

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ANA PAULA TAVARES

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS MINERAIS METÁLICOS NO
CINTURÃO DOM FELICIANO, ATRAVÉS DE DADOS GEOLÓGICOS,
AEROGEOFÍSICOS E DE SENSORIAMENTO REMOTO**

**Caçapava do Sul
2019**

ANA PAULA TAVARES

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS MINERAIS METÁLICOS NO
CINTURÃO DOM FELICIANO, ATRAVÉS DE DADOS GEOLÓGICOS,
AEROGEOFÍSICOS E DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Geologia da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Geologia.

Orientador: Maximilian Fries

**Caçapava do Sul
2019**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

T231a Tavares, Ana Paula

Análise da distribuição de recursos minerais
metálicos no Cinturão Dom Feliciano, através de dados
geológicos, aerogeofísicos e de sensoriamento remoto /
Ana Paula Tavares.

125 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --
Universidade Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2019.

"Orientação: Maximilian Fries".

1. Exploração mineral. 2. Mineralizações metálicas.
3. Lineamentos. I. Título.

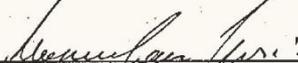
ANA PAULA TAVARES

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS MINERAIS METÁLICOS NO
CINTURÃO DOM FELICIANO, ATRAVÉS DE DADOS GEOLÓGICOS,
AEROGEOFÍSICOS E DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Geologia da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 11 de dezembro de
2019.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Maximilian Fries
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Dr. Igor Magalhães Clemente
UNIPAMPA



Geólogo Ram Horizonte Seixas Betancourt
Nexa Resources

“No fim das contas, o fato de que nós, humanos, meras coleções de partículas fundamentais da natureza, fomos capazes de alcançar alguma compreensão das leis que nos governam – e nosso universo – é um tremendo triunfo.”

Stephen Hawking, Breves respostas para grandes questões.

Agradecimentos

Agradecer, mostrar-se grato a um benefício recebido. E neste espaço, agradeço a todos aqueles que trilharam comigo o caminho percorrido até aqui.

Primeiramente agradeço à minha família, meu pai Nelson e mãe Maria, pelo apoio e suporte concedido por vocês, obrigada por acreditarem em mim! À minha irmã Raquel e prima Roberta, pelo respaldo e doses de coragem e motivação me cedidas, para continuar indo atrás do que quero e acredito.

Agradeço aos amigos que tive a felicidade e sorte de conhecer ao longo desses anos vividos em Caçapava do Sul, pelos momentos compartilhados, suporte e parceria. Obrigada André Ramalho, Bárbara Furlan, Dionatan Giusti, Fabiano Madrid, Gabryelle Zanon, Giovanna Rocha, Guilherme Dalla, Guto Rocha, Issacar Barroso, Jean Taglieber, João Santana, Luís de Lara e Maiara Lautert!

Ao meu orientador Maximilian Fries, agradeço a confiança em mim depositada, pelo apoio, aprendizados e conselhos, possibilitando a realização deste trabalho.

Agradeço imensamente, a todos os professores pelo conhecimento geológico compartilhado, técnicos, funcionários terceirizados e colegas, por essa caminhada percorrida durante a graduação. Obrigada UNIPAMPA.

À sociedade brasileira, por ter sustentado minha graduação em uma universidade federal, e de tantos outros colegas. Espero poder retribuir!

Por fim, sou grata a tudo que a Geologia me proporcionou, ciência essa fascinante e de abalar estruturas!

RESUMO

O Cinturão Dom Feliciano é composto pelos escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense, nos quais são descontínuos geograficamente, em função das coberturas da Bacia do Paraná. Os terrenos que os compõem, contém significativas ocorrências minerais, como mineralizações metálicas de Au, Sn, W e sulfetos de metais base (Cu, Pb, Zn) que ocorrem associados ou não a metais preciosos (Au, Ag). É notório que essas mineralizações metálicas apresentam forte controle estrutural, onde ocorrem geralmente, associadas a zonas de falha. Como objetivos para a realização desse estudo, têm-se a identificação de feições estruturais que possam estar associadas a distribuição de recursos minerais metálicos nos terrenos que compõem os escudos. Para se atingir tais propósitos, a metodologia adotada consistiu em levantamento bibliográfico acerca das ocorrências minerais, depósitos e minas existentes nas áreas; análise, interpretação e extração de feições lineares, através de imagens Sentinel-2 e dados aerogeofísicos de gamaespectrometria e magnetometria. Todos esses elementos foram integrados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), permitindo uma análise integrada dos dados. Os lineamentos definidos através dos dados aerogeofísicos, foram sobrepostos, resultando na geração de mapas de lineamentos dos escudos, onde se fez possível reconhecer as tendências estruturais de cada domínio geotectônico, referidas em bibliografias já consolidadas. Em ambos os escudos, observou-se que os recursos metálicos, tendem a se concentrar em determinados terrenos, coincidentes com aqueles que possuem maiores densidades de lineamentos. Algumas áreas foram apontadas para fins de estudos de maior detalhe, como a aplicação de geofísica terrestre, em função de localizarem-se nas proximidades de áreas contendo depósitos e minas, e apresentarem padrões similares a estas.

Palavras chave: exploração mineral, mineralizações metálicas, lineamentos.

ABSTRACT

The Dom Feliciano Belt is composed of the Santa Catarina and Sul-Rio-Grandense shields, which are geographically discontinuous, due to the covers of the Paraná Basin. The terrains that make up them, contain significant mineral occurrences, such as Au, Sn, W metal mineralizations and base metal sulfides (Cu, Pb, Zn) that occur associated or not, with precious metals (Au, Ag). It is notorious that these metal mineralizations have strong structural control, where they usually occur, associated with fault zones. The objectives of this study are the identification of structural features that may be associated with the distribution of metallic mineral resources in the terrains that make up the shields. To achieve these purposes, the methodology adopted consisted of a bibliographic survey about the mineral occurrences, deposits and mines that exist in the areas; analysis, interpretation and extraction of linear features through Sentinel-2 images and aerogeophysical data of gamma-spectrometry and magnetometry. All these elements were integrated into a Geographic Information System (GIS), allowing an integrated data analysis. The lineaments defined through the aerogeophysical data were overlapped, resulting in the generation of shield lineament maps, where it was possible to recognize the structural trends of each geotectonic domain, referred in already consolidated bibliographies. In both shields, it was observed that the metallic resources tend to concentrate in certain terrains, coinciding with those with higher lineament densities. Some areas were pointed for more detailed studies, such as the application of terrestrial geophysics, in function of are located near areas containing deposits and mines, and present similar patterns to these.

Keywords: mineral exploration, metal mineralizations, lineaments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização das áreas abordadas no estudo, com os Escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense destacados.	21
Figura 2 - Mapa da extensão da Província Mantiqueira em território brasileiro.	22
Figura 3 - Limites das Províncias Tectônicas.	24
Figura 4 - Domínios e unidades geotectônicas dos Escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense.....	26
Figura 5 - Espectro eletromagnético.	32
Figura 6 - Domínios magnéticos e interpretação estrutural do Escudo Sul Rio-Grandense definidos por Travassos.....	36
Figura 7 - Domínios geofísicos definidos por Costa sobrepostos em mapa da 1ª derivada vertical.	37
Figura 8 - Ocorrências minerais do escudo Catarinense. Lineamentos regionais: ZCP – Zona de Cisalhamento Palmital, ZCIP – Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó e ZCMG – Zona de Cisalhamento Major Gercino.	48
Figura 9 - Depósitos minerais do escudo Catarinense. Lineamentos regionais: ZCP – Zona de Cisalhamento Palmital, ZCIP – Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó e ZCMG – Zona de Cisalhamento Major Gercino.....	49
Figura 10 - Minas do escudo Catarinense. Lineamentos regionais: ZCP – Zona de Cisalhamento Palmital, ZCIP – Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó e ZCMG – Zona de Cisalhamento Major Gercino.	50
Figura 11 - Ocorrências minerais do escudo Sul-Rio-Grandense. Lineamentos regionais: LI – Lineamento de Ibaré, LMC – Lineamento Magnético de Caçapava do Sul e ZCDC – Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu.....	51
Figura 12 - Depósitos minerais do escudo Sul-Rio-Grandense. Lineamentos regionais: LI – Lineamento de Ibaré, LMC – Lineamento Magnético de Caçapava do Sul e ZCDC – Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu.....	52
Figura 13 - Minas do escudo Sul-Rio-Grandense. Lineamentos regionais: LI – Lineamento de Ibaré, LMC – Lineamento Magnético de Caçapava do Sul e ZCDC – Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu.....	54
Figura 14 - Mosaico de imagens Sentinel-2 em cor verdadeira do escudo Catarinense, com lineamentos traçados.....	55

Figura 15 - Mosaico de imagens Sentinel-2 em cor verdadeira do escudo Sul-Rio-Grandense, com lineamentos traçados.	56
Figura 16 - Ocorrências, depósitos e minas auríferas do escudo Catarinense.	57
Figura 17 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Au), com lineamentos traçados.	58
Figura 18 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Au), com lineamentos traçados.	59
Figura 19 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Au), com lineamentos traçados.	60
Figura 20 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Au), com lineamentos traçados.	61
Figura 21 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Au), com lineamentos traçados.	62
Figura 22 - Ocorrências, depósitos e minas de Pb e Zn do escudo Catarinense.	63
Figura 23 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Pb, Zn), com lineamentos traçados.	64
Figura 24 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Pb, Zn), com lineamentos traçados.	64
Figura 25 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Pb, Zn), com lineamentos traçados.	65
Figura 26 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Pb, Zn), com lineamentos traçados.	66
Figura 27 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Pb, Zn), com lineamentos traçados.	66
Figura 28 - Ocorrências e mina de Sn e W do escudo Catarinense.	67
Figura 29 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (W), com lineamentos traçados.	68
Figura 30 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (W), com lineamentos traçados.	69
Figura 31 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (W), com lineamentos traçados.	70
Figura 32 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (W), com lineamentos traçados.	71

Figura 33 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (W), com lineamentos traçados.....	72
Figura 34 - Ocorrências de Cu e Mo do escudo Catarinense.....	73
Figura 35 - Ocorrências, depósitos e minas de Au e Au-Cu do escudo Sul-Rio-Grandense.....	74
Figura 36 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.....	75
Figura 37 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.....	76
Figura 38 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.	77
Figura 39 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo total reduzidos ao polo (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.....	78
Figura 40 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.	80
Figura 41 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.	81
Figura 42 - Mapas radiométricos dos elementos K, U e Th: de contagem total e composição RGB (ternário) (Au), respectivamente, com lineamentos traçados.	81
Figura 43 - Mapas dos valores de campo magnético anômalo total e de campo anômalo total reduzidos ao polo (Au), respectivamente, com lineamentos traçados.	82
Figura 44 - Mapas dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico e a 1ª Derivada Vertical (Au), respectivamente, com lineamentos traçados.....	82
Figura 45 - Ocorrências, depósitos e minas de Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo e Mo do escudo Sul-Rio-Grandense.....	83
Figura 46 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.....	84
Figura 47 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.	85
Figura 48 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.	86

Figura 49 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo total reduzidos ao polo (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.	87
Figura 50 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.....	87
Figura 51 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.	88
Figura 52 - Mapas dos valores de campo magnético anômalo total e de campo anômalo total reduzidos ao polo (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), respectivamente, com lineamentos traçados.	89
Figura 53 - Mapas dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico e a 1ª Derivada Vertical (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), respectivamente, com lineamentos traçados.	89
Figura 54 - Ocorrências, depósitos e minas de Zn-Pb-Cu e Pb do escudo Sul-Rio-Grandense.....	90
Figura 55 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.	91
Figura 56 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.	92
Figura 57 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.....	93
Figura 58 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo total reduzidos ao polo (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.	94
Figura 59 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.....	95
Figura 60 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.	96
Figura 61 - Mapa geológico focalizando os terrenos São Gabriel e Tijucas, destacando litologias pertencentes a Formação Hilário e recursos minerais metálicos de Pb.	97
Figura 62 - Mapa geológico focalizando os terrenos São Gabriel e Tijucas, destacando litologias pertencentes a Formação Hilário e recursos minerais metálicos de Cu.	97
Figura 63 - Ocorrências, depósitos e minas de Sn-W do escudo Sul-Rio-Grandense.	98
Figura 64 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Sn-W), com lineamentos traçados.....	99

Figura 65 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Sn-W), com lineamentos traçados.	99
Figura 66 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Sn-W), com lineamentos traçados.	100
Figura 67 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo total reduzidos ao polo (Sn-W), com lineamentos traçados.	101
Figura 68 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Sn-W), com lineamentos traçados.....	101
Figura 69 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Sn-W), com lineamentos traçados.	102
Figura 70 - Mapas radiométricos dos elementos K, U e Th: de contagem total e composição RGB (ternário) (Sn-W), respectivamente, com lineamentos traçados.	103
Figura 71 - Mapas dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico e a 1ª Derivada Vertical (Sn-W), respectivamente, com lineamentos traçados.....	103
Figura 72 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo total reduzidos ao polo (Cr), com lineamentos traçados.	104
Figura 73 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Cr), com lineamentos traçados.....	105
Figura 74 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Cr), com lineamentos traçados.	106
Figura 75 - Mapa de lineamentos obtidos a partir das análises e interpretações geofísicas para o escudo Catarinense.	108
Figura 76 - Mapa de lineamentos obtidos a partir das análises e interpretações geofísicas para o escudo Catarinense. integrados a ocorrências, depósitos e minas.	109
Figura 77 - Mapa de lineamentos obtidos a partir das análises e interpretações geofísicas para o escudo Sul-Rio-Grandense.....	110
Figura 78 - Mapa de lineamentos obtidos a partir das análises e interpretações geofísicas para o escudo Sul-Rio-Grandense. integrados a ocorrências, depósitos e minas.....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distinção dos metais principais referentes a ocorrências, depósitos e minas.	40
Tabela 2 - Resoluções espectrais e espaciais Sentinel-2.	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANM - Agência Nacional de Mineração

ASA - Amplitude do Sinal Analítico

ASTER - *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*

BIGRID - *Bi-direcional line gridding*

CMAT - Campo Magnético Anômalo Total

CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil)

CT - Contagem total

DV - Derivada Vertical

ETM - *Enhanced Thematic Mapper*

GeoTIFF - *Georeferenced Tagged Image File Format*

IGRF - *International Geomagnetic Reference Field*

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LANDSAT - *Landsat Data Continuity Mission*

MDE - Modelo digital de elevação

MSI - *MultiSpectral Instrument*

PGB - Programa Geologia do Brasil

PM - Província Mantiqueira

RANGRID - *Minimum curvature*

REM - Radiação Eletromagnética

RGB - *Red-Green-Blue*

RTP - *Reduction to pole* (Redução ao Pólo)

SAR - *Synthetic Aperture Radar*

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SR - Sensoriamento Remoto

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

ZC - Zona de Cisalhamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 OBJETIVOS	19
2.1 Gerais	19
2.2 Específicos	19
3 JUSTIFICATIVA	19
4 ÁREA DE ESTUDO	20
4.1 Localização.....	20
4.2 Contexto geológico-geotectônico.....	21
5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
5.1 Fundamentação teórica	26
5.1.1 Ocorrências minerais no Cinturão Dom Feliciano (SC/RS)	26
5.1.2 Lineamentos	29
5.1.3 Geoprocessamento.....	30
5.1.4 Sensoriamento Remoto	30
5.1.5 Aerogeofísica	32
5.2 Trabalhos anteriormente aplicados.....	35
6 MATERIAIS E MÉTODOS	39
6.1 Revisão bibliográfica.....	39
6.1.1 Terminologia adotada na prospecção.....	39
6.1.2 Recursos minerais	40
6.2 Imagens de sensores remotos.....	41
6.2.1 Imagens Sentinel-2.....	41
6.2.2 Imagens <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (SRTM).....	42
6.3 Dados aerogeofísicos	42

6.3.1 Aerogamaespectrometria.....	44
6.3.2 Aeromagnetometria	45
6.4 Definição de lineamentos.....	46
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
7.1 Recursos minerais	47
7.1.1 Escudo Catarinense.....	47
7.1.2 Escudo Sul-Rio-Grandense	50
7.2 Imagens Sentinel-2	55
7.2.1 Escudo Catarinense.....	55
7.2.2 Escudo Sul-Rio-Grandense	56
7.3 Aerogeofísica, lineamentos e recursos minerais	57
7.3.1 Escudo Catarinense.....	57
7.3.2 Escudo Sul-Rio-Grandense	74
7.4 Lineamentos	106
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
REFERÊNCIAS.....	114
APÊNDICES	118
ANEXOS	122

1 INTRODUÇÃO

As características geológicas encontradas no Brasil, como vastidão e diversidade de terrenos geológicos, conferem ao país relevante potencial mineral, onde parte considerável de seu território é formado por terrenos antigos associados a importantes depósitos minerais (BAARS *et al.*, 2003). Nesse contexto, podemos inserir a área proposta no presente estudo, na qual compreende o Cinturão Dom Feliciano, que representa a porção meridional da Província Mantiqueira (PM), localizando-se na porção sul do Brasil e abrangendo parte dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Os terrenos da PM, preservam unidades neoproterozóicas e fragmentos neoarqueanos e paleoproterozoicos que foram submetidos a diferentes graus de retrabalhamento no Brasileiro (CAMOZZATO; TONIOLO; LAUX, 2014).

O Cinturão Dom Feliciano é representado pelos escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense, nos quais são descontínuos geograficamente, em função das coberturas vulcanossedimentares da Bacia do Paraná. Os escudos são divididos em cinco unidades geotectônicas, onde no Catarinense considera-se: i) Terreno Luís Alves; ii) Terreno Tijucas Setentrional; iii) e iv) Batólitos Paranaguá e Florianópolis e por fim, v) Bacias Itajaí, Campo Alegre, Corupá, Alto Palmeira e Joinville (coberturas sedimentares com rochas vulcânicas e plutônicas associadas, instaladas sobre o Terreno Luís Alves). No Escudo Sul-Rio-Grandense, a subdivisão é composta por: i) Terreno Taquarembó; ii) Terreno São Gabriel; iii) Terreno Tijucas Meridional; iv) Batólito Pelotas e v) Bacia do Camaquã, composta por rochas sedimentares e vulcânicas, com plutonismo associado, que depositam-se ou intrudem as demais unidades geotectônicas (CAMOZZATO; TONIOLO; LAUX, 2014).

Os escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense possuem ocorrências minerais significativas, a exemplo de suas principais mineralizações metálicas de Au, Sn, W e sulfetos de metais base (Cu, Pb, Zn), que ocorrem ou não associados a metais preciosos (Au, Ag). De maneira predominante e notória, essas mineralizações apresentam controles estruturais, dado por suas ocorrências associadas a zonas de falha, de cisalhamento, milonitizadas e cataclasadas.

Fundamentado nos aspectos levantados, o presente estudo possui como propósito, a identificação de feições estruturais que possam estar associadas a distribuição de recursos minerais metálicos, que ocorrem nas unidades que compõem

os escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense. Para se verificar tais pressupostos, utilizaram-se dados geológicos, aerogeofísicos (gamaespectrometria e magnetometria, resultados dos projetos aerogeofísicos Paraná-Santa Catarina e Escudo do Rio Grande do Sul) e de sensoriamento remoto, analisados e integrados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

2 OBJETIVOS

2.1 Gerais

Identificar feições estruturais associadas a distribuição de recursos minerais que ocorrem no contexto geotectônico da Província Mantiqueira em sua porção meridional (Cinturão Dom Feliciano), através da aplicação de informações de Geológicas, Aerogeofísicas e de Sensoriamento Remoto.

2.2 Específicos

- Detectar e identificar padrões estruturais para os determinados tipos de recursos minerais metálicos em escala regional;
- Definir padrões associados a minas, depósitos e ocorrências minerais conhecidas;
- Identificar possíveis estruturas em subsuperfície (não reconhecidas em mapas) associadas a prováveis metalotectos;
- Complementar informações pré-existent na base de dados de órgãos governamentais (CPRM/ANM) e instituições de ensino e pesquisa.

3 JUSTIFICATIVA

O Brasil apresenta elevado potencial mineral, a exemplo da região de estudo proposta no presente trabalho. Ocorrências minerais em território nacional foram mais efetivamente mapeadas e reconhecidas a partir da década de 70 em virtude do Projeto Radar da Amazônia (RADAM) (dedicado a todo o território nacional, em especial a região Amazônica), bem como projetos de levantamentos geológicos básicos do Programa Geologia do Brasil (PGB) que incluem a execução dos projetos aerogeofísicos. Todos esses dados apresentam grande importância e relevância, constituindo contribuições de caráter regional.

Variada gama de dados geológicos, aerogeofísicos e de sensoriamento remoto, com estes últimos tendo evoluído tecnologicamente nos últimos anos, encontram-se disponíveis ao domínio público. Diversos trabalhos a nível nacional e internacional demonstram resultados satisfatórios obtidos com a aplicação de informações dessas ferramentas na exploração mineral.

Em geral, observa-se que os estudos de pesquisa mineral realizados, são efetuados em escalas de maior detalhe, diretamente em locais que já possuem históricos de mineralizações.

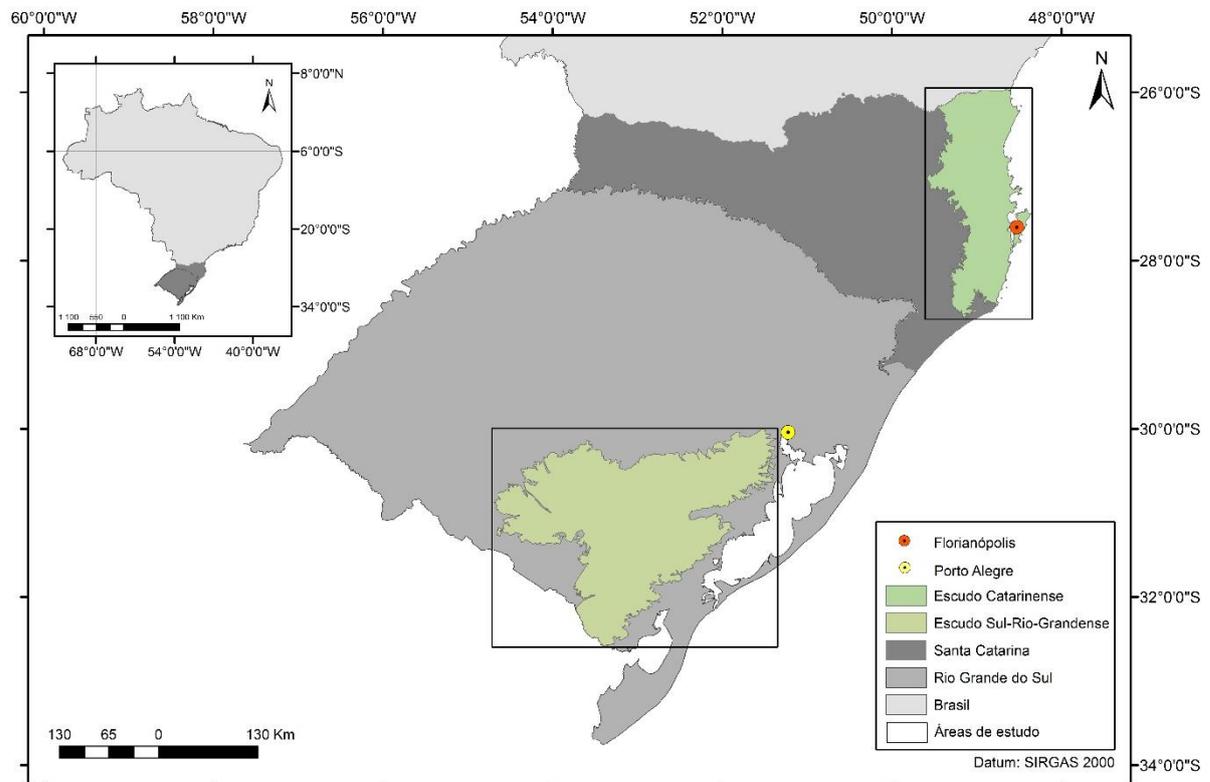
Diante do contexto abordado, a disponibilidade de dados multi fonte atrelada a possibilidade de integração destes e carência de estudos regionais que podem implicar no desconhecimento de áreas potenciais minerais, fomenta a realização do presente estudo. Visa-se contribuir e ampliar o conhecimento acerca dos hipotéticos parâmetros estruturais controladores de ocorrências minerais atuantes no Cinturão Dom Feliciano, proporcionando suporte para novos estudos de detalhe no contexto abordado.

4 ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização

A área de estudo localiza-se na porção sul do Brasil, contempla parte dos estados de Santa Catarina (porção leste, abrangendo a costa do Atlântico) e Rio Grande do Sul (porção centro-sudeste), correspondem aos escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense (Figura 1), respectivamente.

Figura 1 - Mapa de localização das áreas abordadas no estudo, com os Escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense destacados.

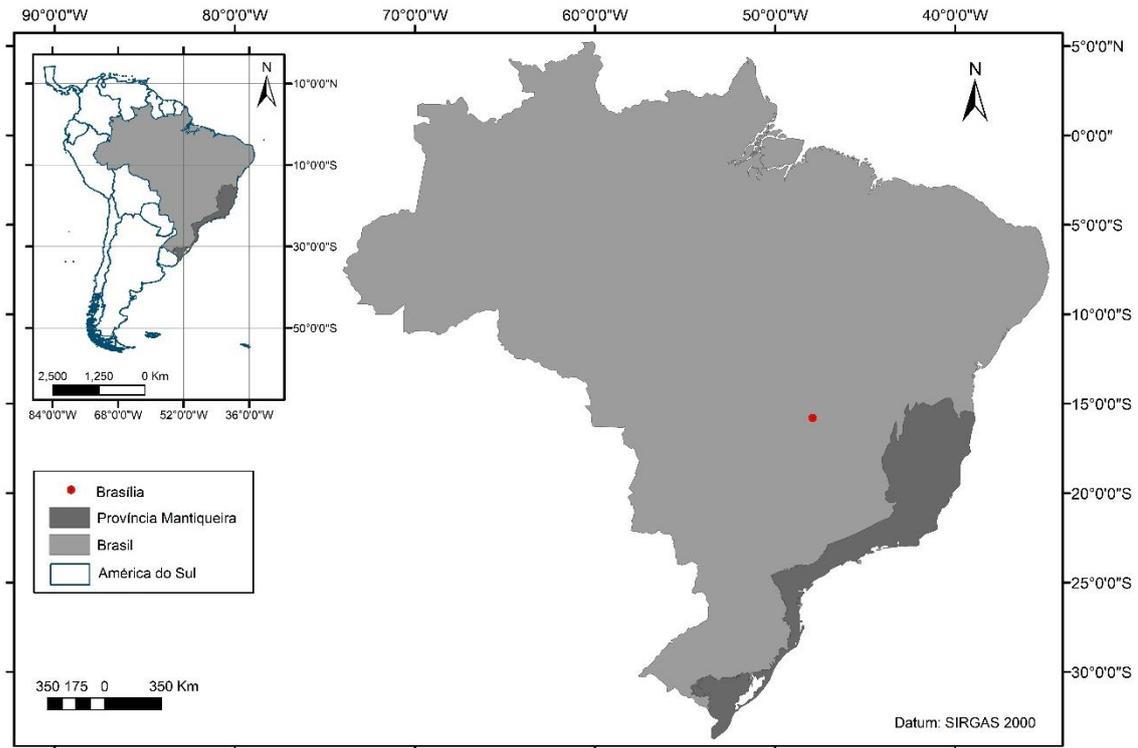


Fonte: Autora.

4.2 Contexto geológico-geotectônico

Os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul estão inseridos no contexto geotectônico da Província Mantiqueira definida por Almeida *et al.* (1977, 1981 *apud* HEILBRON *et al.*, 2004). Esta, localiza-se na região costeira atlântica do continente sul-americano, apresentando uma “contraparte” na porção do continente africano. Representa um sistema orogênico onde no âmbito do continente sul-americano, se estende como uma faixa do sul da Bahia ao Uruguai, apresentando cerca de 3.000km de extensão (HASUI, 2012). O Sistema Orogênico Mantiqueira é composto por conjuntos de orógenos que se justapuseram diacronicamente (HEILBRON *et al.*, 2004), com sua estruturação predominantemente marcada pela orogênese Brasileira (Figura 2).

Figura 2 - Mapa da extensão da Província Mantiqueira em território brasileiro.



Fonte: Autora

De maneira geral quanto a sua evolução, a Província Mantiqueira possui terrenos constituídos predominantemente de rochas pré-silurianas (> 450 Ma) que se desenvolveram no Arqueano e Paleoproterozóico, onde posteriormente sofreram processos distensivos com magmatismo e formação de riftes que comportaram rochas sedimentares e vulcano-sedimentares no Mesoproterozóico.

A partir do período Toniano – Neoproterozóico, iniciou-se o Ciclo Brasileiro no qual os processos de rifteamento evoluíram para margens passivas, com abertura de oceanos, seguidos de convergência e fechamentos desses. Tais processos desencadearam metamorfismo, migmatização parcial, deformação tangencial e transcorrente, com injeção de granitóides do Criogeniano – Neoproterozóico ao Cambriano (HASUI, 2012). Esse período é associado ao “clímax orogênico”, devido ao intenso tectonismo, com retrabalhamento de rochas mais antigas e deformação, metamorfismo de alto grau e expressiva granitogênese, nos quais esses terrenos foram submetidos no Evento Brasileiro, resultando no cinturão orogênico de rochas que compõem a Província Mantiqueira. Os processos finais foram marcados por

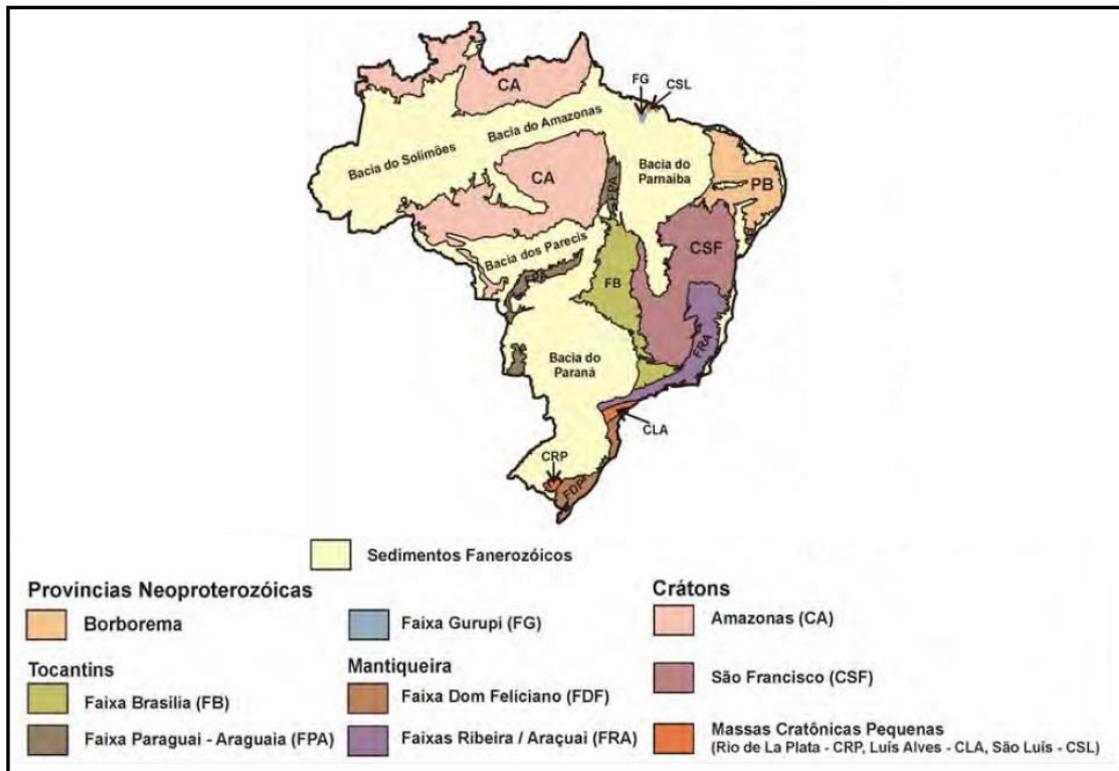
exumação e colapso do sistema orogênico, com transição para regime distensivo e formação de intrusões magmáticas e bacias até o Ordoviciano (HASUI, 2012).

A Província Mantiqueira é subdividida em três setores em função de características litoestruturais e geocronológicas, onde dentro desses setores os mesmos podem ser subdivididos em domínios. Sua compartimentação dificilmente alcança consenso, o que reflete sua complexidade e escassez de dados acerca da mesma (HASUI, 2012). Entretanto, destacam-se três setores que correspondem aos orógenos: Araçuaí, localizado no setor setentrional, Ribeira que se refere ao setor central e por fim, aos orógenos Dom Feliciano e São Gabriel que pertencem ao setor meridional.

Os orógenos desenvolvem-se em torno de crátons e em períodos específicos, onde os limites entre estes são balizados. Nesse contexto, os setores da Província Mantiqueira possuem correlação com porções cratônicas (regiões da litosfera continental atectônicas, estáveis por longos períodos e que não foram envolvidas em processos orogênicos do Fanerozóico) brasileiras e seus correspondentes na porção do continente africano, onde: os setores Araçuaí e Ribeira são limitados pelos crátons São Francisco e Congo, com este último (Ribeira), sendo limitado adicionalmente pelo suposto cráton encoberto pela Bacia do Paraná (Paraná/Paranapanema).

No setor meridional, o orógeno Dom Feliciano se relaciona com os crátons Rio de La Plata e Kalahari, e o Terreno São Gabriel apenas ao Rio de La Plata (HEILBRON *et al.*, 2004). Na Figura 3 pode-se visualizar a distribuição dessas entidades geotectônicas no território brasileiro.

Figura 3 - Limites das Províncias Tectônicas.



Fonte: Extraído e modificado de Oliveira, Roberto G. & Freitas, J. B., 2014.

Diante do contexto abordado, a área de estudo foi limitada a porção meridional da Província Mantiqueira, referindo-se ao Cinturão Dom Feliciano e Terreno São Gabriel. O Cinturão Dom Feliciano estende-se ao território uruguaio, porém, não será incluído no presente estudo, onde apenas as porções que correspondem ao Escudo Catarinense e Sul-Rio-Grandense serão tratadas.

Os escudos em questão são geograficamente descontínuos em razão das coberturas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná e sedimentos da Planície Costeira. Lineamentos regionais de direção NE-SW e NW-SE contribuíram grandemente para a subdivisão interna do setor meridional, embasados em dados de geofísica e geocronologia. Os Escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense são divididos em cinco unidades geotectônicas, onde no Catarinense considera-se: i) Terreno Luís Alves (caracterizado pelo Complexo Granulítico de Santa Catarina, correspondente a fragmentos do Cráton Rio de La Plata com sua extensão no estado denominada de (micro) Cráton Luís Alves); ii) Terreno Tijucas Setentrional (Complexo Brusque – metavulcanossedimentares e porções de ortognaisses migmatizados); iii) e iv) Batólitos Paranaguá e Florianópolis (suítes, complexos granitóides e fragmentos

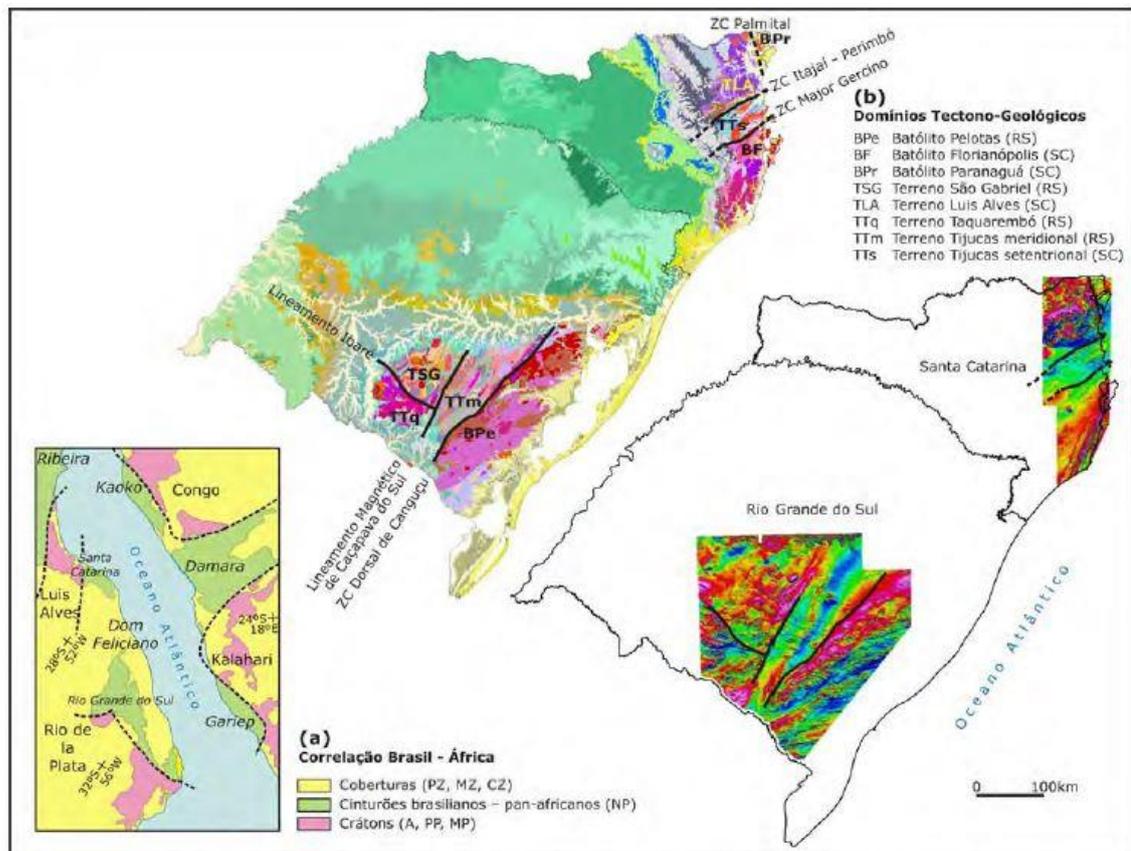
do embasamento retrabalhados) e por fim, v) Bacias Itajaí, Campo Alegre, Corupá, Alto Palmeira e Joinville (coberturas sedimentares com rochas vulcânicas e plutônicas associadas Neoproterozóicas a Cambrianas, instaladas sobre o Terreno Luís Alves) (CAMOZZATO; TONIOLO; LAUX, 2014).

No Escudo Sul-Rio-Grandense, a subdivisão é composta por: i) Terreno Taquarembó (representado pelo Complexo Granulítico Santa Maria Chico, correspondente a remanescentes do Cráton Rio de La Plata); ii) Terreno São Gabriel, consistindo em um prisma acrescionário com fragmentos ofiolíticos associados; iii) Terreno Tijucas Meridional (Complexo Porongos e *basement inliers*); iv) Batólito Pelotas (suítes, complexos granitóides e frações paleoproterozóicas retrabalhadas) e v) Bacia do Camaquã, coberturas sedimentares e vulcânicas do Neoproterozóico ao Cambriano, ígneas plutônicas predominantemente graníticas, intrudindo ou depositadas sobre as demais unidades geotectônicas (CAMOZZATO; TONIOLO; LAUX, 2014).

As unidades geotectônicas que compõem os escudos em questão, são limitadas entre si em razão de zonas de cisalhamento (ZC) como observado na Figura 4. No Escudo Catarinense, os Terrenos Luís Alves e Batólito Paranaguá são limitados pela ZC Palmital. Os Terrenos Luís Alves e Tijucas Setentrional são limitados pela ZC Itajaí-Perimbó, onde tal lineamento também delimita a porção sul da Bacia Itajaí. Os limites entre os Terrenos Tijucas Setentrional e Batólito de Florianópolis, se dá pela ZC Major Gercino.

No Escudo Sul-Rio-Grandense, os Terrenos Taquarembó e São Gabriel são limitados pela ZC de Ibaré. Esses dois terrenos são ainda limitados pelo Lineamento Magnético de Caçapava do Sul, do Terreno Tijucas Meridional, onde seus limites são encobertos por unidades da Bacia do Camaquã (HASUI, 2012). Por fim, os Terrenos Tijucas Meridional e Batólito de Pelotas são limitados pela ZC Dorsal de Canguçu, na qual acredita-se que sua continuação para norte é equivalente a ZC Major Gercino no Escudo Catarinense (CAMOZZATO; TONIOLO; LAUX, 2014).

Figura 4 - Domínios e unidades geotectônicas dos Escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense.



Fonte: extraído de Camozzato *et al.*, 2014.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A bibliografia que fundamenta o presente trabalho é tratada a seguir.

5.1 Fundamentação teórica

5.1.1 Ocorrências minerais no Cinturão Dom Feliciano (SC/RS)

Atualmente no Cinturão Dom Feliciano, os recursos minerais que embasam a mineração fundamentam-se na extração de mármore para as indústrias de corretivos agrícolas e de cimento, argilas cerâmicas e refratárias, minerais industriais, rochas ornamentais e agregados para uso na construção civil. De maneira restrita, têm-se extração de ouro em garimpos intermitentes em depósitos coluviais e aluviais nas regiões de Lavras do Sul e Vila Nova do Sul no escudo Sul-Rio-Grandense, e em Gaspar no escudo Catarinense (CAMOZZATO; TONIOLO; LAUX, 2014).

Cabe mencionar que no momento, as regiões de Minas do Camaquã e Lavras do Sul (ambos inseridas no escudo Sul-Rio-Grandense) contam com importantes projetos minerais. O primeiro refere-se a um projeto de extração de zinco, chumbo e

cobre na região de Passo do Cação, localizada a cerca de cinco quilômetros da Vila de Minas do Camaquã (PROJETO CAÇAPAVA DO SUL, 2019), distrito pertencente ao município de Caçapava do Sul. O segundo, trata-se de um projeto de extração de fosfato situado no distrito de Três Estradas, pertencente ao município de Lavras do Sul (PROJETO FOSFATO TRÊS ESTRADAS, 2019).

Os principais recursos minerais metálicos que ocorrem no Cinturão Dom Feliciano consistem em mineralizações de Au, Sn, W e sulfetos de metais base (Cu, Pb, Zn) associados ou não com metais preciosos (Au e Ag). As respectivas mineralizações metálicas no âmbito dos escudos, são referidas desde o século XVIII, onde algumas delas resultaram em distritos mineiros de grande importância ou em áreas de caráter garimpeiro (CAMOZZATO; TONIOLO; LAUX, 2014). Essas mineralizações são em sua maioria ocorrências, seguidas de alguns depósitos e em números inferiores, se transformaram em minas (RAMGRAB *et al.*, 2000).

5.1.1.1 Correlação entre mineralizações e estruturas no escudo Catarinense

Ouro, Prata, sulfetos de metais base, Estanho e Tungstênio

No escudo Catarinense, as regiões do Ribeirão do Arraial (Gaspar) e Ribeirão da Prata (Nova Rússia) constituem duas importantes regiões detentoras de mineralizações de metais nobres (Au e Ag) e sulfetos de metais base (Pb, Zn e Cu). Ocorrem em sistemas estruturais resultantes da reativação de zonas de cisalhamento, com graus variados na relação entre o embasamento paleoproterozóico do Terreno Luís Alves e intrusivas ácidas da Bacia Itajaí. A exemplo da Mina Schramm na região de Ribeirão do Arraial, seus veios auríferos associados a Ag são orientados N75°-85°W em falhas vinculadas aos processos de reativação de zona de cisalhamento regional. Em Ribeirão da Prata, tal região possui mineralizações em filões argentíferos, encaixados em milonitos e cataclasitos na estrutura regional da ZC Itajaí-Perimbó (CAMOZZATO; TONIOLO; LAUX, 2014).

O Complexo Brusque possui mineralizações auríferas em veios que cortam distintas litologias, onde seus filões orientam-se predominantemente NE, estando associados a zonas de cisalhamento. Nesse mesmo complexo, mineralizações de Sn e W ocorrem nas regiões de Nova Trento e Ribeirão Russo, podendo conter Au associado. Os filões são fortemente controlados estruturalmente, gerando

concentrações preferenciais ao longo da charneira de uma antiforme que dobra as unidades do Complexo Brusque (CAMOZZATO; TONIOLO; LAUX, 2014).

5.1.1.2 Correlação entre mineralizações e estruturas no escudo Sul-Rio-Grandense

Ouro

No escudo Sul-Rio-Grandense, ocorrências auríferas em porções do Terreno Taquarembó são do tipo filoniana, nas quais ocorrem em estruturas brechadas e orientadas preferencialmente nas direções N-S, NNE e NW. No Terreno Gabriel, a exemplo de suas mineralizações auríferas que se transformaram em minas, tem-se a região da Bossoroca onde o minério ocorre em filões de quartzo, nos quais dispõem-se sob direção predominante N45°-65°E (CAMOZZATO; TONIOLO; LAUX, 2014).

Na região da Mina Bossoroca, a mineralização possui associação a veios extensionais ligados a zonas de cisalhamento. Próximo a esta região, têm-se ocorrências auríferas na denominada Mina Cerrito do Ouro, nas quais também são do tipo filoniano, com três filões principais associados a uma zona de falha com direção N30°-60°E. No município de Lavras do Sul, suas ocorrências auríferas são predominantemente do tipo filoniano, com ocorrência disseminada de maneira pontual. Estudos tectônicos e estruturais caracterizam que o esforço compressivo principal sobre as litologias que acomodam essas mineralizações variou entre N65°W e E-W, na qual foi responsável por um sistema de falhas que condicionou a mineralização a direções preferencias E-W (CAMOZZATO; TONIOLO; LAUX, 2014).

Sulfetos de metais base

Segundo Ramgrab *et al.* (2000) as mineralizações de sulfetos de metais base que se destacam são: depósito de Santa Maria (Pb, Zn, (Cu, Ag) (Au)), Minas do Camaquã (Cu, Pb, Zn (Au, Ag)), depósito Cerro dos Martins (Cu), depósito dos Andradas (Cu), depósito Primavera (Cu) e minas do Seival (Cu). As zonas mineralizadas do depósito de Santa Maria demonstram forte controle estrutural, estando associadas a zonas distensivas com orientações principais N-S e NNW-SSE. As mineralizações encontradas nas Minas do Camaquã (minas São Luiz e Uruguai) ocorrem de duas formas, disseminada em conglomerados e arenitos, e como filões cortando tais litologias que se encaixam preferencialmente em falhas de direção NW. No depósito Cerro dos Martins, seus filões principais encontram-se encaixados em

falhas de direção N40°-60°W. Nos depósitos dos Andradas e Primavera, suas mineralizações cupríferas alojam-se em estruturas de direção N-S. Por fim, na região próxima a Lavras do Sul, as Minas do Seival são caracterizadas por pequenos depósitos dispostos ao longo de uma faixa alongada de direção NE, com suas mineralizações sendo controladas por zonas de brechas e falhas.

