipsóide geral e do elipsóide de paleotensão do Granito Saibro. O diagrama do local 7 também mostra uma forte presença de lineamentos NNW e NW, como observado no diagrama do local 6, no Granito Passo da Chácara.

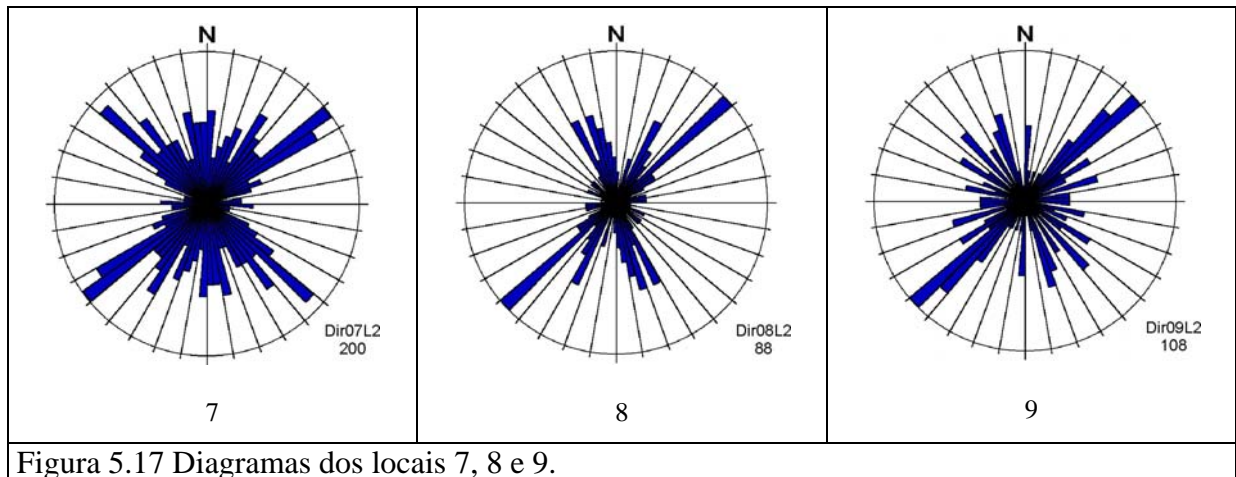


Figura 5.17 Diagramas dos locais 7, 8 e 9.

Os diagramas dos locais 10 e 11 (Fig. 5.18) correspondem a posições na Suíte Granítica Santo Afonso e apresentam ampla distribuição nas direções dos lineamentos. O diagrama do local 10 mostra a presença do conjunto NE, NNE e NW, mas o sistema NE mais proeminente. O diagrama do local 11 apresenta o sistema NW mais forte, mas com muita variação nas direções (R dextrógiro e P dextrógiro); o sistema NE é pouco desenvolvido.

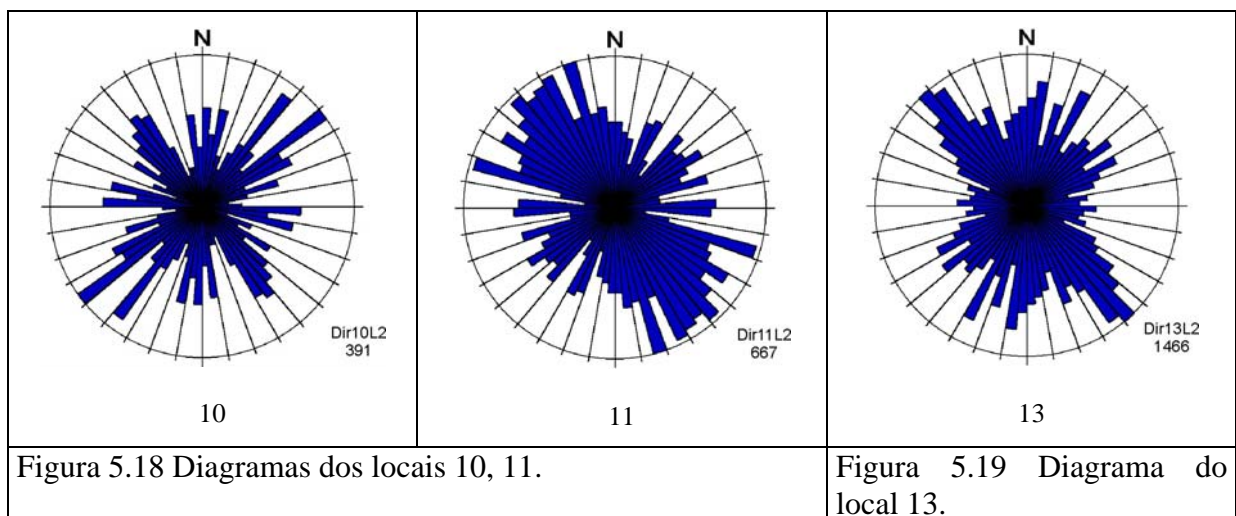


Figura 5.18 Diagramas dos locais 10, 11.

Figura 5.19 Diagrama do local 13.

O diagrama do local 13 (Fig. 5.19) corresponde aos lineamentos extraídos da área dos granulitos do norte e abrange uma grande área com um grande número de direções. Nesse diagrama, observa-se que o conjunto NW, NNE e NE está presente; mas, há o predomínio das direções NW (P dextrógira).

Os diagramas dos locais 14 e 15 (Fig. 5.20) estão ao longo do Lineamento de Ibaré; o local 14 a NW, na sub-área de Ibaré, e o local 15, na sub-área do Granito Cerro das Marcas (Marmeleiro). O diagrama do local 14 retrata bem os resultados apresentados pelo diagrama



em rosetas associado ao elipsóide de paleotensão dessa área,  $\sigma_1 = 24^\circ, 195^\circ$ ; as principais direções do diagrama em rosetas correspondem às fraturas P e C de Riedel, que caracterizam o Lineamento de Ibaré. No diagrama do local 14, o sistema NE (levógiro), coincide com o que foi interpretado como fratura R' do sistema dextrógiro no diagrama em rosetas do elipsóide local de paleotensão; no elipsóide geral, essa direção, corresponde às fratura P ou C, levóginas.

No diagrama do local 15, a direção de  $\sigma_1 = 24^\circ, 170^\circ$ , da sub-área do Marmeleiro, mostra novamente o conjunto NW, NNE e NE com movimentos dextrógiros (R) e levógiro (R e P) respectivamente. De forma mais dispersa, essas mesmas direções de fratura aparecem no diagrama do local 16, a sul do Granito Cerro das Marcas.

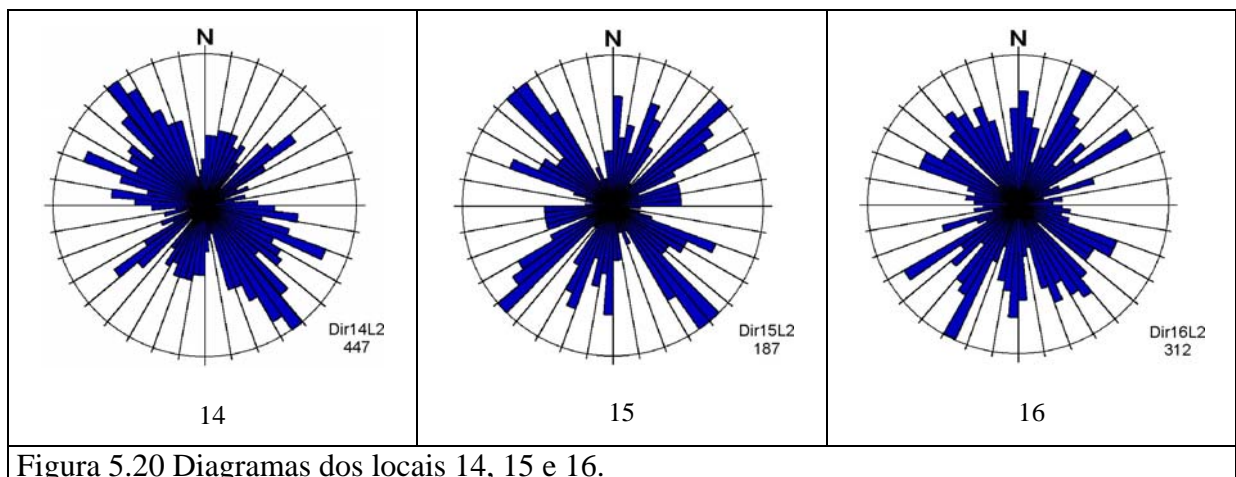


Figura 5.20 Diagramas dos locais 14, 15 e 16.

O diagrama do local 19 (Fig. 5.21), nos gnaisses do Complexo Cambaí da área do Passo da Cardosa-Cerro da Mantiqueira, apresenta predomínio do sistema NE em relação ao NW e mostra mais influência do sistema de falhas do Cerro dos Cabritos (NE, P levógiro) do que do Lineamento de Ibaré (NW, C e P dextróginas). Os diagramas dos locais 22 e 23 (Fig. 5.21) correspondem ao extremos NE da área da dissertação. O diagrama do local 22 corresponde ao granito de borda do Complexo Granítico Lavras do Sul, no lado oeste, na região das ocorrências de ouro do Bloco do Butiá, Boa Vista e outras. O diagrama do local 23 está em áreas de gnaisses do Complexo Cambaí, a NE do Granito Jaguarí.

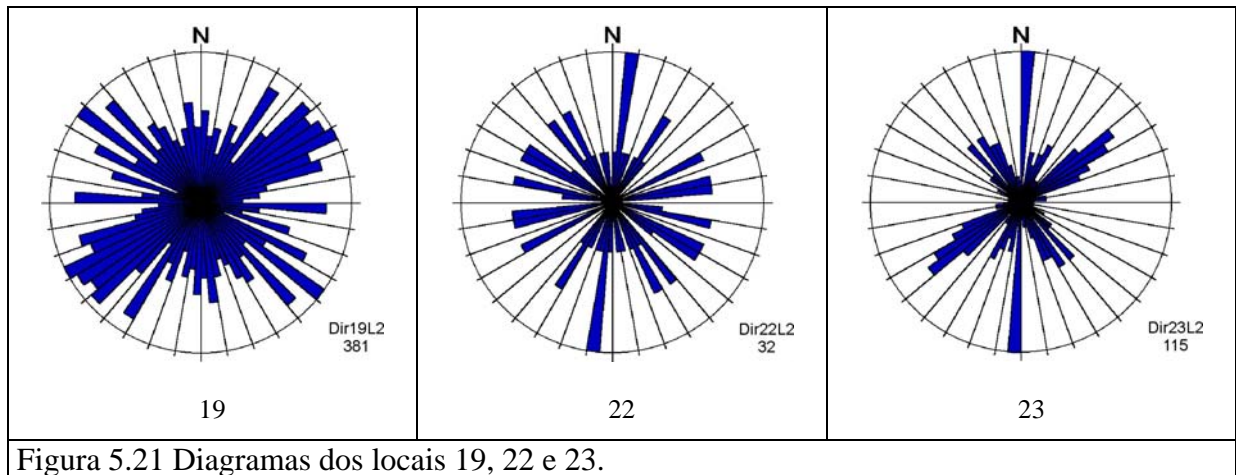


Figura 5.21 Diagramas dos locais 19, 22 e 23.

O diagrama do local 20 (Fig. 5.22) corresponde ao Monzogranito Santa Rita e apresenta um padrão compatível com o elipsóide geral de paleotensão. As direções NW (R dextrógira) e NE (P levógira) estão bem caracterizadas. Não aparecem nesse diagrama, as direções das fraturas R levógiras, que corresponderiam à posição dos Diques Armeiras caracterizados nessa área; isso se deve, provavelmente, ao fato dos diques se apresentarem como feições positivas, difíceis de caracterizar como lineamentos tipo 2 nas imagens de satélite.

O diagrama do local 21 corresponde ao Granito Jaguarí e o conjunto NW (C dextrógiro) e NE (P levógiro) está bem marcado, com maior densidade na direção NW. Nas imagens de satélite, o padrão NE corresponde ao sistema de falhas do Cerro dos Cabritos e é muito nítido, com falhas retilíneas de traços longos que mostram um rejeito horizontal superior a 9Km. A incongruência do diagrama deve-se a que o método considera o número de lineamentos presente em determinada direção e não leva em consideração o comprimento das estruturas.

O diagrama do local 24 corresponde ao Monzogranito Santo Antônio onde se observa forte presença do sistema dextrógiro NW (R), ao longo do qual o granito se encaixa (é um corpo alongado segundo essa direção). Mas, também ocorre a direção N10-15°E, que corresponde às fraturas R levógiras do elipsóide geral de paleotensão. O sistema NE, que é muito forte nas rochas vulcânicas ácidas do Platô do Taquarembó (local 25), com o qual o Monzogranito Santo Antônio faz contato e é intrusivo, não aparece nesse diagrama.