Estanho e Tungstênio

Mineralizações de Sn e W concentram-se na região de Encruzilhada do Sul, nas quais são caracterizadas por veios mineralizados de wolframita dispostos em direção principal N10°-30°E e subordinadamente N30°-40°W, encaixados em granitos greisenizados. As mineralizações estaníferas associam-se a faixas de deformação milonítica intensa, com dois sistemas transcorrentes distintos (RAMGRAB *et al.*, 2000).

5.1.2 Lineamentos

Os lineamentos são feições lineares, podendo ser simples (isoladas) ou compostas (conjunto) em superfícies, nas quais apresentam-se alinhadas de forma retilínea ou levemente curvilínea que se diferenciam distintamente dos padrões e características circundantes, presumindo-se que tais feições sejam consequência de fenômenos em subsuperfície, que refletem elementos de estruturas geológicas.

De acordo com O' Learey; Friedman; Pohn (1976), os lineamentos podem ser distinguidos em fisiográficos, quando estes associam-se ao relevo, e em tonais, quando vinculados a contrastes de brilho. As expressões fisiográficas incluem além de características morfológicas e topográficas (relevo), feições manifestadas por fontes dispostas em subsuperfície e identificadas através de métodos geofísicos, a exemplo da magnetometria.

De maneira geral, no âmbito da literatura geológica, o termo lineamento pode caracterizar e vincular-se a relações espaciais de: linhas de cristas ou limites de áreas elevadas, linhas de drenagem, contatos de formações geológicas de diferentes tipos petrográficos e linhas de afloramentos (O'LEARY; FRIEDMAN; POHN, 1976).

5.1.3 Geoprocessamento

Rocha (2000, p. 210) define o geoprocessamento como:

Uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

Pode-se considerar então o geoprocessamento como um conjunto de tecnologias, que viabiliza a manipulação, análise, simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados. Tais técnicas podem ser empregadas em um ambiente SIG, definido como um sistema constituído por *softwares* onde é realizado a integração de dados, objetivando manipular, visualizar e analisar dados espacialmente georreferenciados (FITZ, 2010).

A sobreposição de transparências e papel vegetal em mapas, bem como suas respectivas análises que são realizadas há tanto tempo em diversos estudos das geociências, podem ser consideradas análogas a práticas de geoprocessamento. O avanço tecnológico somente sofisticou e facilitou tais procedimentos, tornando-os mais rápidos, dinâmicos e precisos (FITZ, 2010).

5.1.4 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto consiste em uma tecnologia que permite obter informações da superfície terrestre, através da captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície, sem que haja contato direto com esta (FLORENZANO, 2007). A utilização conjunta de sensores e equipamentos de transmissão acoplados em plataformas como aeronaves e satélites, permitem analisar fenômenos e processos que ocorrem na superfície terrestre, a partir do registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e os elementos que a compõem (NOVO, 2010).

Os sensores constituem os dispositivos capazes de captar a energia emitida ou refletida por uma superfície e então registrá-la nas mais variadas formas, como imagens (sensores imageadores), gráficos e dados digitais diversos (sensores não imageadores). Esses sensores podem ser diferenciados em ativos e passivos, onde

no primeiro caso, os sensores possuem fonte de energia própria no qual a emitem em direção aos alvos para captar sua reflexão. Já os sensores passivos, não possuem fonte de energia própria e necessitam de fontes externas para a captação da reflexão dos alvos, como por exemplo, energia solar (FITZ, 2010).

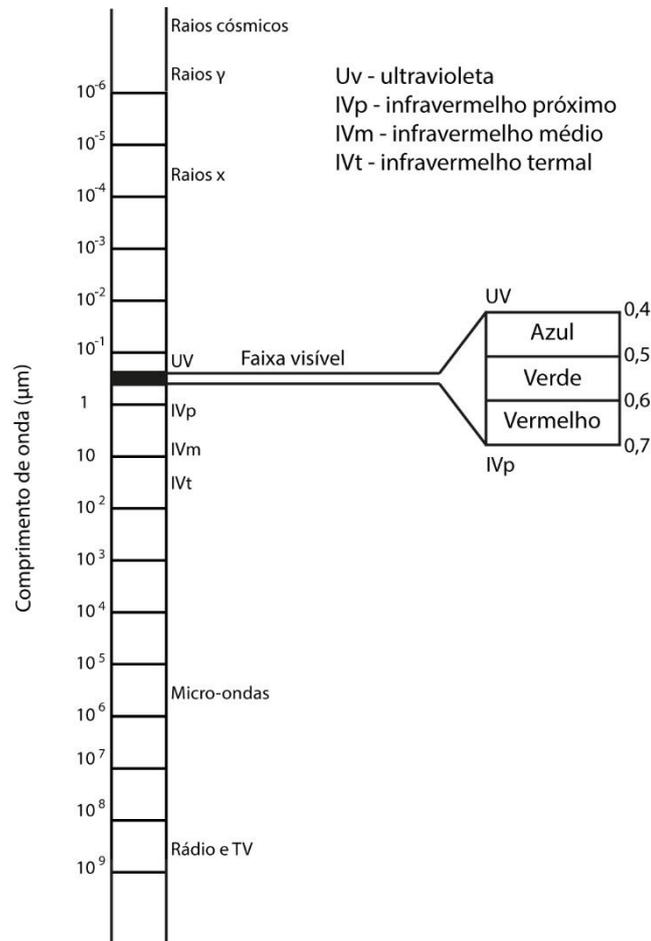
A energia utilizada no sensoriamento remoto é a radiação eletromagnética (REM), que se propaga em forma de ondas com a velocidade da luz, sendo medida em frequência e comprimento de onda, onde a relação entre estes elementos (comprimento de onda (λ), frequência (f) e velocidade de propagação da onda (v)) é dado pela equação 1:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1)$$

O espectro eletromagnético representa a distribuição da radiação eletromagnética por regiões, em razão de seus comprimentos de onda e frequência, onde são denominados de bandas ou faixas espectrais. Abrange desde curtos comprimentos de onda com alta frequência (raios cósmicos e gama), até longos comprimentos de onda e baixa frequência (ondas de rádio e TV). Como observado na Figura 5, as faixas definidas no espectro eletromagnético são: Ondas de rádio e TV, Microondas (estas apresentam bons resultados em sensores como Radar, já que essa radiação é pouco afetada pela influência da atmosfera), Infravermelho (amplamente utilizado no sensoriamento remoto, sendo subdivida em infravermelho próximo, médio e distante - termal), Faixa do visível (principal faixa utilizada em sensoriamento remoto, uma vez que é detectável pelo olho humano), Ultravioleta, Raios X, Raios Gama e Raios Cósmicos.

As imagens de um alvo captadas em diferentes faixas do espectro eletromagnético apresentam reflectâncias específicas, intrínsecas ao material no qual os alvos são compostos (FITZ, 2010).

Figura 5 - Espectro eletromagnético.



Fonte: extraído de Fitz, 2010.

Os dados obtidos por sensores remotos, podem ser manipulados e analisados por meio de *softwares*, visando o realce e extração de informações específicas de regiões da superfície terrestre, a depender do objetivo do estudo. A visão em conjunto de extensas áreas proporcionadas por imagens de satélite constitui uma importante ferramenta para estudos geológicos regionais, como a identificação de lineamentos estruturais.

5.1.5 Aerogeofísica

A aerogeofísica consiste na aquisição de dados geofísicos obtidos através de aeronaves, o emprego desse tipo de levantamento proporciona o recobrimento de grandes áreas, sendo frequentemente utilizado para reconhecimento preliminar, onde anomalias de interesse identificadas são posteriormente investigadas através de técnicas de maior detalhamento (TELFORD *et al.*, 1990).

Nesse tipo de levantamento, os métodos geofísicos que são comumente empregados correspondem a magnetometria e gamaespectrometria, nos quais normalmente são realizados por aviões. De maneira menos habitual, métodos eletromagnéticos também são empregados em levantamentos aerogeofísicos, sendo efetuados por helicópteros. Proporcionam dados de alta resolução e de maior detalhamento, entretanto, é um tipo de levantamento com custo consideravelmente mais elevado.

5.1.5.1 Magnetometria

Método geofísico que mede a intensidade do campo magnético terrestre e das magnetizações induzidas por materiais presentes em subsuperfície. Certos tipos de rochas possuem minerais magnéticos que produzem anomalias magnéticas significativas, resultado de suas propriedades, como a susceptibilidade magnética que influencia na resposta desses materiais sob influência de um campo magnético. Levantamentos magnéticos apresentam diversas aplicações, desde estudos em pequena escala, a exemplo de levantamentos arqueológicos e geotécnicos, como estudos em maior escala, na investigação de estruturas geológicas regionais (KEAREY; BROOKS; HILL, 2009).

As anomalias magnéticas são causadas por minerais magnéticos contidos nas rochas. São efeitos localizados que se superpõem ao campo magnético normal terrestre (KEAREY; BROOKS; HILL, 2009). A maioria dos minerais formadores de rocha apresentam susceptibilidade magnética baixa, em razão de sua composição. Entretanto, além do fator composição, outras questões como tamanho, forma e dispersão dos grãos magnéticos também influenciam na susceptibilidade magnética.

As anomalias magnéticas são causadas, principalmente, por minerais como magnetita e pirrotita, sendo o primeiro citado, o mineral magnético mais comum. Rochas ígneas básicas tendem a ser mais magnéticas que as ácidas, em razão de seu conteúdo de magnetita, uma vez que a proporção desse mineral tende a diminuir com o aumento da acidez (KEAREY; BROOKS; HILL, 2009). As fontes locais de anomalias devem ser associadas a características crustais superiores, uma vez que em profundidades superiores a aproximadamente 40km, as rochas perdem suas propriedades magnéticas (temperatura de Curie) em razão do aumento do gradiente geotermal (TELFORD *et al.*, 1990).

O conhecimento do comportamento do campo geomagnético é necessário tanto para o cálculo das anomalias magnéticas (redução de dados magnéticos) quanto para a utilização de um valor de referência apropriado (datum). O campo geomagnético exibe variações irregulares em orientação e magnitude em relação a latitude, longitude e o tempo. A partir do Campo Geomagnético de Referência Internacional (IGRF), o campo geomagnético teórico não perturbado em qualquer ponto é definido (KEAREY; BROOKS; HILL, 2009), possibilitando a previsão de tais variações.

5.1.5.2 Gamaespectrometria

O método geofísico da Gamaespectrometria ou também denominado de Radiométrico, consiste na medição da radiação emitida por elementos radioativos que constituem os minerais que compõem as rochas. Existem mais de cinquenta isótopos radioativos de ocorrência natural, entretanto, a maior parte desses elementos é muito raro, fracamente radioativos, ou ambos, não apresentando relevância para a geofísica. Os elementos que constituem as principais fontes de radiação, provêm da desintegração natural de K, U e Th (TELFORD *et al.*, 1990).

O desenvolvimento dos métodos radiométricos foi motivado pela busca de depósitos uraníferos, onde posteriormente, foram amplamente aplicados na exploração mineral e monitoramento ambiental (RIBEIRO; MANTOVANI; LOURO, 2014). Atualmente, são amplamente aplicados para a exploração mineral, bem como utilizados em trabalhos de mapeamento geológico.

A identificação dos elementos responsáveis pela emissão radioativa é realizada através de sensores denominados de espectrômetros, através da medida de raios gama pertencentes a janela energética do intervalo de 0,41 a 2,81 MeV. Os elementos U e Th não emitem radiação gama, e sim seus produtos decorrentes de decaimento radioativo, o Bi e Tl, onde estes são definidos na literatura como U e Th equivalente (eU, eTh), respectivamente. Cada elemento corresponde a um canal nesse intervalo, onde os raios gama emitidos pelo K concentram-se no pico de energia de 1,46 MeV, Bi (eU) 1,76 MeV e Tl (eTh) 2,61 MeV (RIBEIRO; MANTOVANI; LOURO, 2014).

A radiação gama no solo é afetada pela densidade do meio que esta atravessa. Essas propriedades fazem com que as medições radiométricas sejam superficiais, tendo um alcance médio de 30 a 40 centímetros de profundidade, com obtenção de

informações limitadas a contatos geológicos superficiais e/ou rochas aflorantes (RIBEIRO; MANTOVANI; LOURO, 2014).

5.2 Trabalhos anteriormente aplicados

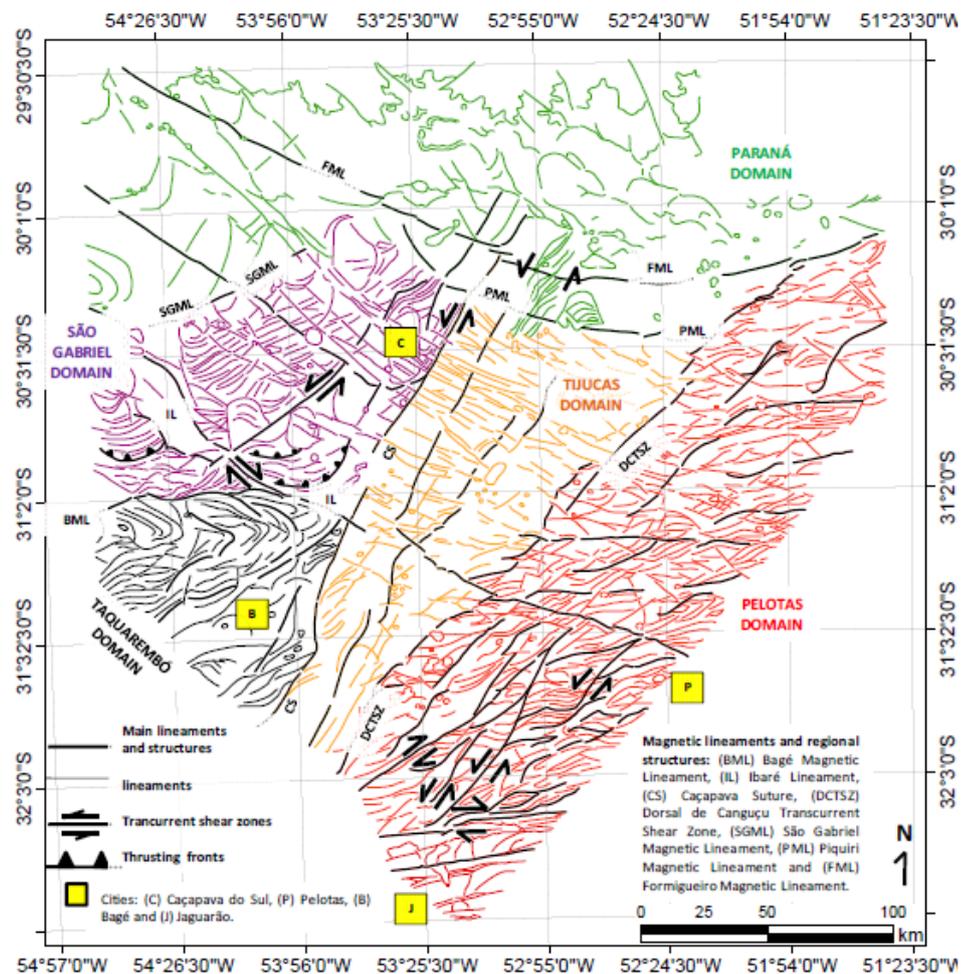
Carraro & Mexias (2002) aplicaram dados de sensoriamento remoto (TM/Landsat-5, CBERS, Gems-1000, Radarsat-1) na identificação, registro, análise e interpretação de lineamentos que supostamente estariam relacionados a mineralizações, na porção central do Escudo Sul Rio-Grandense. O objetivo principal consistiu em associar lineamentos a dados geológicos e tectônicos, identificando novas ocorrências minerais. Como resultados do estudo, obteve-se a identificação de lineamentos de escala regional, assim como a geração de mapa de previsão metalogenética.

Pascholati *et al.* (2003) utilizaram dados oriundos do Projeto Aerogeofísico São Timóteo integrados com dados geológicos e de sensoriamento remoto na identificação de alvos potenciais na prospecção de Urânio no Distrito Uranífero de Lagoa Real – Bahia. A avaliação de dados gamaespectrométricos proporcionou a identificação de anomalias radiométricas. Dados magnetométricos evidenciaram blocos magnéticos compartimentados por zonas de cisalhamento que foram identificadas através de imagens Landsat-5/TM. A integração dos dados em questão evidenciou um quadro geológico-estrutural que até então não havia sido descrito na literatura.

Carrino (2010) realizou um estudo na porção oeste da Província Mineral de Tapajós, localizada nos estados do Amazonas e Pará, fundamentado em processamento, interpretação, integração e análise espacial de dados aerogeofísicos regionais e de detalhe, de sensoriamento remoto (Radar de Abertura Sintética, SAR-R99B), geoquímicos e geológicos. O objetivo do estudo foi a identificação de possíveis novas feições geofísicas e geológicas relacionadas ao contexto de mineralizações de ouro na região. A análise de dados permitiu a identificação de feições magnéticas e estruturas em imagens SAR-R99B relevantes para questões prospectivas e os dados gamaespectrométricos permitiram identificar assinaturas associadas a alteração hidrotermal. Gerou-se um mapa de favorabilidade mineral por meio de aplicação da rede neural artificial (*Radial Basis Functional Link Net*) para a seleção de áreas chaves potenciais para a exploração de ouro.

Travassos (2014) realizou um estudo na região centro sul do estado do Rio Grande do Sul, no qual a área contempla o Escudo Sul-Rio-Grandense, bem como parte da Bacia do Paraná. Dados aeromagnetométricos (produtos do levantamento aerogeofísico do CPRM) foram utilizados para auxiliar na interpretação estrutural e construção da história deformacional do Escudo, contribuindo para o aprimoramento dos modelos tectônicos propostos. No trabalho em questão, o autor definiu cinco domínios geofísicos que foram delimitados a partir de lineamentos magnéticos regionais, sendo eles: Domínio Taquarembó, Domínio São Gabriel, Domínio Tijucas, Domínio Pelotas e Domínio Paraná (Figura 6). Os respectivos domínios geofísicos definidos, relacionam-se com a compartimentação geotectônica dos terrenos que compõem o Escudo Sul-Rio-Grandense já consolidada na literatura, assim como seus limites que fazem contato com a Bacia do Paraná.

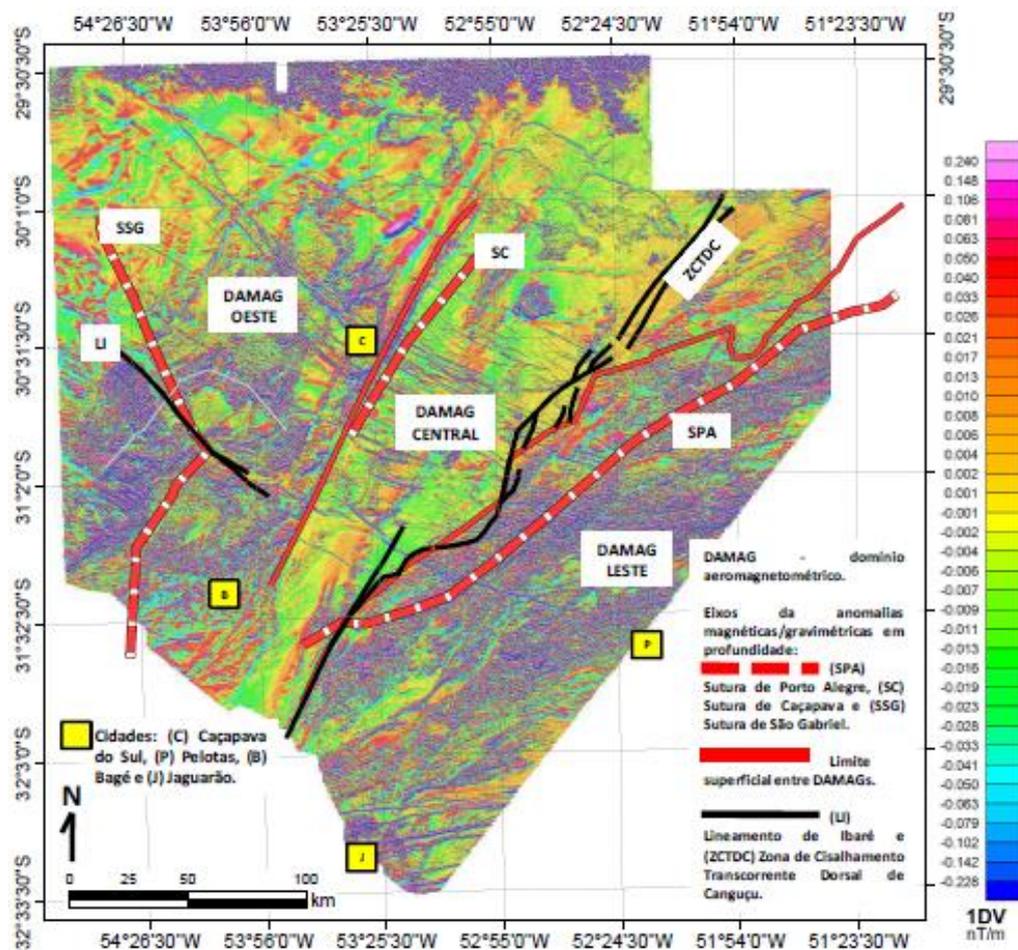
Figura 6 - Domínios magnéticos e interpretação estrutural do Escudo Sul Rio-Grandense definidos por Travassos.



Fonte: Travassos, 2014.

Costa (1997 *apud* TRAVASSOS, 2014) realizou um trabalho similar, identificando domínios geofísicos no Escudo Sul-Rio-Grandense em função de anomalias magnéticas e gravimétricas. Três domínios foram definidos, sendo eles: Domínio Leste, Central e Oeste (Figura 7). Cada domínio foi individualizado em função de estruturas regionais profundas, correspondentes e observáveis em superfície, sendo correlacionadas com estruturas mapeadas conhecidas ou não.

Figura 7 - Domínios geofísicos definidos por Costa sobrepostos em mapa da 1ª derivada vertical.



Fonte: Costa 1997 *apud* Travassos 2014.

Campos (2015) caracterizou dois alvos prospectivos localizados no *Greenstone Belt* de Faina - Goiás, denominados Cascavel e Tinteiro através do processamento, interpretação, integração e análise espacial de dados aerogeofísicos, geoquímicos e geológicos. O objetivo do estudo foi analisar o acervo de dados e definir a assinatura metalogenética dos alvos, a fim de indicar novos alvos potenciais na região. Feições magnéticas e estruturas em imagens ETM+/Landsat-7 foram identificadas, dados

gamaespectrométricos permitiram individualizar assinaturas de rochas hospedeiras e encaixantes, bem como identificar zonas de alteração hidrotermal.

Complementarmente, o estudo contou com um refinamento dos dados embasados em descrições petrográficas e análise em microsonda eletrônica em diferentes rochas e zonas mineralizadas, permitindo uma comparação de dados. Adicionalmente, medidas de propriedades físicas de rocha em amostras oriundas de afloramento e de furos de sonda foram adotadas a fim de validar e correlacionar os resultados obtidos. Os dados integrados permitiram estabelecer vetores exploratórios que guiaram a seleção de alvos potenciais de Au em Cascavel e Cu-Au em Tinteiro, onde um mapa de favorabilidade mineral foi gerado através da aplicação da lógica *Fuzzy*.

Eldosouky; Abdelkareem; Elkhateeb (2017) aplicaram dados de sensoriamento remoto em conjunto com dados aeromagnéticos na região de Wadi Allaqi, no deserto do sudeste do Egito. A partir de imagens do Landsat-8, zonas de alteração hidrotermal e elementos estruturais como lineamentos, foram satisfatoriamente identificados com a aplicação integrada de dados aeromagnéticos. Estruturas e morfologias circulares também foram apontadas, onde estas estariam associadas a intrusões de pórfiros. A compilação dos resultados obtidos possibilitou mapear áreas com potencial mineral, onde algumas dessas áreas identificadas coincidem com regiões com minas e mineralizações já conhecidas.

Manuel *et al.* (2017) utilizaram dados de sensoriamento remoto na área central de Portugal, região essa detentora de ocorrências minerais de Sn-W e Au-Ag, a fim de aumentar o conhecimento geológico, bem como guiar futuras fases de exploração mineral na identificação de áreas minerais potenciais. Através do processamento de dados de imagens e elevação do Landsat-8, lineamentos foram extraídos, proporcionando a identificação de novos elementos geológicos-estruturais. Trabalhos de campo foram efetuados para validar as interpretações realizadas e por fim, áreas passíveis de hospedar ocorrências minerais de Sn-W e Au-Ag foram definidas e classificadas de acordo com seus potenciais. A definição dos locais promissores resultou em redução da área de estudo original, otimizando investimentos de futuros trabalhos.

Sheikhrhimi *et al.* (2019) aplicaram dados de sensoriamento remoto na região ocidental do Irã com importantes mineralizações de ouro orogênico, denominada Zona Sanandaj-Sirjan. Utilizou-se dados do satélite ASTER para mapear zonas de alteração

hidrotermal e identificar características/padrões geológicos-estruturais já conhecidos, associados a mineralizações de ouro. Contou-se também, com dados geoquímicos onde estes integrados, demonstraram resultados positivos no direcionamento de pesquisas minerais.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados, bem como os métodos adotados para a realização do presente estudo, são descritos a seguir.

6.1 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica consistiu em uma etapa base para o estudo, sendo tratada a seguir.

6.1.1 Terminologia adotada na prospecção

Na literatura geológica, diversas são as definições utilizadas para referir-se a concentrações minerais (ocorrência, depósito, jazida, mina etc.). Sendo assim, a terminologia adotada baseia-se nas definições indicadas por Ramgrab *et al.*, 2000, nomenclaturas essas também utilizadas por órgãos como CPRM e definidas como: Indício: presença ou constatação de um ou mais minerais ou substâncias úteis, de parâmetros geológicos desconhecidos.

Ocorrência: concentração mineral preliminarmente avaliada, em que foram reconhecidos alguns parâmetros geológicos. Como associação mineralógica (mineral-minério + ganga), rocha encaixante ou hospedeira, reconhecimento da morfologia e extensão da mineralização.

Depósito Mineral: concentração mineral avaliada por trabalhos de pesquisa com delineamento dos corpos mineralizados e avaliação das reservas e teores de substâncias úteis e conhecimento de seus parâmetros geológicos e metalogenéticos.

Jazida: depósito mineral economicamente viável, avaliado segundo exigências do Código de Mineração.

Mina: jazida em lavra, ainda que suspensa.

Garimpo (ou lavra rudimentar): concentração mineral em exploração por processos geralmente rudimentares, executada de forma individual ou em regime de cooperativismo.

6.1.2 Recursos minerais

A revisão bibliográfica compreendeu a compilação de dados acerca dos recursos minerais (metais base e preciosos) que ocorrem no âmbito do Cinturão Dom Feliciano, bem como de suas características gerais e localizações. Os trabalhos de Andriotti, 1999; Bettencourt, 1972; Biondi, Schicker, Bugalho, 1992; Biondi *et al.*, 2001; Biondi *et al.*, 2007; Camozzato, Toniolo, Laux, 2014; Driemeyer, 2018; Fontana, 2016; Frantz, *et al.*, 2007; Iglesias, 2000; Pires, 2002; Ramgrab, *et al.*, 2000; Rocha *et al.*, 2005; Silva, 2018; Schicker, 1996; Toniolo, 2004 e o banco de dados do CPRM serviram como base para a compilação desses dados.

Após o levantamento das informações acerca dos recursos minerais metálicos que ocorrem nos escudos, consideraram-se apenas: ocorrências, depósitos minerais e minas. Na tentativa de simplificar as análises posteriores, as ocorrências foram separadas de acordo com seus metais principais; os depósitos minerais e minas, também foram diferenciados de acordo com o metal principal ocorrente, bem como de acordo com o metal dominante explotável, uma vez que em geral, tais recursos ocorrem associados a outros metais de ocorrência principal e secundária. A distinção adotada por ser visualizada na tabela 1.

Tabela 1 - Distinção dos metais principais referentes a ocorrências, depósitos e minas.

Tipo	Metais principais
Ocorrências minerais	Au, Cr, Cu, Mo, Pb, Sn, W e Zn
Depósitos minerais e minas	Au, Au-Cu Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo Zn-Pb-Cu, Pb W, Sn-W

Fonte: Autora.

Por fim, as localizações dos distintos recursos minerais metálicos foram inseridas em ambiente SIG, a fim de espacializar as ocorrências, depósitos e minas, proporcionando análises integradas com os diferentes tipos de dados propostos.

6.2 Imagens de sensores remotos

As imagens oriundas de sensores remotos são descritas a seguir.

6.2.1 Imagens Sentinel-2

A missão Sentinel-2 consiste em dois satélites (Sentinel-2A e Sentinel-2B) desenvolvidos para dar suporte ao monitoramento de vegetação, terra e meio ambiente, ou seja, das porções continentais terrestres. O sensor contido no Sentinel-2 (*MultiSpectral Instrument – MSI*), proporciona a medição do brilho refletido na atmosfera em treze bandas espectrais, onde a resolução espacial depende da banda espectral específica. As informações acerca das bandas e resoluções espectrais e espaciais, podem ser visualizadas na tabela 2. Os dados distribuídos ao público e utilizados neste estudo, possuem nível de processamento superior da atmosfera, de nível 1C. Esse tipo de processamento, disponibiliza produtos com correções radiométricas e geométricas previamente realizadas, em conjunto com ortorretificação, gerando dados geolocalizados com alta precisão.

Tabela 2 - Resoluções espectrais e espaciais Sentinel-2.

Número da banda	Comprimento de onda (nm)	Largura da banda (nm)	Resolução Espacial (m)
1	443	20	60
2	490	65	10
3	560	35	10
4	665	30	10
5	705	15	20
6	740	15	20
7	783	20	20
8	842	115	10
8a	865	20	20
9	945	20	60
10	1375	30	60
11	1610	90	20
12	2190	180	20
Cor verdadeira	RGB	Composição	10

Fonte: USGS EROS *Archive* - Sentinel-2

As imagens Sentinel-2 utilizadas abrangendo as áreas de estudo (sendo ao todo 8 imagens recobrando a área do Escudo Catarinense e 10 imagens recobrando o Escudo Sul-Rio-Grandense), foram submetidas a composição (*Red-Green-Blue*) RGB cor verdadeira, correspondendo a combinação de bandas 4/3/2 e apresentando resolução espacial de 10 metros. Posteriormente, realizou-se um mosaico unindo as imagens que foi recortado dentro dos limites correspondentes aos Escudos. Todas essas operações foram realizadas com ferramentas de *software* apropriado.

6.2.2 Imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM)

Os produtos gerados a partir da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), consistem em um banco de dados digitais, necessários para a geração de modelos digitais de elevação (MDE). Os produtos da missão disponibilizados, diferenciam-se em relação ao nível de processamento e resolução, bem como em relação ao formato de arquivo dos dados (USGS EROS *Archive - Digital Elevation* - (SRTM), 2019). No presente trabalho, os produtos utilizados foram as imagens SRTM 1 *Arc-Second Global*, nas quais possuem resolução espacial de 1 arco-segundo para cobertura global (aproximadamente 30 metros). O formato utilizado, consiste em formato de arquivo de imagem com marcação georreferenciada (*Georeferenced Tagged Image File Format* - GeoTIFF), formato padrão para aplicações em SIG.

Com a aquisição das imagens SRTM (8 imagens recobrando o Escudo Catarinense e 10 imagens recobrando a área do Escudo Sul-Rio-Grandense), estas foram mosaicadas, reprojatadas e então submetidas ao processamento de geração de relevo sombreado. Assim como as imagens Sentinel-2, os dados SRTM foram processados através das rotinas de *software* apropriado.

6.3 Dados aerogeofísicos

Os dados de magnetometria e gamaespectrometria utilizados, são oriundos de aerolevantamentos realizados pela empresa LASA Prospecções S.A., a pedido do CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Os produtos gerados por esses levantamentos aerogeofísicos, fazem parte do Projeto Programa de Geologia do Brasil (PGB), e compreendem os projetos: Projeto Aerogeofísico Paraná-Santa Catarina (CPRM,

2011) e Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul (CPRM, 2010). Tais projetos em conjunto, recobrem as áreas de estudo aqui propostas.

Em relação as características da aquisição dos dados nos aerolevantamentos, ambos foram realizados com direção das linhas de voo N-S, com espaçamento entre elas de 500 metros. As linhas de controle foram executadas com direção E-W e com espaçamento de 10 quilômetros. A altura média de voo foi de aproximadamente 100 metros. O intervalo entre as medições geofísicas consecutivas, foram de 0,1 segundos para as medidas do magnetômetro, e 1,0 segundo para as medidas do espectrômetro. A velocidade de voo entre os dois aerolevantamentos variou, onde a velocidade média no Projeto Paraná-Santa Catarina foi de 276 km/h e velocidade média para o Projeto Escudo do Rio Grande do Sul foi de 245 km/h.

Após a aquisição dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos, estes foram devidamente processados através do *software* Oasis Montaj versão 7.1.1 da *GEOSOFT*, pela mesma empresa responsável pela aquisição das informações. Os dados foram submetidos a correções, remoções e filtragens intrínsecas a cada método geofísico. O fluxograma das etapas envolvidas, podem ser visualizadas no anexo I. Após a realização das correções, os dados foram interpolados através de rotinas do Oasis Montaj para a geração dos mapas de contorno. Os dados magnetométricos foram interpolados através da gridagem bi-direcional (*bi-direcional line gridding* – BGRID), enquanto os dados gamaespectrométricos foram interpolados por mínima curvatura (*minimum curvature* – RANGRID). As interpolações foram realizadas a partir de *grids* regulares, com malhas de dimensões de 125 m x 125 m, equivalendo a um quarto do espaçamento entre as linhas de voo de aquisição (CPRM, 2010, 2011).

6.3.1 Aerogamaespectrometria

Diversas são as técnicas utilizadas para apresentar dados radiométricos, a exemplo de concentrações elementares individuais (K (%), eU (ppm), eTh (ppm)), razões elementares (eU/eTh, eU/K, eTh/K) ou mesmo concentrações dos elementos em conjunto (Contagem total e Ternário), através de mapas e imagens. Dentre os produtos gerados a partir da aerogamaespectrometria disponibilizados pelo CPRM, foram utilizados: mapas radiométricos de contagem total dos elementos e mapas ternários. A integração entre os dados radiométricos com outros tipos de informações, como modelos de elevação, é de extrema importância para suas interpretações geoquímicas e geológicas (DENTITH & MUDGE, 2014). Os presentes dados radiométricos foram analisados em conjunto com dados de relevo sombreado, obtidos por meio do processamento das imagens SRTM.

6.3.1.1 Contagem Total

Mapas radiométricos de Contagem Total (CT), representam a contagem de todos os canais elementares Potássio (K), Urânio (eU) e Tório (eTh) integrados. Configuram o somatório de todas as contagens inseridas na janela de energia entre 0,41 a 2,81 MeV (RIBEIRO; MANTOVANI; LOURO, 2014).

6.3.1.2 Ternário

Os mapas ternários consistem em uma importante maneira para a exibição e visualização de dados radiométricos multicanais em uma única imagem/mapa. Em mapas ternários, suas colorações indicam as concentrações elementares, onde têm-se por convenção vermelho atribuído ao K, verde ao eTh e azul atribuído ao eU. Em situações em que os três elementos são abundantes, a coloração tende a branco, e quando os três elementos são escassos, a coloração tende para preto (DENTITH & MUDGE, 2014).

6.3.2 Aeromagnetometria

Os dados magnéticos podem ser apresentados através de diversos filtros que enfatizam ou suprimem determinadas características e feições (DENTITH & MUDGE, 2014). Mapas de Campo Magnético Anômalo Total (CMAT), representam os produtos primordiais em levantamentos de magnetometria. Ao se aplicar filtros e realces nesses dados base, geram-se produtos derivados do CMAT que permitem uma melhor visualização e interpretação de anomalias magnéticas. Os dados disponibilizados pelo CPRM, contam com mapas de CMAT, Amplitude do Sinal Analítico (ASA) e primeira Derivada Vertical (DV), nos quais consistem nos dados aqui utilizados. Adicionalmente, a partir dos dados de CMAT foram gerados mapas magnetométricos de Redução ao Polo (RTP), por meio de rotinas de processamento do *software* Oasis Montaj.

6.3.2.1 Campo Magnético Anômalo Total (CMAT)

O campo magnético anômalo é obtido através da remoção do campo magnético terrestre, do campo magnético total medido no levantamento. Representa anomalias magnéticas localizadas em superfície e subsuperfície, onde estas últimas podem estar situadas a profundidades mais rasas ou profundas. O CMAT apresenta anomalias com caráter dipolar, o que pode dificultar sua interpretação, motivando assim, a aplicação de filtros para facilitar sua visualização e compreensão.

6.3.2.2 Redução ao Polo (*reduction to pole* - RTP)

A redução ao polo (RTP) consiste em uma operação que transforma as anomalias magnéticas resultantes do magnetismo inclinado de regiões não polares, em uma resposta polar equivalente, onde o magnetismo de um corpo é vertical (DENTITH & MUDGE, 2014). Isto é, a RTP é utilizada em baixas latitudes magnéticas, a fim de modificar a anomalia para um caráter monopolar (como seu equivalente seria observado no polo norte magnético). Essa transformação simplifica a interpretação e visualização de anomalias em baixas latitudes magnéticas (GEOSOFT, 2005).

6.3.2.3 Amplitude do Sinal Analítico (ASA)

A aplicação da amplitude do sinal analítico (ASA) é útil na localização de bordas de corpos com magnetismo remanescente (GEOSOFT, 2005). Em função dessa localização de bordas dos corpos, a ASA pode proporcionar a geometria de corpos magnetizados, bem como a localização de limites geológicos e estruturais. O posicionamento das anomalias magnéticas resultantes, apresentam-se imediatamente acima dos limites das fontes causativas, não ocorrendo deslocamento destas.

6.3.2.4 Derivada Vertical (DV)

A derivada vertical (DV) aplicada aos dados de CMAT, consistem em um filtro de detalhamento, no qual realça anomalias oriundas de fontes geológicas mais rasas (GEOSOFT, 2005). Assim como a ASA, é útil na localização de bordas de corpos magnetizados. Entretanto, as anomalias podem ser ligeiramente deslocadas da fonte causativa, quando o contato está mergulhando ou a fonte é estreita. Esse tipo de deslocamento é significativo apenas em estudos de maior detalhamento (DENTITH & MUDGE, 2014).

6.4 Definição de lineamentos

A base de dados de sensoriamento remoto e aerogeofísicos devidamente organizada e validada, serviu como subsídio para as análises das principais feições lineares e discontinuidades associadas a estruturas e litologias.

Feições lineares foram delineadas através das imagens Sentinel-2, buscando-se manter uma escala de 1:300.000. A análise dessas feições contou com dados complementares integrados de relevo, drenagens e mapas geológicos.

Para os dados aerogeofísicos, a escala adotada na análise e delimitação de feições lineares foi de 1:500.000, em função do caráter regional do estudo, bem como melhores condições de visualização dos dados. Ambos contaram com análise integrada a mapas geológicos.

Adicionalmente, os mapas gamaespectrométricos de Contagem Total dos elementos radiométricos e a composição destes em imagem tipo RGB (Ternário) foram configurados com transparência e sobrepostos a dados de relevo sombreado, a fim de subsidiar a interpretação geológica e geoquímica, uma vez que as medições radiométricas são superficiais (30cm a 40cm), limitando-se a contatos geológicos e rochas aflorantes, assim como sendo influenciada por coberturas de solo (zona de intemperização).

Todas as feições lineares observadas e demarcadas nos dados multi-fonte, foram traçadas manualmente através do *software* adequado.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Recursos minerais

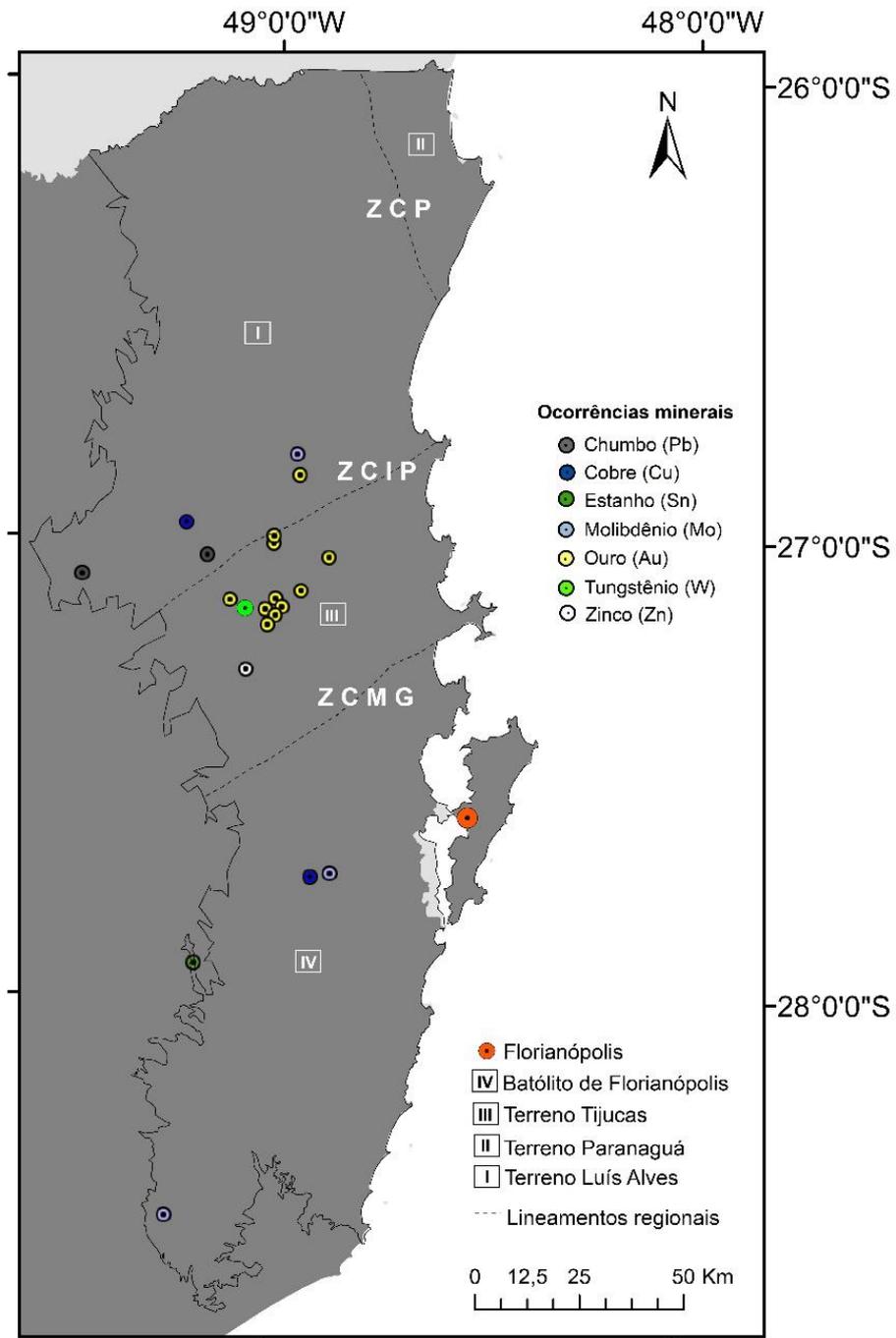
O Cinturão Dom Feliciano, composto pelos escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense possui elevado potencial mineral. Seus terrenos contêm ocorrências de mineralizações metálicas de Au, Cr, Cu, Mo, Pb, Sn, W e Zn, onde muitas dessas, foram classificadas como depósitos ou ainda, tiveram seus recursos explorados e transformaram-se em minas. Entretanto, percebe-se que os termos utilizados para designar essas concentrações minerais em diversos trabalhos, causam certos equívocos, ao designá-las erroneamente, denominando de “mina” o que na verdade seria um “depósito”, por exemplo. A seguir, são apresentados as ocorrências, depósitos e minas de cada escudo, baseados nas terminologias apontadas por Ramgrab *et al.*, 2000 e utilizada por órgãos como CPRM.

7.1.1 Escudo Catarinense

O escudo Catarinense conta com ocorrências minerais de chumbo (Pb), cobre (Cu), estanho (Sn), molibdênio (Mo), ouro (Au), tungstênio (W) e zinco (Zn). Essas ocorrências concentram-se principalmente nas unidades dos Terrenos Tijucas, Luís Alves e coberturas sedimentares com vulcano-plutonismo associados da Bacia do Itajaí, instaladas sob o Terreno Luís Alves. De maneira subordinada, as ocorrências

localizam-se em unidades do Batólito de Florianópolis, como pode ser observado na Figura 8.

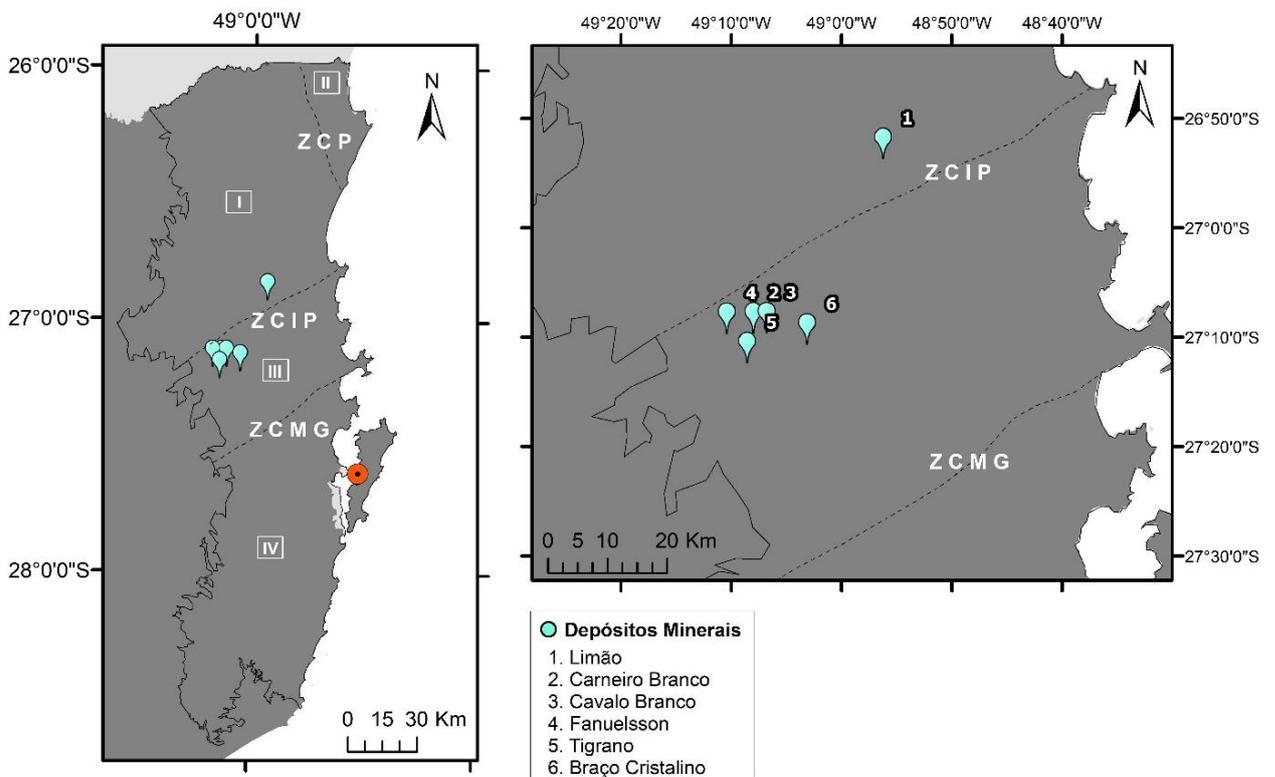
Figura 8 - Ocorrências minerais do escudo Catarinense. Lineamentos regionais: ZCP – Zona de Cisalhamento Palmital, ZCIP – Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó e ZCMG – Zona de Cisalhamento Major Gercino.