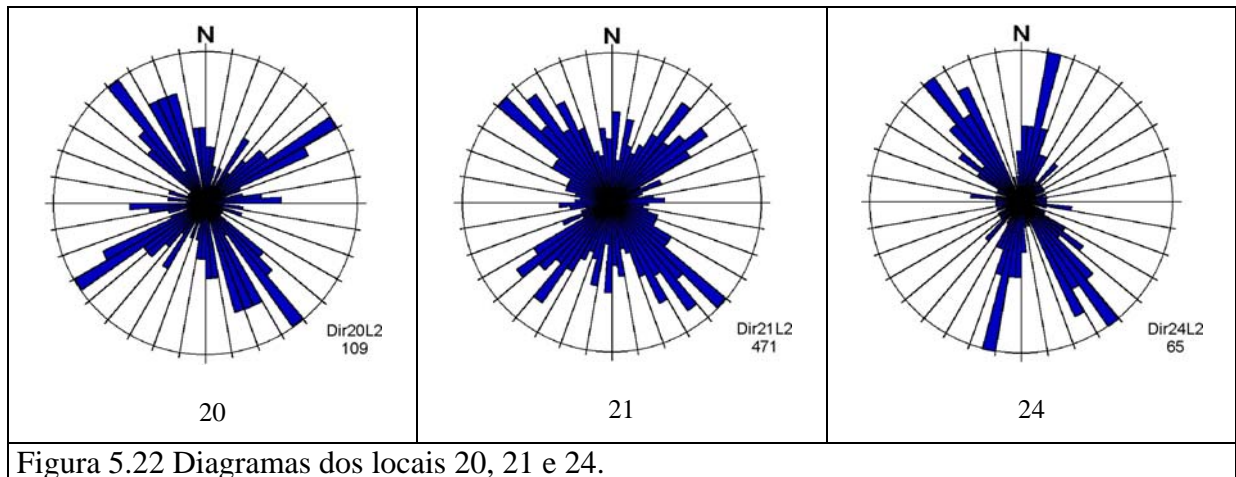


Figura 5.22 Diagramas dos locais 20, 21 e 24.

O diagrama do local 25 (Fig. 5.23) corresponde às rochas vulcânicas ácidas do Platô do Taquarembó e mostra predomínio absoluto do sistema NE, muito visível nas imagens de satélite, de forma tal que inibe a caracterização das outras direções de lineamentos tipo 2. Essa direção corresponde às fraturas P levógiras do elipsóide geral de deformação.

O diagrama do local 26, na área dos andesitos do Platô do Taquarembó, sotopostos às vulcânicas ácidas, mostra os dois sistemas de fraturas, NW e NE, apesar dos poucos lineamentos extraídos e da ampla distribuição de direção dos mesmos. Essas fraturas correspondem às direções de P dextrógira (WNW), C dextrógira (NW) e P levógira (NE).

O diagrama do local 27 corresponde à área sul do Platô do Taquarembó, na região do Complexo Anelar Leões. Nesse diagrama, os lineamentos apresentam uma distribuição radial, com ligeiro predomínio do sistema NW em relação ao sistema NE. Essas direções radiais estão, possivelmente relacionadas à intrusão do Complexo Anelar Leões, ou ao colapso do cone vulcânico.

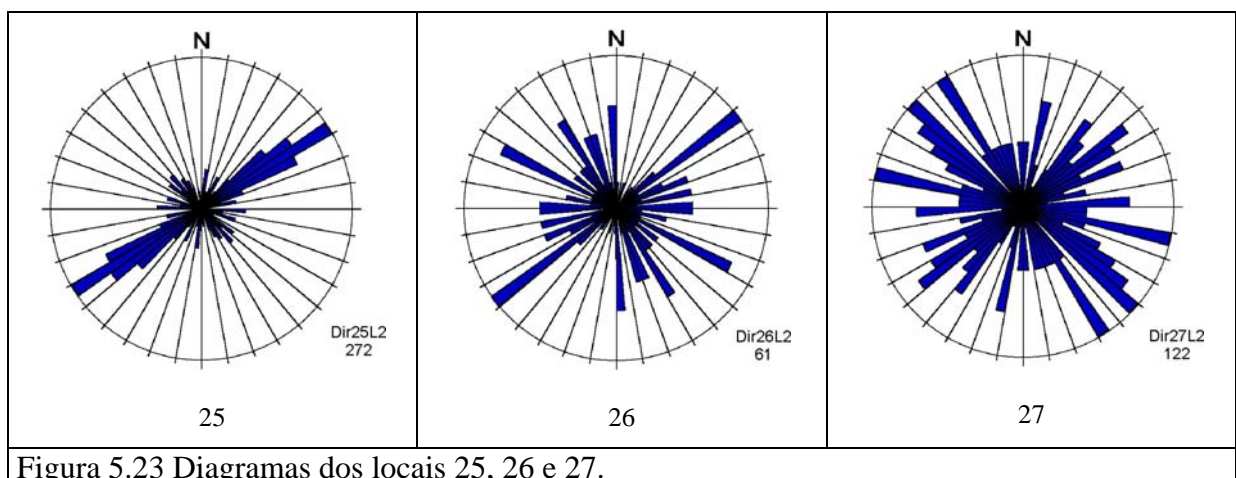


Figura 5.23 Diagramas dos locais 25, 26 e 27.



### 5.3.2. Lineamentos tipo 2 extraídos de fotografias aéreas 1:25.0000

A partir do mosaico das fotografias aéreas ortorretificadas e da delimitação dos contatos litológicos foram definidos 14 locais para confecção dos diagramas em roseta dos lineamentos tipo 2 extraídos das fotografias (Figuras 5.24 e 5.25).

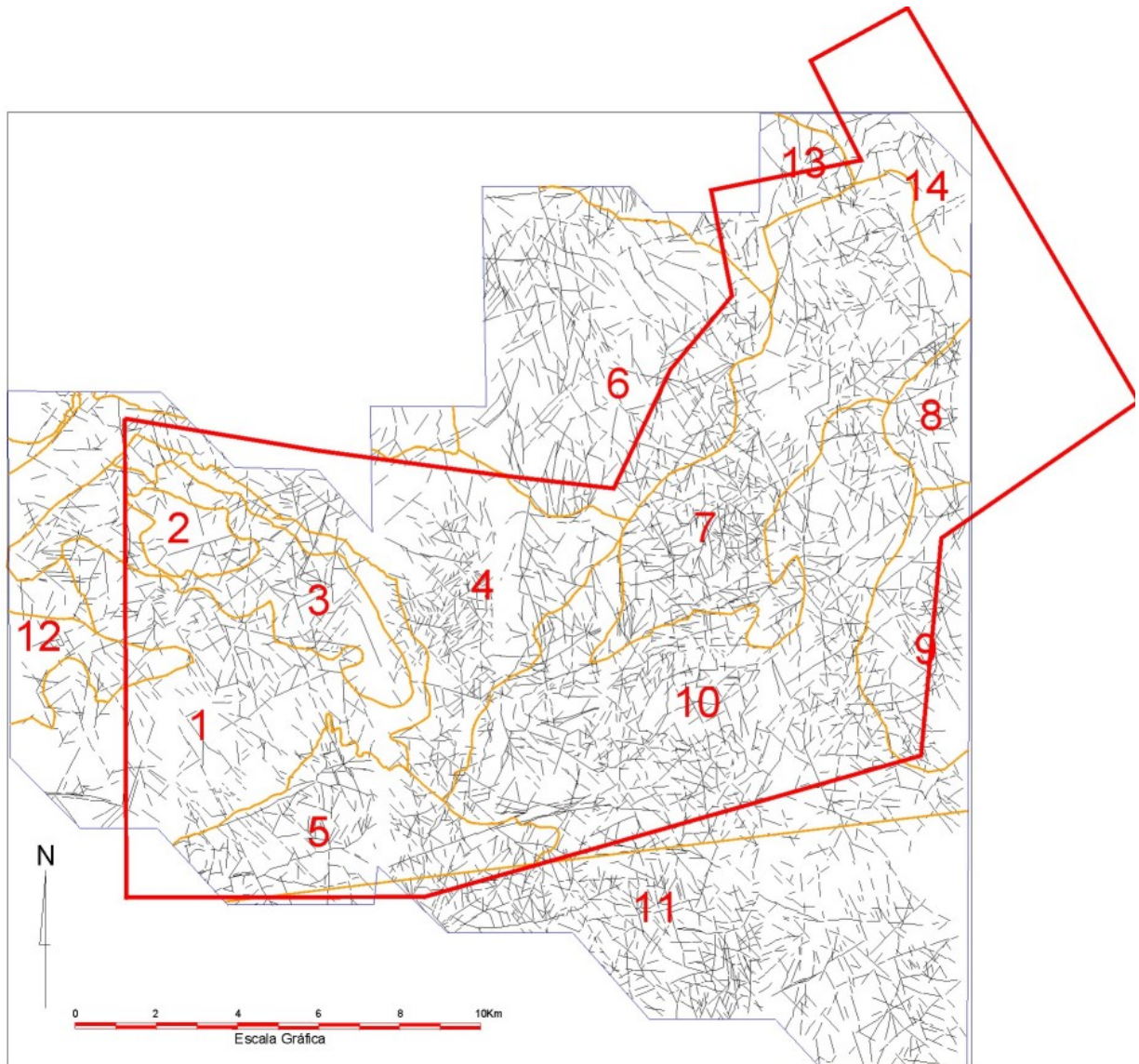


Figura 5.24 Lineamentos tipo 2 extraídos do mosaico de fotografia aérea 1:25.000.

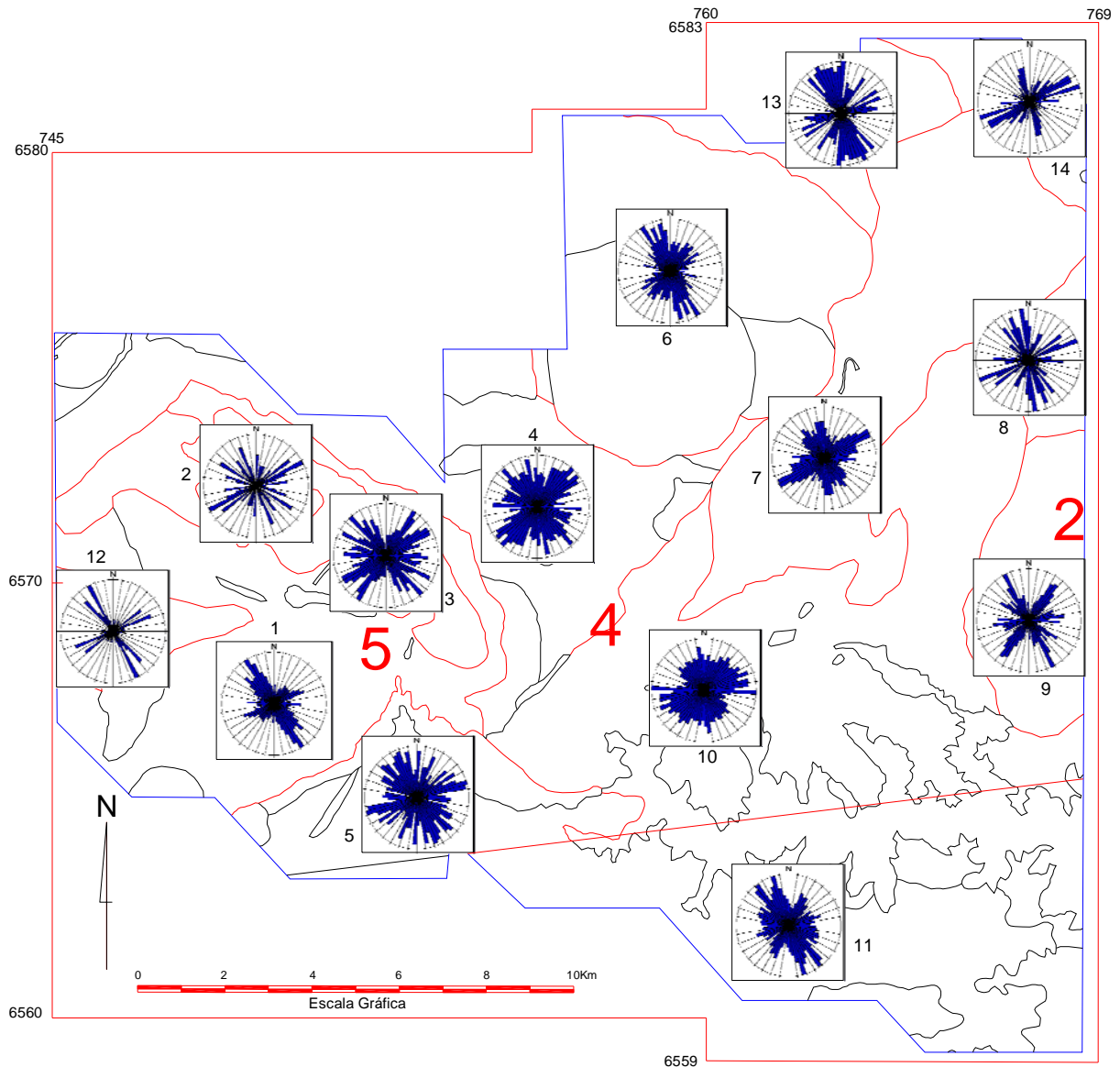


Figura 5.25 Mosaico de fotografias aéreas com local dos diagramas dos lineamentos tipo 2.

Os diagramas dos locais 1 e 12 (Fig. 5.26) correspondem à zona de afloramentos da Suíte Sub-vulcânica Vauthier, mesma área do elipsóide de paleotensão da sub-área 5. No diagrama dos lineamentos extraídos das fotografias aéreas, há um predomínio dos lineamentos NW, cuja direção principal coincide com a direção de  $\sigma_1$  do elipsóide de paleotensão da área; nesse caso, pode haver duas interpretações: a) os lineamentos correspondem às fraturas T (tratativas), situação pouco provável pois se distribuem regionalmente, ou b) correspondem ao sistema dextrógiro NW (R dextrógiro) com as fraturas T (tratativas) posicionadas um pouco mais a NNW, de acordo com o elipsóide de paleotensão. Pelas informações de campo, essa direção corresponderia à direção do filão da Mina Barcellos

(não identificado pelo autor) e aos lineamentos interpretados como R' no diagrama em rosetas associado ao elipsóide de paleotensão da área.

O diagrama do local 2 corresponde à zona de afloramentos dos dacitos e riocacitos porfíricos da Suíte Sub-vulcânica Vauthier, encaixados numa faixa de granulitos do Complexo Granulítico Santa Maria Chico. Esse diagrama apresenta uma distribuição radial dos lineamentos, com ligeiro predomínio da direção NE. Se for considerado o elipsóide de paleotensão da área da Estação Vauthier ( $\sigma_1 = 20^\circ, 150^\circ$ ,  $\sigma_3 = 20^\circ, 248^\circ$ ), o sistema NE (R' levógiro) seria transpressivo, enquanto os lineamentos com direção NW (R e C dextrógiros) seriam trativos.

Do ponto de vista da prospecção, não foram observadas, nessa área, estruturas tectônicas portadoras de mineralizações, como veios de quartzo, ou zonas de brechas silicosas; porém ocorrem zonas fraturadas nos granulitos preenchidas por rochas sub-vulcânicas, com brechação da encaixante e formação de microdiques em fraturas. A disposição radial dos lineamentos pode indicar a presença de esforços verticais com geração de fraturas radiais no topo de uma câmara magmática. Essa última hipótese foi aventada durante os trabalhos de campo e nessa dissertação, mas não foi estudada. Essa área é interessante do ponto de vista metalogenético em virtude da presença de anomalias geoquímicas.

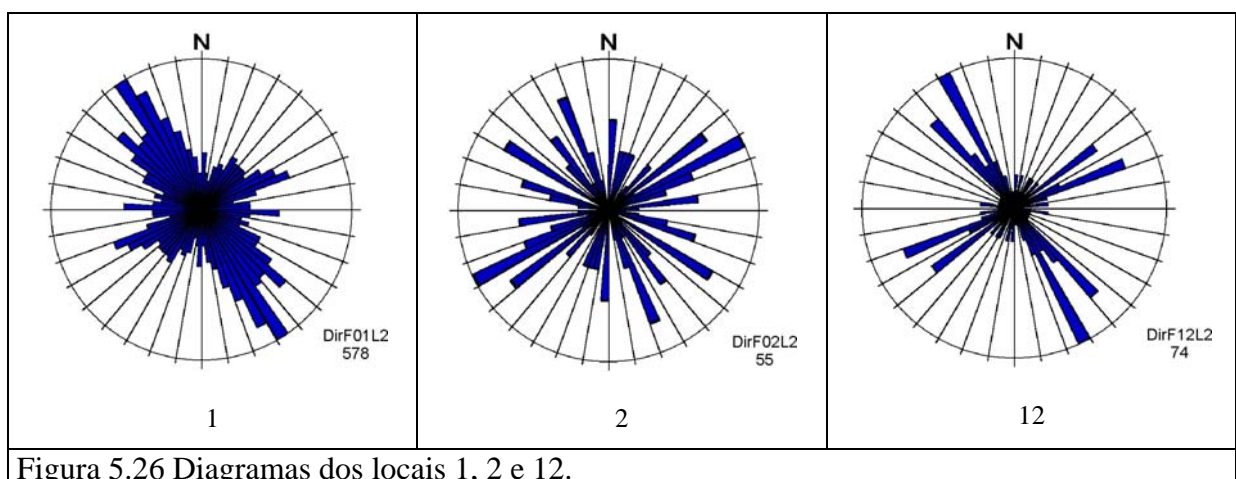


Figura 5.26 Diagramas dos locais 1, 2 e 12.

O diagrama do local 3 (Fig. 5.27) corresponde à faixa de granulitos encaixado na SSV. Nesse diagrama, os lineamentos também se distribuem radialmente, mas é possível caracterizar duas direções principais: NE (P levógiro) e NW (R dextrógiro).

Os diagramas dos locais 4 e 5 também apresentam uma distribuição radial dos lineamentos tipo 2, mas, do mesmo modo que o diagrama do local 3, é possível definir a presença de duas direções principais, embora tênues. Do mesmo modo que nos lineamentos extraídos do local 5 das imagens de satélite, os lineamentos extraídos das fotografias aéreas mostram o sistema de falhas 260°-270°, cuja posição e sentido de movimento medido no campo apresenta pouca compatibilidade com os dados do elipsóide de paleotensão interpretados para a área, e podem corresponder a fraturas compressoriais.

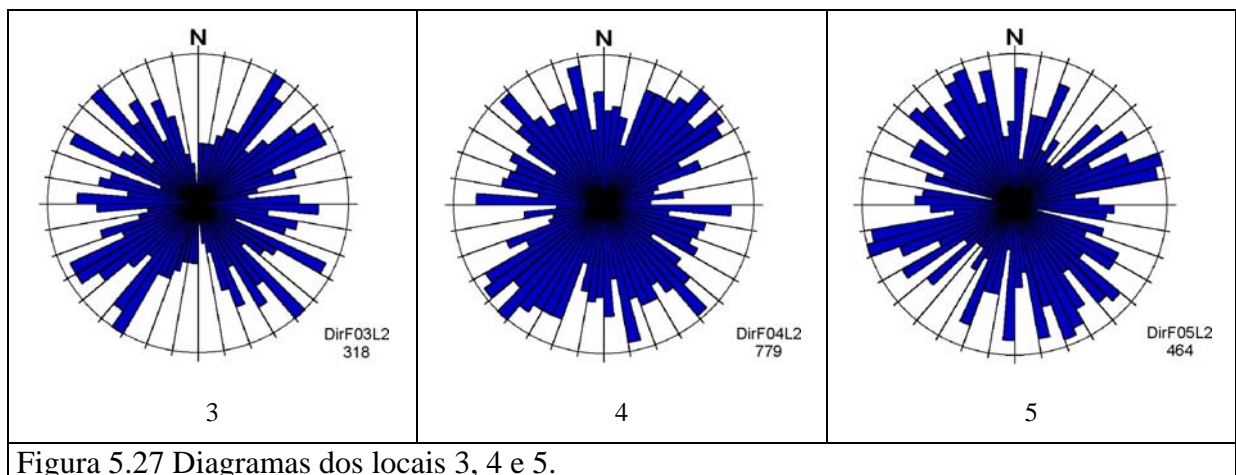


Figura 5.27 Diagramas dos locais 3, 4 e 5.

O diagrama do local 6 (Fig. 5.28), situado na região do Granito Passo da Chácara, apresenta compatibilidade com o elipsóide geral de paleotensão e mostra um predomínio de lineamentos do sistema dextrógiro NW (R) em relação ao sistema NE (P levógiro).

Os diagramas dos locais 7 e 8 diferem entre si apenas pela quantidade de lineamentos extraídos, pois as direções são as mesmas. O diagrama do local 7 corresponde à faixa de gnaisses de direção NE, que vai do Cerro das Caneleiras até o Lineamento de Ibaré, na área das Três Estradas. É essa direção que apresenta a maior densidade de lineamentos, que corresponde ao sistema levógiro NE (P). Ao considerarmos o elipsóide de paleotensão obtido na sub-área do Cerros das Tunas e Cerro das Caneleiras ( $\sigma_1 = 00^\circ, 152^\circ$ ,  $\sigma_3 = 00^\circ, 242^\circ$ ) para essa área, a direção dos lineamentos NE corresponderia aos lineamentos transpressivos, onde aparece a foliação e a xistosidade.



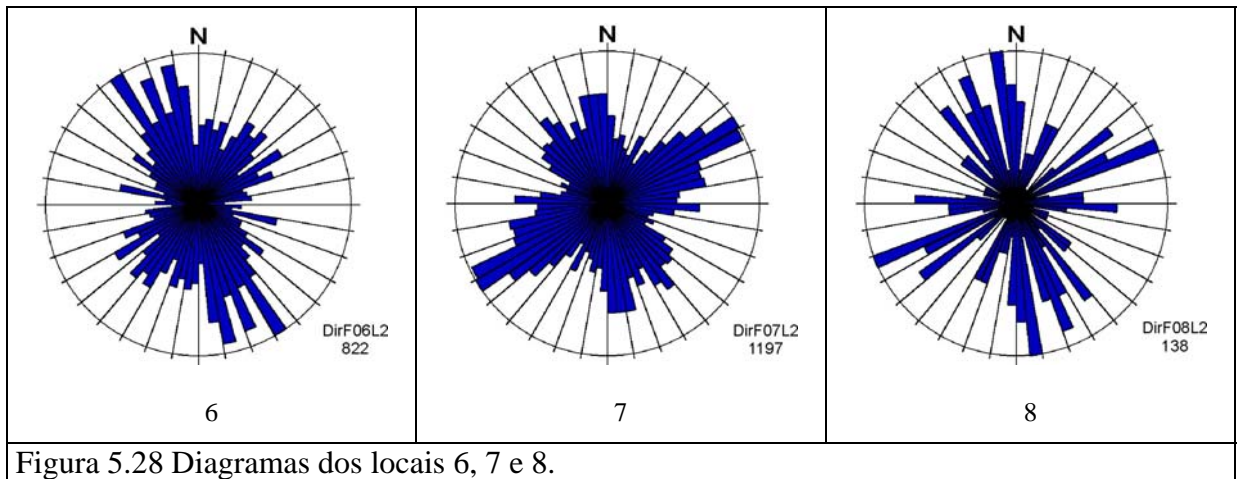


Figura 5.28 Diagramas dos locais 6, 7 e 8.

O diagrama do local 9 (Fig. 5.29) corresponde à borda oeste do Granito Saibro. Nesse diagrama, observa-se o sistema NE levógiro (C) concordante com a direção definida pelo elipsóide de paleotensão da área do Granito Saibro. No diagrama do local 9, a direção NW aparece saliente, é paralela à borda SW do granito e apresenta maior densidade de lineamentos; essa direção corresponde às fraturas R dextróginas do elipsóide geral de paleotensão.

Os diagramas dos locais 10 e 11 pertencem a áreas da Suíte Granítica Santo Afonso. O diagrama do local 10 apresenta a direção E-W saliente em relação às demais, que formam uma distribuição radial concentrada no centro do diagrama. No diagrama do local 11, os lineamentos apresentam direção NW mais saliente e uma distribuição radial, onde a direção NE aparece mas não se destaca.

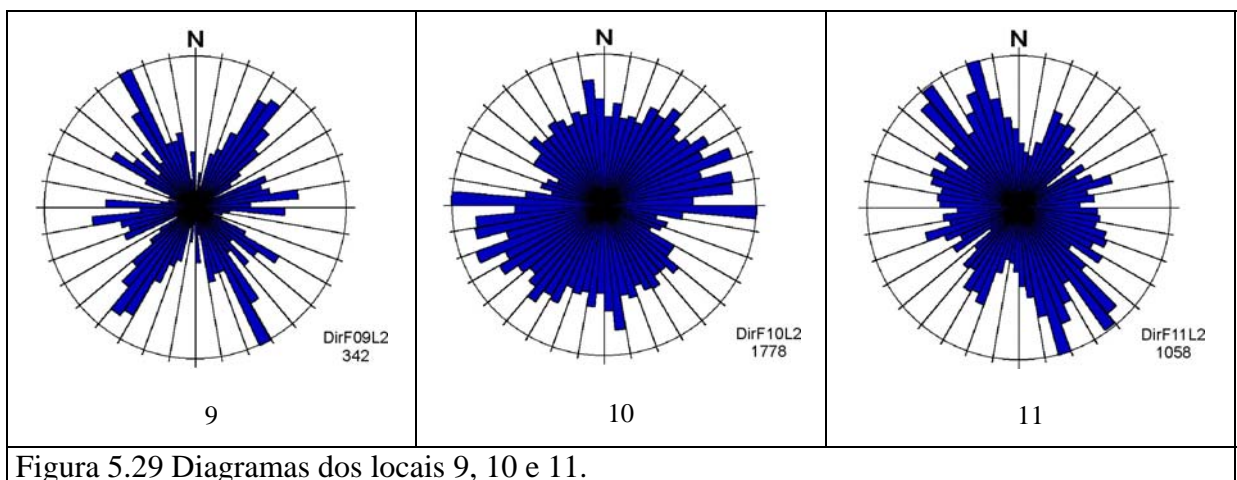


Figura 5.29 Diagramas dos locais 9, 10 e 11.