Fonte: autora.

Os depósitos minerais reconhecidos, consistem exclusivamente em depósitos de Au (Figura 9) localizados principalmente em rochas metamórficas do Complexo Brusque, pertencente ao Terreno Tijucas (depósitos Carneiro Branco, Cavalo Branco, Fanuelsson, Tigrano e Braço Cristalino). O depósito aurífero denominado Limão, é o único que se diferencia por estar inserido em rochas sedimentares pertencentes a Bacia Itajaí, que recobrem o Terreno Luís Alves.

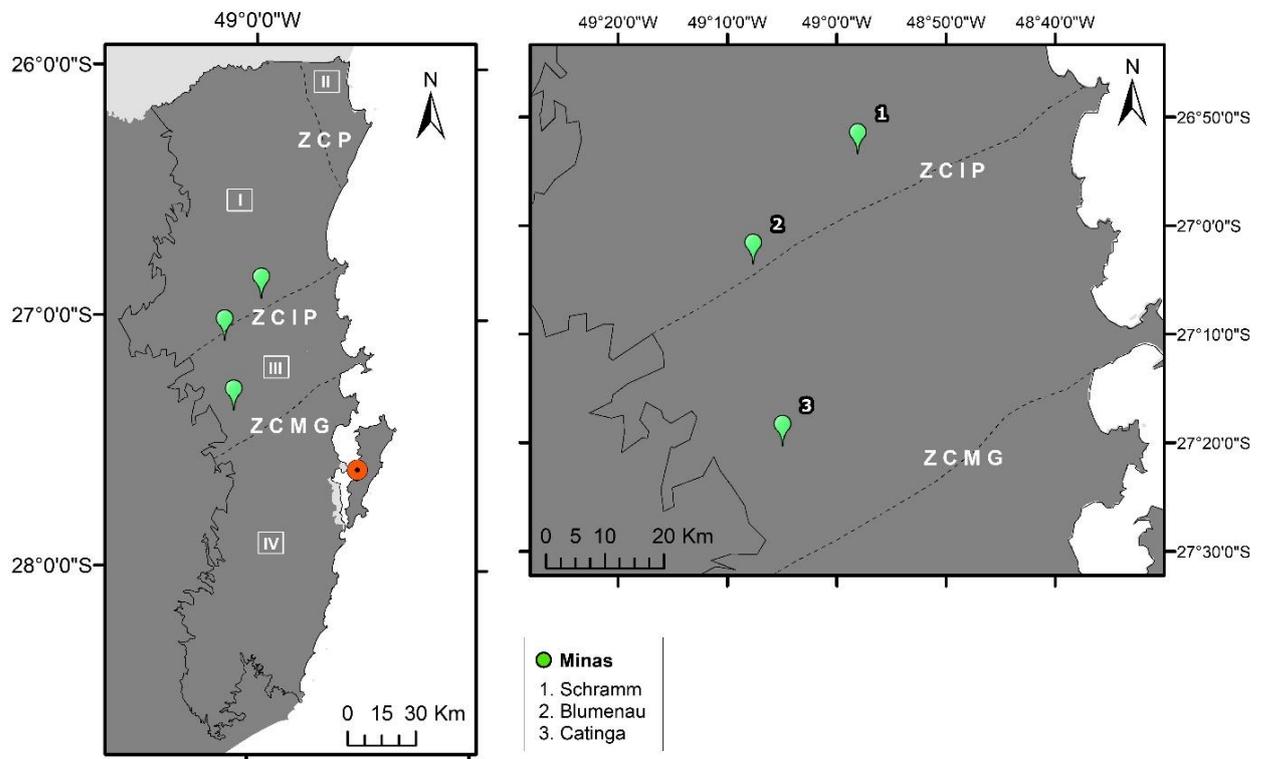
Figura 9 - Depósitos minerais do escudo Catarinense. Lineamentos regionais: ZCP – Zona de Cisalhamento Palmital, ZCIP – Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó e ZCMG – Zona de Cisalhamento Major Gercino.



Fonte: autora.

Os recursos minerais do escudo Catarinense que resultaram em minas, podem ser visualizados na Figura 10 e compreendem a Mina de Au Schramm, situada em rochas pertencentes ao Complexo Granulítico Santa Catarina, do Terreno Luís Alves. A Mina Blumenau de Pb, Zn, Cu (Ag) inserida em brechas derivadas de rochas granulíticas do Terreno Luís Alves e sedimentares da Bacia do Itajaí, localizada na ZC Itajaí-Perimbó. E por fim, a Mina da Catinga de W, situada em xistos e suítes intrusivas do Terreno Tijucas.

Figura 10 - Minas do escudo Catarinense. Lineamentos regionais: ZCP – Zona de Cisalhamento Palmital, ZCIP – Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó e ZCMG – Zona de Cisalhamento Major Gercino.



Fonte: autora.

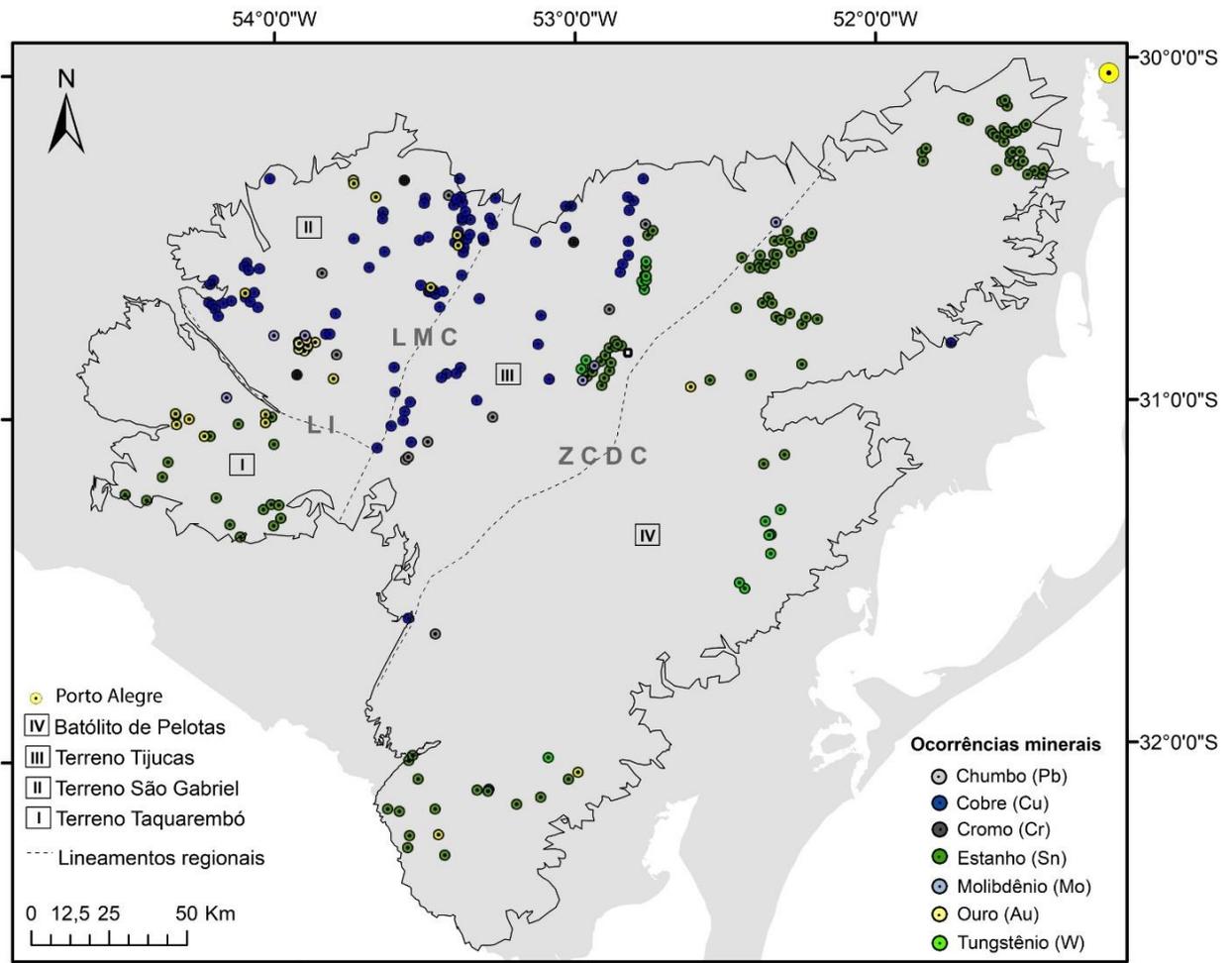
O mapa com os domínios geológicos do escudo Catarinense pode ser consultado através do anexo II. A compilação de informações gerais sobre os recursos minerais do escudo Catarinense classificados como depósitos e minas, podem ser consultados através do apêndice A.

7.1.2 Escudo Sul-Rio-Grandense

Como pode ser observado na Figura 11, ocorrências minerais de chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cu), estanho (Sn), molibdênio (Mo), ouro (Au) e tungstênio (W) estão presentes no escudo Sul-Rio-Grandense. Distribuem-se por todos os terrenos que o compõem, apresentando algumas concentrações em determinadas unidades. Como exemplo, ocorrências auríferas tendem a se concentrar nos Terrenos Taquarembó e São Gabriel; ocorrências cupríferas se concentram nos Terrenos São Gabriel e Tijucas, nas quais muitas estão inseridas em unidades da Bacia do Camaquã que recobrem ambos os terrenos. Assim como ocorrências estaníferas e de

W que tendem a se concentrar no Batólito de Pelotas, Terreno Tijucas e de maneira subordinada, no Terreno Taquarembó.

Figura 11 - Ocorrências minerais do escudo Sul-Rio-Grandense. Lineamentos regionais: LI – Lineamento de Ibaré, LMC – Lineamento Magnético de Caçapava do Sul e ZCDC – Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu.

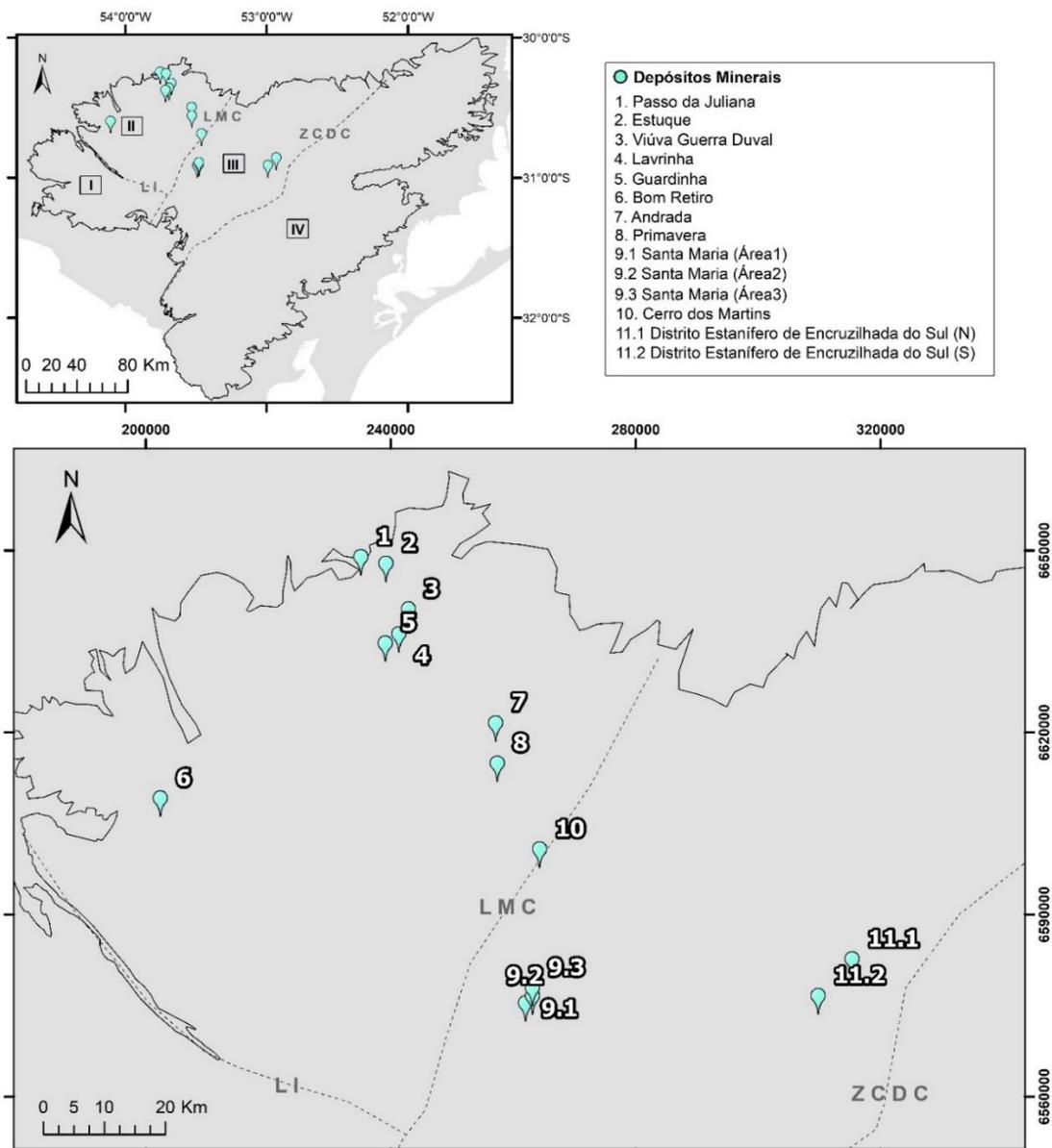


Fonte: autora.

O escudo Sul-Rio-Grandense conta com diversos depósitos minerais, nos quais localizam-se nos Terrenos São Gabriel e Tijucas (Figura 12). Nas unidades do Terreno São Gabriel, têm-se o reconhecimento de depósitos auríferos instalados em rochas do Complexo Bossoroca (Passo da Juliana, Viúva Guerra Duval, Lavrinha, Guardinha), como também instalados no Complexo Granítico São Sepé (Estuque). Depósitos de Cu também são reconhecidos, a exemplo do depósito cupro-aurífero (Bom Retiro (Cu-Au-Mo)) situado em seqüências metavulcanossedimentares do Complexo Palma; depósitos cupríferos situados em rochas do Complexo Passo Feio

(Andrada e Primavera) e em rochas da Formação Hilário, pertencente a Bacia do Camaquã (Cerro dos Martins). Este último depósito, Cerro dos Martins, localiza-se na proximidade entre os limites dos Terrenos São Gabriel Tijucas, dado pelo Lineamento Magnético de Caçapava do Sul. No Terreno Tijucas, reconhece-se o depósito polimetálico (Santa Maria (Zn, Pb, Cu (Au, Ag))) instalado em rochas sedimentares da Bacia do Camaquã, e estaníferos (Distrito Estanífero de Encruzilhada do Sul, depósitos N e S (Sn-W)), situados em rochas graníticas greisenizadas.

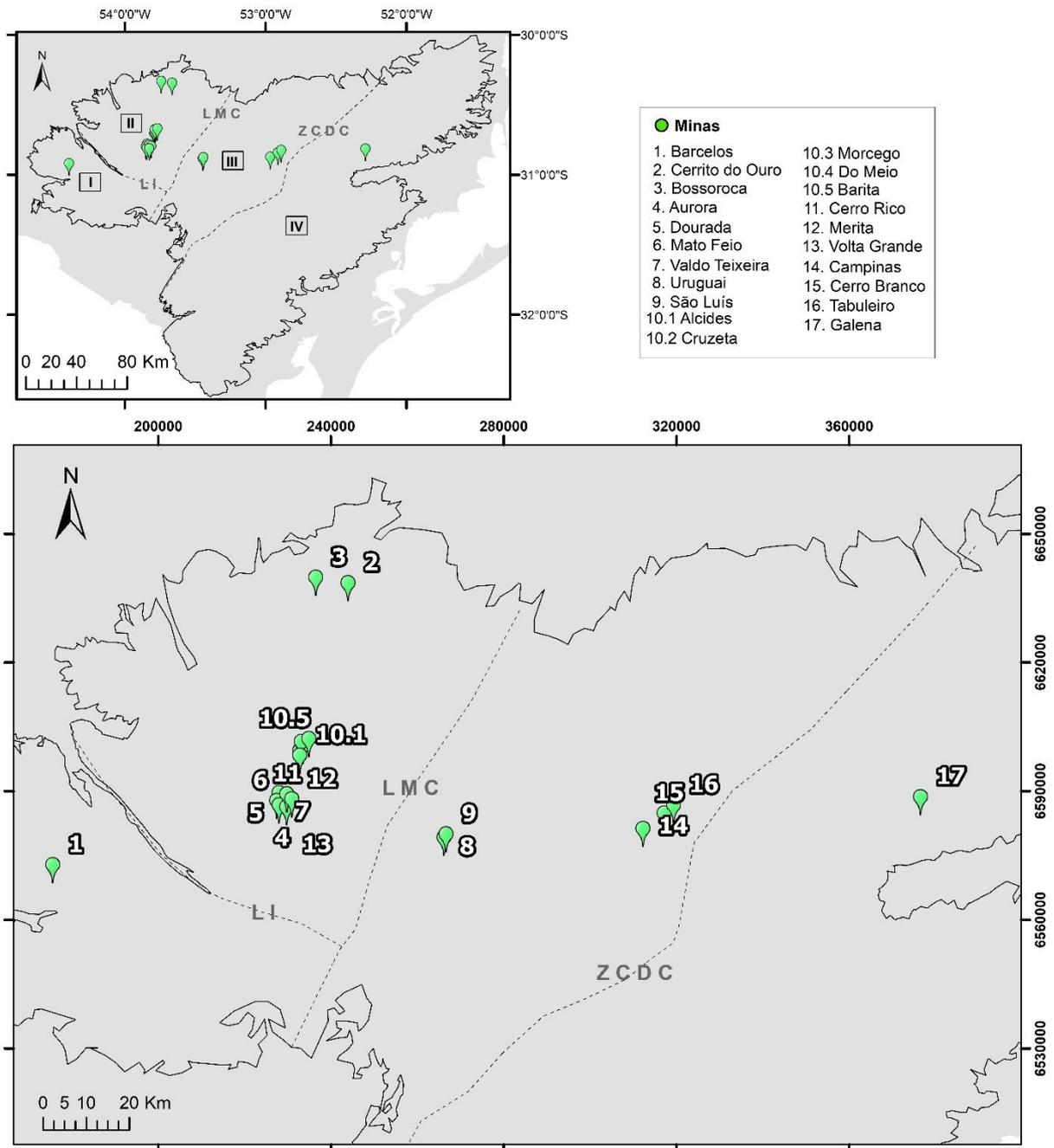
Figura 12 - Depósitos minerais do escudo Sul-Rio-Grandense. Lineamentos regionais: LI – Lineamento de Ibaré, LMC – Lineamento Magnético de Caçapava do Sul e ZCDC – Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu.



Fonte: autora.

Os recursos minerais que resultaram em minas, estão presentes em todas as unidades do escudo (Figura 13). As mineralizações auríferas da Mina Barcelos, estão hospedadas em veios de quartzo que cortam dacitos e riodacitos das rochas vulcânicas Vauthier, no Terreno Taquarembó. No Terreno São Gabriel, as minas de Au Bossoroça e Cerrito do Ouro, situam-se em rochas do Complexo Bossoroça. Mineralizações auro-cupríferas foram exploradas através das minas Aurora, Dourada, Mato Feio e Valdo Teixeira presentes no Complexo Intrusivo Lavras do Sul (CILS). Nas rochas pertencentes a Formação Hilário – Bacia do Camaquã, nas proximidades do CILS, as mineralizações cupro-auríferas foram exploradas através das minas Seival (Barita, João Dahne, Morcego, do Meio, Cruzeta, Alcides), Cerro Rico, Merita, Saraiva e Volta Grande. No Terreno Tijucas, situadas em rochas sedimentares da Bacia do Camaquã na denominada Janela Bom Jardim, têm-se as minas de cobre Uruguai e São Luís (Cu (Au, Ag)). No distrito estanífero de Encruzilhada do Sul, posicionadas em rochas graníticas greinsenizadas, localizam-se as minas Campinas, Cerro Branco e Tabuleiro. Por fim, a mina de Pb denominada Galena está situada em rochas quartzo-monzoníticas do Batólito de Pelotas.

Figura 13 - Minas do escudo Sul-Rio-Grandense. Lineamentos regionais: LI – Lineamento de Ibaré, LMC – Lineamento Magnético de Caçapava do Sul e ZCDC – Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu.



Fonte: autora.

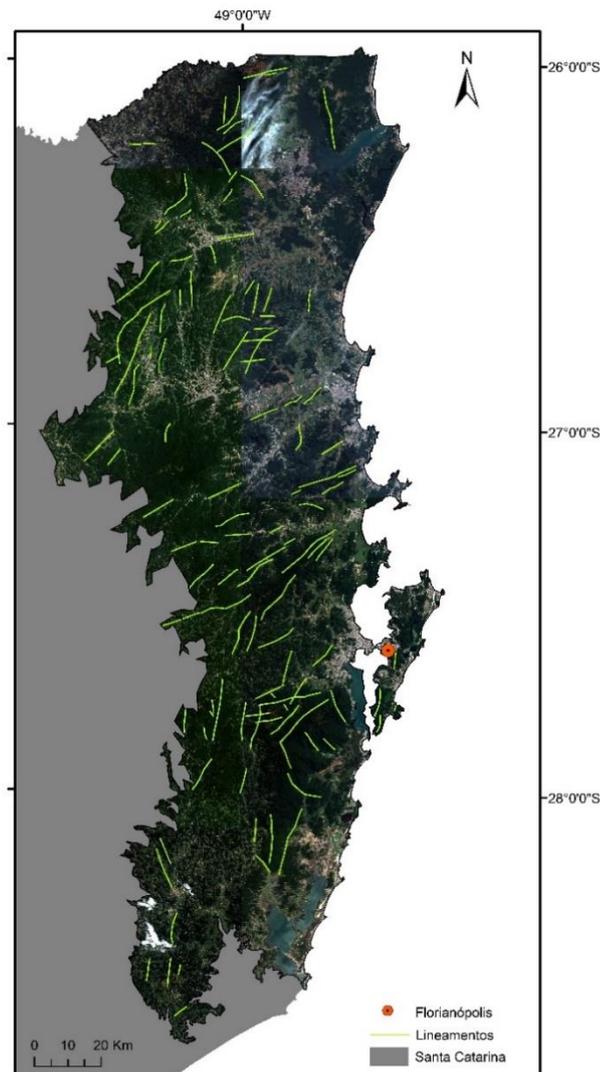
O mapa geológico das unidades que compõem o escudo Sul-Rio-Grandense pode ser consultado através do anexo III. A compilação de informações sobre os recursos minerais do escudo Sul-Rio-Grandense classificados como depósitos e minas, podem ser visualizadas no apêndice B.

7.2 Imagens Sentinel-2

7.2.1 Escudo Catarinense

Os lineamentos identificados e traçados a partir das imagens Sentinel-2 para o escudo Catarinense podem ser visualizados na Figura 14. Algumas das feições lineares identificadas, assemelham-se aos lineamentos observados no mapa final com todos os lineamentos traçados a partir dos dados aerogeofísicos (Figura 75). Demonstrando que algumas dessas feições, são observáveis em superfície através do relevo, distribuição e prolongamento de drenagens e corpos d'água.

Figura 14 - Mosaico de imagens Sentinel-2 em cor verdadeira do escudo Catarinense, com lineamentos traçados.

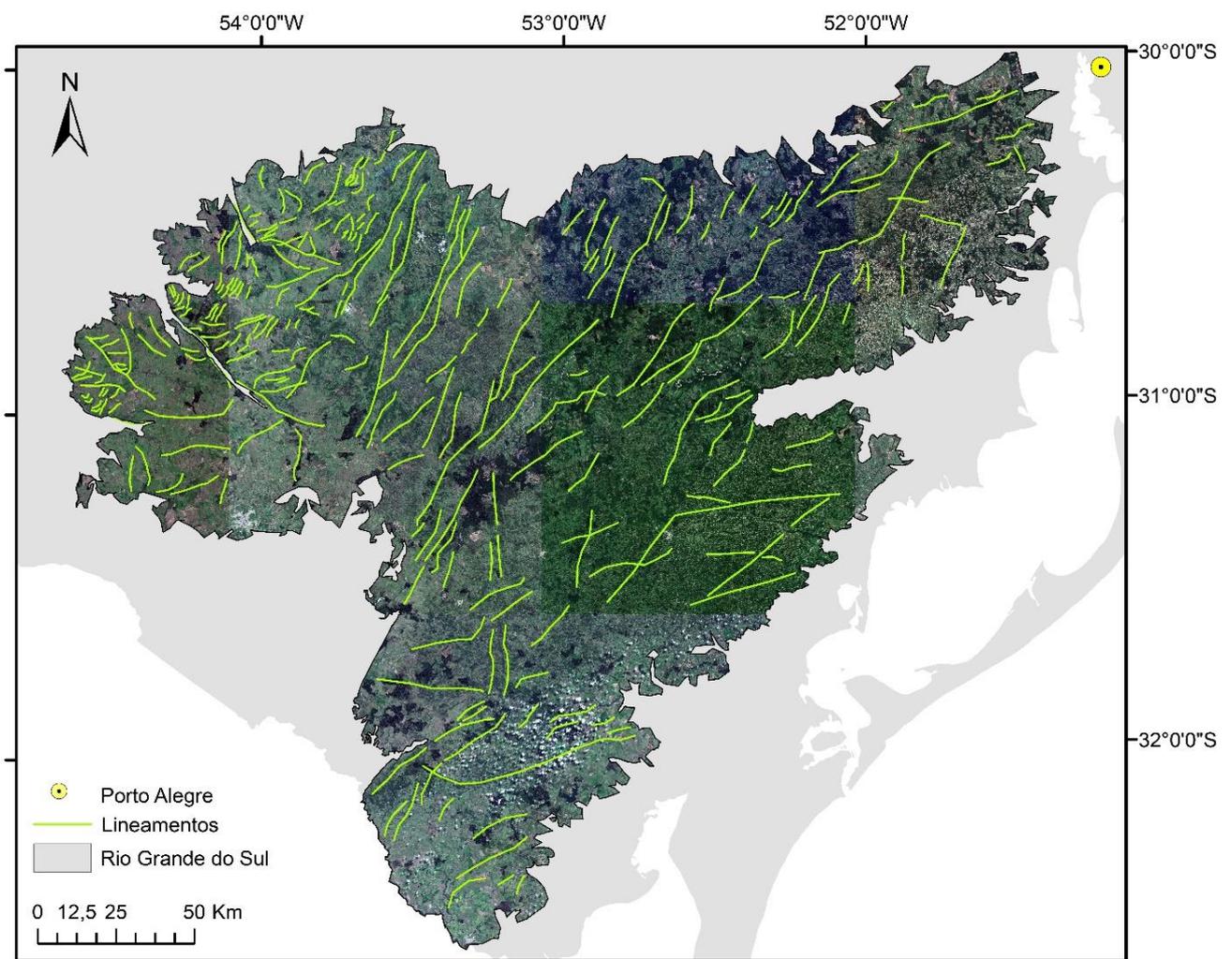


Fonte: imagens Earth Explorer USGS, modificado.

7.2.2 Escudo Sul-Rio-Grandense

Na Figura 15 pode-se observar as feições lineares identificadas e traçadas nas imagens Sentinel-2 referentes ao escudo Sul-Rio-Grandense. Comparando-a ao mapa gerado com todos os lineamentos identificados através dos dados aerogeofísicos (Figura 77), nota-se uma predominância de lineamentos orientados NE-SW em comum e muito bem observados em ambos. Tais similaridades implicam que algumas dessas feições podem influenciar no relevo do escudo, sendo observadas em superfície.

Figura 15 - Mosaico de imagens Sentinel-2 em cor verdadeira do escudo Sul-Rio-Grandense, com lineamentos traçados.



Fonte: imagens Earth Explorer USGS, modificado.

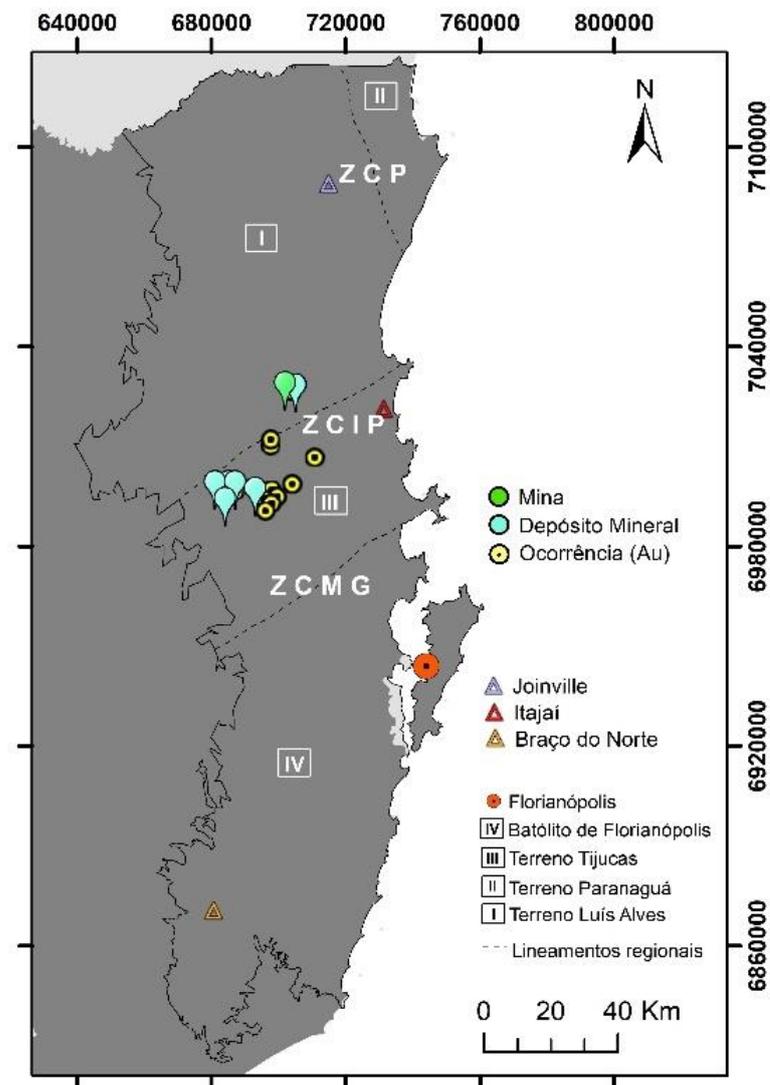
7.3 Aerogeofísica, lineamentos e recursos minerais

7.3.1 Escudo Catarinense

7.3.1.1 Au

Os recursos auríferos contidos no escudo Catarinense, concentram-se nas unidades do Terreno Tijucas, e secundariamente no Terreno Luís Alves, como observado na Figura 16.

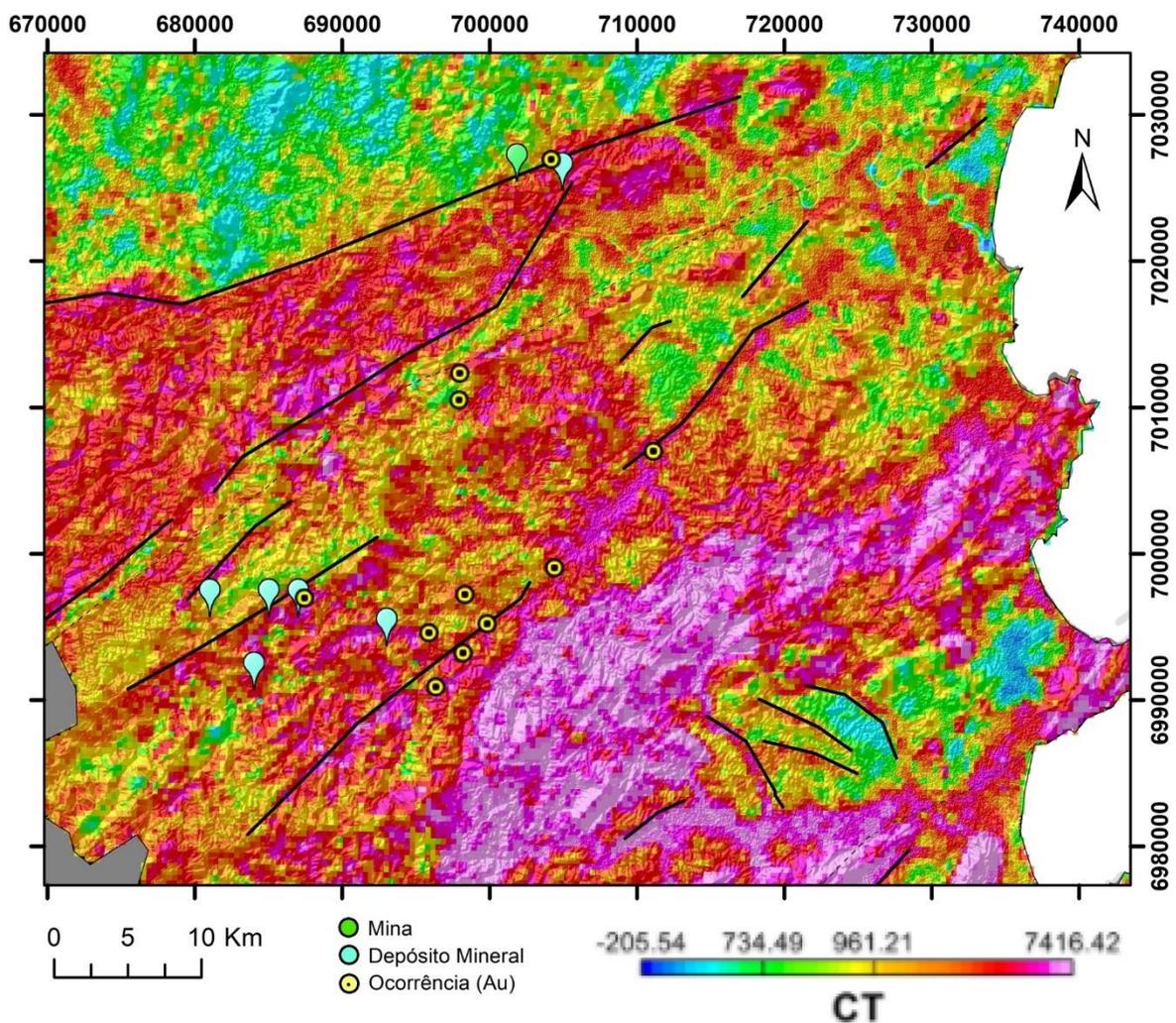
Figura 16 - Ocorrências, depósitos e minas auríferas do escudo Catarinense.



Fonte: autora.

A partir do mapa radiométrico de contagem total dos elementos (Figura 17), é possível observar que a mina Schramm localiza-se num limite entre áreas com valores de contagem total elevados e porções com valores medianos a baixos. Esse padrão também é observado nas localidades dos três depósitos mais a oeste (Carneiro Branco, Fanuelsson e Tigrano) e em algumas ocorrências. Nos demais depósitos e ocorrências auríferas, situam-se em locais com altos valores de CT.

Figura 17 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Au), com lineamentos traçados.

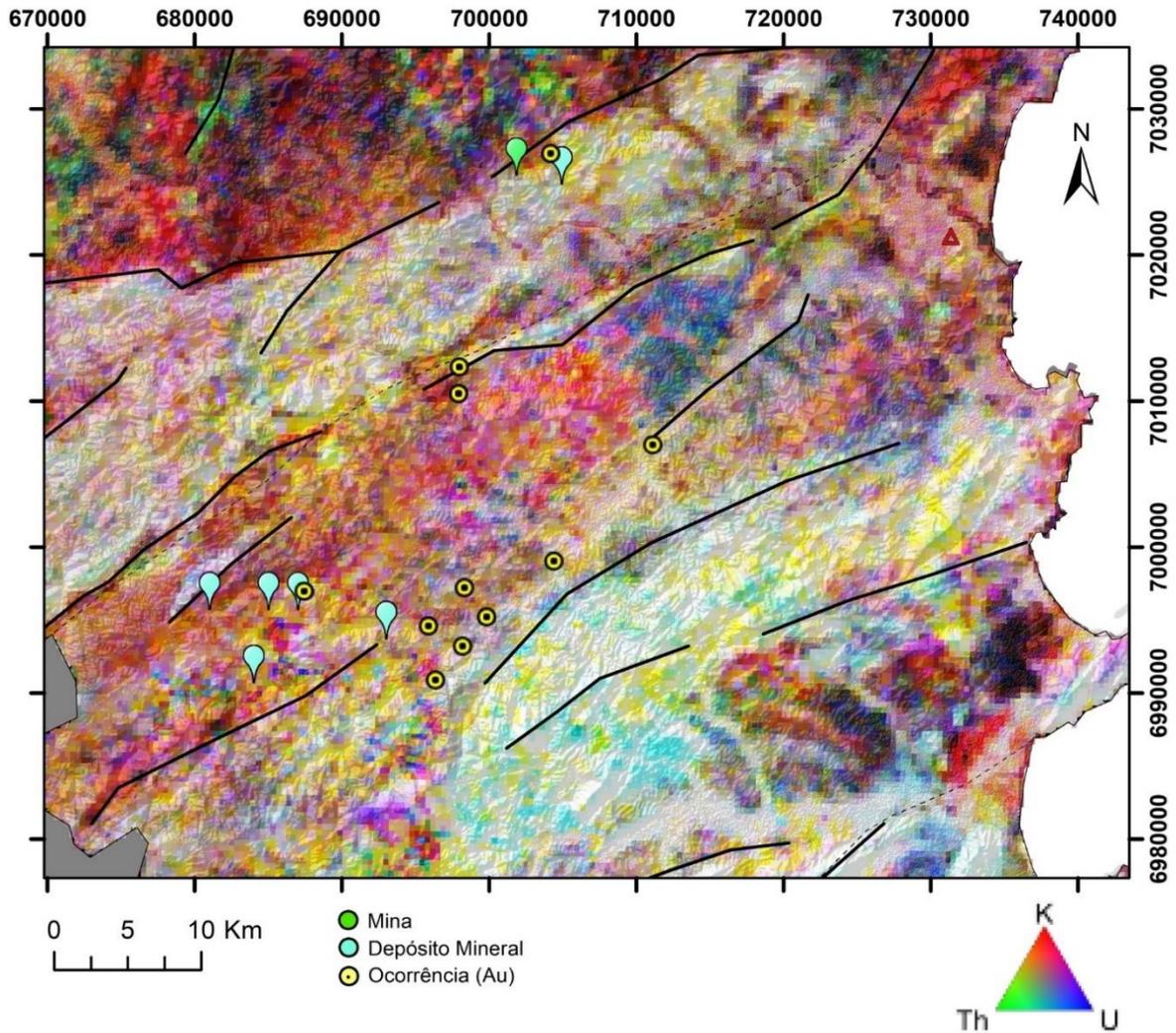


Fonte: autora.

Observando o mapa ternário (Figura 18), a mina Schramm e o depósito localizado mais a oeste (Fanuelsson), situam-se em locais limite entre colorações esbranquiçadas (presença dos três elementos radiométricos), com porções rosadas

(presença predominante de K, seguido de U). Nos demais depósitos e ocorrências, estes concentram-se em áreas que apresentam o último comportamento mencionado, colorações tendendo a rosa.

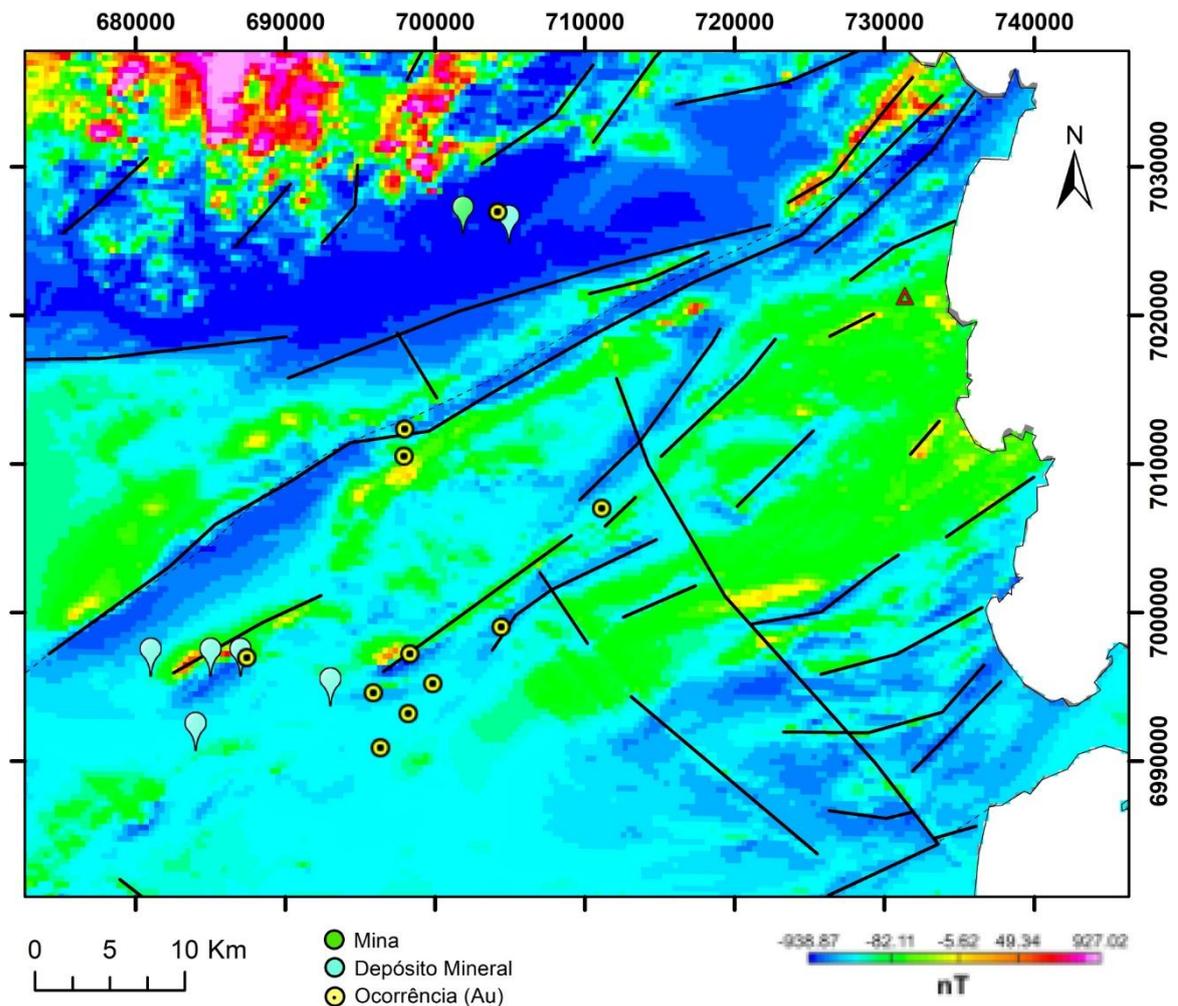
Figura 18 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Au), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

No mapa magnético de Campo Anômalo Total (Figura 19), é possível observar que as ocorrências, depósitos e mina de Au estão situadas em regiões que apresentam baixos valores de CMAT, e lineamentos magnéticos orientados a NE-SW.

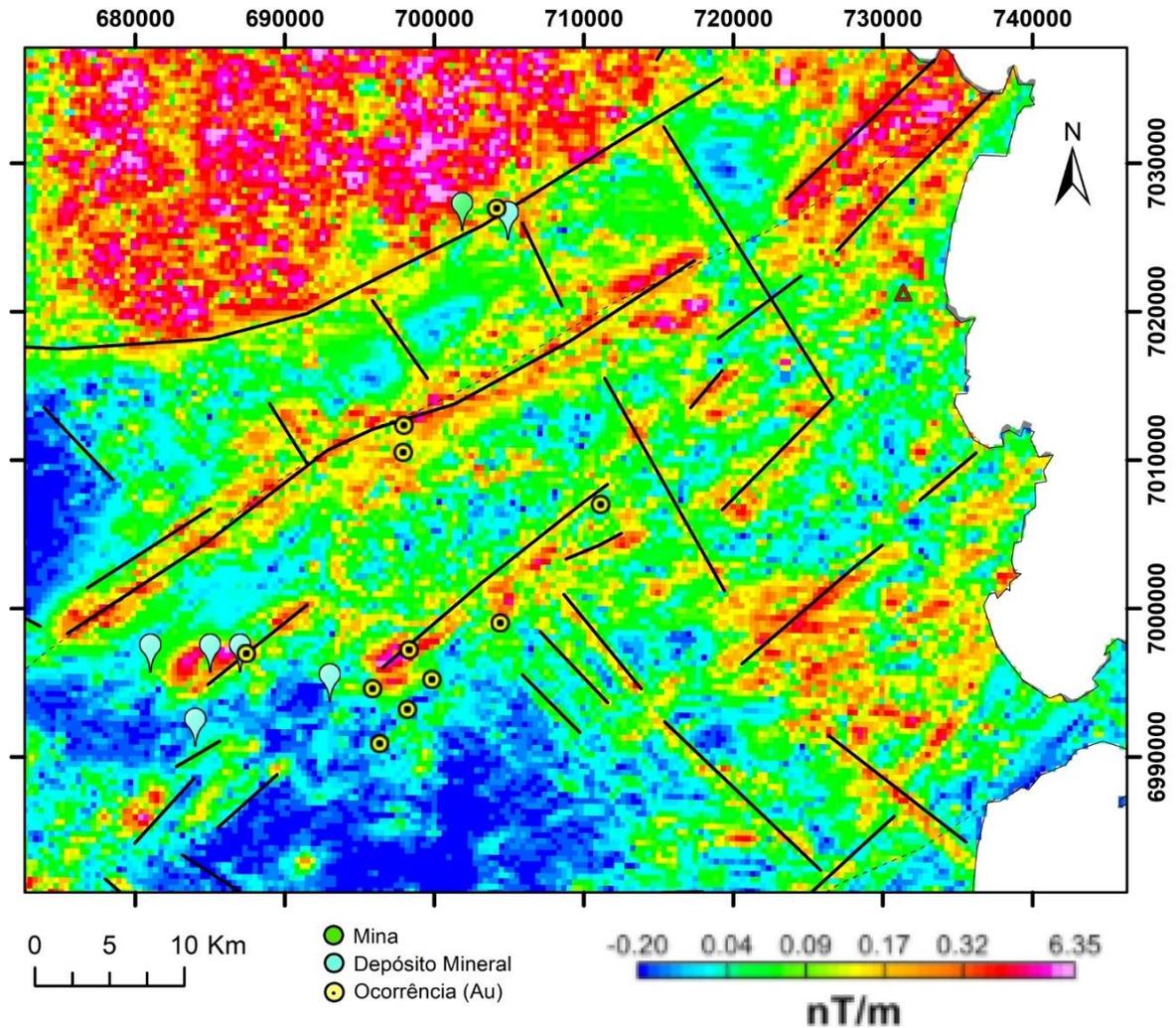
Figura 19 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Au), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Os dados magnéticos de amplitude do sinal analítico (Figura 20) expõem melhor o limite de anomalias magnéticas, evidenciando lineamentos orientados a NE-SW predominantes, com feições lineares de menor continuidade, orientadas NW-SE de maneira subordinada. No mapa ASA, nota-se a mina Schramm localizada em um limite entre valores elevados e baixos. Alguns dos depósitos e ocorrências, situam-se em locais com altos valores de ASA, circundados por valores mais baixos, ou ainda, situados em porções com valores reduzidos.