Os diagramas dos locais 13 e 14 (Fig. 5.30) correspondem a áreas próximas às Três Estradas, na zona de influência do Lineamento de Ibaré. Nesses diagramas, a direção de compressão definida pelo elipsóide de paleotensão da região de Ibaré caracteriza o conjunto NW-NE, com o sistema NW (R dextrógiro) mais forte no local 13, nos granulitos, e o sistema NE (R e P levógiros) mais forte no local 14, na Formação Maricá.

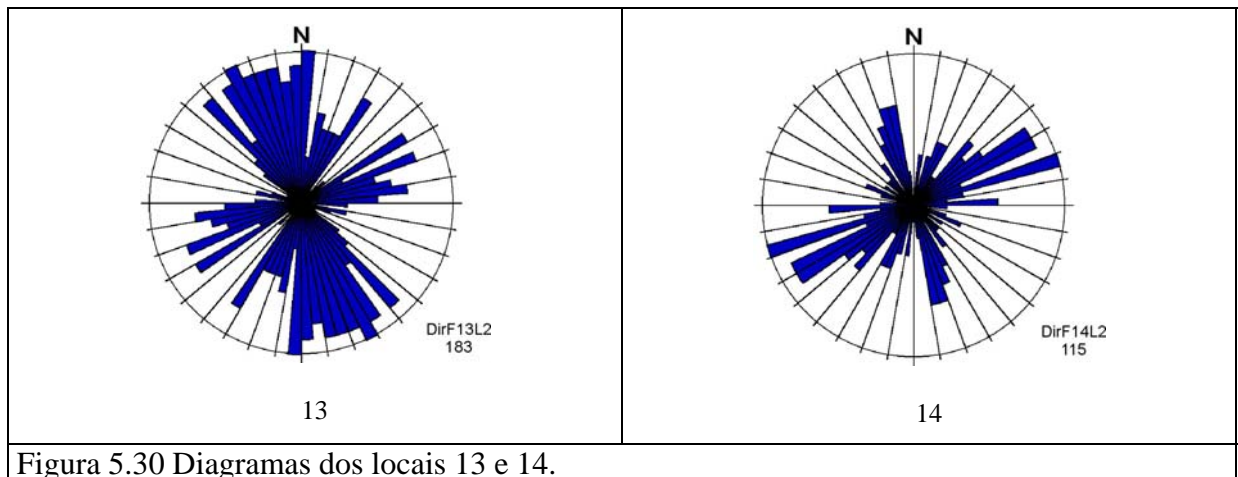


Figura 5.30 Diagramas dos locais 13 e 14.

#### 5.4. ANÁLISE DINÂMICA

As análises geométrica e cinemática permitiram distinguir as famílias de estruturas rúpteis nas quais há o alojamento de diferentes tipos de veio de quartzo e brechas na região de Torquato Severo – Estação Vauthier, no Município de Dom Pedrito (RS). Essas etapas de análise corroboram observações de campo com relação à geometria de veios em falhas ramificadas (Fig. 5.31).

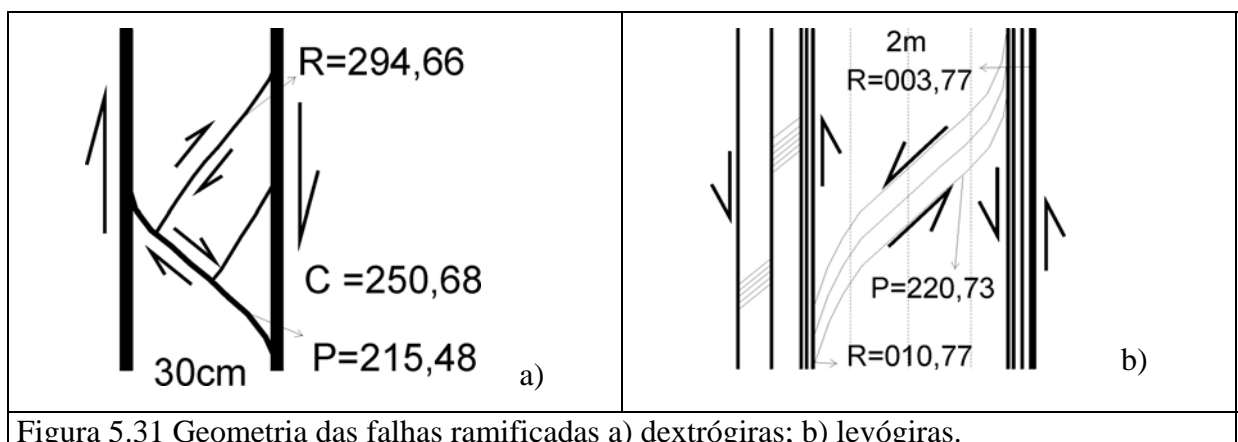


Figura 5.31 Geometria das falhas ramificadas a) dextróginas; b) levóginas.

Os elementos reunidos e analisados acima podem ser resumidos da seguinte forma:

- a) as principais direções de deformação, em nível regional, são:  $\sigma_1 = 13^\circ, 159^\circ$ ;  $\sigma_2 = 77^\circ, 339^\circ$ ;  $\sigma_3 = 13^\circ, 252^\circ$ ;
- b) as principais direções de fratura, em nível regional, mostram deslocamentos dextrógiros e levógiros que respeitam o mesmo campo tensional;
- c) as direções de fratura de maior frequência são  $140^\circ$ - $320^\circ$  (dextróginas) e  $60^\circ$ - $240^\circ$  (levóginas). Essas direções correspondem às fraturas R dextróginas e P levóginas, respectivamente.

Esses elementos estruturais permitem sugerir que a última fase deformacional na região de Torquato Severo – Estação Vauthier, (Município de Dom Pedrito, RS), onde se concentram os estudos realizados, teve natureza rúptil. Essa deformação rúptil originou famílias conjugadas de fraturas dextróginas e levóginas ramificadas, que alojam as principais ocorrências de ouro, na forma de *gold-quartz veins* ( ou *lode type deposits* ).

A partir dessa constatação, uma nova análise geométrica dos padrões de fratura da região dessa dissertação, permite identificar dois tipos básicos de situação (Fig. 5.32):

- a) as fraturas dextróginas apresentam padrões de ramificação transtensionais ( $C \Rightarrow R$ );
- b) as fraturas levóginas apresentam padrão de ramificação predominantemente transpressivos ( $R \Rightarrow P$  ou  $C$ ).



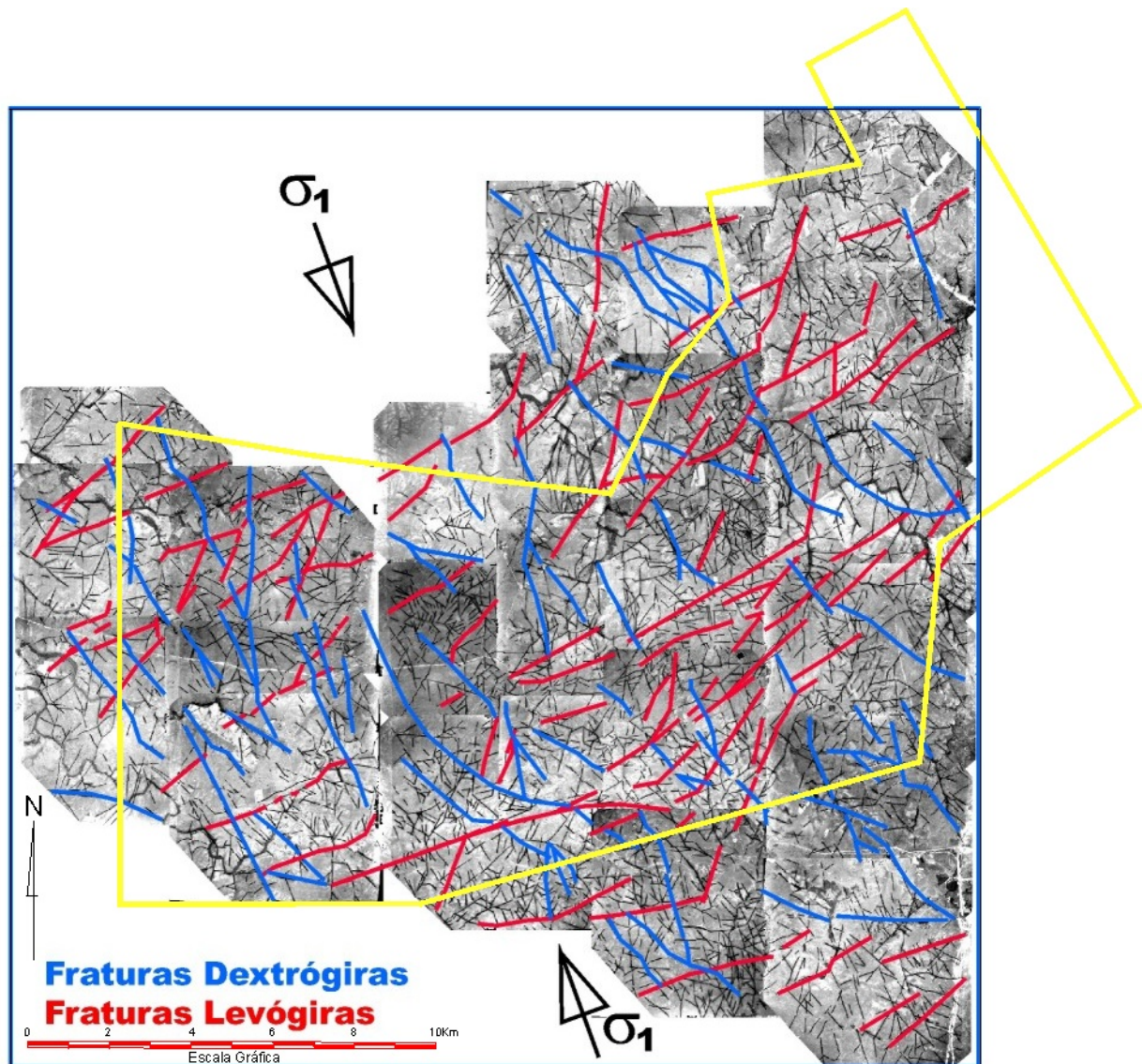


Figura 5.32 Direções de fratura em relação ao elipsóide de paleotensão regional.

## 5.5. ATITUDE DOS VEIOS MEDIDOS NA PROSPECÇÃO REGIONAL

Na área da prospecção regional executado pela CBC (Iglesias, 1992), foram medidas atitudes de 430 estruturas filonianas formadas por veios de quartzo, brechas silicosas e hidrotermalitos quartzo-sericíticos, dos quais 210 apresentaram teores de ouro e 80 a presença de molibdenita e outros metais básicos, como galena, esfalerita e minerais de cobre. Os diagramas em roseta das atitudes dos veios foram subdivididos em nove direções, de modo a separar possíveis famílias de veios com direções preferenciais mineralizadas, ou potencialmente favoráveis à mineralização e verificar sua distribuição no campo (Figuras 5.33 e 5.34 e Tabela 5.6).

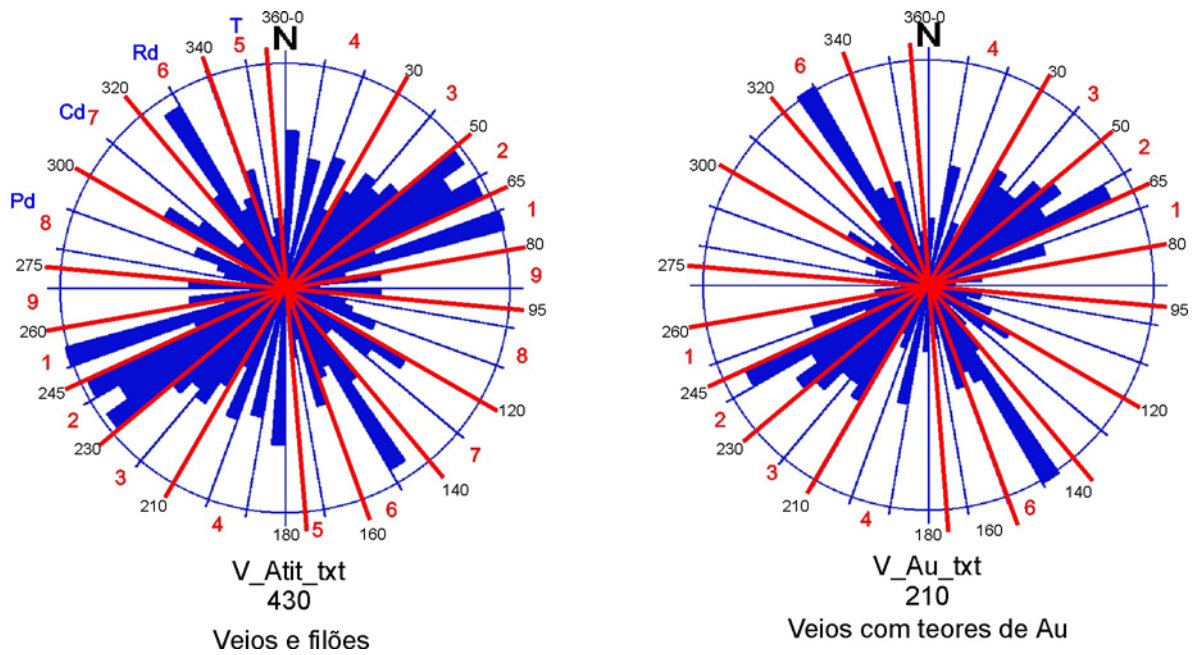


Figura 5.33 Diagrama de atitudes de filões e veios medidas durante a prospecção regional.

Tabela 5.6 - Famílias de veios encontradas durante a prospecção regional.

Família	Direção		Obs	Família	Direção		Obs
1(L)	65-79	245-259	Au,Hdr	6(D)	140-159	320-339	Au,Mo,Br
2(L)	50-64	230-244	Au,Mo	7(D)	120-139	300-319	
3(L)	30-49	210-229	Au,Br,Hdr	8(D)	95-119	275-299	
4(L)	355-29	175-209	Au, Br	9	80-94	260-274	
5	160-174	340-354					

Au = ouro; Br = brechas; Hdr = hidrotermalitos, Mo = molibdenita; (L)=levógira; (D)=dextrógira.

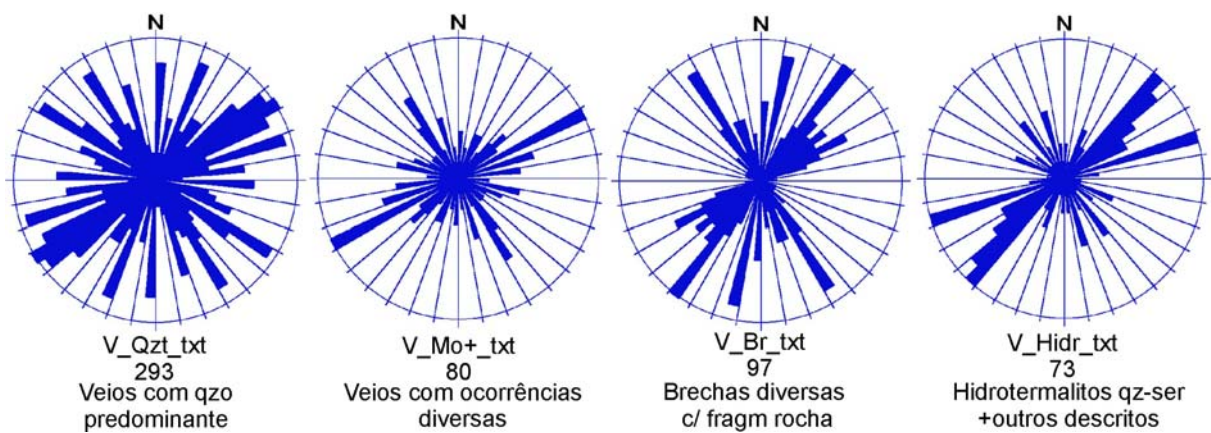


Figura 5.34 Diagrama em roseta das atitudes de filões medidas durante a prospecção regional.

Essa sistemática permitiu visualizar, por meio da plotagem dos dados de cada família de veio, em cores diferentes no mapa da Figura 5.35, que as direções (famílias) dos veios distribuem-se por toda a área amostrada.

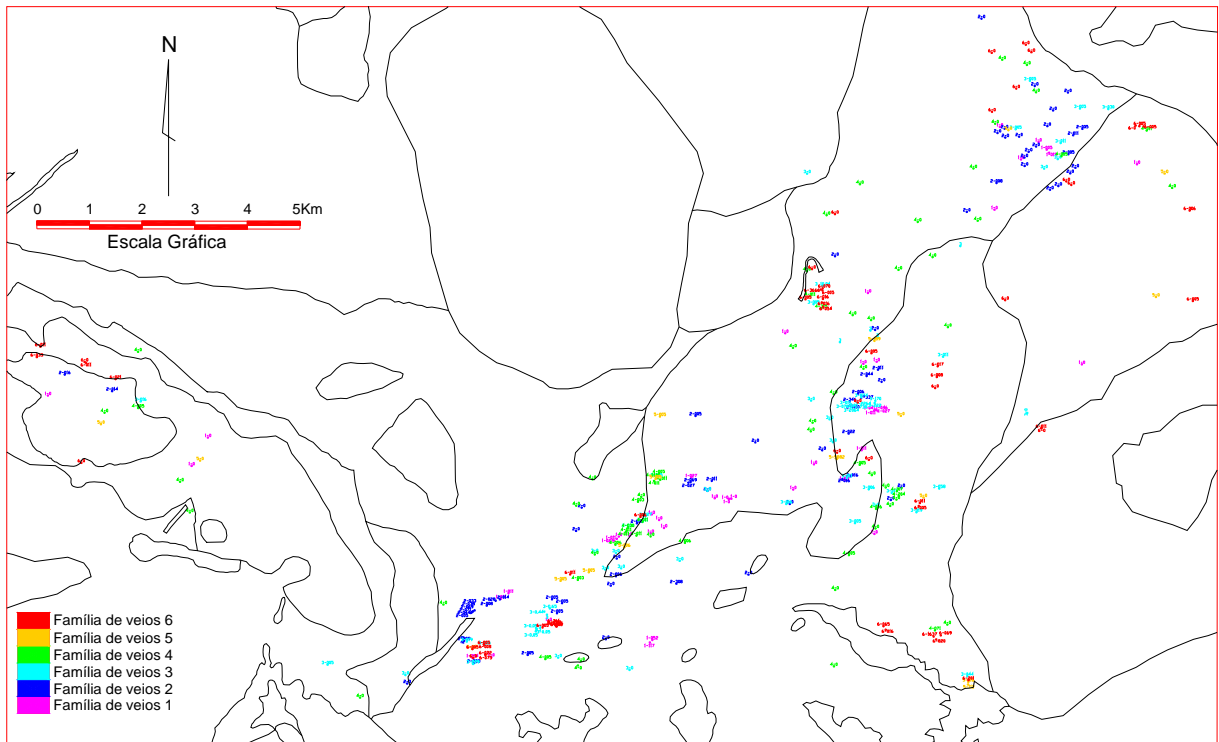


Figura 5.35 Principais famílias de veios e filões medidas durante a prospecção regional.

As direções de esforços tectônicos  $\sigma_1 = 12^\circ, 157^\circ$  e  $\sigma_3 = 14^\circ, 249^\circ$  definidas pela superposição dos elipsóides de paleotensão das sub-áreas dos Cerros das Tunas e das Caneleiras e da Estação Vauthier ficam muito próximas dos valores encontrados para o elipsóide geral de toda a área da dissertação. Nessas condições, e, com a ressalva de que não houve um controle da ordem de grandeza (posicionamento de primeira, segunda ou terceira ordem) de cada veio em relação às estruturas maiores ou menores, pode-se interpretar a disposição dos veios nos diagramas em roseta associando-se as direções das famílias de veios mais importantes às direções das fraturas de Riedel, conforme analisado anteriormente:

- 1) a família 6 pode estar relacionada com fraturas R dextróginas, orientadas segundo direção próxima de  $\sigma_1 = 12^\circ, 157^\circ$ . Nessa família, ocorrem Au e Mo associados a brechas silicosas e/ou a veios de quartzo;
- 2) as famílias 1 e 2 são as mais importantes, pois aparecem mais fortes em todos os diagramas e estão associadas a fraturas P levóginas (do sistema NE). A dificuldade que

se apresenta de explicar a formação dessas estruturas deve-se ao fato de que estão dispostas segundo a direção de  $\sigma_3 = 14^\circ,249^\circ$ , ou seja, estão em posição onde a pressão é máxima e não deveria gerar zonas de dilatação;

- 3) a família 3 está relacionada a fraturas C levóginas. Correspondem a brechas e hidrotermalitos;
- 4) a família 4 está relacionada a fraturas R levóginas e possui alguns filões com ouro;
- 5) a família 5 tem poucos representantes no diagrama em roseta, situa-se em posição intermediária entre R e T;
- 6) a família 7 possui uma direção intermediária entre C e R dextrógiro. Apresentam alguns veios com ouro;
- 7) as fraturas 8 e 9 possuem poucos representantes no diagrama em roseta. Podem representar fraturas secundárias do padrão principal.

## **CAPÍTULO 6**

### ***DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES***

Os dados geológicos e estruturais obtidos durante a prospecção realizada na área, permitem discutir de modo integrado os possíveis controles das ocorrências minerais. Em termos de comentários das ocorrências minerais e da interpretação dos resultados, as anomalias definidas na prospecção geoquímica, visualizadas no mapa da figura 3.2, serão comentadas em conjunto com os dados geológico e estruturais adicionados durante a fase dessa dissertação.

#### **6.1 – ANOMALIA 1**

Esta anomalia situa-se no domínio da Suíte Sub-vulcânica Vauthier dentro da faixa de granulitos do Complexo Santa Maria Chico. A geologia é formada por corpos de rochas dacíticas e riodacíticas, finas e porfiríticas, com muita pirita fina disseminada. Esses corpos ocorrem intrudidos e/ou preenchendo fraturas, de maneira a formar micro-diques e vênulas nos granulitos. Os dados de campo e as análises dos lineamentos tipo 2 das imagens de satélite e das fotografias aéreas indicam que a região se apresenta pouco fraturada com distribuição dos lineamentos em várias direções. A complexidade do relacionamento entre as rochas sub-vulcânicas e os granulitos na área da anomalia 1 parece indicar que se trata do topo de uma câmara magmática.

Os resultados da análise geoquímica, da amostragem de rocha regional, melhor do que dos sedimentos de corrente e dos concentrados de bateia, definiu toda a área de ocorrência das rochas sub-vulcânicas piritosas como anômala. Os dados de adensamento e reamostragem de rocha em nível de semi-detalle e detalle confirmaram a anomalia.

A mineralização, enquanto entendida como o processo de formação de ocorrência mineral de interesse econômico, mas não necessariamente atingindo o nível de minério, é constituída exclusivamente por ouro e está relacionada aos sulfetos, principalmente a uma pirita “branca” muito fina, disseminada, que ocorre em concentração estimada de 3 a 5% da rocha; pode ocorrer, também, em bolsões e em vênulas de sulfeto quase maciços. Apesar de,



no campo e em amostras de mão, a pirita apresentar semelhança pela cor com arsenopirita, esse mineral não foi identificado, nem o elemento arsênio foi detectado nas análises geoquímicas e testes específicos efetuados.

Os granulitos, encaixantes dos dacitos e riodacitos piritosos mineralizados a ouro, também se apresentam muito sulfetados na área. A pirita disseminada é fina e “branca”, ou amarelada e mais grossa. Porém, as análises geoquímicas das amostras dessas litologias, apresentaram, sistematicamente, valores nulos para ouro.

Os dados acima descritos, permitem considerar, então, que a área definida como anomalia 1 apresenta um controle litológico da mineralização, (rochas da Suíte Sub-vulcânica Vauthier, de composição dacítica a riodacítica), onde há intensa disseminação de pirita em estruturas frágeis (fraturas) de várias direções, as quais podem estar relacionadas com o topo de corpos intrusivos.

## **6.2 – ANOMALIA 2**

Essa anomalia foi definida durante a amostragem regional da prospecção geoquímica. É formada pela associação dos resultados da contagem do número de pintas de ouro nos concentrados de bateia, da análise geoquímica de ouro e chumbo nas amostras de sedimentos de corrente e dos resultados de análise de ouro e molibdênio nas amostras de rocha.

A geologia é constituída essencialmente por granitóides e por gnaisses quartzo-feldspáticos da Suite Granítica Santo Afonso e do Complexo Cambaí, cortados por diques dacíticos de dimensões variadas e de direção NE, que pertencem aos Diques Armeiras. Essa anomalia está balizada pelas zonas de falha de direção NE do Cerro das Tunas e do Cerro das Caneleiras, formando uma faixa alongada SW-NE de aproximadamente 8km x 3km.

A amostragem geoquímica regional mostrou uma superposição de anomalias para ouro, molibdênio e chumbo. A mineralização está associada aos filões de quartzo leitoso, a brechas silicosas e aos hidrotermalitos quartzo-sericíticos, todos ferruginosos e com disseminação de pirita fina.

Nessa área, a fase de semi-detalhe foi executada por meio do adensamento da amostragem de rochas, tomando-se amostras de estruturas filonianas que estão distribuídas por toda a superfície da anomalia. Essas estruturas apresentam dimensões variadas. As estruturas maiores estão alinhadas segundo a direção NE, coincidem com as falhas do Cerro das Tunas e do Cerro das Caneleiras e são constituídas por brechas silicosas e brechas

vulcânicas, ferruginosas, onde ocorrem barita e fluorita (também associadas aos diques dacíticos-riodacíticos); localmente, apresentam grande concentração de pirita fina. As estruturas de menor porte são formadas por corpos de quartzo leitoso, lenticulares, piritosos e ferruginosos, encaixados nos granitóides da Suíte Granítica Santo Afonso; é comum a ocorrência de molibdenita; galena e esfalerita ocorrem em filões brechados a sudeste do Cerro das Caneleiras; malaquita foi encontrada somente em um ponto.