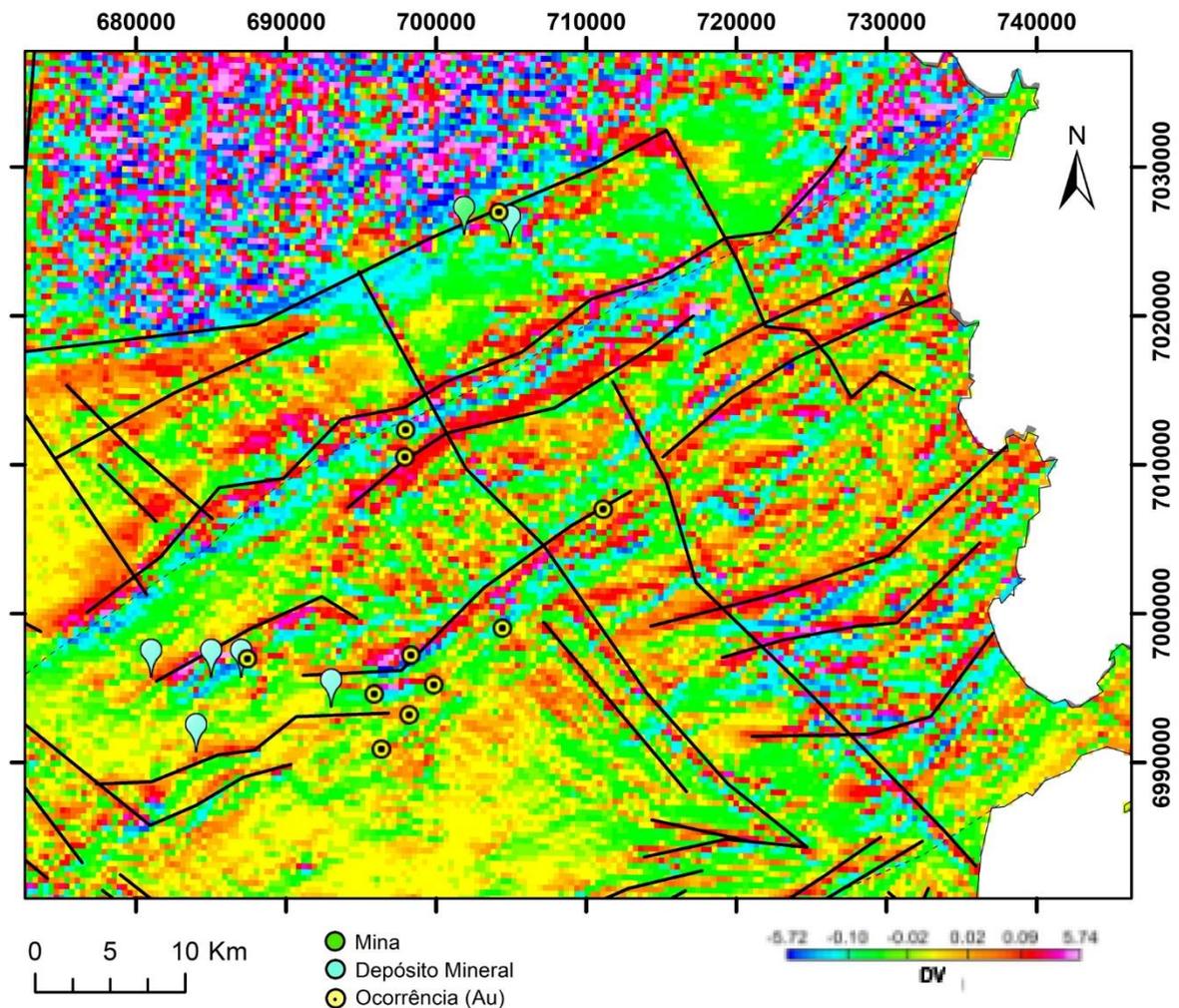
Figura 20 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Au), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

No mapa de derivada vertical (Figura 21), a mina Schramm situa-se entre porções com alto ruído, em contato com porções com baixos valores de DV. Predominantemente, a mina, os depósitos e ocorrências estão situados em anomalias lineares com altos valores, orientados NE-SW, ora intersectados por anomalias orientadas a NW-SE.

Figura 21 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Au), com lineamentos traçados.

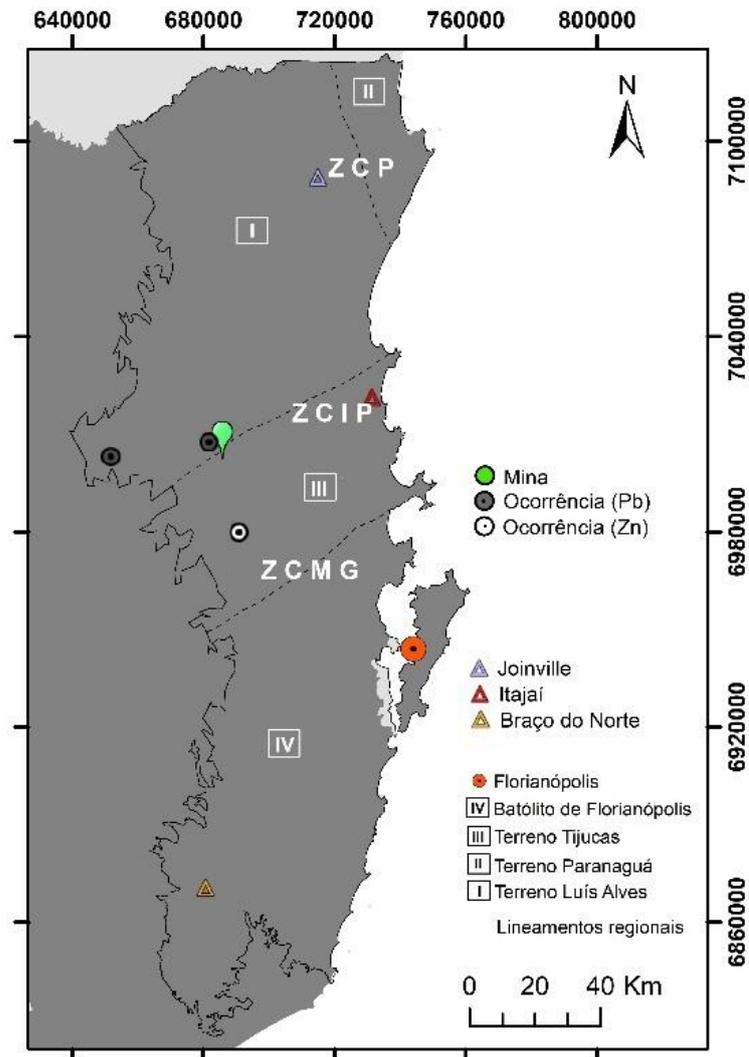


Fonte: autora.

7.3.1.2 Pb e Zn

As ocorrências de Pb e Zn do escudo Catarinense, encontram-se situadas nos terrenos Luís Alves e Tijucas, respectivamente. Abriga uma mina desativada denominada Mina Blumenau, composta por mineralizações de Pb-Zn-Cu (Ag), inserida entre os limites dos terrenos Luís Alves e Tijucas, dado pela ZC Itajaí-Perimbó (Figura 22).

Figura 22 - Ocorrências, depósitos e minas de Pb e Zn do escudo Catarinense.

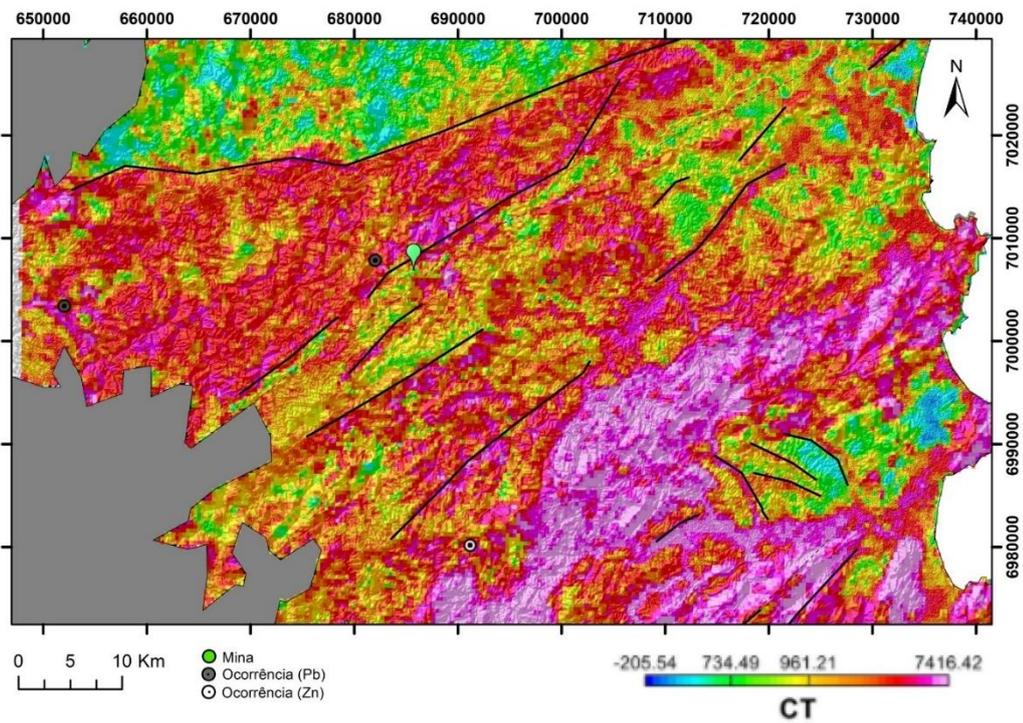


Fonte: autora.

As ocorrências de Pb e Zn encontram-se em zonas com altos valores de CT dos elementos radiométricos (Figura 23), estando a mina Blumenau, situada entre limites de valores altos e medianos.

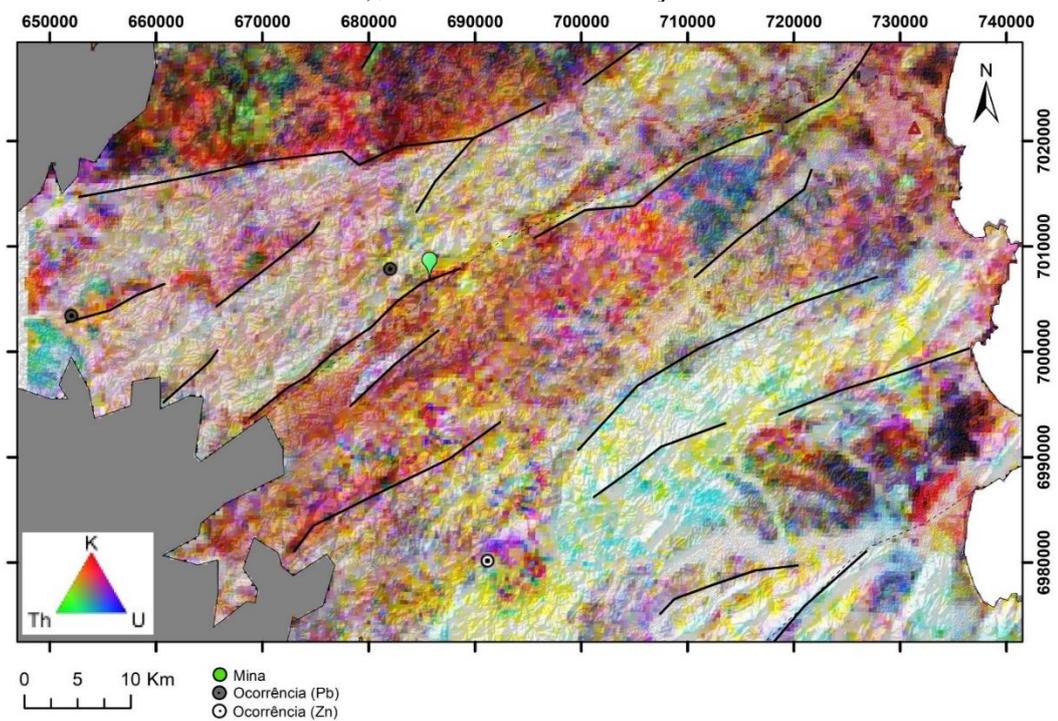
No mapa ternário (Figura 24), as ocorrências localizam-se em zonas que apresentam ambos os três elementos, dada por colorações brancas, levemente rosadas (indicando influência do elemento K). A mina Blumenau, situa-se numa zona semelhante as ocorrências, porém, em contato com uma porção que tende a cores mais avermelhadas.

Figura 23 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Pb, Zn), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

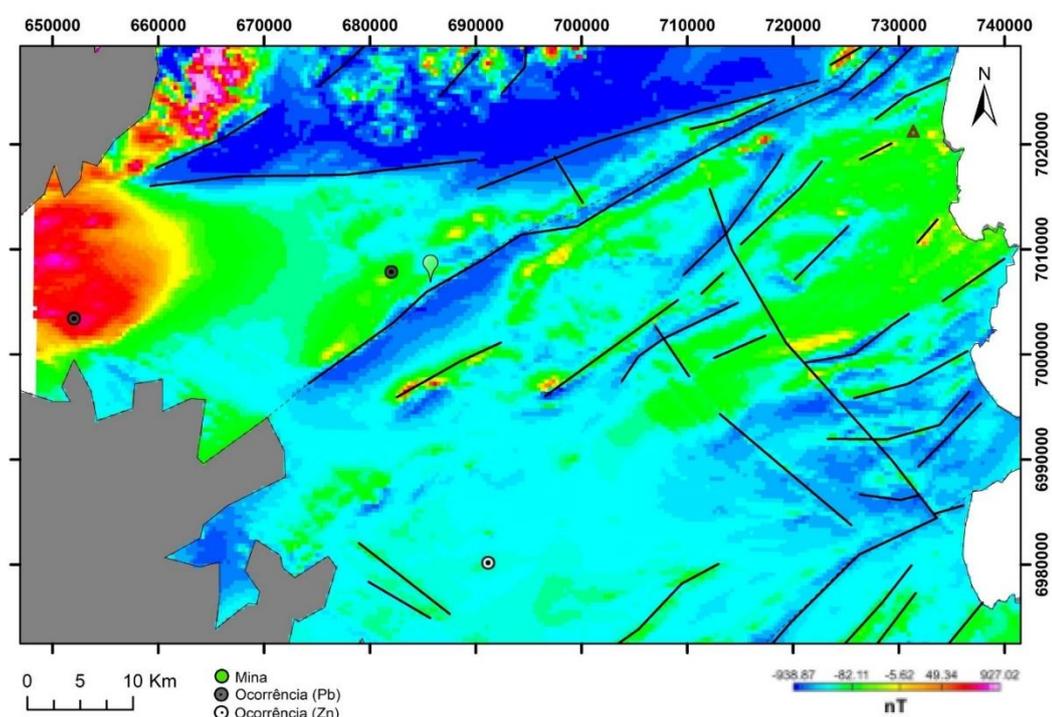
Figura 24 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Pb, Zn), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Observando o mapa magnético de campo anômalo total (Figura 25), identificam-se anomalias orientadas para NE-SW, que incluem a ZC Itajaí-Perimbó e anomalias orientadas a NW-SE. A ocorrência de Zn, situa-se em região com baixos valores de CMAT. A ocorrência de Pb localizada no extremo oeste, ocorre em uma anomalia com altos valores, que se distribuem por uma área considerável. A ocorrência de Pb próxima a mina Blumenau e a mina em questão, inserem-se em baixos valores de CMAT.

Figura 25 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Pb, Zn), com lineamentos traçados.

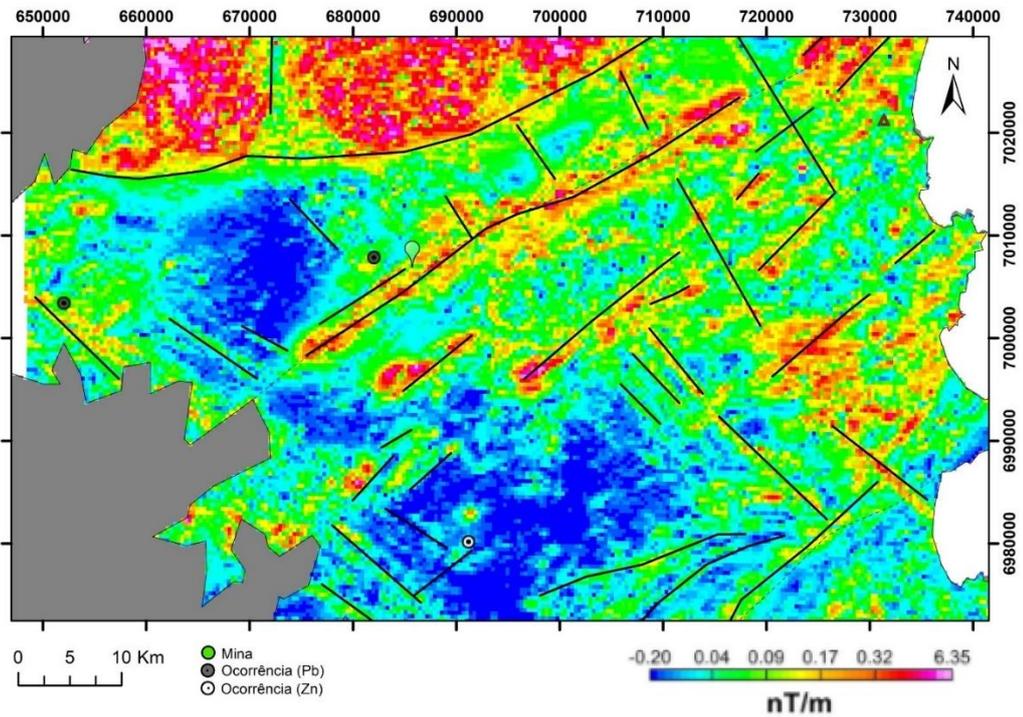


Fonte: autora.

No mapa de amplitude do sinal analítico (Figura 26), a anomalia orientada a NE-SW e correspondente a ZC Itajaí-Perimbó, apresenta seus limites melhores definidos. Anomalias similares que conferem lineamentos também orientadas a NE-SW, repetem-se na área, com menores continuidades.

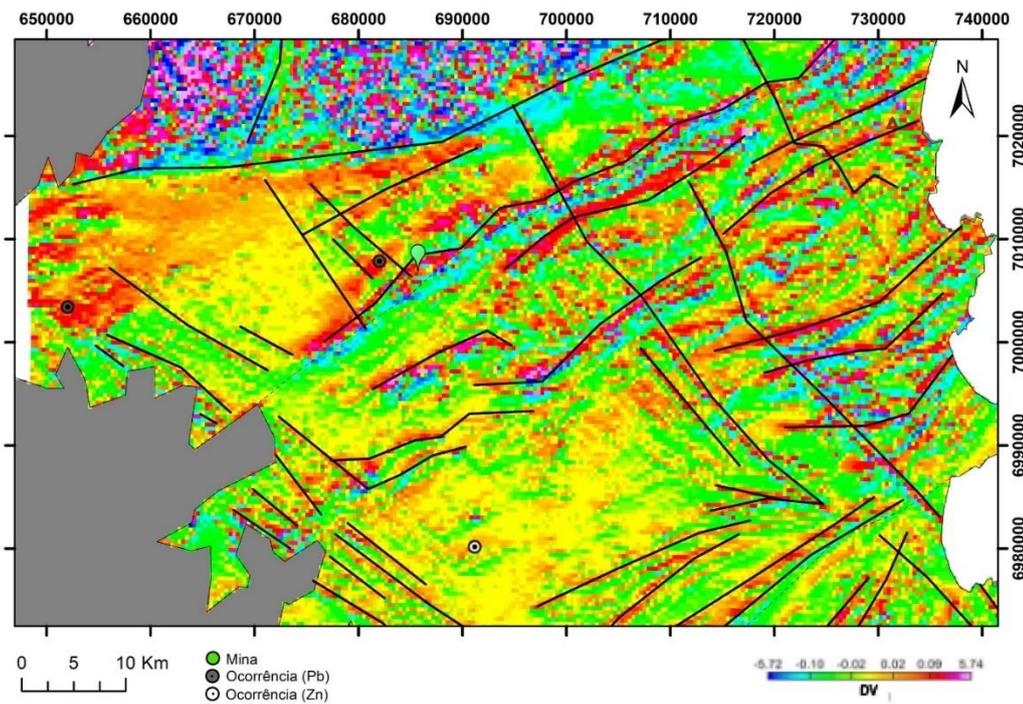
Com os dados de derivada vertical (Figura 27), é possível visualizar um maior prolongamento das anomalias orientadas a NW-SE. Com a continuidade dessas feições, identifica-se pontos de intersecção entre lineamentos orientados para NW-SE, com aqueles orientados a NE-SW; características não observadas nos outros dados magnéticos.

Figura 26 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Pb, Zn), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Figura 27 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Pb, Zn), com lineamentos traçados.

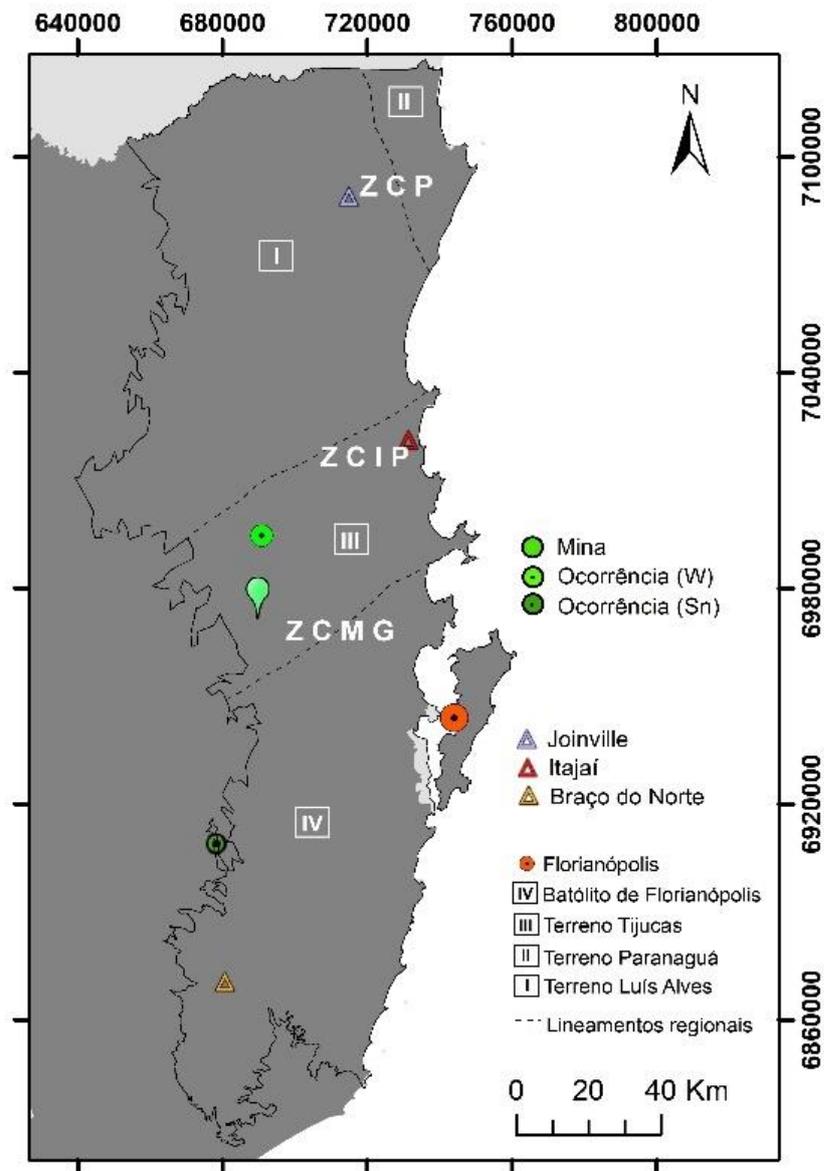


Fonte: autora.

7.3.1.3 Sn e W

O Terreno Tijucas abriga uma mina de W denominada mina da Catinga, bem como ocorrências deste elemento, como observado na Figura 28. No Batólito de Florianópolis, têm-se reportado uma ocorrência de Sn, situada no limite do escudo Catarinense com as unidades pertencentes a Bacia do Paraná.

Figura 28 - Ocorrências e mina de Sn e W do escudo Catarinense.

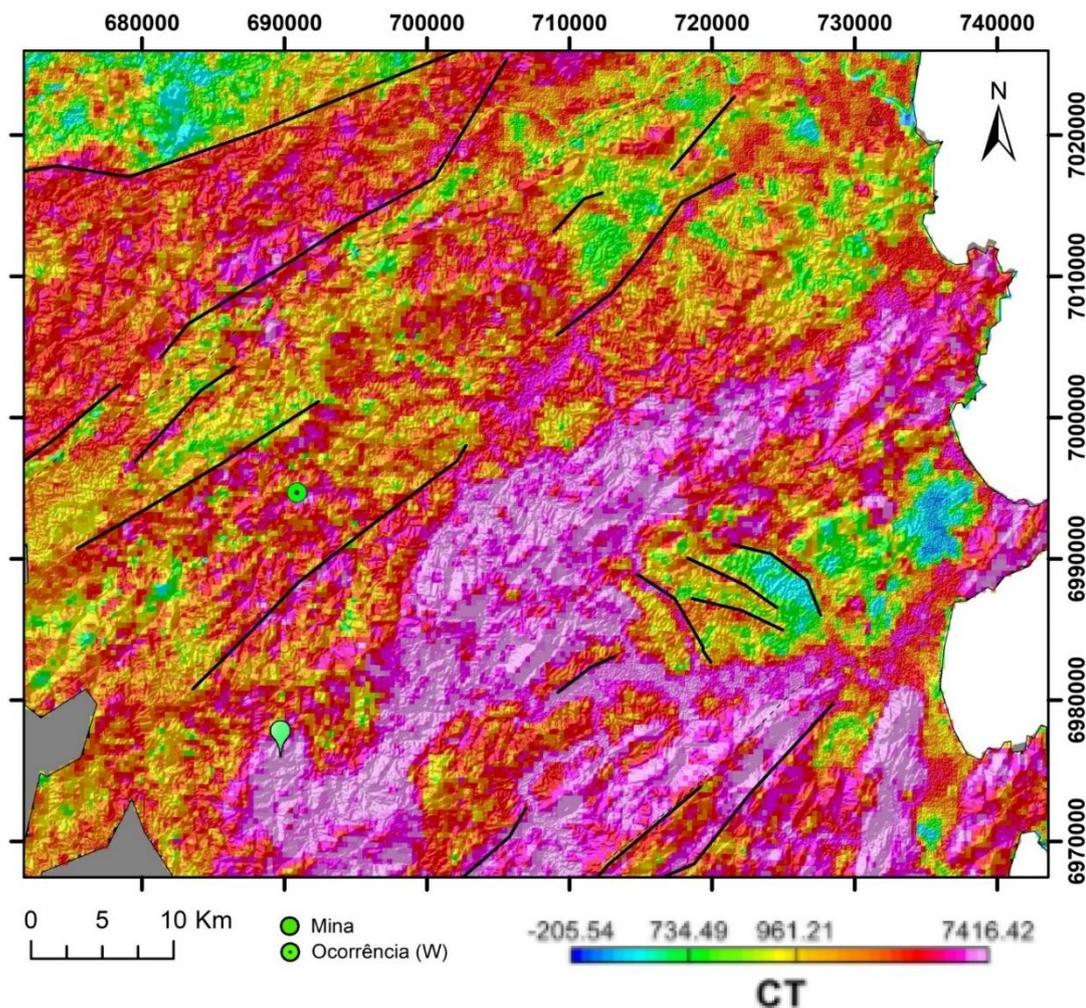


Fonte: autora.

No mapa de contagem total (Figura 29), a mina da Catinga situa-se em uma área que apresenta elevados valores de contagem total que abrangem uma extensa área visualizável no mapa. No caso da ocorrência de W reportada, encontra-se em porções com valores de contagem total dos elementos radiométricos também elevados, porém, com variações para valores medianos.

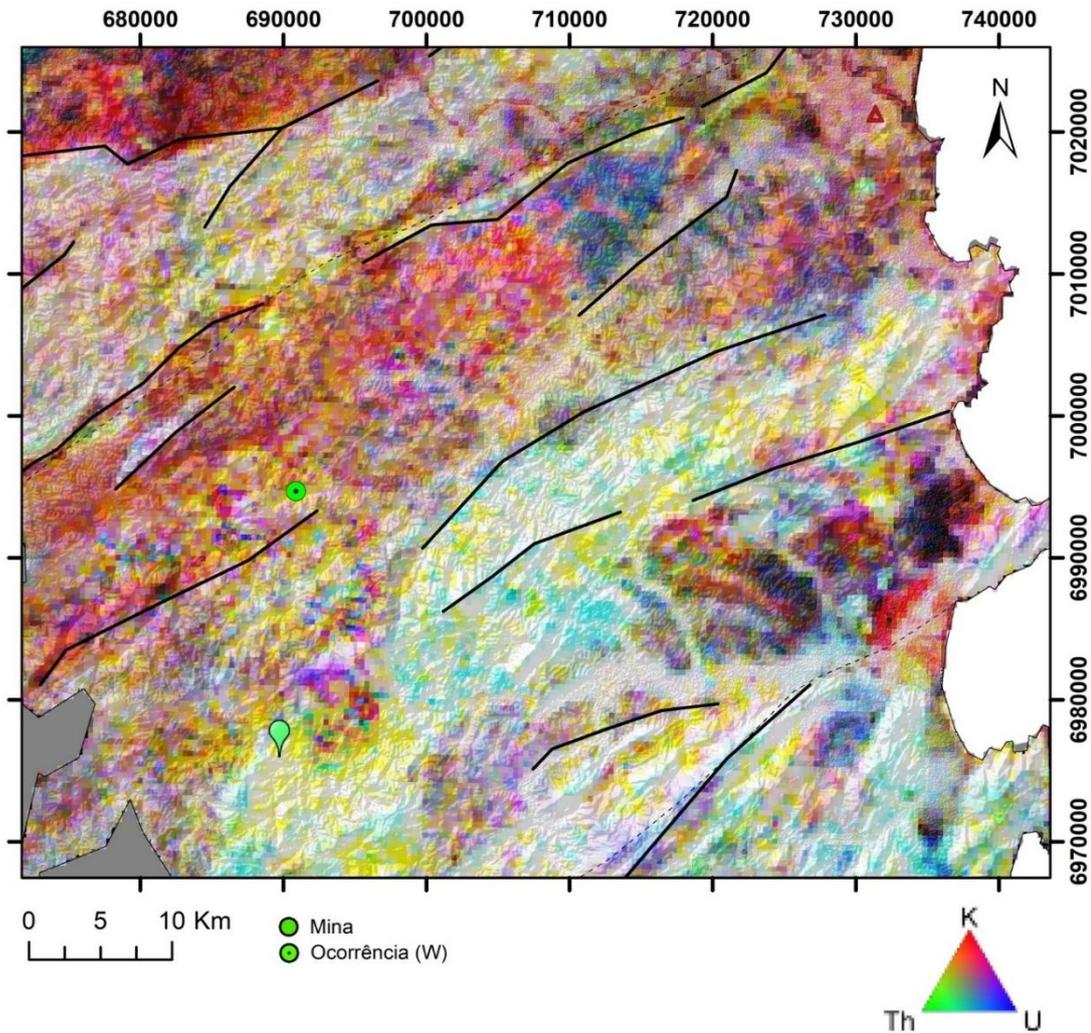
No ternário (Figura 30), a mina de W localiza-se em área com coloração branca, tendendo a tons amarelados, nas quais representam respectivamente a influência dos três elementos, e a influência dos elementos K em conjunto com o Th. Já no contexto da ocorrência, este apresenta influência dos elementos K e Th, dado por cores amareladas.

Figura 29 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (W), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

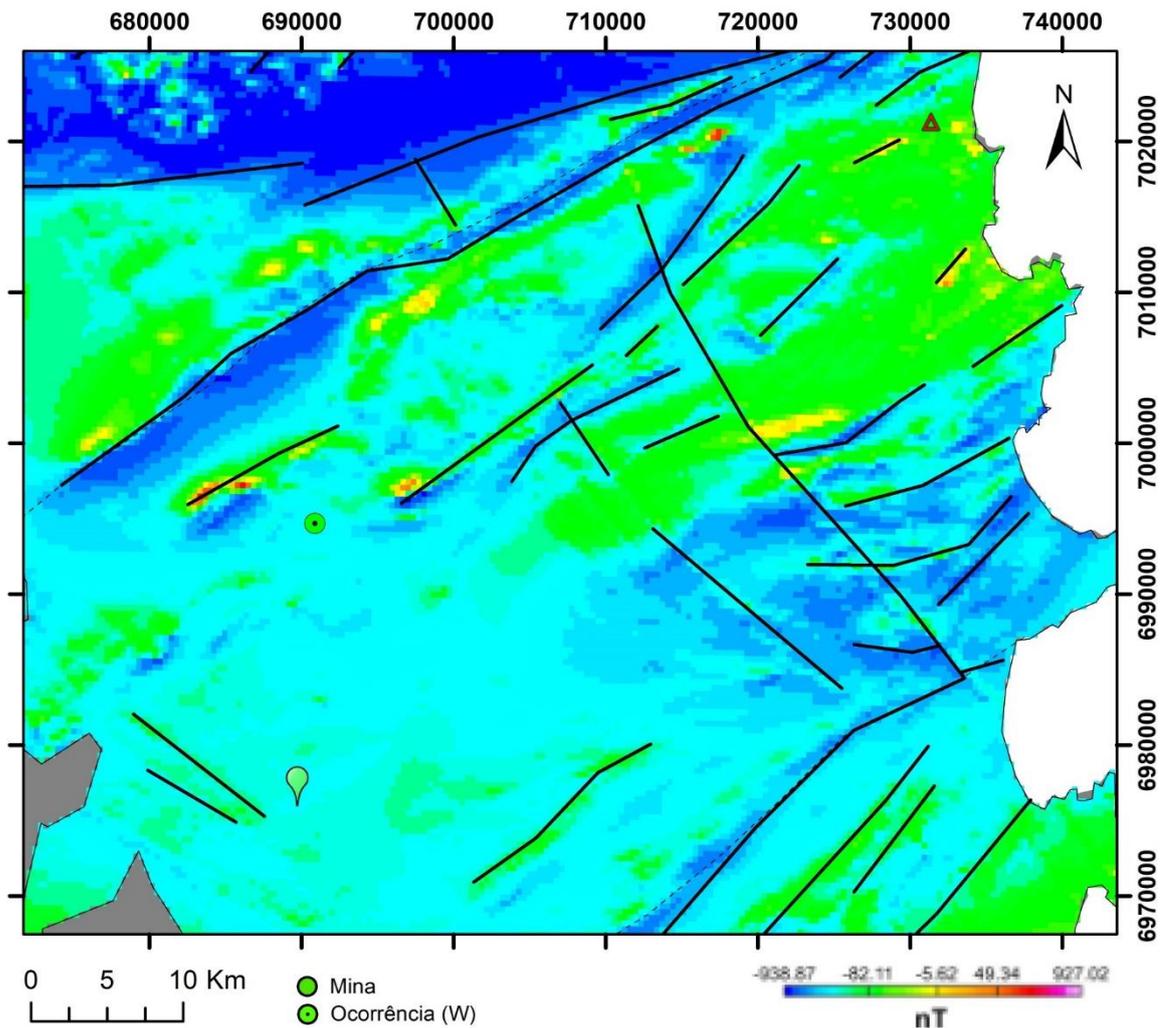
Figura 30 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (W), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

No mapa de Campo Magnético Anômalo Total, que pode ser observado na Figura 31, as áreas onde localizam-se a mina da Catinga e a ocorrência de W, apresentam baixíssimos valores de Campo Magnético Anômalo Total, bem como, poucas variações desses valores em seus entornos. Em ambos, na mina da Catinga e na ocorrência de W, anomalias magnéticas de caráter linear não são identificadas em seus respectivos entornos.

Figura 31 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (W), com lineamentos traçados.

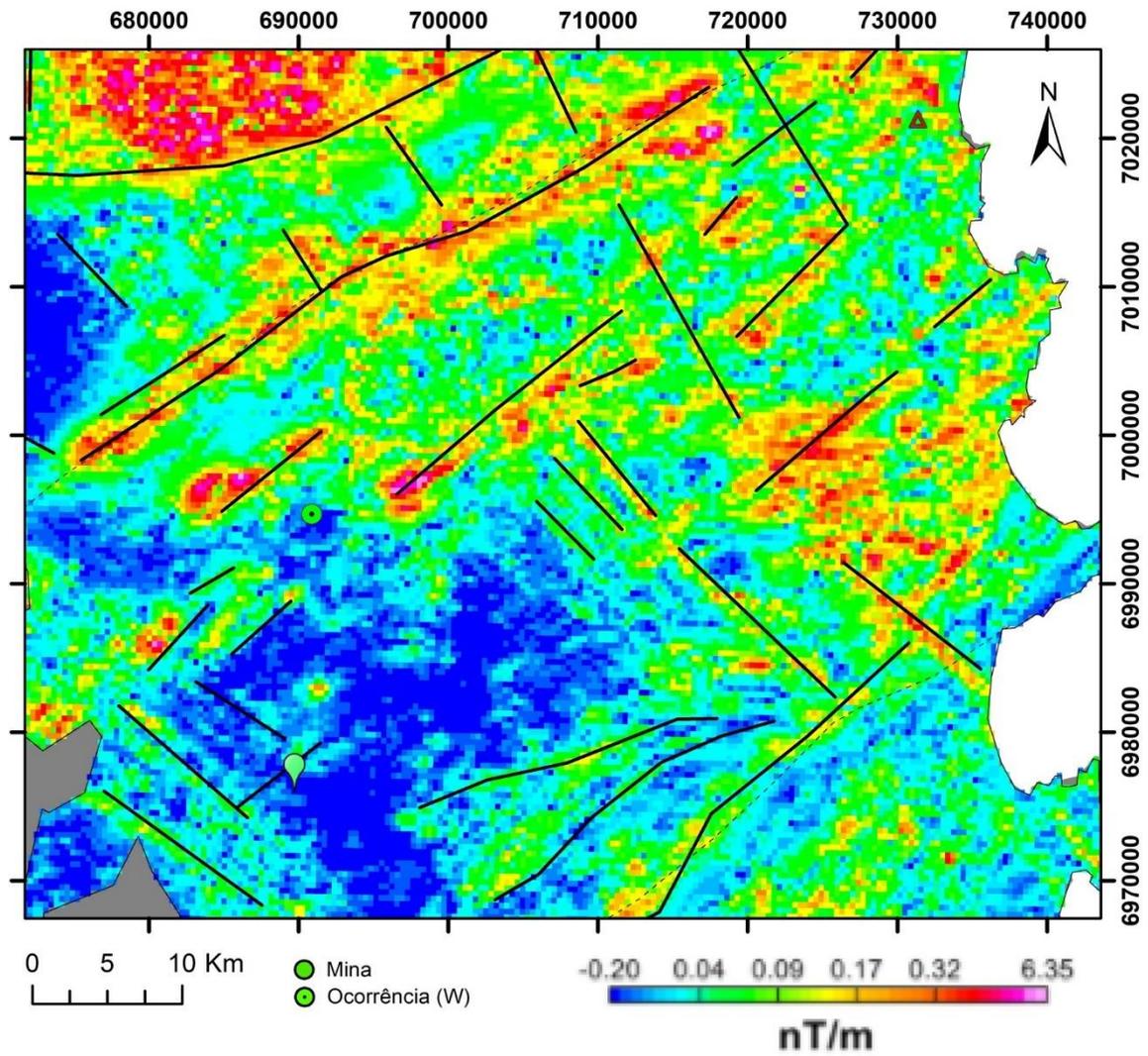


Fonte: autora.

Através dos mapas magnéticos derivados de CMAT, de Amplitude do Sinal Analítico e Derivada Vertical, as áreas relevantes para W, também situam-se em porções com baixos valores de ASA e DV, como foi observado em CMAT.

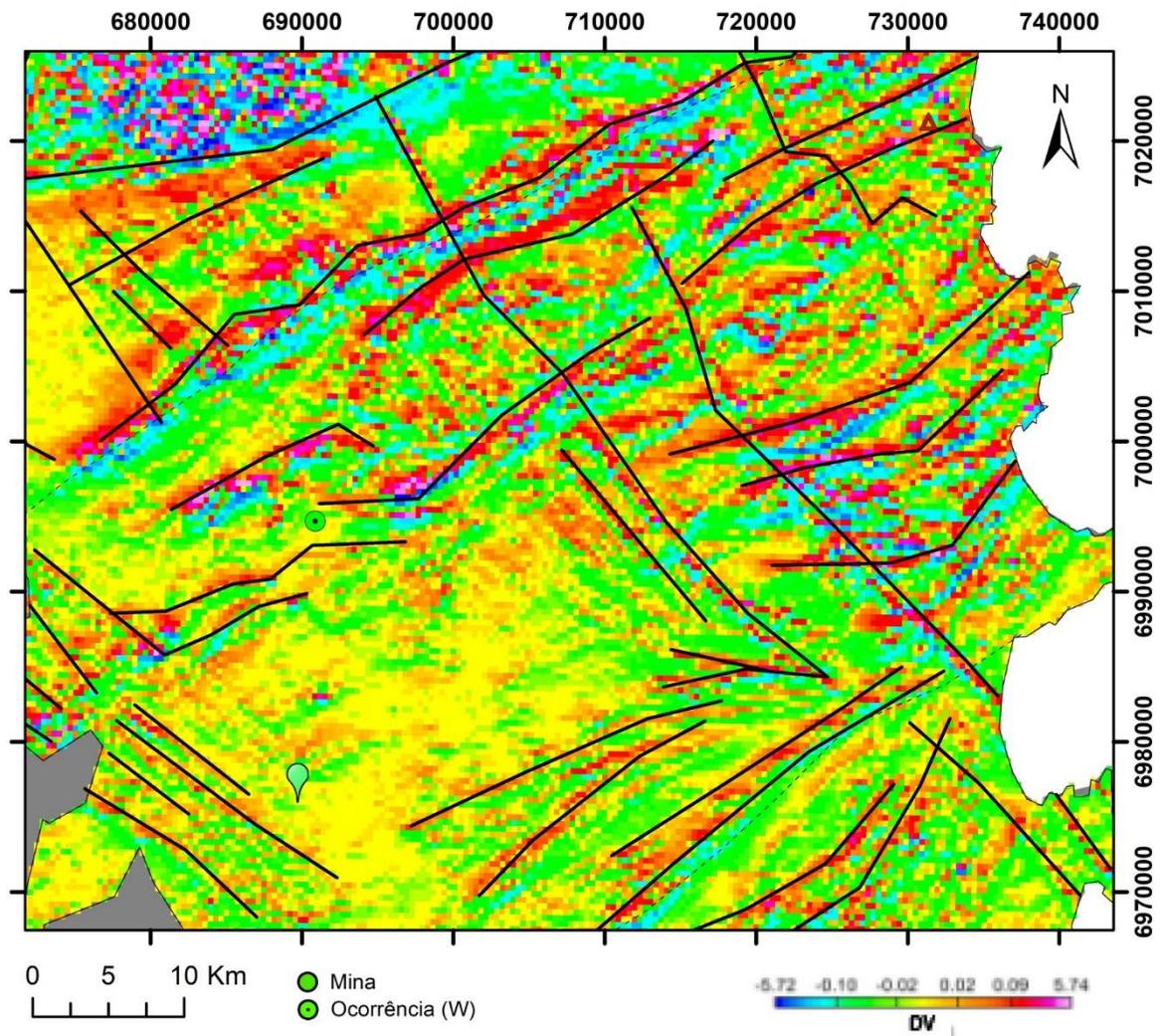
As feições causadas por anomalias de caráter linear melhor observáveis nos dados de ASA e DV que ocorrem no contexto das áreas de W (não sobrepostas a mina da Catinga ou ocorrência), orientam-se segundo a direção NE-SW.

Figura 32 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (W), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Figura 33 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (W), com lineamentos traçados.

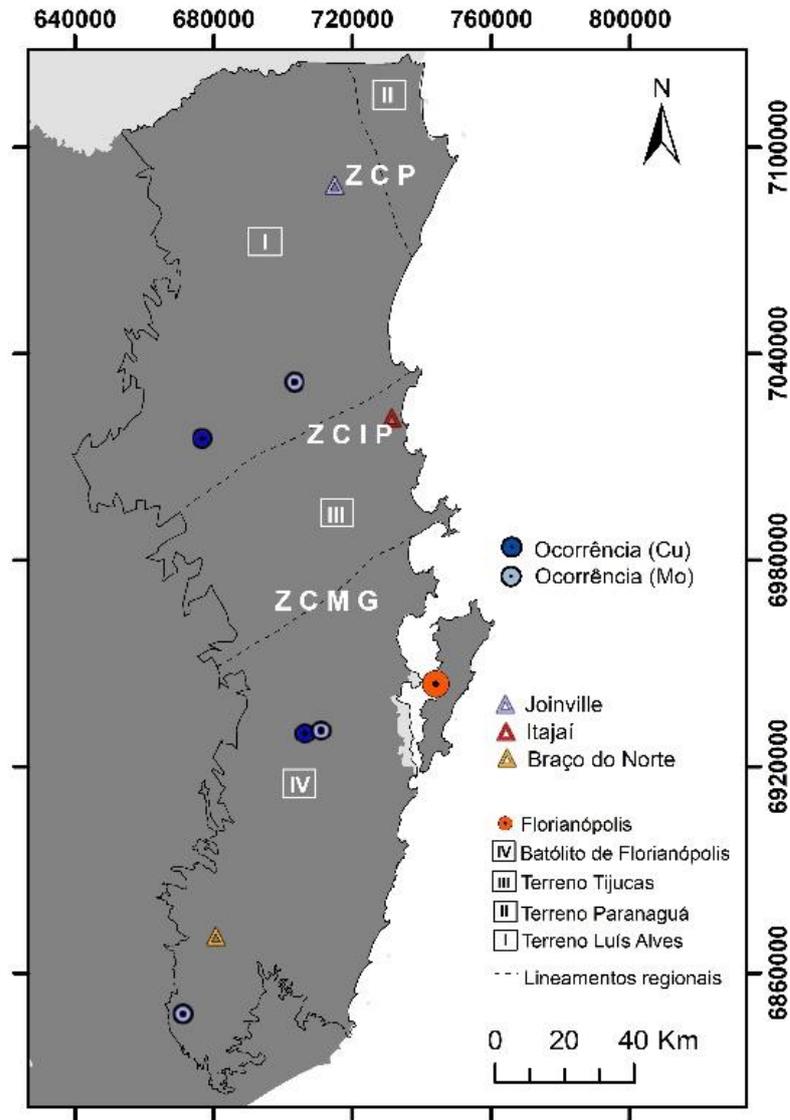


Fonte: autora.