Os trabalhos de detalhamento foram executados em duas etapas: a primeira, por meio de reamostragem de rochas em canal nos afloramentos que apresentaram teores de ouro; a segunda etapa consistiu na abertura de trincheiras, onde os teores de ouro e as estruturas se mostraram mais interessantes. Nessa área, as estruturas mineralizadas foram divididas em três tipos: 1) brechas tipo Cerro das Tunas; 2) filões de quartzo leitoso e 3) hidrotermalitos quartzo-sericíticos.

### **6.2.1 – Estruturas tipo Cerro das Tunas**

São formadas por brechas silicosas de composição variada, com fragmentos de rochas vulcânicas, quartzo, feldspato alcalino, barita e fluorita. São, localmente, muito piritosas e ferruginosas. Essas estruturas, geralmente de direção NE, são as que apresentam afloramentos com as maiores dimensões e continuidade na área.

### **6.2.2 – Filões de quartzo leitoso**

São formados por quartzo leitoso brechado, ferruginoso com disseminação de pirita e de molibdenita finas, que estão encaixados em granitóides da Suíte Granítica Santo Afonso. Essas estruturas são em geral de pequeno porte: as dimensões variam de menos de 10m até 70m de comprimento e de poucos centímetros a 1 metro de largura. Os filões desse tipo de estrutura apresentam, como principal característica a ocorrência de ouro livre em lamelas e cristais octaédricos (raros) soltos nas paredes das fraturas; esse Au livre está associado ou a um mineral verde desconhecido, com cor semelhante à malaquita, mas que provavelmente é um argilo-mineral tipo celadonita, ou a hidróxido de ferro proveniente da alteração dos sulfetos, que aparece nas fraturas dos veios de quartzo.



### **6.2.3 – Hidrotermalitos quartzo-sericíticos**

São formados por hidrotermalitos finos, com quartzo, mica branca e pirita, muito ferruginosos, que ocorrem em áreas de granitóides da Suíte Granítica Santo Afonso. Esses hidrotermalitos possuem espessura da ordem de metros, a faixa de afloramentos é superior a 200m de comprimento e 30m de largura, alongados em zonas de fratura com direção preferencial NNE e mostram finas vênulas (<2-3cm) de quartzo no seu interior.

### **6.3 – ANOMALIA 3**

Essa anomalia tem direção N-NW, situa-se a oeste do Granito Saibro e foi definida, exclusivamente, por meio dos resultados de ouro durante a prospecção geoquímica regional, onde foram encontrados valores elevados nos concentrados de bateia e nas análises geoquímicas de sedimentos de corrente e de rocha.

A geologia é constituída por gnaisses quartzo-feldspáticos e anfibolíticos do Complexo Cambaí e por granitóides porfiríticos da Suíte Granítica Santo Afonso, em contato com o Granito Saibro a leste. Filões de quartzo leitoso, brechas silicosas, hidrotermalitos e diques de dacitos cortam as rochas regionais num padrão com direção predominantemente N-NE.

Do mesmo modo que na Anomalia 2, os trabalhos desenvolveram-se em três fases sucessivas: 1) a prospecção regional mostrou a superposição dos resultados de contagem de pintas de ouro nos concentrados de bateia, com os resultado das análises geoquímicas de sedimentos de corrente e com os resultados das análises geoquímicas de rocha, na região a sul do Arroio Taquarembó. Na porção a norte do Arroio Taquarembó, a anomalia 3 é marcada apenas pelos resultados de ouro das análises da amostragem de rocha; 2) a amostragem de semi-detalle constou do adensamento da amostragem de rocha nas regiões onde as estruturas apresentaram indícios de minério na fase regional e 3) abertura de trincheiras.

As estruturas mineralizadas aparecem cortando principalmente os granitóides porfiríticos pertencentes à Suíte Granítica Santo Afonso e, a exemplo da anomalia 2, podem ser subdivididos em três tipos: 1) filões de quartzo leitoso brechados, 2) brechas silicosas e 3) hidrotermalitos quartzo-sericíticos verdes.

### **6.3.1 – Filões de quartzo leitoso**

Os filões de quartzo leitoso apresentam duas situações distintas em relação às ocorrências minerais:

#### **6.3.1.1 – Filões de quartzo leitoso de direção NE**

Esses filões distribuem-se por toda a área da anomalia, mostram um padrão de direção predominante nordeste, podem atingir grandes dimensões (centenas de metros de comprimento e até 5m de largura na superfície), são em geral muito piritosos, (pirita fina a grossa, disseminada e/ou em bolsões) e, em alguns locais, possuem bolsões de rocha hidrotermalizadas.

#### **6.3.1.2 – Filões de quartzo leitoso de direção NW**

Os filões de quartzo leitoso brechados com padrão de direção NW, que ocorrem no sul da anomalia 3, possuem, semelhança macroscópica aos acima descritos; porém, apresentam cristais de feldspato alcalino disseminados de modo esparsos, têm dimensões menores, são descontínuos e lenticulares (largura da ordem de 0,3 a 3m). Essas estruturas apresentam ocorrências de ouro.

### **6.3.2 – Hidrotermalitos quartzo-sericíticos verdes**

Os hidrotermalitos da área da anomalia 3 são constituídos por quartzo, mica verde e muita pirita fina disseminada. Esses hidrotermalitos ocorrem no centro da anomalia e formam bolsões e lentes dentro dos granitos porfiríticos muito fraturados da Suíte Granítica Santo Afonso. Os afloramentos são intermitentes e formam faixas com direção N40° – 50°E. Em geral, apresentam pequenas dimensões: larguras de 0,1 a 3m e comprimentos de até 30m. A maioria dos afloramentos, quando contém pirita, está mineralizada a ouro.

Os hidrotermalitos da área da anomalia 3 diferenciam-se dos hidrotermalitos da anomalia 2 por apresentarem mica verde e serem de menor porte.

### **6.3.3 – Brechas silicosas**

As brechas silicosas formam estruturas maiores do que os veios de quartzo leitoso e os hidrotermalitos e afloram principalmente na parte oeste da anomalia 3. Apresentam direção N-S predominante, mas também ocorrem nas direções NE e NW.

As brechas são ferruginosas, possuem pirita muito fina disseminada e estão, localmente, hidrotermalizadas. Suas dimensões variam de poucos metros a 2,5km de comprimento e, de poucos centímetros a 30-40m de largura. As estruturas, em geral, apresentam baixo teor de ouro; mas, foi nesse tipo de estrutura que apareceram os dois pontos com os teores de ouro mais altos da anomalia 3.

Nas ocorrências a norte do Arroio Taquarembó, as brechas silicosas aparecem junto a rochas gnáissicas e xistosas, constituídas por anfibólitos, anfibólio xistos, muscovita xistos, magnetita xistos em horizontes ferríferos, associadas ao Complexo Cambaí; estão estruturadas segundo N-S e formam uma crista que é o flanco oeste de uma grande dobra com aproximadamente 1,5km de amplitude. As brechas são muito piritosas e ferruginosas e, localmente apresentam aspecto de rocha vulcânica; ocorrem associadas a quartzo leitoso brechado com pirita grossa disseminada, muito ferruginoso. As ocorrências da porção centro-sul da anomalia são constituídas por brechas silicosas ferruginosas, que formam uma estrutura com aproximadamente 1km de comprimento por 30m de largura na direção aproximada N-S, que é a direção das fraturas R levógiras na área.

#### **6.4. ANOMALIA 4**

Na região da antiga estação ferroviária das Três Estradas, no município de Lavras do Sul (RS), é conhecida a existência de antigos garimpos de ouro em aluviões de pequenas drenagens. Essa área situa-se em continuidade às anomalias 2 e 3, segundo uma faixa de direção nordeste.

A geologia da área é formada por gnaisses quartzo-feldspáticos, anfibólitos, granitóides e gnaisses do Complexo Cambaí. Brechas silicosas e filões de quartzo leitoso cortam as rochas regionais. Os gnaisses quartzo-feldspáticos apresentam porções brechadas e zonas carbonatadas muito ferruginosas, que indicam a presença de carbonato de ferro. Filonetes de quartzo leitoso (10 a 30cm de largura), muito piritosos e oxidados, alguns com calcopirita e malaquita, outros com molibdenita, são freqüentes nos cortes da estrada de ferro dessa área. Em função da presença dos garimpos de ouro, a prospecção geoquímica foi executada em um padrão adensado, que procurou definir, já na primeira fase, as estruturas mineralizadas. Os resultados das análises geoquímicas dos sedimentos de corrente e de rocha e a contagem de pintas nos concentrados de bateia apresentam superposição de anomalias.

Na área garimpada, foram encontrados níveis de brechas e rochas brechadas ferruginosas, cortadas por filonetes de quartzo leitoso, localmente muito piritosos, os quais apresentaram teores baixos ou nulos. No centro-sul da anomalia, ocorrem duas grandes estruturas de direção nordeste: 1) a primeira é formada por um filão de quartzo leitoso, porcelânico com cerca de 500m de comprimento e 2m de largura na superfície, que se mostrou estéril, e 2) uma rocha muito ferruginosa, com dobras, que aflora por aproximadamente 700m de comprimento e que tem uma largura da ordem de 15 a 20m. Essa última estrutura apresenta uma anomalia radioativa com valores absolutos entre 200 e 1200cps no cintilômetro de contagem total e também geoquímica, com presença de ouro. Bolsões e lentes de quartzo ferruginoso ocorrem intercalados e mostram ouro livre em faturas, de modo semelhante ao encontrado na anomalia 2.

## 6.5. CONCLUSÕES

A área da presente dissertação de mestrado situa-se no sudoeste do Escudo Sul-Riograndense, caracterizado pela ocorrência dos terrenos granulíticos do Complexo Santa Maria Chico, de terrenos granito-gnáissicos do Complexo Cambaí e de uma grande área de granitóides mapeados como pertencente à Suíte Granítica Santo Afonso, todos intrudidos por granitos alcalinos da Suíte Intrusiva Saibro. Essa porção do Escudo diferencia-se da parte a norte-nordeste do Lineamento de Ibaré (Bloco Tectônico de São Gabriel), pela ausência dos cinturões meta-vulcanossedimentares (Palma, Passo do Ivo, Cambaizinho, Bossoroca, Batovi, Passo Feio, Marmeleiro e Ibaré) amplamente distribuídos naquela região, onde são conhecidas várias ocorrências de ouro e metais básicos.

Ainda em nível regional, pode-se comparar a região a sul do Lineamento de Ibaré (Bloco Tectônico Taquarembó) com aquela da “Ilha Cristalina de Rivera”, no Uruguai, que possui geologia de certo modo semelhante, sendo constituída por granitos e granodioritos foliados e gnáissicos, intrudidos por diques básicos metamorfisados e por granitos tardios hidrotermalizados. Essas litologias são cortadas por espessos veios de quartzo leitoso alojados em zonas de cisalhamento, que são os hospedeiros de minérios de ouro da região de Minas de Corrales. Isso indica a possibilidade da existência de minérios desse tipo também no Escudo Sul-Riograndense.

Na prospeção geoquímica realizada pela CBC, a amostragem não encontrou corpos com características semelhantes àsquelas da pilha de minério da Mina Barcellos, onde se

associam metais básicos (Cu, Pb, Zn, Mo, Ag) e ouro. Mas, caracterizou a presença de anomalias de ouro associadas a fracas anomalias de chumbo e/ou molibdênio em ambientes geológicos distintos:

**Anomalia 1** – essa anomalia é complexa e de difícil definição no campo, no nível dos trabalhos realizados, devido 1) à íntima mistura de rochas granulíticas e sub-vulcânicas, ambas muito piritosas, com distribuição de ouro por toda a área de ocorrência das rochas dacíticas e riodacíticas, e 2) pela ausência ou pequeno porte das estruturas filonianas encontradas, geralmente vênulas e filonetes com poucos centímetros de espessura. Os corpos de rochas sub-vulcânicas maiores apresentam uma grande homogeneidade nos teores de ouro mas não ficou claramente definida uma correlação entre a concentração de sulfetos nas rochas dacíticas e riodacíticas e os teores de ouro. Nessas rochas, os veios de quartzo, mesmo os não piritosos, são raros. Nos granulitos, não se verificou relação entre a concentração de sulfetos e ouro. Os veios de quartzo que ocorrem têm teor nulo de ouro.

Os resultados da amostragem de concentrado de bateia e sedimentos de corrente mostram que o ouro é muito fino, correspondendo a valores relativamente altos nos sedimentos de corrente e baixo número de pintas na bateia.

A possibilidade, ainda que remota, da existência de bolsões sulfetados com baixos teores de ouro, mas em concentrações maiores e em maior quantidade (padrão Mina Barcellos) que os encontrados durante a prospecção, fica em aberto. Esse tipo de minério não está aflorante, ou está encoberto e só poderia ser encontrado por meio de uma pesquisa geofísica utilizando IP.

**As anomalias 2 e 3** ocorrem em áreas de granitóides foliados e gnaisses quartzo-feldspáticos da Suite Granítica Santo Afonso e dos terrenos Granitos-gnaissicos do Complexo Cambaí. O ouro dessas anomalias apresenta um comportamento errático e está relacionado a estruturas filonianas constituídas por quartzo leitoso, brechas silicosas e hidrotermalitos quartzo-sericíticos, geralmente muito piritosos. O comportamento do ouro está possivelmente controlado pela associação entre as encaixantes, a intensidade da alteração hidrotermal e a concentração de sulfetos nas estruturas. Os maiores teores de ouro foram encontrados em hidrotermalitos quartzo-sericíticos muito piritosos, encaixados em rocha granítica, ou em granitóides porfiríticos foliados.

A **Anomalia 4** situa-se em área de ocorrência dos gnaisses do Complexo Cambaí, onde existia um antigo garimpo de ouro em aluviões de pequeno porte e no colúvio. A mineralização

primária encontrada apresentou baixos teores e aparece associada a brechas silicosas e ferruginosas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, H.; BRITO NEVES B.B.; FUCK, R.A.,1977. **Províncias Estruturais Brasileiras**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 38, Campina Grande. *Atas...*, SBG, p. 363-391.
- ALMEIDA,F.F.M. de & HASUI, Y.1984. **Pré-cambriano do Brasil**. São Paulo. Edgard Blücher, 374p.
- AMARO, V.E.; STRIEDER, A.J. 1994. **Análise de fotolineamentos e padrões estruturais em imagens de satélite**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, *Anais...* Balneário Camburiú, SBG, vol. 1, p. 443-444.
- ANDRADE, M.S.; STRIEDER, A.J.; GASTAL, M.C.P. 1998. **Controles geotectônico, magmático e estrutural das ocorrências minerais de Cu-Au na região de Lavras do Sul (RS)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, *Anais*. Belo Horizonte, SBG, p. 132.
- ANDRIOTTI, J.L.S. 1999. **Interpretação e modelamento de dados geoquímicos e de sensoriamento remoto por meio da análise de componentes principais: implicações na exploração de depósitos de metais no Escudo Sul-riograndense**. Porto Alegre, 227p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ANGELIER, J. 1979, **Determination of the mean principal directions of stresses for a given fault population**. *Tectonophysics*, 56:T17-T26
- ANGELIER, J.; MECHLER, P. 1977. **Sur une methode graphique de recherche des contraintes principales egalment utilisable en tectonique et en seismologie: la methode des diedres droits**. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 19:1309-1318.
- BABINSKY, M.; CHEMALE Jr, F.; VAN SCHMUS,W.R.; SILVA, L.C.da. 1995. **Juvenile Accretion at 750-700 M.a. in Southern Brazil**. *Geology*, 24(5):439-442.
- BARNES, J.W. 1981. **Basic Geologic Mapping**. Série n 1, Halseted Press. New York, John Wiley & Sons. 112p.
- BARROS, C.E., 1992, **Petrografia e litoquímica do monzogranito Santo Antônio – Dom Pedrito – RS**. Instituto de Geociências - UFRGS, Dissertação de Mestrado. 139p
- BARROS, C.E. & NARDY, L.V.S. 1994. **O maciço granítico Santo Antônio, RS. Magmatismo neoproterozóico de afinidade shoshonítica**. *Anais Academia Brasileira de Ciências*. 66(4):441-465
- BITENCOURT, M.F.; NARDI, L.V.S. 1986. **Metamorfismo e deformação dúctil de rochas graníticas**. *Acta Geológica Leopoldensia*, 23: 33-56
- BRAUN, O, P.G.; 1974. **O termo associação e seu emprego na taxonomia estratigráfica brasileira**, in CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, p. 151-159
- CALÓGERAS, P. 1938. **As Minas do Brasil e sua Legislação**. Companhia Editora Nacional. São Paulo
- CAMOZZATO, E. 1984. **Folha Cachoeira do Sul SH.22-Y-A, Região Sul**. In: *Projeto Metalogenético e de Previsão de Recursos Minerais*, CPRM/DNPM. Ed. SIQUEIRA, L.P. Texto e Mapas, Brasília, DNPM.



- CARVALHO, P.F. 1932. **Reconhecimento geológico no estado do Rio Grande do Sul.** *Bol. Inst. Geol. Min. Do Brasil*, **66**:1-72
- CHEMALE JR., F.; HARTMANN, L.A.; SILVA, L.C. da, 1995. **Stratigraphy and tectonism of the Precambrian to Early Paleozoic Units in Southern Brazil and Uruguay.** Excursion Guidebook. *Acta Geológica Leopoldensia*, **42 XVIII**, 5-117.
- CLARK, D.A. 1997. **Magnetic petrophysics and magnetic petrology: aids to geological interpretation of magnetic surveys.** *Journal of Australian Geology & Geophysics – AGSO*, **17(2)**:83-103.
- COX. D.P.; SINGER, D.A. 1986. **Mineral Deposit Models.** *United States Geological Survey - USGS*. 379p. (Bulletin n 1693).
- CUNHA, F.S.S. da. 1996. **Análise estrutural e estatística de lineamentos aplicados à pesquisa mineral: o caso da Região de Porto Nacional (TO).** Porto Alegre. 110p. (Dissertação de Mestrado, PPGEM, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- DICKSON, B.L.; SCOTT, K.M. 1997. **Interpretation of aerial gamma-ray surveys – adding the geochemical factors.** *Journal of Australian Geology & Geophysics – AGSO*, **17(2)**:187-200.
- ECHSTRAND, O.R.; SINCLAIR, W.D.; THORPE, R.I. 1995. **Geology of canadian mineral deposit types.** Ottawa, Geological Survey of Canada. 639p.
- FERNANDES, L.S.D.; MENEGAT, R.; COSTA, A.F.U.; KOESTER, E. PORCHER, C.C.; TOMMASI, A; KRAEMER, G.; RAMGRAB, G.E. & CAMOZZATO, E. 1995. **Evolução tectônica do cinturão dom Feliciano no Escudo Sul Rio-grandense: Parte 1 – uma contribuição a partir do registro geológico.** *Rev. Bras.Geoc.*, **25(4)**351-274.
- FIGUEIREDO, B.R. 1992. **Modelo de depósitos minerais.** *Boletim IG-USP*, **23**:75-95 (Série Científica).
- GASTAL, M.C.P. 1997. **Suíte Intrusiva Saibro, RS: avaliação de um modelo petrológico.** Porto Alegre, 365p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- GASTAL, M.C.P. 1999. **The alkaline and shoshonitic intrusives in the region of the Taquarembó Plateau, Southern Brazil: are they genetically related?.** *Revista Brasileira de Geociências*. **29(1)**:85-98
- GASTAL, M.C.P.; LAFON, J.M 1998. **Gênese e evolução dos granitóides metaluminosos de afinidade alcalina da porção oeste do Escudo Sul-Riograndense: geoquímica e isótopos de Rb-Sr e Pb-Pb.** *Revista Brasileira de Geociências*. **28(1)**:11-28
- GASTAL, M.C.P.; NARDI, L.V.S.; LAFON, J.M. 1995. **Classificação dos granitóides pertencentes à Suíte Intrusiva Saibro, RS.** In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 6. *Boletim de Resumos Expandidos*. Porto Alegre, SBG, p.72-76
- GUNN, P.J.; DENTITH, M.C. 1997. **Magnetic responses associated with mineral deposit.** *Journal of Australian Geology & Geophysics – AGSO*, **17(2)**:145-158.
- HANCOCK, P.L. 1985. **Brittle microtectonics; principles and practice.** *Jour. Struct. Geol.*, **7**:437-457.

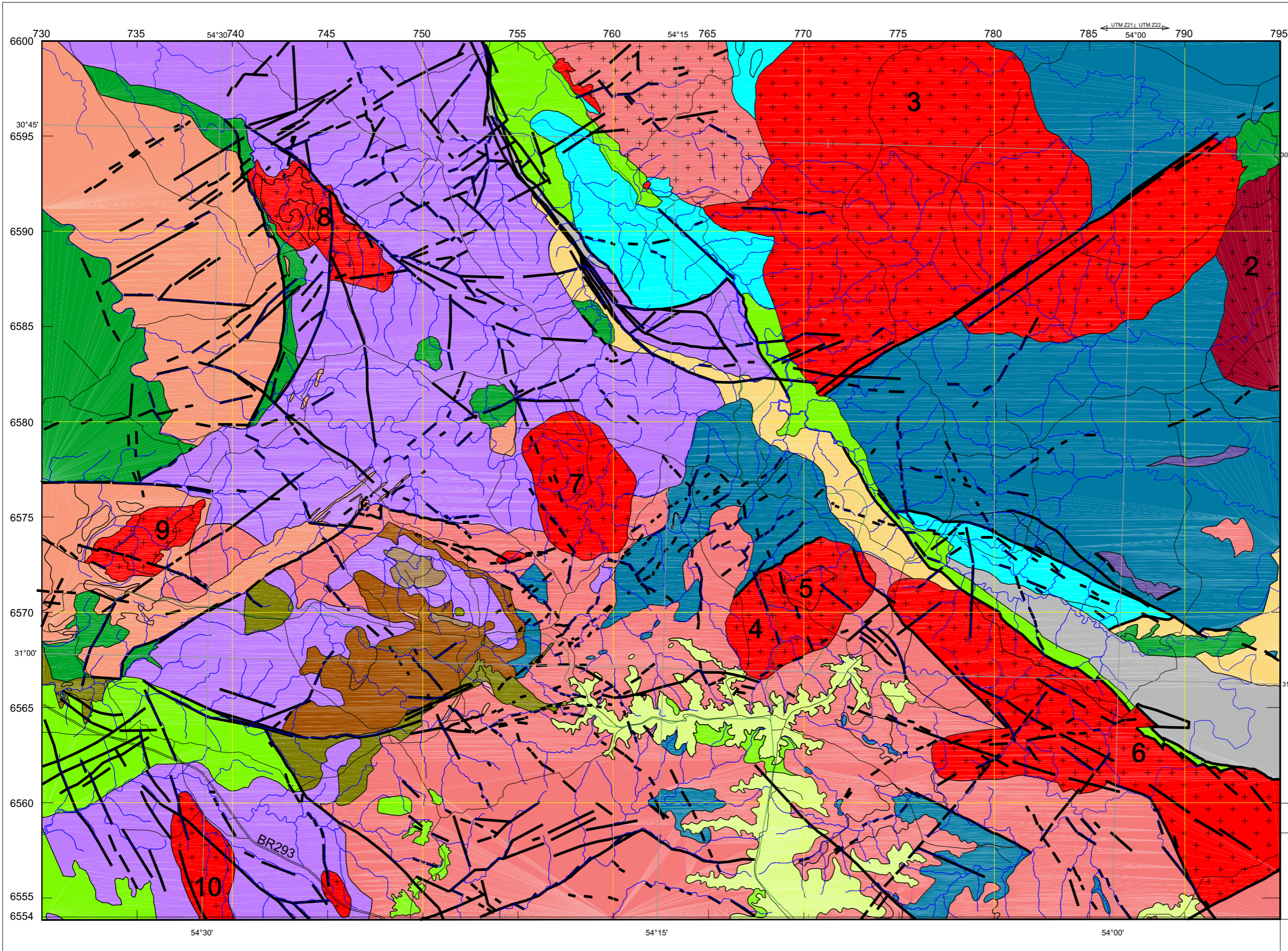
- HARTMANN, L.A. 1987. **Isócrona Sm-Nd de 2 Ga em Minerais de duas Amostras do Complexo Granulítico Santa Maria Chico, RS.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 1. *Atas...* Porto Alegre, SBGQ, v.1, p. 105-111.
- HARTMANN, L.A.; NARDI, L.V.S. 1982. **Os Granitos Santo Afonso, Saibro e Vauthier da Região do Arroio Santa Maria Chico, Dom Pedrito, RS.** *Acta Geológica Leopoldensia*, 8:153-178.
- HARTMANN, L.A.; NARDI, L.V.S. 1983. **Contribuição à geologia da região oeste do Escudo Sul-riograndense.** In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1. *Atas...* Porto Alegre, SBG, p. 09-18.
- HODGSON, C.J. 1993. **Uses (and abuses) of ore deposit model in mineral exploration.** In: Sheahan, P.A. & Cherry, M.E. (ed). *Ore Deposit Model*. Ontario (Canada), Geoscience Canada, vol. 2, p.1-12.
- IGLESIAS, C.M.F., MACEDO, D., CHIARELLI, F., 1980, **Geologia da Faixa IV – Projeto Lavras do Sul.** Trabalho de Graduação, Instituto de Geociências, UFRGS (Inédito)
- IGLESIAS, C.M.F. 1992. **Projeto Vauthier.** Companhia Brasileira do Cobre. Relatório Interno. (Inédito)
- JACKSON, V.N.; RAMOS, V.A; TERRY, S.A.; ZUZEK, A.B. 1973. **Projeto aerogeofísico Camaquã, Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Texas Instruments, DNPM/CPRM/CENEN. 208p. (Inédito).
- JOST, H.; HARTMANN, L.A. 1984. **Província da Mantiqueira Setor Meridional.** IN: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.(ed). *Pré-Cambriano do Brasil*, São Paulo, Edgar Blücher Ltda, p.345-368.
- JOST, H.; VILLWOCK, J.A. 1966. **Contribuição à estratigrafia do pré-Cambriano do Rio Grande do Sul.** *Notas e Estudos da Escola de Geologia da UFRGS*, Porto Alegre, I(1):13-26
- LIMA, E.F. 1995. **Petrologia das rochas vulcânicas e hipabissais da associação shoshonítica de Lavras do Sul –ASLS, RS.** Porto Alegre, UFRGS. IG. Tese de doutorado
- LUZARDO, R., FERNANDES, L.A.D., 1990, **Análise estrutural do Lineamento de Ibaré – Parte I – Filitos de Ibaré - Greenstone belt ou cobertura cratônica deformada.** *Acta Geológica Leopoldensia*. 30(13):25-36
- MARSHAK, S.; MITRA, G. 1988. **Basic methods of structural geology.** New Jersey, Prentice Hall. 446p.
- McCLAY, K.R. 1992. **Structural geology workshop Western Mining Corporation.** Lecture notes and practical exercises. Perth. 282p.
- MEDEIROS, E.R.; ROBAINA, L.E.; MACIEL FILHO, C.L. 1995. **Uma nova visão estratigráfica do centro-oeste do Rio Grande do Sul.** IN: CONGRESSO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 6. BOLETIM DE RESUMOS EXPANDIDOS... PORTO ALEGRE, SGB. P. 233-235.
- MEDINA YARZA, M.I. 2000. **Controle estrutural das ocorrências de ouro relacionadas a veios de quartzo na região de Mahoma (San José - Uruguai).** Porto Alegre. 160p. Dissertação de Mestrado, PPGEM, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- METELO, M.J. 1994. **Integração de dados aerogeofísicos**. In: VASCONCELLOS, R.M. de (ed.), *Geofísica em levantamento geológico no Brasil*. Rio de Janeiro (BR), CPRM, p.64-101.
- MITCHELL, A.H.G.; GARSON, M.S. 1981. **Mineral deposits and global tectonic settings**. Academic. New York (USA), Academic Press Geology Series 405p.
- NARDI, L.V.S.; BONIN, B. 1991. **Post-orogenic and non-orogenic alkaline associations: the Saibro Intrusive Suite, Southern Brazil - A Case Study**. *Chemical Geology*, **92**(1/2):197-211
- NARDI, L.V.S.; HARTMANN, L. A. 1979. **O Complexo Granulítico Santa Maria Chico do Escudo Sul-Riograndense**. *Acta Geológica Leopoldensia*, **3**:45-75.
- NAUMANN, M. P. 1985. **O Complexo vulcanossedimentar ultramáfico e granitóides da região de Ibaré, RS**. Porto Alegre. 161p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- NAUMANN, M.P.; HARTMANN, L.A.; KOPPE, J.C.; CHEMALE JR., F. 1984. **Seqüências supracrustais, gnaisses graníticos, granulitos e granitos intrusivos da região de Ibaré-Palma, RS - Geologia, aspectos stratigráficos e considerações geotectônicas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, p. 2417-2424.
- O'LEARY, D.W.; FRIEDMAN, J.D.; POHN, H.A. 1976. **Lineament, linear and lineation: some proposed new standarts for old terms**. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **87**:1463-1469.
- PARK, R.G. 1983. **Foundations of structural geology**. Glasgow, Blackie & Son Ltda., 135p.
- PORCHER, C.A., FAVILLA, C.A.C., RAMGRAB, G., 1987, **Folha Bagé, SH.21-Z-D, Esc. 1:250.000**. In Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais. DNPM/CPRM, Porto Alegre, 2v (Inédito)
- QUADROS, T.F.P. de. 2000. **Integração de dados em ambiente SIG para mapeamento de favorabilidade mineral de ouro na Ilha Cristalina de Rivera (Uruguai)**. Porto Alegre. 259p. (Tese de Doutorado, PPGEM, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- QUADROS, T.F.P. de; STRIEDER, A.J.; KOPPE, J.C. 1997. **Análise de lineamentos aplicada ao controle estrutural de veios de Au-quartzo na Ilha Cristalina de Rivera (Uruguai)**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 6. *Anais...* Pirenópolis (GO), SBG, p. 323-326.
- RADAMBRASIL, 1986 **Folha SH22-Porto Alegre e Parte das Folhas SH21-Uruguaiana e SI21-Lagoa Mirim**.IBGE. Rio de Janeiro. V33.
- RAMSAY, J.G. 1967. **Folding and fracturing of rocks**. New York, McGraw-Hill Book Company, 568p.
- RAMSAY, J.G. & HUBER, M.I. 1987. **The techniques of modern structural geology**. v.2 Academic Press. 702p.
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P.R.; FIGUEIREDO FILHO, P.M.; TESSARI, R.I. 1966. **Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul, RS**. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia DPM-DNPM. v.127, 232p.