7.3.1.4 Cu e Mo

As ocorrências de cobre e molibdênio contidas no escudo Catarinense, localizam-se no Terreno Luís Alves e no Batólito de Pelotas (Figura 34).

Figura 34 - Ocorrências de Cu e Mo do escudo Catarinense.



Fonte: autora.

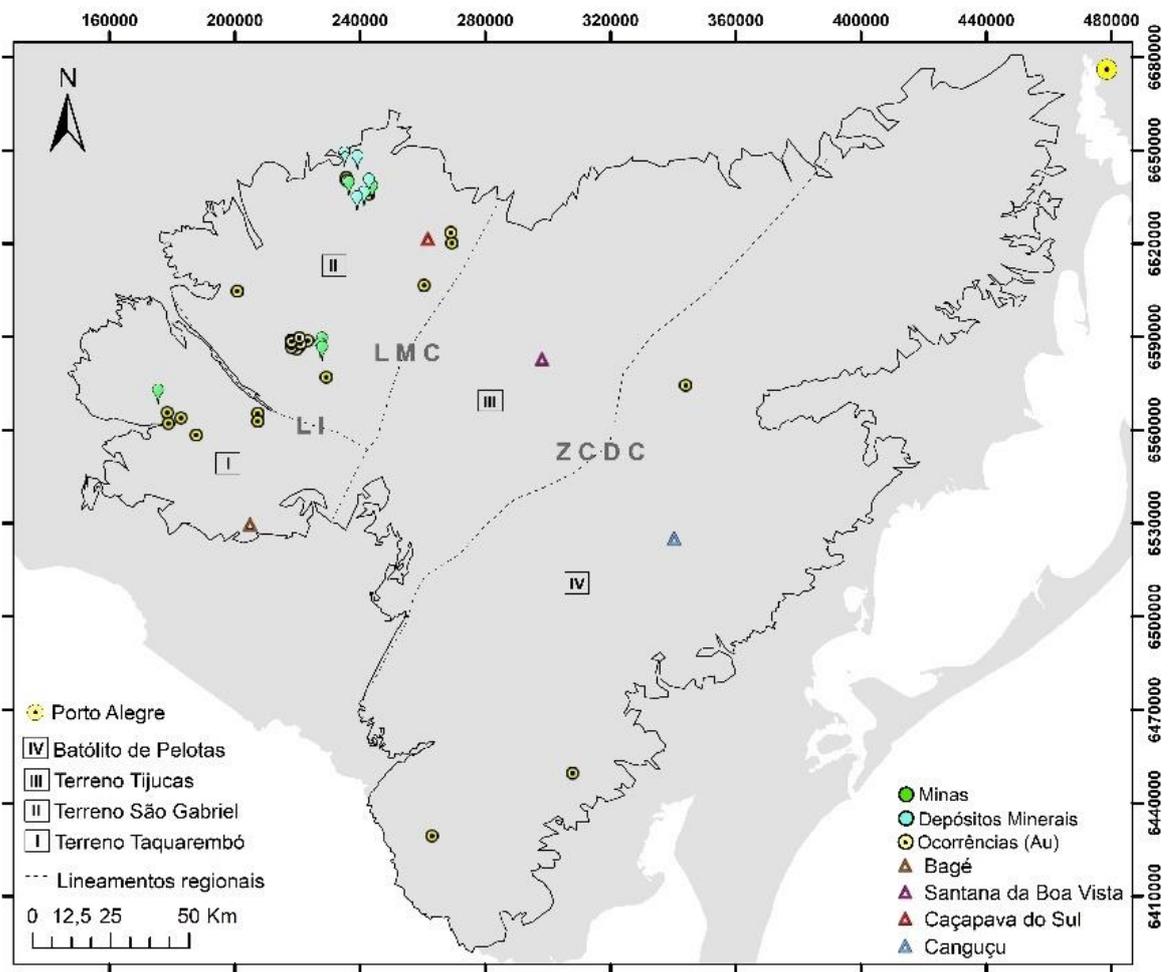
Em função da baixa representatividade de ocorrências de Cu e Mo, a inexistência de depósitos ou minas desses metálicos para fins comparativos, bem como a não identificação de parâmetros que os singularizam, os dados aerogeofísicos envolvendo-os não serão aqui inseridos. De maneira geral, observa-se que as ocorrências de Cu e Mo situam-se em áreas com pouca abundância de anomalias de caráter de linear.

7.3.2 Escudo Sul-Rio-Grandense

7.3.2.1 Au, Au-Cu

No escudo Sul-Rio-Grandense, os recursos minerais de ouro e ouro-cobre estão presentes nos Terrenos Taquarembó, São Gabriel e Batólito de Pelotas (Figura 35), onde nesse último, apenas ocorrências são reportadas.

Figura 35 - Ocorrências, depósitos e minas de Au e Au-Cu do escudo Sul-Rio-Grandense.

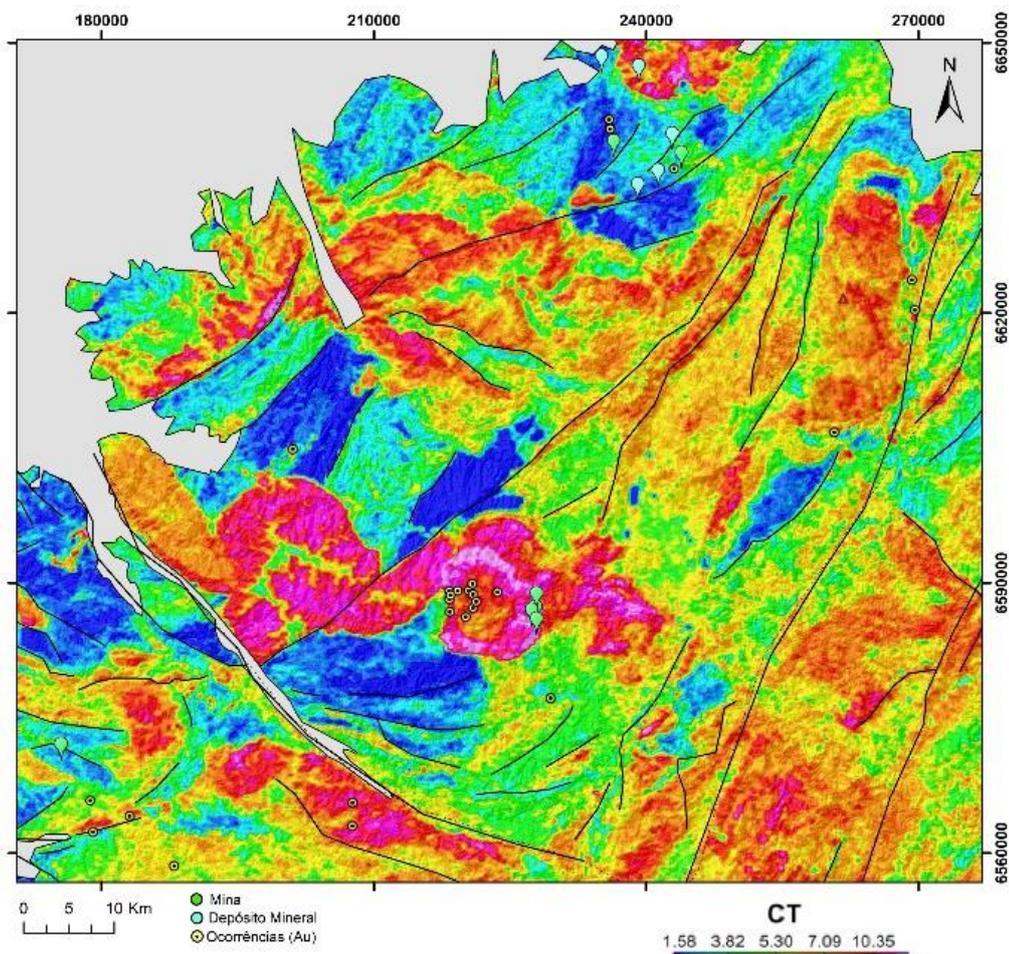


Fonte: autora.

No mapa radiométrico de contagem total (Figura 36), a mina de ouro desativada, presente no Terreno Taquarembó (Mina Barcelos – Vauthier) está situada em uma porção de valores de baixas contagens dos elementos K, U e Th. Esse comportamento também é observado nas minas e depósitos da região de Vila Nova

do Sul (Cerrito do Ouro, Bossoroca; Passo da Juliana, Viúva Guerra Duval, Lavrinha e Gardinha) no Terreno São Gabriel, com exceção do depósito Estuque, que diferentemente dos demais, está situado no Complexo Granítico São Sepé e não nas unidades do Complexo Bossoroca. Comportamento semelhante ao depósito de Estuque, apresentando contagem dos elementos com valores elevados, é observado nas minas (Aurora, Dourada, Mato Feio e Valdo Teixeira) localizadas no Complexo Intrusivo Lavras do Sul. As ocorrências nos dois terrenos distribuem-se nas proximidades de tais minas e depósitos.

Figura 36 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.

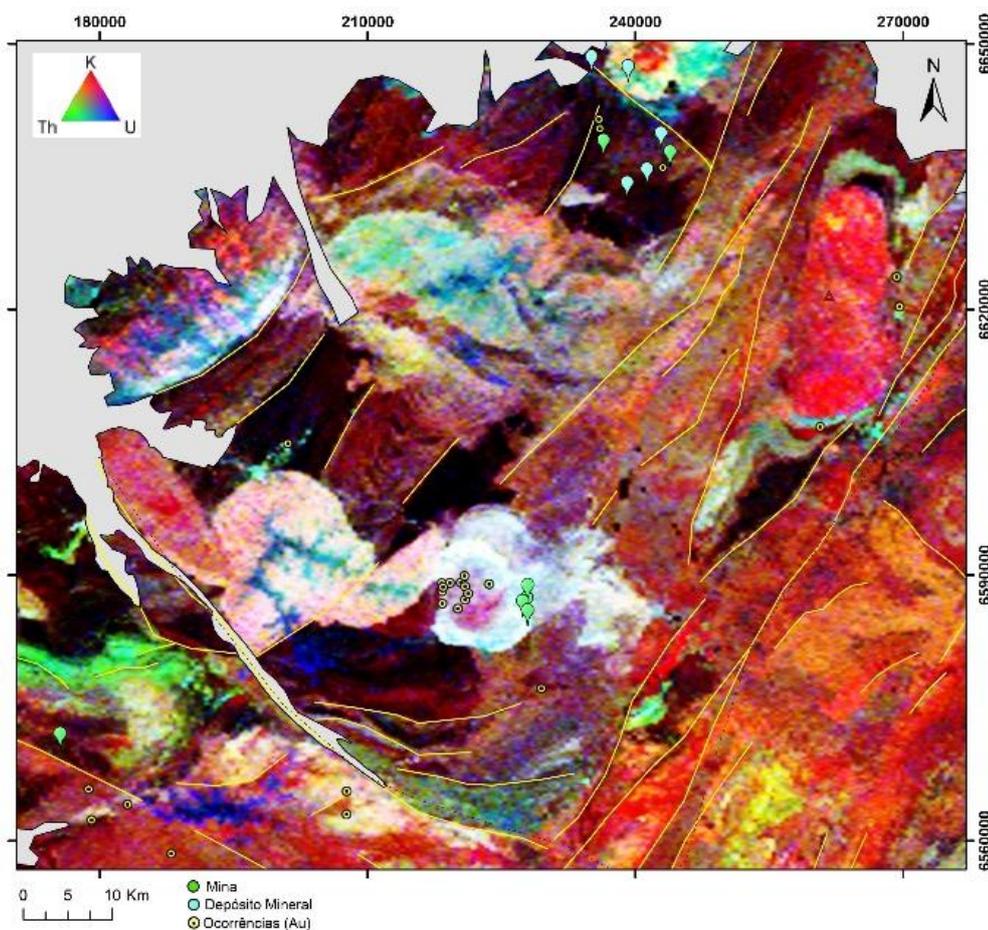


Fonte: autora.

No mapa ternário (Figura 37), as minas e depósitos localizadas em complexos intrusivos graníticos (minas do CILS e depósito de Estuque) apresentam valores

equivalentes de contagens para os três elementos radiométricos, com colorações tendendo ao branco. Nas demais minas e depósitos, as colorações dos elementos tendem do avermelhado a mais escuras (vinho-preto), refletindo maiores concentrações do elemento K a tendência de ausência dos três elementos.

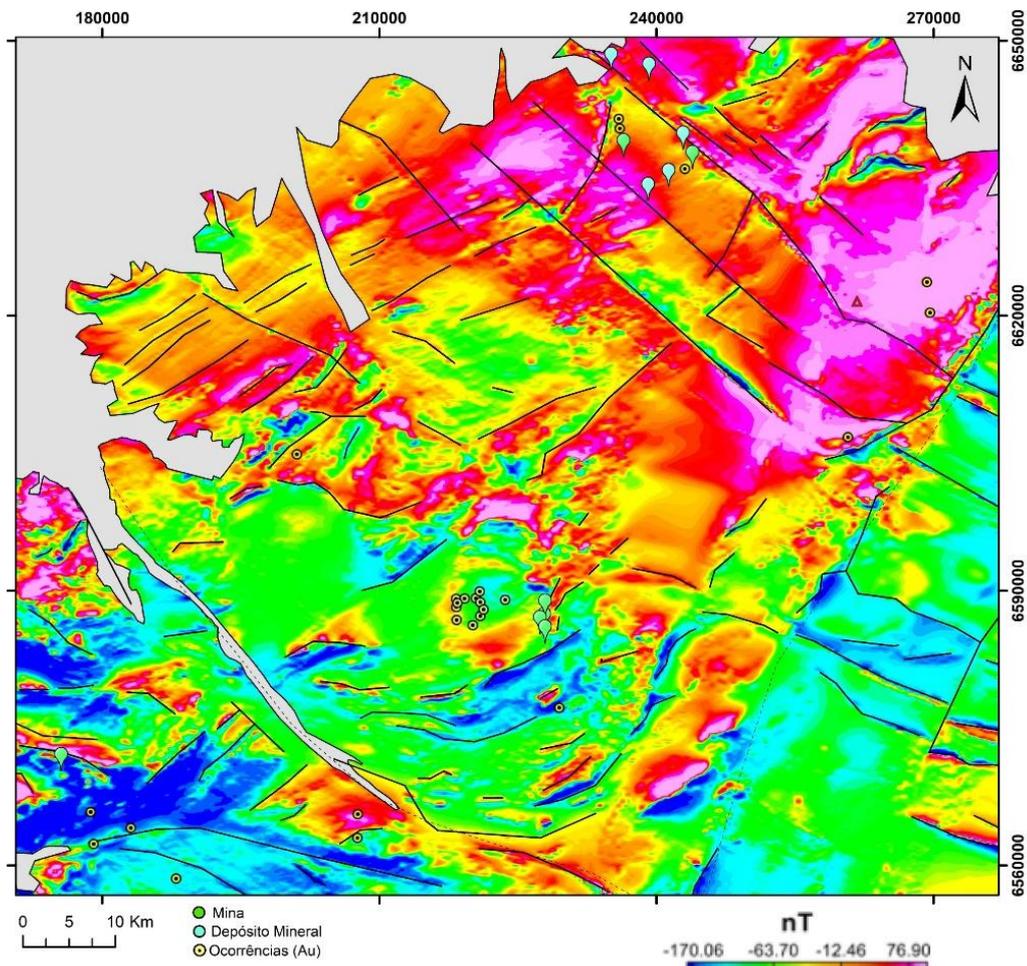
Figura 37 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Os mapas das Figuras 38 e 39 contêm os dados de CMAT e RTP, nos quais observa-se que os dados de RTP apresentam os limites das anomalias mais definidos, quando comparados aos dados de CMAT.

Figura 38 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.

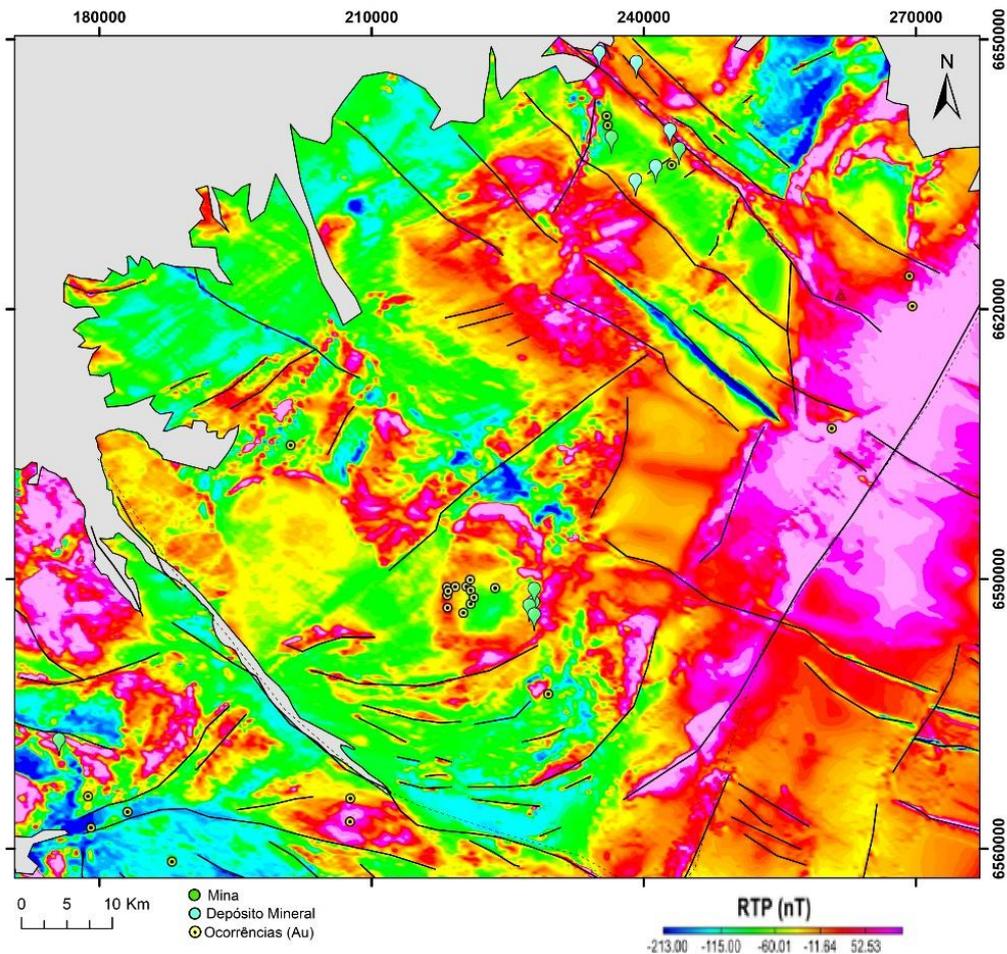


Fonte: autora.

Observando a Figura 39 do mapa dos valores magnéticos de campo total reduzidos ao polo (RTP), em geral, as ocorrências, depósitos e minas localizam sobre ou na proximidade de anomalias com valores mais elevados de RTP. Na região da mina Barcelos, observa-se uma anomalia orientada NW-SE que lhe confere um lineamento magnético. Na localidade das minas do CILS, o complexo granítico parece apresentar uma zonação, na qual é acompanhada pela distribuição das minas e ocorrências. Nenhum lineamento que se assemelha a estrutura é visível e identificável, apenas litológico. No contexto da região de Vila Nova, lineamentos de orientação NW-SE são notadamente identificáveis, nos quais são intersectados em algumas regiões por lineamentos de orientação NE-SW. Observa-se que as ocorrências, depósitos e minas auríferas da região estão dispostas sobre ou nas proximidades desses lineamentos orientados NW-SE ou em configurações próximas

a intersecção das estruturas orientadas nas duas direções. Ainda na região de Vila Nova, de maneira restrita, uma feição linear magnética disposta a NS tendendo para SW, possui ocorrências auríferas em suas proximidades e a existência da mina Bossoroça.

Figura 39 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo total reduzidos ao polo (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

No mapa de amplitude do sinal analítico Figura 40, é possível observar limites litológicos e estruturais de maneira mais definida. No Terreno Taquarembó, observa-se duas anomalias lineares com orientação NW-SE circundando a região da mina Barcelos. Na região de Lavras, as minas situadas no CILS pareçam distribuir-se nas proximidades das bordas do complexo intrusivo, onde este faz contato com as rochas vulcânicas da Formação Hilário. As ocorrências também localizadas no CILS, aparentam distribuir-se de acordo com uma zonação marcada por intercalação de

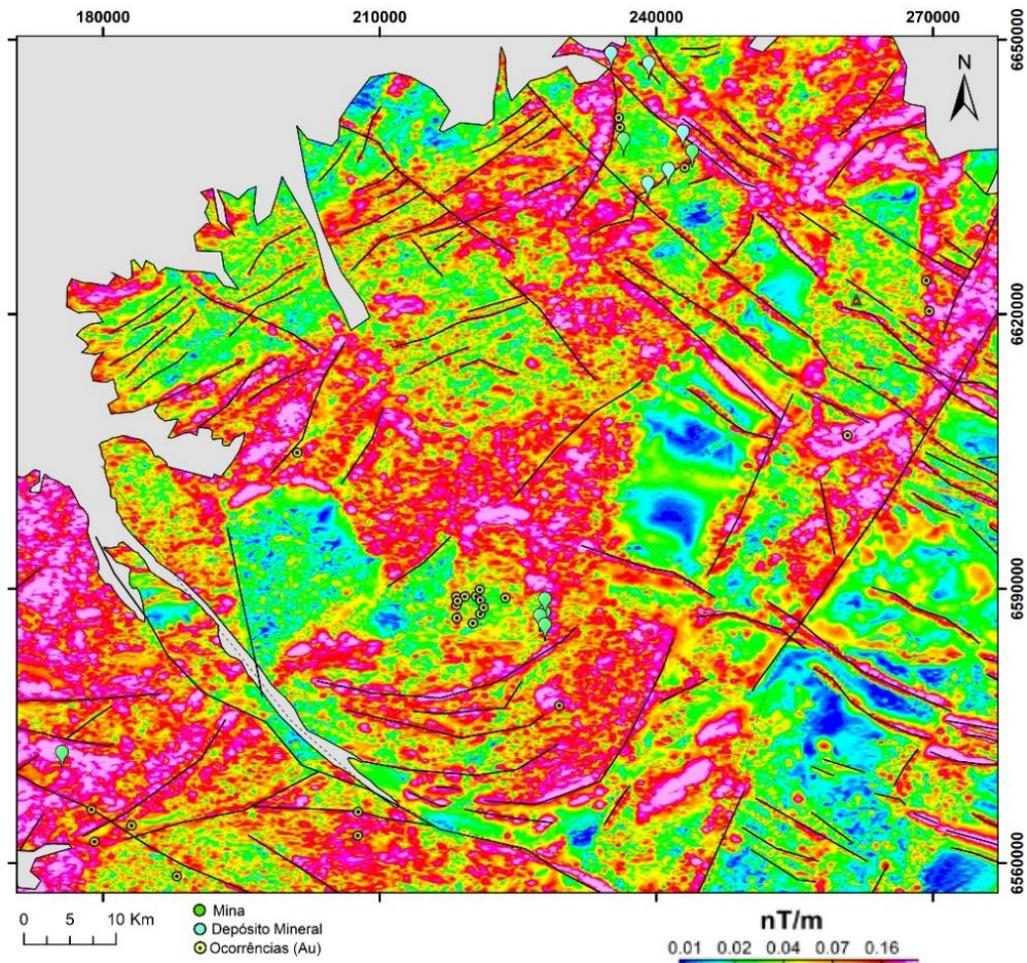
valores de amplitude do sinal analítico mais elevado, que gradam para valores inferiores. Tal padrão parece se repetir, coincidindo ligeiramente com a distribuição das ocorrências. Já na região de Vila Nova, o comportamento observado no mapa anterior de redução ao polo, é novamente observado nos dados de amplitude do sinal analítico, muito mais definidos. Uma feição observada no ASA complementar ao RTP, consiste no lineamento que apresenta orientação NS tendendo a SW, no qual no mapa de ASA parece prosseguir para N, intersectando um dos lineamentos de orientação NW-SE, próximo ao depósito Passo da Juliana. Ocorrências auríferas localizadas na borda da Suíte Granítica Caçapava do Sul em contato com unidades do Complexo Passo Feio são melhor observadas no mapa de ASA.

O mapa da 1ª derivada vertical (Figura 41) destaca anomalias oriundas de fontes localizadas em profundidades mais rasas. As anomalias e feições observadas nas áreas que contém ocorrências e minas nas regiões de Vauthier e Lavras do Sul, não diferem muito das observações anteriormente apontadas. Já a região de Vila Nova, a partir das anomalias e lineamentos identificados com a DV, é notável uma maior abundância de anomalias orientadas NE-SW nas quais ocorrem repetidamente, intersectando ou não lineamentos orientados a NW-SE.

No âmbito do Batólito de Pelotas, as ocorrências de Au localizam-se em pontos com valores de contagem total dos elementos radiométricos elevados (Figura 42). Nos mapas ternários (Figura 42), as ocorrências situadas mais a sul, localizam-se em zonas com concentrações de K predominante, e a ocorrência mais a norte, situa-se em uma zona com a presença dos três elementos radiométricos.

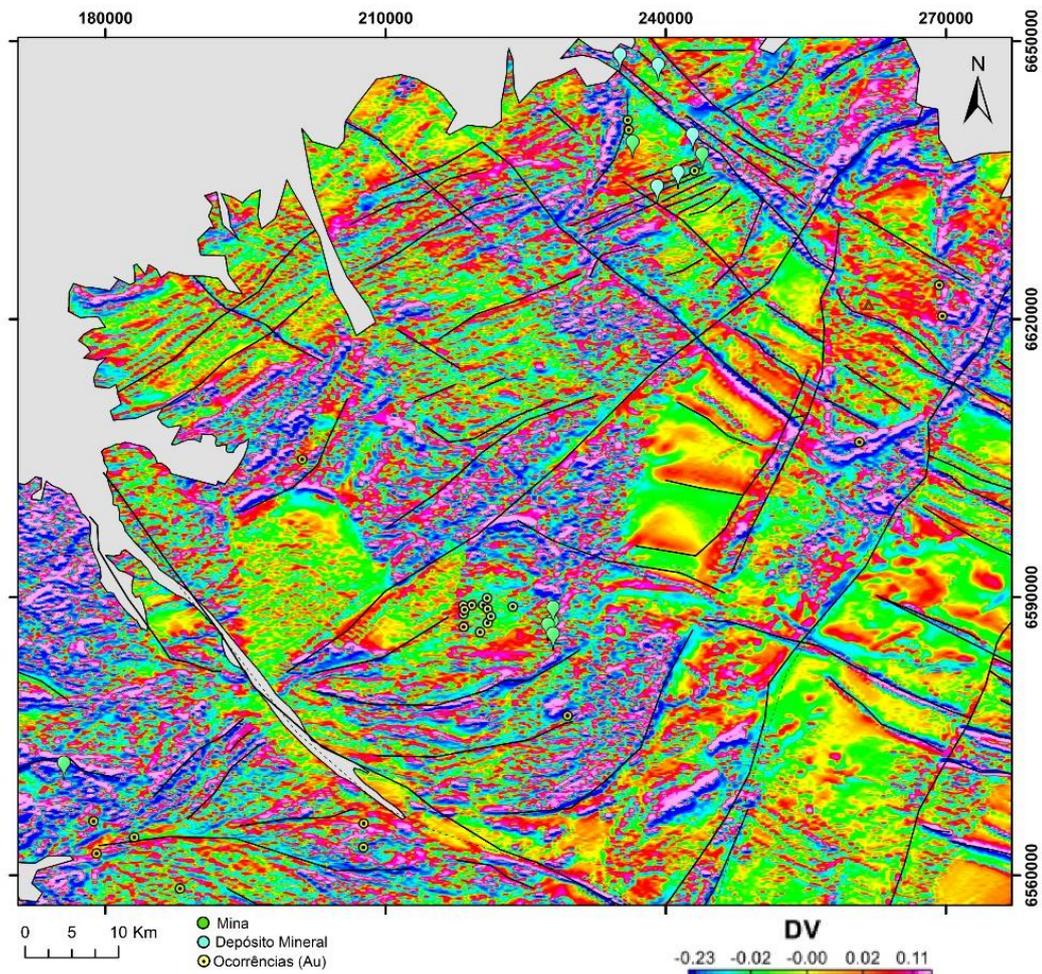
A partir dos lineamentos traçados nos dados magnetométricos (Figuras 43 e 44), observa-se que as ocorrências a sul estão situadas próximas a lineamentos de direção NE, enquanto a ocorrência a norte, localiza-se próxima a lineamentos orientados a NW-SE.

Figura 40 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.



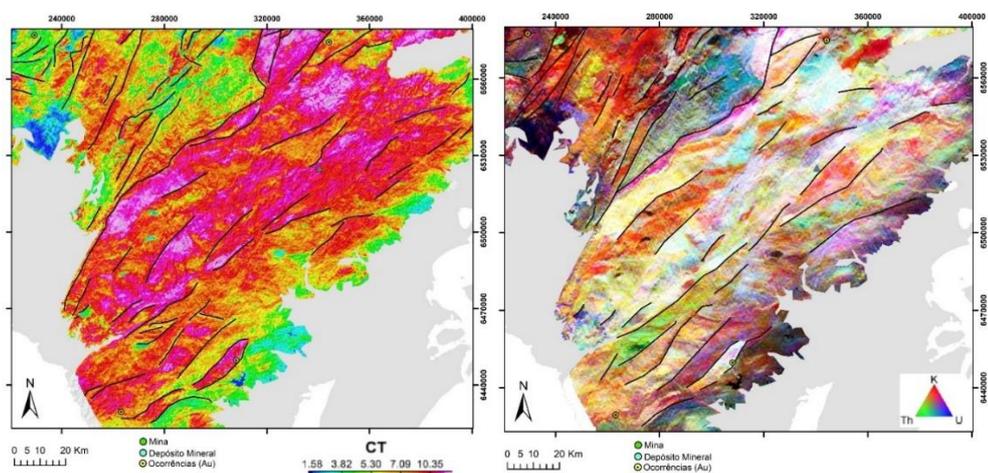
Fonte: autora.

Figura 41 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Au, Au-Cu), com lineamentos traçados.



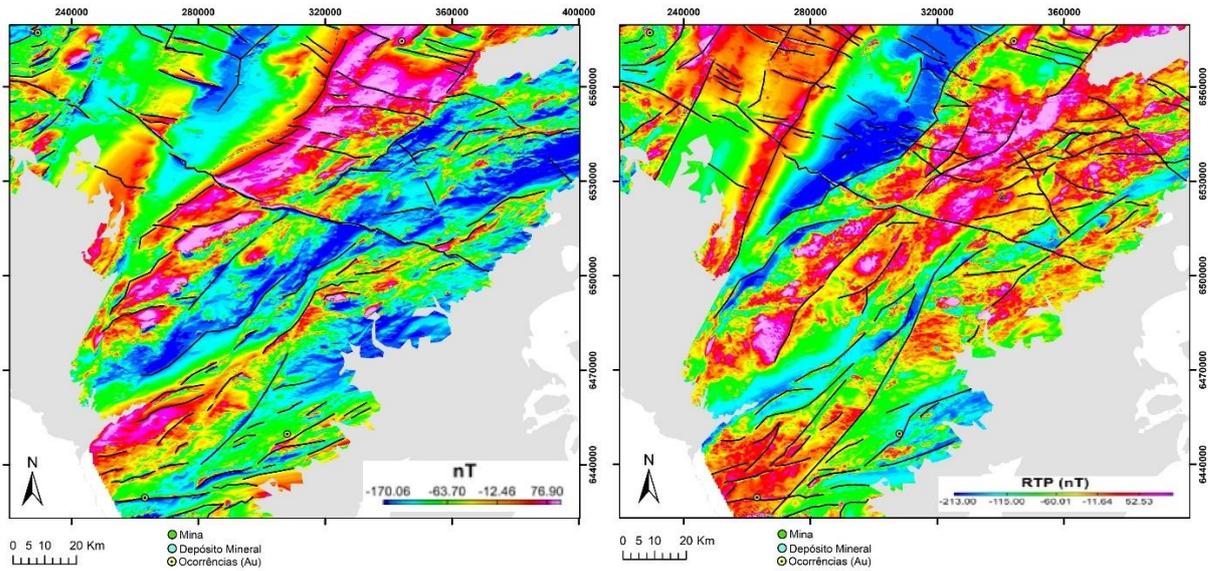
Fonte: autora.

Figura 42 - Mapas radiométricos dos elementos K, U e Th: de contagem total e composição RGB (ternário) (Au), respectivamente, com lineamentos traçados.



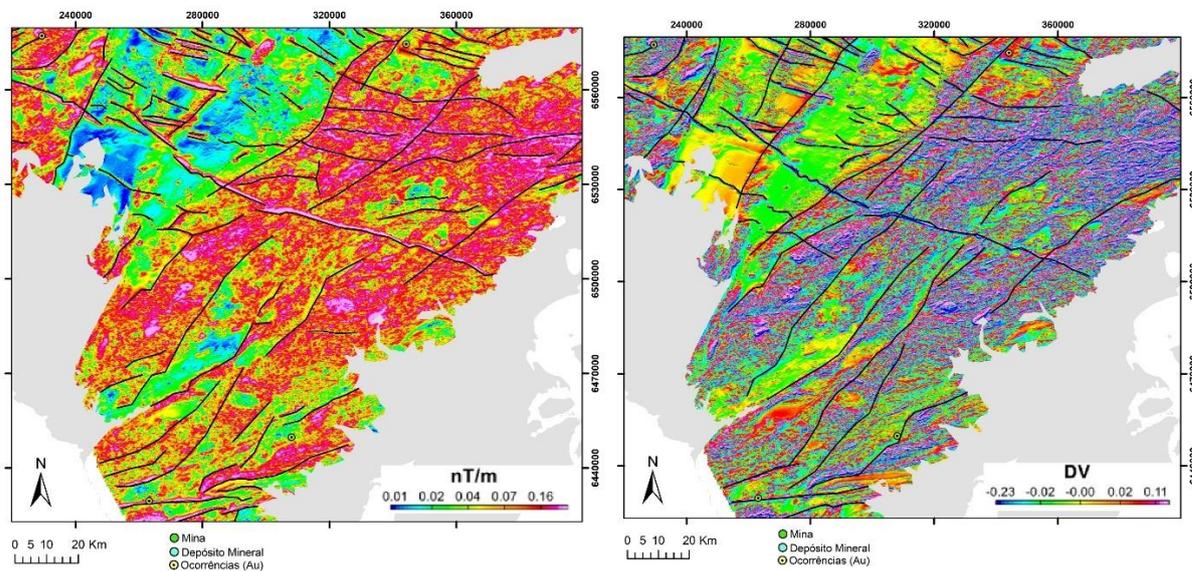
Fonte: autora.

Figura 43 - Mapas dos valores de campo magnético anômalo total e de campo anômalo total reduzidos ao polo (Au), respectivamente, com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Figura 44 - Mapas dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico e a 1ª Derivada Vertical (Au), respectivamente, com lineamentos traçados.

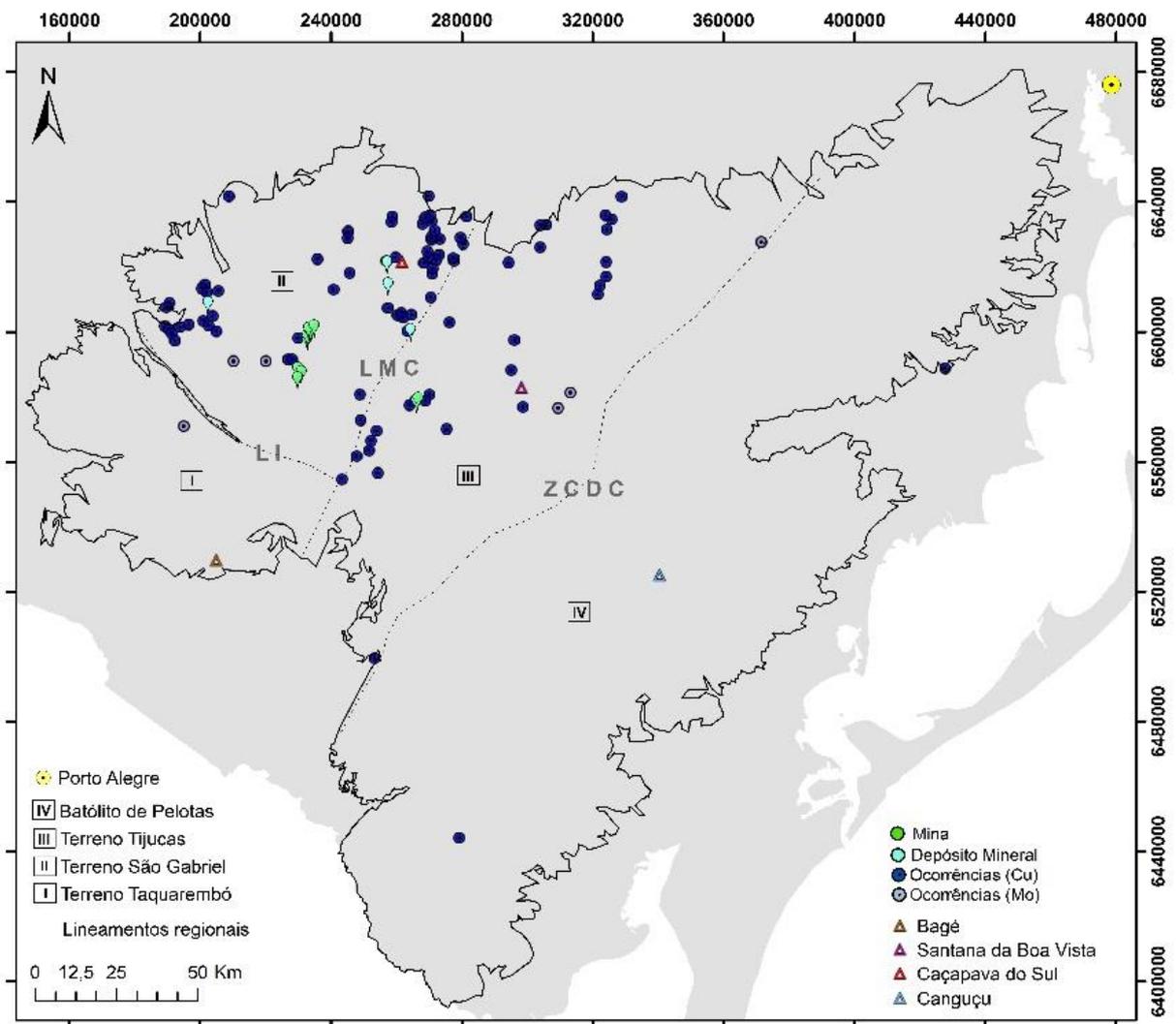


Fonte: autora.

7.3.2.2 Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo

Os recursos cupríferos, associados ou não a outros metais, como Au e Mo estão presentes principalmente no Terreno São Gabriel e Tijucas, com ocorrências isoladas de Cu e Mo no Taquarembó e Batólito de Pelotas (Figura 45).

Figura 45 - Ocorrências, depósitos e minas de Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo e Mo do escudo Sul-Rio-Grandense.

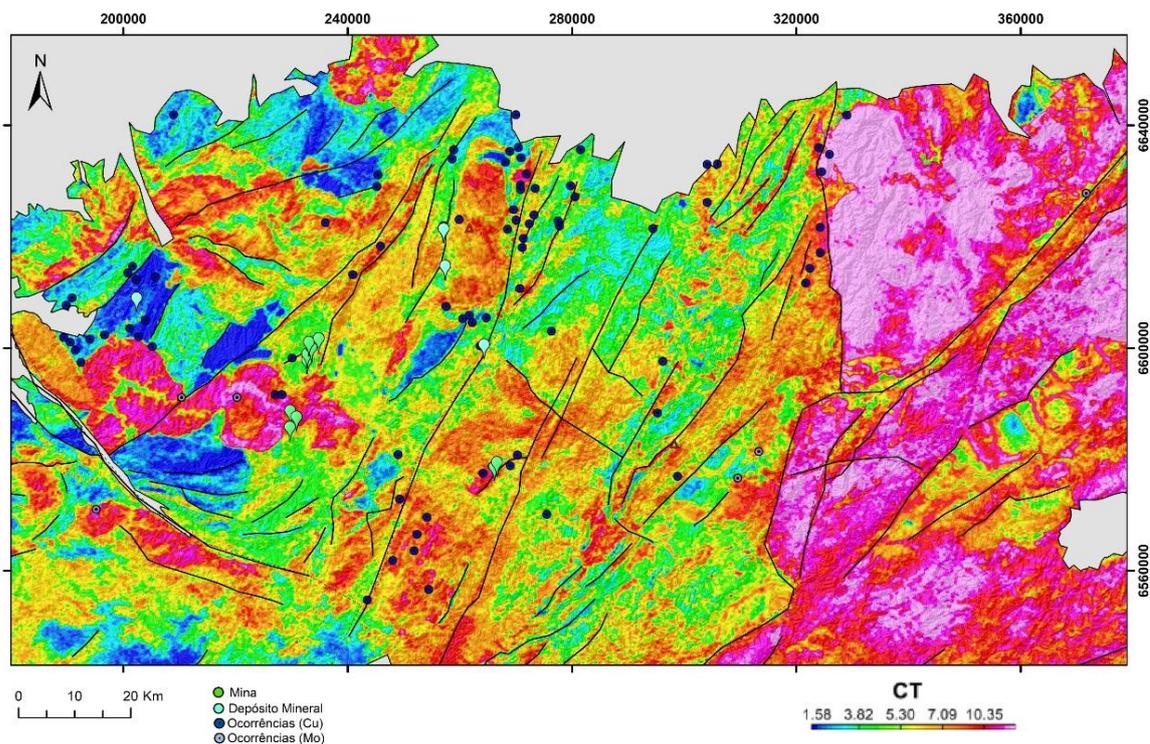


Fonte: autora.

A Figura 46 consiste no mapa radiométrico de contagem total dos elementos, onde é possível observar que o depósito Bom Retiro, localizado mais a oeste no mapa, apresenta valores de CT baixos. Os depósitos Andrada e Primavera, situados na

borda sudoeste da Suíte Granítica de Caçapava do Sul, apresenta valores medianos de CT. As minas (Seival, Cerro Rico, Merita e Volta Grande) localizadas na região de Lavras e o depósito Cerro dos Martins, possuem valores de CT medianos a elevados. Já as minas Uruguai e São Luís, apresentam valores de CT dos elementos radiométricos elevados.

Figura 46 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.

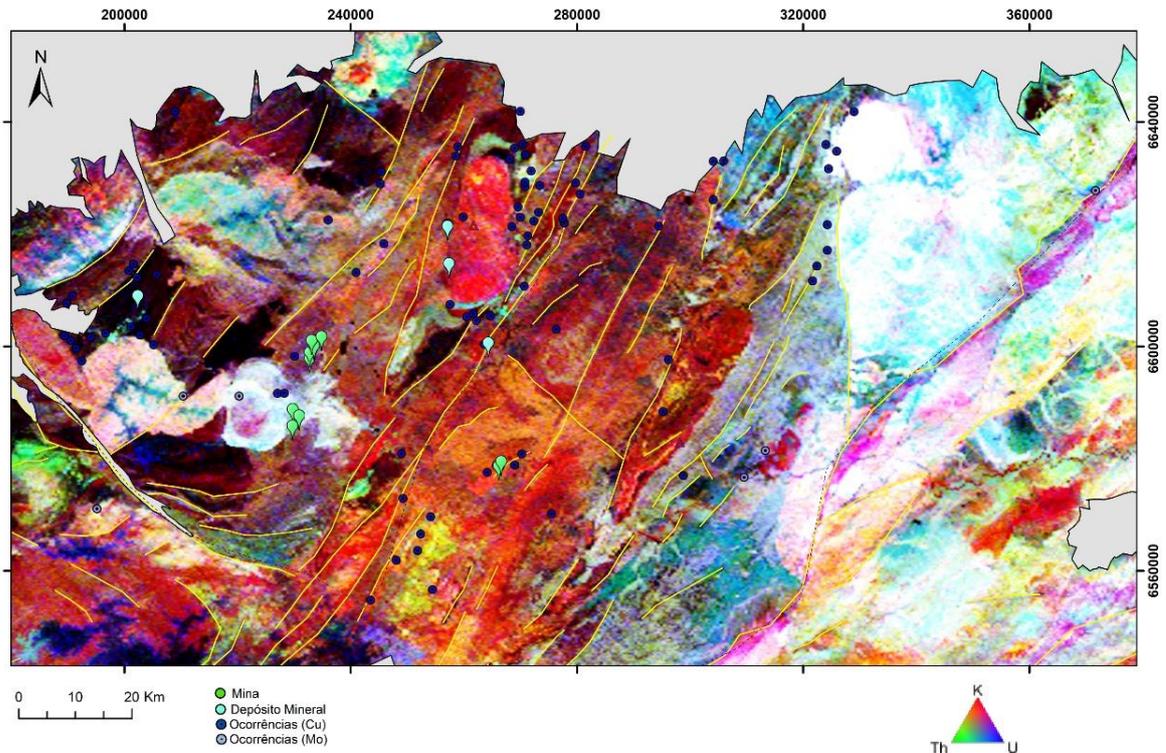


Fonte: autora.

No mapa ternário, a área na qual o depósito Bom Retiro está situado, apresenta colorações escuras que tendem ao preto, refletindo carência dos três elementos radioativos. A região das minas em Lavras, apresentam tons arroxeados, mostrando uma tendência de concentração dos elementos K e U. A área dos depósitos Andrade, Primavera e Cerro dos Martins, apresenta colorações avermelhadas. Já a área das minas do Camaquã, minas Uruguai e São Luís, apresentam respostas com colorações vermelho alaranjadas, refletindo respostas a concentrações dos elementos K e Th.

Quanto as ocorrências de Mo, estas dispõem-se em áreas que apresentam respostas que tendem a colorações esbranquiçadas, refletindo a presença dos três elementos radioativos K, U e Th.

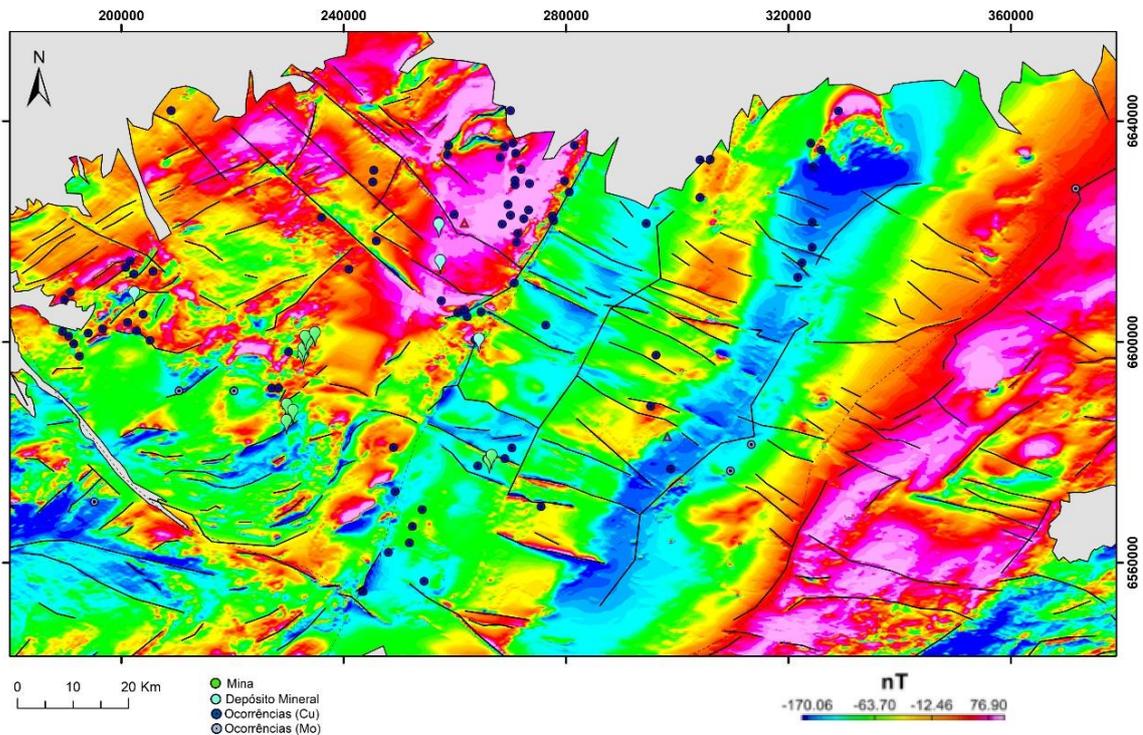
Figura 47 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

As Figuras 48 e 49 consistem nos mapas de Campo Anômalo Total e Redução ao Polo. O depósito Bom Retiro localiza-se em uma anomalia com baixos valores de RTP, estando limitado por duas anomalias lineares de valores de RTP mais elevados, orientados a NE-SW. As minas Uruguai e São Luís possuem anomalias orientadas NW-SE que as cercam, num padrão semelhante ao depósito Bom Retiro, porém, com distinção na orientação dos lineamentos. Os depósitos Andrada e Primavera ocorrem sob anomalia orientada praticamente a NS, correspondendo aos limites do contato entre as rochas do Complexo Passo Feio com a Suíte Granítica de Caçapava do Sul. As minas da região de Lavras, o depósito Cerro dos Martins, ocorrências cupríferas e algumas de Mo, situam-se sob ou próximas a anomalias orientadas a NE-SW. Parte considerável das ocorrências de Cu, ocorrem contornando rochas graníticas do Terreno São Gabriel, como o monzogranito Santa Rita e granito Jaguari, nas proximidades do depósito Bom Retiro, e a Suíte Intrusiva Caçapava do Sul.

Figura 48 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.

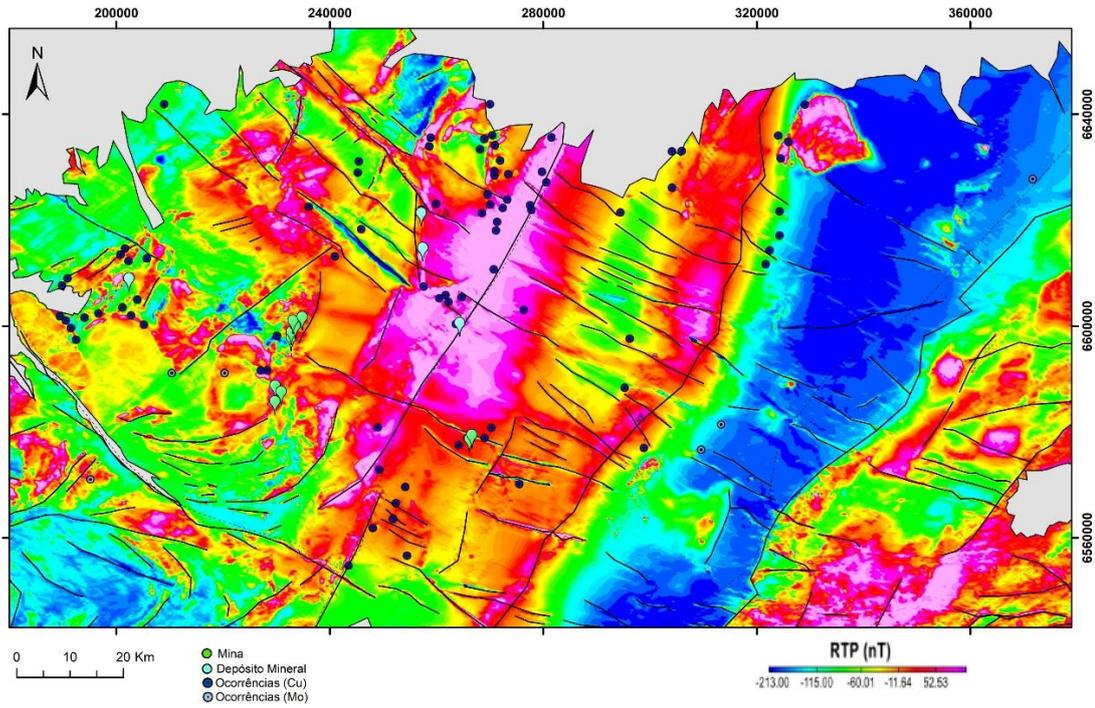


Fonte: autora.

O mapa de amplitude do sinal analítico (Figura 50) reforça as observações apontadas no mapa RTP, definindo melhor os limites observados através das anomalias e lineamentos. No mapa ASA, a região do depósito Bom retiro apresenta área com valores de amplitude do sinal analítico mais elevados do que aqueles observados através do RTP. Definindo uma maior área composta por corpos magnetizados.

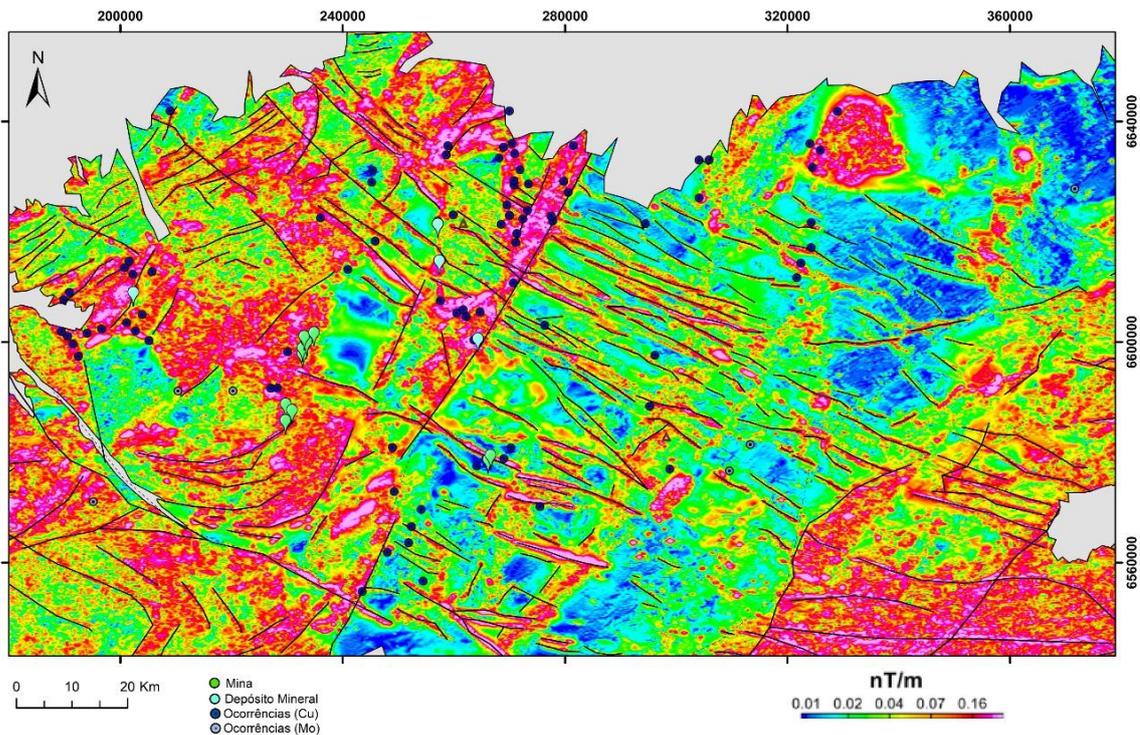
Nos dados da 1ª derivada vertical ilustrados na Figura 51, a maior parte das áreas que contém ocorrências, depósitos e minas apresentam muito ruído. Entretanto, na região das minas do Camaquã – Minas Uruguai e São Luís, observa-se que alguns dos lineamentos orientados a NW-SE intersectam feições orientadas a NE-SW, como é o caso do Lineamento Magnético de Caçapava do Sul, no qual possui o depósito Cerro dos Martins situado em tal estrutura regional.

Figura 49 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo total reduzidos ao polo (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.



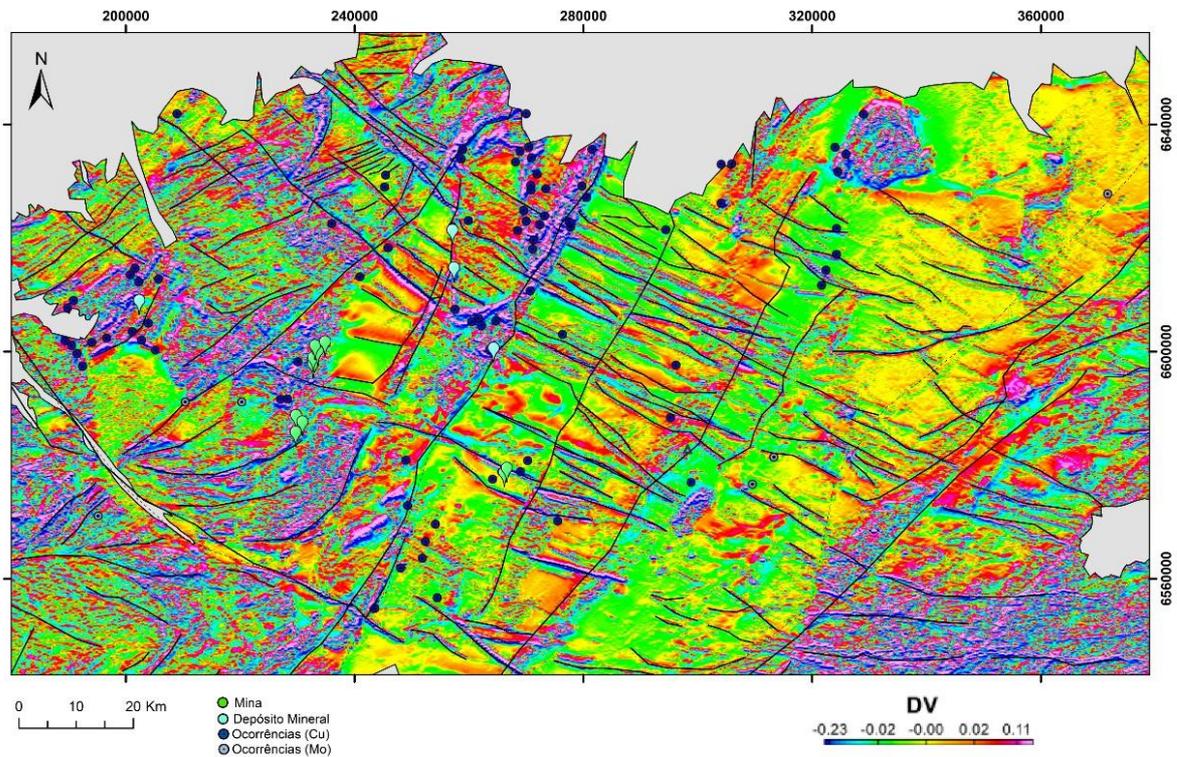
Fonte: autora.

Figura 50 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

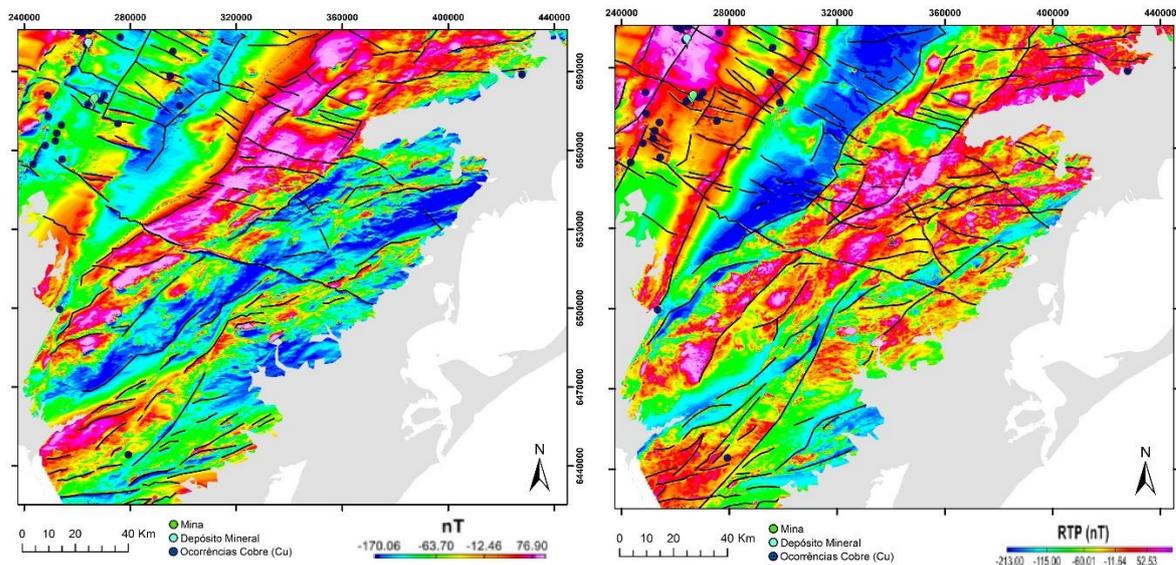
Figura 51 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

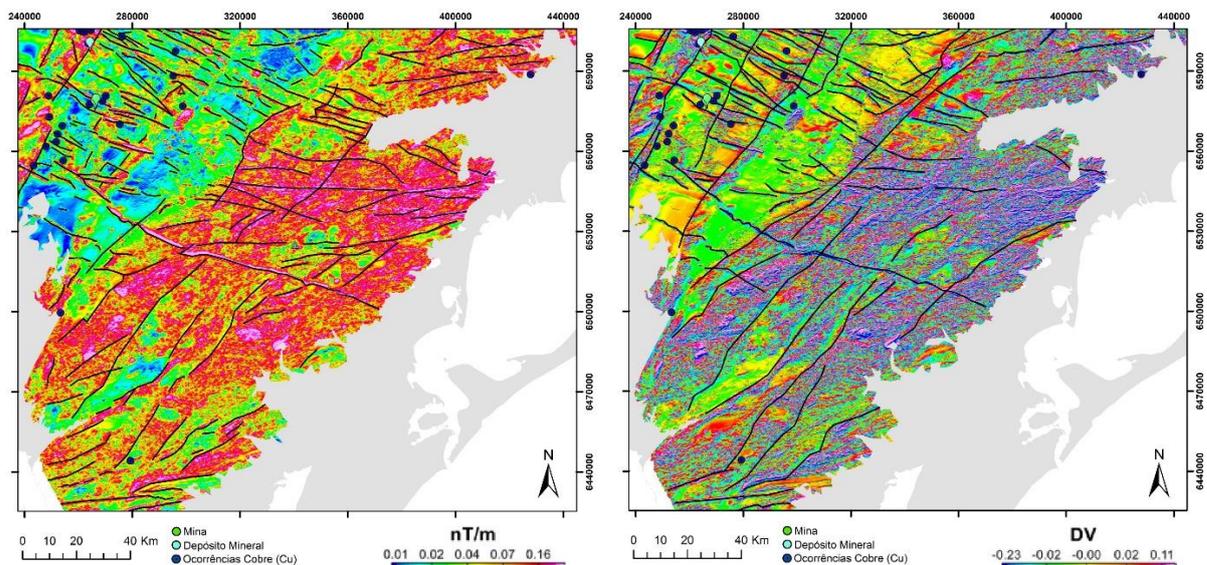
As ocorrências de cobre do Batólito de Pelotas, localizam-se na porção sul e norte da unidade, esta última no limite com a planície costeira. Como pode ser visualizado através dos mapas de magnéticos de CMAT, RTP, ASA e DV, Figuras 52 e 53, respectivamente, as ocorrências situam-se em contextos de lineamentos orientados EW, onde na porção sul, a orientação pode tender a NE.

Figura 52 - Mapas dos valores de campo magnético anômalo total e de campo anômalo total reduzidos ao polo (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), respectivamente, com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Figura 53 - Mapas dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico e a 1ª Derivada Vertical (Cu, Cu-Au, Cu-Au-Mo, Mo), respectivamente, com lineamentos traçados.

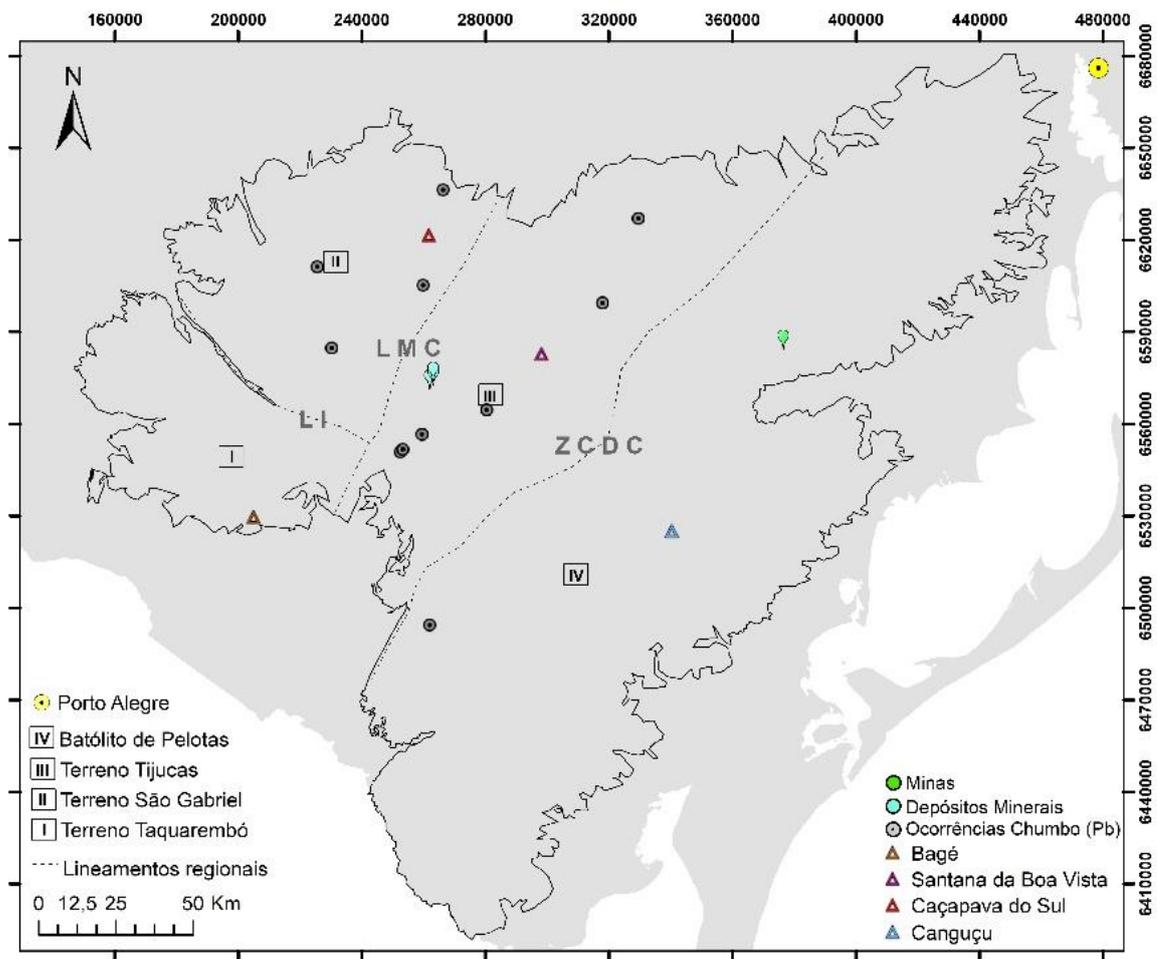


Fonte: autora.

7.3.2.3 Zn-Pb-Cu, Pb

O escudo Sul-Rio-Grandense apresenta ocorrências de Pb, bem como o reconhecimento de um depósito polimetálico contendo Zn-Pb-Cu (Ag) e uma mina desativada de Pb, que podem ser observados na Figura 54.

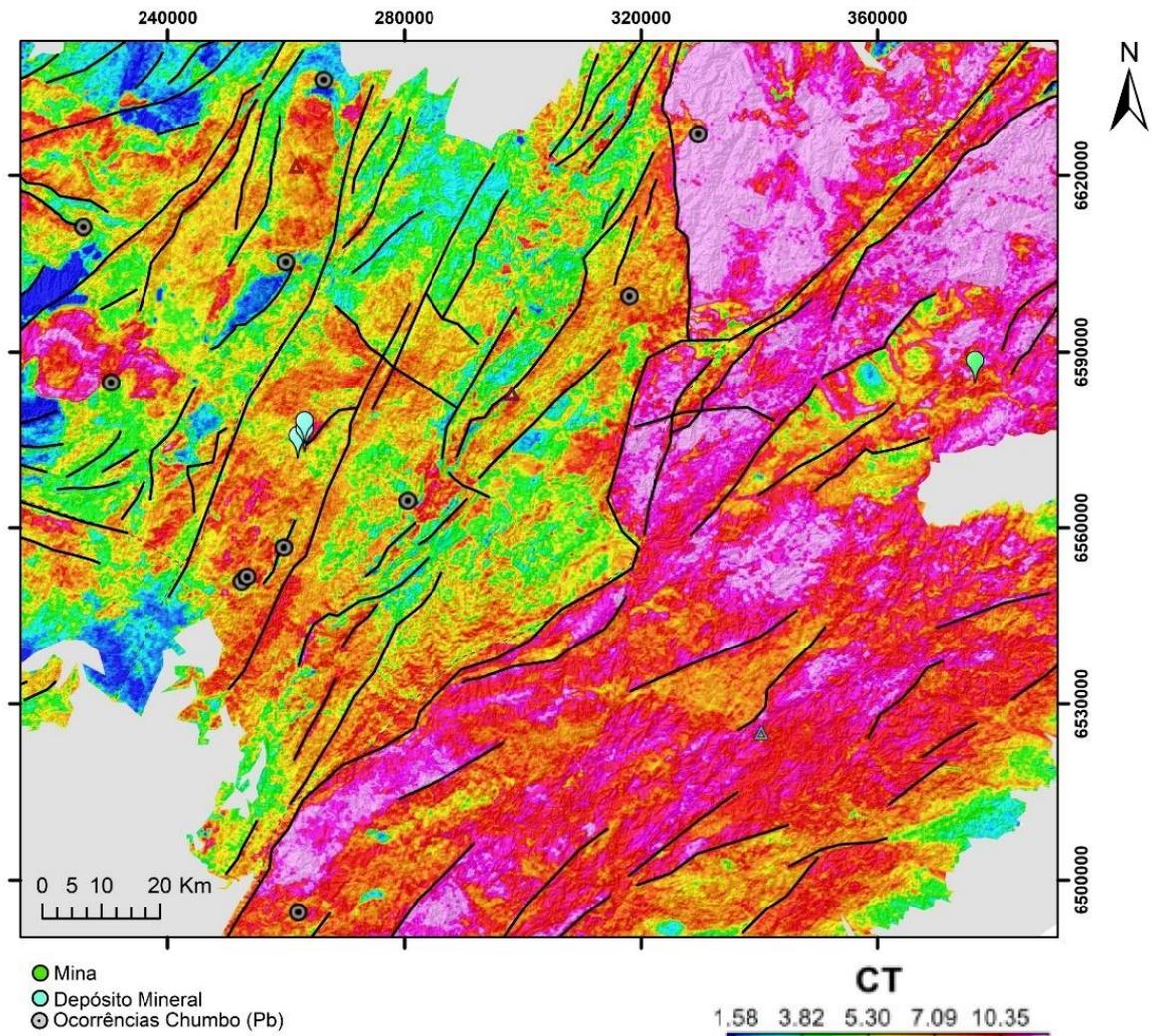
Figura 54 - Ocorrências, depósitos e minas de Zn-Pb-Cu e Pb do escudo Sul-Rio-Grandense.



Fonte: autora.

No mapa radiométrico de CT (Figura 55), o depósito polimetálico de Zn-Pb-Cu (Ag) Santa Maria, inserido em rochas sedimentares da Bacia do Camaquã, situa-se em uma zona com valores de contagem dos elementos radiométricos médio a moderadamente elevados. A mina Galena situada no Batólito de Pelotas, localiza-se em zona com valores de CT elevados.

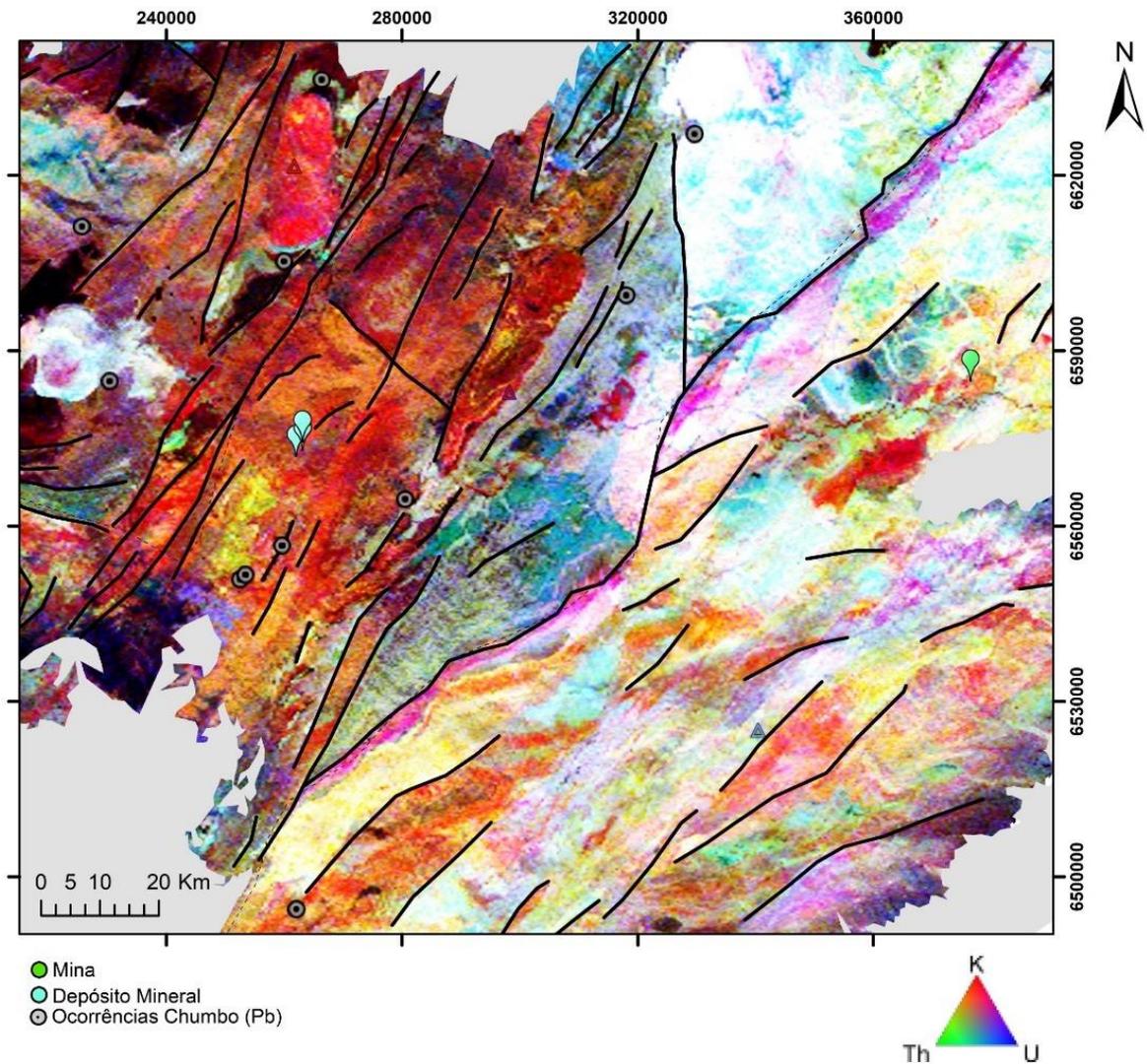
Figura 55 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Como observado no mapa ternário (Figura 56), o depósito Santa Maria está inserido em uma área que apresenta concentrações de K e Th, dadas pelas respostas vermelho alaranjadas. A mina Galena, também está inserida em uma área com concentrações de K e Th, com alguns pontos contendo mais Th, observadas através das colorações vermelho alaranjadas, com pontos esverdeados.

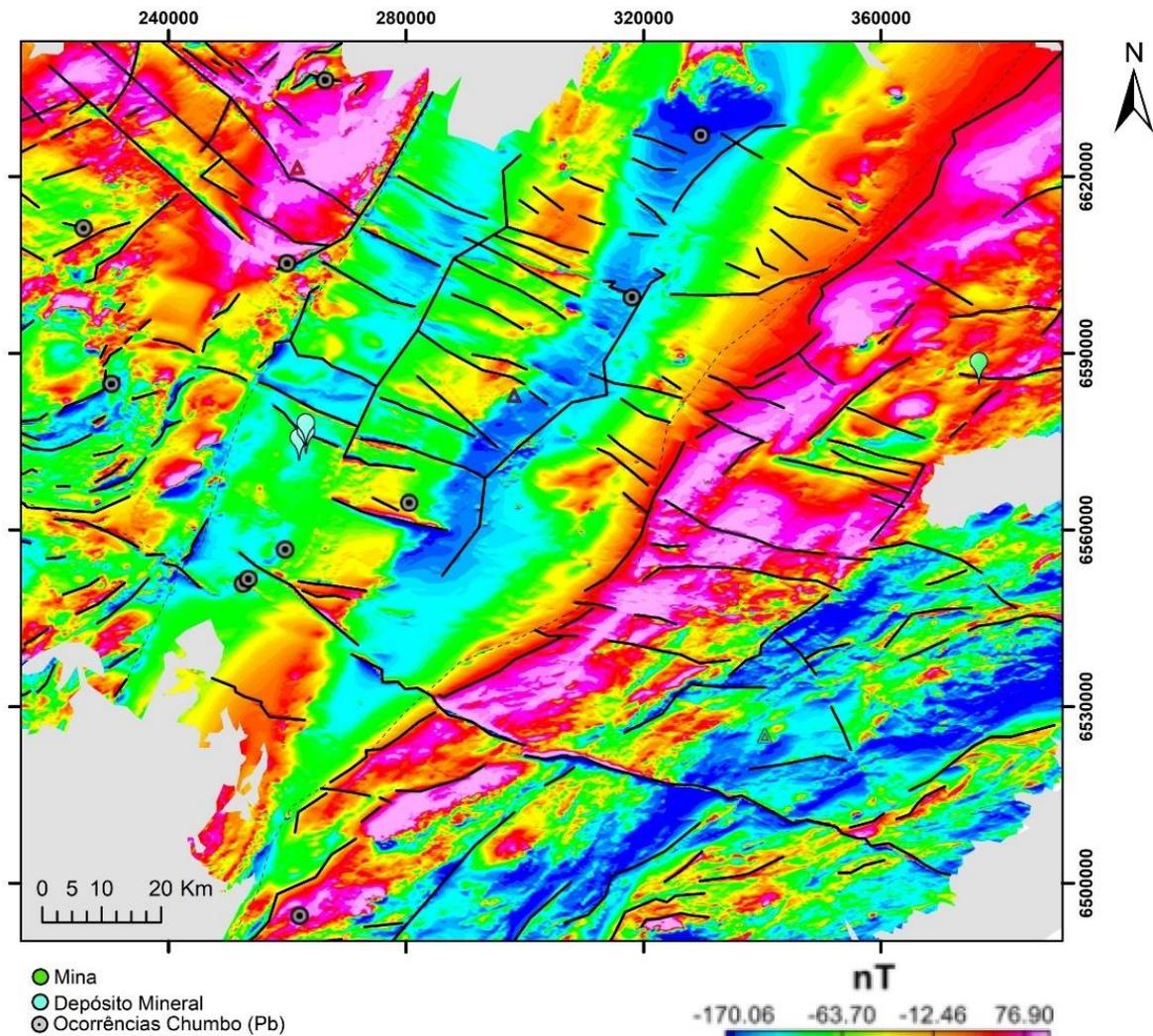
Figura 56 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Nos mapas magnéticos de Campo Anômalo Total e Redução ao Polo (Figuras 57 e 58), anomalias orientadas para NW-SE localizam-se nas proximidades do depósito Santa Maria. Na mina Galena, esta encontra-se inserida em um lineamento orientado EW que é intersectado por anomalia regional disposta a NE-SW.

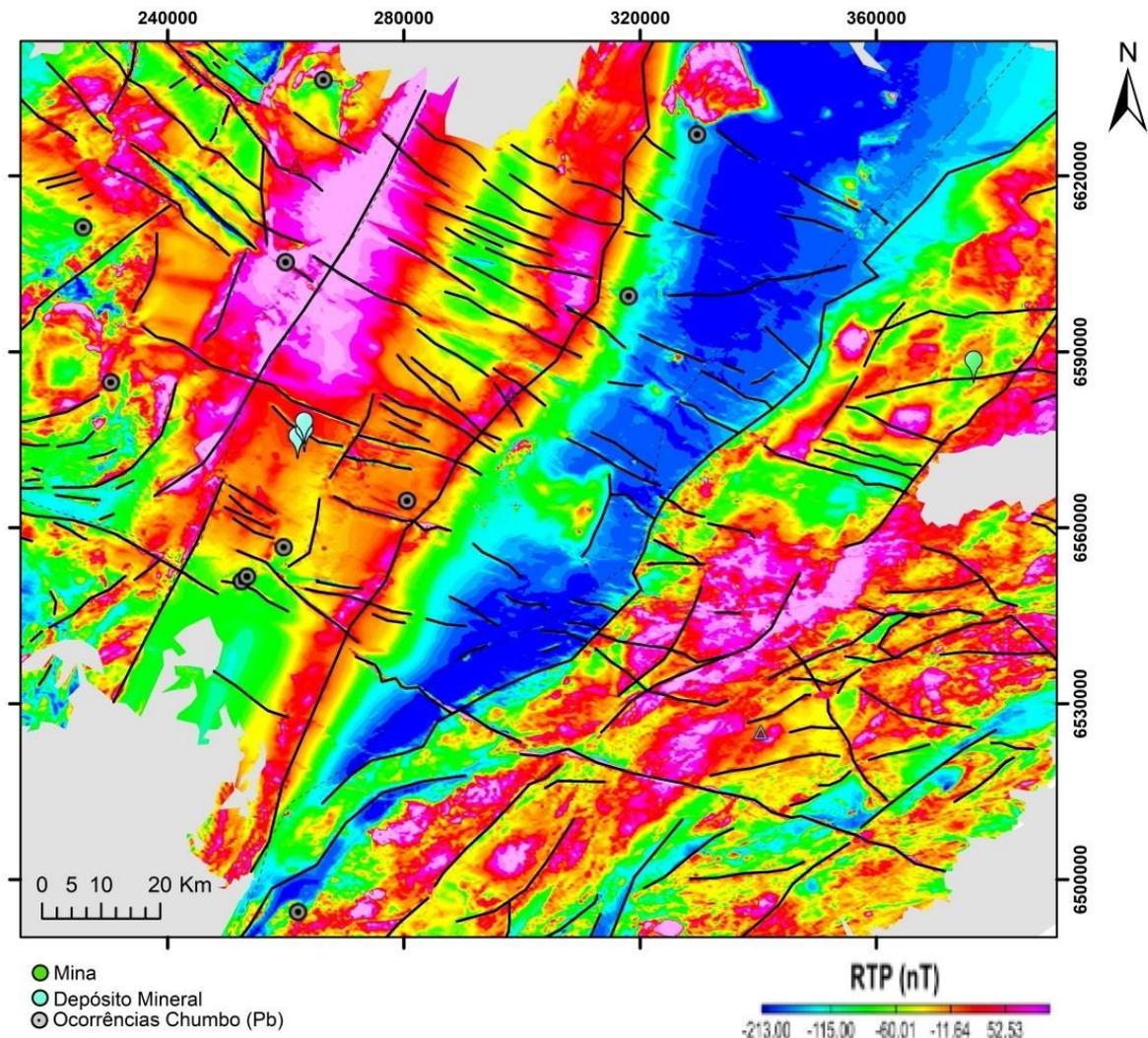
Figura 57 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

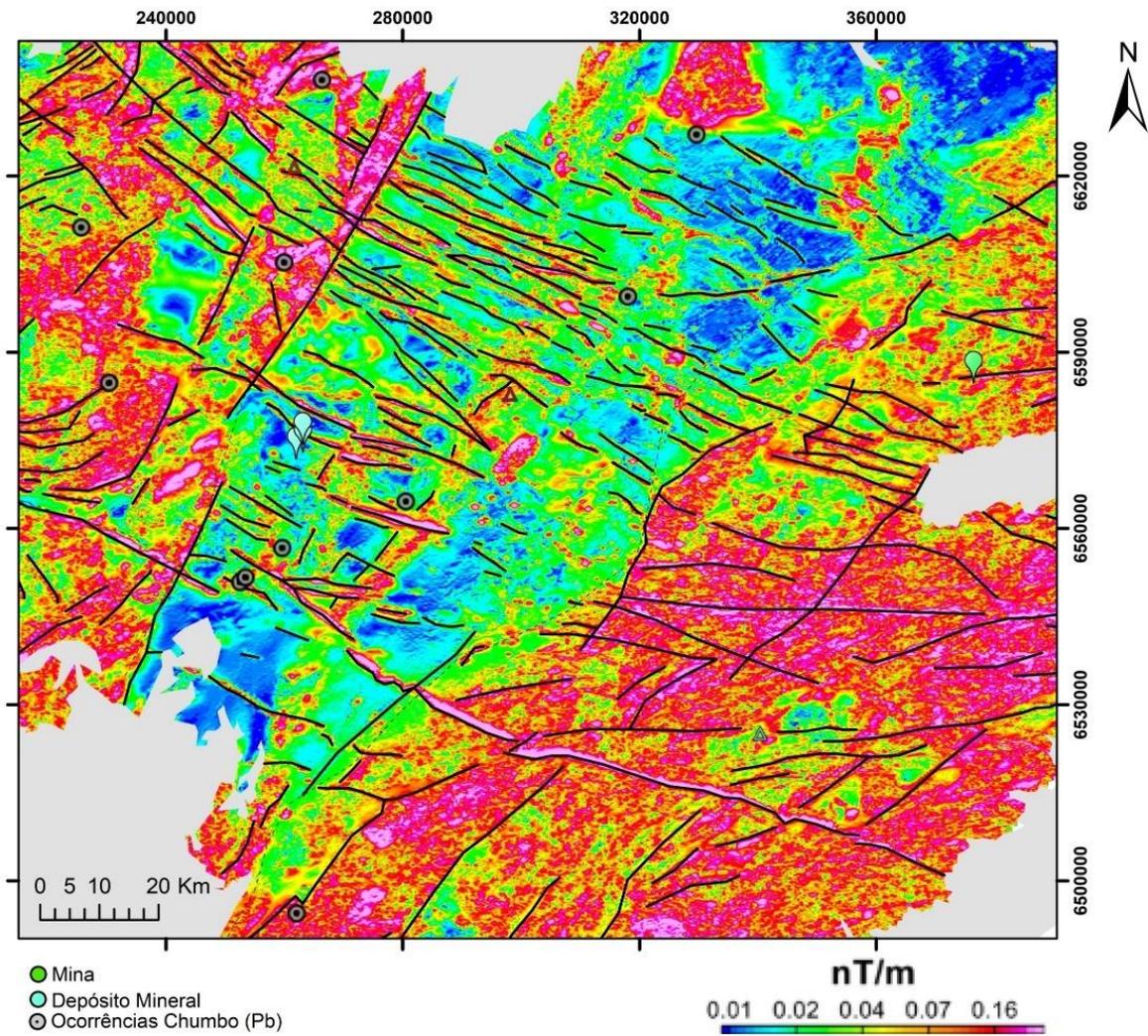
Analisando os mapas magnéticos de ASA e DV (Figuras 59 e 60), a região onde o depósito Santa Maria está situado, observa-se que este está instalado em zonas com anomalias que apresentam baixos valores de ASA e DV. Em seu entorno, anomalias lineares orientadas para NW-SE e anomalias circulares de pequenas dimensões, apresentando valores elevados são observáveis. A mina Galena situa-se em zona com anomalias com valores elevados de ASA. Entretanto, a área no mapa de DV apresenta-se muito ruidosa.

Figura 58 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo total reduzidos ao polo (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.



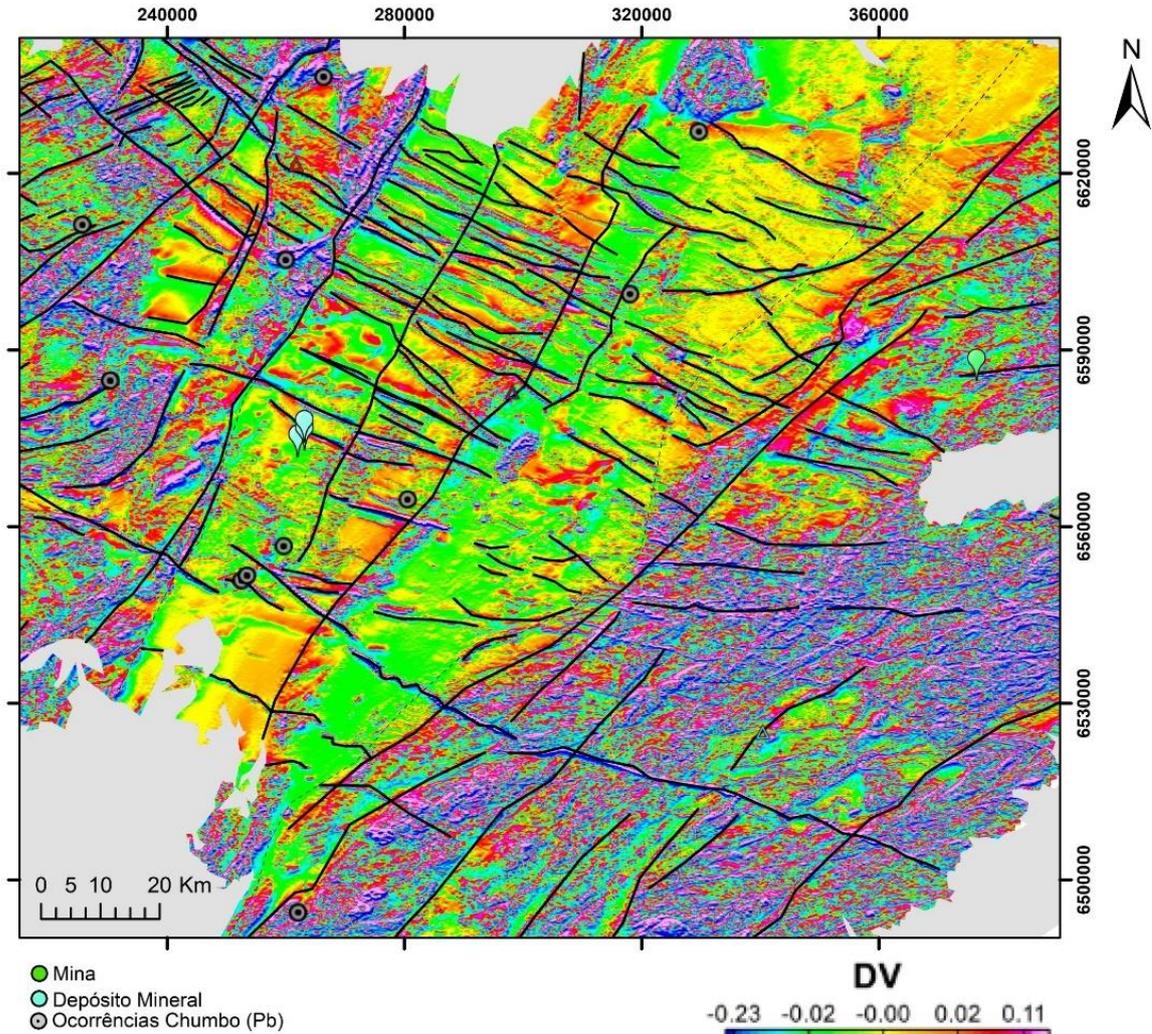
Fonte: autora.

Figura 59 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

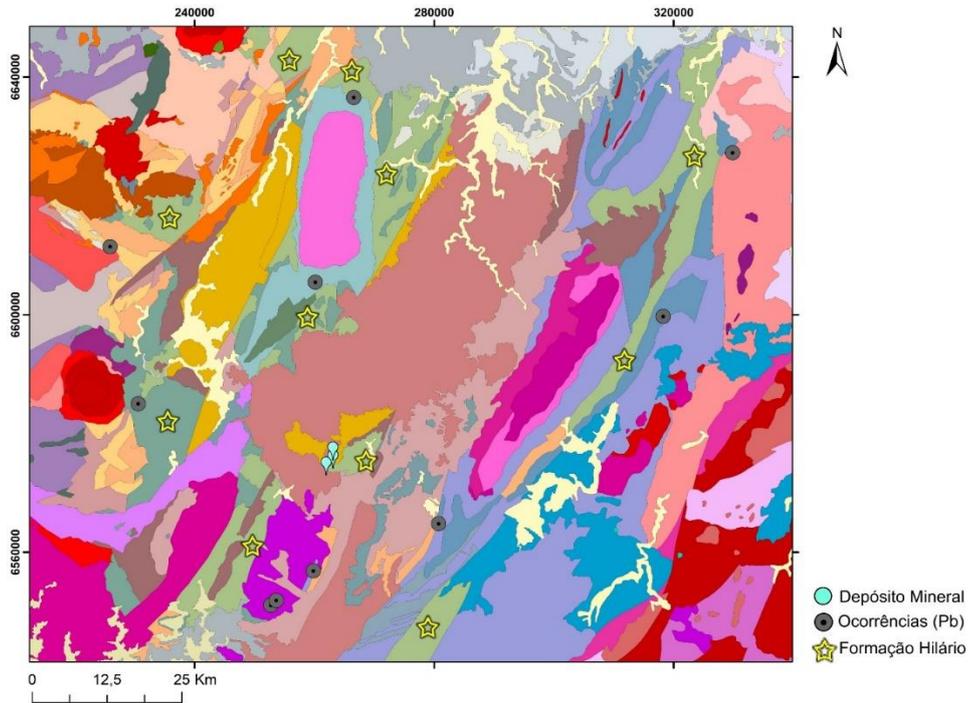
Figura 60 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Pb-Zn-Cu, Pb), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

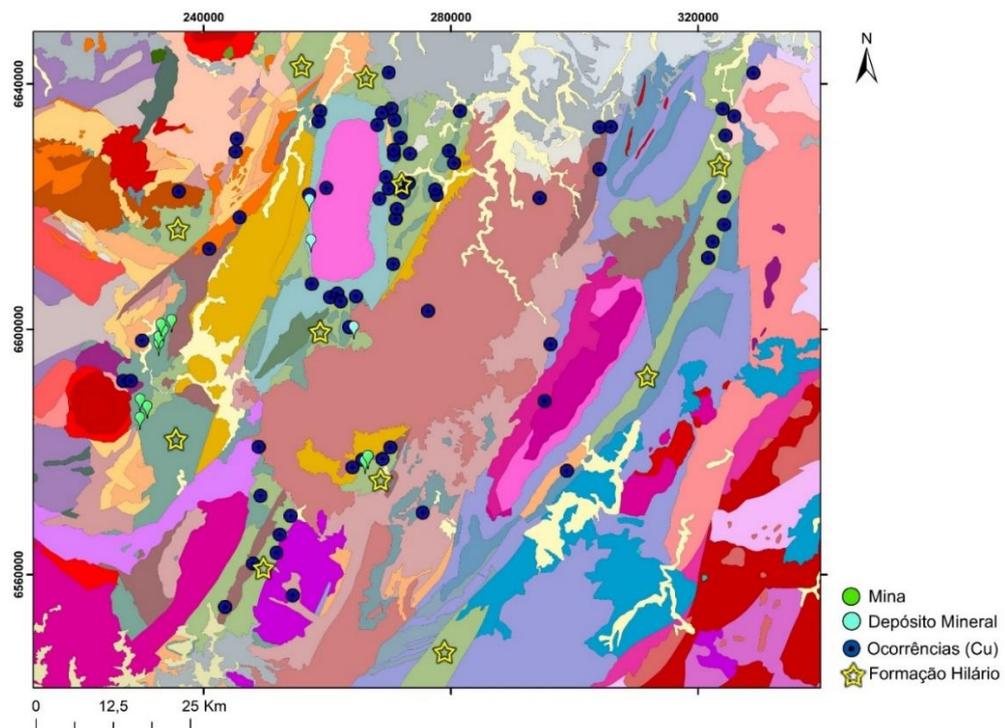
As Figuras 61 e 62 expõem a distribuição de recursos metálicos de Pb e Cu, bem como a localização de litologias correspondentes à Formação Hilário. As ocorrências, depósitos e minas desses recursos (Cu e Pb) associados ou não a outros metais, e situadas nos Terrenos São Gabriel e Tijucas, aparentam possuir uma possível relação espacial com rochas pertencentes a Formação Hilário, da Bacia do Camaquã. Nota-se uma similaridade na distribuição desses metais, com a distribuição das unidades litológicas que compõem a Formação.

Figura 61 - Mapa geológico focalizando os terrenos São Gabriel e Tijucas, destacando litologias pertencentes a Formação Hilário e recursos minerais metálicos de Pb.



Fonte: dados geológicos extraídos de CPRM (2008); modificado pela autora.

Figura 62 - Mapa geológico focalizando os terrenos São Gabriel e Tijucas, destacando litologias pertencentes a Formação Hilário e recursos minerais metálicos de Cu.

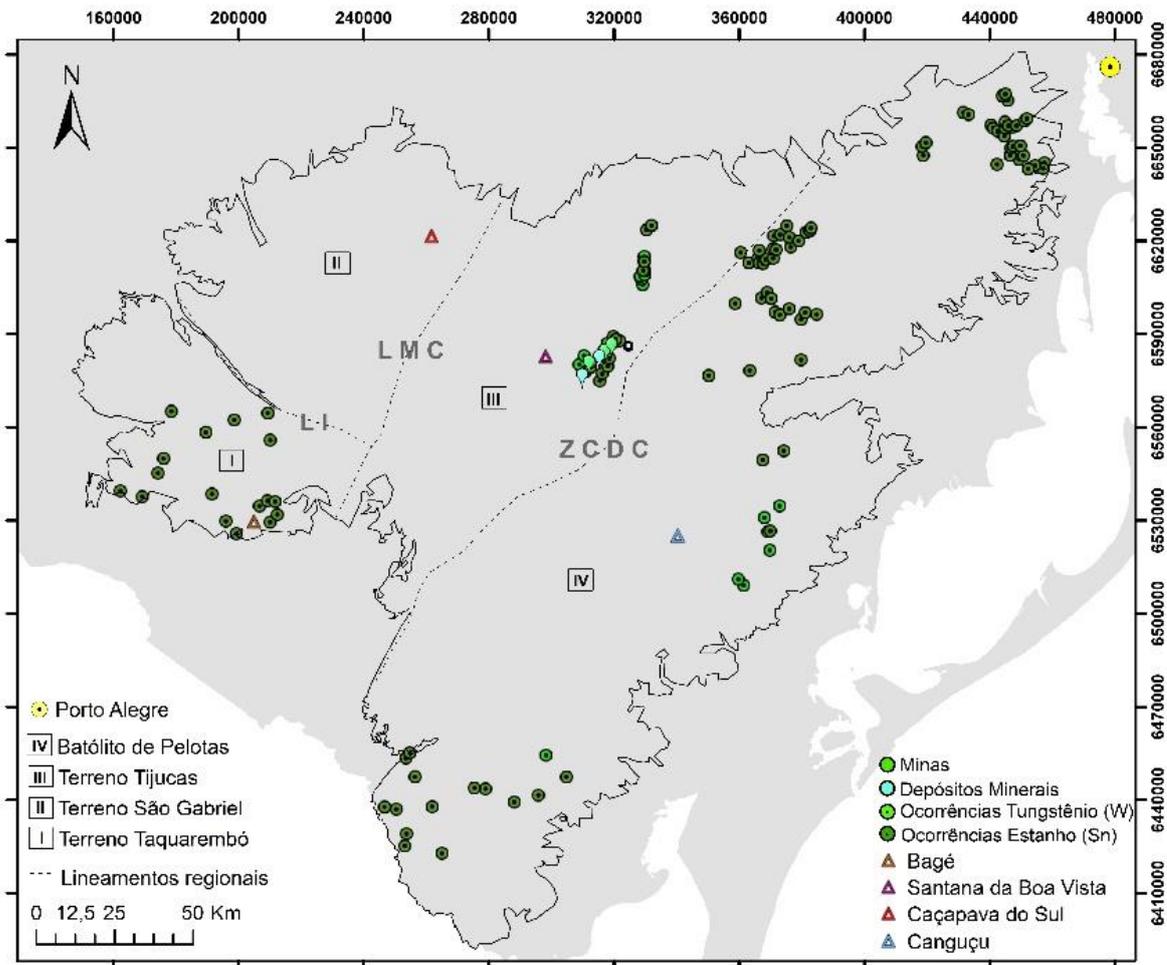


Fonte: dados geológicos extraídos de CPRM (2008), modificado pela autora.

7.3.2.4 Sn-W

Os recursos de Sn e W distribuem-se pelos terrenos Taquarembó, Tijucas e Batólito de Pelotas, como pode ser visualizado na Figura 63.

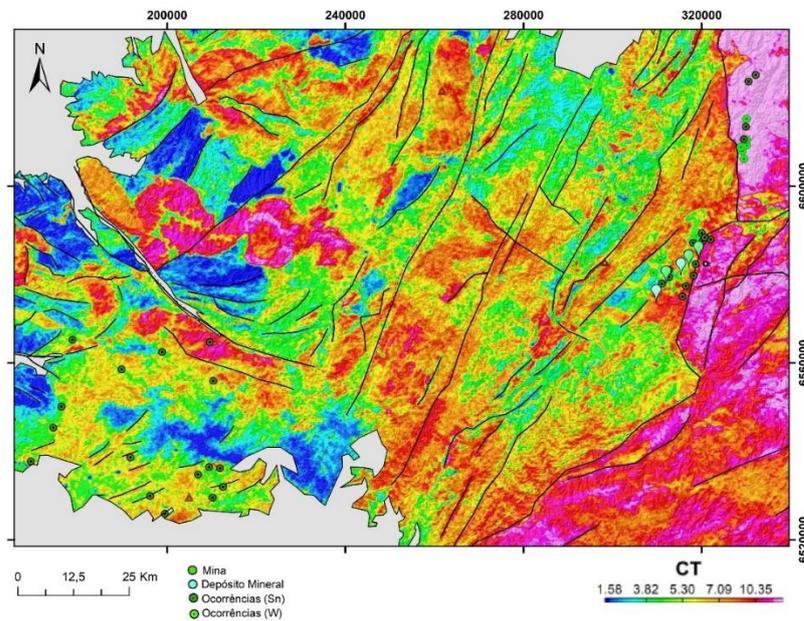
Figura 63 - Ocorrências, depósitos e minas de Sn-W do escudo Sul-Rio-Grandense.



Fonte: autora.

O reconhecido Distrito Estanífero de Encruzilhada do Sul conta a existência de três minas denominadas Campinas, Cerro Branco e Tabuleiro, situadas em rochas graníticas greinsenizadas. O distrito conta também, com dois depósitos distinguidos como depósito norte e sul, também inseridos no contexto de rochas graníticas greinsenizadas. Observando o mapa radiométrico de CT (Figura 64), a área que engloba as minas e depósitos citados, apresentam valores de contagens dos elementos elevada.

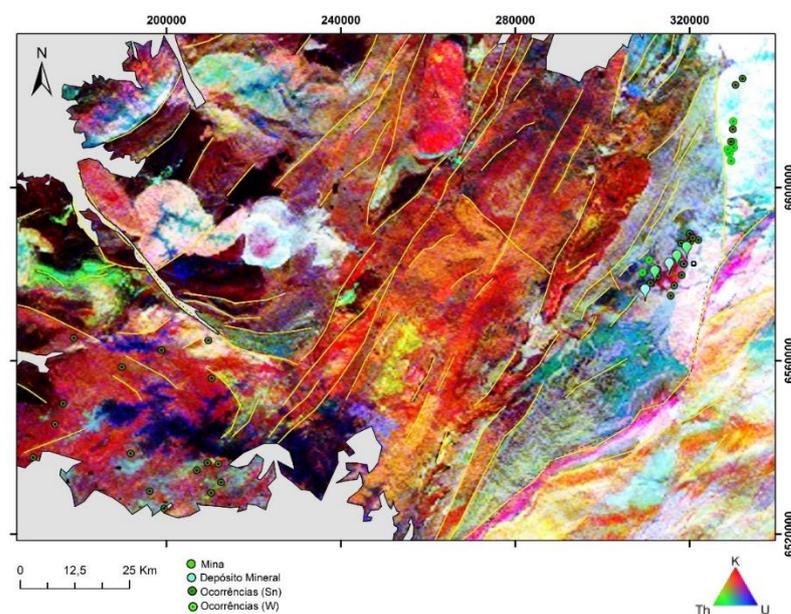
Figura 64 - Mapa radiométrico de contagem total dos elementos K, U e Th (Sn-W), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

No mapa ternário visualizado na Figura 65, é possível observar que o distrito estanífero de Encruzilhada do Sul, apresenta maiores concentrações do elemento K, uma vez que sua localidade apresenta colorações avermelhadas.

Figura 65 - Mapa radiométrico de elementos K, U e Th com composição RGB (ternário) (Sn-W), com lineamentos traçados.

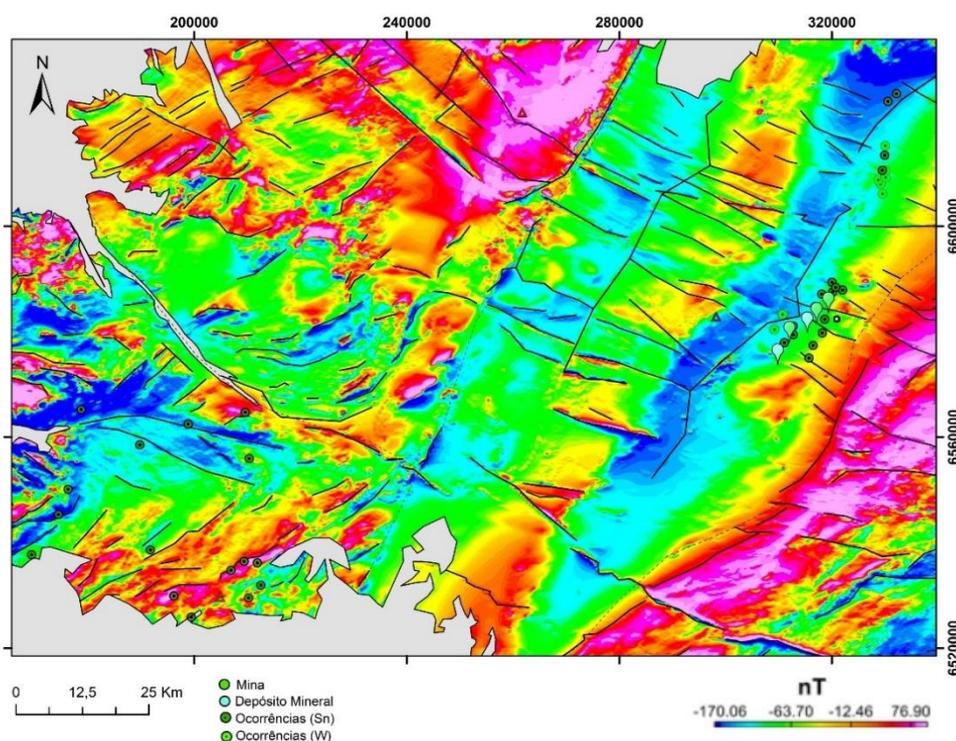


Fonte: autora.

Nos mapas magnéticos de CMAT e RTP (Figuras 66 e 67), anomalias que implicam em lineamentos orientados NW-SE se repetem pela área onde se distribuem as minas e depósitos de Sn-W. Anomalias regionais de valores baixos orientadas para NE-SW, são observáveis em CMAT e RTP, nas quais coincidem com o alinhamento dos recursos localizados no distrito estanífero.

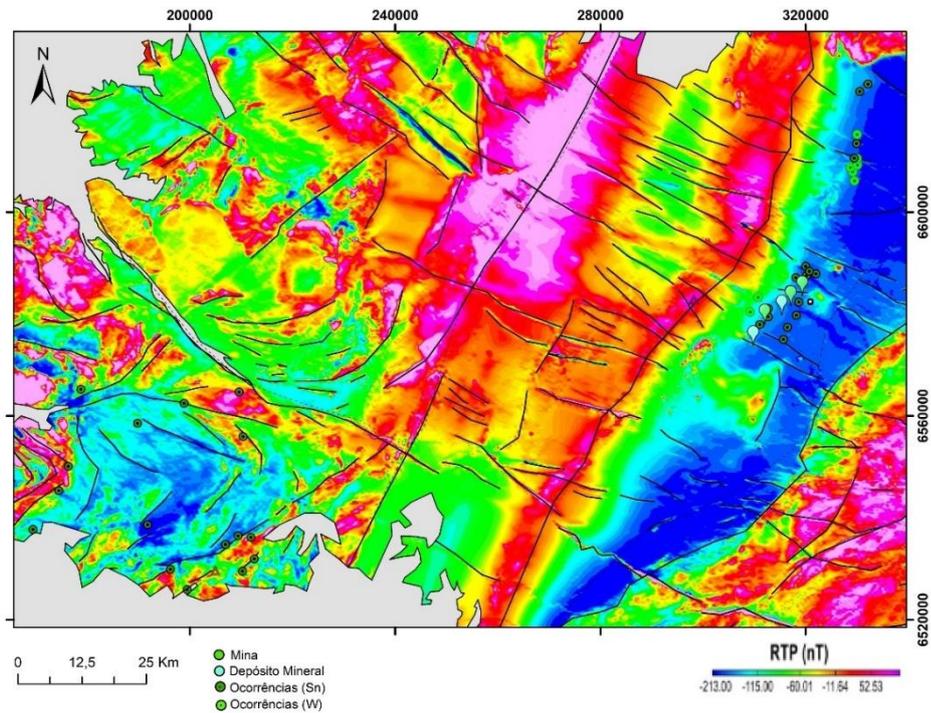
No Terreno Taquarembó, as ocorrências estaníferas, parecem se concentrar em zonas onde os lineamentos assumem formas curvilíneas, nas quais consistem em dobramentos regionais do Terreno (TRAVASSOS, 2014), podendo ser observadas nos mapas de ASA e DV (Figuras 68 e 69), respectivamente.

Figura 66 - Mapa dos valores de Campo Magnético Anômalo Total (Sn-W), com lineamentos traçados.



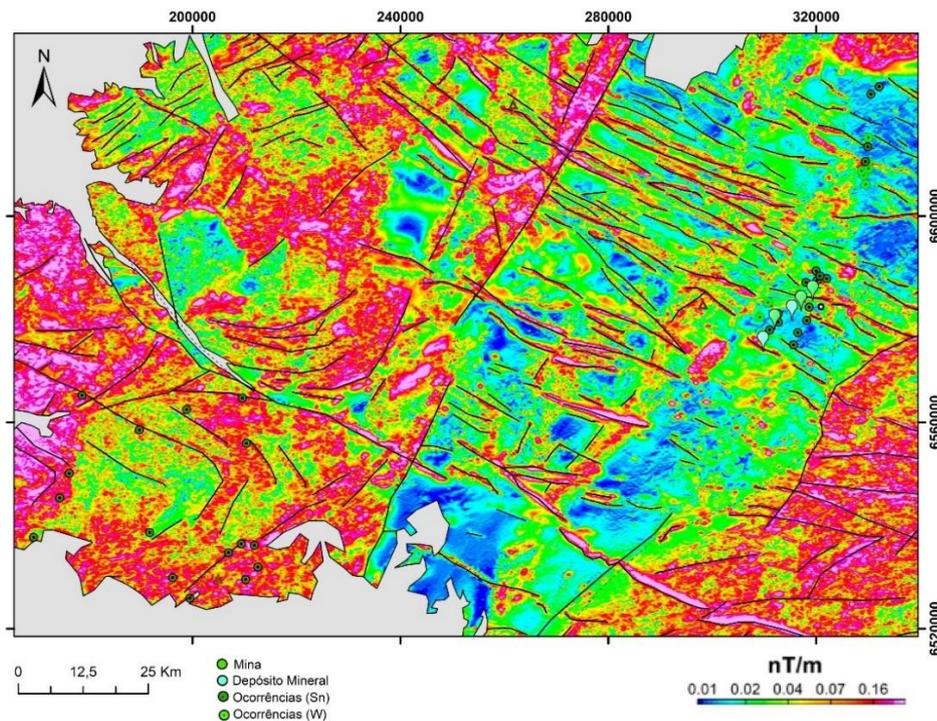
Fonte: autora.

Figura 67 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo total reduzidos ao polo (Sn-W), com lineamentos traçados.



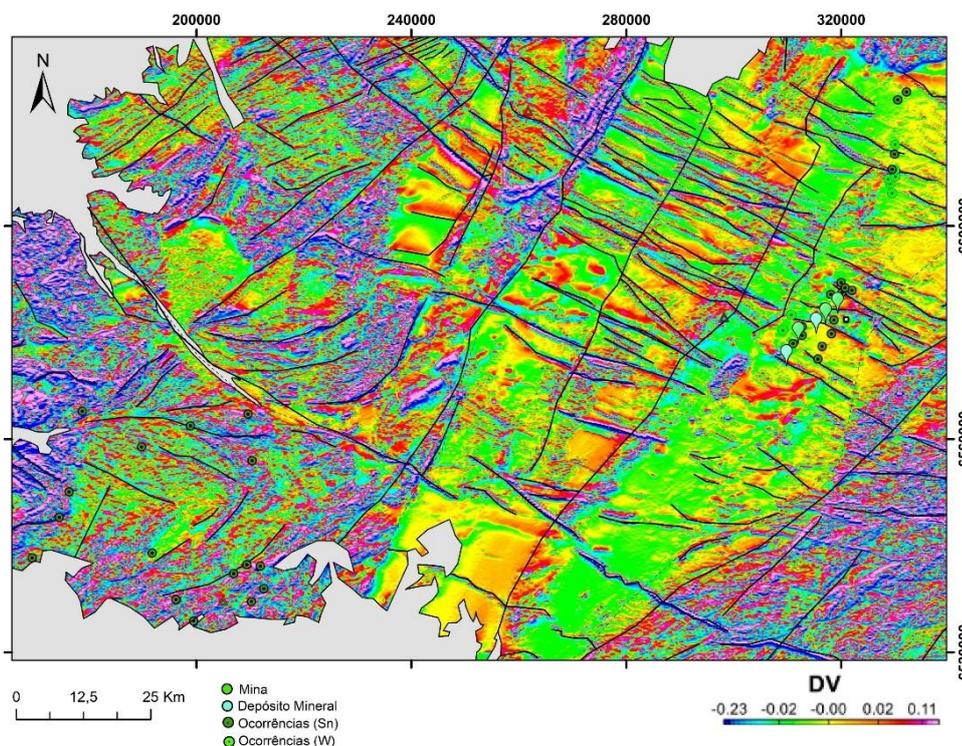
Fonte: autora.

Figura 68 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Sn-W), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Figura 69 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Sn-W), com lineamentos traçados.

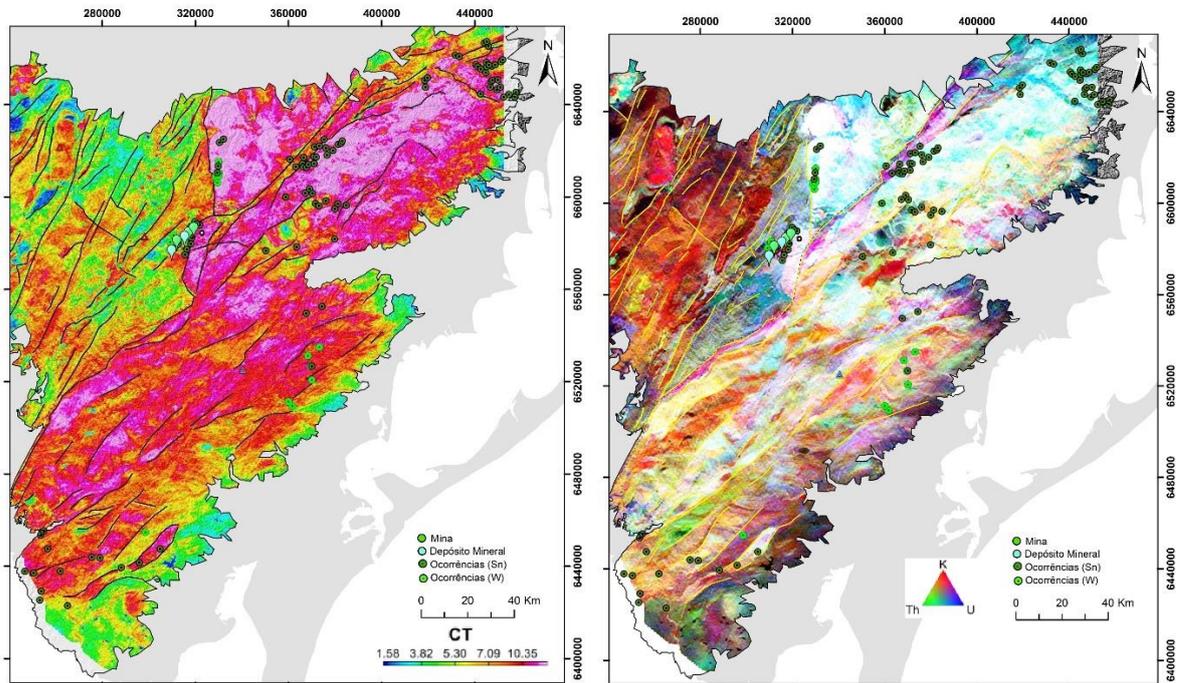


Fonte: autora.

No batólito de Pelotas, as ocorrências de Sn e W situam-se em regiões com altos valores de contagem total dos elementos, padrão já esperado para o batólito, como pode ser observado na Figura 70. Complementarmente, observando o mapa ternário, apresentam contagem dos três elementos radiométricos, dada pelas colorações esbranquiçadas. Algumas porções, onde há a concentração de ocorrências estaníferas, apresentam colorações arroxeadas, refletindo presença dos elementos K e U.

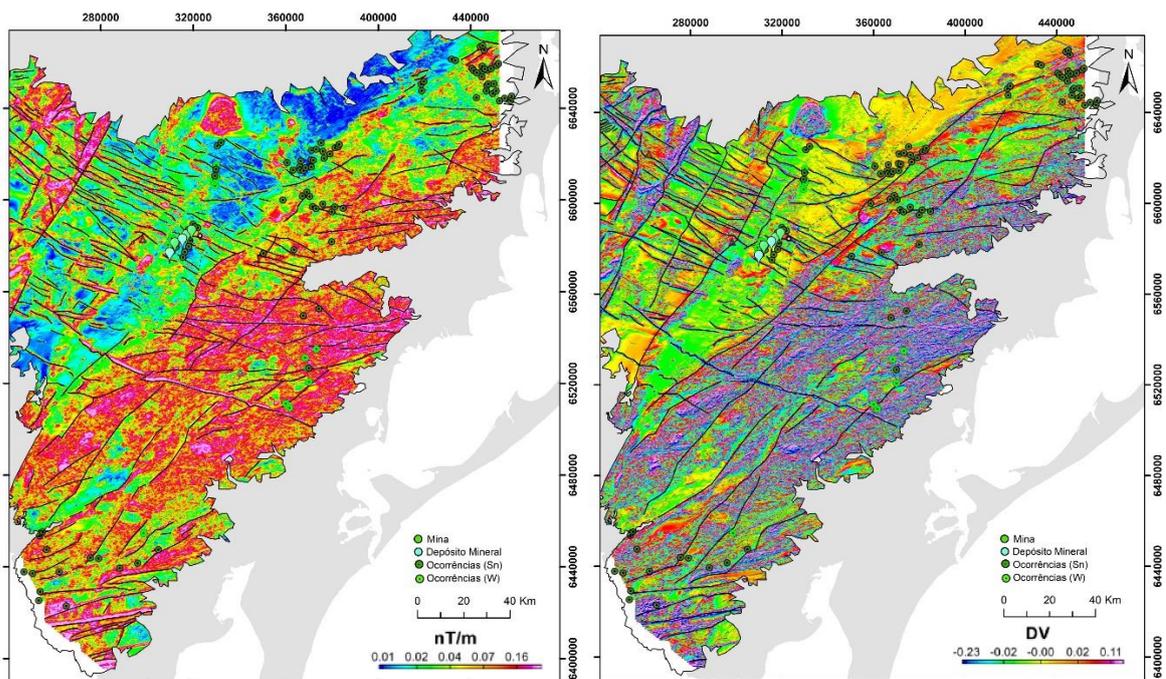
A partir dos mapas de Amplitude do Sinal Analítico e Derivada Vertical (Figura 71), é possível observar que os lineamentos magnéticos resultados por anomalias nas porções norte e sul do Batólito, orientam-se segundo as direções NE e EW, respectivamente.

Figura 70 - Mapas radiométricos dos elementos K, U e Th: de contagem total e composição RGB (ternário) (Sn-W), respectivamente, com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Figura 71 - Mapas dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico e a 1ª Derivada Vertical (Sn-W), respectivamente, com lineamentos traçados.



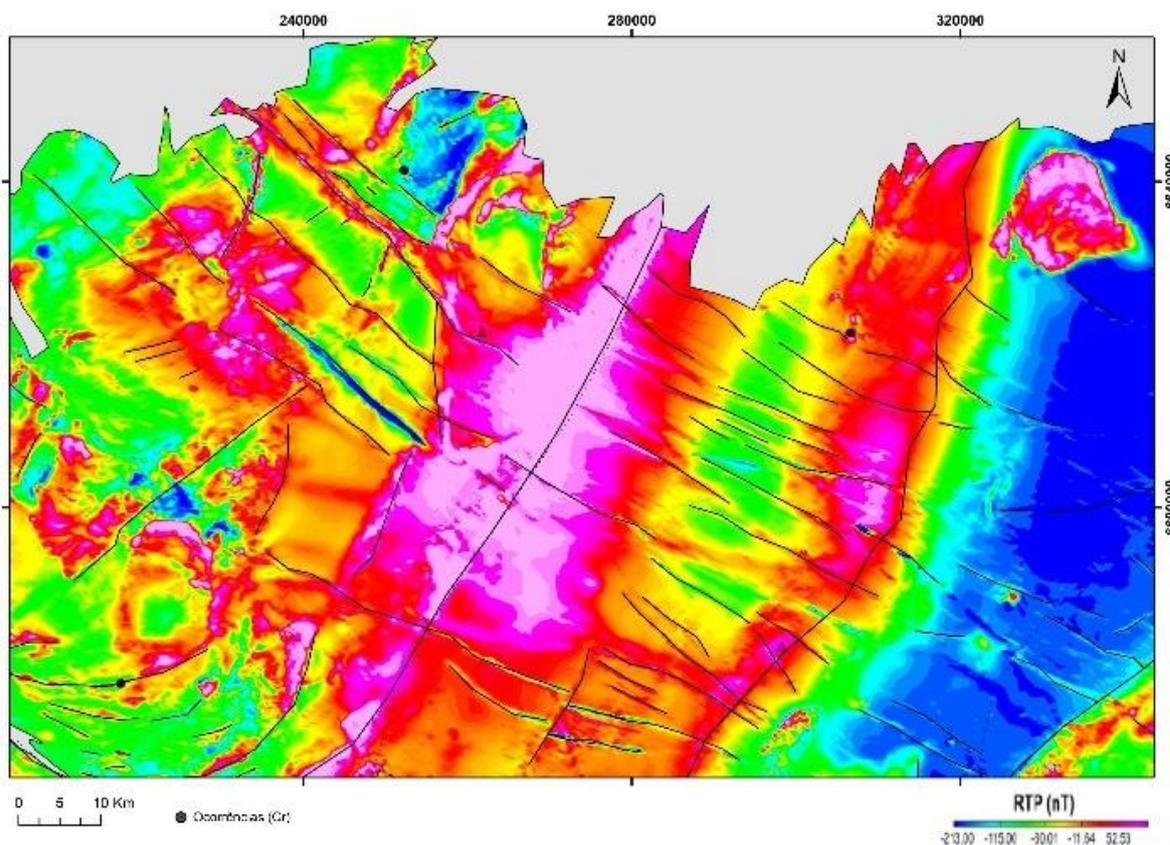
Fonte: autora.

7.3.2.5 Cr

As ocorrências de Cr no escudo Sul-Rio-Grandense localizam-se nos terrenos São Gabriel e Tijucas, onde aquelas situadas no Terreno São Gabriel, podem ser vinculadas a fragmentos ofiolíticos do Complexo Máfico-Ultramáfico Cerro Mantiqueira.

Através do mapa RTP (Figura 72), observa-se que as ocorrências de Cr estão situadas em anomalias com geometrias lineares, de altos valores de redução ao polo, circundadas por valores de RTP inferiores.

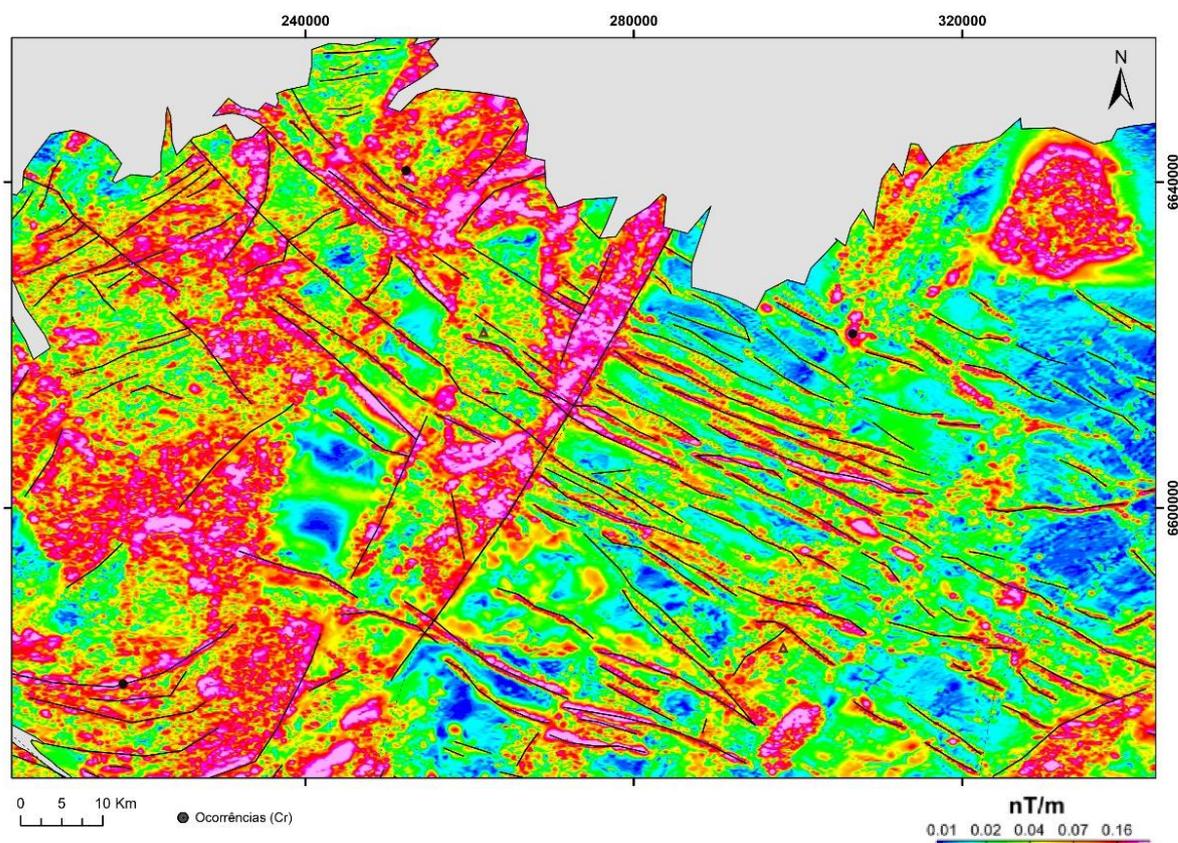
Figura 72 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo total reduzidos ao polo (Cr), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

Através do mapa de ASA (Figura 73), observam-se anomalias de valores elevados localizados sobre ou nas proximidades das ocorrências, nas quais possuem geometrias lineares, com pontos levemente circulares, causados por uma maior influência de anomalias.

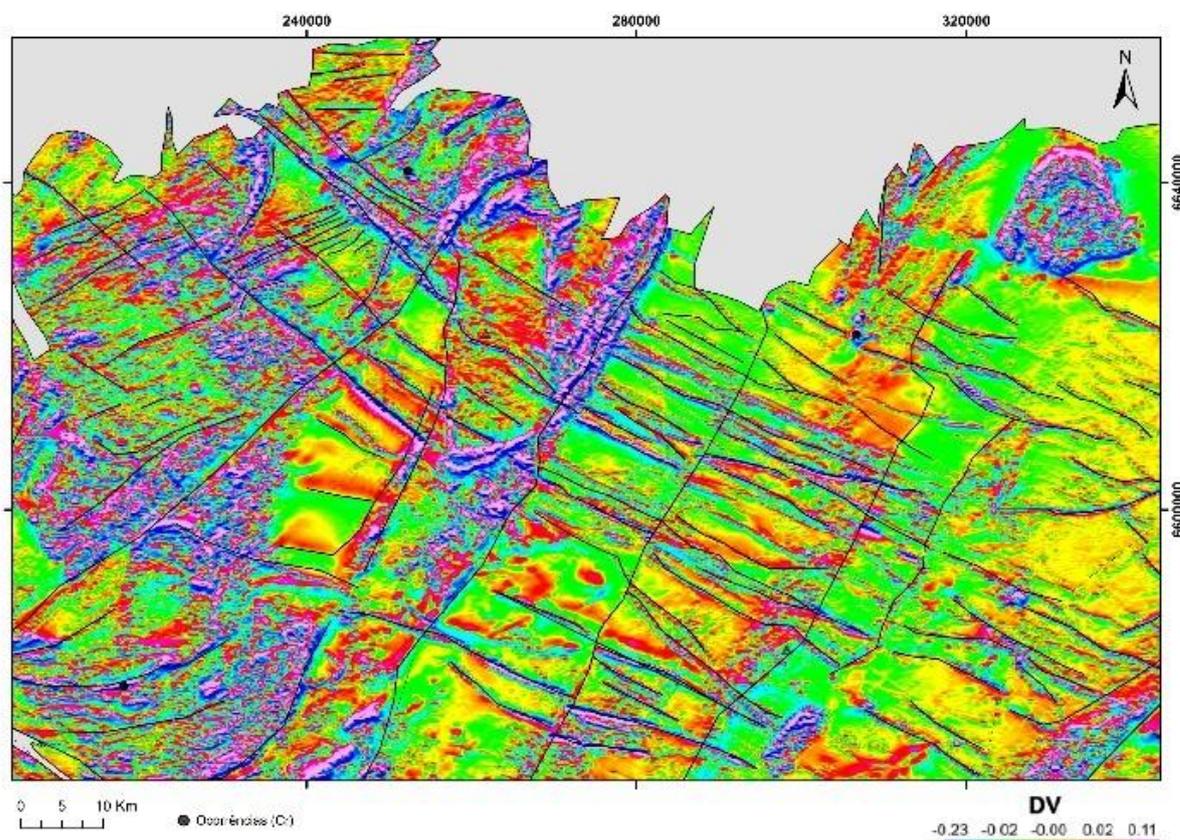
Figura 73 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a Amplitude do Sinal Analítico (Cr), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

As ocorrências de Cr localizadas mais a norte do escudo, situam-se num contexto de estruturas alinhadas segundo a orientação NW-SE, como observado na Figura 74, de dados magnéticos de derivada vertical. Já a ocorrência mais a sul, localiza-se em lineamentos curvilíneos orientados a NE tendendo para E-W, nas quais em função de suas geometrias, pode tratar-se de estruturas associadas ao cavalgamento do Terreno São Gabriel sobre o Taquarembó (TRAVASSOS, 2014).

Figura 74 - Mapa dos valores magnéticos de campo anômalo submetidos a 1ª Derivada Vertical (Cr), com lineamentos traçados.



Fonte: autora.

7.4 Lineamentos

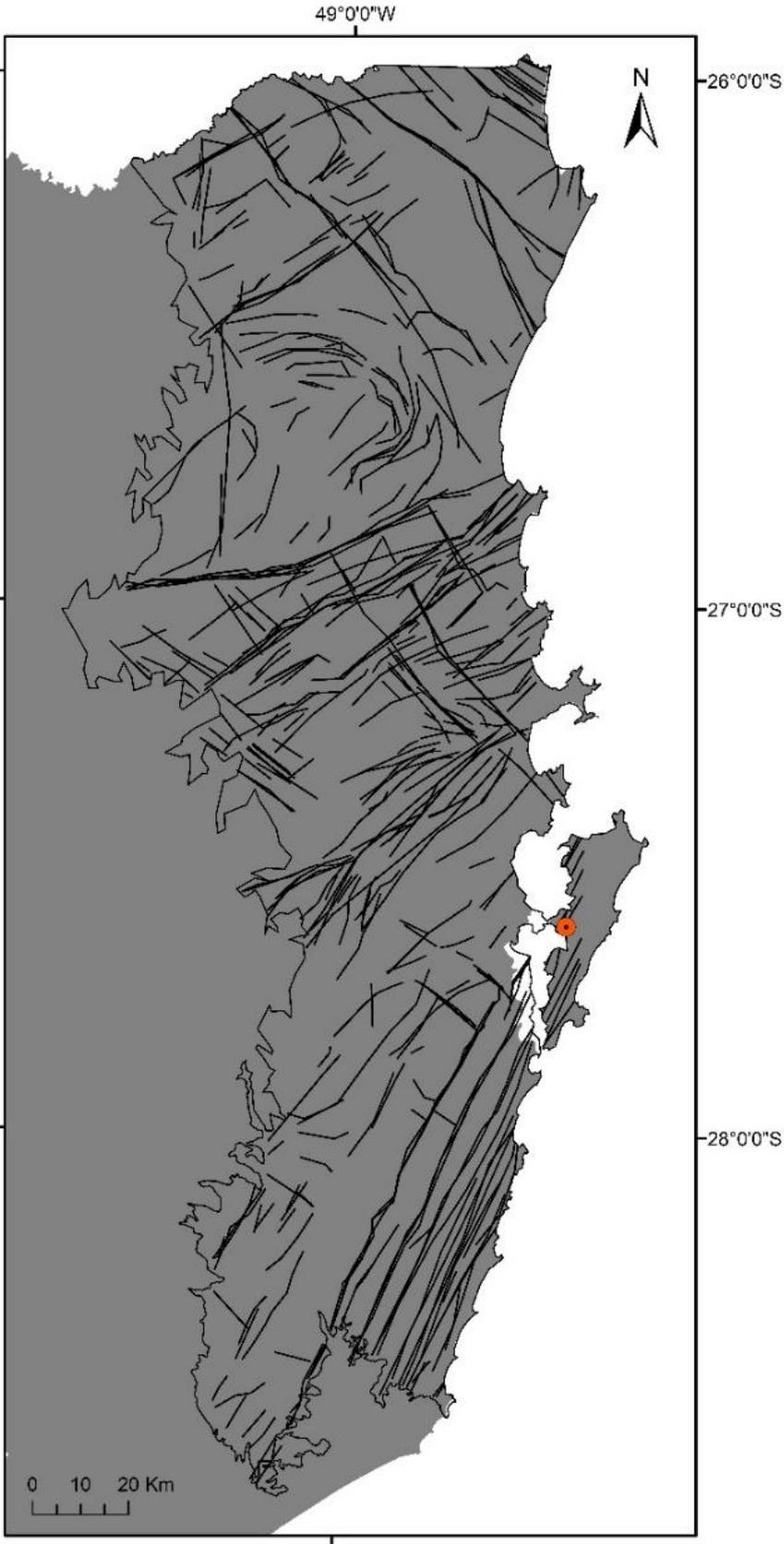
Os dados aerogeofísicos subsidiaram as análises e identificação das principais feições lineares e discontinuidades, associadas a estruturas e litologias. Todos os lineamentos identificados por meio de anomalias geofísicas de gamaespectrometria (Contagem Total e composição RGB - Ternário) e magnetometria (CMAT, RTP, ASA e DV), foram integrados e resultaram nos mapas descritos a seguir, que permitem a visualização das principais tendências estruturais dos diferentes terrenos que compõem os escudos. Usualmente, dados magnéticos (e em alguns casos gravimétricos) são utilizados para gerar mapas de lineamentos estruturais. Porém, observou-se que os lineamentos extraídos a partir da gamaespectrometria eram complementares aos lineamentos magnéticos, tornando possível a identificação de estruturas não delineadas apenas com dados magnéticos. A exemplo do escudo Sul-Rio-Grandense, onde a ZC Passo do Marinheiro se bifurca a partir da ZC Dorsal de

Canguçu na porção norte do escudo, entre os limites dos Terrenos Tijucas e Batólito de Pelotas, não é bem definida em dados magnéticos, no entanto, possui limites contrastantes observados através das anomalias gamaespectrométricas.

Nas Figuras 75 e 77, correspondentes aos mapas de lineamentos dos escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense, gerados a partir da integração de lineamentos extraídos dos dados geofísicos, é possível observar os diferentes padrões estruturais associados a cada terreno, bem como os lineamentos regionais que separam essas unidades geotectônicas. O Cinturão Dom Feliciano, possui estruturação alongada segundo a direção NE-SW, observável nos mapas produzidos de ambos os escudos que o compõem.

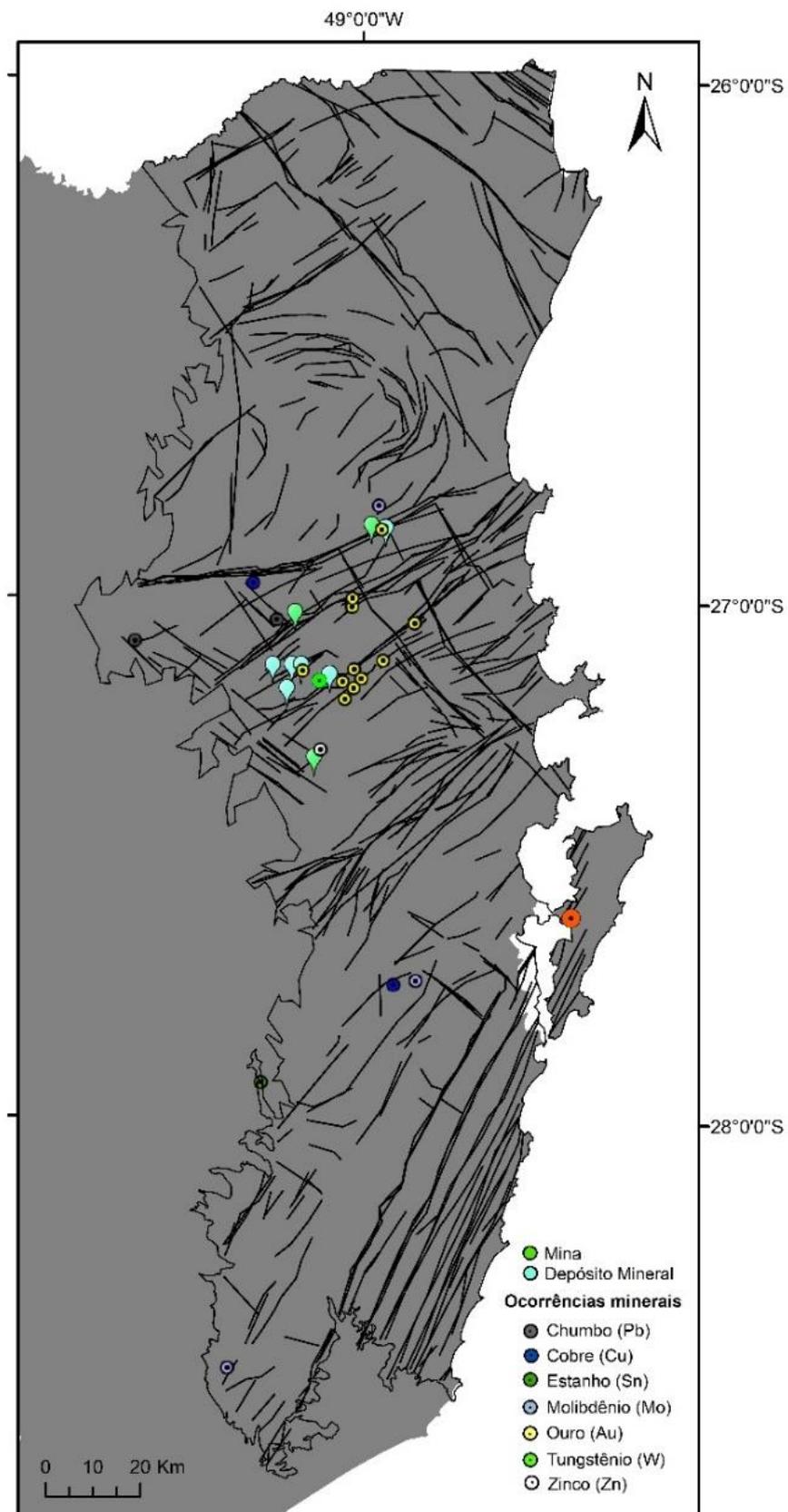
Ao integrar as ocorrências minerais metálicas, depósitos e minas em conjunto com os mapas de lineamentos (Figuras 76 e 78), uma certa concentração desses recursos parece se dispor em determinadas unidades e regiões, coincidentes com aquelas que apresentam uma maior densidade de lineamentos.

Figura 75 - Mapa de lineamentos obtidos a partir das análises e interpretações geofísicas para o escudo Catarinense.



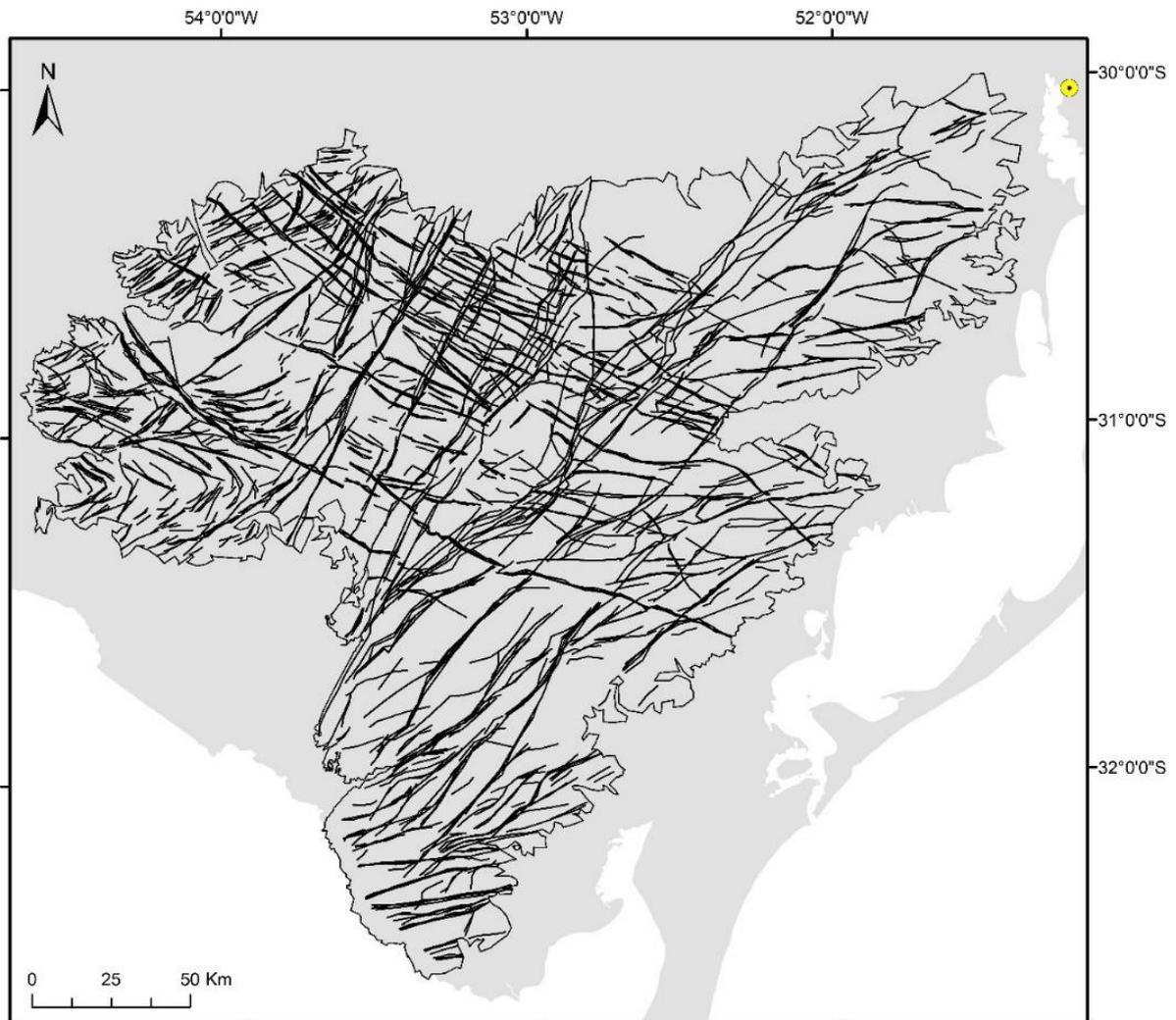
Fonte: autora.

Figura 76 - Mapa de lineamentos obtidos a partir das análises e interpretações geofísicas para o escudo Catarinense. integrados a ocorrências, depósitos e minas.



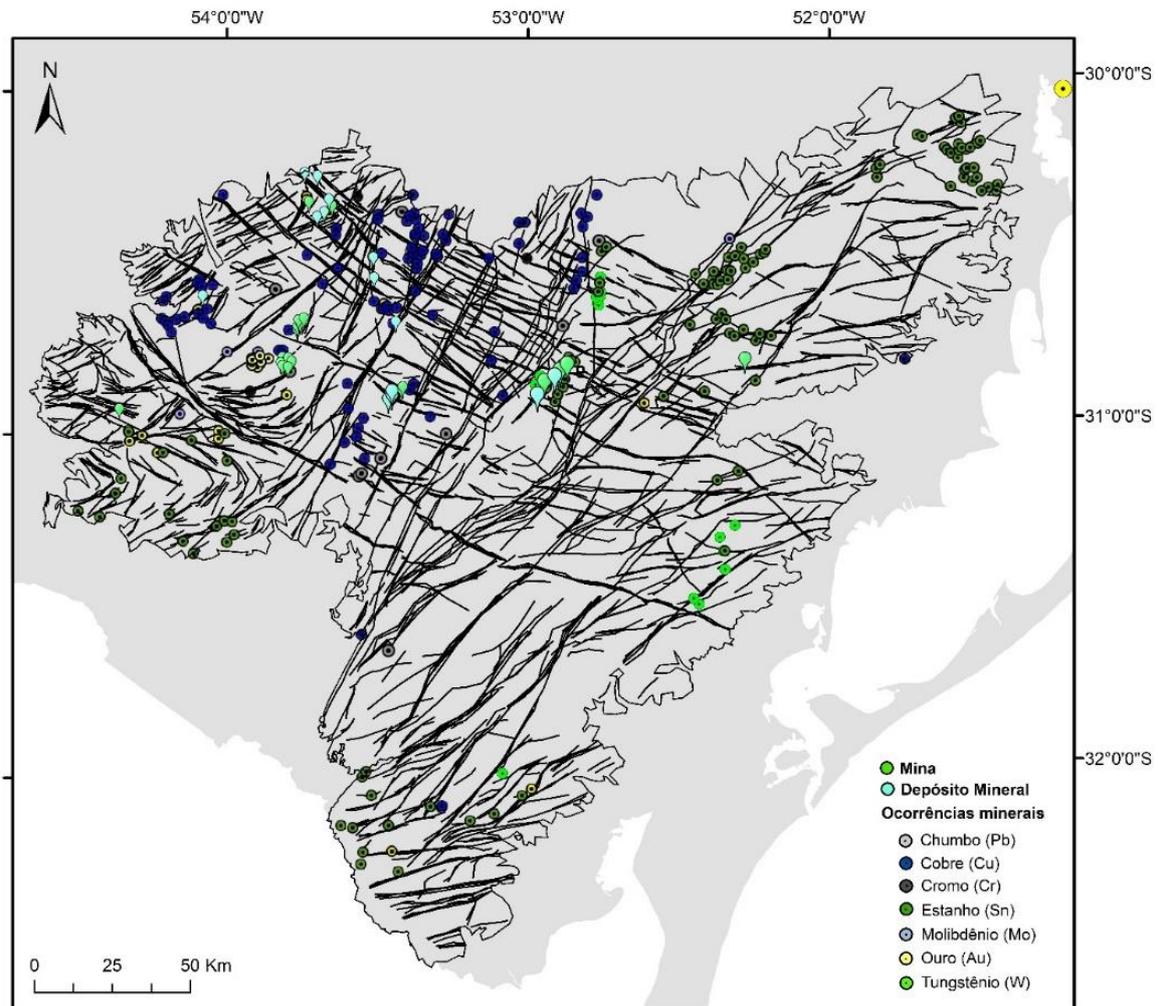
Fonte: autora.

Figura 77 - Mapa de lineamentos obtidos a partir das análises e interpretações geofísicas para o escudo Sul-Rio-Grandense.



Fonte: autora.

Figura 78 - Mapa de lineamentos obtidos a partir das análises e interpretações geofísicas para o escudo Sul-Rio-Grandense, integrados a ocorrências, depósitos e minas.



Fonte: autora.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito do escudo Catarinense, é notável que as ocorrências minerais, depósitos e minas, concentram-se no Terreno Tijucas Setentrional e de maneira secundária, no Terreno Luís Alves e em unidades da Bacia Itajaí, que recobrem este último domínio geotectônico.

As mineralizações de Au e Pb situadas no Tijucas Setentrional, correspondentes aos recursos que foram explorados e reconhecidos como depósitos, localizam-se sobre ou na proximidade de lineamentos orientados a NE-SW, que em alguns pontos, são ou não intersectados por outras possíveis estruturas, de orientação NW-SE.

O escudo Sul-Rio-Grandense conta com uma ampla distribuição de suas ocorrências minerais, entretanto, também se observa uma tendência de concentração preferencial. A maior parte de seus depósitos e minas, localizam-se principalmente nos terrenos São Gabriel e Tijucas Meridional.

De maneira generalista, as concentrações minerais ocorrentes no Cinturão Dom Feliciano, representados pelos escudos Catarinense e Sul-Rio-Grandense, aparentam ocorrer associadas a lineamentos orientados a NE-SW, podendo ou não apresentar intersecção de lineamentos orientados a NW-SE. Como mencionado no decorrer do trabalho, em ambos os escudos, as regiões com maiores concentrações de metálicos, coincidem com áreas com intensa densidade de lineamentos.

Com a análise dos dados geofísicos, alguns padrões observados localizados em áreas que contém minas e depósitos, se repetem em seu entorno. Podendo fomentar a aplicação de métodos investigativos de maior detalhe, a exemplo de métodos geofísicos terrestres.

As minas e depósitos da região de Vila Nova, situam-se em um contexto de lineamentos orientados a NE-SW sobrepostos a outros, com tendência para NW-SE. Essas sobreposições de lineamentos, são melhores observadas no mapa dos valores magnéticos anômalos de campo total submetidos a primeira derivada vertical (DV), podendo estar associadas a intersecção de estruturas mais rasas com estruturas mais profundas, uma vez que a DV ressalta anomalias mais rasas. Esses padrões se repetem em certas regiões próximas as minas e depósitos de Vila Nova, sendo interessante a aplicação de métodos investigativos que proporcionem um maior detalhamento e entendimento dessas anomalias.

Além de questões estruturais, outros pontos que podem exercer algum tipo de influência na distribuição desses metálicos, pode ser citado pela relação espacial com determinadas unidades. O exemplo para esse caso, seria a relação espacial observada entre litologias pertencentes a Formação Hilário, com a distribuição de ocorrências de Cu e Pb, nos terrenos São Gabriel e Tijucas, do escudo Sul-Rio-Grandense.

Não limitando-se a apenas esses terrenos citados, o Terreno Taquarembó também possui a presença de litologias da formação Hilário nas proximidades da mina Barcelos, região de Vauthier. O Taquarembó é constituído por rochas do Complexo Granulítico Santa Maria Chico e por unidades magmáticas pós-colisionais, onde esses termos intrusivos, possuem cogeneticidade com rochas do vulcanismo da formação Hilário. Se observarmos as ocorrências situadas no Taquarembó, ocorrências de Au e Mo são reportadas, sem a presença de Cu ou Pb. Entretanto, segundo bibliografia, a área de Vauthier na mina Barcelos, possui além de concentrações auríferas, presença significativa de molibdenita, galena, esfalerita e minerais de Cu. A região pode apresentar potencial para metais base e preciosos, fomentando a aplicação de estudos de maior detalhamento, como geofísica terrestre.

REFERÊNCIAS

- ANDRIOTTI, José Leonardo Silva. **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-rio-grandense**. 1999.
- BAARS, Franciscus Jacobus *et al.* **Metalogenia Quantitativa do Brasil: Base do Conhecimento, Métodos e Exemplos**. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas & SIG. Brasília, CPRM, p. 449-499, 2003.
- BETTENCOURT, Jorge Silva. **Mina de Cobre de Camaquã, Rio Grande do Sul**. 1972.
- BIONDI, João Carlos; SCHICKER, Gernot; BUGALHO, Adoniran. **Processos mineralizadores em bacias tardi-orogênicas 1. Influência das estruturas rígidas na geração dos depósitos da MINEPAR e do Ribeirão da Prata, grupo Itajaí (SC)**. Revista Brasileira de Geociências, v. 22, n. 3, p. 275-288, 1992.
- BIONDI, João Carlos *et al.* **Geologia e petrologia da Mina de Ouro Schramm (Gaspar-SC)**. Revista Brasileira de Geociências, v. 31, n. 3, p. 287-298, 2001.
- BIONDI, João Carlos *et al.* **Geologia do depósito de Au Cavalão Branco (Botuverá-SC)**. Revista Brasileira de Geociências, v. 37, n. 3, p. 445-463, 2007.
- CARRARO, Clóvis Carlos; MEXIAS, André Sampaio. **Imagens de sensoriamento remoto no mapeamento de lineamentos do centro do Escudo Sul-Rio-Grandense**. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, Available online at: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21>, v. 11, p. 1757-1764, 2002.
- CAMOZZATO, Eduardo; TONIOLO, João Angelo; LAUX, Jorge Henrique. **Metalogênese do Cinturão Dom Feliciano e Fragmentos Paleocontinentais associados (RS/SC)**. Metalogênese das províncias tectônicas brasileiras, p. 517-556, 2014.
- CAMPOS, D. S. **Caracterização dos alvos cascavel e tinteiro, Greenstone Belt de Faina, GO: implicações na identificação de novos alvos potenciais para exploração mineral**. 2015.
- CARRINO, T. A. **Geotecnologias aplicadas ao conhecimento de áreas chaves à exploração aurífera na Província Mineral do Tapajós**. 2010.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul: Relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos**. Vol. I, Texto técnico. Lasa Prospecções S.A., 260p., 2010.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Aerogeofísico Paraná - Santa Catarina: Relatório final do levantamento e processamento dos dados**

magnetométricos e gamaespectrométricos. Vol. I, Texto técnico. Lasa Prospecções S.A., 326p., 2011.

CRÓSTA, Alvaro Penteado *et al.* **Sensoriamento remoto em exploração mineral no Brasil**. Recursos Minerais no Brasil - Problemas e Desafios. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, p. 190-207, 2016.

DENTITH, Michael & MUDGE, Stephen T. **Geophysics for the mineral exploration geoscientist**. Cambridge University Press, 2014.

DO BRASIL, CPRM-Serviço Geológico. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. 2008.

DO BRASIL, CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO. **Mapa geológico do estado de Santa Catarina**. 2014.

DRIEMEYER, Deborah. **Estudo da zonação vertical da alteração hidrotermal e mineralizações associadas na área do Depósito Santa Maria-Minas do Camaquã, RS**. 2018.

ELDOSOUKY, Ahmed M.; ABDELKAREEM, Mohamed; ELKHATEEB, Sayed O. **Integration of remote sensing and aeromagnetic data for mapping structural features and hydrothermal alteration zones in Wadi Allaqi area, South Eastern Desert of Egypt**. Journal of African Earth Sciences, v. 130, p. 28-37, 2017.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de textos, 2010.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina de textos, 2007.

FONTANA, Eduardo. **Hidrotermalismo e mineralizações das rochas vulcânicas da Mina do Seival: evolução geoquímica e isotópica ($\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$) dos fluidos e sua correlação com outros depósitos de minérios epitermais da Bacia do Camaquã–Rio Grande Do Sul–Brasil**. 2016.

FRANTZ, José Carlos *et al.* **A mineralização do Distrito Estanífero do Rio Grande do Sul**. 50 anos de Geologia: Instituto de Geociências. Porto Alegre, p. 161-175, 2007.

GEOSOFT. **Montaj Geophysics – Tutorial and user guide**. 2005.

HASUI, Y. **Sistema Orogênico Mantiqueira**. Geologia do Brasil, p. 331-372, 2012.

HEILBRON, Monica *et al.* **Província Mantiqueira**. Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, p. 203-235, 2004.

IGLESIAS, Carlos Moacyr da Fontoura. **Análise integrada de dados geológicos e estruturais para a prospecção de ouro na região de Torquato Severo (RS)**. 2000.

KEAREY, Philip; BROOKS, Michael; HILL, Ian. **Geofísica de exploração**. Oficina de textos, 2009.

MANTESSO-NETO, Virgínio *et al.* **Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** 2004.

MANUEL, Ricardo *et al.* **Remote sensing for mineral exploration in central Portugal.** Minerals, v. 7, n. 10, p. 184, 2017.

Métodos geofísicos. Disponível em: http://www.iag.usp.br/~eder/apostila/METODOS_GEOFISICOS.pdf. Acesso em: maio de 2019.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** Blucher, 2010.

O espectro eletromagnético. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/9-ano/materia-e-energia-9-ano/ondas-eletromagneticas/a/o-espectro-eletromagnetico>. Acesso em maio de 2019.

O'LEARY, D. W.; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A. **Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms.** Geological Society of America Bulletin, v. 87, n. 10, p. 1463-1469, 1976.

OLIVEIRA, Roberto G. & FREITAS, J. B. **Interpretação geofísica dos principais domínios tectônicos brasileiros.** Metalogênese das províncias tectônicas brasileiras, p. 21-40, 2014.

PASCHOLATI, Elisabete Maria *et al.* **Novas ocorrências de urânio na região de Lagoa Real, a partir da superposição de dados geofísicos, geológicos e de sensoriamento remoto.** Revista Brasileira de Geociências, v. 33, p. 91-98, 2003.

PIRES, Carlos Alberto da Fonseca. **Modelamento e avaliação de dados geofísicos e geoquímicos aplicada na pesquisa de metais básicos e Au no prospecto Volta Grande (complexo intrusivo Lavras do Sul, RS, Brasil).** 2002.

Projetos aerogeofísicos no Brasil – CPRM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Sensoriamento-Remoto-e-Geofisica/Projetos-Aerogeofisicos-no-Brasil-78.html>. Acesso em: maio de 2019.

Projeto Caçapava do Sul. Disponível em: <https://www.projetcacapavadosul.com.br/#!>. Acesso em: junho de 2019.

Projeto Fosfato Três Estradas. Disponível em: <http://projctofosfato.com.br/>. Acesso em: junho de 2019.

RAMGRAB, Gilberto Emílio *et al.* **Principais recursos minerais do Rio Grande do Sul.** Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, CIGO/UFRGS, p. 407-445, 2000.

RIBEIRO, Vanessa Biondo; MANTOVANI, Marta S. M.; LOURO, Vinicius Hector Abud. **Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico.** Terræ Didática, v. 10, n. 1, p. 29-51, 2014.

ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Ed. do autor, 2000.

ROCHA, Flávio França Nunes, *et al.* **A fonte dos metais da mina de ouro Schramm, Santa Catarina: evidências de dados de isótopos de Pb e elementos terras raras**. Pesquisas em Geociências. Porto Alegre, RS. Vol. 32, n. 1 (2005), p. 51-61, 2005.

SCHICKER, Gernot. **O depósito de chumbo, zinco, cobre e prata do Ribeirão da Prata, município de Blumenau-Santa Catarina**. 1996.

SHEIKHRAHIMI, Abdollah *et al.* **Mapping hydrothermal alteration zones and lineaments associated with orogenic gold mineralization using ASTER data: A case study from the Sanandaj-Sirjan Zone, Iran**. Advances in Space Research, 2019.

SILVA, Maria da Glória da *et al.* **Metalogênese das províncias tectônicas brasileiras**. 2014.

SILVA, Marly Aparecida da. **Prospecção geofísica em ocorrência de estanho associada ao Granito São Sepé (RS)**. 2018.

TELFORD, W. M. *et al.* **Applied geophysics**. Cambridge University Press, 1990.

TONIOLO, João Angelo. **Metalogênese do depósito de Cu Cerro dos Martins, RS**. 2004.

TRAVASSOS, R. P. **Interpretação estrutural regional do escudo sul-riograndense-Rio Grande do Sul-Brasil, com base em aeromagnetometria**. 2014.

USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global. Disponível em: https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects. Acesso em: outubro de 2019.

USGS EROS Archive - Sentinel-2. Disponível em: https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-sentinel-2?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects. Acesso em: outubro de 2019.

APÊNDICES

Apêndice A: Compilação de informações gerais dos recursos minerais metálicos do escudo Catarinense, obtidos através de revisão bibliográfica

Identificação	Região	Ocorrência principal	Ocorrência secundária	Unidade	Litologia	Informação adicional
Mina Schramm	Ribeirão do Arraial - Gaspar	Au	-	Luís Alves	Granulitos e gnaisses do Complexo Granulítico de Santa Catarina	Minério concentra-se principalmente em veios de carbonato, e de maneira subordinada em veios de quartzo não deformados. Associado ao Au, há concentrações de Ag, Ar e Ni. Em menores proporções, o minério possui Zn, Pb e Co.
Mina Blumenau	Ribeirão da Prata	Pb, Zn, Cu	Ag	Luís Alves e Bacia Itajaí	Brechas derivadas de rochas granulíticas e sedimentares	Localiza-se no interior da zona de cisalhamento Itajaí-Perimbó.
Mina da Catinga	Nova Trento	W	-	Tijucas Setentrional	Xistos encaixados em suíte intrusiva de rochas graníticas	Há a ocorrência de zonas greisenizadas, anômalas para Sn e também ocorrências de molibdenita no entorno da mina.
Depósito Limão	Gaspar	Au	-	Bacia Itajaí	Rochas sedimentares do Grupo Itajaí	-
Depósitos Carneiro Branco, Cavalo Branco, Fanuelsson, Tigrano, Planície Baixa e Braço Cristalino	Botuverá	Au	-	Tijucas Setentrional	Rochas metamórficas do Complexo Brusque e rochas graníticas	Alguns dos filões de quartzo auríferos contém W.

Apêndice B: Compilação de informações gerais dos recursos minerais metálicos do escudo Sul-Rio-Grandense, obtidos através de revisão bibliográfica

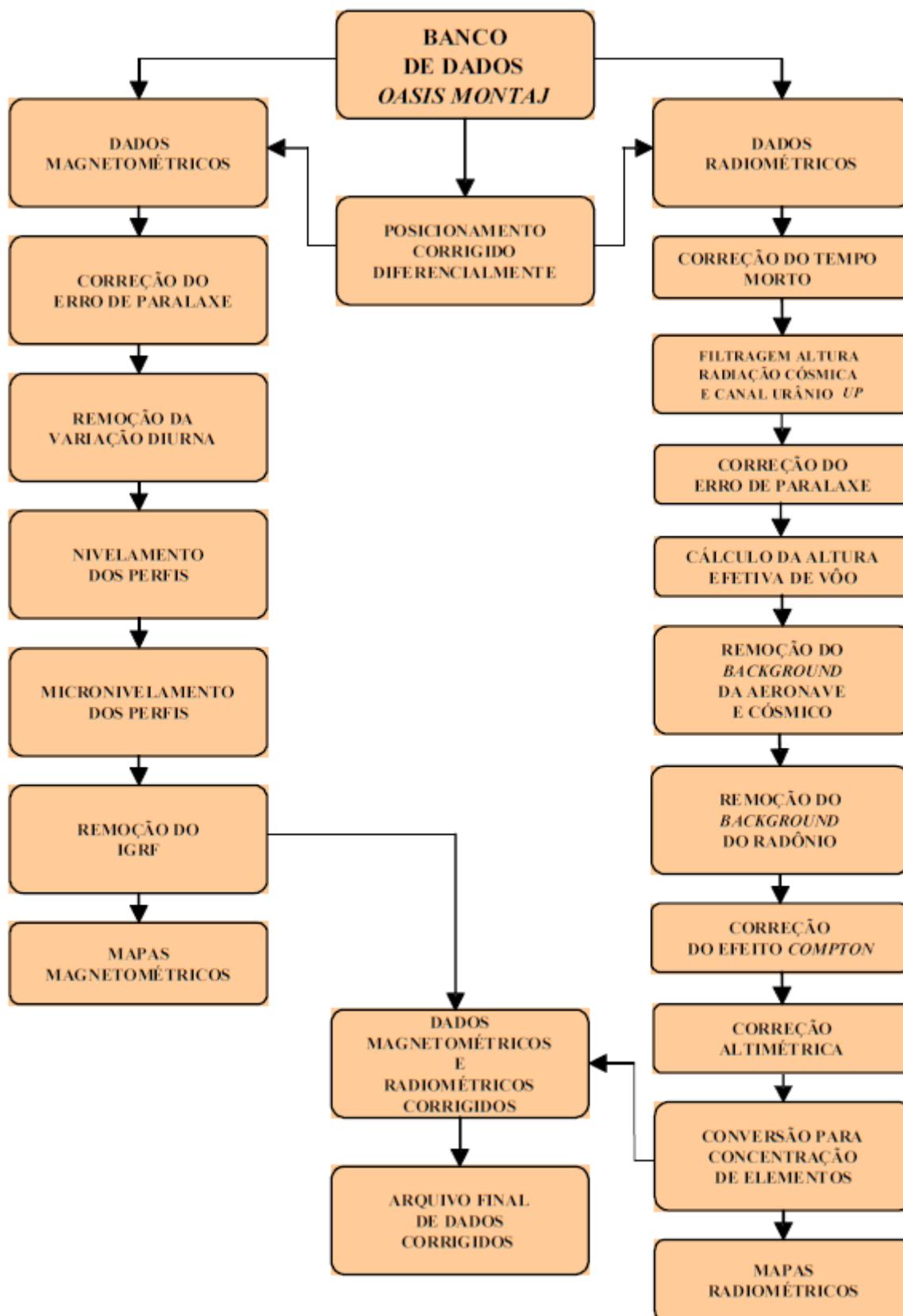
Identificação	Região	Ocorrência principal	Ocorrência secundária	Unidade	Litologia	Informação adicional
Mina Barcelos	Vauthier	Au	-	Taquarembó	Au ocorre livre ou incluso na pirita em veios de qzo hospedados em Dacitos e Riodacitos	Afinidade shoshonítica (Form. Hilário), da Suíte Sub-vulcânica Vauthier; Estruturas filonianas na região apresentam concentração principalmente de Au, e de maneira secundária e tbm representativa, de molibdenita, metais básicos, como galena e esfalerita e minerais de Cu.
Mina Bossoroça	Vila Nova	Au	-	São Gabriel	Filões de qzo encaixado em metavulcanoclásticas	O ouro preenche microfraturas e ocorre em estado nativo, ou em menor proporção, incluso na pirita, acompanhado por esfarelita, galena e arsenopirita.
Mina Cerrito do Ouro	Vila Nova	Au	-	São Gabriel	Filões de qzo leitoso encaixados em clorita e sericita-xistos	-
Minas Aurora, Valdo Teixeira, Dourada e Mato Feio	Lavras do Sul	Au-Cu	(Pb, Zn, Ag)	São Gabriel	Complexo Intrusivo Lavras do Sul (CILS)	CILS - Plutônicas associadas ao vulcanismo Hilário.
Minas Seival (Barita, João Dahne, Morcego, do Meio, Cruzeta e Alcides), Cerro	Lavras do Sul	Cu-Au	(Pb, Zn, Ag)	Bacia do Camaquã	Rochas efusivas e piroclásticas de composição andesítica da Formação Hilário	-

Rico, Merita, Saraiva e Volta Grande						
Minas Uruguai e São Luís	Minas do Camaquã	Cu (Au)	Ag	Bacia do Camaquã	Arenitos e conglomerados	O minério ocorre em duas formas: como filões cortando arenitos e conglomerados; e disseminado em arenitos e conglomerados.
Mina Campinas	Distrito Estanífero de Encruzilhada do Sul	Sn	-	Tijucas Meridional	Biotita Granitóide (Granito Campinas)	Mineral de minério cassiterita: veios mineralizados associam-se a zonas greinsenizadas, alojados em zonas miloníticas.
Mina Cerro Branco	Distrito Estanífero de Encruzilhada do Sul	Sn	-	Tijucas Meridional	Suíte Intrusiva Cordillheira - Granito Figueiras	Mineral de minério cassiterita: veios mineralizados associam-se a zonas greinsenizadas, alojados em zonas miloníticas.
Mina Tabuleiro	Distrito Estanífero de Encruzilhada do Sul	Sn	-	Tijucas Meridional	Suíte Intrusiva Cordillheira - Granito Figueiras	Mineral de minério cassiterita: veios mineralizados associam-se a zonas greinsenizadas, alojados em zonas miloníticas.
Mina Galena	Batólito de Pelotas	Pb	-	Batólito de Pelotas	Quartzo-Monzonitos	Análises químicas em testemunhos resultaram em valores anômalos para Cu, Zn e Mo.
Depósitos Passo da Juliana, Viúva Guerra Duval,	Vila Nova	Au	-	São Gabriel	Rochas do Complexo Bossoroca	Complexo Bossoroca (Complexo Metamórfico Vacacaí), composto pelas sequências Arroio do Lajeado e Campestre.

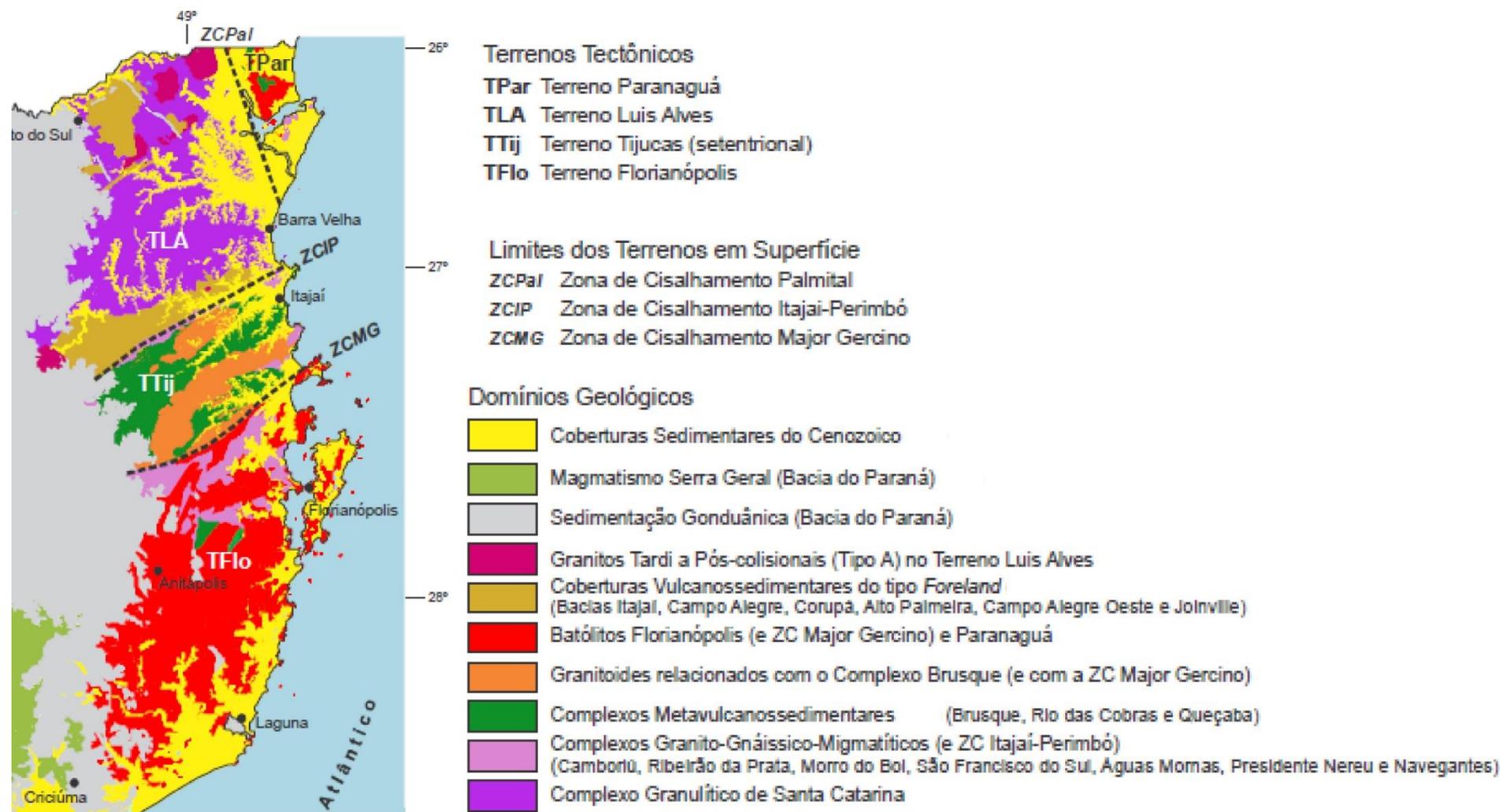
Lavrinha e Guardinha						
Depósito Estuque	Vila Nova	Au	-	São Gabriel	Filões de qzo cortando sienogranitos Complexo Granítico São Sepé	-
Depósito Bom Retiro	Palma	Cu-Au-Mo	-	São Gabriel	Sequências Metavulcanossedimentares (Complexo Palma)	Complexo Palma (Complexo Metamórfico Vacacaí). Na região, ocorre ainda além de anomalias de Au, de Cu, Pb e Zn em amostras de sedimentos de corrente e solo.
Depósito Andrada	Passo Feio	Cu		São Gabriel	Clorita-Xistos	Mineralização ocorre disseminado em falha que corta clorita-xistos.
Depósito Primavera	Passo Feio	Cu	-	São Gabriel	Metavulcânicas	Minério disseminado em rochas metavulcânicas brechadas e em fraturas.
Depósito Santa Maria	Minas do Camaquã	Zn, Pb, Cu	Au, Ag	Bacia do Camaquã	Mineralizações hospedadas principalmente em arenitos, e de maneira subordinada, em conglomerados e ritmitos	-
Depósito Cerro dos Martins	Cerro dos Martins	Cu	-	Bacia do Camaquã	Andesitos e rochas sedimentares clásticas da Formação Hilário	A mineralização ocorre em filões controlados por estruturas brechadas e também de maneira disseminada em siltitos e arenitos.
Depósitos N e S	Encruzilhada do Sul	Sn-W	-	Tijucas Meridional	Granitos greinsenizados	Veios mineralizados alojam-se em zonas milonizadas

ANEXOS

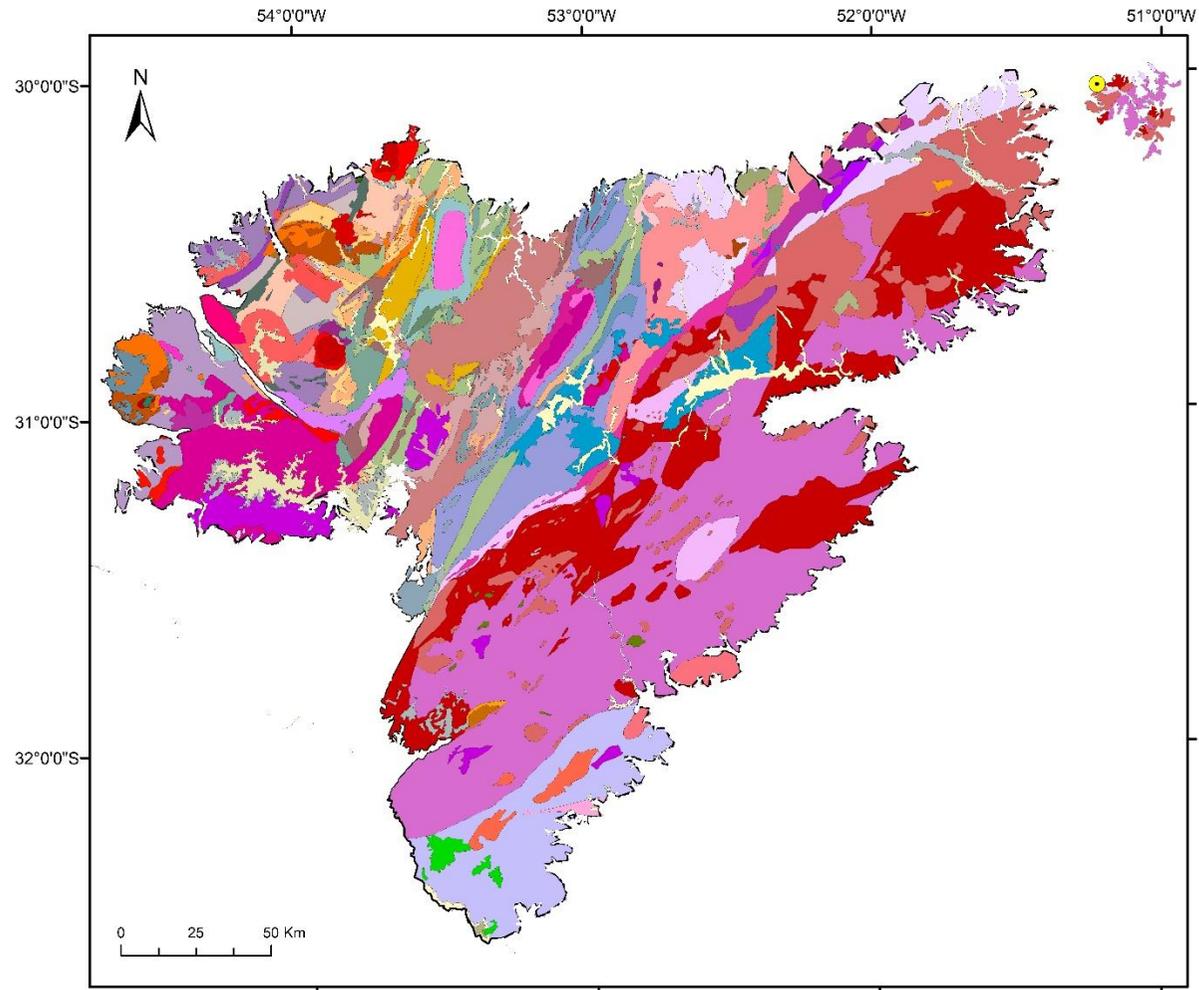
Anexo I: Fluxograma do processamento dos dados



Anexo II: Mapa dos domínios geológicos do escudo Catarinense



Fonte: extraído e modificado, CPRM (2014).

Anexo III: Mapa geológico do escudo Sul-Rio-Grandense e legenda

Fonte: extraído e modificado, CPRM (2008).

Legenda – Mapa geológico escudo Sul-Rio-Grandense.

O2gu	Grupo Guaritas				
O2vz	Formação Varzinha (guv)				
O1pp	Formação Pedra Pintada (pp)				
O1βrv	Formação Rodeio Velho (βrv)				
NP3sb	Grupo Santa Bárbara				
NP3ps	Formação Pedra do Segredo				
NP3sl	Formação Serra dos Lanceiros				
NP3cb	Grupo Cerro do Bugio				
NP3αav	Formação Acampamento Velho (αav) (573±18 Ma U-Pb); - Fácies Básico (βav) - Fácies Particulado (αvp) (573±18 Ma U-Pb);				
NP3sf	Formação Santa Fé (sf)				
NP3bj	Grupo Bom Jardim				
NP3βhi	Formação Hilário (NP3β) resentedados por: - Fácies Coerente (hic) e um - Fácies Particulado (hip)				
NP3m	Grupo Maricá				
NP3ma	Formação Arroio América				
NP3ms	Formação São Rafael				
NP3m	Formação Passo da Promessa				
NP3Υja	Granito Jaguarí - (537±10 Ma Rb-Sr)				
NP3Υdp	Granito Dom Pedrito				
NP3Υss	Granito São Sepé - (542±6 Ma U-Pb)				
NP3Υrc	Granito São Sepé, fácies central Rincão dos Coqueiros (559±7 Ma U-Pb)				
NP3Υca	Granito Cerro da Cria - (564±4 Ma Rb-Sr)				
NP3Υrm	Granito Ramada - (549,3±5 Ma U-Pb)				
NP3Υsb	Granito Saibro - (557±9 Ma Rb-Sr)				
NP3Υls	Associação Shoshonítica Lavras do Sul - Monzogranito (Υlam): (Fácies Central, 692±5 Ma U-Pb) - Perilita Granito (Υla) (Fácies periférico, 580±7 Ma U-Pb) - Monzodiorito Arroio do Jaques (αaj): (555±12 Ma U-Pb) - Monzonitos (Υlamz)				
NP3Υsm	Granito São Manoel				
NP3gΥsr	Monzogranito Santa Rita				
NP3Υcz	Granito Santa Zélia				
NP3Υcp	Sienogranito Camaquã Pelado				
NP3Υlj	Monzogranito Lajeado				
NP3Υca	Suíte Granítica Caçapava do Sul - (565±14 Ma U-Pb)				
NP3Υsf	Suíte Granítica Santo Afonso - (568±48 Ma Rb-Sr)				
NP3Υsa	Monzogranito Santo Antônio - (640±52 Ma Rb-Sr)				
NP3Υtp	Granodiorito Fazenda do Posto				
NP2gpr	Formação Arroio Marmeleiro				
NP2βam	Formação Arroio Mudador				
NP2vc	Complexo Metamórfico Vacacaí - Unidade Vulcânica (vcv) (753±2 Ma U-Pb) - Unidade Vulcano-sedimentar (vcs)				
NP2Υlm	Suíte Intrusiva Lagoa da Meia Lua				
NP2Υcb	Complexo Cambaí - (750±16 Ma U-Pb) - Domínio de Ortognaisses (1lcb) - Domínio de Paragnaisses (cbp)				
NP2δg	Corpos Básico-Ultrabásicos Estratiformes - Gabro de Mata Grande (mg) - Maciço de Pedras Pretas (pp) - Gabro Santa Catarina (sc)				
NP2Υcm	Complexo Máfico-Ultramáfico Cerro Mantiqueiras - (879±14 Ma U-Pb) xistos magnesianos e ortoanfibólitos (733±10 Ma U-Pb)				
NP2pp	Complexo Metamórfico Porongos - Unidade Pelito-Carbonática (psd) (2.02 Ga U-Pb detritico) - Unidade Vulcânica (pv) (783±8 Ma U-Pb) - Unidade Ortognaissica (pgd) - Unidade Gnaiss Capané (pgc)				
NP3cc	Cerro Chato - Seqüência Sedimentar (ccs) - Seqüência Vulcânica (ccv)				
NP3Υra	Riolito Asprezas - (500±12 Ma Rb-Sr)				
NP3Υbv	Arfvedsonita Granito Bela Vista - (497±11 Ma Pb-Pb)				
NP3Υac	Granito Acegua				
NP3Υpm	Granito Passo da Mozinha				
NP3Υdf	Suíte Granítica Dom Feliciano - - Litofácies Serra do Erval (dfe): (550±8 Ma Rb-Sr) - Litofácies Cerro Grande (dfo): (572±10 Ma Rb-Sr)				
NP3Υch	Granito Chasqueiro - (578±8 Ma Pb-Pb)				
NP3Υcl	Granito Capão do Leão - (583±3 Ma Pb-Pb)				
NP3Υam	Granito Arroio Moinho (591±1 Ma U-Pb)				
NP3βpf	Gabro Passo da Fabiana				
NP3βcb	Diorito Capim Branco				
NP3Υag	Granitóide Arroio Grande				
NP2Υpm	Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado - Metagranitóides Porfíricos (1pm) (809±17 Ma U-Pb) - Gnâisses Granodioríticos (1pmg) (825±4 Ma Pb-Pb) - Septos do Embasamento (pmm) (781±5 Ma U-Pb)				
NP3Υes	Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul - (594±5 Ma U-Pb) - Fácies Pinheiro (esp) - Granito Encruzilhada(ese)				
NP3Υca	Suíte Granítica Campinas - Fácies Figueiras (Υcaf) - Granito Campinas(Υcac)				
NP3Υco	Suíte Intrusiva Cordilheira - (625±6 Ma U-Pb) - Granito Porfíroide Chácara São Geronimo(Υcj) (617±8 Ma U-Pb) - Granito Cordilheira (Υco) (805±8 Ma U-Pb) - Granito Francisquinho (Υcf) - (634±6 Ma U-Pb)				
NP3Υci	Granito Quitéria - (658±4 Ma U-Pb)				
NP3Υpq	Suíte Intrusiva Piquiri - Sienito Piquiri : (Υpq) (611±3 Ma Pb-Pb) - Sienito Arroio do Silva (Υpqa): (612±3 Ma Pb-Pb)				
NP2ac	Metanortosito Capivarita - (610±18 Ma Ar-Ar)				
PP2vc	Suíte Metamórfica Várzea do Capivarita				
PP2arr	Complexo Gnaissico Arroio dos Ratos - Paragnaisses (G1- 2.078±13 Ma U-Pb) - Granodiorito leucocrático (G2 - 1.538±7 Ma U-Pb) - Trondjemito, metamorfismo (631±13 Ma U-Pb)				
PP2Υbv	Granitóide Santana da Boa Vista: - (Υbvs) sienogranitos - (Υbv) monzogranitos				
PP2e	Gnaisses Encantadas (gen) (2263±18 Ma U-Pb)				
NP3Υle	Complexo Anelar Leões - (566±44 Ma Rb-Sr) - Sienitos (les) - Monzonitos (lem)				
NP3gΥ3Avi	Suíte Subvulcânica Vauthier				
NP2Υ1cgb	Complexo Granito-Gnaissico Bagé				
A4smc	Complexo Granulítico Santa Maria-Chico - (2022±18 Ma, 2.55 Ga U-Pb)				

Fonte: extraído e modificado, CPRM (2008).