- RIBEIRO, M.J. 1978. **Mapa provisional do cobre no Escudo Sul-riograndense**. Brasília, Ministério das Minas e Energia. 3(1):10-104 (Série Geológica, Seção Geologia Econômica).
- RIBEIRO, M.; FANTINEL, L.M. 1978. **Associações petrotectônicas do Escudo Sul-riograndense: I- tabulação e distribuição das associações petrotectônicas do Escudo do Rio Grande do Sul**. *Ilheringia*, 5:19-54. (Série Geológica).
- RIEDEL, W. 1929. **Zur mechanik geologischer brucherscheinungen**. *Centralblatt Min. Geol. Pal.*, Abt. B., p:354-369.
- ROBERTSON, J. 1966. **Revision of the stratigraphy and nomenclature of rock units in the Caçapava-Lavras Region, state of Rio Grande do Sul**. Escola de Geologia de Porto Alegre, v.1, n° 2, p 41-54 (notas e estudos).
- ROLDÃO, D. G., 2000, **Análise integrada de dados estruturais e geofísicos no controle de depósitos minerais na região oeste do Escudo Sul-riograndense (RS, Brasil)**. PPGEM- UFRGS, Dissertação de Mestrado.
- SANTOS, E.L.; BECKEL, J.; MACEDO, P.M.; GONZALEZ, F.; CHABAN, N. 1978. **Divisão litoestratigráfica do eo-Cambriano e pré-Cambriano superior do Escudo Sul-riograndense**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. *Anais...* Recife, SBG. v. 2, p. 670-684.
- SANTOS, E.L.; RAMGRAB, G.E.; MACIEL, L.A.; MOSMANN, R. 1989. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. DNPM, Porto Alegre, RS. Escala (1:1.000.000).
- SANTOS, E.L.; MACIEL, L.A.C.; ZIR FILHO, J.A. 1998. **Distritos mineiros do Estado do Rio Grande do Sul**. 1º Distrito – DNPM, 35p.
- SARTORI, P.L.P.; RUEGG, N.R. 1979. **O Complexo Granítico São Sepé, Rio Grande do Sul e a evolução das rochas graníticas da região orogênica do sudeste**. *Boletim IG*, 10:69-78.
- SAWKINS, F.J. 1990. **Metal deposits in relation to plate tectonics**. 2<sup>nd</sup> ed, New York (USA), Springer-Verlag, 461p.
- SILVA, A. de B. 1999. **Sistemas de informações geo-referenciadas: uma introdução**. Apostila do Curso ADIMB, Sistema de Informações Geográficas na Exploração Mineral e no Mapeamento Geológico. Lab. de Ensino Informatizado, Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas, 27p.
- SILVA FILHO, B.C.; SOLIANI JR., E. 1987. **Origem e evolução dos Gnaisses Cambaí : exemplo de estudo integrado de análise estrutural, petroquímica e geocronologia**. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3. *Atas...* Curitiba, SBG. v. 1, p. 127-146.
- SOMMER, C.A., 1994, **O vulcanismo ácido alcalino da porção sul do platô do Taquarém, Dom Pedrito, RS**. IG-UFRGS, Dissertação de Mestrado.
- SOMMER, C.A.; LIMA, E.F.; NARDI, L.V.S. 1999. **Evolução do vulcanismo alcalino da porção sul do Platô do Taquarém, Dom Pedrito – RS**. *Revista Brasileira de Geociências*. 29(2):245-254
- STRIEDER, A.J. 1997. **Geologia estrutural aplicada**. Porto Alegre, PPGEM/UFRGS. 27p. (notas de aula).
- STRIEDER, A.J.; AMARO, V.E. 1997. **Structural patterns removed from remotely sensed lineaments**. *Revista da Escola de Engenharia – EGATEA*, 25(4):109-117.

- TONIOLO, J.A. & KIRCHNER, C.A. 1995. **Programa Nacional de Prospecção de Ouro – PNPO – área RS-01 – Lavras do Sul/Caçapava do Sul** Mapas 1:250.000, CPRM Porto Alegre
- TORQUATO, J.R., PEDREIRA, L.H., CARNEIRO, C.D.R. HASUI, Y. 1996. **Métodos gráficos para determinação das direções principais de esforços em áreas afetadas por falhas**. In Projeção estereográfica para análise de estruturas: programas ESTER e TRADE. Fundamentos teóricos, exercícios e aplicações em microcomputador, laboratório e campo. Celso Dal Ré Carneiro (coordenador).UNICAMP-CPRM-IPT. São Paulo..
- TRAININI, D.R. & SOUZA, R. de, (sem data). **Projeto Dom Pedrito: Relatório Final de Pesquisa**. CPRM, Porto Alegre. 1v. (Inédito).
- TURNER, J.F & WEISS,.L.E. 1963. **Structural analysis of metamorphic tectonites**. McGraw Hill. 403p.
- UFRGS, 1968. **Mapeamento Geológico da Folha de Ibaré, Município de Dom Pedrito, RS**. Trabalho de Graduação, Escola de Geologia, Porto Alegre (Inédito).
- UFRGS, 1986. **Projeto Suspiro**. Trabalho de Graduação, Instituto de Geociências, Porto Alegre (Inédito).
- UFRGS, 1991. **Mapeamento geológico das Folhas Passo do Tigre -Torquato Severo**. Trabalho de Graduação, Instituto de Geociências (Inédito).
- UNISINOS, 1979-1. **Mapeamento geológico de parte das Folhas de Ibaré e Três Cerros – RS**, Trabalho de conclusão (Inédito)
- UNISINOS, 1982-1. **Mapeamento geológico da região de Ibaré – RS**, Trabalho de conclusão (Inédito)
- VIALON, P; RUHLAND, M.; GROLIER, J. 1991. **Éléments de tectonique analytique**. Masson, Paris. 118p
- WOLF, R. 1974. **Elements of Photogrammetry**, 2ed.,McGraw-Hill, New York.
- ZUMSPREKEL, H.; PRINZ, T. 2000 **Computer-enhanced multispectral remote sensing data: a useful tool for the geological mapping of archean terrains in (semi)arid environments**. Computers & Geosciences 26: 87-100.





**LEGENDA**

- Formação Santa Tecla - Arenitos finos com crostas silicosas
- Bacia do Paraná: Formações Itararé e Rio Bonito.
- Formação Santa Bárbara - Arenitos arciosianos conglomeráticos e bancos de conglomerados, localmente muito piritosos, sotopostos a vulcânicas ácidas.
- Formação Acampamento Velho - Vulcânicas ácidas, piroclásticas associadas e diques dacíticos e riolíticos.
- Formação Hilário - Vulcânicas intermediárias e piroclásticas associadas.
- Suíte Intrusiva Saibro: Gr. Jaguari (3), Gr. Saibro (4), Qmz. Tuna (5), Gr. Cerro das Marcas (6), Gr. Passo da Chácara (7), Mzg. Santo Antônio (8), Compl. Anelar Leões (9), Gr. Dom Pedrito (10).
- Complexo Intrusivo Lavras do Sul (2)
- Suíte Sub-vulcânica Vauthier - dacitos e riocacitos porfíricos, piritosos, intrusivos nos granulitos.
- Suíte Sub-vulcânica Vauthier
- Monzogranito Santa Rita (1)
- Formação Maricá - Arenitos arciosianos, bancos de conglomerados e siltitos
- Metamorfitos Arroio da Porteira - Filitos e ardósias
- Complexos Meta-vulcanossedimentar Ibaré, Palma e Marmeleiro
- Suíte Granítica Santo Afonso
- Complexo Gnássico Cambai UM - Complexos Ultramáficos
- Complexo Granulítico Santa Maria Chico

Contatos  
 Falhas  
 Rios e drenagens  
 Estradas e caminhos  
 Estrada asfaltada  
 Ferrovia

N  
 0 2 4 6 8 10Km  
 Escala 1:200.000

LABORATÓRIO DE MODELAGEM GEOLÓGICA

**MODELAGE**

**MAPA GEOLÓGICO INTEGRADO DA REGIÃO SUDOESTE DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE**

Anexo 1

Dezembro/2000 Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias