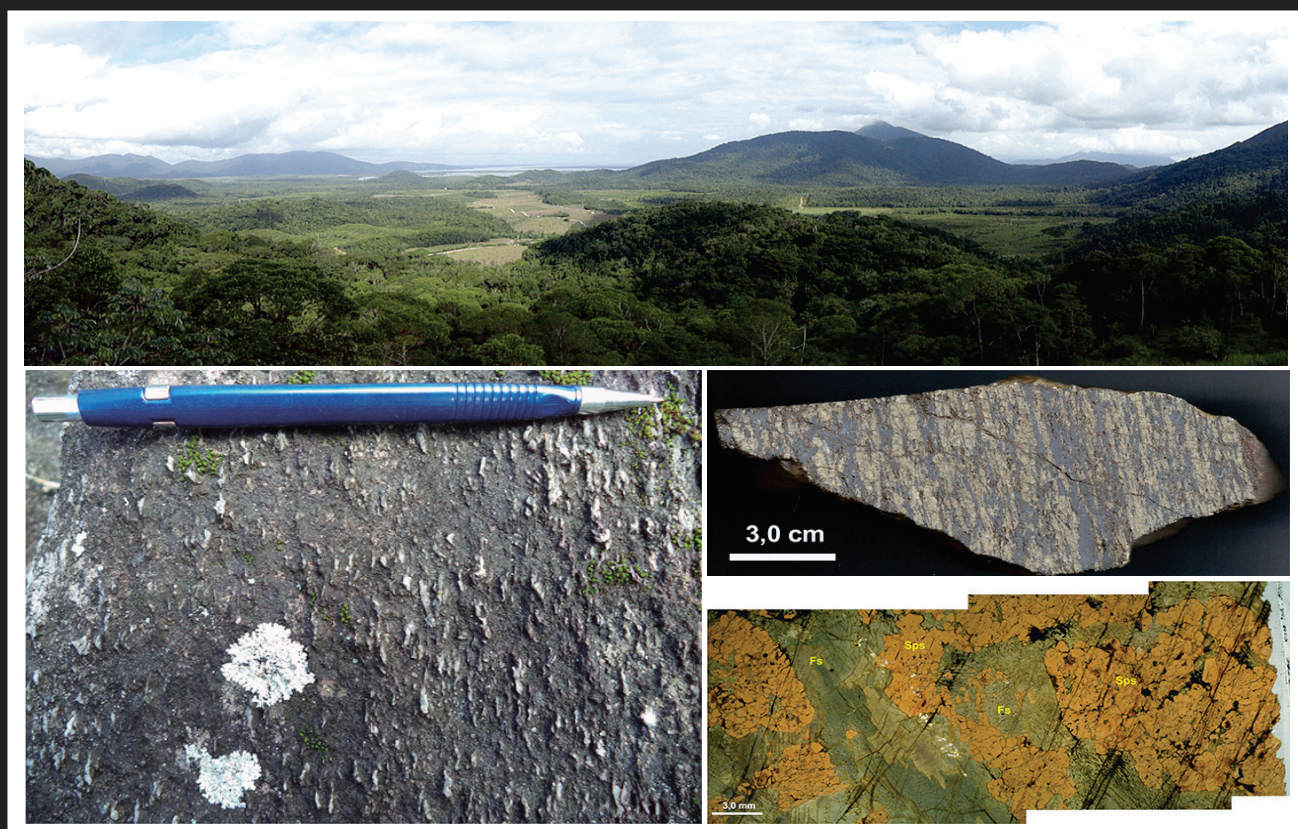


INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

*Série Províncias Minerais do
Brasil, nº 15*

Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil



**ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL
INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA E
RECURSOS MINERAIS DO CRÁTON
LUIS ALVES**

Porto Alegre – 2018

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Superintendência Regional de Porto Alegre

Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL

**ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE
MINERAL INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA E RECURSOS
MINERAIS DO CRÁTON LUIS ALVES**

Leandro Menezes Betiollo
Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias
Paloma Gabriela Rocha

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Províncias Minerais do Brasil, nº 15



CPRM
Serviço Geológico do Brasil

PORTO ALEGRE

2018

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Superintendência Regional de Porto Alegre

Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral

ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL
INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA E RECURSOS MINERAIS
DO CRÁTON LUIS ALVES

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Províncias Minerais do Brasil, nº 15

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
CPRM – Serviço Geológico do Brasil
Biblioteca Regional de Porto Alegre

B565 Betiollo, Leandro Menezes

Área de Relevante Interesse Mineral Integração geológica-geofísica e recursos minerais do Cráton Luis Alves; Escala 1:250.000/ Leandro Menezes Betiollo; Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias; Paloma Gabriela Rocha. – Porto Alegre: CPRM, 2018.

107 p. :il. color.

Área de Relevante Interesse Mineral ARIM

ISBN 978-85-7499-450-5

1.Geologia Econômica. 2.Recursos Minerais. 3.Economia Mineral. 4. Brasil. 5.Santa Catarina. 6.Paraná. I. Iglesias, Carlos Moacyr da Fontoura; II. Rocha, Paloma Gabriela. III. Título..

CDD 553.0981
CDU 553(816.2/4)

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Lúcia B. F. Coelho (CRB 10/840)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Superintendência Regional de Porto Alegre

Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral

ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL
INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA E RECURSOS MINERAIS
DO CRÁTON LUIS ALVES

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Wellington Moreira Franco
Ministro de Estado

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Vicente Humberto Lôbo Cruz
Secretário

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Esteves Pedro Colnago
Diretor-Presidente

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Juliano de Souza Oliveira

Diretor de Administração e Finanças

Lúcia Travassos da Rosa Costa

Chefe do Departamento de Geologia

Marcelo Esteves de Almeida

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Fernando Henrique Kohlmann Schwanke
Superintendente

Lucy Takehara Chemale

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Ana Cláudia Viero

Gerência de Infraestrutura Geocientífica

Diogo Rodrigues Silva

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Paulo Ricardo de Fraga Costa

Gerência de Administração e Finanças

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Superintendência Regional de Porto Alegre

ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL
INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA E RECURSOS MINERAIS
DO CRÁTON LUIS ALVES

EQUIPE TÉCNICA
INFORME DE RECURSOS MINERAIS

1 INTRODUÇÃO

Leandro Menezes Betiollo

2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias
Leandro Menezes Betiollo

3 DOMÍNIOS GEOLÓGICOS, TECTÔNICOS, GEOFÍSICOS E LITOESTRATIGRAFIA

Leandro Menezes Betiollo
Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias
Paloma Gabriela Rocha
Simone Zwirtes

4 ASSOCIAÇÕES TECTÔNICAS

Leandro Menezes Betiollo

5 RECURSOS MINERAIS

Leandro Menezes Betiollo
Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias
Paloma Gabriela Rocha

6 MAPEAMENTO GEOQUÍMICO

Eduardo Duarte Marques
Leandro Menezes Betiollo
Ana Cristina Bomfim Peixoto

7 CONCLUSÕES

Leandro Menezes Betiollo

8 REFERÊNCIAS

Ana Lúcia Borges Fortes Coelho
(Organização e Formatação)

MAPAS DE INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA, ASSOCIAÇÕES TECTÔNICAS E DE RECURSOS MINERAIS

Leandro Menezes Betiollo
Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias
Paloma Gabriela Rocha

COLABORAÇÃO TÉCNICA

Ademir Evandro Flores
Andrea Sander
Andreia O. Monteiro S. Gross
Edegar dos Santos Dias
Eduardo Camozzato (in memoriam)
Eraldo Guidugli Machado
Giana Grupioni Rezende
Jorge Henrique Laux
Luiz Gustavo Rodrigues Pinto
Marina Duarte (estagiária)
Raquel Barros Binotto
Ricardo Duarte de Oliveira
William Ribeiro Lopes
Wilson Wildner

REVISÃO FINAL

Cassiano Costa e Castro
Eduardo Duarte Marques
Evandro Klein
Jorge Henrique Laux
Lucy Takehara
Luiz Carlos da Silva

PROJETO GRÁFICO (DIAGRAMAÇÃO, PADRÃO CAPA/ EMBALAGEM)

Alessandra Luiza Rahel
Washington José Ferreira Santos
Raquel Barros Binotto (supervisão GERINF-PA)

ARCEXIBE/FLASH

Elias Bernard da Silva do Espírito Santo

APRESENTAÇÃO

O empreendimento Áreas de Relevante Interesse Mineral – ARIM, desenvolvido pela Diretoria de Geologia e Recursos Minerais – DGM, da CPRM - Serviço Geológico do Brasil, é parte da Ação Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil, financiada pelo Programa de Aceleração do Crescimento – PAC.

Este empreendimento consiste em um conjunto de projetos voltados para a identificação de áreas atrativas para a exploração mineral visando fornecer subsídios para novos investimentos em pesquisa mineral e para a criação de novos empreendimentos mineiros, com a conseqüente geração de novas oportunidades de emprego e renda.

Os resultados obtidos neste empreendimento têm mostrado importante avanço, tanto na cartografia geológica quanto no estudo da potencialidade mineral e do conhecimento territorial em amplas áreas do território nacional. O refinamento da cartografia, na escala adotada, fornece aos potenciais usuários uma ferramenta básica indispensável aos futuros trabalhos de exploração mineral ou aqueles relacionados à gestão ambiental e à avaliação de potencialidades hídricas, dentre outros.

Neste contexto, foi desenvolvido, na Superintendência Regional de Porto Alegre, o Projeto Integração Geológica-Geofísica e Recursos Minerais do Cráton Luis Alves, que abrange uma área de cerca de 5.500 km², localizada na parte nordeste de Santa Catarina e leste do Paraná., englobando parcialmente 8 folhas na escala 1:100.000, onde são reconhecidos depósitos e ocorrências de ouro e ferro, que foram explotados anteriormente.

As principais atividades deste projeto foram a cartografia geológica segundo a escala 1:250.000, com a utilização de técnicas atualizadas de geoprocessamento e integração geológico-geofísica. O projeto teve como foco principal o estudo das mineralizações de Fe e Au associados às rochas máficas-ultramáficas do Craton Luís Alves.

Os dados levantados foram integrados neste Informe Mineral e em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, bases de dados e mapas temáticos, vinculados ao banco de dados corporativo da CPRM, o GeoSGB, e disponíveis para download no portal www.cprm.gov.br.

ESTEVES PEDRO COLNAGO
Diretor-Presidente

JOSÉ LEONARDO SILVA ANDRIOTTI
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

O Cráton Luis Alves faz parte da Província Mantiqueira, ocorrendo na parte nordeste de Santa Catarina, leste do Paraná e sudeste de São Paulo, numa faixa de direção SW-NE de cerca de 275 km de extensão, e largura máxima de 77 km, com uma área de afloramento de aproximadamente 5.500 km². É composto por rochas granulíticas de idades arqueana a paleoproterozoica. O levantamento aerogeofísico de 2011, com espaçamento de linhas de voo de 500 m e altitude de 100 m, obteve dados gamaespectrométricos e magnetométricos e permitiu a interpretação de feições geofísicas a partir dos contrastes laterais de propriedades físicas de minerais (susceptibilidade magnética e emissão de radiação gama dos elementos Th, U e K) existentes nas rochas do terreno. A interpretação qualitativa dos dados geofísicos foi realizada de maneira independente das informações geológicas disponíveis. A partir da interpretação dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos foi possível a identificação de feições correlacionáveis com o arcabouço litológico e estrutural da área, que por sua vez levou à geração de um mapa preliminar e de alvos geofísicos que foram checados em campo. A descrição dos afloramentos e de lâminas petrográficas identificou os principais litotipos e suas respectivas unidades. A Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha é constituída por litotipos desde piroxenitos e hornblenditos até leucogabros; associados aos litotipos mais ultramáficos ocorrem magnetititos. Nos Gnaisses Granulíticos Luis Alves estão inseridas rochas que contêm mais de 5% de quartzo e até 30% de minerais máficos, apresentando composições mineralógicas quartzo-dioríticas a tonalíticas. Nos Paragnaisses Luis Alves enquadram-se, quartzitos, magnetita-quartzitos (formações ferríferas bandadas) e o eulisito, uma rocha composta por ortopiroxênio e granada manganésifera. A integração geológica-geofísica com o cruzamento da magnetometria com os dados de campo e petrográficos, permitiu delimitar lineamentos e blocos estruturais, bem como aprimorar contatos tectônicos entre as unidades geológicas. O cruzamento dos dados geológicos com a resposta gamaespectrométrica aperfeiçoou a acurácia dos limites e contatos entre as unidades e corpos mapeados. Na interpretação geoquímica as rochas mostram afinidades cálcio-alcálica e tholeítica, são metaluminosas e peraluminosas e demonstram uma dualidade genética na classificação geotectônica, com as rochas ultramáficas e alguns granulitos máficos mostrando afinidade mantélica de ambiente divergente, enquanto os granulitos félsicos e alguns granulitos máficos mostram afinidade com ambiente colisional do tipo arco de ilhas. A integração das associações tectônicas com os recursos minerais demonstrou que o principal recurso mineral do Cráton Luis Alves é o ferro de origem sedimentar, o qual inclusive já foi explorado. Mas o cráton também tem potencial para ouro, encontrado incluso em magnetititos associados às rochas ultramáficas, e também em veios hidrotermais no contato com a Bacia do Itajaí. A variabilidade litológica do cráton também permite supor que ele pode ser portador de Mn, encontrado em concentração de 10% em alguns paragnaisses, e de Cr, Ni, Ti, V e EGP associado as rochas ultramáficas, mas no caso é necessária uma amostragem mais detalhada para certificar o potencial para esses elementos.

ABSTRACT

The Luis Alves Craton is part of the Mantiqueira Province, and spans over three states, in a SW-NE trending of about 275 km in length, and a maximum width of 77 km, with an area of discontinuous outcrops of approximately 5,500 km². It is composed mainly of granulitic rocks of Aarchean to Paleoproterozoic ages. From the aerogeophysical survey of 2011, with spacing of 500 m and 100 m height flight lines which obtained gammaspectrometric and magnetometric data, the geophysical features were interpreted from lateral contrasts of physical properties of minerals (magnetic susceptibility and emission of gamma radiation of the elements Th, U and K) existing in the lithologies of the terrain. The qualitative geophysical interpretation was performed independently of the available geological information to avoid influence during the analysis of aerogeophysical data. From the interpretation of magnetometric and gammaspectrometric data it was possible to identify features correlated with the lithological and structural framework of the area, which in turn led to the generation of a preliminary map and geophysical targets that were subsequently checked in the field. Outcrop and petrographic information identified the main lithotypes and their respective units. The Barra Velha Mafic-Ultramafic Unit consists of pyroxenites, hornblendites and leucogabbros, magnetitites associated with the most ultramafic lithotypes. Rocks of the Luis Alves Granulitic Gneiss contain more than 5% of quartz and usually less than 30% of mafic minerals and present quartz-dioritic to tonalitic mineralogical compositions. The Luis Alves Paragneiss comprise quartzites, magnetite-quartzites (B.I.F) and the eulysite, a rock composed of orthopyroxene and manganiferous garnet. The geological-geophysical integration, using field and petrographic data with magnetometry allowed to delimit structural lineaments and structural blocks, as well as to improve the definition of tectonic contacts between geological units. Integration of the geological data with the gammaspectrometric response improved the accuracy of the boundaries and contacts between the mapped rock units and bodies. The wholerock geochemistry defined metaluminous and peraluminous rocks with calciumalkaline and tholeiitic affinity, and dual in the geotectonic classification, with the ultramafic rocks and some mafic granulites showing a divergent environment mantle affinity, while the felsic granulites and some mafic granulites show affinity with collision environment of the islands arc type. The integration of tectonic associations with mineral resources has shown that the main mineral resource of the Luis Alves Craton is iron of sedimentary origin, which has already been exploited. However the craton also has potential for gold, found even in magnetitites associated with ultramafic rocks, and also in hydrothermal veins in contact with the Itajaí Basin. The craton lithological variability also allows us to assume that it can be a carrier of Mn, found in concentration of 10% in some paragneisses, and Cr, Ni, Ti, V and EGP associated with ultramafic rocks, but in this case more detailed sampling is required to certify the potential for these elements.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. CONTEXTO GEOLÓGICO, TECTÔNICO E GEOFÍSICO REGIONAL	12
2.1. ARCABOUÇO GEOLÓGICO E TECTÔNICO REGIONAL.....	12
2.2. ARCABOUÇO GEOFÍSICO – MAGNETOMETRIA E GAMAESPECTROMETRIA.....	15
2.2.1. Levantamento aerogeofísico na região da ARIM Cráton Luis Alves.....	15
2.2.2. Interpretação aerogeofísica qualitativa	15
2.2.3. Magnetometria.....	16
2.2.4. Gamaespectrometria.....	17
2.2.5. Mapa de interpretação de dados magnetométricos e gamaespectrométricos.....	17
3. DOMÍNIOS GEOLÓGICOS, TECTÔNICOS, GEOFÍSICOS E LITOESTRATIGRAFIA	20
3.1. CRÁTON LUIS ALVES	20
3.1.1. Complexo Granulítico de Santa Catarina	20
3.1.1.1. Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha.....	20
3.1.1.1.1. Aspectos de Campo.....	20
3.1.1.1.2. Petrografia.....	25
3.1.1.1.3. Magnetitos.....	27
3.1.1.2. Paragnaisses Luis Alves	29
3.1.1.2.1. Aspectos de Campo.....	29
3.1.1.2.2. Petrografia.....	30
3.1.1.3. Gnaisses Granulíticos Luis Alves.....	34
3.1.1.3.1. Aspectos de Campo	34
3.1.1.3.2. Petrografia	36
3.1.1.4. Litogeoquímica.....	38
3.1.1.4.1. Métodos Analíticos.....	38
3.1.1.4.2. Geoquímica dos Granulitos Félsicos, Máficos e Barra Velha.....	38
3.1.1.4.3. Distribuição de ETR e Diagramas Multi-elementares	42
3.1.1.4.4. Interpretação Geotectônica	46
3.1.1.4.5. Considerações sobre a geoquímica dos granulitos.....	50
3.1.1.4.6. Rochas Exóticas Ricas em Ferro e/ou Manganês.....	51
3.1.1.5. Charnockito Postema	52
3.1.2. Ortognaisses Graníticos Granodioríticos e Granitoides Paleoproterozoicos	53
3.1.2.1. Ortognaisses Pomerode	53
3.1.2.2. Metagranito-Granodiorito Rodeio	53
3.1.2.3. Suíte Rio da Luz	53
3.1.3. Integração Geológica-Geofísica	54
3.1.3.1. Mapa de Integração Geológica-Geofísica.....	54
3.2. MICROPLACA CURITIBA (E FAIXA APIAÍ)	57
3.3. CINTURÃO GRANÍTICO COSTEIRO – BLOCO PARANAGUÁ.....	58
3.4. CINTURÃO DOM FELICIANO.....	59
3.5. BACIA DO PARANÁ	61
3.6. COBERTURAS DO CENOZOICO	62

4. ASSOCIAÇÕES TECTÔNICAS	64
4.1. O DOMO DE POMERODE	66
5. RECURSOS MINERAIS	69
5.1. PANORAMA MINERAL DA ÁREA.....	69
5.2. RECURSOS MINERAIS E AS ASSOCIAÇÕES TECTÔNICAS.....	69
5.3. RECURSOS METÁLICOS	69
5.3.1. Ferro	69
5.3.2. Ouro.....	70
6. MAPEAMENTO GEOQUÍMICO	72
6.1. INTRODUÇÃO	72
6.2. METODOLOGIA DE TRATAMENTO DOS DADOS GEOQUÍMICOS (ESTATÍSTICA UNI, BI E MULTIVARIADA)	72
6.2.1. Sumário Estatístico	73
6.2.2. Confecção Dos Mapas Geoquímicos Unielementares	74
6.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS BIVARIADA (CORRELAÇÃO DE SPEARMAN) E MULTIVARIADA (ANÁLISE FATORIAL).....	77
6.3.1. Análise de Correlação de Spearman.....	78
6.3.2. Análise Fatorial	78
6.4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES REFERENTES AOS DADOS GEOQUÍMICOS.....	84
7. CONCLUSÕES	85
8. REFERÊNCIAS	87
LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS	95
ANEXOS	103

**ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL
INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA E
RECURSOS MINERAIS DO CRÁTON LUIS ALVES**

1. INTRODUÇÃO

O Cráton Luis Alves é uma unidade geotectônica localizada na região sul do Brasil, com sua maior porção no Estado de Santa Catarina e o restante no Paraná e São Paulo. Tem um histórico de exploração de minério de ferro, principalmente na primeira metade do século XX e até meados da década de 1980 ainda operavam minas. Além da exploração do minério de ferro em formações ferríferas bandadas de origem sedimentar, nesta unidade geotectônica também ocorrem rochas máficas-ultramáficas, como magnetitos, que são fonte de ferro de origem ígnea e tem potencial para Au. Nas bordas do cráton, principalmente na parte sul, o limite com o Cinturão Dom Feliciano, é formado pela Zona de Cisalhamento Itajaí. Nessa zona, há várias ocorrências e algumas minas de ouro ativas, o processo de mineralização está provavelmente associado ao magmatismo Neoproterozoico.

O histórico de ocorrência e extração do Fe e Au, associado ao potencial das rochas ultramáficas e magnetitos de poderem ser portadoras de Cr, Ni, Ti, V e EGP, motivou a realização deste trabalho. A proposta do presente projeto foi de inventariar e aprofundar as informações das ocorrências já conhecidas, além de se procurar novas ocorrências e afloramentos dos litotipos de interesse. Procurou-se também estabelecer filiações geoquímicas a fim de se investigar as fontes e ambientes geológicos, que são correlacionáveis com o potencial mineral e podem nos dar pistas para encontrar novas ocorrências. O projeto utilizou como ferramentas os mapeamentos geológicos, descrições petrográficas, litogeoquímica e geoquímica de sedimentos de corrente, bem como as interpretações aerogeofísicas. Além do presente relatório, foram confeccionados também mapas de integração geológica-geofísica e de recursos minerais da área de estudo.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO, TECTÔNICO E GEOFÍSICO REGIONAL

2.1. ARCABOUÇO GEOLÓGICO E TECTÔNICO REGIONAL

A área de enfoque deste projeto faz parte da Província Mantiqueira, no nordeste do Estado de Santa Catarina, leste do Paraná e sudeste de São Paulo. As rochas granulíticas que representam as porções mais antigas da área foram agrupadas sob a denominação formal de Complexo Granulítico de Santa Catarina (HARTMANN; SILVA; ORLANDI FILHO, 1979). Estas rochas estão distribuídas em uma área aproximada de 5.500 km² tendo seu limite setentrional o limite entre os estados do Paraná e São Paulo, próximo às regiões de Guaraqueçaba e Cananéia e o limite sul ultrapassa a Bacia do Itajaí (SILVA, 1984). A leste, o Complexo Granulítico de Santa Catarina é limitado pelo Bloco Paranaguá e pelo Oceano Atlântico, a oeste é pelas rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná e a norte pela Microplaca Curitiba (BASEI et al., 1992) (Figura 1).

Uma das primeiras propostas de compartimentação tectônica do Pré-Cambriano catarinense foi feita por Takeda (1958), com a caracterização de três blocos crustais, sendo os blocos setentrional e meridional constituídos por rochas granítico-migmatíticas de embasamento, separados por um bloco central, constituído por rochas de cobertura da «Série Itajaí» (Dutra 1926), e por rochas metassedimentares da «Série Brusque» (CARVALHO; PINTO, 1938).

Seguiu-se a proposta de Hasui, Carneiro e Coimbra, (1975), que denominaram de “Maciço Mediano de Joinville” às rochas gnáissico-migmatíticas e granulíticas de Santa Catarina e Paraná. Esse Maciço seria balizado pelo Sistema de Dobramentos Apiaí a norte, e pelo Sistema de Dobramentos Tijucas, a sul, apresentando em suas bordas rejuvenescimentos introduzidos pelo desenvolvimento desses sistemas brasileiros. Ao sul do Sistema de Dobramentos Tijucas ocorreriam as rochas granito-migmatíticas do Maciço Mediano de Pelotas.

Hartmann, Silva e Orlandi Filho (1979) propuseram a denominação formal de Complexo Granulítico de Santa Catarina para a associação metamórfica da fácies granulito do segmento setentrional de Santa Catarina, bem como o seu prolongamento para norte até o estado do Paraná. Os autores afirmam que as rochas desse complexo fazem parte do “Cinturão Granulítico Atlântico” (FYFE; LEONARDOS JÚNIOR,

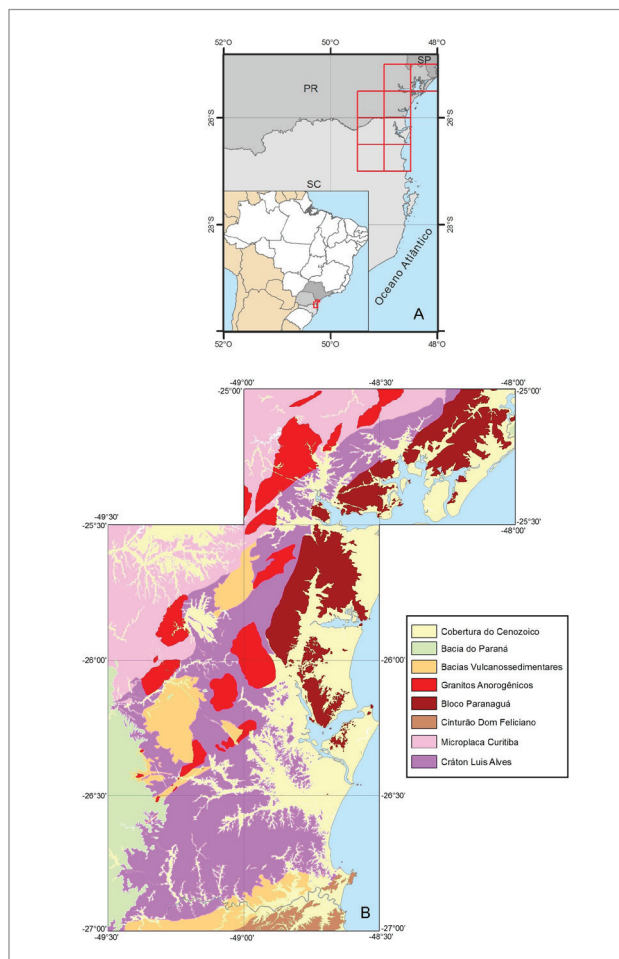


Figura 1 - A) localização da área do projeto; B) esboço geológico com os limites e distribuição da área do ARIM Cráton Luís Alves dentro do contexto geológico regional.

1974) e do “Maciço Mediano de Joinville”. Em termos geotectônicos consideram esta região como representativa de um cinturão móvel arqueano. O limite meridional do cinturão seria representado pelo Lineamento de Blumenau, que coloca as rochas granulíticas em contato com sedimentos cambro-ordovicianos de cobertura, do Grupo Itajaí. No oeste o Complexo Granulítico de Santa Catarina é recoberto pelos depósitos paleozoicos da Bacia do Paraná e no norte ocorrem intrusões de corpos graníticos pós-tectônicos e cobertura por sequências vulcanossedimentares eopaleozoicas.

Dados geocronológicos em gnaiesses quartzofeldspáticos da região de Luis Alves, obtiveram idades de 2.700 Ma (Rb-Sr) e 2.000 Ma (K-Ar). A partir desses dados, os autores sugeriram que o

metamorfismo da fácies granulito ocorreu há 2.700 Ma, no Neoarqueano, e a região foi também afetada por um evento termotectônico há cerca de 2.000 Ma, durante o Ciclo Transamazônico. Os tipos litológicos que predominam na região são gnaisses granulíticos quartzo-feldspáticos, porém também ocorrem ultramafitos, quartzitos, formações ferríferas e rochas calcissilicáticas. A região sofreu metamorfismo regional na fácies granulito, atestado pela presença de ortopiroxênio, seguido de um evento retrometamórfico regional da fácies anfíbolito e também um evento retrometamórfico da fácies xisto verde, localizado em zonas de falhas.

Kaul (1979) propôs o nome «Cráton Luís Alves» para a região granulítica que ocorre a norte do Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina, esta área seria limitada a norte pelo lineamento de Corupá e a sul pelo lineamento de Blumenau (KAUL, 1980). Posteriormente Fragoso Cesar (1980) prolongou o Cráton Rio de La Plata de Almeida (1973) até o Rio Grande do Sul e também aos terrenos antigos que ocorrem a norte do Grupo Itajaí em Santa Catarina.

Moreira e Marimon (1980) executaram estudos petrográficos e geoquímicos na região granulítica de Santa Catarina e observaram que as rochas variam de isotropas a bandadas com granulação média a fina com porções grossas. Os litotipos predominantes na área são noritos, ocorrendo enderbitos e ultramafitos. Com relação à litogeoquímica, a principal afirmação é de que as rochas são de origem ígnea e representam um *trend* de diferenciação magmática. Admitem ainda que as rochas máficas-ultramáficas são cogenéticas com os granulitos básicos e intemediários.

Silva e Dias (1981 a, b, c) indicaram que na área do Complexo Granulítico de Santa Catarina, os limites dos corpos ultramáficos são concordantes com as direções estruturais dos gnaisses granulíticos onde se inserem e para os quais gradacionam em todas as escalas. Esses autores afirmam que, na região próxima a Blumenau, existe um número expressivo de corpos ultramáficos de pequenas dimensões. Tanto esses corpos como aqueles de Barra Velha – Itajubá apresentam composição mineralógica (clinopiroxênios, ortopiroxênios e hornblenda) semelhantes e textura variando de fina a pegmatoide. Também admitem que os ultramafitos derivam de porções basais de antigas sequências vulcanossedimentares, semelhantes a *greenstone belts*.

Hartmann (1981) realizou trabalho de petrografia e geoquímica na região de Luis Alves e admitiu uma origem preferencialmente sedimentar, tanto para os gnaisses quartzo-feldspáticos, como para as rochas ultramáficas, podendo ocorrer subordinadamente rochas ortoderivadas.

Kaul e Teixeira (1982) sintetizam a evolução geológica dos complexos Luis Alves, Serra Negra e Itatins (SC, PR, SP) baseados em dados petrológicos e geocronológicos. Os três complexos consistem em rochas metamórficas da fácies granulito, dominando noritos, enderbitos, charnoenderbitos, ultramafitos, kinzigitos, quartzitos, biotita-hornblenda gnaisses, metaquartzodioritos, metadioritos, metagabros, serpentinitos e talcitos. Dados petrográficos e geoquímicos suportam uma origem ígnea para a maioria dessas rochas. As idades radiométricas por métodos Rb-Sr e K-Ar em diferentes materiais apresentaram resultados nos intervalos 3.100 ± 129 Ma, 2.600 ± 200 Ma e 2.000 ± 200 Ma e sugerem que os três complexos tenham sido formados predominantemente por processos de acreção-diferenciação crustal no Arqueano-Paleoproterozoico e, pelo menos o Complexo Luis Alves, atingiu uma estabilização crustal por volta de 1,8 Ga, no final do evento Transamazônico.

Silva et al. (1982) e Silva (1983) afirmam que a região cratônica é constituída por gnaisses de alto grau do Complexo Granulítico de Santa Catarina e suas características litológicas, petrológicas e geocronológicas permitem considerá-lo como uma antiga sequência vulcanossedimentar extensivamente retrabalhada em condições metamórficas da fácies granulito durante o Arqueano.

Basei (1985) sugeriu um esboço tectônico para o sul-sudeste brasileiro, destacando quatro unidades tectônicas maiores: porção sul do Cinturão Ribeira, Terrenos Granulito-Migmatíticos, Cinturão Dom Feliciano (FRAGOSO CESAR, 1980) e a Bacia do Paraná. Seus estudos enfocaram, no entanto, somente os Terrenos Granulito-Migmatíticos e o Cinturão Dom Feliciano. Sugere que as rochas granulito-migmatíticas tenham se comportado como uma entidade única no espaço compreendido entre os dois cinturões, que sua porção norte teria se comportado como um Maciço Marginal ao Cinturão Ribeira e a parte sul como um ante-país para a evolução do Cinturão Dom Feliciano.

Mantovani et al. (1987) afirmam que os valores de ϵNd positivos (0,9 a 3,0) e baixas razões iniciais de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,701 a 0,705) caracterizam uma importante acreção para os terrenos granulíticos de Santa Catarina ao redor de 2,6 Ga.

Hartmann (1988) caracteriza a existência de cinco eventos metamórficos para o Complexo Granulítico de Santa Catarina, sendo os três primeiros da fácies granulito, o quarto episódio seria retrometamórfico na fácies anfíbolito e o quinto na fácies xisto verde, localizado em zonas cataclásticas. Ainda nesse trabalho, obteve temperaturas em torno de 800°C para o segundo evento metamórfico.

Para este autor, o Complexo Granulítico de Santa Catarina mostra características de um complexo de base de crosta, com granada, hornblenda e plagioclásio como minerais importantes na sua geração.

Figueiredo et al. (1991) sugeriram que o Complexo Granulítico de Santa Catarina é constituído essencialmente por uma sequência básica a ácida e piroxenitos, ocorrendo anortositos, trondhjemitos, anfibolitos e metassedimentos subordinados. Esses autores, baseados em dados de litoquímica sugerem que os granulitos de Santa Catarina representam uma sequência cálcio-alcálica cogenética, onde os termos básicos correspondem a toleítos alto-Al e os ácidos-intermediários a tonalitos alto-Al e granodioritos. Apresentam como provável gênese da sequência, a geração de toleítos alto-Al por fusão parcial do manto e posterior diferenciação desse magma por cristalização fracionada em um ambiente de subducção. O tamanho relativamente reduzido do complexo e a ausência de crosta continental mais antiga sugerem um ambiente de arco de ilhas em vez de margem continental ativa.

Basei et al. (1992) apresentam uma interpretação da evolução geotectônica dos terrenos Pré-Cambrianos a Eopaleozoicos situados entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano, nos estados do Paraná e Santa Catarina. Propuseram o abandono do termo Maciço Mediano de Joinville e sua substituição por três unidades distintas: Microplaca Curitiba (norte), do Cráton Luís Alves (sul) e Cinturão Granitoide Costeiro (leste). Diferenças litológicas, estruturais, geoquímicas e geocronológicas entre as rochas que constituem essas unidades, permitem individualizar esses domínios geotectônicos, cuja aglutinação se deu no Neoproterozoico, início do Paleozoico, durante as orogêneses Brasiliana (clímax a 650 ± 50 Ma) e Rio Doce (clímax a 550 ± 50 Ma), como produto de sucessivas subduções e colisões relacionadas à constituição do Supercontinente Gondwana.

Siga Júnior et al. (1995), discutindo a evolução tectônica dos terrenos pré-cambrianos do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina, reconhece a presença de três grandes domínios geotectônicos com evoluções próprias e distintas: Domínio Luís Alves, Domínio Curitiba e Domínio Paranaguá. O Domínio Luís Alves é representado por rochas de alto grau metamórfico, tendo como principais litotipos os gnaisses granulíticos formados no Arqueano (2.800 – 2.600 Ma) e Paleoproterozoico (2.200 – 1.900 Ma). O Domínio Curitiba, situado a noroeste do Domínio Luís Alves, é constituído por rochas gnáissico-migmatíticas da fácies anfibolito, com granitoides cálcio-alcálicos (Suíte Granítica Rio Piên) em sua borda meridional. Caracteriza-se por mesossomas paleoproterozoicos (2.200 – 1.800

Ma) com leucossomas e porções graníticas neoproterozoicas (640 – 560 Ma). Esse terreno também poderia representar a borda do Domínio Luís Alves intensamente deformada, migmatizada e granitizada no Neoproterozoico e seria decorrência da movimentação relativa que teria colocado parte do terreno Luís Alves sob o Cinturão Ribeira, num movimento com vergência de noroeste para sudeste. Os granitoides deformados da Suíte Granítica Rio Piên, que balizam o contato entre os domínios Curitiba e Luís Alves, estariam relacionados às zonas transcorrentes que limitam essas rochas magmáticas.

Basei et al. (1998) descrevem o Complexo Granulítico de Santa Catarina como composto por ortognaisses intermediários a félsicos de composição trondhjemítica, tonalítica e granodiorítica (TTG) intrudidos por rochas básicas-ultrabásicas com um componente sedimentar subordinado. As rochas ortoderivadas seriam originadas de diferentes suítes magmáticas. Idades modelo Nd - TDM de 2,7 – 2,8 Ga datariam a primeira diferenciação manto-crosta, enquanto que idades Rb-Sr de 2,6 Ga e idades modelo Nd de 2,4 – 2,3 Ga registrariam os eventos magmáticos subsequentes. O metamorfismo regional na fácies granulito (800°C e 5-8 kb) ocorreu a 2,3 Ga (U-Pb em zircão e Sm-Nd) sendo seguido por um metamorfismo regional na fácies anfibolito em 2,0 Ga, como indicado por isócronas Pb-Pb e Rb-Sr, obtidas em rochas com pouco ortopiroxênio sendo anfibólio o máfico predominante. A estabilização tectônica foi atingida no final do Ciclo Transamazônico, a 1,9 Ga, como indicado pelas idades K-Ar. Apesar de serem observadas reativações de falhas localizadas nas margens do complexo e intrusões graníticas, o Complexo Granulítico de Santa Catarina não foi afetado durante o Neoproterozoico. Nesse intervalo de tempo ele atuou como uma microplaca, que foi incorporada no bordo leste do Cráton do Paraná.

Fornari (1998) identifica no Cráton Luís Alves dois conjuntos litológicos, um composto pelas associações máfico-ultramáfica, enderbítica e metassedimentar, metamorfisadas em condições metamórficas de fácies granulito; e outro, composto pela Suíte Alcalina Braço do Gavião, pela Suíte Granítica Pomerode e por diques de hornblenditos, posteriores ao evento granulítico que formou a primeira associação. O autor considera que a porção ígnea que sofreu metamorfismo na fácies granulito possui uma bimodalidade composicional, onde a Associação Máfico-Ultramáfica representa parte de um complexo máfico-ultramáfico estratificado que teve evolução por cristalização fracionada originada a partir de um magma toleítico, enquanto a Associação Enderbítica teve sua evolução a partir da fusão parcial de rochas máficas. Considerando as

características como bimodalidade composicional, encurtamento crustal e intercalações tectônicas, sedimentos transportados para a crosta média/inferior e o amplo predomínio de enclaves máficos, o autor sugere a junção dos modelos de *hot spot* e de subducção intracontinental para explicar essa diversidade de características observada na região de estudo.

Hartmann et al. (2000), através de datações U-Pb (SHRIMP) em zircões e analisando a sequência de cristalização de piroxênios e hornblendas de gnaisses granulíticos (trondhjemitos) do Complexo Granulítico de Santa Catarina, verificaram a presença de quatro eventos metamórficos distintos, três de alto grau e o último de baixo grau, relacionado a zonas de cisalhamento. Os eventos metamórficos de alto grau foram correlacionados às idades U-Pb (SHRIMP) obtidas em zircões, sendo que a idade de 2,72 Ga foi interpretada como a idade de cristalização magmática dos protólitos, o evento metamórfico M1, de fácies granulito, foi correlacionado à idade de 2,68 Ga, o evento metamórfico M2, da fácies anfibolito, é caracterizado pela formação de auréolas de hornblenda ao redor dos piroxênios e ao evento metamórfico M3, também de fácies granulito, representado pela formação de simplectitos de dois piroxênios ao redor de hornblendas, foi atribuída a idade de 2,17 Ga. Os autores consideram que a sequência de eventos, desde o início do magmatismo até o final do metamorfismo, ocorreu durante um período de 500 Ma, do Arqueano ao Paleoproterozoico sendo que nenhum evento mais jovem do que 2,17 Ga ficou registrado nos zircões datados. Idades K-Ar de 1,9 Ga foram obtidas por Basei, Macreath e Siga Júnior (1998), indicando que o Complexo Granulítico de Santa Catarina permaneceu como um bloco estável durante o Neoproterozoico (Ciclo Brasileiro), formando o Cráton Luis Alves (KAUL, 1979).

Basei et al. (2010) munido de novos dados litotômicos e geocronológicos concluem que o Cráton Luis Alves é um terreno alóctone que teve história distinta até sua colagem com as outras grandes massas cratônicas, Rio de La Plata, Paranapanema, Congo e Kalahari, que culminaram na formação da parte oeste do Supercontinente Gondwana durante o Neoproterozoico. Além disso, devido a grande espessura do cráton obtida por gravimetria, que chega a 45 km (MANTOVANI et al., 1989), e por discrepâncias nas idades modelo de Nd (TDM) entre os granitoides intrusivos (idades modelo paleoproterozoicas) e dos granulitos (idades modelo Neoarqueanas), sugerem que o Complexo Granulítico de Santa Catarina – Cráton Luis Alves cavalgou sobre um complexo juvenil paleoproterozoico.

2.2. ARCABOUÇO GEOFÍSICO - MAGNETOMETRIA E GAMAESPECTROMETRIA

2.2.1. Levantamento aerogeofísico na região da ARIM Cráton Luis Alves

A área deste projeto é totalmente recoberta pelo levantamento do Projeto Aerogeofísico Paraná – Santa Catarina, de 2011 (CPRM, 2011), que obteve dados gamaespectrométricos e magnetométricos nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, com espaçamento de linhas de vôo de 500 m, altitude de 100 m e direção das linhas de voo norte-sul (Figura 2).

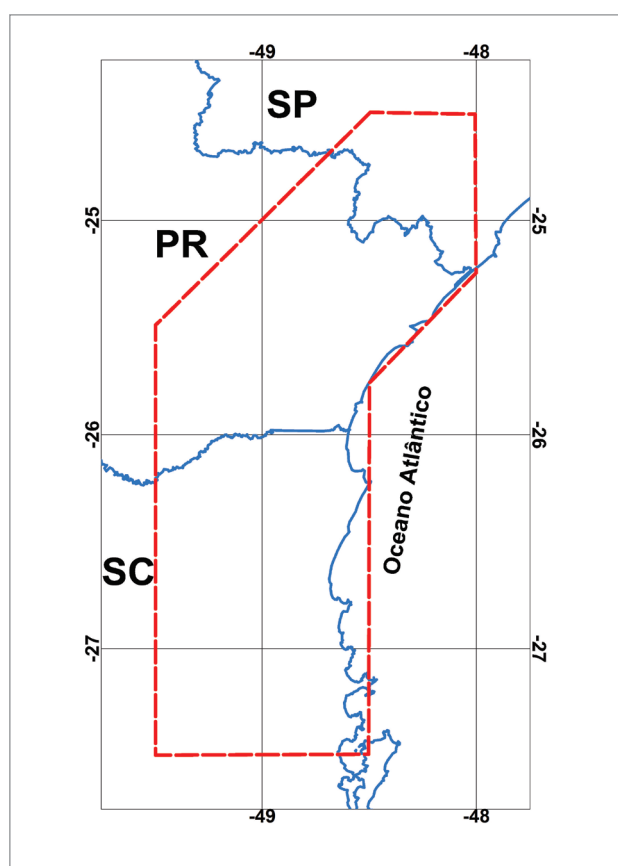


Figura 2 - Localização da cobertura aerogeofísica do projeto ARIM Cráton Luis Alves em SC, PR e SP.

2.2.2. Interpretação aerogeofísica qualitativa

A interpretação qualitativa dos dados aerogeofísicos de magnetometria e gamaespectrometria teve como finalidade auxiliar os trabalhos executados na ARIM Cráton Luis Alves. De modo geral, o estudo restringiu-se à análise de feições geofísicas, a partir dos contrastes laterais de propriedades físicas de minerais (susceptibilidade magnética e emissão de radiação gama – elementos Th, U e K) existentes na litologia do terreno.

A interpretação geofísica qualitativa foi inicialmente realizada de maneira independente das informações geológicas disponíveis, evitando-se a influência das primeiras durante a análise dos dados aerogeofísicos. Posteriormente fez-se a integração entre a interpretação geofísica e as informações geológicas existentes.

As feições magnéticas permitem traçar os principais lineamentos magnetométricos e possíveis anomalias magnéticas, diferenciadas em dipolos ou corpos magnéticos na primeira etapa da interpretação geofísica. Foram então delimitados os domínios gamaespectrométricos e feita uma nova avaliação dos produtos magnéticos a fim de identificar possíveis anomalias magnéticas com assinaturas não tão bem definidas. Após esta etapa de interpretação, seguiram-se outros procedimentos para melhor caracterização de alvos na região.

2.2.3. Magnetometria

Os mapas magnetométricos foram os que mais contribuíram com informações relacionadas à geologia estrutural da área, sendo úteis para a definição do arcabouço tectono-estrutural da região.

A Figura 3 mostra o mapa de campo magnético anômalo da região da ARIM Cráton Luís Alves. Nota-se uma característica comum a este tipo de mapa

que é a bipolaridade. Elas representam a anomalia magnética do campo total reduzido do Campo de Referência Geomagnético Internacional (IGRF) gerada por corpos magnetizados.

Na Figura 4 é apresentado o mapa da amplitude do sinal analítico do campo magnético anômalo da região. Este processamento transforma as anomalias magnéticas bipolares em monopulares, o que facilita a interpretação e identificação de corpos magnéticos.

A Figura 5 mostra a primeira derivada vertical do campo magnético anômalo da área. A aplicação da primeira derivada vertical do campo magnético anômalo caracteriza-se por realçar as estruturas magnéticas (falhas/fraturas).

A presença dos enxames de diques do arco de Ponta Grossa, localizados principalmente nos estados do Paraná e São Paulo e com direção preferencial NW-SE, pode dificultar a clara identificação das grandes estruturas magnetométricas regionais.

Para melhorar a identificação dessas estruturas, foi feita uma continuação para cima de 2 km do campo magnético anômalo visando suavizar a influência das fontes magnéticas mais rasas e desta forma evidenciar as estruturas magnetométricas mais profundas. O resultado da primeira derivada vertical desta continuação para cima de 2 km e os traços dos principais lineamentos magnetométricos mais profundos são mostrados na Figura 6.

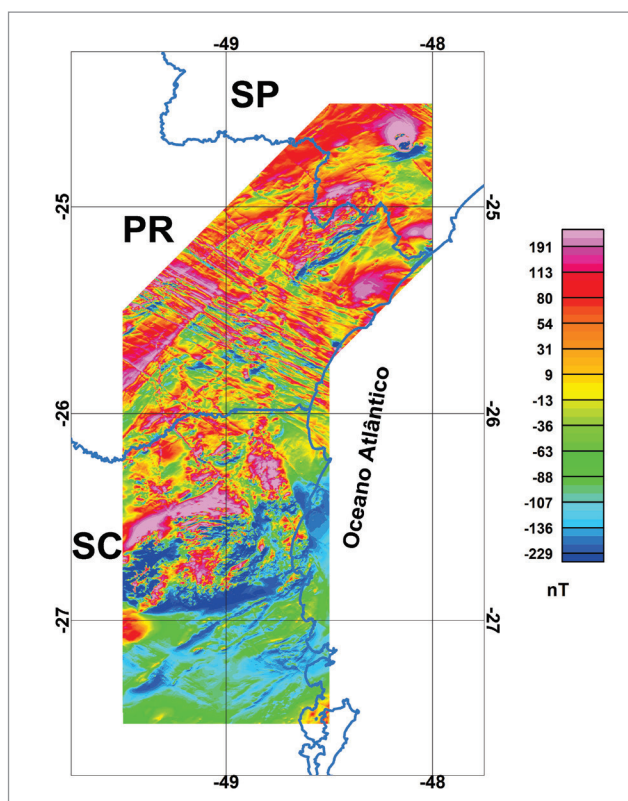


Figura 3 - Mapa magnetométrico do campo total reduzido do IGRF área da ARIM Cráton Luís Alves.

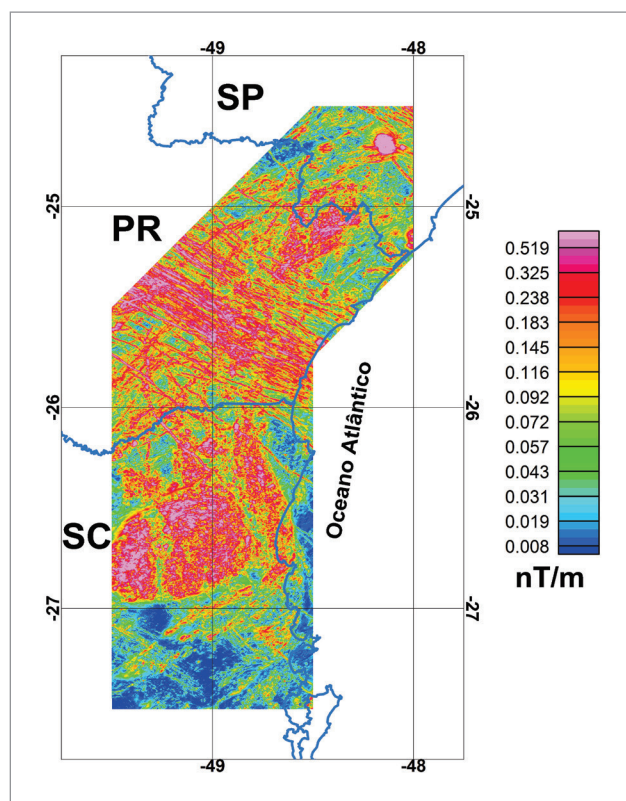


Figura 4 - Mapa da amplitude do sinal analítico do campo magnético anômalo da área da ARIM Cráton Luís Alves.

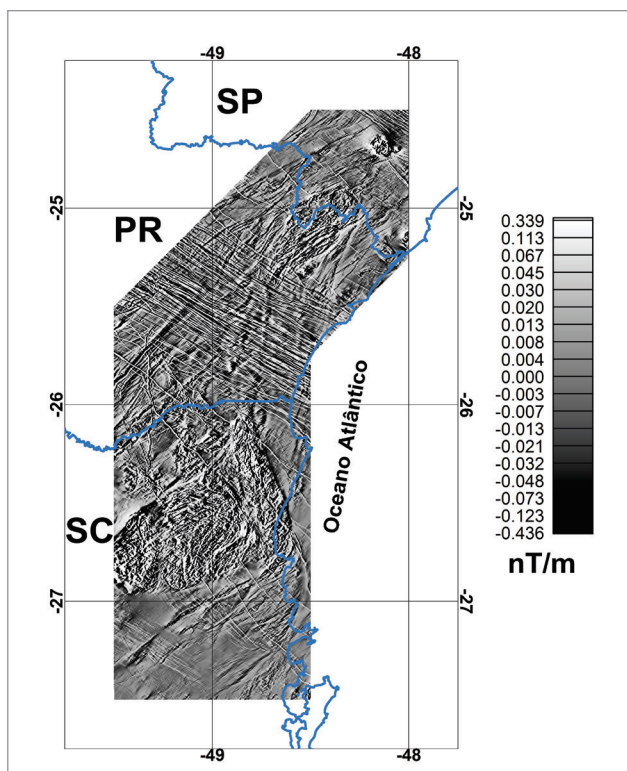


Figura 5 - Mapa da primeira derivada vertical do campo magnético anômalo da área da ARIM Cráton Luis Alves.

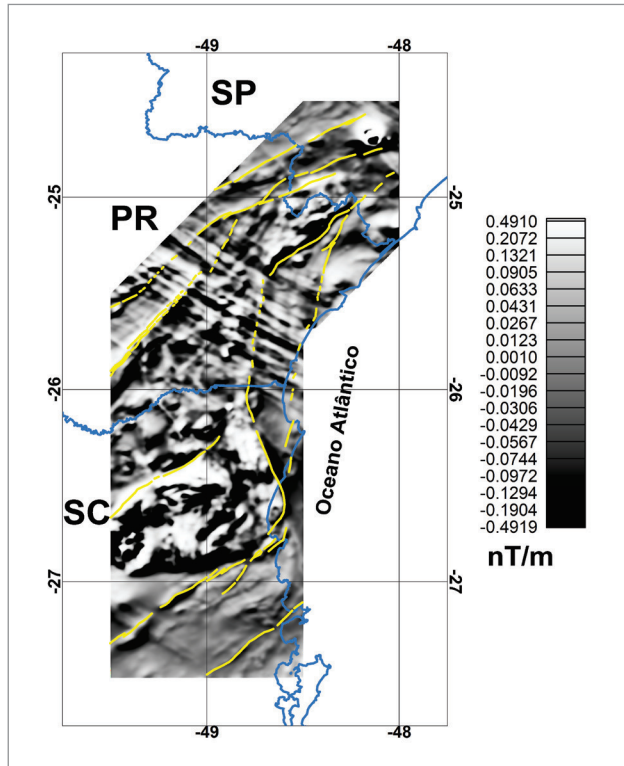


Figura 6 - Primeira derivada vertical do campo magnético anômalo continuado para cima de 2 km. As linhas em amarelo representam os principais lineamentos magnetométricos de maior profundidade.

2.2.4. Gamaespectrometria

Os mapas dos radioelementos Th, U-Th, K e contagem total correspondem à geologia de superfície e representam a distribuição das diferentes rochas e solos aflorantes, tendo em vista que as informações gamaespectrométricas são referentes a feições em profundidades rasas, até no máximo a 30-40 cm da superfície. A gamaespectrometria ou radiometria costuma ser vista como um guia para localizar rochas com radioatividades acima do background, como os granitoides e as rochas alcalinas. Na Figura 7 são mostrados os mapas individuais de cada um dos elementos radiométricos e da contagem total.

Uma imagem ternária RGB (Figura 8) foi gerada atribuindo para cada radioelemento cores distintas: vermelha (R-red) para as rochas ricas em potássio, verde (G-green) para as rochas ricas em tório e azul (B-blue) para as rochas ricas em urânio. Onde litologias com elevados teores de radioelementos teriam tonalidade branca e litologias com baixos teores de radioelementos, teriam a tonalidade preta.

2.2.5. Mapa de interpretação de dados magnetométricos e gamaespectrométricos

A partir da interpretação dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos foi possível a identificação de algumas feições correlacionáveis ao arcabouço litológico e estrutural da área. As feições lineares relacionadas aos enxames de diques obtidas do mapa da primeira derivada vertical estão normalmente concentradas na porção centro-nordeste da área, predominantemente alinhados na direção NW-SE, enquanto que os lineamentos de primeira e segunda ordem apresentam direção preferencial SW-NE. De forma geral, o embasamento da área não apresenta uma magnetização elevada, com exceção de alguns núcleos representados na Figura 9 como polígonos com malha vermelha. Diversas possíveis anomalias menores são assinaladas de forma dispersa pela área do projeto.

Os domínios gamaespectrométricos foram delimitados com base na concentração relativa dos elementos K, Th e U (Figura 10). Existe uma relação direta entre esses domínios e a geologia superficial do local. O padrão de cores empregado na legenda para diferenciar os domínios geofísicos utilizam valores baixos (RGB=0), médios (RGB=128) e altos (RGB=255) de cada rádio elemento, o que proporciona uma combinação 3x3 com as cores equivalentes à imagem ternária RGB, facilitando a integração com a geologia.

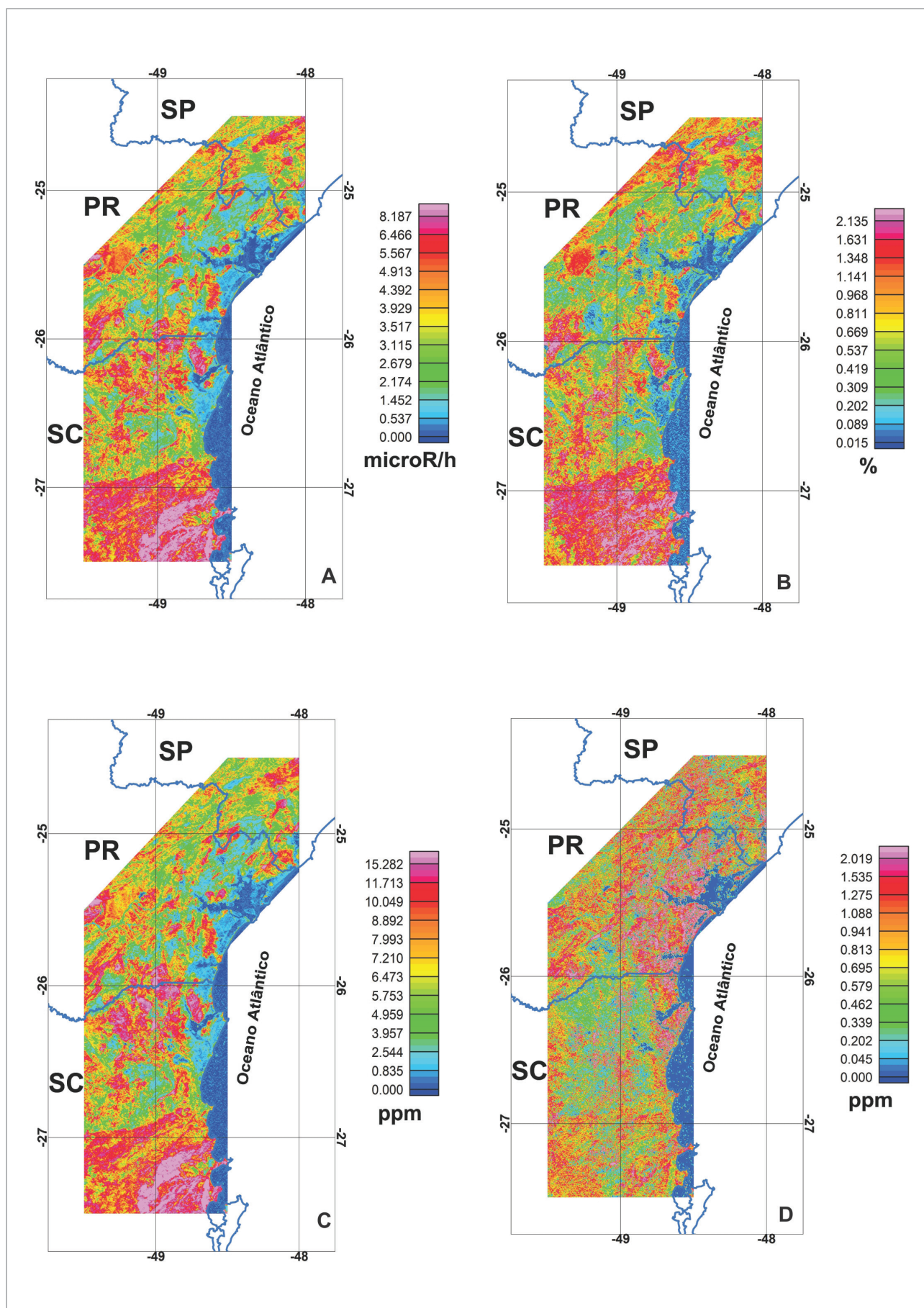


Figura 7 - Mapas dos radioelementos na região da ARIM Cráton Luís Alves. (A) Contagem total; (B) Potássio; (C) Tório; (D) Urânio-Thório.

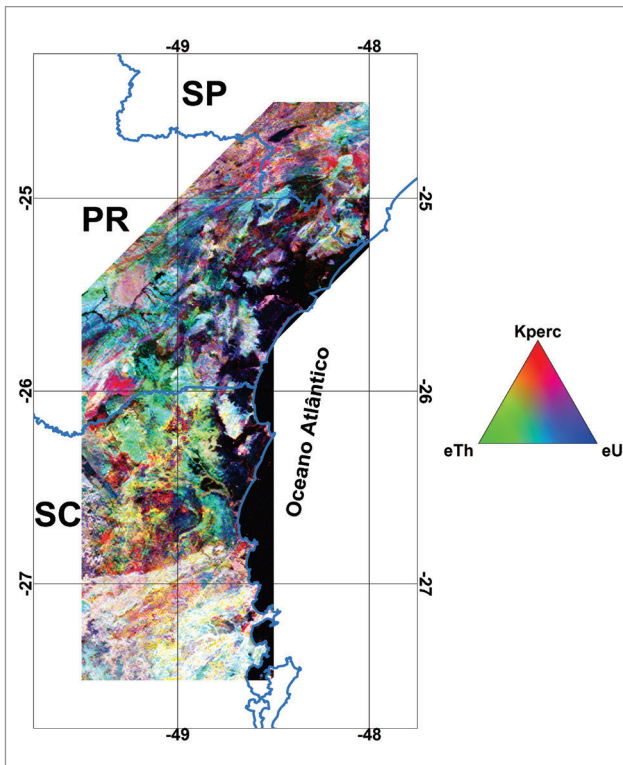


Figura 8 - Mapa da composição ternária dos elementos K-Th-U da área da ARIM Cráton Luís Alves.

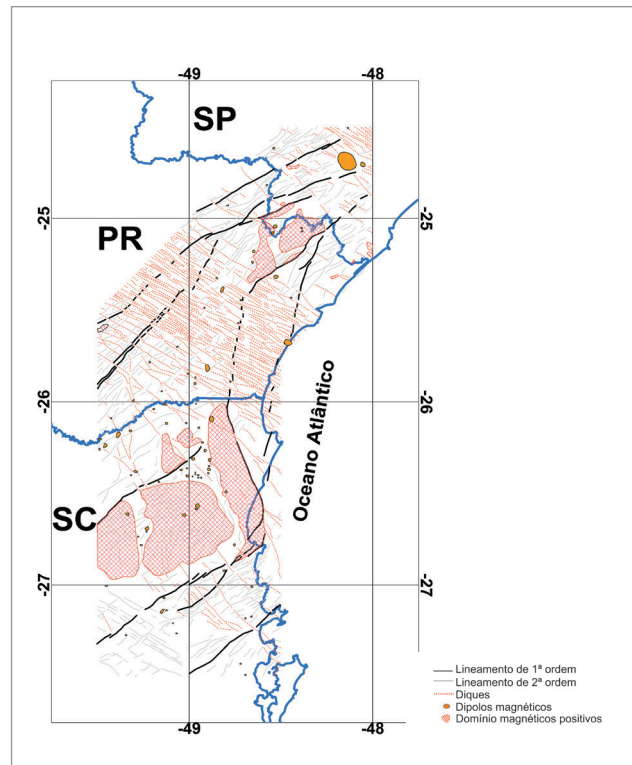


Figura 9 - Mapa de interpretação magnetométrica da região da ARIM Cráton Luís Alves. Lineamentos magnéticos, classificados como diques (tracejado vermelho), lineamentos de primeira ordem (linhas pretas) e de segunda ordem (linhas cinza). Corpos com assinatura magnética diferenciada e anomalias dipolares em laranja.

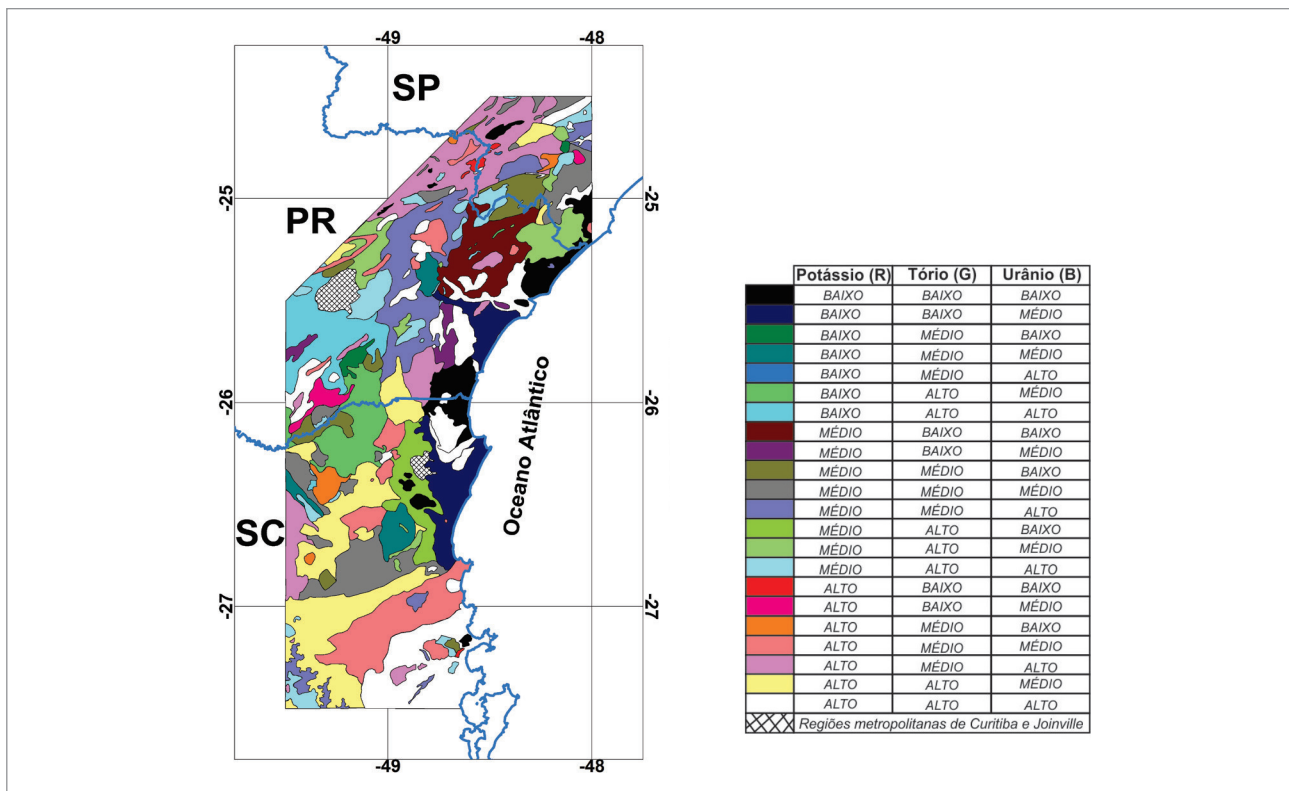


Figura 10 - Mapa de interpretação dos domínios gamaespectrométricos da região da ARIM Cráton Luís Alves. O mapa exibe os domínios identificados para a região, classificando-os com base na concentração de K, eTh e eU.

3. DOMÍNIOS GEOLÓGICOS, TECTÔNICOS, GEOFÍSICOS E LITOESTRATIGRAFIA

3.1. CRÁTON LUIS ALVES

O Cráton Luis Alves é uma unidade geotectônica Arqueana-Paleoproterozoica formada por sete unidades litoestratigráficas (Anexo I). Dessas sete, quatro passaram por metamorfismo de fácies granulito e caracterizam o Complexo Granulítico de Santa Catarina, que são a Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha, os Gnaisses Granulíticos Luis Alves, os Paragnaisses Luis Alves e o Charnokito Postema. As outras três unidades são granitoides que podem ter deformação ou não, e caracterizam-se por não terem passado por metamorfismo granulítico, que são o Ortognaisse Pomerode, Granodiorito Rodeio e Suíte Rio da Luz.

Os trabalhos geológicos de cunho regional indicam que as rochas metamórficas do Cráton Luis Alves sofreram, no Neoarqueano - Paleoproterozoico, pelo menos duas fases de metamorfismo regional na fácies granulito e uma na fácies anfibolito. Além de retrometamorfismo na fácies xistos verdes, em zonas de cisalhamento estreitas e em zonas de falhas, tendo atingido estabilidade tectônica no Paleoproterozoico em torno de 1,8 Ga (HARTMANN; SILVA; ORLANDI FILHO, 1979); KAUL; TEIXEIRA, 1982; MANTOVANI et al., 1987; HARTMANN, 1988; BASEI et al, 1998; HARTMANN et al., 2000).

As unidades foco deste trabalho e inseridas no Complexo Granulítico de Santa Catarina, são as unidades arqueanas-paleoproterozicas: Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha, Gnaisses Granulíticos Luis Alves e Paragnaisses Luis Alves.

A Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha, fazendo uma correlação com os protólitos ígneos, é constituída por litotipos desde piroxenitos e hornblenditos até leucogabros. Também associado aos litotipos mais ultramáficos ocorrem magnetitos. Nos Gnaisses Granulíticos Luis Alves estão inseridas rochas que contém mais de 5% de quartzo e normalmente não têm mais de 30% de minerais máficos, com composições mineralógicas quartzo-dioríticas a tonalíticas. Nos Paragnaisses Luis Alves enquadraram-se os quartzitos, magnetita quartzitos (formação ferrífera bandada) e uma rocha de ocorrência única até então, composta por ortopiroxênio e granada manganesífera, classificada como eulísito (DEER; HOWIE; ZUSSMAN, 2008; TILLEY, 1936).

Do ponto de vista petrográfico as amostras foram classificadas segundo a recomendação da Subcomissão de Sistemática sobre Rochas Metamórficas da União Internacional de Ciências Geológicas – SMR/IUGS (FETTES; DESMONS, 2007).

3.1.1. Complexo Granulítico de Santa Catarina

3.1.1.1. Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha

3.1.1.1.1. Aspectos de Campo

Esta unidade costuma aflorar na forma de blocos, matacões e lajeados com pouca continuidade lateral dos mesmos. Em três locais têm-se uma melhor exposição, que demonstra o volume e extensão que as rochas máfica-ultramáficas podem atingir. Dois dos maiores corpos contínuos conhecidos ocorrem em duas pedreiras, uma à leste da BR-101 e ao sul de Joinville (Figura 11A e Figura 11B), a outra em Antonina, no Paraná, a sul da PR-405, caminho vicinal para Guaraqueçaba (Figura 11C e Figura 11D). A terceira exposição é no costão da Praia do Grant, no município de Barra Velha, onde ocorrem vários corpos menores, no sentido Barra Velha – Piçarras (Figura 11E e Figura 11F).

Lentes e enclaves dentro dos Gnaisses Granulíticos Luis Alves são a forma secundária de ocorrência desta unidade. Os blocos e matacões ocorrem por vezes isolados, em campos de matacões, em cortes de estrada. Em algumas drenagens ocorrem lajeados um pouco maiores (Figura 12). Quando em lentes e enclaves assumem dimensões e formas variadas, como visto em um afloramento no qual o piroxenito tem forma de cunha de 1,5m de altura por 0,5m de largura dentro de granulitos félsicos (Figura 12E).

A estrutura visível mais comum nesta unidade é a orientação dos grãos de plagioclásio, porfiroclásticos ou não, formando planos, linhas e bandamento gnaíssico milimétrico (Figura 13). Em um dos locais onde foi visto o bandamento gnaíssico, a atitude também é subhorizontal. Na grande maioria dos afloramentos desta unidade não são encontradas estruturas e naqueles que foram vistas, muitas vezes eram em blocos deslocados onde não é possível medir atitude confiável. Curiosamente, um dos poucos blocos considerado *in situ* apresenta uma foliação milonítica subhorizontal (Figura 13A).



Figura 11 - Fotos de afloramentos da Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha. A) Pedreira de metapiroxenito em Joinville; B) detalhe do metapiroxenito da pedreira de Joinville com injeção de pegmatito; C) Pedreira de metapiroxenito paralisada em Antonina; D) visão do afloramento na pedreira em Antonina com cobertura de vegetação; E) Praia do Grant (Barra Velha) contato N-S entre granulito félsico (à direita) e o anfibolito (à esquerda); F) Praia Pedras Brancas e Negras, contato entre metapiroxenito e um pegmatito que o intrude (rochas claras à direita na foto).



Figura 12 - Fotos de afloramentos da Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha. A), B) e C) afloramento tipo campo de matações com diferentes formas e dimensões; D) afloramento de matação em corte de estrada; E) piroxenito em forma de cunha de 1,5m de altura por 0,5m de largura dentro de granulito félsico; F) afloramento tipo lajeado em drenagem.



Figura 13 - Fotos de afloramentos com estruturas da Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha. A) bloco in situ com foliação ou acamamento subhorizontal em granulito anortosítico; B) porfiroclastos de plagioclásio orientados em granulito máfico (bloco mexido); C) bandamento gnaíssico milimétrico subhorizontal marcado pelo plagioclásio em granulito máfico.

Macroscopicamente são rochas escuras a cinza claro, predominantemente isotrópicas, com tamanho de grão médio, com presença de grãos muito finos, bem como de pórfiros de plagioclásio ou piroxênio e porfiroblastos de hornblenda, como os que ocorrem no metapiroxenito que aflora entre a Praia do Grant e a Praia do Sol em Barra Velha (Figura 14).

O litotipo mais raro pertencente a esta unidade é o magnetitito. Não ocorrem afloramentos desta rocha, foi somente encontrado em furos de sondagem (Figura 15) (FREITAS, 2015). Fornari (1998) acredita que os magnetititos são correlatos com as rochas máficas-ultramáficas dentro do contexto de um complexo máfico-ultramáfico estratiforme (semelhante ao Complexo Ígneo de Bushveld na África do Sul) com gênese cumulática a partir de um magma toleítico.

A Figura 16 apresenta o mapa de distribuição dos pontos amostrados com rochas pertencentes à Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha.

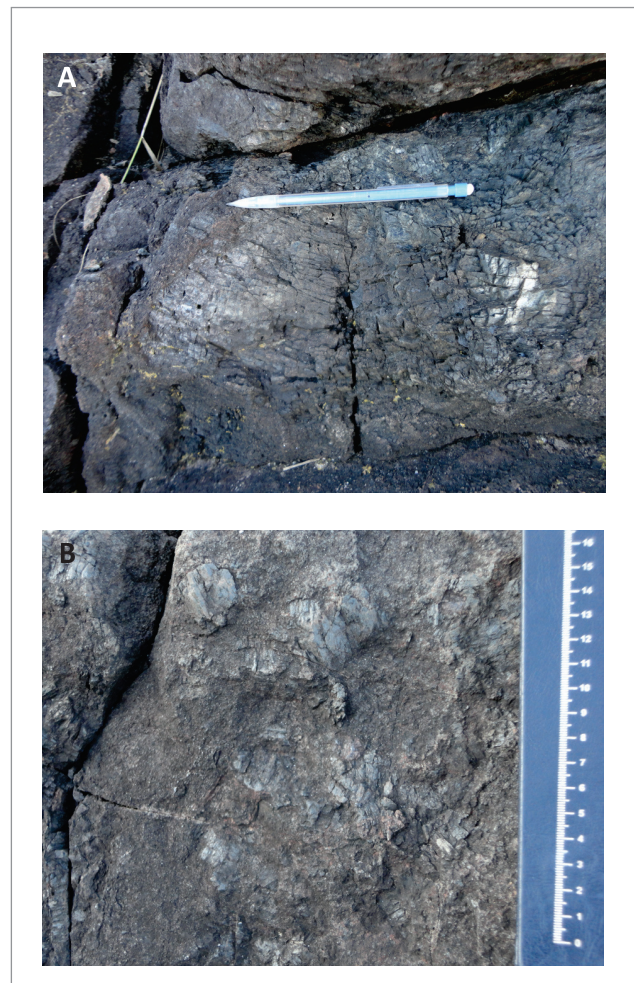


Figura 14 - A) e B) metapiroxenito com porfiroblastos de hornblenda.

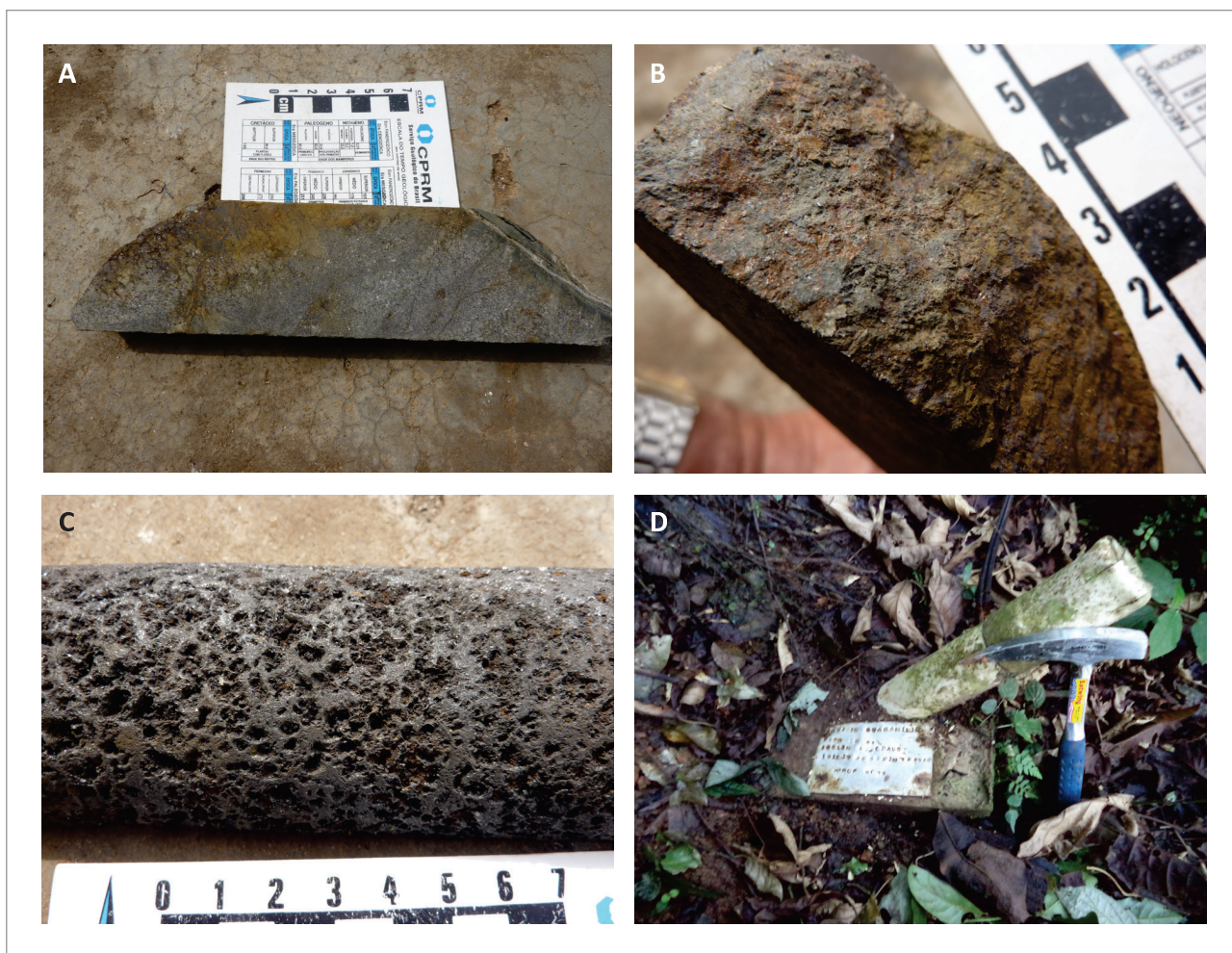


Figura 15 - A) e B) testemunho de sondagem de magnetito inalterado oriundo da profundidade aproximada de 60 metros; C) testemunho de sondagem de magnetito alterado oriundo do início da perfuração, mais superficial; D) local de realização da sondagem em Guaramirim – SC.

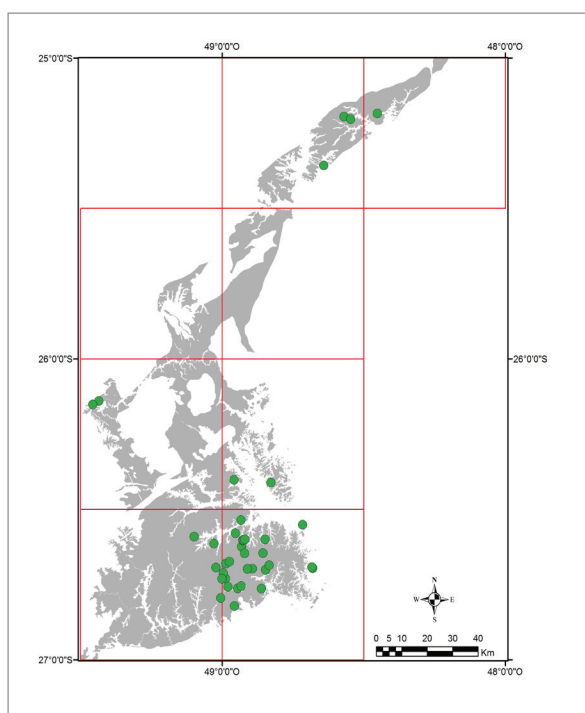


Figura 16 - Mapa de distribuição dos afloramentos visitados e classificados como pertencentes a Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha com o traçado atual do Cráton Luis Alves.

3.1.1.1.2. Petrografia

Foram descritas 40 lâminas petrográficas de 37 afloramentos distintos desta unidade, aqui classificadas como metapiroxenito à plagioclásio (17 lâminas), granulito máfico (17 lâminas), granulito félsico (5 lâminas) e anfibolito (uma lâmina).

Microscopicamente domina a textura granoblástica poligonal, com bordas interlobadas a retas, mas também com ocorrência de grãos subédricos e euédricos, estes na maioria grãos reliquiais de piroxênio e plagioclásio (Figura 17 e Figura 18). A extinção ondulante é comum nos grãos, inclusive nos mais resistentes a temperaturas e pressões elevadas, como os piroxênios. Feições como: porfiroclastos de hornblenda e piroxênio com forma sigmoide, grãos cominuídos dos principais componentes minerais, aglomerados de minerais máficos e porfiroblastos de hornblenda são feições relativamente comuns e podem ocorrer em vários pontos da unidade (Figura 18). Já feições como: mirmequitos, vênulas multidirecionais compostas por epidoto, clorita e tremolita; injeções de quartzo, textura nematoblástica e grãos embainhados (inclusive de plagioclásio) são feições pontuais que ocorrem em alguns afloramentos. Em uma lâmina observou-se a paragênese actinolita + clorita + epidoto, típica de fácies xisto verde (DEER; HOWIE; ZUSSMAN, 2008), demonstrando que após o metamorfismo granulítico houve retrometamorfismo para fácies de grau inferior.

A mineralogia essencial é composta por plagioclásio, clinopiroxênio (diopsídio e augita), ortopiroxênio (hiperstênio, enstatita e bronzita), hornblenda e biotita, e em menor grau e dependendo do grau de retrometamorfismo e hidrotermalismo podem ocorrer actinolita, clorita, epidoto e granada como minerais essenciais. Como minerais acessórios ocorrem sulfetos (pirita e calcopirita), espinélios (magnetita, cromita, hercinita), apatita, zircão, sericita, quartzo, clorita, epidoto, biotita-flogopita, actinolita, tremolita, muscovita e granada.

O plagioclásio em alguns locais pode atingir até 4 mm de tamanho, com formas subédricas e euédricas. As formas poligonais têm em média 1 mm e nos metapiroxenitos à plagioclásio ele ocorre intersticial com formas anédricas. É comum estar um pouco sericitizado em qualquer uma das formas de ocorrência, porém em algumas lâminas está extremamente alterado para sericita e epidoto. A macla albita ocorre tanto intacta, quanto curvada ou até mesmo apagada devido à alta temperatura de metamorfismo e em alguns casos desenvolveu a macla tectônica ou antipertitas, demonstrando grau de deformação elevado. Os piroxênios podem ter grãos de até 4 mm, tendo a ocorrência tanto de clinopiroxênio (diopsídio

e augita) quanto de ortopiroxênio (hiperstênio, enstatita e bronzita), com um leve predomínio de clinopiroxênio em termos gerais. O pleocroísmo varia de incolor a rosa claro nos ortopiroxênios e de incolor a verde claro nos clinopiroxênios, como também o pleocroísmo pode estar ausente em ambos os tipos, nesse caso se distinguindo o ortopiroxênio do clinopiroxênio pelo ângulo de extinção, reta no primeiro e entre 15° a 50° no segundo. Os grãos maiores e reliquiais têm formas subédricas e euédricas, algumas vezes porfiroclastos sigmóides e *kink bands* (Figura 19), os grãos recristalizados são menores e têm formas poligonais, podem ocorrer também grãos cominuídos microcristalinos em zonas com concentração de deformação. É comum a alteração dos piroxênios para hornblenda e biotita, mais raramente para clorita, actinolita e tremolita, todas estas como produto de retrometamorfismo. A formação de titanita microcristalina nas bordas dos grãos ocorre em alguns pontos. A exsolução de opacos ao longo da clivagem não é rara e alguns grãos podem ser maclados.

A hornblenda pode ter grãos de até 1 cm, normalmente em porfiroblastos que crescem a partir do piroxênio e muitas vezes englobam os mesmos. As formas variam de subédrica, anédrica a poligonal e tendem a ocorrer em agregados que na amostra de mão parecem pórfiros. O pleocroísmo varia do verde claro ao verde, e observa-se exsolução de opacos microcristalinos na clivagem de alguns grãos. Sob luz polarizada apresenta as birrefringências características de segunda ordem. É um produto de alteração dos piroxênios por retrometamorfismo, no entanto ela também altera para biotita, clorita e actinolita.

A biotita-flogopita pode atingir até 2 mm, com formas subédrica, euédrica e anédrica, algumas vezes ocorrendo como lamelas ao longo das clivagens do ortopiroxênio e da hornblenda. Como é oriunda da alteração do ortopiroxênio ou da hornblenda costuma ocorrer sempre associada a estes, muitas vezes nas bordas destes minerais. Quando em zonas de deformação aparecem orientadas e algumas vezes cominuídas com tamanho microcristalino. Há grãos curvados gerando pleocroísmo e extinção ondulante, em alguns locais há grãos com *kink bands* e também ocorre pontualmente formação/injeção de epidoto na clivagem da biotita-flogopita. Além do pleocroísmo normal, que varia do marrom claro ao marrom escuro, há grãos com pleocroísmo amarelo esverdeado ao marrom avermelhado característico de um grau de metamorfismo mais elevado.

Os demais minerais presentes enquadram-se como acessórios. Os minerais opacos (pirita, calcopirita e magnetita) não foram identificados pelas técnicas convencionais do microscópio petrográfico, logo utilizou-se outras técnicas laboratoriais (análise mineralógica, magnetismo da rocha e seção polida em algumas amostras).

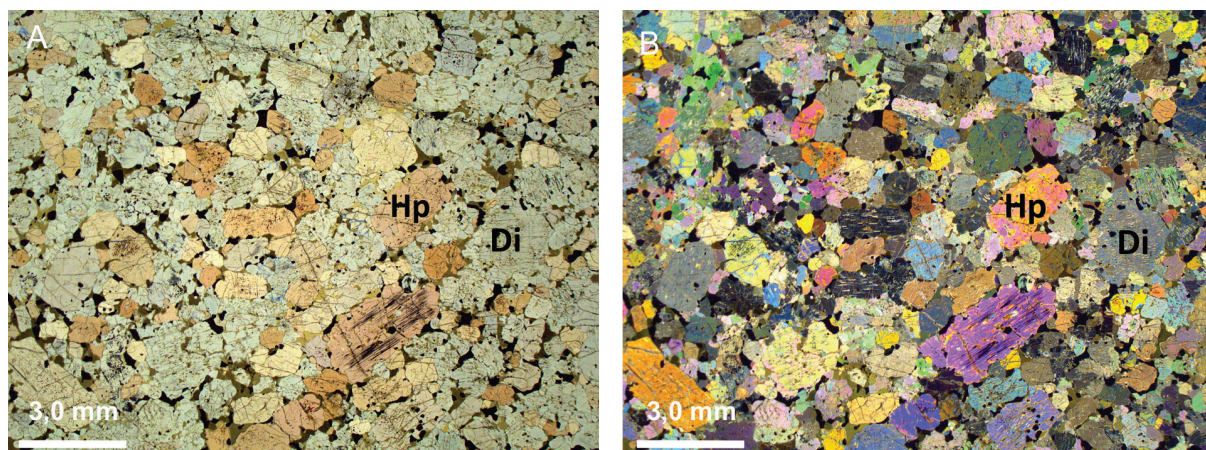


Figura 17 - Textura de metapiroxenito da Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha composto predominantemente por ortopiroxênio (hiperstênio) e clinopiroxênio (diopsídio). A) foto à LN, grãos de cor marrom, bege e rosada são de hiperstênio, grãos esverdeados são de diopsídio e os grãos pretos nos interstícios são de opacos. B) foto à LP. Observar a forma granoblástica poligonal da maioria dos grãos, com grãos subédricos subordinados. Aumento de 7x.

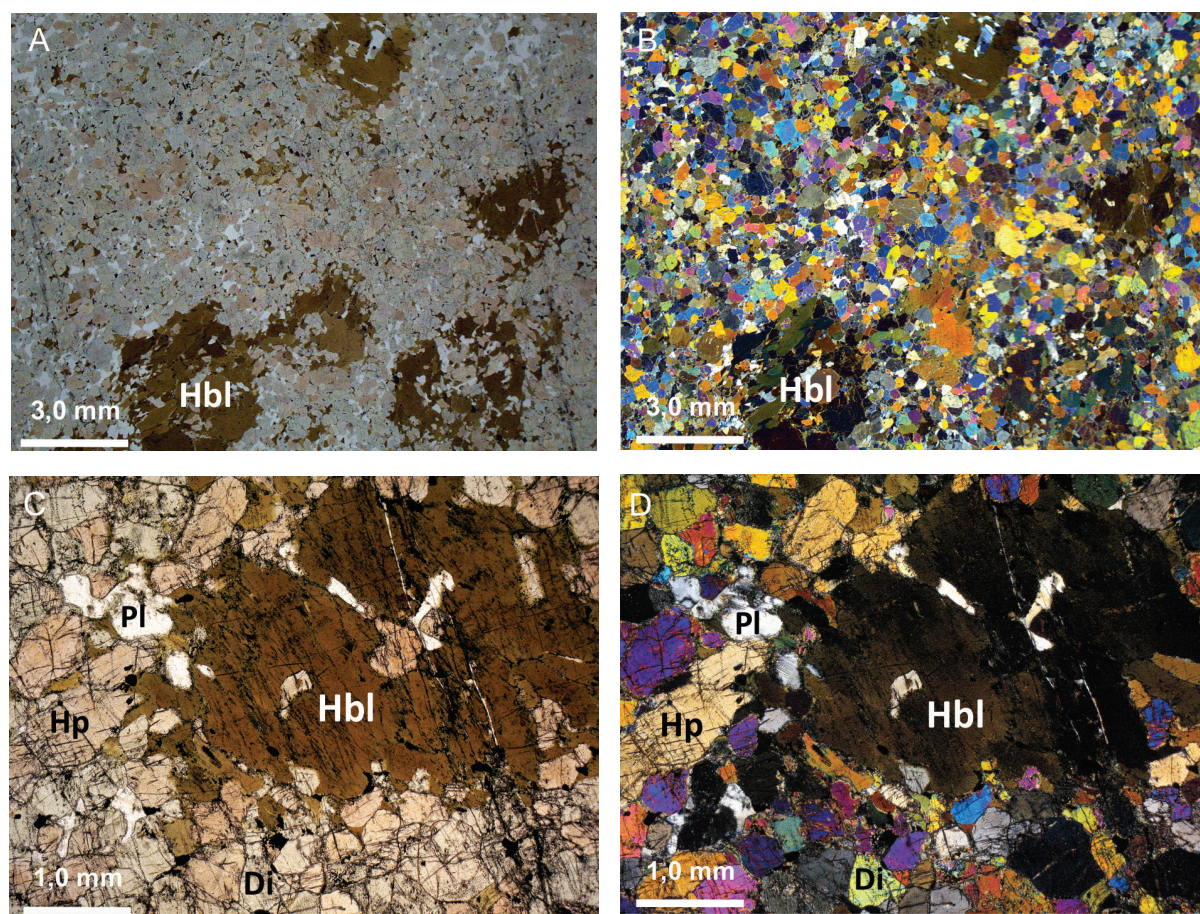


Figura 18 - A) e B) Visão da textura de metapiroxenito à plagioclásio, textura granoblástica e porfiroblastos de hornblenda em aumento de 7x, à esquerda LN e direita LP; C) e D) detalhe de porfiroblasto de hornblenda, dos interstícios com plagioclásio, grãos de hiperstênio e diopsídeo e da textura granoblástica poligonal, aumento de 25x, à esquerda LN e direita LP.

Portanto, não se sabe a proporção de cada mineral em cada lâmina, ficando os mesmos agrupados sobre a classificação “minerais opacos”, somente as informações texturais foram obtidas.

Os minerais opacos têm formas anédricas a subédricas, os grãos podem chegar a 1 mm, ocorrem tanto disseminados pela rocha quanto associados aos minerais máficos, algumas vezes ocorrem como exsolução na clivagem dos piroxênios e da hornblenda.

Os cristais de hercinita ocorrem juntamente com os opacos, possuem forma subédrica e coloração verde escuro; a granulação muito fina a fina e frequentemente apresentam uma coroa de alteração de biotita. O quartzo nestas rochas raramente passa de 5% de concentração, ocorre intersticial e com formas anédrica e poligonal, tendo no máximo 1 mm de tamanho. É comum ter grãos cominuídos e extinção ondulante nos grãos maiores. A apatita é

euédrica a subédrica com formas elípticas, prismas e seções basais. Os grãos podem chegar até 0,5 mm. O zircão tem formas euédricas e subédricas, ocorrendo alguns pirâmidados, o tamanho dos grãos varia de microcristalino a 0,5 mm e pode ocorrer incluso nos minerais como o piroxênio. A sericita é normalmente microcristalina, ocorrendo como mineral de alteração, principalmente do plagioclásio, mas também pode ocorrer sobre outros minerais essenciais ou em vênulas tardias. A clorita é um produto de alteração da hornblenda, ocorre em grãos microcristalinos e muito finos intersticiais, alguns grãos tem a birrefringência azul berlim característica. O epidoto ocorre em três formas, a primeira é como grãos muito finos a microcristalinos de alteração do plagioclásio, a segunda é como uma alteração metamórfica hidrotermal mais intensa criando grãos médios a partir da alteração do plagioclásio ou hornblenda e tendo concentração modal de mineral essencial, e a terceira é em veios tardios. A actinolita-tremolita ocorre principalmente associada à hornblenda e secundariamente aos piroxênios, sendo um produto de alteração destes minerais por retrometamorfismo. É incolor a verde clara, de granulação fina, com formas anédrica a subédrica muitas vezes de hábito radial, e a birrefringência atinge cores de segunda ordem. A muscovita tem as características de ocorrência semelhantes às da sericita, provém da alteração do plagioclásio e dos minerais máficos ou pode estar presente em veios tardios, ocorre com granulação muito fina a fina. A granada ocorre em poucos pontos como porfiroblastos que podem chegar a 1 cm, de forma subédrica e anédrica, possuem inclusões de diopsídio, hiperstênio e plagioclásio, e em dois locais tem concentração de mineral essencial.

3.1.1.3. Magnetititos

Os magnetititos pertencem à Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha e tem características mineralógicas e texturais próprias. O principal silicato primário é a olivina (Figura 20 e Figura 21). Os demais silicatos são produtos de alteração da olivina, como serpentina, talco e tremolita. A olivina ocorre na forma globular, com textura mesh e lamelas de alteração e deformação, bem como está com bordas de alteração.

Para definição da composição mineralógica dos minerais opacos foi feita a análise por difração de raios-X (Figura 22). Foi confirmada a presença de magnetita e cromita como óxidos e de pirrotita como sulfeto. Os minerais de alteração crisotilo (serpentina) e talco também foram identificados na análise de difração de raios-X.

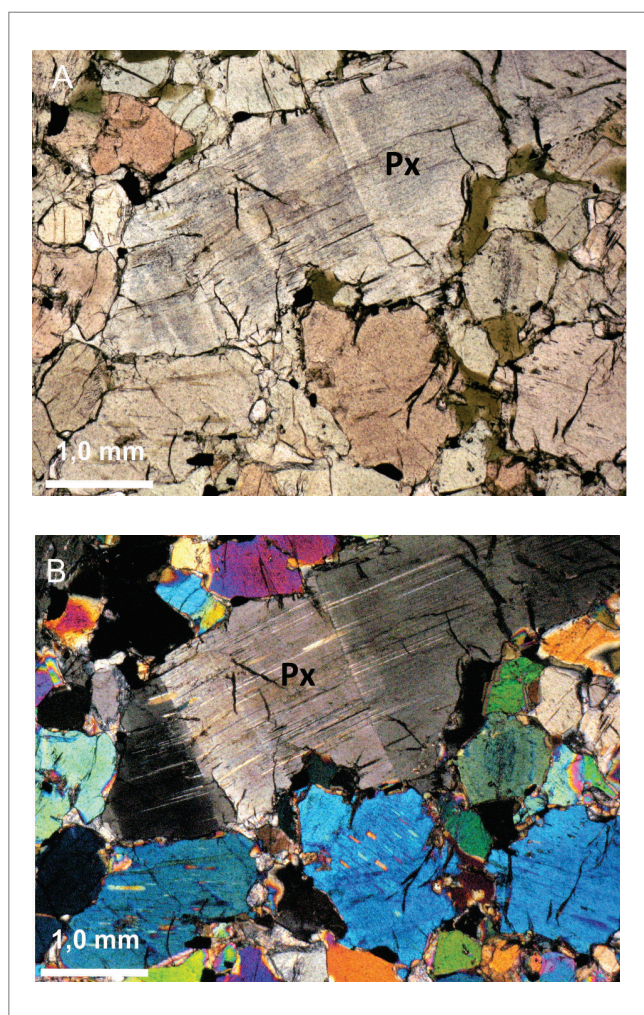


Figura 19 - Aumento de 25x, A) LN e B) LP. Kink bands em porfiroclasto de piroxênio. Observar os grãos ao redor com formas poligonais.

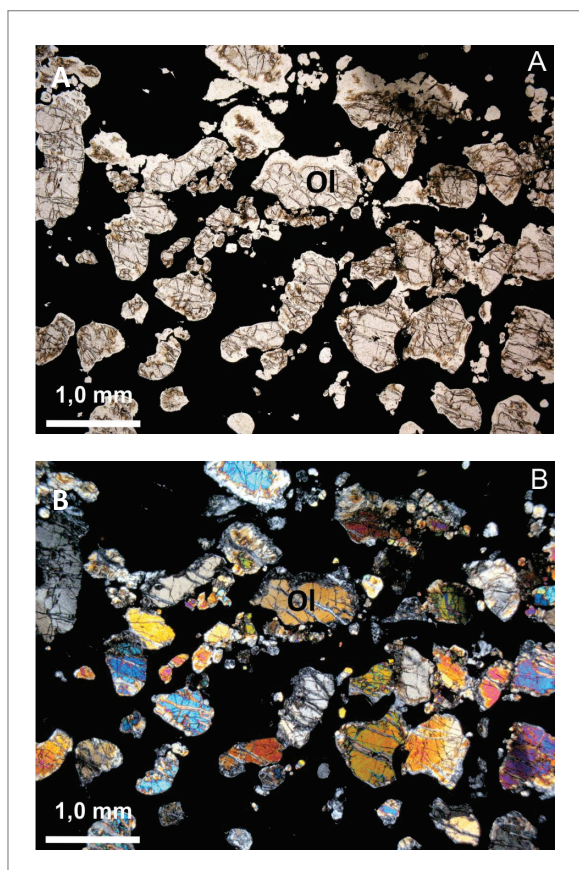


Figura 20 - Aumento de 25x, A) LN e B) LP. Olivina globular, fraturada em típica textura mesh, onde ao longo das fraturas se alojam minerais opacos, serpentina e por vezes talco e carbonato. Mais raramente está presente um clinofibólio fibroso, possivelmente a tremolita.

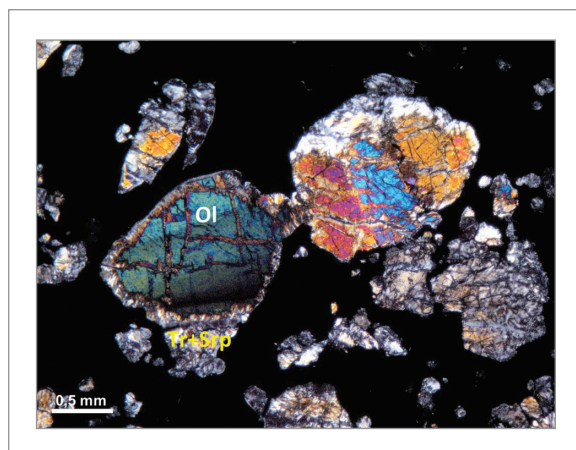


Figura 21 - Detalhe com aumento de 40X em LP das bandas de deformação da olivina e da borda de reação de anfibólio fibroso (tremolita?) e serpentina.

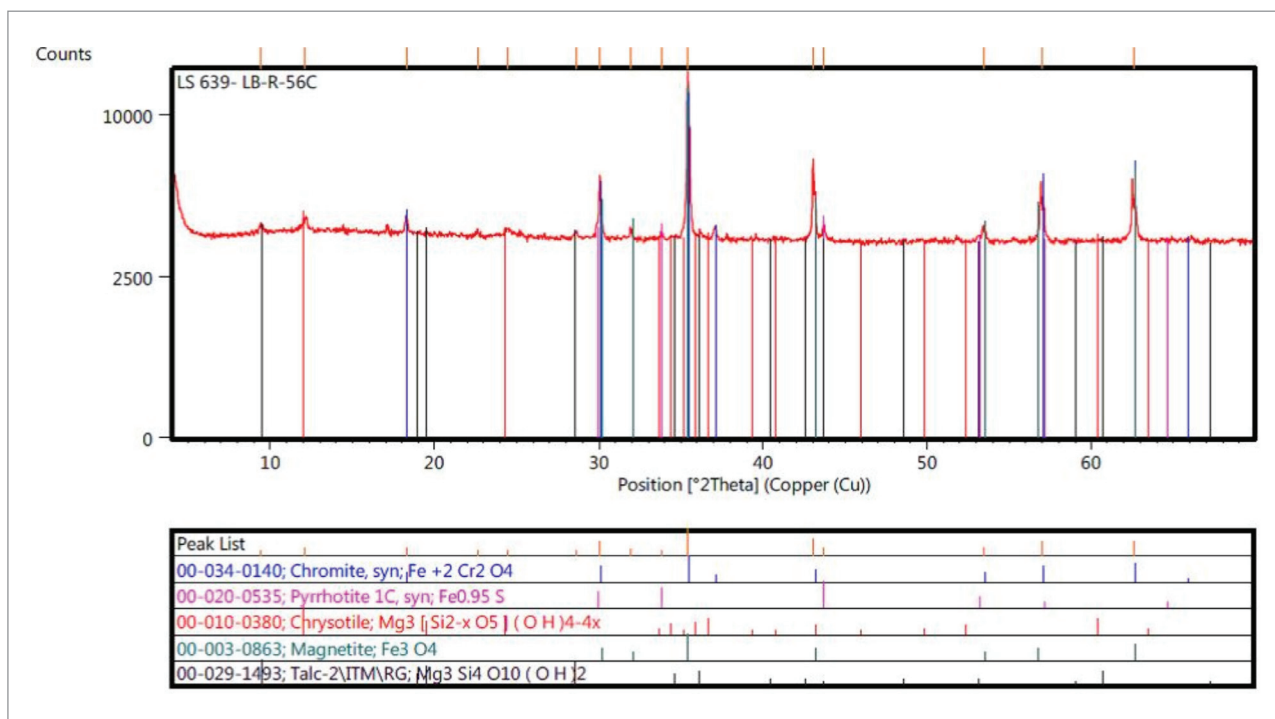


Figura 22 - Espectro de difração de raios-X de uma amostra de magnetito com olivina.

3.1.1.2. Paragneisses Luis Alves

3.1.1.2.1. Aspectos de Campo

Foram vistos poucos afloramentos desta unidade, e domina a ocorrência de quartzitos, seguido de magnetita-quartzitos (*BIF*) e uma ocorrência de eulísito, que é uma rocha composta por ortopiroxênio e granada manganésifera. A maioria dos afloramentos desta unidade foi corte de estrada e pedreiras (Figura 23).

As foliações medidas têm orientações variadas, o mergulho varia de 40° a 80° com predomínio para WNW formando estruturas de direção NNE, e ocorre também nos variados quadrantes. Isso pode indicar dobramentos e evidencia a complexidade estrutural da unidade. A foliação está presente nos quartzitos e formações ferríferas bandadas (Figura 24).



Figura 23 - A) afloramento de BIF em corte de estrada; B) e C) antiga pedreira, com dimensões de 25m extensão x 7m de altura x 3m de largura, onde foi visto o eulísito e BIF, no entanto as relações de contato não foram observadas.

As rochas dessa unidade são de coloração amarelo claro a levemente avermelhadas, com partes da rocha esverdeadas causada pela presença de fuchcita afanítica em bandas métricas espaçadas (Figura 25). A granada muito fina pode ocorrer em alguns pontos.

A Figura 26 apresenta o mapa de distribuição dos pontos amostrados com rochas pertencentes aos Paragneisses Luis Alves.



Figura 24 - Formação ferrífera bandada (BIF) com foliação/bandamento com atitude 000°60' (mergulho de 60° para 090°).

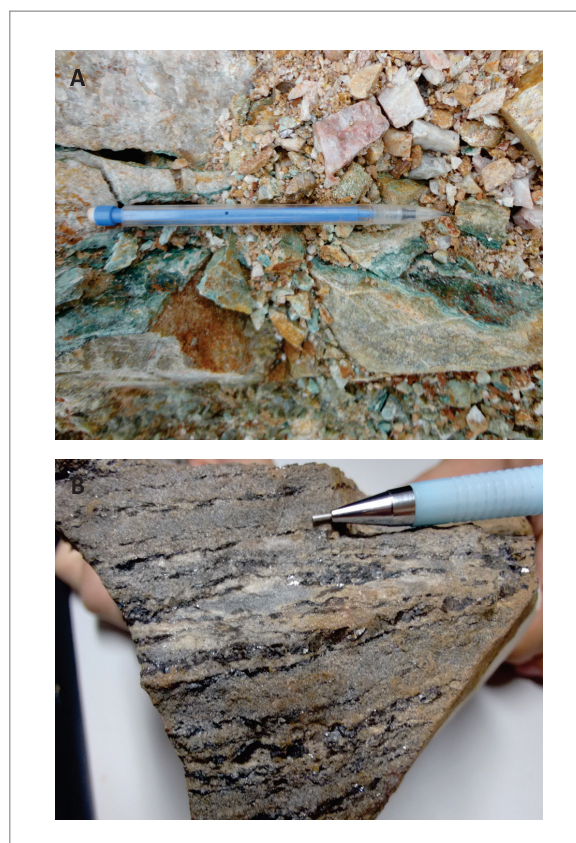


Figura 25 - A) porção do quartzito com fuchcita afanítica de cor verde; B) amostra de mão de BIF com magnetita.

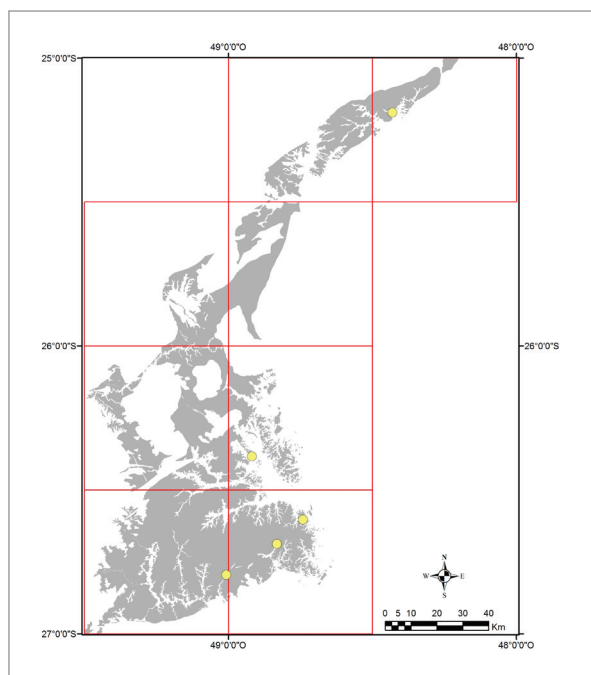


Figura 26 - Mapa de distribuição dos afloramentos visitados e classificados como pertencentes aos Paranaisses Luis Alves com o traçado atual do Cráton Luis Alves.

3.1.1.2.2. Petrografia

Foram descritas sete lâminas petrográficas desta unidade de cinco afloramentos distintos, sendo quatro de formações ferríferas bandadas (BIF), duas de quartzito e uma de eulisito. Esta unidade apresenta variação mineralógica bem restrita, sendo composta basicamente por quartzo, ortopiroxênio, magnetita e hematita, com ocorrência limitada de muscovita, fuchcita, espessartita, plagioclásio, zircão, epidoto, biotita, clorita e sericita.

Igualmente às unidades anteriores, sofreu metamorfismo granulítico e desenvolveu as mesmas texturas, dominando a forma granoblástica poligonal dos grãos com a ocorrência subordinada de grãos subédricos de ortopiroxênio e minerais opacos.

Microscopicamente as formações ferríferas são rochas com grãos médios a muito finos, com bandamento milimétrico desenvolvido pela alternância de quartzo e magnetita (Figura 27 e Figura 28), textura granoblástica poligonal com bordas interlobadas e grãos recristalizados; e no caso de conterem piroxênio, alguns cristais apresentam deformação com formas sigmoides. A composição mineralógica principal é quartzo e magnetita, no entanto também ocorre piroxênio em alguns pontos, inclusive superando a quantidade de magnetita, mas mesmo assim há histórico de exploração de ferro nesses locais (Figura 29). A granada, provavelmente almandina, é pouco comum e foi visto em uma amostra de

formação ferrífera. A presença de zircões foi observada somente no aumento de 100x do microscópio, estes estão arredondados, comprovando o histórico sedimentar da rocha (Figura 30). O quartzo ocorre em grãos de até 1 mm, alguns recristalizados, intersticiais, com formas anédricas e poligonais. Os minerais opacos crescem nos interstícios, contornando e englobando os piroxênios, são subédricos a anédricos, normalmente não é possível estimar o tamanho dos grãos individuais, mas formam agregados de até 5 mm espalhados pela amostra em grande quantidade, por vezes formando bandas. O ortopiroxênio presente é a ferrosilita, conforme obtido em análise por difração de raios-X (Figura 31), os grãos chegam ao tamanho de 2 mm e podem estar um pouco saussuritizados por influência de veios que os cortam e também altera para biotita em fraturas.

Os quartzitos apresentam textura granoblástica poligonal com as bordas dos grãos lobadas, o quartzo é policristalino de granulação fina a média com cristais de até 3 mm, algumas vezes cominuídos. A mica (muscovita ou fuchcita) tem granulação fina de até 1 mm e forma subédrica, está deformada, o que é evidenciado pela extinção mosqueada ondulante. A presença de fuchcita é evidenciada em amostra de mão pelos tons esverdeados disseminados na amostra que muito provavelmente representam grãos afaníticos da mesma. A sericitização ocorre entre os cristais de quartzo, nas fraturas e em veios milimétricos. Os minerais opacos ocorrem em pouca quantidade nos quartzitos (Figura 32).

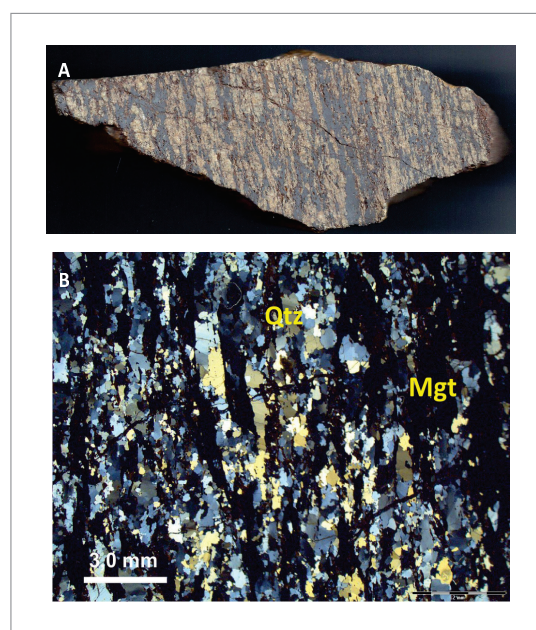


Figura 27 - A) Amostra de 10 centímetros de formação ferrífera bandada mostrando as bandas de quartzo (claro) e magnetita (cinza escuro); B) fotomicrografia em LP com aumento de 7x onde se observa o forte bandamento gerado pela alternância de níveis ricos em magnetita e quartzo.

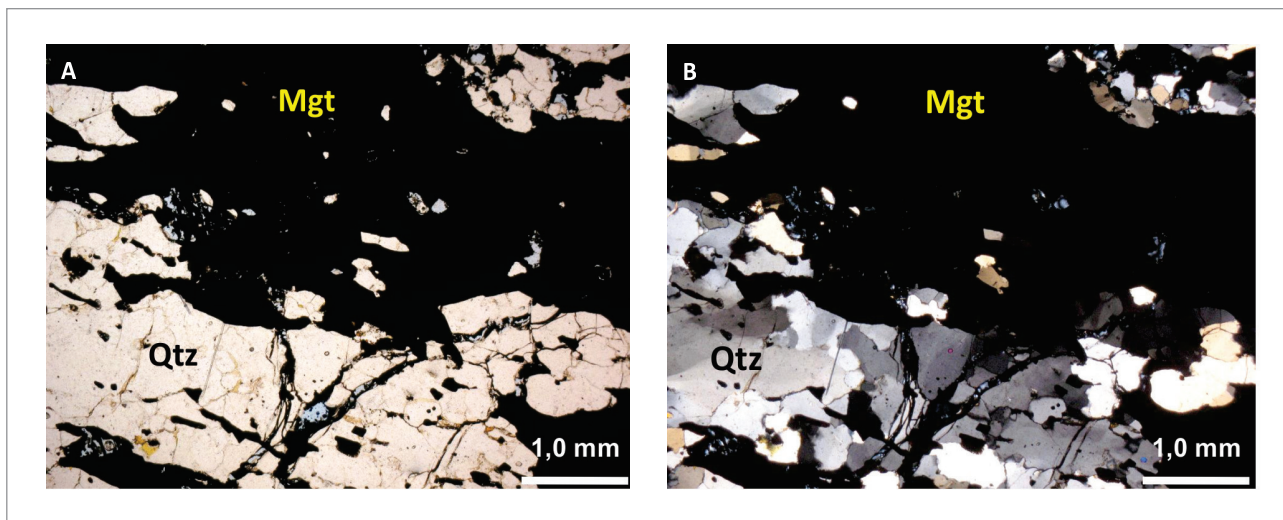


Figura 28 - Aumento de 25x, A) LN e B) LP. Lâmina de um BIF ou Magnetita Quartzito. Aspecto do bandamento onde se destaca o quartzo recristalizado.

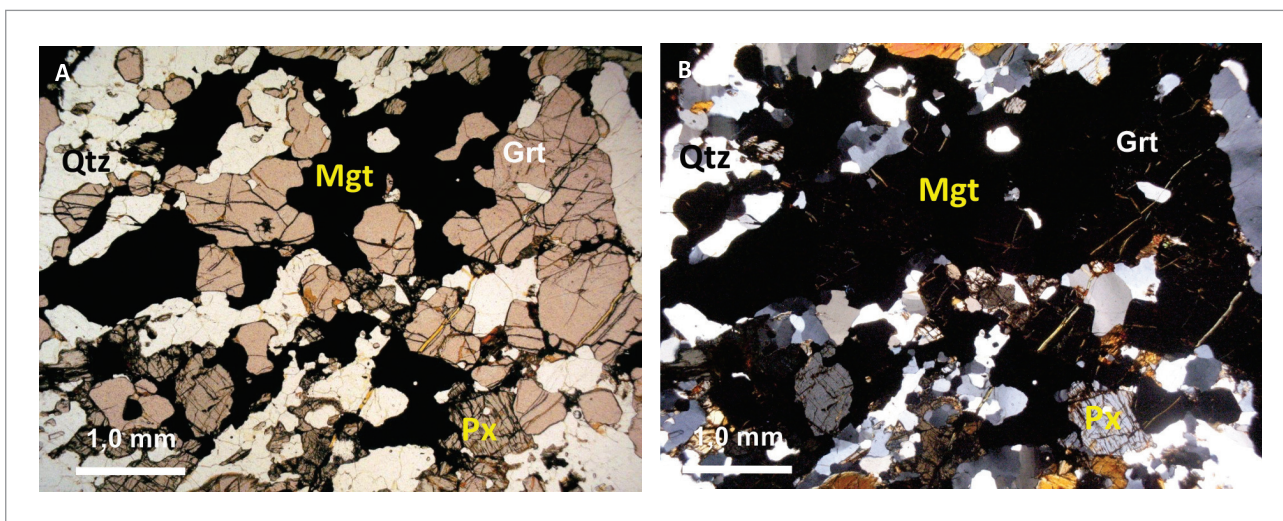


Figura 29 - Aumento de 25x, A) LN e B) LP. Lâmina de um hiperstênio BIF à granada ou Almandina-Magnetita-Hiperstênio Quartzito. Observar a textura poligonal dos silicatos, piroxênios são marrons à LN.

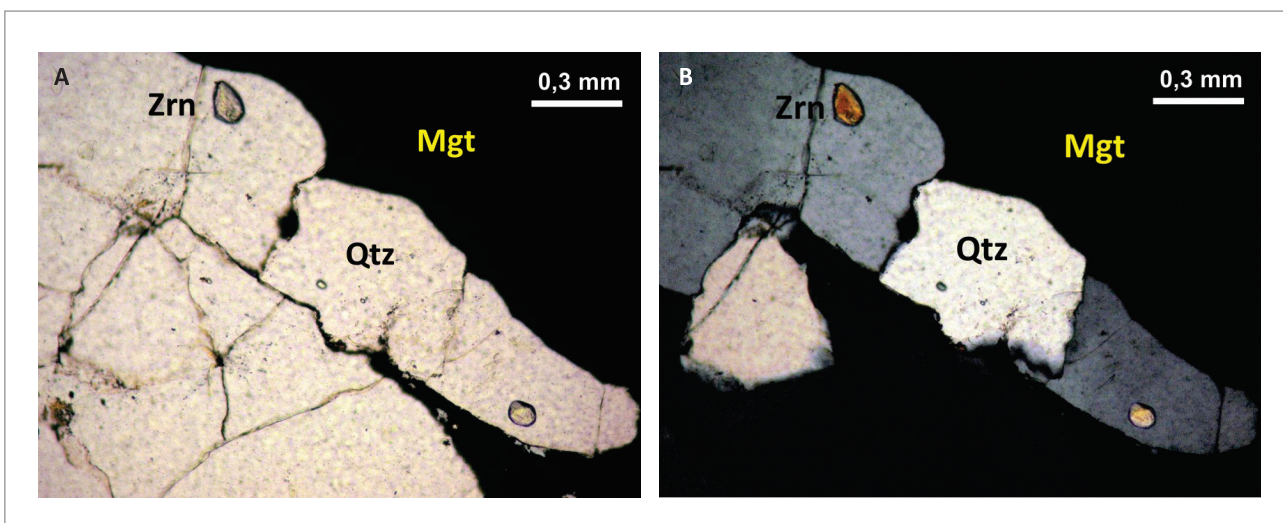


Figura 30 - Aumento de 100x, A) LN e B) LP. Lâmina de um BIF ou Magnetita Quartzito. Observar os dois grãos de zircão arredondado (Zrn).

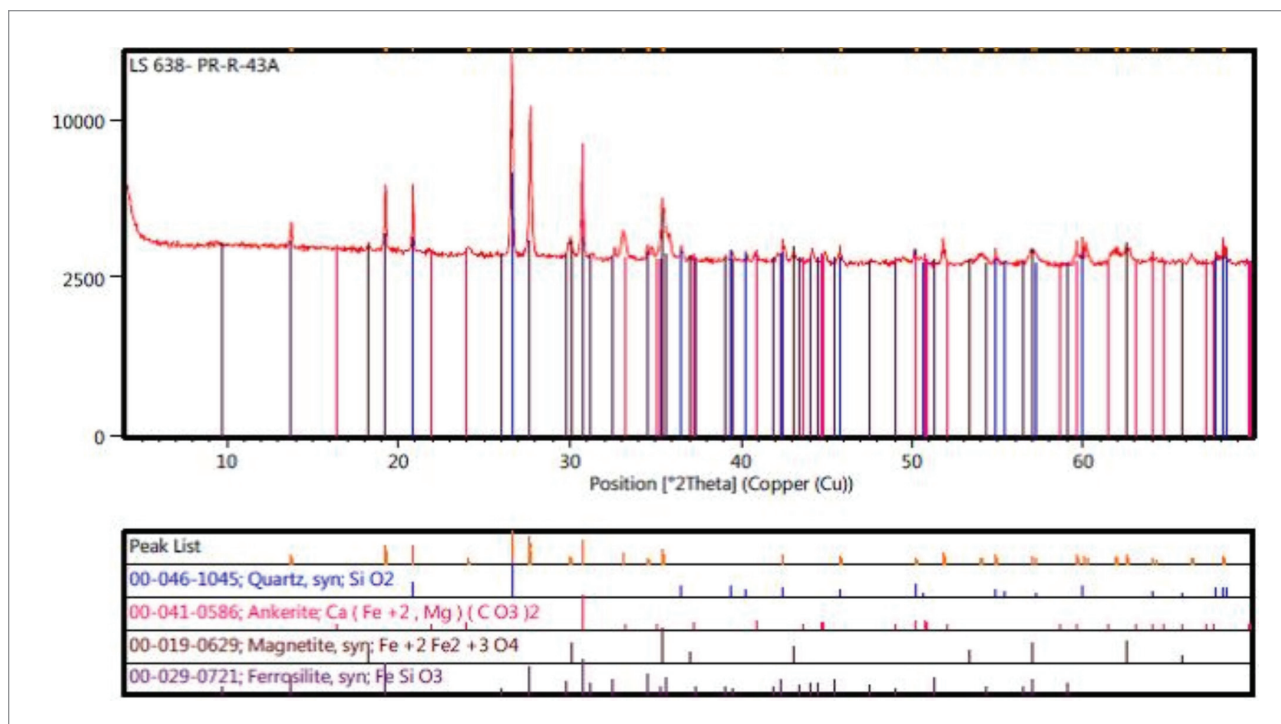


Figura 31 - Gráfico de difração de raios-X de uma amostra de hiperstênio BIF ou Magnetita-Hiperstênio Quartzito.

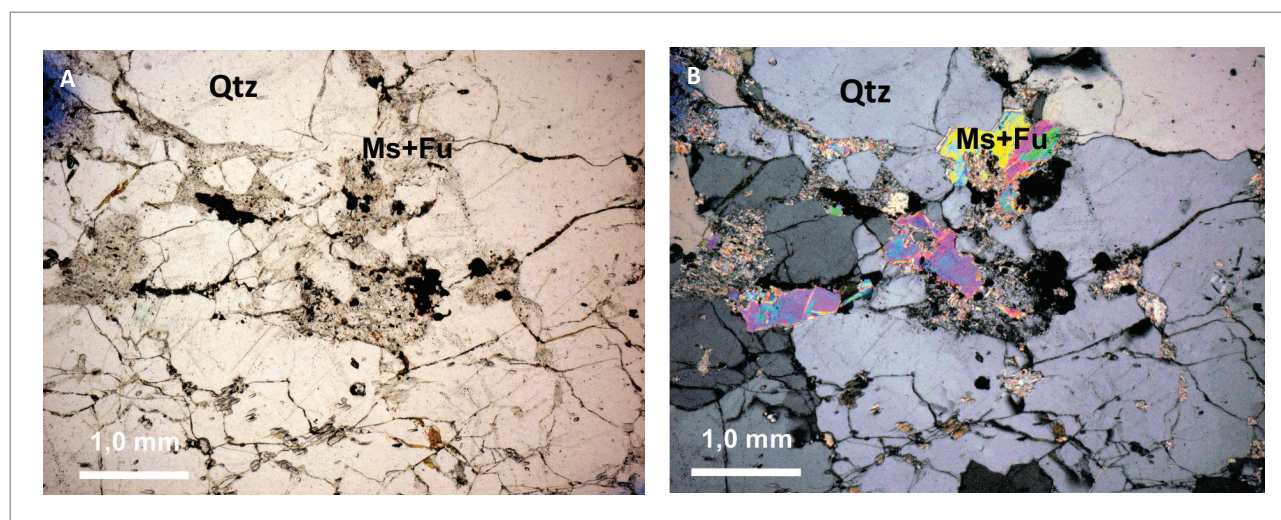


Figura 32 - Aumento de 25x, A) LN e B) LP. Foto do Fuchsite-Muscovite Quartzito. A presença de fuchsite é evidenciada em amostra de mão pela presença de tons esverdeados disseminados na amostra em grãos afaníticos.

O último litotipo descrito como pertencente a esta unidade é um eulísito, o qual foi encontrado apenas em um local. É uma rocha de ocorrência rara, com poucas referências na bibliografia internacional e apenas uma em solo nacional, no Estado do Pernambuco (SIAL; MENOR, 1973), e que no Complexo Granulítico de Santa Catarina nunca havia sido amostrada. Apresenta textura granoblástica muito grossa, os grãos podem atingir 1,5 cm com formas subédricas, composta predominantemente por granada espessartita e ferrosilita e um pouco de plagioclásio intersticial, com exsoluções de minerais opacos nas clivagens dos piroxênios (inclusive

formando o padrão espinha de peixe) e nas fraturas das granadas (Figura 33 e Figura 34).

A difração de raios-X comprovou a mineralogia principal da rocha (Figura 35). Um fato que chama a atenção nesta rocha é sua alta densidade. Em análise por MEV ficou evidenciado o alto teor de Mn nos minerais, média de 10%, estando o Mn presente tanto na espessartita, o que é comum, quanto na ferrosilita, fato incomum.

A ocorrência de eulísito na área abre novas linhas de pesquisa para a interpretação do ambiente geotectônico formador do Cráton Luis Alves.

Por ser uma rocha rica em Fe e Mn, provavelmente os sedimentos que deram origem as formações feríferas bandadas e ao eulesito foram depositados em um ambiente de margem passiva, que posteriormente foi subductada e sofreu metamorfismo granulítico. O eulesito na literatura indiana e chinesa pertence

à Série Khondalítica (CENKI; BRAUN; BRÖCKER, 2004; ZHAO et al., 2006; WAN et al., 2009; SANTOSH et al., 2012), que é composta por rochas paraderivadas de alto grau metamórfico que entre outras características tem alto teor de Fe e Mn e se depositaram em margem passiva.

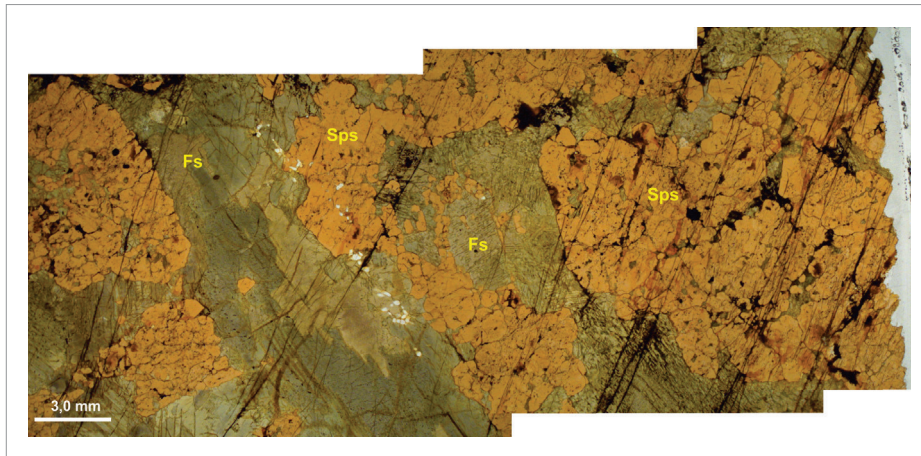


Figura 33 - Lupa binocular a LN, aumento de 7x. Foto do Eulesito, composto por granada espessartita de cor alaranjada e ortopiroxênio ferrosilita esverdeado, com exsolução de opacos ao longo das clivagens e fraturas.

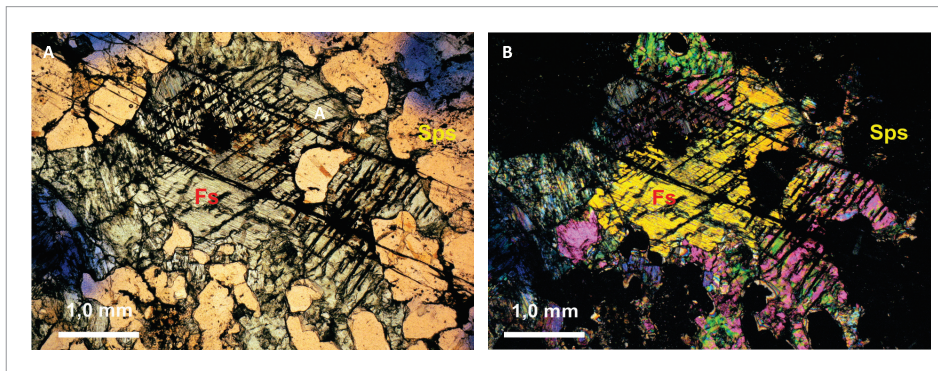


Figura 34 - Fotomicrografias com aumento de 25x, A) LN e B) LP. Foto do Eulesito, composto por ortopiroxênio ferrosilita esverdeado com exsoluções de opacos ao longo da clivagem e granada espessartita de coloração alaranjada com opacos ao longo das fraturas. Em LP observa-se a birrefringência do piroxênio e a isotropia da granada.

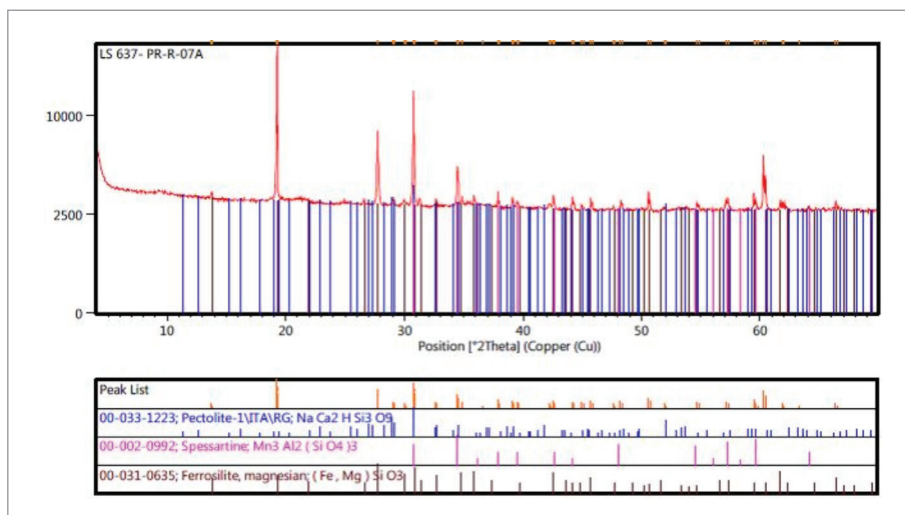


Figura 35 - Gráfico de difração de raios-X da amostra de eulesito.

3.1.1.3. Gnaisses Granulíticos Luis Alves

Durante o desenvolvimento do presente relatório, constatou-se que as duas unidades geológicas representantes dos granulitos félsicos do Domínio Geotectônico Cráton Luis Alves, a unidade Gnaisses Granulíticos Luis Alves em Santa Catarina e a unidade Complexo Serra Negra no Paraná, tem características petrográficas e geoquímicas idênticas, logo foram agrupadas e são tratadas em conjunto.

3.1.1.3.1. Aspectos de Campo

Dentre as unidades pertencentes ao Cráton Luis Alves esta é a que tem maior área de ocorrência, com afloramentos maiores e mais contínuos. As rochas desta unidade afloram no costão da região de Piçarras, sendo uma das melhores exposições, e para o interior do continente, em lajeados, blocos e matacões. Nas drenagens da região formam extensos lajeados com corredeiras e cachoeiras, nos morros e cortes de estrada afloram em blocos e grandes matacões. Também há pedreiras de material para construção civil explotando granulitos félsicos (Figura 36).

As rochas desta unidade normalmente são de cor cinza a cinza claro, com textura média predominante que podem ter pórfiros de piroxênio, porfiroblastos de hornblenda e desenvolver textura nematoblástica. As rochas podem tanto ser isotrópicas como também desenvolvem foliação gnaíssica, milonítica e bandamento. A atitude das estruturas é muito variável, tendo mergulhos baixos a altos, mas com predomínio da direção de mergulho para ESE e ENE, formando estruturas N-S a NE-SW e algumas NW-SE. Esta variabilidade mais uma vez demonstra a complexidade estrutural do Cráton Luis Alves como um todo. As foliações são marcadas por quartzo e minerais máficos como a biotita. As bandas máficas e félsicas tem espessuras desde milimétricas a métricas, as vezes dobradas e as vezes rompidas em boudins, ou mesmo descontínuas em forma de lentes; é comum o aspecto macroscópico de gnaisse bandado (Figura 37). As porções máficas tendem a ter textura fina enquanto as félsicas tem textura média. Em alguns afloramentos ocorrem bandas ou injeções félsicas pegmatoides que podem ser neossomas, ocorrem também enclaves félsicos de coloração alaranjada, indicando predomínio de feldspato alcalino. As partes máficas tem predomínio de plagioclásio, piroxênio e hornblenda, com biotita subordinada e pirita de acessório. Já nas partes félsicas há o predomínio de quartzo e plagioclásio, mas ocorrem os mesmos minerais máficos da porção máfica, normalmente em proporção inferior a 20%, enquanto os sulfetos mantêm a mesma proporção. Chama



Figura 36 - Tipologia de afloramentos A) no costão da Praia do Grant; B) matacão em encosta de morro; C) em corte de estrada, na BR-277; D) Pedreira Rio Zoada, da Infrasul; E) lajeado em drenagem.

a atenção que muitas vezes o quartzo presente é de cor azul. Granada é um acessório que também ocorre tanto na porção félsica quanto na máfica e pode ser porfiroblástica. Veios de epidoto com espessuras até decimétricas são observados.

A Figura 38 apresenta o mapa de distribuição dos pontos amostrados com rochas pertencentes aos Gnaisses Granulíticos Luis Alves.

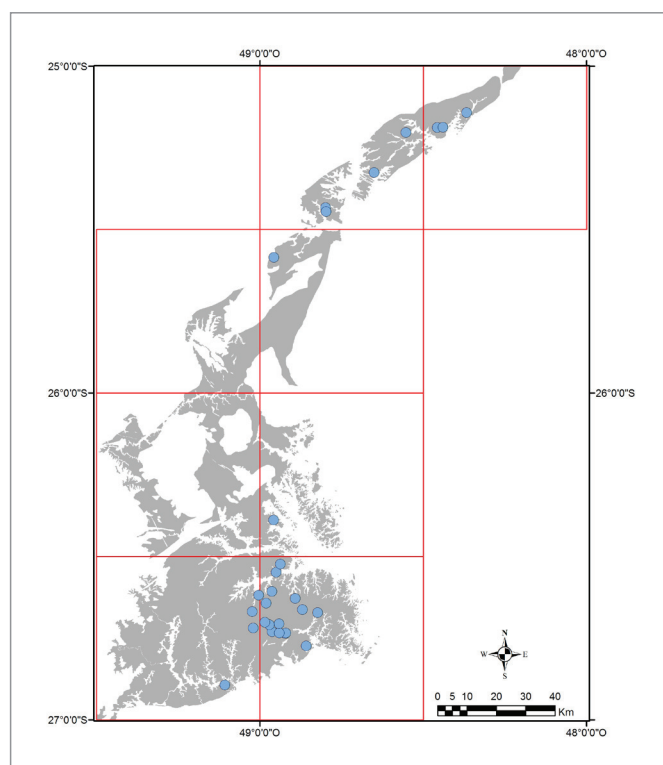
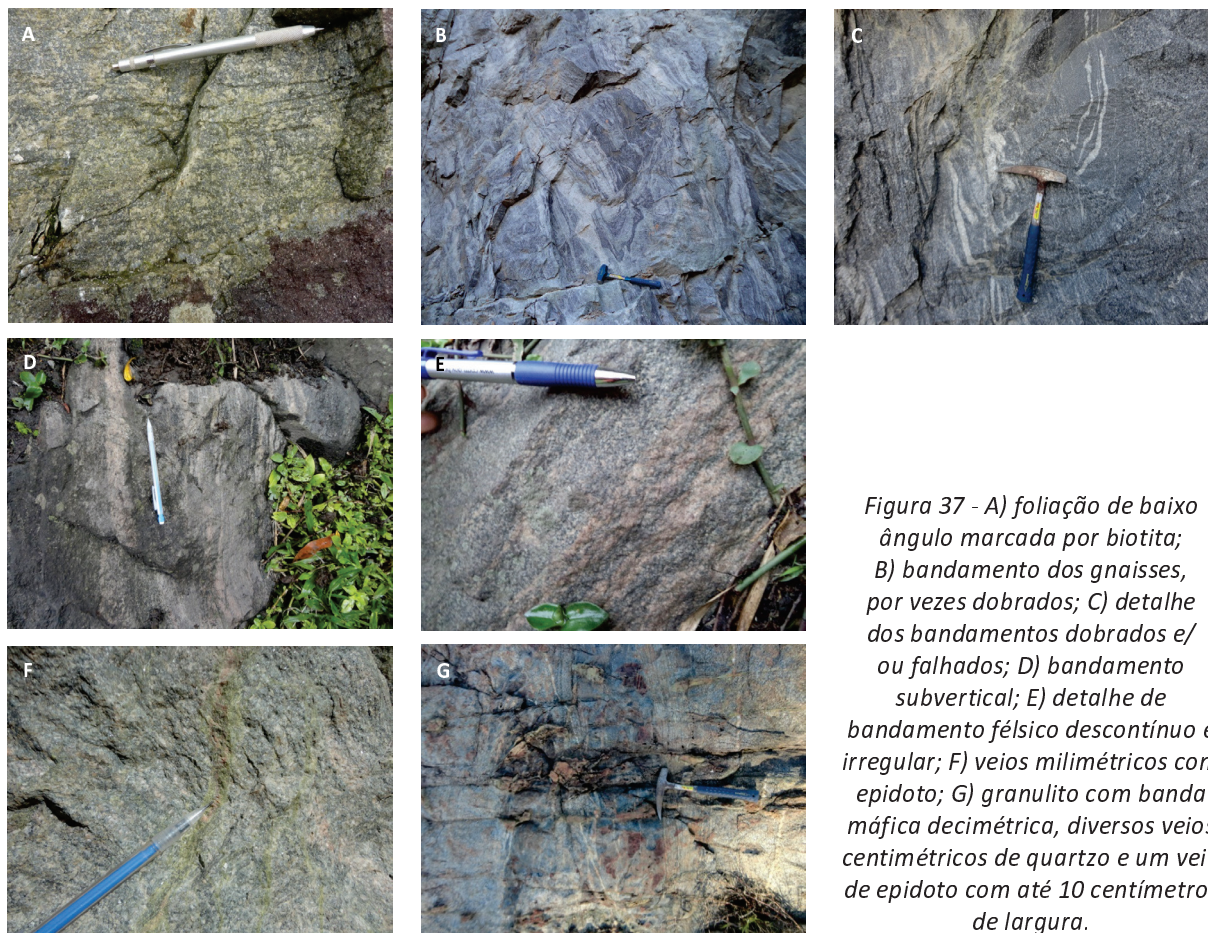


Figura 38 - Mapa de distribuição dos afloramentos descritos e classificados como pertencentes aos Gnaisses Granulíticos Luis Alves com o traçado atual do Cráton Luis Alves.

3.1.1.3.2. Petrografia

Foram descritas 33 lâminas petrográficas de 28 afloramentos distintos, tendo ocorrência predominante de granulito félsico, com apenas uma amostra sendo classificada como granulito máfico, caracterizado por ser uma rocha ácida com mais de 30% de minerais máficos.

Uma das principais características mineralógicas desta unidade que a difere da Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha é a presença de quartzo como mineral essencial, normalmente em concentrações superiores a 15%. A mineralogia, texturas e estruturas como um todo são muito semelhantes, demonstrando que ambas sofreram metamorfismo granulítico, variando as concentrações dos minerais e a formação de estruturas diferentes, como por exemplo, a estrutura gnáissica, mais evidente em escala de afloramentos, esta inclusive sendo influenciada em alguns pontos pela maior concentração de quartzo e plagioclásio em relação aos minerais máficos. Microscopicamente domina a textura granoblástica poligonal (Figura 39 e Figura 40), com bordas interlobadas a retas, mas também com ocorrência de grãos subédricos e euédricos, estes na maioria grãos reliquiais de piroxênio e plagioclásio e de porfiroblastos de hornblenda (Figura 40); grãos cominuídos são comuns, principalmente de plagioclásio e

quartzo. Alguns contatos entre plagioclásio e quartzo formam uma textura tipo embainhada, sugerindo borda reativa. A extinção ondulante é comum nos grãos, inclusive nos mais resistentes a temperaturas e pressões elevadas, como os piroxênios. Nesta unidade são corriqueiras as texturas lepidoblástica e nematoblástica, formando linhas e algumas vezes bandas alternadas com o quartzo, característico da estrutura gnáissica, que pode ser tanto milimétrica como centimétrica (Figura 39 e Figura 40).

Um pouco mais rara é a estrutura milonítica, que provavelmente não teve uma trajetória P/T favorável para sua preservação e foi obliterada pelo metamorfismo granulítico, ocorrendo preservada em alguns locais. De modo geral também é comum a ocorrência de macla tectônica, antipertitas, veios de epidoto e mirmequitos.

A mineralogia essencial é composta por plagioclásio, quartzo, clinopiroxênio (diopsídio e augita), ortopiroxênio (hiperstênio, enstatita e bronzita) e em menor grau, feldspato alcalino, este último ocorrendo em poucas amostras, mas quando presente é sempre um mineral essencial. Algumas vezes hornblenda, biotita, flogopita, epidoto, clorita, actinolita e granada também ocorrem como minerais essenciais, porém a ocorrência destes em concentração elevada depende das condições de retrometamorfismo e hidrotermalismo.

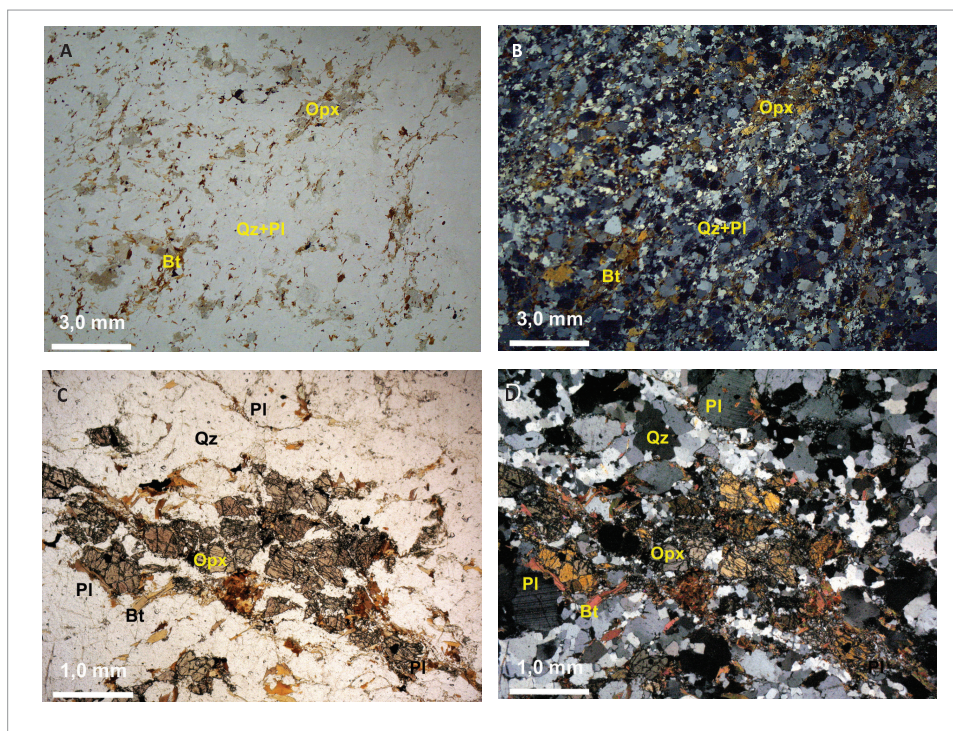


Figura 39 - Fotos superiores (A, B) com aumento de 7x e inferiores (C, D) com aumento de 25x, LN à esquerda e LP à direita. Fotos superiores: textura de granulito félsico com textura lepidoblástica incipiente e nematoblástica marcada pela concentração de grãos de piroxênio orientados; matriz composta de quartzo e plagioclásio. Fotos inferiores: detalhe de glomeropórfiro de piroxênio, bem como se observa a forma poligonal dos demais minerais, com exceção da biotita que está prismática.

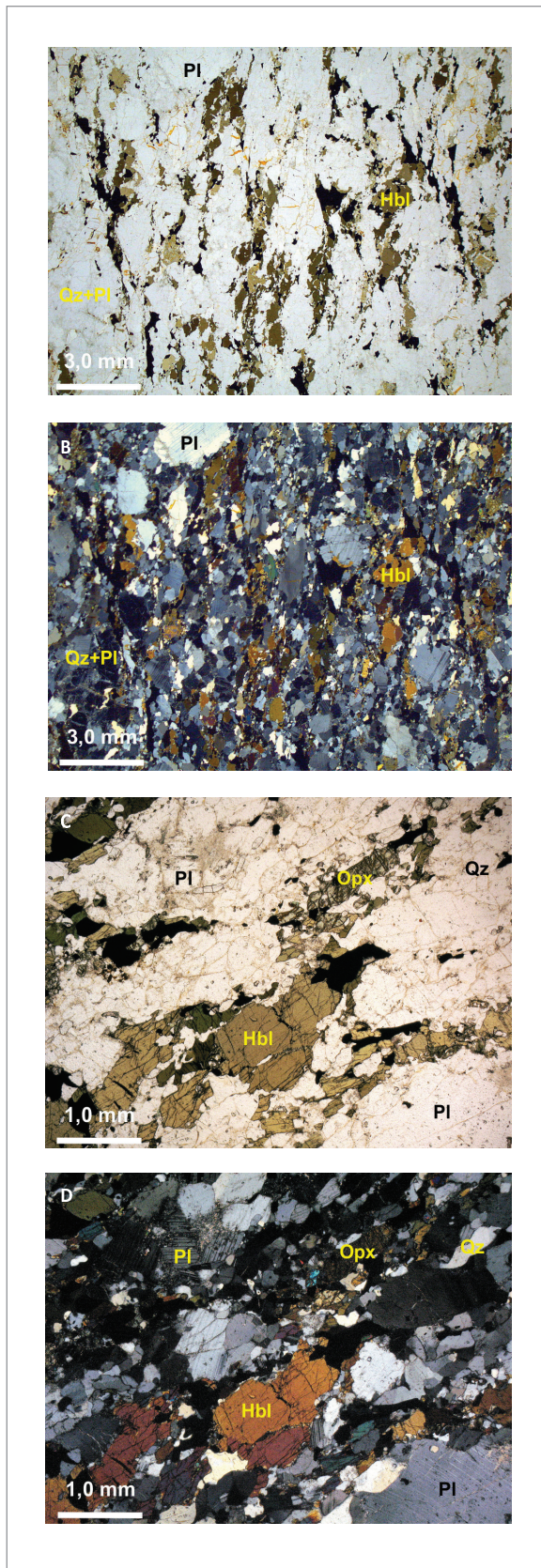


Figura 40 - Fotos superiores (A, B) com aumento de 7x e inferiores (C, D) com aumento de 25x, LN à esquerda e LP à direita. Fotos superiores: granulito félsico com textura nematoblástica e estrutura gnáissica, esta última mais evidente à nível de afloramento. Fotos inferiores detalhe de glomeropórfiro de hornblenda, como também se observa a forma poligonal dos demais minerais.

Como minerais acessórios ocorrem sulfetos (pirita e calcopirita), apatita, zircão, sericita, clorita, epidoto, biotita, flogopita, actinolita, tremolita, granada e titanita.

Comparativamente com a Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha a composição mineral e as características individuais dos minerais são muito semelhantes. Neste capítulo não serão detalhados os minerais como anteriormente feito, ressaltando apenas as diferenças observadas.

Dentre os minerais essenciais, o quartzo é o que mais se diferencia, alcançando muitas vezes tamanhos de 5 mm e formando as bandas gnáissicas.

O plagioclásio também pode atingir tamanhos de até 5 mm e orienta-se junto com o quartzo na formação das bandas; comum a ocorrência de antipertitas. Os piroxênios formam porfiroclastos com forma sigmoide e sombra de pressão, podem estar completamente alterados para epidoto, clorita ou actinolita. O feldspato alcalino ocorre em poucos locais, sendo praticamente exclusivo no estado do Paraná, extremo nordeste do cráton; tem formas poligonais a subédricas e normalmente está intensamente sericitizado. A biotita é mais frequente nesta unidade e em alguns pontos forma *kink bands* (Figura 41); algumas vezes estão orientadas intersticialmente de forma a contornar os cristais; nesta unidade também ocorrem halos pleocroicos nas biotitas, evidenciando uma maior quantidade de zircão como um todo.

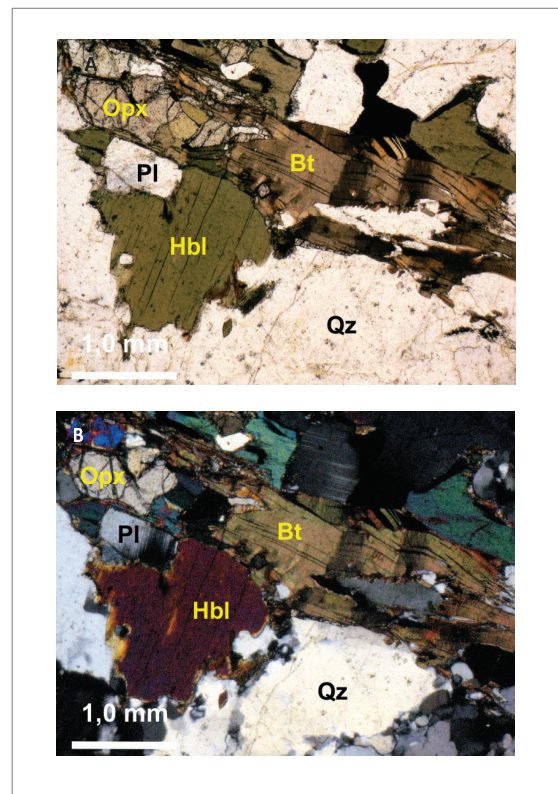


Figura 41 - Aumento de 25x, LN à esquerda (A) e LP à direita (B). Kink bands em biotita nos granulitos félsicos.

3.1.1.4. Litogeoquímica

3.1.1.4.1. Métodos Analíticos

Durante a etapa de campo, foram selecionadas 87 amostras para a realização de análises química. As análises foram realizadas nos Laboratórios da SGSGeosol, por fusão de metaborato de lítio e leitura por ICP-AES para elementos maiores, leitura por ICP-MS para ETR e digestão multi-ácida e leitura por ICP-MS para os elementos menores.

As análises geoquímicas foram trabalhadas com o software Geochemical Data Toolkit[®]- GCDKit[®] versão 4.1 (JANOUSEK; FARROW; ERBAN, 2003; 2006).

3.1.1.4.2. Geoquímica dos Granulitos Félsicos, Máficos e Barra Velha

Com base na petrografia e nos elementos maiores, menores e terras raras foram identificados três tipos de rochas granulíticas no Cráton Luis Alves, félsicas, máficas e ultramáficas (Barra Velha).

Os litotipos identificados no grupo dos granulitos félsicos apresentam composições graníticas a dioríticas, com grande predominância de rochas de composição granodiorítica e tonalítica, com apenas duas amostras no campo dos monzonitos. No entanto, levando em consideração a classificação modal das mesmas, estas representam tonalitos com ortopiroxênio.

De acordo com os diagramas de classificação apresentados nas Figura 42 e Figura 43, no grupo dos granulitos máficos, ocorrem andesito-basaltos/gabro-dioritos, gabros/basaltos, traqui-basaltos/monzo-gabros, sieno-gabros e andesitos/monzodioritos.

Nos granulitos Barra Velha foram identificados, com base nos diagramas modificados R1-R2 (DE LA ROCHE, 1980) e Le Bas (1986) (Figura 42 e Figura 43), rochas ultramáficas/picríticas, gabro-noritos/toleítos e picrobasaltos/peridotitos, basaltos/gabros e basalto andesíticos.

Em diagramas de afinidade geoquímica os granulitos félsicos apresentam afinidade cálcio-alcálica (Figura 44), com exceção da amostra LB-13A, que representa uma rocha quartzo-feldspática, rica em feldspato alcalino milonitizada e com evidências de retrometamorfismo para o fácies xisto verde. Provavelmente a milonitização e o retrometamorfismo provocaram a abertura do sistema geoquímico da rocha, modificando a composição original da mesma. Pode ser notado um alinhamento, sugerindo um caminho de evolução magmática. Se partirmos do pressuposto que os ortognaisses félsicos apresentam cogeneticidade, representando uma série

cálcio-alcálica, magmas com esse comportamento são restritos a ambientes tectônicos relacionados a zonas de subducção. Parte dos granulitos máficos exibem afinidade cálcio-alcálica e parte afinidade toleítica. Nos granulitos Barra Velha podemos observar que todas as rochas analisadas exibem afinidade toleítica.

De acordo com o diagrama exibido na Figura 45 (Shand, 1943), os granulitos félsicos são parte metaluminosos e parte peraluminosos, enquanto os granulitos máficos são metaluminosos. Já os granulitos Barra Velha apresentam um agrupamento de amostras no campo das rochas metaluminosas/peraluminosas, indicando baixas concentrações em álcalis.

Nos diagramas de correlação binária do tipo Harker, foi escolhido apresentar os granulitos máficos e félsicos num mesmo gráfico (Figura 46) e separadamente os granulitos Barra Velha (Figura 47), por esses apresentarem comportamento distinto.

Nos granulitos félsicos e máficos os elementos maiores P_2O_5 , FeO_{Total} , TiO_2 , CaO , MgO e Al_2O_3 mostram uma correlação negativa com a SiO_2 , indicando depleção desses elementos, se comparados com o aumento de sílica, o que sugere o consumo desses óxidos a medida em que a cristalização avança, mostrando a formação de clinopiroxênio e/ou ortopiroxênio e mais raramente biotita e anfibólio, além de plagioclásio. Os elementos K_2O e Na_2O , no entanto, mostram um comportamento oposto, exibindo uma correlação positiva com o aumento de sílica, o que parece sugerir uma concentração destes elementos no final da cristalização, com a formação de minerais ricos em sílica, potássio, sódio (e.g. quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio sódico), sempre supondo que as rochas presentes sejam cogenéticas.

Para observarmos o comportamento dos elementos maiores nos piroxenitos e hornblenditos (granulitos Barra Velha) e os caminhos da cristalização/recristalização das amostras selecionadas, foram testados tanto o MgO quanto o I.S. (Índice de Solidificação). Os gráficos apresentaram comportamento similar dos elementos químicos, quando comparados com os dois índices de correlação, no entanto o I.S. exibe um maior espalhamento dos pontos, quando utilizado nas rochas estudadas (Figura 47).

Os piroxenitos possuem concentração elevada de CaO , MgO e FeO_{Total} , sendo pobres em Al_2O_3 e álcalis, exibindo uma composição típica. Os hornblenditos são mais ricos em Al_2O_3 , Na_2O e K_2O , devido à presença mais abundante de plagioclásio e anfibólio e empobrecidos em MgO e CaO permanecendo ricos em FeO_{Total} . Como podemos observar nos diagramas, o FeO_{Total} e o TiO_2 se comportam de forma semelhante, onde há aumento gradual desses óxidos

nas amostras com maior índice de solidificação. O MgO sofreu um decréscimo contínuo durante a cristalização, onde os membros mais ricos em MgO são representados pelos piroxenitos opx-cpx mais ricos em opx, seguidos pelos piroxenitos opx-cpx mais ricos em cpx, depois pelos piroxenitos com cpx-opx-hbl e assim por diante até os hornblenditos com plagioclásio. O CaO aumenta com a participação do clinopiroxênio nas litologias estudadas seguido por uma discreta diminuição com o aumento na ocorrência de plagioclásio nos piroxenitos com cpx-plag e hornblenditos. O Al_2O_3 aumenta das litologias menos máficas para as mais máficas.

Analisando os diagramas binários (Figura 48) de elementos traços Sr, Hf, Zr, Cr, Sc, Ce, Y, Ni, Co e Cu, podemos observar que os piroxenitos apresentam comportamento semelhante para os elementos Ni, Co, Cr e Cu, com enriquecimento nas fases iniciais do fracionamento, provavelmente devido à presença de opacos intersticiais (e.g. cromita, sulfetos oxidados) possivelmente sulfetos, bem como a presença de Cr na estrutura dos clinopiroxênios, Ni na estrutura dos ortopiroxênios, Cu em sulfetos e provavelmente enriquecimento secundário.

Os elementos Sr, Zr e Hf exibem gráficos semelhantes, apresentando comportamento incompatível, com empobrecimento nas fases iniciais de fracionamento e aumentando gradativamente com o aumento do grau de cristalização. O Sr pode ser explicado devido a cristalização do plagioclásio, que aumenta dos piroxenitos ricos em opx em direção aos hornblenditos. Já o Zr e o Hf não entram na estrutura dos minerais cristalizados nos piroxenitos, concentrando-se nas fases finais de cristalização.

O Sc apresenta um gráfico com as amostras exibindo grande grau de espalhamento. O Sc não está relacionado a cristalização de nenhuma fase mineral específica, podendo ser incorporado na estrutura dos piroxênios. E de acordo com o comportamento apresentado por este elemento, não é possível identificar um trend evolutivo.

O Ce se comporta de mesma maneira nas amostras analisadas, e apesar do mesmo estar conectado a cristalização de apatitas ou outros fosfatos como monazita e xenotima, é difícil interpretar o comportamento deste elemento durante a formação e metamorfismo dos piroxenitos e hornblenditos.

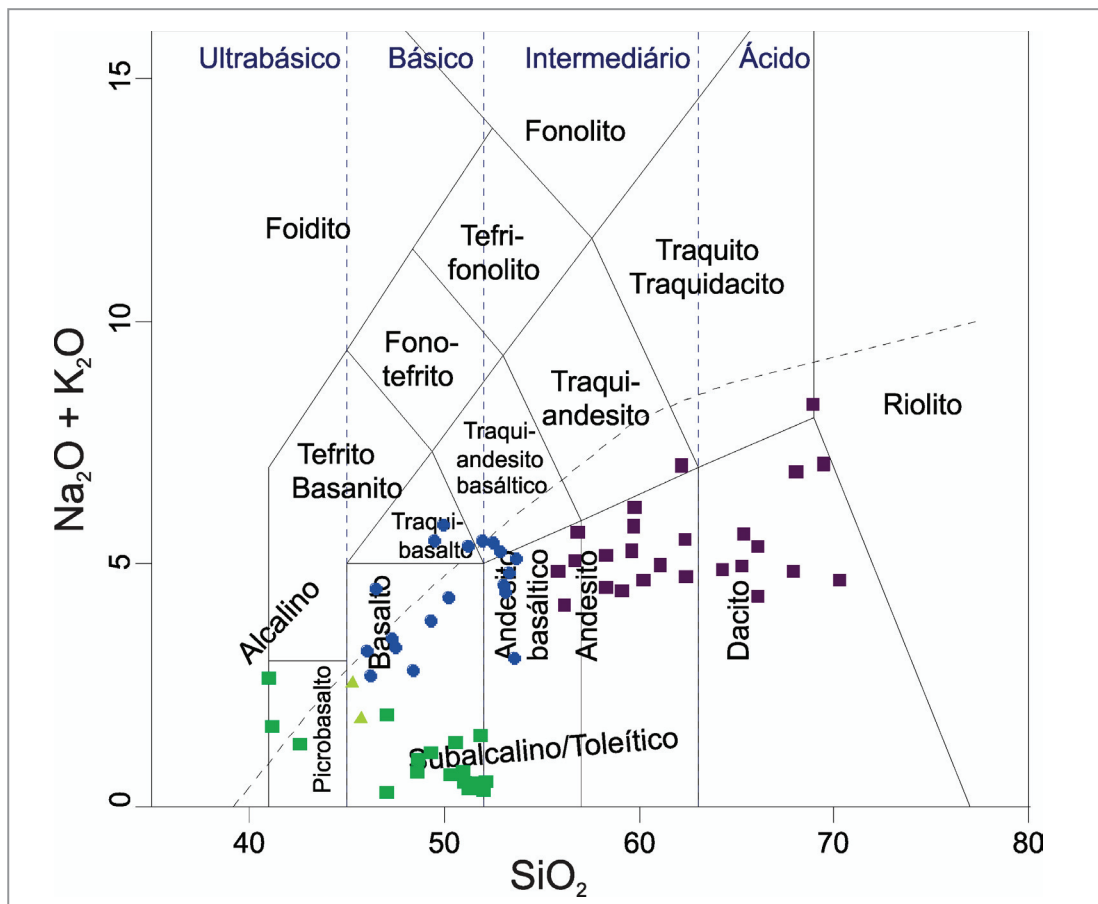


Figura 42 - Diagrama classificação álcalis x SiO_2 , (Le Bas, 1986). Granulitos félsicos representados por quadrados de coloração roxa, granulitos máficos por círculos azuis e granulitos Barra Velha por quadrados de cor verde. Hornblenditos são representados por triângulos verde-claros.

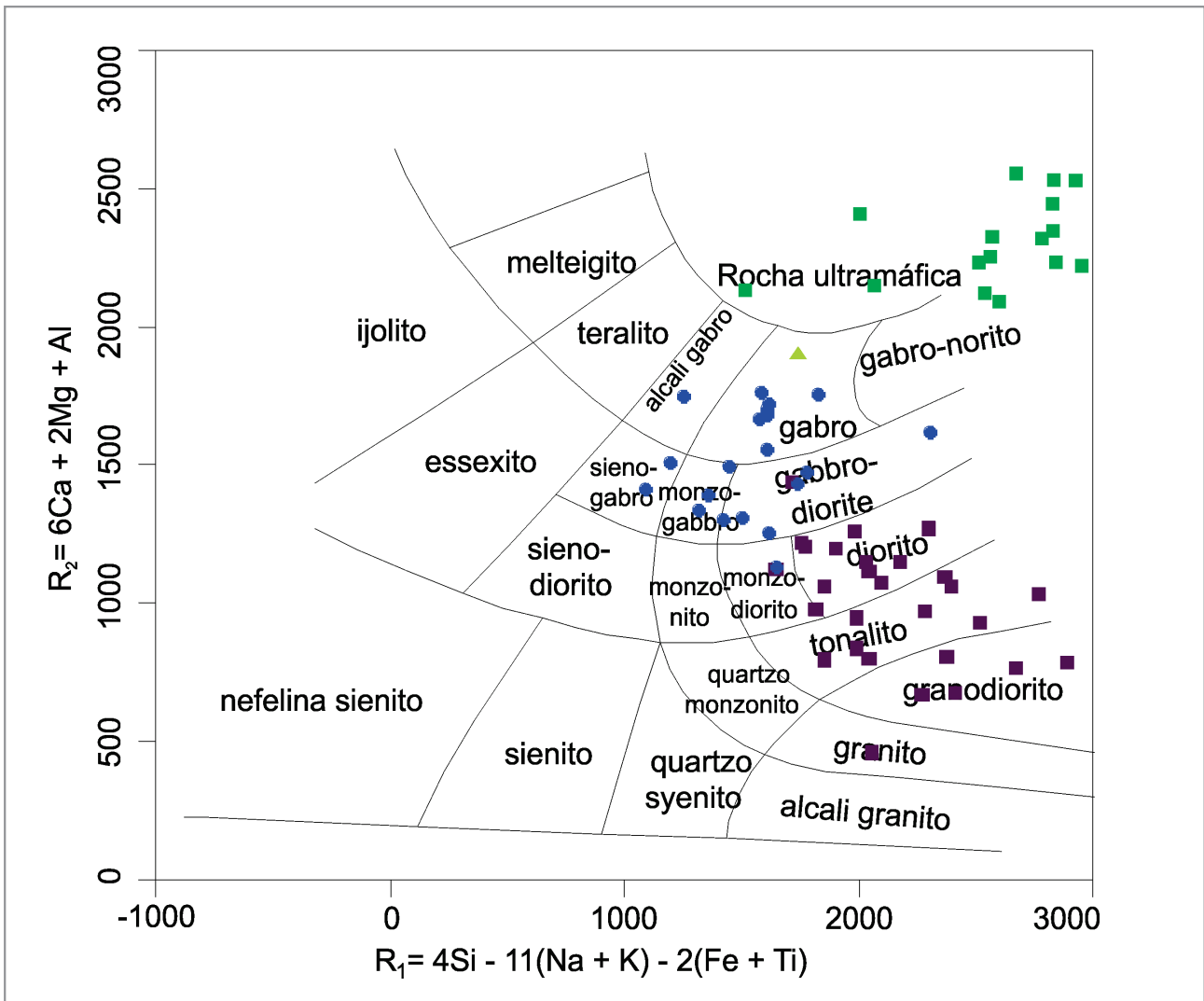


Figura 43 - Diagrama de classificação R1-R2 (DE LA ROCHE et al. 1980) simbologia igual à da Figura 42.

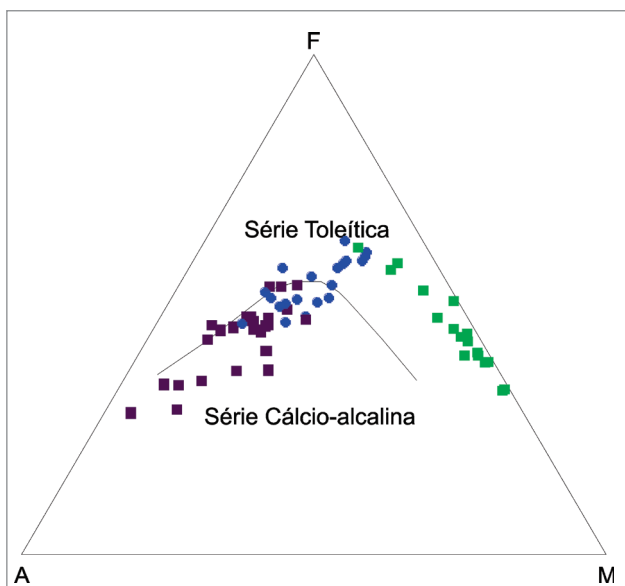


Figura 44 - Diagrama ternário de séries magmáticas Álcis, Fe_{Total} e Mg (IRVINE; BARAGAR, 1971), exibindo a afinidade magmática dos granulitos do Cráton Luis Alves. Simbologia igual à da Figura 42.

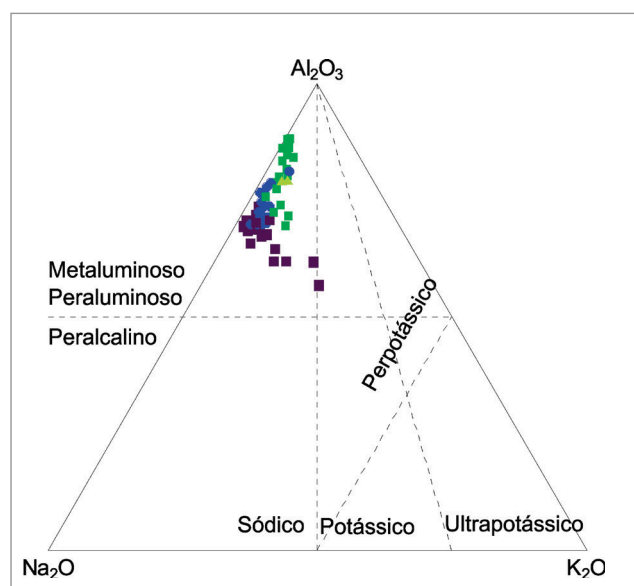


Figura 45 - Diagrama de Classificação Molar $Na_2O - Al_2O_3 - K_2O$ (SHAND, 1943). Simbologia igual à da Figura 42.

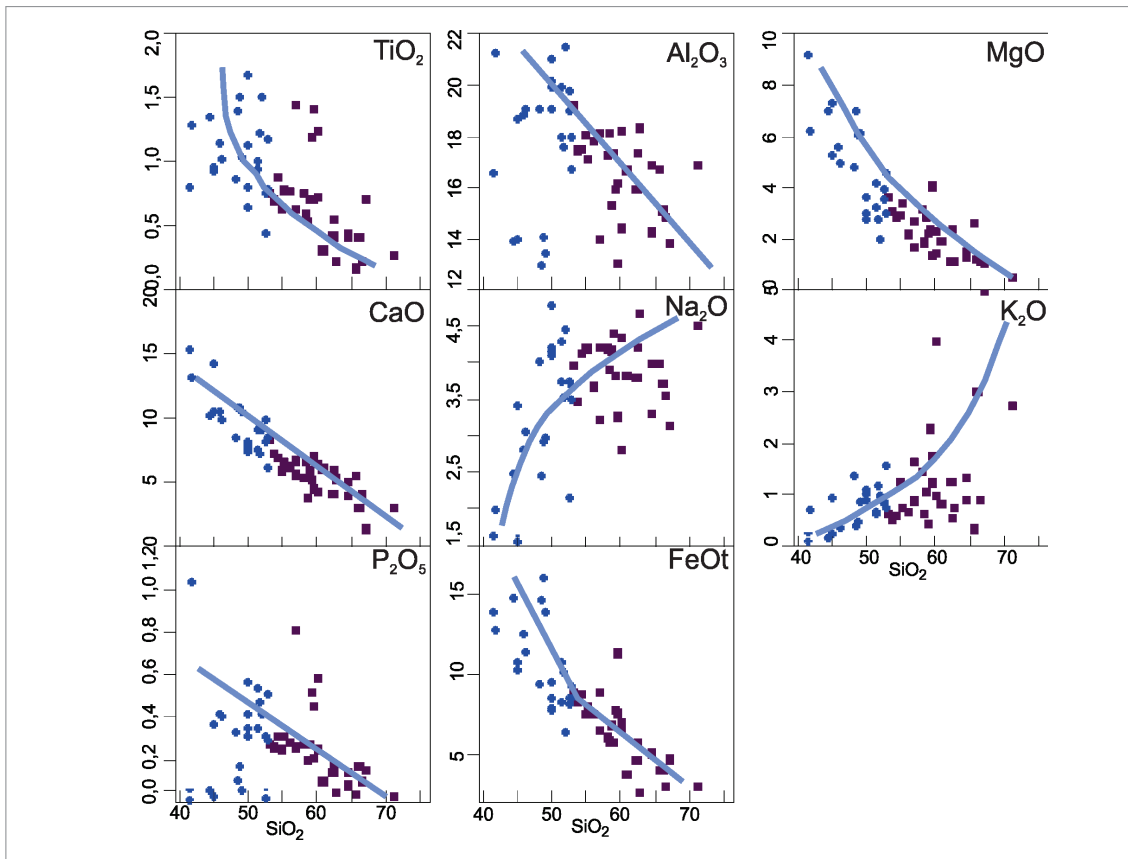


Figura 46 - Diagramas de correlação do tipo Harker para elementos maiores (óxidos) versus SiO_2 dos granulitos máficos (círculos azuis) e granulitos félsicos (quadrados roxos).

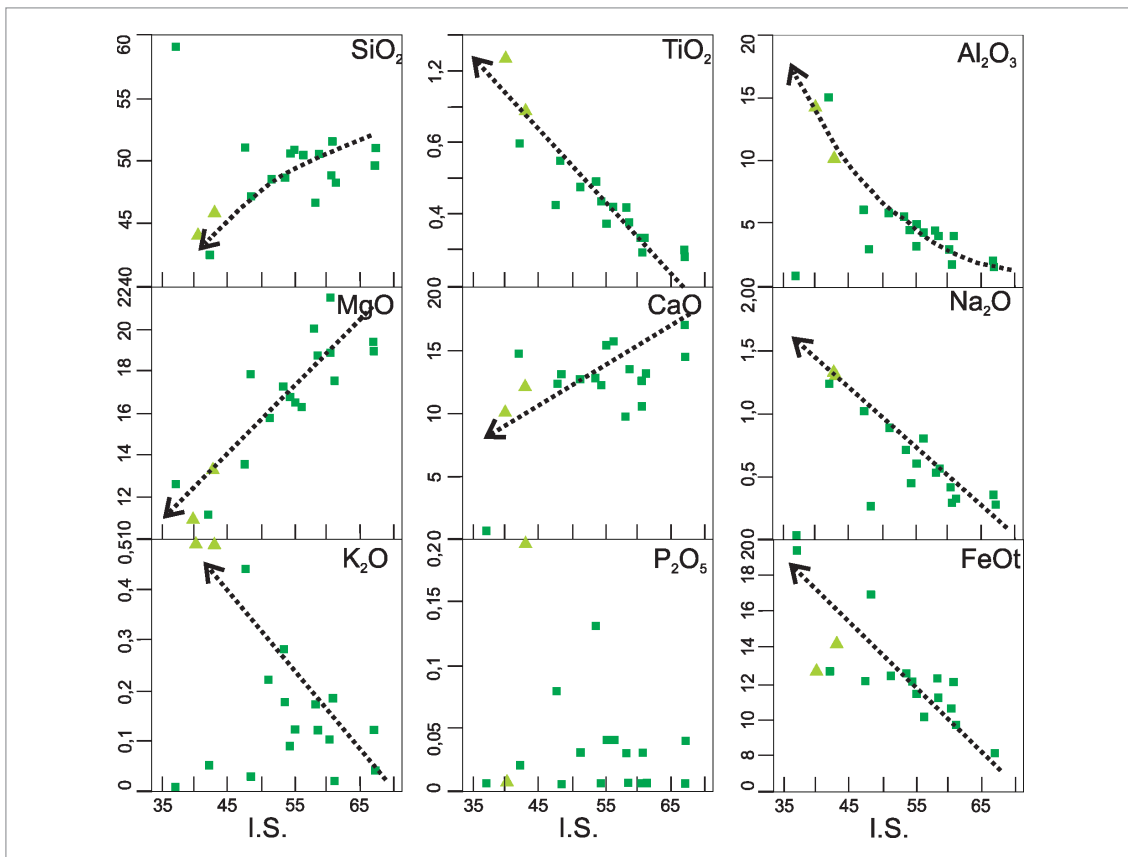


Figura 47 - Diagramas de correlação do tipo Harker de Índice de Solidificação (I.S. - Kuno, 1968) x elementos maiores para os piroxenitos e hornblenditos da Unidade Máfico-Ultramáfica Barra Velha. Quadrados verdes representam piroxenitos e triângulos verde-claro hornblenditos.

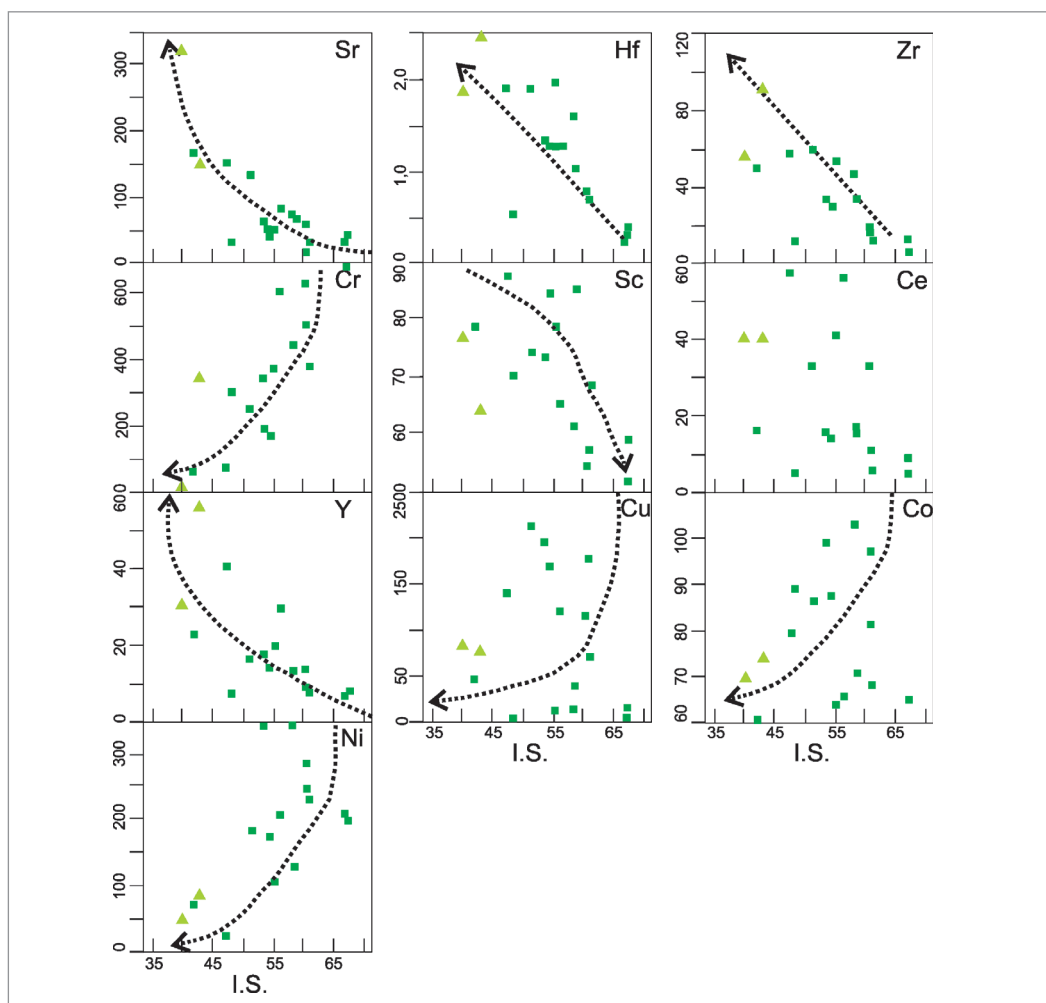


Figura 48 - Diagramas de correlação do tipo Harker com elementos traços x Índice de Solidificação (I.S.), para os granulitos Barra Velha. Quadrados de cor verde indicam piroxenitos e triângulos verdes representam hornblenditos.

3.1.1.4.3. Distribuição de ETR e Diagramas Multi-elementares

Os granulitos félsicos são enriquecidos em ETR leves em comparação com ETR pesados com $(La/Lu)_N$: 11,5-95,5, apresentam ausência ou uma leve anomalia negativa de Eu ($Sm/Nd)_N$: 0,6-2,0 (Figura 49). O valor total de Elementos Terras Raras é altamente variável, entre 30 e 649 ppm. No diagrama multi-elementar normalizado para o manto primitivo (Figura 50), podemos visualizar a anomalia negativa de Ti, Nb-Ta e Th e uma anomalia na maioria positiva de Ba, Pb, Sr e Rb. Apresenta razões $(Ce/Nb)_N$: 2,6-9,5 e $(La/Nb)_N$: 4,1-15,2.

Nos granulitos máficos os valores totais de Elementos Terras Raras são menos variáveis, de 53 a 295 ppm. Todas as amostras são enriquecidas em ETR leves em relação aos ETR pesados, com $(La/Lu)_N$: 2,5-31, apresentam ausência, ou leve anomalia negativa ou positiva de Eu ($Sm/Nd)_N$: 0,7-2,2 (Figura 51). No diagrama de multi-elementos com os valores normalizados para o manto primitivo de McDonough e Sun (1995), pode ser visualizado uma

anomalia negativa proeminente de Nb, Ta e em menor magnitude de Th. Também apresenta anomalia negativa dos elementos Ce e Zr. Elementos LIL Cs, Rb e Ba são enriquecidos, assim como Pb e La (Figura 52).

As curvas de distribuição dos ETR nos diferentes tipos litológicos dos granulitos Barra Velha podem ser vistas na Figura 53, normalizadas em relação aos valores condríticos propostos por Boyton (1984). As curvas evidenciam, de forma geral, um pequeno enriquecimento de ETR leves em relação aos ETR pesados. Os padrões dentro de cada tipo litológico são muito semelhantes entre si, da mesma forma que as razões apresentadas. As razões $(La/Lu)_N$ variam entre 1,7 a 7,3. Podem ser observadas suaves anomalias negativas de Ce, Eu e Yb. As anomalias positivas são raras e representadas por La, Nd e Gd.

O diagrama multi-elementar com os valores dos granulitos Barra Velha normalizados para o manto primitivo de McDonough e Sun (1995) (Figura 54) evidenciam anomalias negativas de Th, Nb, Zr, Pb, Sr e Ti e positivas de Nd, Pr, La, Rb, Sm e Ba.

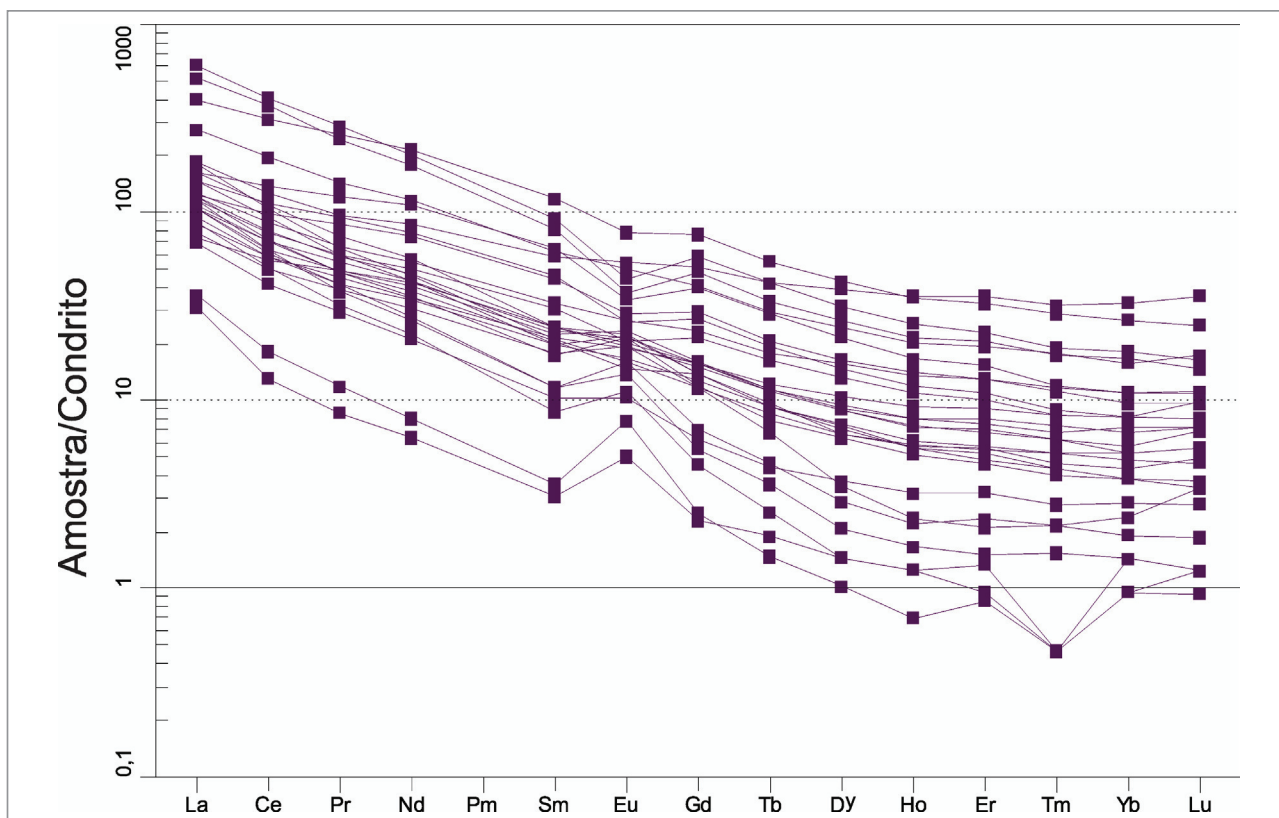


Figura 49 - Diagrama de distribuição de ETR dos granulitos félsicos, normalizados para os valores de condrito de Boyton (1984).

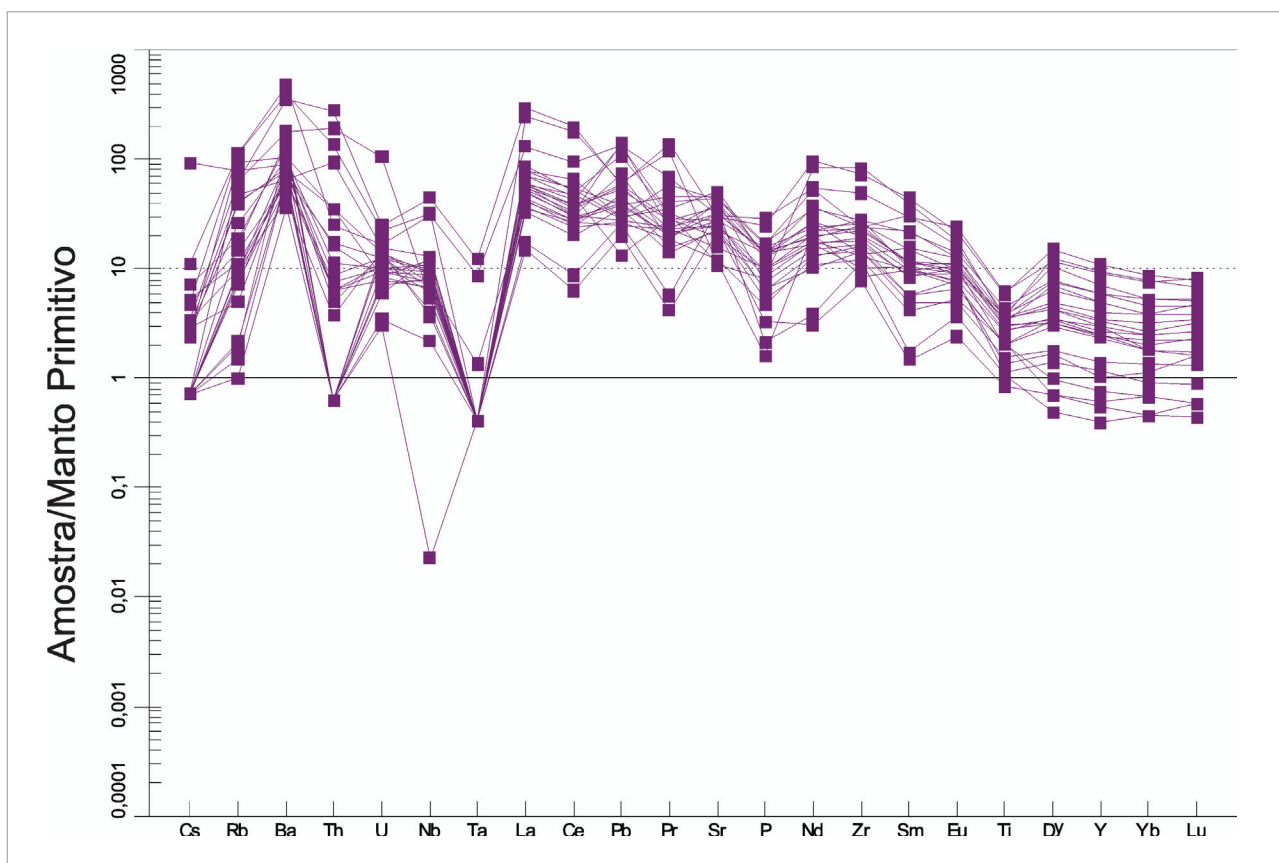


Figura 50 - Diagrama de distribuição de elementos dos granulitos félsicos, normalizados para o manto primitivo de McDonough and Sun (1995).

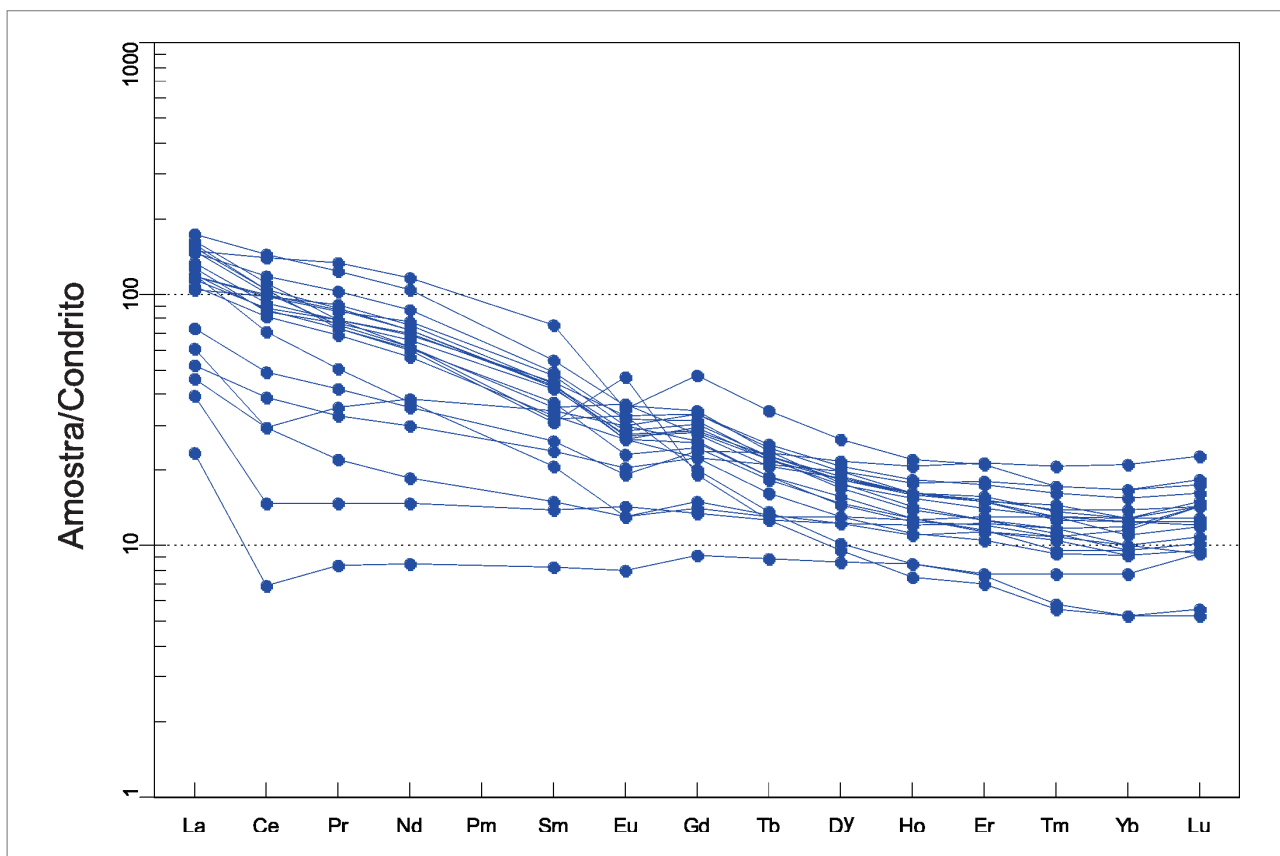


Figura 51 - Diagrama de distribuição de ETR dos granulitos máficos, normalizados para os valores de condrito de Boyton (1984).

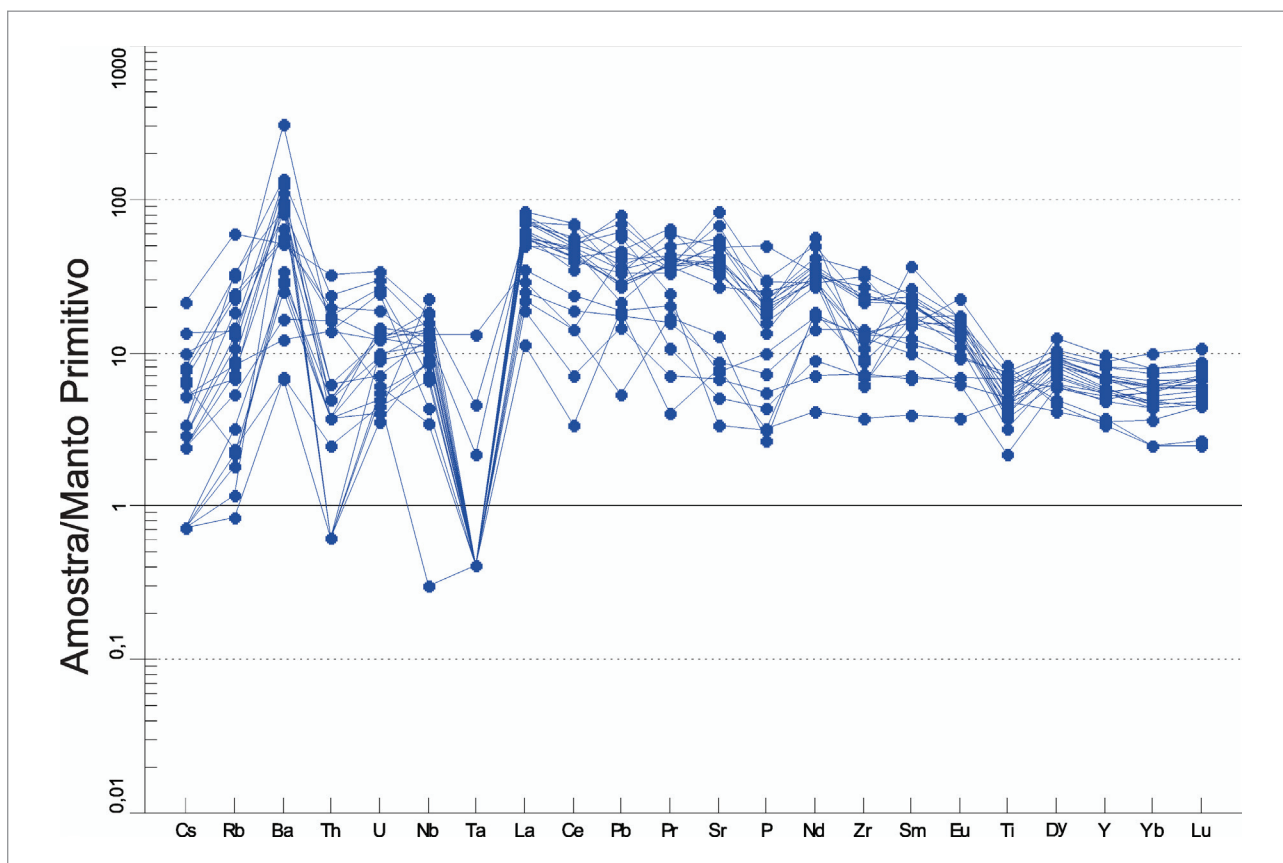


Figura 52 - Diagrama de distribuição de elementos nos granulitos máficos, com valores normalizados para o manto primitivo de McDonough e Sun (1995).

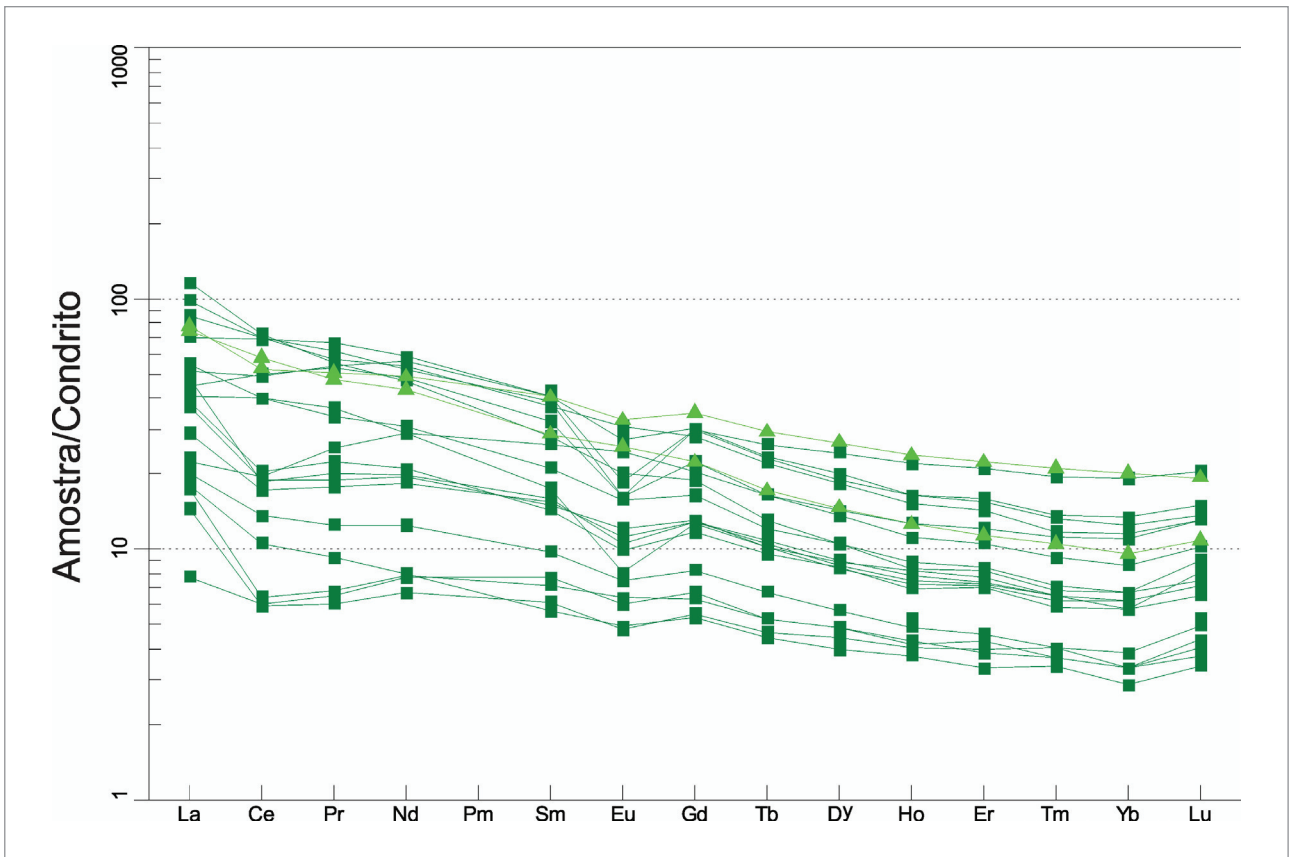


Figura 53 - Distribuição de ETR dos piroxenitos e hornblenditos da Barra Velha normalizados pelo condrito de Boyton (1984).

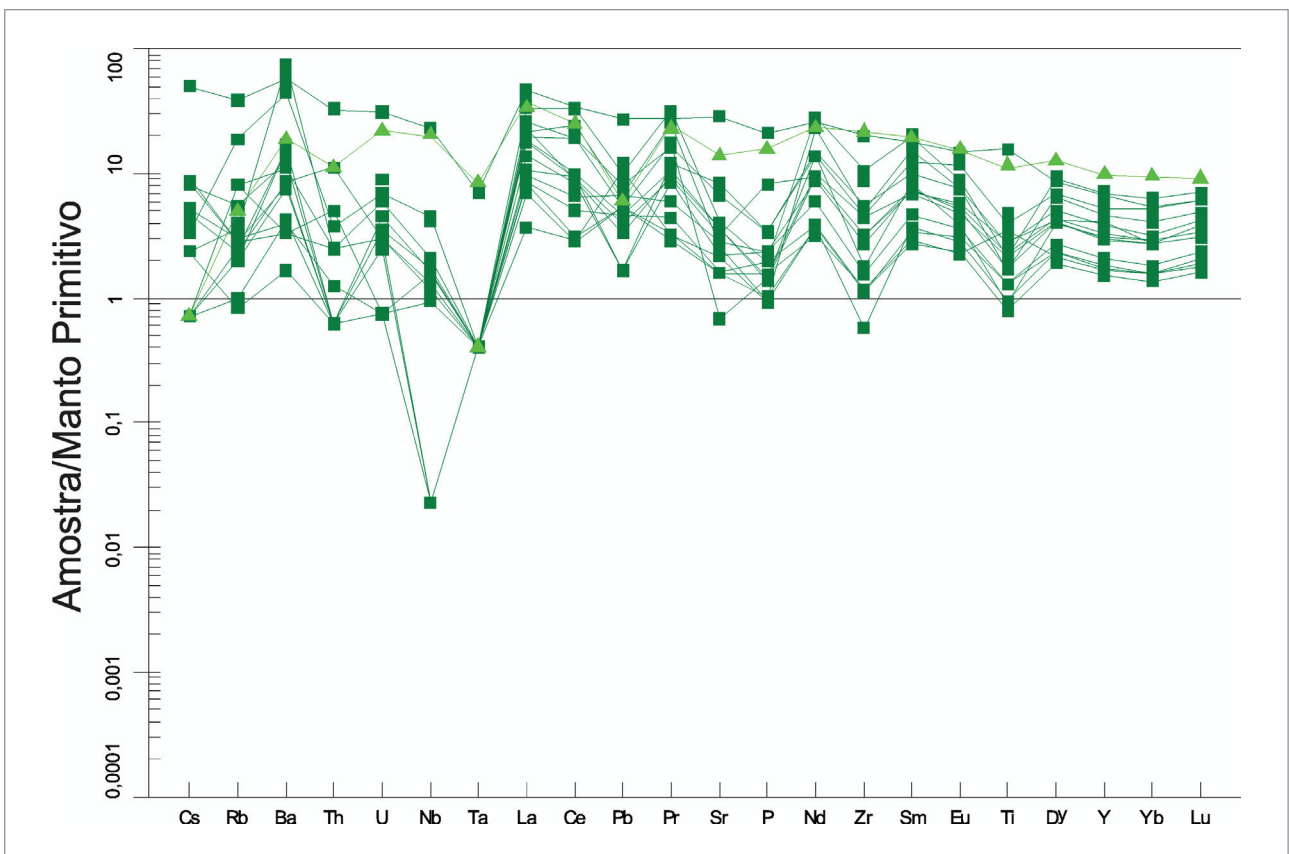


Figura 54 - Diagrama multi-elementar com a distribuição das amostras de piroxenitos e hornblenditos da Barra Velha normalizados para os valores de manto primitivo de McDonough e Sun (1995).

3.1.1.4.4. Interpretação Geotectônica

No diagrama de Batchelor e Bowden (1985) (Figura 55) a grande maioria das amostras dos granulitos félsicos e dos granulitos máficos se concentram no campo da placa pré-colisão e soergimento pós colisão. Os granulitos Barra Velha se concentram no campo do fracionamento mantélico. Já no diagrama de ambientes de Pearce et al. (1977) (Figura 56) a grande maioria das amostras dos granulitos máficos e granulitos félsicos foram plotadas no campo das rochas vulcânicas orogênicas, com poucas amostras sendo encontradas no campo das ilhas oceânicas. Os granulitos Barra Velha se concentram no extremo ferro-magnésiano do gráfico, e se prolongarmos a linha que separa os campos das rochas formadas em arco de ilhas e assoalho oceânico, as litologias se localizariam em grande parte no campo das rochas formadas em assoalho oceânico. No diagrama triangular de Harris, Pearce e Tindle (1986) da Figura 57, os granulitos félsicos estudados caem em sua quase totalidade dentro dos limites do campo dos granitos de arcos vulcânicos, concordando com o caráter cálcio-alcálico dos mesmos, que sugerem ter sido gerados em uma zona de subducção. Já os granulitos máfico e os granulitos Barra Velha, usando o diagrama de classificação de Meschede (1986) (Figura 58) se concentram no campo equivalente a basaltos toleíticos formados em um ambiente tectônico do tipo arco vulcânico, para os primeiros, enquanto que já os granulitos Barra Velha são interpretados como sendo formados em um assoalho oceânico de uma cordilheira. Nos quatro diagramas

para discriminação do ambiente geotectônico de rochas granitoides proposta por Pearce, Harris e Tindle (1984) (Figura 59) os autores se baseiam na combinação de cinco elementos traços (Y, Nb, Rb, Yb and Ta) na determinação do ambiente. Novamente, as amostras de granulitos félsicos do Cráton Luis Alves se localizaram no campo dos granitos de arco vulcânico e granitoides sin-colisionais. Os diagramas apresentados na Figura 60 são baseados em Verma, Guevara e Agrawal, (2006) e mostram que a grande maioria das amostras de granulitos máficos ficam restritas ao campo das rochas básicas de arco de ilhas.

Nos granulitos Barra Velha é possível observar uma divisão clara entre as rochas: parte das amostras analisadas caem no campo das rochas básicas/ultrabásicas formadas em arcos de ilhas e outra parte se posiciona no campo das litologias formadas em cordilheiras meso-oceânicas, evidenciando uma dualidade nas amostras estudadas.

Devido à idade proposta para a área há uma possibilidade de que os granulitos félsicos do Cráton Luis Alves pertencerem a suítes TTG. Para isso foram usados alguns diagramas para verificar esta possibilidade. No diagrama de Martin e Suguio (1986), todas as amostras se situam no campo de rochas formadas em arco de ilhas antigos (Figura 61). No entanto mostram um trend cálcio-alcálico no diagrama Na-K-Ca e não há amostras com assinatura trondhjemitica, quando usado o gráfico Al-An-Or (BARKER, 1979; O'CONNOR, 1965) com as amostras coletadas do CGSC, mostrando composições tonalíticas e ausência de trondhjemitos (Figura 62).

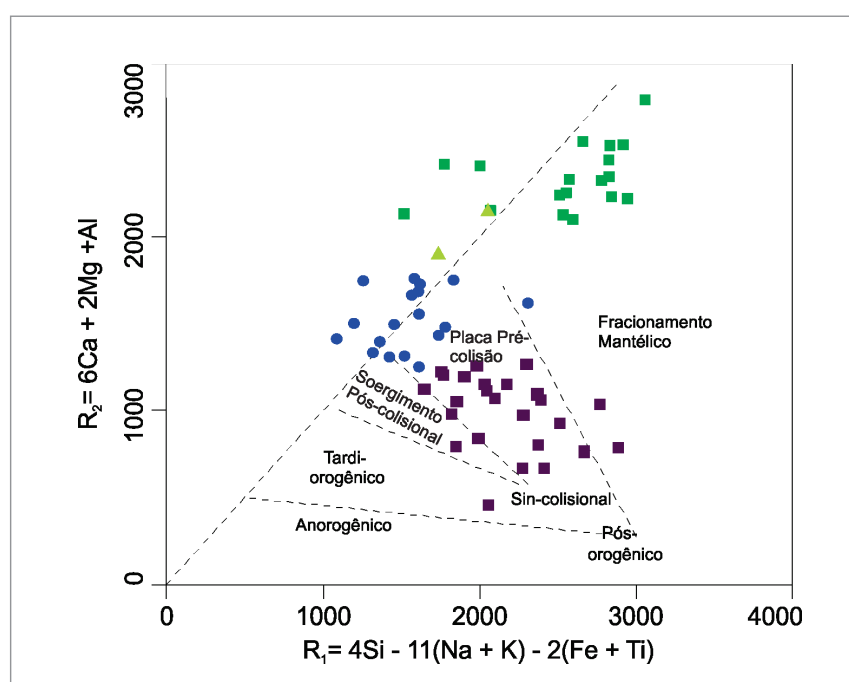


Figura 55 - Diagrama de classificação geotectônica de granulitoides de Batchelor e Bowden (1985).

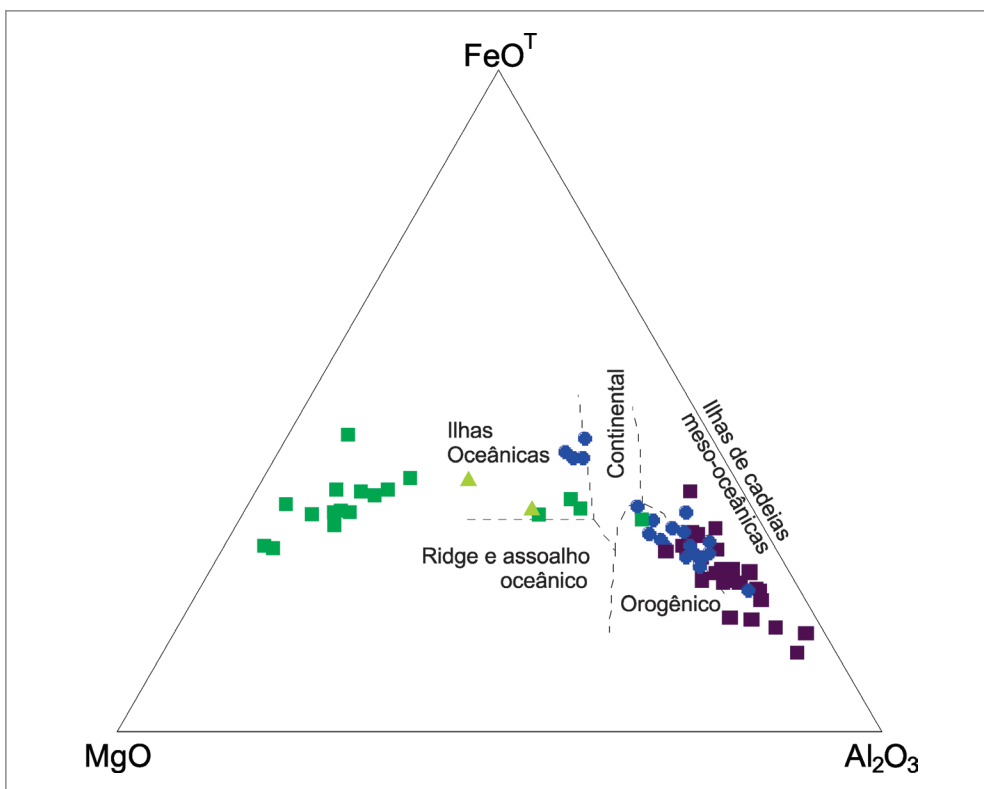


Figura 56 - Diagrama de Pearce, Gorman e Birkett (1977) para definição de ambientes geotectônicos em rochas máficas e ultramáficas.

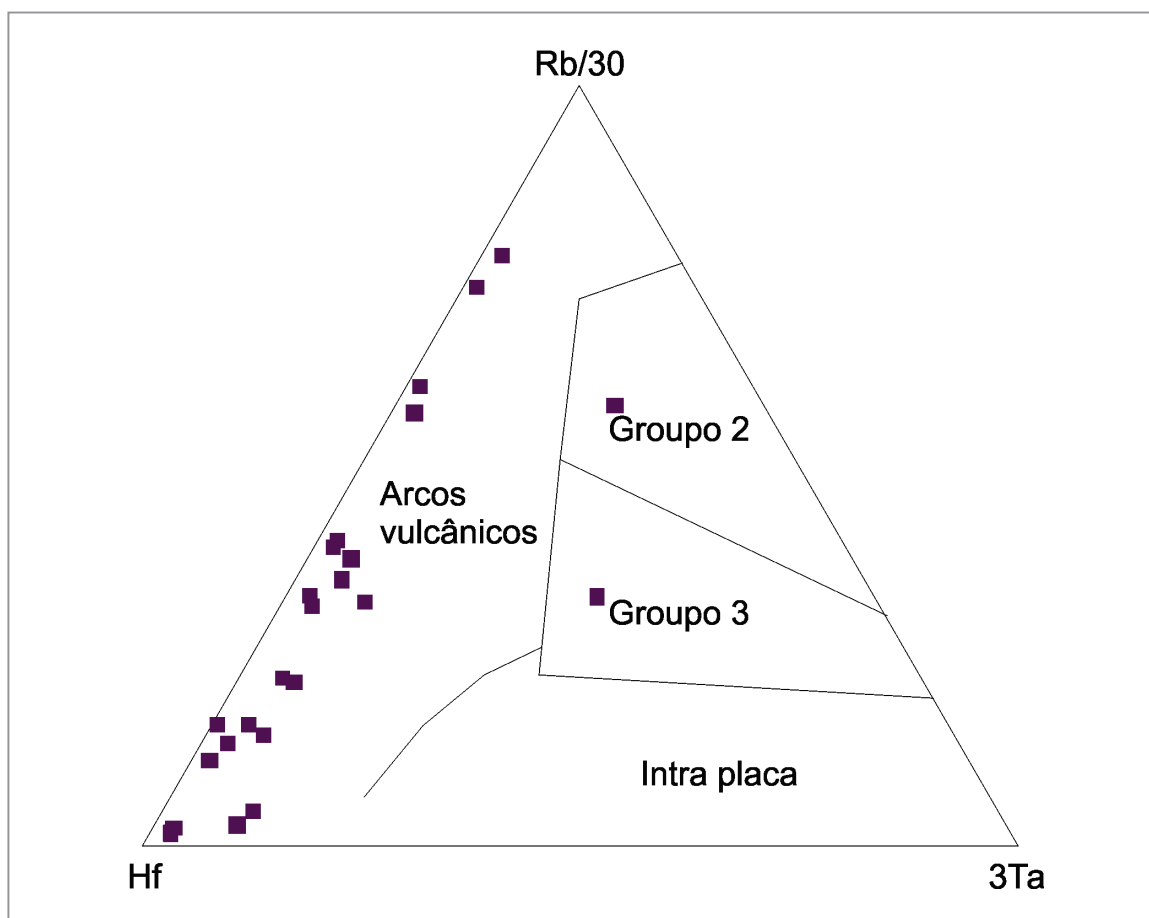


Figura 57 - Diagrama Ternário de Harris, Pearce e Tindle (1986) que usa as razões $Hf-Rb/30-Ta^*$ para classificar geotectonicamente as amostras de granitoides, nesse caso os granulitos félsicos.

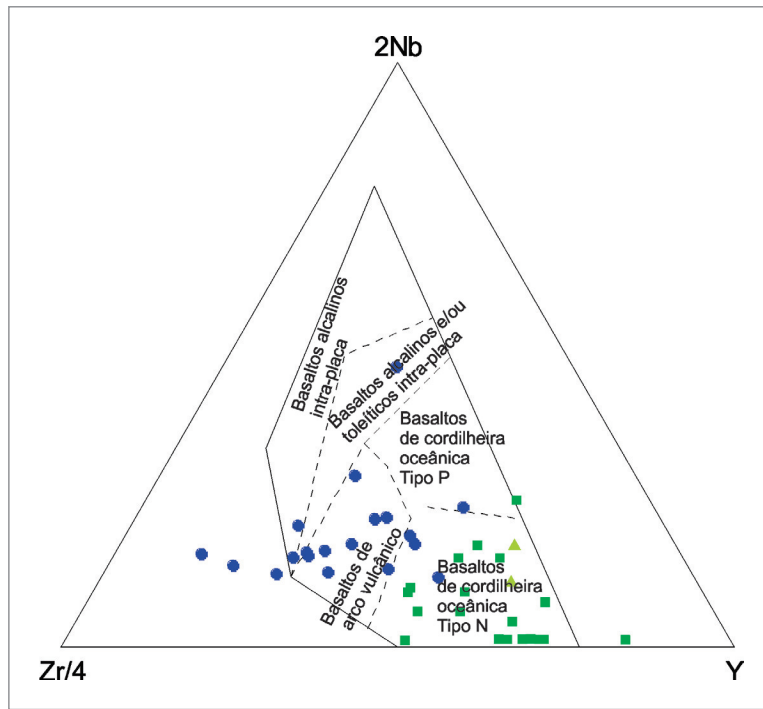


Figura 58 - Diagrama de ambientes tectônicos proposto por Meschede (1986), com os granulitos máficos e os granulitos Barra Velha.

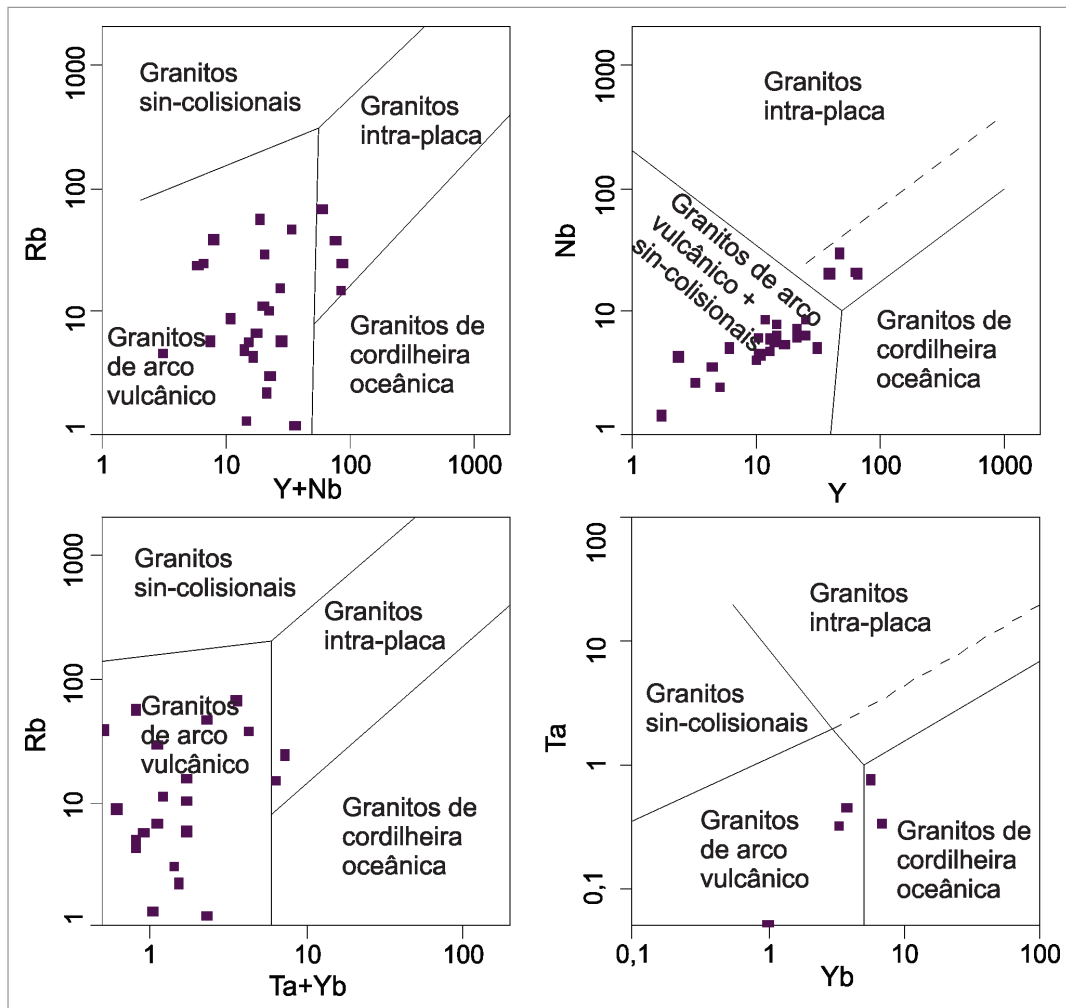


Figura 59 - Diagramas de ambiente tectônicos proposto por Pearce, Harris e Tindle (1984) com a disposição das amostras dos granulitos félsicos.

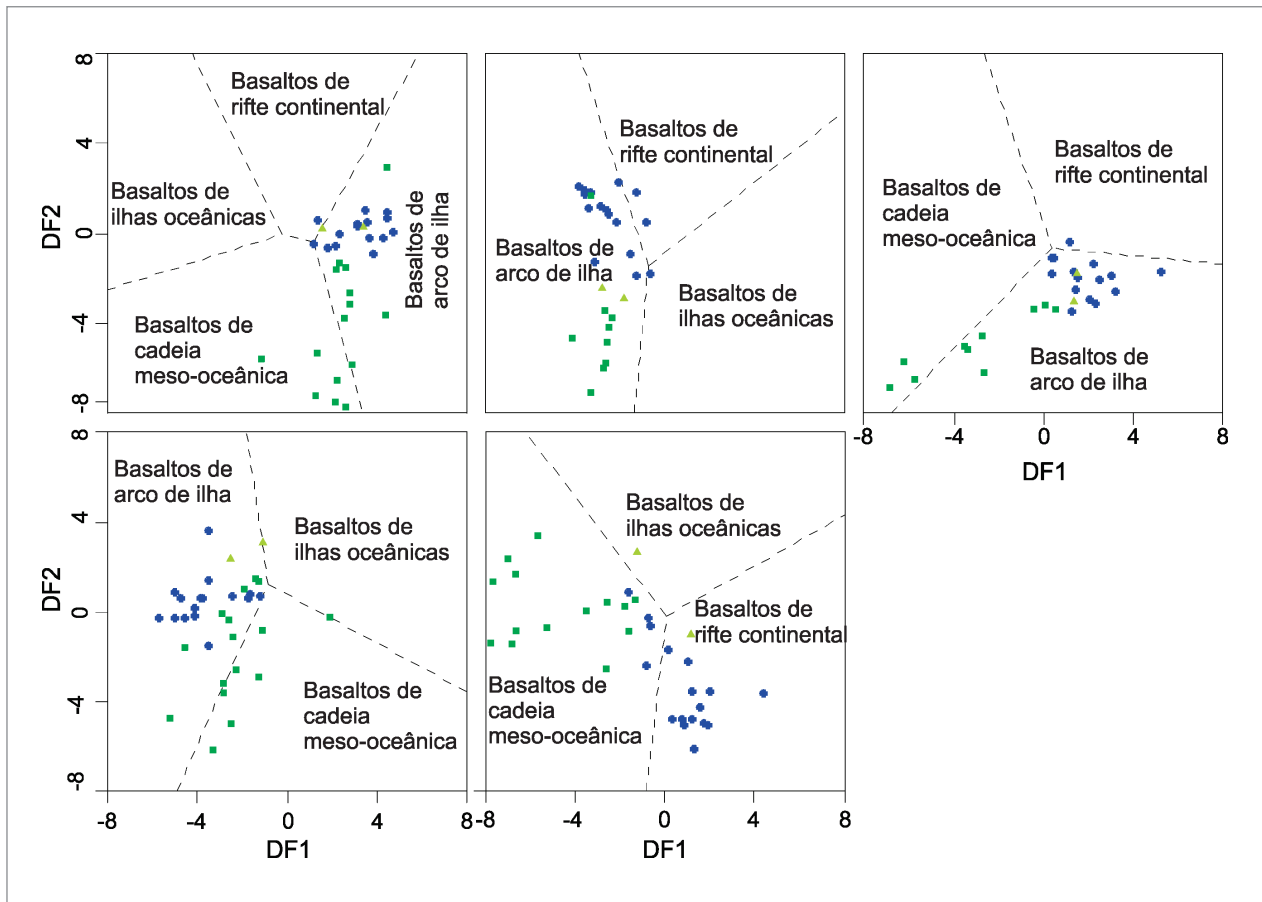


Figura 60 - Suíte de cinco diagramas para discriminação do ambiente geotectônico de rochas básicas e ultrabásicas proposta por Verma, Guevara e Agrawal, (2006).

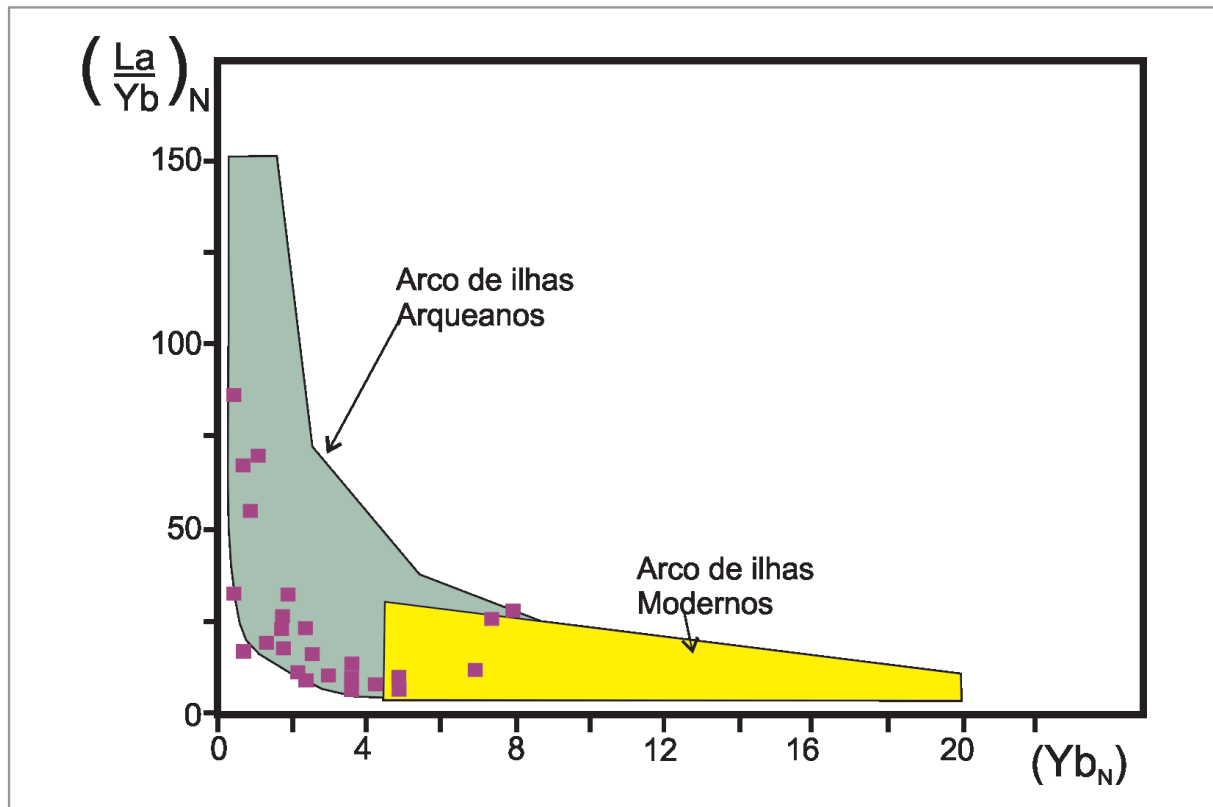


Figura 61 - Diagrama de variação de ETR em rochas graníticas com o tempo (MARTIN; SUGUIO 1986) com os dados dos granulitos félsicos do CGSC.

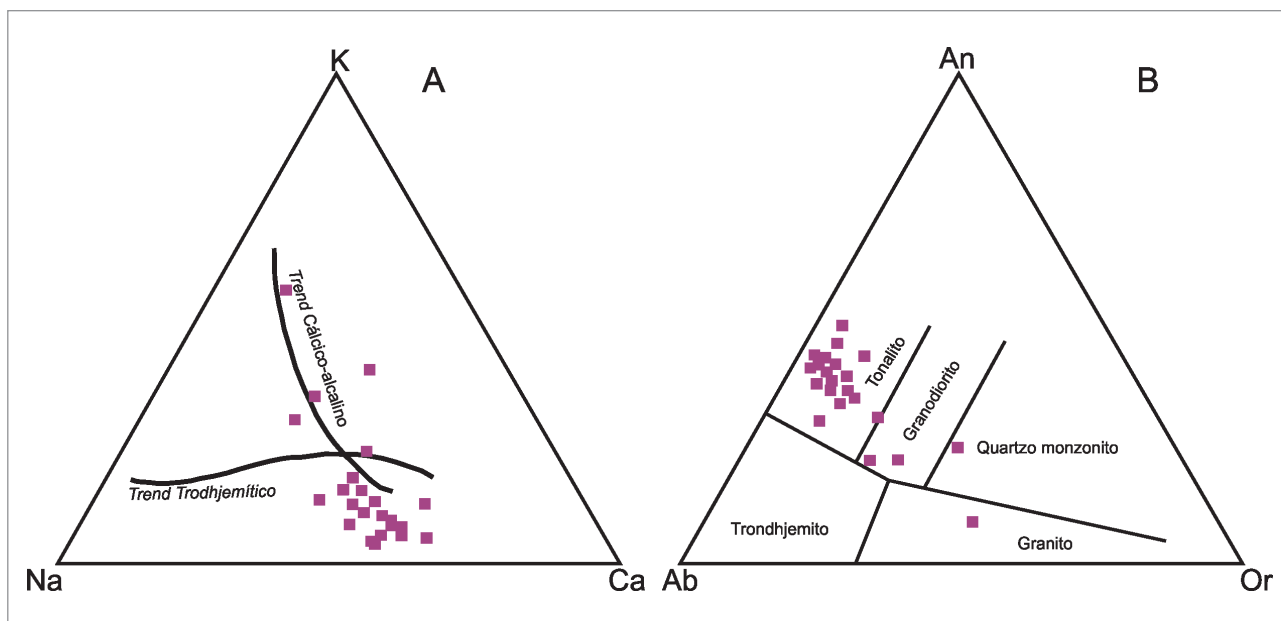


Figura 62 - A) gráfico catiônico ternário Na-K-Ca com as amostras do CGSC formando um trend cálcio-alcalino. Trends cálcico-alcalino e trondhjemitico de Barker e Arth (1976). B) gráfico ternário de Al-An-Or normativos (BARKER, 1979; O'CONNOR, 1965) com as amostras do CGSC mostrando composições tonalíticas e ausência de trondhjemitos.

3.1.1.4.5. Considerações sobre a geoquímica dos granulitos

Os litotipos identificados no grupo dos granulitos félsicos apresentam geoquimicamente composições graníticas a dioríticas, com grande predominância de rochas de composição granodioríticas e tonalíticas, com apenas duas amostras no campo dos monzonitos. Apresentam afinidade cálcio-alcalina, característica de magmas de ambientes tectônicos relacionados a zonas de subducção e são parte metaluminosos e parte peraluminosos. Na classificação geotectônica ficaram caracterizados como provenientes de ambiente de colisão, arco vulcânico com subducção, sin-colisionais, concordando com o caráter cálcio-alcalino dos mesmos.

Os dados geoquímicos das 25 amostras de granulitos félsicos têm alguns resultados que atendem os requisitos e outros não, na tentativa de colocar estas amostras como sendo formadas em uma suíte TTG. Observando os elementos maiores, a quantidade de SiO_2 dos TTGs tem que ser de pelo menos 64%, sendo que o ideal é próximo de 70%. Das nossas amostras apenas 7 tem SiO_2 acima de 64%, sendo que apenas uma tem 71%. O somatório de $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{TiO}_2$ em TTGs não deve passar de 5%, enquanto que nas nossas amostras apenas 3 cumprem este requisito. O teor de K_2O deve ficar entre 0,5 – 2%, nesse quesito 20 amostras se enquadraram. A concentração de Na_2O deve ser entre 4 – 6%, 11 amostras se enquadraram, estando as demais amostras abaixo desse valor. A razão $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ deve ficar entre 0,3 – 0,6, sete amostras se enquadraram.

O teor de Al_2O_3 deve ser maior que 15%, 21 amostras atendem o requisito. Quanto aos elementos traços e terras raras, o teor de Yb deve ser de no máximo 1,5 ppm, 16 amostras atendem o requisito. A razão $(\text{La}/\text{Yb})\text{N}$ tem que ser maior que 15, 20 amostras se enquadraram. O teor de La tem que ser entre 10 – 25 ppm, 4 amostras se enquadraram. A razão Sr/Y deve ficar entre 20 e 500 ppm, 21 amostras atendem o requisito. Outro fator é a ausência de anomalias de Sr e Eu, com a maioria das amostras cumprindo o requisito. Como se pode observar, os requisitos para ser classificado como TTG são cumpridos parcialmente e nenhuma amostra cumpriu todos os critérios.

No grupo dos granulitos máficos ocorrem quimicamente andesi-basaltos/gabros-dioritos, gabros/basaltos, traqui-basaltos/monzo-gabros, sienogabros e andesitos/monzodioritos. Exibem parte afinidade cálcio-alcalina e parte afinidade toleítica e são metaluminosos. Na classificação geotectônica também ficaram caracterizadas como rochas sin-colisionais, geradas durante um evento tectono-deformacional, com características de basaltos toleíticos formados em um ambiente tectônico do tipo arco de ilhas.

Nos granulitos Barra Velha foram identificadas quimicamente rochas ultramáficas/picríticas, gabronoritos/toleítos e picrobasalto/peridotito, basalto/gabro e basalto andesítico. Exibem afinidade toleítica e são metaluminosas/peraluminosas, indicando que os piroxenitos e hornblenditos apresentam baixas concentrações em álcalis. Na classificação geotectônica mostram afinidade mantélica, no entanto é possível observar uma divisão clara entre as rochas:

parte das amostras analisadas caem no campo das rochas básicas/ultrabásicas formadas em arco de ilhas e outra parte se posiciona no campo das litologias formadas em cordilheiras meso-oceânicas. Essa dualidade (arco de ilhas e MORB) expressa a complexidade do ambiente geológico em estudo.

Com a integração dos resultados obtidos de campo, petrografia e litogeoquímica, configura-se um cenário onde mais de um ambiente geológico típico atuou. A presença de rochas ultramáficas com afinidade MORB associada com rochas paraderivadas com componentes exalativos (presença de formações ferríferas bandadas e rochas ricas em Mn) nos remete ao ambiente divergente e de assoalho oceânico. Ao mesmo tempo evidências de subducção e de fusão de crosta nos remete ao ambiente convergente de arco de ilhas, onde se gerou tanto magmas cálcio-alcálicos representados atualmente pelos granulitos félsicos quanto magmas toleíticos, representados atualmente pelos granulitos máficos. O que se visualiza hoje no Cráton Luis Alves são ambientes geológicos originalmente distantes no espaço e tempo que os processos tectônicos colocaram lado a lado por acreção.

O importante de se observar é que há duas gênese principais para as rochas protólitos do cráton e todas foram carregadas para a crosta inferior e sofreram metamorfismo granulítico no Paleoproterozoico.

3.1.1.4.6. Rochas Exóticas Ricas em Ferro e/ou Manganês

Do conjunto de amostras analisadas algumas se mostraram inapropriadas para o estudo geoquímico devido a suas composições exóticas. Algumas são de origem ígnea (magnetitos) e outras de origem sedimentar (formações ferríferas bandadas e eulísito).

Foram coletados e analisados três tipos distintos de rochas com alto conteúdo de ferro e/ou manganês: magnetitos (2 amostras); BIF's (4 amostras) e eulísito (1 amostra). Nenhuma dessas amostras entrou no estudo geoquímico com as demais rochas granulíticas.

Com a análise química fica bem claro a composição distinta entre os três tipos de rocha, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Quadro Comparativo com as Análises químicas dos BIF's, Magnetitos e Eulísito do Cráton Luis Alves, Santa Catarina. Siglas utilizadas na tabela: MHQ – Magnetita-Hematita Quartzito; MHHQ – Magnetita-Hematita-Hiperstênio Quartzito; PLA – Paragnaisses Luis Alves; UMUBV – Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha.

AMOSTRA	LB 28A	LB 28B	PR 43A	PR 43B	LB 56B	LB 56C	PR 07A
ROCHA	MHQ-B.I.F.	MHQ-B.I.F.	MHHQ-B.I.F.	MHHQ-B.I.F.	MAGNETITITO	MAGNETITITO	EULISITO
UNIDADE GEOLÓGICA	PLA	PLA	PLA	PLA	UMUBV	UMUBV	PLA
SiO ₂	37,18	48,48	35,55	54,76	1,55	2,87	44,15
TiO ₂	0,05	0,02	0,05	0,03	0,03	0,05	0,11
Al ₂ O ₃	0,28	0,08	2,7	3,51	1,78	2,27	4,98
Cr ₂ O ₃	0,03	0,005	0,005	0,005	<0,01	<0,01	0,01
Fe ₂ O ₃	58,13	46,48	49,26	31,84	91	89	28,3
MnO	0,02	0,02	5,99	4,71	2,06	0,85	11
MgO	0,02	0,1	3,5	1,89	2	3	8,66
CaO	0,005	0,02	0,57	0,52	<0,01	0,04	2,81
Na ₂ O	0,005	0,005	0,01	0,005	<0,01	<0,01	0,04
K ₂ O	0,005	0,005	0,005	0,005	0,02	<0,01	0,01
P ₂ O ₅	0,005	0,005	0,06	0,005	<0,01	<0,01	0,05
Sum	97,05	95,81	96,65	95,79	98,44	98,08	100,12
LOI	1,2	0,3	1,5	0,9	<0,01	<0,01	<0,01
Ag	1,1	0,89	2,48	1,6	2,83	1,6	5,58
Al	0,22	0,07	1,32	1,89	0,48	0,66	2,75
As	0,5	1	7	4	7	<1	<1
Ba	17	8	10	16	257	18	14
Be	0,8	0,2	1,1	0,8	0,2	<0,1	0,6
Ce	9,8	2,7	21,3	12,5	24	2,1	9,4
Co	14,1	2,7	7,2	3,4	7,9	15,6	12,4
Cs	0,015	0,015	0,015	0,015	<0,05	0,08	0,07
Cr	99	13	0,5	0,5	<1	<1	30
Cu	41,7	4,9	53,7	4,1	95,9	8,1	5,3
Dy	1,31	0,47	3,03	2,42	0,59	0,11	7,47
Er	0,85	0,31	2,69	1,34	0,5	0,07	5,09

Tabela 1 - Quadro Comparativo com os as Análises químicas dos BIF's, Magnetitos e Eulísito do Cráton Luís Alves, Santa Catarina. Siglas utilizadas na tabela: MHQ - Magnetita-Hematita Quartizito; MHHQ - magnetita-Hematita-Hiperstênio-Quartzito; PLA - Paragnaisses Luís Alves; UMUBV - Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha. (continuação)

AMOSTRA	LB 28A	LB 28B	PR 43A	PR 43B	LB 56B	LB 56C	PR 07A
ROCHA	MHQ-B.I.F.	MHQ-B.I.F.	MHHQ-B.I.F.	MHHQ-B.I.F.	MAGNETITITO	MAGNETITITO	EULISITO
UNIDADE GEOLÓGICA	PLA	PLA	PLA	PLA	UMUBV	UMUBV	PLA
Eu	0,38	0,22	0,27	0,15	0,11	<0,05	0,66
Ga	2,7	0,9	8,7	12,3	4,8	5,2	22,2
Gd	1,17	0,49	2,06	1,63	0,4	0,1	5,03
Ge	0,4	0,5	0,05	0,05	0,5	0,3	<0.1
Hf	0,08	0,19	0,44	0,48	0,26	1,09	0,75
In	0,07	0,04	0,12	0,07	0,19	0,22	0,06
Ho	0,27	0,11	0,74	0,48	0,13	<0,05	1,64
La	7,6	3,3	14,9	15,9	8,2	8,7	6,2
Li	0,5	0,5	2	1	<1	1	3
Lu	0,16	0,06	0,62	0,15	0,16	0,02	0,87
Mo	0,59	1,5	5,47	3,88	35,38	214,38	7,93
Nb	0,015	0,015	3,07	3,58	<0,05	2,88	0,14
Nd	4,5	1,7	8,3	4,4	2	0,5	5,8
Ni	22	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	8
P	366	461	595	180	158	<50	274
Pb	5,4	0,8	0,8	1,4	1,3	2	3,5
Pr	1,15	0,4	2,37	1,28	0,6	0,15	1,22
Rb	0,1	0,1	0,5	0,3	0,4	0,2	1,4
S	0,005	0,005	0,005	0,005	0,03	0,37	<0.01
Sb	0,025	1,3	0,06	0,15	0,16	0,44	0,1
Sc	2,8	0,25	4,7	2,7	6,2	27,7	20,2
Se	1	1	1	1	<2	<2	<2
Sm	1,1	0,4	1,7	1,2	0,4	<0,1	2,7
Sn	0,15	0,15	3,8	0,8	<0,3	11,7	<0,3
Sr	<0,5	0,9	12,9	5,4	1,7	<0,5	14,1
Ta	0,015	0,015	0,015	0,16	<0,05	<0,05	<0,05
Tb	0,22	0,06	0,41	0,34	0,09	<0,05	1,05
Th	0,3	0,05	2,3	3,8	<0,1	<0,1	1,1
Ti	0,04	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,07
Tl	0,01	0,07	0,01	0,01	0,07	<0.02	<0.02
Tm	0,13	0,05	0,47	0,19	0,08	<0,05	0,74
U	0,15	0,09	0,63	3,67	0,57	0,66	0,69
W	1,2	0,6	1	3	2,1	5,4	1,4
Y	5,79	3,52	22,6	17,32	2,82	0,68	46,96
Yb	0,9	0,3	3,3	1,1	0,7	<0,1	5,1
Zn	196	149	280	157	114	183	216
Zr	2,5	39,6	23,4	19	12	24,2	31,7

3.1.1.5. Charnockito Postema

O Charnokito Postema é um corpo de gnaisse quartzo-feldspático individualizado dentro dos Gnaisses Granulíticos Luís Alves, na borda norte do Granito Dona Francisca. Esse gnaisse corresponde a um metagranito porfirítico milonitizado, onde as bandas feldspáticas correspondem aos porfiroclastos de feldspatos alcalinos muito estirados e deformados, alguns formando augens. No núcleo dessa

ocorrência foi identificado um metagranito porfirítico, protomilonítico, com hiperstênio, caracterizando o charnockito (e.g. Le Maitre et al., 1989; Frost et al., 2000; Best, 2009). Trata-se de metagranito protomilonítico a milonítico, foliado a bandado com porfiroclastos de K-feldspato micropertítico, plagioclásio e quartzo arredondados apresentando matriz com textura granoblástica poligonal com quartzo, piroxênios (hiperstênio), hornblenda e biotita, e exolução de óxidos a partir dos minerais máficos (IGLESIAS et al., 2011).

3.1.2. Ortognaisses Graníticos Granodioríticos e Granitoides Paleoproterozoicos

3.1.2.1. Ortognaisses Pomerode

Os Ortognaisses Pomerode ocupam quase toda a porção oeste do Cráton Luis Alves, sendo recoberta pelas rochas da Bacia do Paraná. Apresentam predomínio de rochas gnáissicas dioríticas a granodioríticas foliadas e deformadas conjuntamente com os Gnaisses Granulíticos Luis Alves, com os quais faz contato e se intercala.

São rochas formadas predominantemente por gnaisses dioríticos, tonalíticos a granodioríticos e graníticos, foliados a bandados, com um bandamento largo ou ausente. Apresentam cores cinza escuro a cinza claro, granulação média a grossa, localmente porfiroclástica, com porfiroclastos de feldspatos alcalinos (ortoclásio) e/ou plagioclásios (≤ 2 cm), de cor caramelo marcando a foliação. Possuem enclaves máficos (metagabros), gnaisses e hornblenditos de granulação grossa com ou sem plagioclásios. Os contatos com os Gnaisses Granulíticos Luis Alves são difusos e de difícil identificação no campo.

Zircões analisados de um metassienogranito porfirítico, situado próximo a Pomerode, apresentaram idade de 2.226 ± 5 Ma U-Pb (SHRIMP); e de um augen gnaisse charnockítico, protomilonítico, situado no extremo oeste da folha Joinville, no contato e sotoposto a rochas do Grupo Itararé e a um sill de diabásio da Formação Serra Geral, que apresentou idade de $2.209,7 \pm 4,2$ Ma U-Pb (SHRIMP). A presença de corpos de hornblenditos de granulação grossa dentro da área de ocorrência dos gnaisses granodioríticos é comum. Suas relações de contato, no entanto não são claras, permitindo dúvidas em relação à sua gênese. Não se pode afirmar com certeza que sejam diques metamorfisados e deformados, porque os mesmos também ocorrem brechados e fragmentados imersos na massa granodiorítica foliada.

Na área ainda ocorre um corpo de gabro de granulação grossa e isótropo, situado no alto do morro do Ribeirão Gustavo, a SE de Jaraguá do Sul. Esse gabro apresenta anomalia litoquímica para Au e comportamento litogeoquímico diferenciado em relação aos gnaisses encaixantes. Não mostra evidências de metamorfismo de alto grau, sendo possivelmente intrusivo nos Ortognaisses Pomerode.

3.1.2.2. Metagranito-Granodiorito Rodeio

Dentro dos Ortognaisses Pomerode, foram individualizados núcleos de rochas metagraníticas-granodioríticas menos deformadas, protomiloníticas a

miloníticas, com estrutura foliada a isótropa e textura fanerítica grossa, inequigranular a porfirítica com fenocristais de feldspato alcalino euédricos a subédricos com bordas arredondadas (porfiroclastos) de até 3 cm de diâmetro.

Variam de monzogranitos a dioritos, são rochas com protólitos claramente ígneos, com texturas total ou parcialmente preservadas, sobre a qual atuou metamorfismo predominantemente dinâmico. A mineralogia é mais uniforme, constituída por quartzo, feldspatos, biotita, diopsídio/augita parcial a totalmente transformados em hornblenda em uma transformação possivelmente tardi-magmática. A composição é granítica-granodiorítica e estão correlacionadas aos gnaisses granodioríticos encaixantes, talvez representando uma colocação tardia em relação aos eventos deformacionais que afetaram os ortognaisses.

Basei et al. (2010) apresentaram idades U-Pb (SHRIMP) de 2.202 ± 25 Ma, em zircões obtidos de granitoides granodioríticos porfiríticos e deformados na região de Pomerode consideradas idades de cristalização magmática e que podem pertencer a esta unidade, embora nesse local específico, não tenha sido individualizado, no mapa, nenhum núcleo desses granitoides. Na Folha Joinville foram datados zircões correspondente a um granito porfirítico cinza, isótropo a pouco deformado, com leve foliação indicando deformação dinâmica, onde foi obtida idade de $2.194 \pm 6,1$ Ma U-Pb (SHRIMP), compatível com a idade encontrada por Basei et al. (2010).

3.1.2.3. Suíte Rio da Luz

Ao norte da cidade de Rio dos Cedros (oeste do Cráton Luis Alves), ocorrem corpos de sienogranitos e monzogranitos vermelhos, que apresentam uma foliação milonítica pouco nítida a nítida. São protomiloníticos a miloníticos com granulação média a grossa e uma quantidade de máficos restrita, intrusivos nos Ortognaisses Pomerode. Aparentemente estão associados a zonas de falhas e cisalhamentos dúcteis tardios. Afloram nessa mesma região, gnaisses granodioríticos metamorfisados em condições de fácies granulito a anfibolito.

Os granitoides da Suíte Rio da Luz podem estar associados à fase final da orogênese que afetou os gnaisses granulíticos e granodioríticos do Cráton Luis Alves. Zircões de um sienogranito vermelho, milonítico, de granulação grossa, com biotita e hornblenda e muita alanita, apresentaram idade de $2.195,9 \pm 4,7$ Ma, U-Pb (SHRIMP), praticamente a mesma idade encontrada nos Metagranitos-granodioritos Rodeio e mais antiga que o encontrado por Basei et al. (2010) que apresentaram idades U-Pb (SHRIMP)

de 2.112 ± 22 Ma, consideradas idades de cristalização magmática em zircões de um leucogranito rosa, milonítico, que também pode pertencer a esta suíte granítica.

3.1.3. Integração Geológica-Geofísica

O Mapa de Integração Geológica-Geofísica (Anexo I) e o Mapa de Associações Tectônicas e de Recursos Minerais (Anexo II) foram construídos a partir da compilação dos dados pré-existentes, do levantamento aerogeofísico executado pela CPRM (2011) e dos trabalhos de campo efetuados pelo projeto.

3.1.3.1. Mapa de Integração Geológica-Geofísica

Partindo de um traçado pré-existente dos limites do Complexo Granulítico de Santa Catarina/ Cráton Luis Alves presente na Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo (CPRM, 2004), foram agregadas e integradas a Folha Joinville 1:250.000 (IGLESIAS et al., 2011), executada pela CPRM e a Folha Curitiba 1:250.000 (MINEROPAR, 2005). Ambas as folhas na escala 1:250.000 foram trabalhadas em sua totalidade, apesar do alvo geológico ser o Cráton Luis Alves que cobre parcialmente as mesmas, porém foram concentrados os esforços para a integração em sua área de ocorrência, conforme o mosaico de folhas 1:100.000, que é a área do projeto (Figura 63).

Como a nomenclatura litoestratigráfica existente nos dois mapas geológicos é diferente por terem sido efetuadas por instituições distintas, padronizou-se a partir da nomenclatura da Folha Joinville e em conformidade com o banco de dados GEOSGB da CPRM. A área coberta pela Folha Curitiba foi a que sofreu mais alterações com relação à denominação das unidades geológicas pré-existentes.

A interpretação dos dados magnetométricos permitiram delimitar os blocos estruturais, lineamentos estruturais e aprimorar contatos tectônicos entre as unidades geológicas, além de realçar estruturas de escala regional como o enxame de diques do Arco de Ponta Grossa.

A resposta gamaespectrométrica e sua interpretação foram utilizadas no refino da delimitação de corpos, unidades e contatos. Tanto os canais individuais de eTh, eU e K como o gráfico ternário forneceram informações relevantes. O cruzamento dos dados de campo com a resposta gamaespectrométrica aperfeiçoou a acurácia dos limites e contatos das unidades e corpos, registran-

do-se com ela as principais mudanças ocorridas na cartografia da área.

A união do trabalho de caracterização das unidades do Complexo Granulítico de Santa Catarina tendo suporte intenso da petrografia, com a resposta geofísica, foi fundamental para a confiabilidade dos limites das unidades e corpos cartografados nos mapas desenvolvidos neste projeto. Na área norte do projeto, no estado do Paraná, a comparação entre o Complexo Granulítico de Santa Catarina e o Complexo Serra Negra foi executada e ficou demonstrado serem a mesma unidade. Os limites do Complexo Serra Negra foram os que sofreram mais mudanças.

A Figura 64 abaixo ilustra o avanço da integração geológica-geofísica, partindo da Folha Curitiba 1:250.000 pré-existente, após um resultado preliminar contemplando a área de ocorrência do alvo geológico e por último o resultado final da integração. A principal diferença entre a cartografia pré-existente da Folha Curitiba representada na Figura 64A e o resultado preliminar da Figura 64B é a visibilidade dos grandes blocos tectônicos da área, ressaltados principalmente pela magnetometria, estando a noroeste o Complexo Atuba pertencente a Microplaca Curitiba; centralizado na área com uma orientação NE o Complexo Granulítico de Santa Catarina representando o Cráton Luis Alves, e a leste os granitoides Neoproterozoicos do Bloco Paranaguá. Entre as Figura 64B e Figura 64C, onde foi mais usado a gamaespectrometria para a integração, as diferenças são mais sutis, estando elas nos limites e contatos dos corpos e unidades.

Na Figura 65 expõe-se a imagem da 1ª derivada vertical da magnetometria, a interpretação da magnetometria e o resultado final dos limites do cráton. Um fato que merece atenção é que o contato entre o Cráton Luis Alves e o Bloco Paranaguá indicado pelos lineamentos magnéticos de 1ª ordem não coincide com o contato verificado em superfície, estando o lineamento magnético deslocado para leste. Isto leva a supor que o contato entre os blocos é mergulhante, sendo este mergulho para SE com o Bloco Paranaguá sobreposto. No limite oeste do cráton, na região do Estado do Paraná, ocorre algo semelhante, o lineamento magnético de 1ª ordem que indica o limite do cráton com o Complexo Atuba está mais a oeste do que o contato superficial, indicando mergulho do contato para NW e com o Complexo Atuba sobreposto (Figura 66).

Na Figura 67 ilustra-se o mapa ternário da gamaespectrometria, os limites pré-existente do cráton e novamente o resultado final dos limites do mesmo. Olhando o mapa ternário regionalmente e na escala

que está na figura é difícil perceber a resposta gamaespectrométrica dos diferentes litotipos.

Para o refino executado no projeto é necessário trabalhar-se em diversas escalas de zoom, principalmente proximais, e com isso foi possível redefinir os contatos, sempre com suporte intensivo da petrografia. Ao se comparar as Figura 67B e Figura 67C

observa-se que as principais mudanças ocorreram no norte da área.

Na Figura 68 fica ilustrado o resultado final da integração geológica-geofísica com um comparativo entre a cartografia geológica pré-existente das folhas 1:250.000 e o traçado pré-existente (Figura 67B) do Cráton Luis Alves. Na Figura 68B o resultado final da Mapa de Integração Geológica-Geofísica.

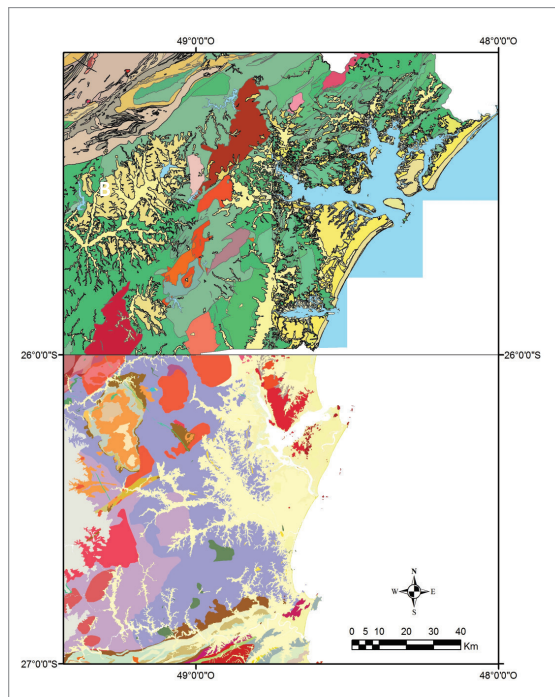
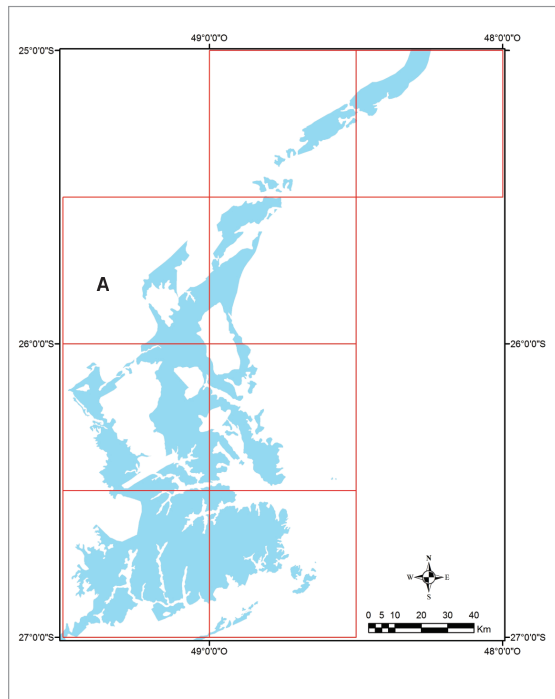


Figura 63 - A) Cráton Luis Alves segundo a Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo (CPRM, 2004) com as quadrículas das folhas 1:100.000 da área do projeto. B) Cartas geológicas 1:250.000 das folhas Curitiba (norte) e Joinville (sul).

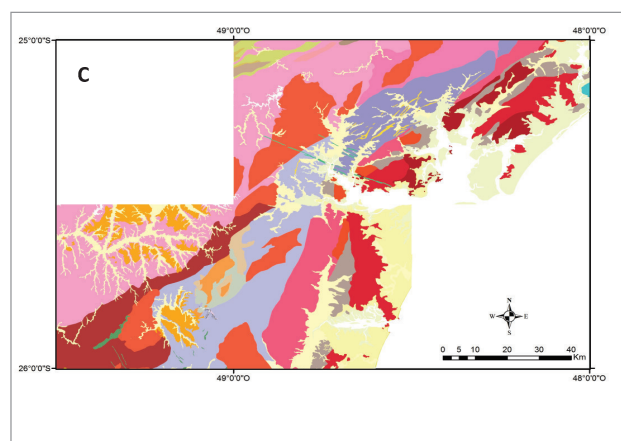
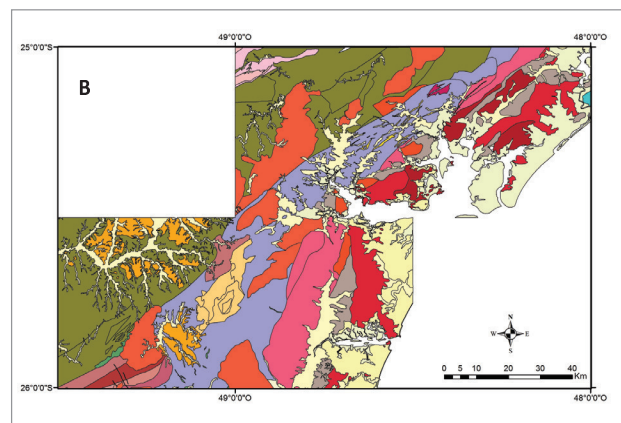
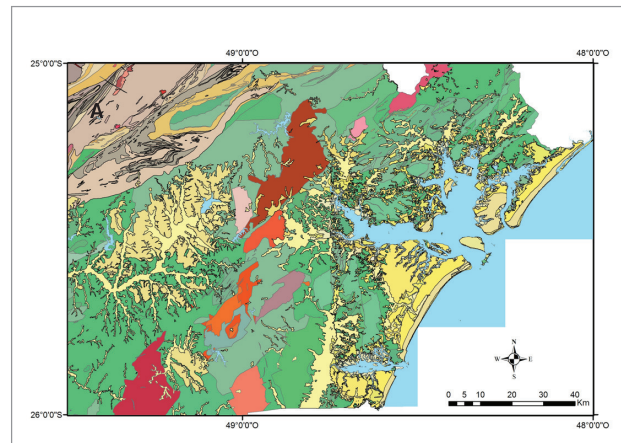


Figura 64 - A) Folha Geológica Curitiba 1.250.000 (ITCG/PR, 2005). B) Resultado da integração geológica-geofísica onde se destaca os grandes blocos estruturais com o auxílio da magnetometria. C) Resultado final da integração geológica-geofísica com utilização da gamaespectrometria para o refino dos corpos, unidades e contatos.

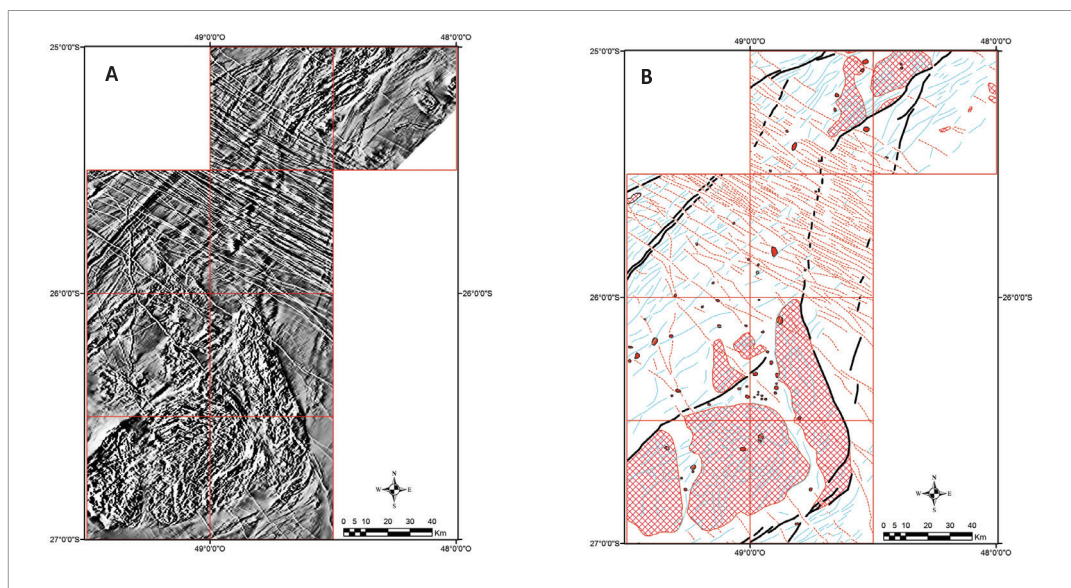


Figura 65 - A) Mapa da 1ª derivada vertical da magnetometria; B) interpretação da magnetometria, onde traços pretos são lineamentos magnéticos de 1ª ordem, traços azuis lineamentos magnéticos de 2ª ordem, traços vermelhos enxame de diques, áreas hachuradas vermelhas altos magnéticos e pontos vermelhos dipolos magnéticos.

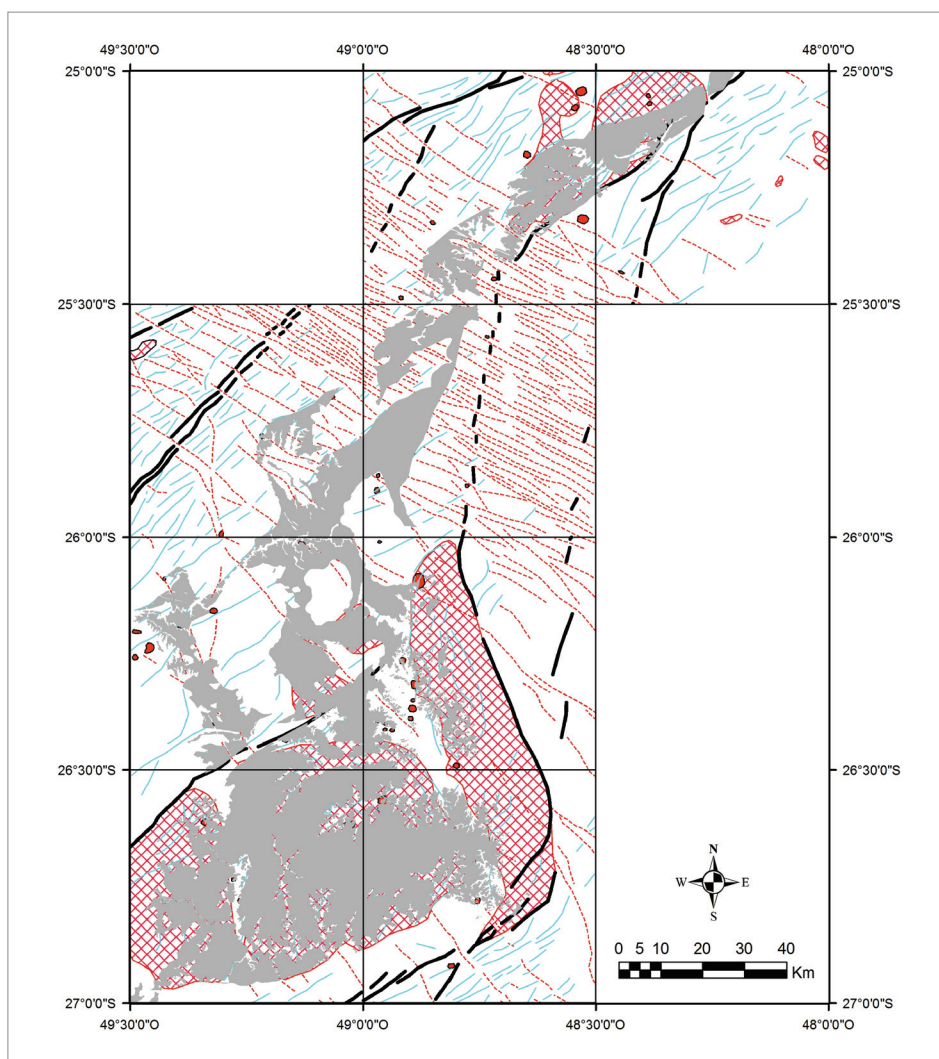


Figura 66 - Interpretação da magnetometria com os limites do cráton por cima (cor cinza), mostrando que o contato entre os grandes blocos estruturais da área em superfície e subsuperfície não coincidem. Legenda: traços pretos são lineamentos magnéticos de 1ª ordem, traços azuis lineamentos magnéticos de 2ª ordem, traços vermelhos enxame de diques, áreas hachuradas vermelhas altos magnéticos e pontos vermelhos dipolos magnéticos.

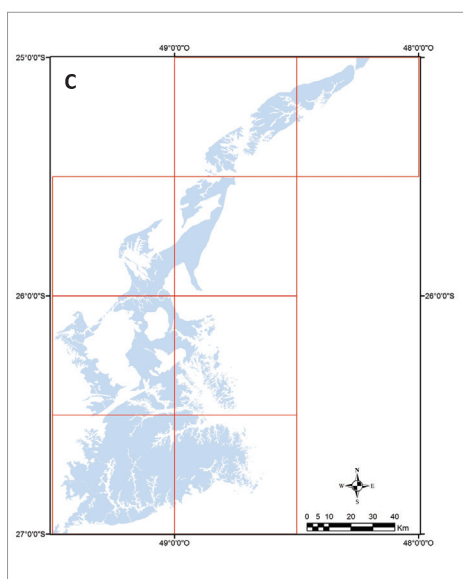
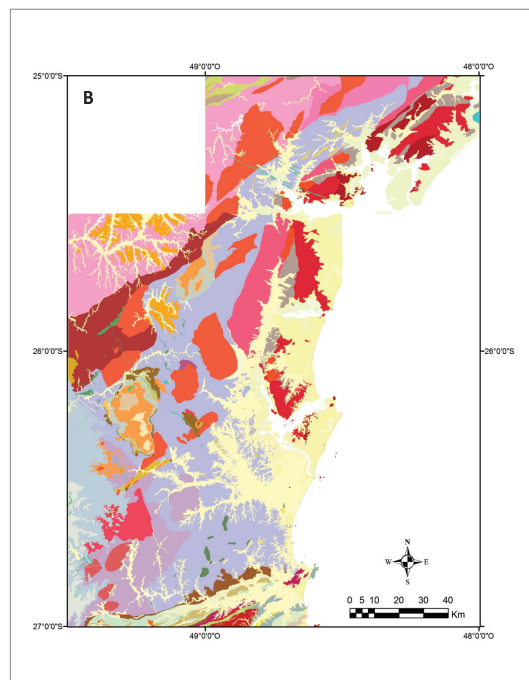
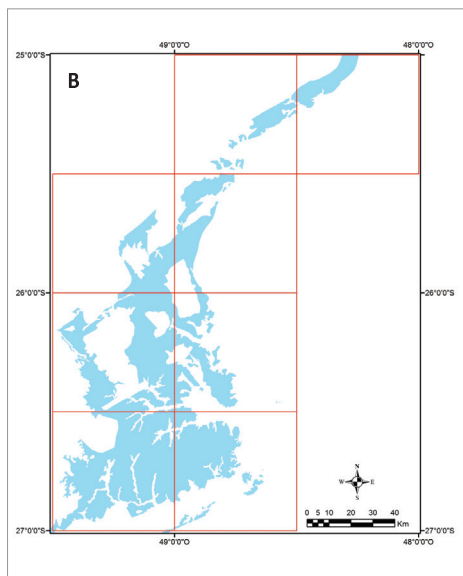
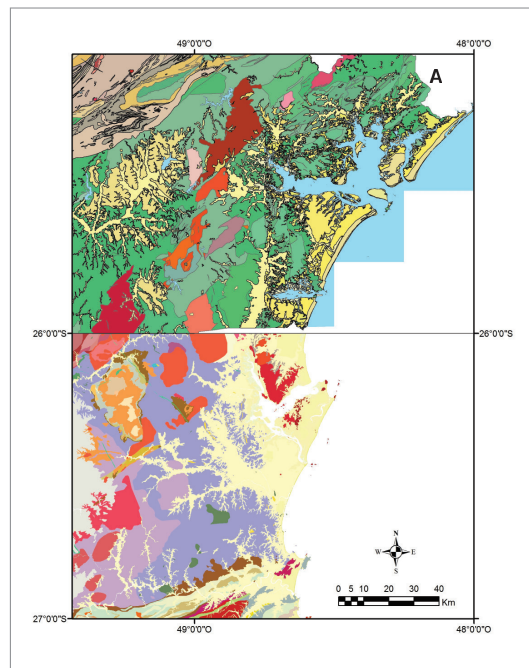
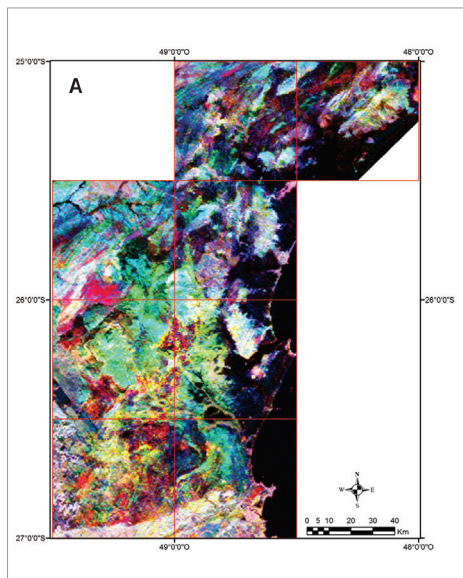


Figura 67 - A) mapa ternário da gamaespectrometria; B) Traçado pré-existente do Cráton Luis Alves segundo a Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo (CPRM, 2004); C) limites atuais do Cráton Luis Alves conforme este projeto.

Figura 68 - A) Cartas geológicas originais 1:250.000 das Folhas Curitiba (norte) e Joinville (sul). B) Resultado final do Mapa de Integração Geológica-Geofísica.

3.2. MICROPLACA CURITIBA (E FAIXA APIAÍ)

A Microplaca Curitiba (BASEI et al., 1992) ocupa uma faixa de aproximadamente 40-50km de largura, orientada segundo NE-SW, situada entre os metassedimentos da Faixa Apiáí a norte e o Cráton Luis Alves a sul (Anexo I). É formada por um embasamento gnáissico-migmatítico paleoproterozoico-neoproterozoico (Complexo Atuba), por granitoides neoproterozoicos da Suíte Rio Piên, por

rochas máficas-ultramáficas do Complexo Piên, pelas intrusões graníticas alcalinas-peralcalinas da Suíte Serra do Mar e pela bacia vulcanossedimentar de Guaratubinha. As rochas da Faixa Apiaí são representadas pelos metassedimentos neoproterozoicos do Grupo Açungui.

O **Complexo Atuba** é constituído por biotita-anfibólio gnaisses, anfibólio-biotita gnaisses e migmatitos cinzentos a rosados com mesossomas de biotita-anfibólio gnaisses e leucossomas de composição tonalítica-granodiorítica-granítica, intensamente deformados e regionalmente metamorfisados na fácies anfibolito durante o Neoproterozoico. Dentro dos gnaisses e migmatitos, preferencialmente na porção norte, ocorrem núcleos de gnaisses granulíticos de composição enderbítica-charnoenderbítica. Ocorrem ainda gnaisses graníticos leucocráticos, sendo comum a presença de mobilizados quartzo-feldspáticos foliados e isótopos alojados perpendicular ou paralelamente ao bandamento principal. Também ocorrem intercalações de anfibolitos e rochas metamáficas e ultramáficas (HARARA, 2001).

O **Complexo Máfico-Ultramáfico Piên** é associado à Microplaca Curitiba pela sua idade, situa-se ao longo da Zona de Cisalhamento Piên-Tijucas (HARARA, 2001) no contato da Microplaca Curitiba com o Cráton Luis Alves. Esta unidade litoestratigráfica é representada por peridotitos (dunitos, harzburgitos serpentinizados e serpentinitos) com níveis estreitos de olivina-ortopiroxenitos, ortopiroxenitos, olivina-websteritos, websteritos e raros enclaves de talco-serpentina xistos, intrusões de piroxenitos e raros gabros. Xistos magnesianos (serpentinitos, talco xisto, magnetita xisto, tremolita xisto, carbonato e clorita xistos) ocorrem nas bordas. Essas rochas ultramáficas apresentam colorações variadas, desde cinza escuro, cinza claro até verde e granulação fina a média. É constituído por dois corpos principais e de maiores dimensões, alojados sobre o Cráton Luis Alves próximo ao contato com a Microplaca Curitiba. Seus contatos são essencialmente tectônicos, envolvendo falhas de cavalgamento e transcorrentes. As rochas dessa unidade se encontram fortemente deformadas, dobradas e rompidas com aspecto cataclástico-milonítico. Provavelmente representam uma sequência ofiolítica incompleta, onde somente a porção ultramáfica foi mantida (HARARA, 2001). Harara (2001) obteve idades de 631 ± 17 Ma por U-Pb (SHRIMP) em zircões de gabros associados às rochas ultramáficas.

Harara (2001) caracterizou a **Suíte Rio Piên** como um terreno granítico deformado correlacionado a um arco magmático cálcico-alcalino de médio a alto K, tipo I, constituído por três grupos de rochas principais: 1) rochas graníticas sem epidoto

magmático (e associadas a anfibolitos); 2) rochas graníticas com epidoto magmático; e 3) monzogranitos (protomiloníticos a miloníticos) sem epidoto magmático, separados tectonicamente entre si. A Suíte Rio Piên engloba: 1) Granito Poço Fino; 2) Monzogranito Doce Grande; e 3) Granito Rio Piên.

O **Granito Poço Frio** é representado por rochas graníticas sem epidoto magmático (quartzo monzodioritos e granodioritos) de granulação média a grossa, cor cinza claro a cinza escuro, com fenocristais de feldspato potássico, plagioclásios zonados, quartzo e alta concentração de minerais máficos entre os quais predomina ora o anfibólio, ora a biotita, ocorrendo rochas com anfibólio \pm biotita e raramente biotita \pm anfibólio. A foliação, caracterizada pela forte orientação dos feldspatos, biotita e anfibólios é bem marcada. Harara (2001) obteve idades de 620 a 610 Ma por U-Pb em zircões.

O **Monzogranito Doce Grande** corresponde a anfibólio e raramente anfibólio-biotita monzogranitos de granulação fina a grossa, cor cinza a rosada, protomiloníticos a miloníticos e ultramiloníticos. Podem conter fenocristais de feldspato potássico, além de plagioclásios, quartzo, biotita e anfibólios. Não se observa epidoto magmático. Está em contato tectônico com o granito Poço Frio. Harara (2001) obteve idades U-Pb em zircões, de 605 a 595 Ma.

As rochas graníticas com epidoto magmático do **Granito Rio Piên**, são subdivididas em três litofácies: 1) quartzo monzodioritos; 2) granodioritos; e 3) leucogranodioritos. Harara (2001) obteve idades U-Pb em zircões entre 605 e 595 Ma para essas rochas.

3.3. CINTURÃO GRANÍTICO COSTEIRO - BLOCO PARANAGUÁ

O Bloco Paranaguá aflora na porção oriental, entre o Cráton Luis Alves, com quem faz contato por importantes zonas de cisalhamento e cavalgamento (Lineamentos Palmital, Alexandra e Serra Negra) e o Oceano Atlântico (Anexo I). É constituído pelo embasamento granito-gnáissico do Complexo São Francisco do Sul, pela sequência metassedimentar da Formação Rio das Cobras, intrudida pelos granitoides da Suíte Morro Inglês e pelos granitos Estrela e Rio do Poço.

O **Complexo São Francisco do Sul** é representado por rochas gnáissicas de origem ígnea com bandamento gnáissico definido pela intercalação de minerais máficos e félsicos em diferentes tonalidades de cinza. São gnaisses de composições dioríticas, quartzo monzodioríticas, granodioríticas, trondhjémíticas e monzograníticas, que, na ilha de São Francisco do Sul, apresentam aspecto bandado com a sobreposição de uma foliação milonítica,

localmente com feições de migmatização. Em lajeados no Rio São João, próximo ao Granito Estrela, são encontrados gnaisses quartzo-feldspáticos com coloração cinza escuro a cinza médio, que além do bandamento gnáissico, apresentam foliação milonítica incipiente a forte. Esses gnaisses milonitizados apresentam granulação média a grossa, matriz máfica com biotita fina e máficos pretos maiores. Porfiroclastos de feldspato potássico subédricos a arredondados marcam a foliação. Diques granitoides cortam a foliação milonítica. Constitui possível zona de contato entre o Cinturão Costeiro/Bloco Paranaçu e o Cráton Luis Alves.

A **Formação Rio das Cobras** compreende rochas metassedimentares compostas por biotita-quartzo xistos, sericita-quartzo xistos, biotititos, clorita xistos, clorita-quartzo xistos, xistos calcissilicatados, grana-xistos, metamorfisados nas fácies xisto verde a anfíbolito (CURY, 2009). Apresentam granulação média a grossa. Os sericita xistos estão dobrados e crenulados, com intercalações estreitas de coloração cinza, provavelmente grafitosas e também níveis estreitos de quartzitos. As relações de contato com os granitos da Suíte Morro Inglês são nitidamente intrusivas com desenvolvimento de metamorfismo de contato sobre os xistos. Segundo Cury (2009), análises U-Pb caracterizaram períodos de cristalização do zircão no Paleoproterozoico (2173 ± 18 Ma), Neoproterozoico (626 ± 25 Ma) e Cambro-Ordoviciano (510-490 Ma).

A **Suíte Morro Inglês** compreende rochas graníticas leucocráticas de coloração cinza, granulação média a grossa, com textura porfirítica, normalmente exibindo foliação de fluxo magmático com entalhamento de fenocristais de feldspato potássico. Na matriz do granito ocorrem feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, hornblenda e (\pm) biotita; como acessórios aparecem titanita, apatita, epidoto, allanita e zircão. Enclaves máficos esféricos a angulosos são comuns, sendo a maioria de composição diorítica com granulação fina e textura equigranular isotropa. Feições de mistura (*mixing* e *mingling*) com magmas máficos (dioríticos) são frequentes (CURY, 2009). Cury et al. (2008) e Cury (2009), indicam uma afinidade cálcico-alcálica de alto-K para esta unidade e obtiveram idades U-Pb em zircão (TIMS), variando entre 640 e 620 Ma para essas litologias, interpretadas como idades de cristalização dessas rochas.

O **Granito Rio do Poço** compreende monzogranitos leucocráticos com coloração cinza claro a branca, de granulação média a grossa e textura equigranular xenomórfica. São isotropas a foliadas (com foliação de fluxo magmático), compostas por feldspato potássico, quartzo, plagioclásio, hornblenda e biotita \pm muscovita. Como acessórios ocorrem apatita, allanita, epidoto, titanita e zircão. Cury et al. (2008) e Cury (2009) indicam uma assinatura subalcalina e

obtiveram idade U-Pb em zircão (SHRIMP) de 615 ± 7 Ma, interpretada como a idade de cristalização para as rochas graníticas Rio do Poço. Cury (2009), também obteve uma idade 520 ± 15 Ma K-Ar em biotita, interpretada como idade de resfriamento dessas rochas (abaixo de 300-250°C).

O **Granito Estrela** compreende rochas graníticas leucocráticas de cor cinza claro a rosado, granulação média, equi- a inequigranulares, raramente porfiríticas, isotropas, com biotita e/ou hornblenda. Cury (2009) associa este corpo granítico à Suíte Canaveiras-Estrela, devido às suas semelhanças petrográficas, litogeoquímicas e área de ocorrência contígua. Cury (2009) obteve idade de 592 ± 13 Ma com o método U-Pb em zircão (ID-TIMS), interpretada como idade de cristalização. Idade K-Ar de 531 ± 10 Ma em biotita, foi obtida em uma amostra coletada próximo à Faixa de Cisalhamento Rio Palmital e é considerada como a idade de resfriamento dessa unidade abaixo de 300-250°C.

3.4. CINTURÃO DOM FELICIANO

O extremo sul da área de ocorrência do Cráton Luis Alves é limitado pela bacia sedimentar do Itajaí, uma bacia de antepaís, neoproterozoica, estabelecida na zona de cisalhamento do Lineamento Perimbó (ou Itajaí-Blumenau) que marca o limite entre o Cinturão Dom Feliciano e o Cráton Luis Alves.

No Cinturão Dom Feliciano, nessa área, são identificadas rochas gnáissicas - migmatíticas paleoproterozoicas do Complexo São Miguel (BASEI et al., 2010), Augen Gnaiss Navegantes (IGLESIAS et al., 2011), do Complexo Camboriú, com pequena ocorrência de migmatitos associados a essa unidade (Migmatito Morro do Boi), da sequência metavulcanossedimentar do Grupo Brusque, do Granito Morro do Parapente (de idade toniana) e dos granitos das suítes Valsungana e Nova Trento, do Ediacarano, intrusivos na sequência meta-vulcanossedimentar do Grupo Brusque.

O **Complexo Gnáissico - Migmatítico São Miguel** corresponde à faixa de gnaisses blastomiloníticos do mapeamento do Projeto Timbó-Barra Velha - CPRM de Silva e Dias (1981c) e à Faixa Ribeirão da Prata, de Borba e Lopes (1983). O complexo compreende granitoides isotropos a foliados, com granulação grossa, alguns pegmatoides, muito intemperizados. Contudo, optou-se em manter a descrição de Basei et al. (2010) que caracteriza a unidade como migmatitos estromáticos com biotita gnaisses e anfibólio gnaisses máficos como constituintes principais do mesossoma. O leucossoma é composto por bandas centimétricas de leucogranitos róseos foliados. É comum a ocorrência de corpos de gnaisses máficos,

anfíbolitos, metagabros bem como corpos de granitoides deformados. Basei et al. (2010) obtiveram idades U-Pb em zircão de 2110 Ma e 2201 Ma para os migmatitos acima descritos.

Os **Augen Gnaisses Navegantes** compreendem rochas graníticas miloníticas a protomiloníticas, por vezes cataclasitos, com coloração cinza esbranquiçada a rosado. As litologias apresentam porfiroclastos de feldspato potássico centimétricos (augen) envolvidos por faixas recristalizadas de quartzo, feldspatos, anfíbolios e biotita. Parece ser a continuidade para nordeste do Complexo Gnáissico-Migmatítico São Miguel (antiga Faixa Ribeirão da Prata), no contato do Cinturão Dom Feliciano com o Cráton Luis Alves. Apresenta forte foliação milonítica, com diferentes proporções entre matriz e porfiroclastos. São também caracterizados por faixas com alguns milímetros de material quartzo-feldspático cinza claro e rosado deformado, formando olhos (augen) de quartzo e feldspato potássico estirados paralelamente à foliação milonítica e bandas escuras, ricas em minerais máficos, que envolvem os porfiroclastos de feldspato potássico.

O **Complexo Camboriú** foi definido por Chemale Júnior et al. (1995) que consideram este complexo como dominado por uma associação do tipo TTG metamorfisada na fácies anfíbolito médio a superior, apresentando uma distinta composição bimodal com abundantes inclusões máficas tholeiíticas, equivalentes a anfíbolitos parcialmente assimilados. Este complexo é constituído também por gnaisses, migmatitos, granitoides e rochas máficas. As rochas migmatizadas formam corpos de direção NE-SW em meio a uma diversidade de granitos que comumente as cortam (LOPES, 2008).

O **Migmatito Morro do Boi** é colocado dentro do Complexo Camboriú e descrito como migmatitos com predomínio de estrutura estromática (BASEI et al., 2010). Apresentam mesossoma cinza escuro, de composição tonalito - granodiorítica com anfíbolio e biotita. Variam desde homogêneos de aspecto maciço a finamente bandados com alternância entre níveis milimétricos máficos e bandas quartzo-feldspáticas félsicas. Diversas gerações de leucossomas quartzo-feldspáticos cinza esbranquiçados, foliados, com ou sem o desenvolvimento de melanossomas biotíticos, são frequentes (BASEI et al., 2010). Basei et al. (2010), apresentam idades U-Pb SHRIMP em zircão entre 630 e 590 Ma.

O **Granito Morro do Parapente** aflora em uma lente estreita (1 km) e alongada (15 km), de direção NE-SW, entre os granitoides alterados do Complexo Gnáissico Migmatítico São Miguel, a norte, e os xistos da Formação Botuverá do Grupo Brusque, a sul, com os quais se relaciona através de falhas de

cavalcamento escalonadas com vergência para NW. Trata-se de um granito, vermelho, milonitizado a cataclasado, com foliação milonítica, apresentando estiramento de feldspatos e quartzo e frequentes intercalações tectônicas do granitoide milonitizado com sericita xisto, grafita xisto e quartzito fino. São granitoides alcalinos, do tipo A, pré-tectônicos, milonitizados (sieno-leucogranito milonitizado) (BASEI et al. 2008). Estas rochas ocorrem intercaladas como lascas tectônicas nas bordas dos xistos do Grupo Brusque. Os autores supracitados interpretam que esse granito milonitizado estaria relacionado à gênese sinrifte que precedeu a deposição sedimentar da paleobacia do Grupo Brusque. Foram obtidas idades U-Pb (ID-TIMS) em zircão que apontam idades em torno de $834,7 \pm 8,7$ Ma e também idade de 843 ± 12 Ma U-Pb SHRIMP em zircão.

O **Grupo Brusque** corresponde a uma sequência supracrustal neoproterozoica de natureza vulcanosedimentar, dobrada e metamorfisada na fácies xisto verde inferior a médio (zona da granada). O Grupo Brusque é constituído por uma unidade inferior metavulcanosedimentar e uma unidade superior predominantemente clástica. Na área ocorre apenas a sequência metassedimentar superior, representada pela Formação Botuverá.

A **Formação Botuverá** é subdividida em diferentes litofácies (BASEI et al., 2010) baseado em suas características litológicas e metamórficas (unidades de baixo grau metamórfico e unidades de baixo a médio grau metamórfico):

1) Litofácies metapelítica: constituída por sericita xistos com coloração cinza prateado, de granulação fina, onde pode ocorrer grafita. Os sericita xistos se caracterizam pela pouca quantidade de quartzo e predominância sobre os clorita-sericita-quartzito xistos, onde também ocorrem bandas subordinadas de quartzitos micáceos;

2) Litofácies metapsamítica rítmica: constituída por xistos rítmicos areno-pelíticos com alternâncias milimétricas a centimétricas de camadas de quartzito micáceo e sericita-biotita xistos. Também ocorrem níveis espessos de quartzitos micáceos a ortoquartzitos. Esta litofácies ocorre na borda NW do Grupo Brusque, entre a Suíte Valsungana, Granito Morro do Parapente e o Complexo Gnáissico-Migmatítico São Miguel, sobre os quais é encaixado tectonicamente através de falhas de cavalcamento;

3) Litofácies quartzítica: formada por ortoquartzitos maciços a foliados, de coloração esbranquiçada e textura sacaróide. Ocorre em cristas alinhadas com direção NE-SW, apresentando ainda intercalações de quartzitos micáceos e feldspáticos;

4) Litofácies metarrítmica: formada pela alternância centimétrica de bandas de sericita xistos,

granada-biotita xistos e quartzitos micáceos. A predominância de um litotipo sobre o outro é variável. No interior dessa unidade, na região de Balneário Camboriú, foi encontrada uma lente de mármore dobrada, não mapeável na escala do presente mapeamento; e

5) Litofácies metapsamítica: constituída por muscovita-quartzo xisto, granada-mica-quartzo xisto, granada-biotita xisto quartzítico, granada-muscovita quartzitos e ortoquartzitos. Estas rochas apresentam um grau metamórfico mais elevado, xisto verde médio, evidenciado pela presença de assembleias minerais com granada nas rochas metassedimentares.

A **Suíte Valsungana** tem sua área de maior ocorrência situada a sul do município de Gaspar, sendo intrusiva nos xistos da Formação Botuverá, próximo à borda do Cinturão Dom Feliciano, formando um corpo elíptico (30 x 10 km) com eixo maior de direção NE-SW. Outra ocorrência de dimensões menores aflora no Morro da Barra, ponta e praia das Laranjeiras, a SE de Balneário Camboriú, junto aos Migmatitos Morro do Boi. Este último ponto baliza a extremidade norte de um corpo maior, batolítico, que se estende por mais de 75 km para SW. Esta suíte é constituída por biotita monzogranitos a sienogranitos de coloração cinza esbranquiçado a avermelhada. Apresenta estrutura maciça a orientada por fluxo magmático e textura porfirítica a porfiroide com megacristais centimétricos de microclínio róseo (2-12 cm) em uma matriz grossa com feldspato potássico, plagioclásio, quartzo e biotita. Os acessórios são muscovita, allanita, monazita, apatita, zircão e minerais opacos. Variedades cataclásticas, tipo microbrechas, protomilonitos e milonitos podem ser encontradas próximo ao contato NW do corpo granítico. As relações de contato com os xistos da Formação Botuverá são intrusivas com geração de metamorfismo de contato e também por falhamentos de orientação NE-SW. É comum a presença de xenólitos de xistos nas bordas do granitoide. Basei et al. (2010) obtiveram idades de 593 Ma UPb em zircões para essas rochas.

A **Suíte Nova Trento** ocorre na porção leste do Morro da Barra, a SE de Balneário Camboriú, junto aos Migmatitos Morro do Boi. Representa a continuação de um pequeno corpo alongado na direção N-S. É formado por biotita monzogranitos e quartzo sienitos de coloração cinza claro, com estrutura maciça e textura fanerítica equi- a inequigranular. Em algumas porções desta suíte ocorre uma matriz de granulação fanerítica média com megacristais de feldspato potássico branco (1-3 cm), em geral manteados por biotita. Minerais acessórios são principalmente representados por muscovita, apatita, zircão e

minerais opacos. Basei et al. (2010) obtiveram idades de 595 Ma por U-Pb em zircões para esta unidade.

3.5. BACIA DO PARANÁ

A **Bacia do Paraná** constitui uma vasta bacia intracratônica que se desenvolveu sobre a crosta continental proterozoica, sendo preenchida por rochas sedimentares e vulcânicas de idades desde o Ordoviciano até o Cretáceo. Possui formato alongado na direção NNE-SSW, com 1.750 km de comprimento, largura média de 900 km e espessura máxima em torno de 6.000 m. Sua área no Brasil atinge em torno de 1.100.000 km², ocupando a parte meridional deste país. (MILANI; ZALÁN, 1998; ZALÁN et al. 1987). De acordo com a grande maioria dos autores supracitados, a origem da Bacia do Paraná tem seu início no final do Ciclo Brasileiro, em condições tardi- a pós-orogênicas, se desenvolvendo por sobre a considerada recém-estabilizada Plataforma Sul-Americana. O registro sedimentar-magmático na Bacia do Paraná apresenta intervalos (*gaps*) marcantes, atribuídas por Zalán et al. (1986, 1990) ao reflexo intracratônico de eventos orogênicos Paleozoicos e da tafrogenia Mesozoica do Oceano Atlântico Sul (MILANI et al., 1994). Conforme este último autor, o registro sedimentar-magmático é representado por seis grandes sequências limitadas por expressivas discordâncias regionais: 1) Ordovício-Siluriana; 2) Devoniana; 3) Carbonífera-Eotriássica; 4) Neotriássica; 5) Jurássica-Eocretácea; e 6) Neocretácea (MILANI et al., 1994). As unidades da Bacia do Paraná presentes na região pertencem à Sequência Devoniana, representada pela Formação Furnas do **Grupo Paraná**, à Sequência Carbonífera-Eotriássica, representada pelas formações Campo Mourão e Taciba, pertencentes ao **Grupo Itararé** e ao **Grupo Serra Geral** (diques e *sills*).

Grupo Paraná: A **Formação Furnas** é constituída essencialmente por arenitos, tendo na sua porção basal o domínio de arenitos feldspáticos de granulação grossa, texturalmente imaturos, arenitos conglomeráticos e conglomerados quartzosos. Na sequência de camadas em direção ao topo, os arenitos se tornam sucessivamente menos feldspáticos, passando a quartzosos com uma matriz caulinitica. Apresentam coloração esbranquiçada, localmente arroxeadas, com granulação média a grossa, regularmente selecionados, com grãos angulares a subangulares. Subordinadamente ocorrem intercalações de pequena espessura de arenitos conglomeráticos, arenitos finos e siltitos argilosos, micáceos. Nos arenitos da Formação Furnas há o domínio de estratificação cruzada acanalada, ocorrendo ainda arenitos com estratificação cruzada planar e plano-paralela. A idade dessa unidade é atribuída ao

Devoniano Inferior, baseado nas relações estratigráficas com a Formação Ponta Grossa. Para a maioria dos pesquisadores a Formação Furnas foi depositada em ambiente marinho raso, enquanto outros estudos postulam um ambiente fluvial como possível ambiente de deposição da mesma sequência de fácies. No entanto, há ainda outros autores que consideram a evolução desta unidade um processo faciologicamente complexo, resultante da associação de fácies deltaicas e marinhas plataformais (ASSINE, 1999). Dessa forma o ambiente deposicional da Formação Furnas tem sido interpretado como um sistema fluvial a transicional (deltas de rios entrelaçados) desenvolvido em onlap costeiro e que caracteriza um evento transgressivo. São constituídos por arenitos feldspáticos com granulação fina a grossa, sendo que algumas fácies apresentam grânulos de quartzo, subarredondados a arredondados, com granocrescência ascendente. Camadas de arenitos conglomeráticos, ricos em seixos de quartzo subarredondados a arredondados e lentes de siltitos, se intercalam entre as camadas de arenito feldspático. As camadas internamente exibem geometria lenticular e tabular, com predomínio de estratificação cruzada tangencial, cruzada planar e estratificação planoparalela.

Grupo Itararé: Schneider et al. (1974) dividiram o Grupo Itararé em quatro formações: 1) Formação Campo do Tenente; 2) Formação Mafra; 3) Formação Rio do Sul; e 4) Formação Aquidauana. França & Potter (1988) propuseram uma nova compartimentação litoestratigráfica, constituindo as seguintes formações: 1) Formação Lagoa Azul; 2) Formação Campo Mourão; 3) Formação Taciba; e 4) Formação Aquidauana. O registro sedimentar do Grupo Itararé é interpretado por diversos autores (e.g. Zalán et al., 1987; França e Potter, 1988 e Castro, 1999), como tendo se desenvolvido em um ambiente glacial, na interface entre o continente e a plataforma marinha. A deposição ocorrida nessa interface compreende a porção basal da sequência sedimentar de idade Permocarbonífera, cujos depósitos são caracterizados principalmente por diamictitos, contendo ainda intercalações espessas de arenitos e pelitos. Aparentemente repousa em discordância erosiva (disconformidade) regional sobre os arenitos da Formação Furnas e sobre o embasamento Proterozoico. Os tilitos e diamictitos são constituídos por arenitos e siltitos com seixos e grânulos de composições variadas. Os clastos dos tilitos podem ser de granitos, gnaisses e rochas sedimentares e vulcânicas, com diferentes dimensões, angulosos a subangulosos e subarredondados, alguns deles estriados e/ou facetados, e originados por fluxos gravitacionais, gerando depósitos maciços e desorganizados. Os arenitos arcoseanos apresentam granulação fina

a muito grossa, sendo por vezes conglomeráticos. Intercalados nos arenitos arcoseanos, ocorrem arenitos conglomeráticos com matriz arenosa e siltica, com grânulos e clastos de granito, rochas sedimentares e metamórficas, arredondados a subarredondados. Esse tipo de depósito indica variação na composição do material devido, provavelmente, a variações na disponibilidade de água, quando da deposição dos sedimentos. Com geometria preferencialmente lenticular, ocorrem camadas com estrutura maciça e camadas estruturadas exibindo laminação plano-paralela, estratificação cruzada, marcas de ondas e bioturbações.

Grupo Serra Geral (**diques e sills de diabásio**): o magmatismo mesozoico está representado por inúmeros diques de diabásio com possança e comprimentos diversos, com corpos apresentando larguras de poucos centímetros a vários metros e extensões de centenas de metros a mais de 50 km. Apenas os maiores, de direção geral SE-NW, paralelos ao Arco de Ponta Grossa, são mapeáveis na escala do mapa. Soleiras (*sills*) de diabásio são intrusivos nas rochas sedimentares da Formação Taciba, Grupo Itararé, e ocorrem junto ou próximo ao contato dos sedimentos com os gnaisses. As rochas dessa unidade apresentam granulação fina a média, textura equigranular hipidiomórfica com porções microporfíricas, onde fenocristais de plagioclásio de grão médio (alguns esqueletais prismáticos maiores, com até 15 mm de comprimento) estão imersos em uma matriz fina. Ocasionalmente ocorrem texturas amigdaloidal, glomeroporfírica e subofítica, sendo esta última marcada pelo arranjo de plagioclásio intergranular em uma trama com máficos intersticiais e inclusão parcial nos piroxênios. Em alguns diques mais espessos, são encontrados fragmentos com até 5 cm de diâmetro, arredondados, de rochas gnáissicas e graníticas de coloração cinza claro, pertencentes ao embasamento.

3.6. COBERTURAS DO CENOZOICO

Depósitos colúvio-eluvionares são representados por depósitos localizados em encostas de morros e eluvionares recentes, que apresentam grande variação granulométrica com estratificação incipiente ou ausente.

Depósitos praias antigas são caracterizados por areias quartzosas finas a médias, bem selecionadas, de cores claras, creme a amareladas, podendo excepcionalmente apresentar colorações escuras devido à concentração de minerais pesados (magnetita, ilmenita). Apresentam laminações plano-paralelas e cruzadas que podem se truncar mutuamente. São

sedimentos depositados em planícies de maré, faixas de restingas e praias, para além das praias atuais.

Depósitos praias atuais são representados por areias quartzosas finas a médias, bem selecionadas, de cores claras.

Depósitos de pântanos e mangues são representados por sedimentos argilo-arenosos, mal selecionados, ricos em matéria orgânica. Esses sedimentos são depositados em ambiente sob influência de marés atuais com pouca energia, onde podem também ocorrer grandes quantidades de conchas (sambaquis).

Depósitos de planície de maré arenoso são compostos por areias quartzosas e siltico-argilosas

mal selecionadas, de cores cinza a creme, com laminação plano-paralela incipiente, frequentemente ricas em matéria orgânica, retrabalhado pela ação das marés acima do nível dos mangues atuais.

Depósitos aluvionares, representados por areias, cascalheiras e sedimentos siltico-argilosos depositados em planícies de inundação, terraços e calhas da rede fluvial atual. Podem ocorrer: i) cascalheiras de coloração marrom a amarela, constituídas por clastos e areia fina a grossa, maciças e com laminação cruzada acanalada de médio porte, depositadas em canais fluviais e ii) lama de coloração preta a cinza escuro, maciça, com restos de vegetais e artrópodes, associada à planície de inundação.

4. ASSOCIAÇÕES TECTÔNICAS

Concluída a integração geológica-geofísica com a delimitação das unidades geológicas, efetuou-se uma contextualização dos ambientes tectônicos com as ocorrências dos recursos minerais, que resultou no Mapa de Associações Tectônicas e Recursos Minerais (Anexo II). A correlação entre tectônica e recursos minerais será discutida adiante no capítulo 5. Aqui neste capítulo o enfoque serão as características das associações tectônicas do Cráton Luis Alves, o que elas representam e o papel delas no contexto evolutivo da área.

Como descrito ao longo dos capítulos anteriores, o objeto deste projeto é o Domínio Geotectônico Cráton Luis Alves, com enfoque no Complexo Granulítico de Santa Catarina (Figura 69 e Figura 70), onde foi realizado mapeamento geológico não sistemático, com base em alvos pontuais, coleta de amostras e análises laboratoriais. As informações sobre os demais domínios partiram somente da bibliografia existente (ver capítulos 2 e 3).

Conforme mostrado na Figura 69, a área representada no mapa do Anexo II é formada por 4 Domínios Geotectônicos, o Cráton Luis Alves, a Microplaca Curitiba, o Cinturão Dom Feliciano e o Bloco Paranaguá, cada um deles com unidades geológicas distintas (Figura 70), que podem representar um mesmo tipo de associação tectônica em domínios diferentes. Por exemplo, as Sequências de Margem Continental Passiva, de idade Neoproterozoica, que se formaram sobre os domínios da Microplaca Curitiba, do Cinturão Dom Feliciano e do Bloco Paranaguá.

O Domínio Geotectônico Cráton Luis Alves é composto pelas unidades geológicas mais antigas da área, logo também tem as associações mais antigas, de idade Neoarqueana. A Sequência de Margem Continental Passiva é formada pela Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha, representada por metapiroxitos e granulitos máficos (metanoritos e metagabros); e pelos Paragnais Luis Alves, representado pelos quartzitos, formações ferríferas bandadas e eulítico. Esta sequência tem sido interpretada como uma associação que se formou em um ambiente divergente, com presença de crosta oceânica (metapiroxitos e granulitos máficos), componentes exalativos (formações ferríferas e eulítico, este último rico em Mn) e aporte sedimentar (quartzitos).

Em um dado momento o ambiente mudou para convergente, com subducção e fusão da Sequência

de Margem Continental Passiva pretérita, dando origem aos granulitos félsicos (metaquartzo-dioritos e metatonalitos), com afinidade cálcio-alcalina, representados pelas unidades de Gnaisses Granulíticos Luis Alves e do Charnockito Postema, que formam a associação de Complexos Metamórficos de Alto Grau. A associação de Granitoides Sin a Tardi Colisionais, representada pelo Ortognaisse Pomerode, Granodiorito Rodeio e Suíte Rio da Luz, se formou no Paleoproterozoico, não participou do evento de metamorfismo granulítico e provavelmente representa os estágios finais do magmatismo gerado pela convergência e subducção, que deu origem aos Complexos Metamórficos de Alto Grau, sendo intrusivos nas rochas granulíticas das associações mais antigas.

As três associações descritas acima pertencem integralmente ao Cráton Luis Alves e são os principais componentes formadores do mesmo, com destaque para a Sequência de Margem Continental Passiva e para os Complexos Metamórficos de Alto Grau, que tem idade Neoarqueana e passaram pelo metamorfismo granulítico, sendo os representantes do Complexo Granulítico de Santa Catarina.

A associação tectônica Bacia de Foreland é representada pela Bacia do Itajaí, se formou no Neoproterozoico e é o resultado da colagem do Cinturão Dom Feliciano, a SSE, com o Cráton Luis Alves.

As associações tectônicas Suítes Plutônicas Anorogênicas e Bacias Vulcanossedimentares Intracratônicas dividem uma história em comum com o Cráton Luis Alves e a Microplaca Curitiba. A primeira associação é o resultado do magmatismo alcalino e peralcalino da Suíte Serra do Mar, que intrude os dois domínios geotectônicos. A segunda associação é representada pelas bacias de Campo Alegre, Campo Alegre Oeste, Alto Palmeira, Corupá, Joinville e Guaratubinha, e são correlacionadas com a descompressão tectônica extensional e o magmatismo anorogênico, após a colagem do Cráton Luis Alves com a Microplaca Curitiba.

Configura-se então no Cráton Luis Alves uma evolução que inicia no Neoarqueano com um ambiente extensional e aporte sedimentar, seguindo para uma convergência e subducção com formação de rochas de arco magmático e metamorfismo granulítico, com um último evento sin a tardi colisional decorrente deste magmatismo, intrudindo as rochas arqueanas no Paleoproterozoico.

Área de Relevante Interesse Mineral
Integração Geológica-Geofísica e Recursos Minerais do Cráton Luis Alves

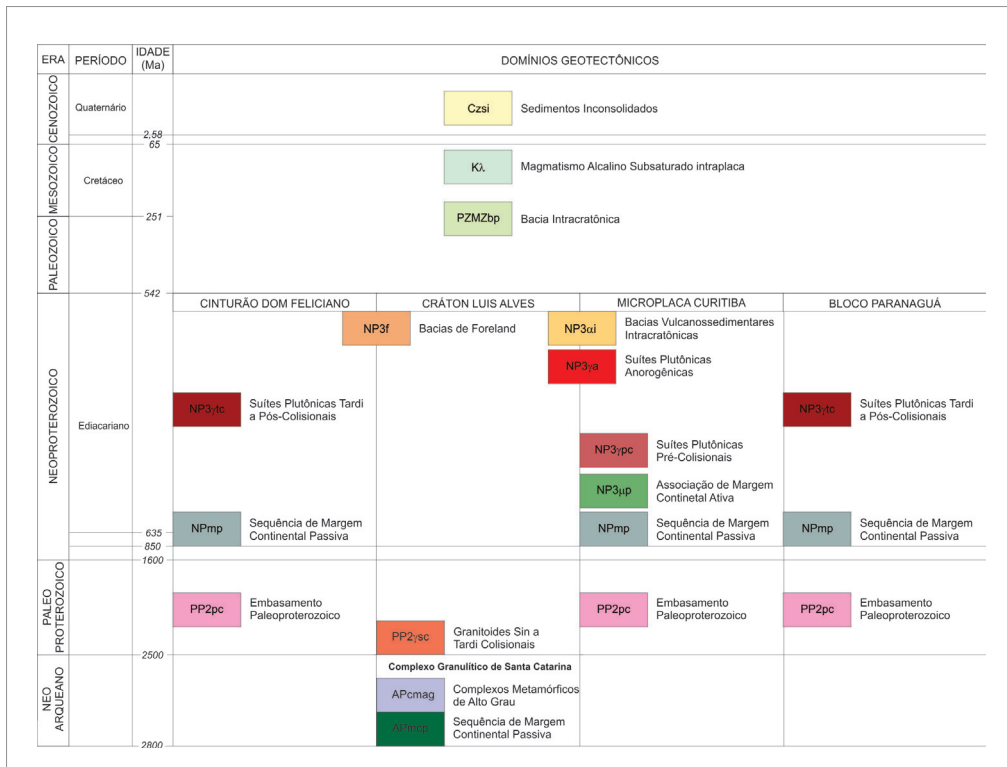


Figura 69 - Domínios geotectônicos da área representada no Mapa de Associações Tectônicas e Recursos Minerais (Anexo II).

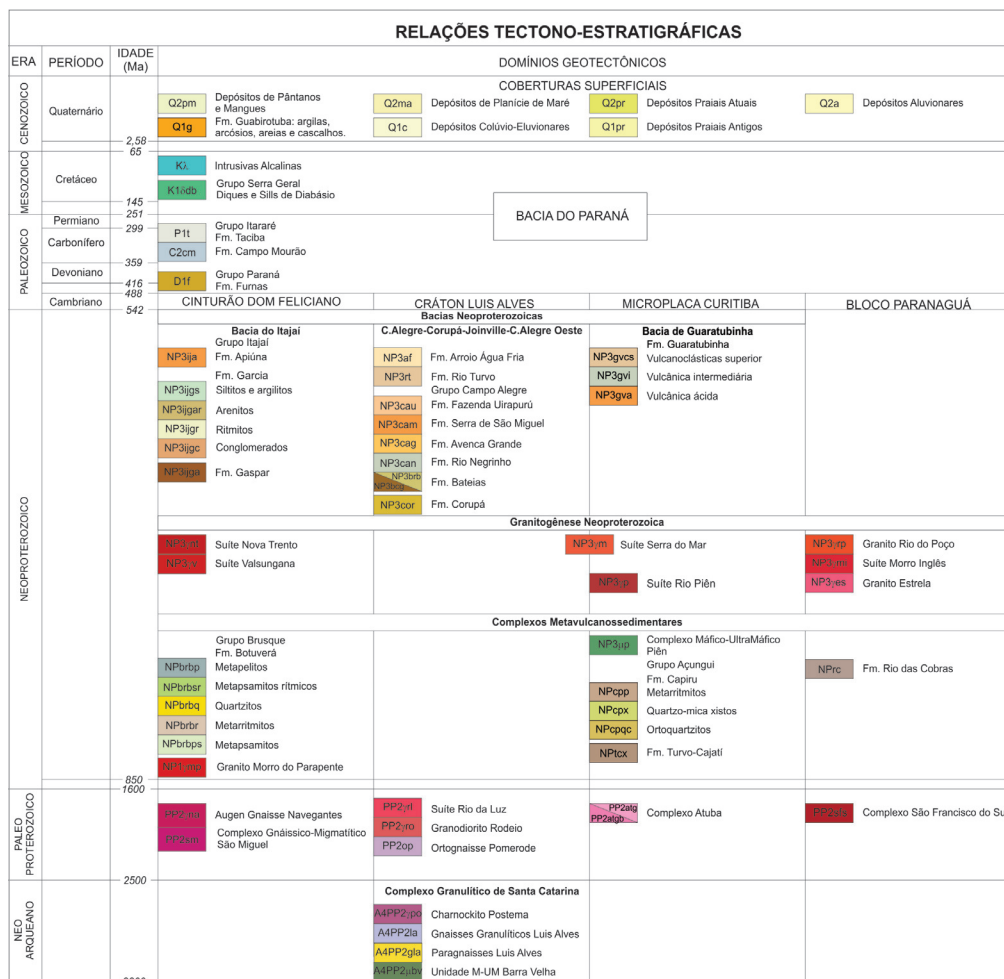


Figura 70 - Unidades geológicas representadas no Mapa de Integração Geológica-Geofísica (Anexo I).

Após um longo período sem eventos de grande porte, no Neoproterozóico a colagem do cráton com os outros domínios (Microplaca Curitiba e Cinturão Dom Feliciano) marca um novo ciclo orogênico, com a geração de magmatismo e bacias sedimentares.

4.1. O DOMO DE POMERODE

Iglesias et al. (2011) quando na realização do Projeto Folha Joinville foi o primeiro a reconhecer essa estrutura através das imagens aerogeofísicas, que se destaca muito bem na aeromagnetometria, principalmente na 1ª derivada vertical (Figura 71).

O Domo de Pomerode é uma grande estrutura elíptica no sul da área, limitado por dois lineamentos magnéticos de 1ª ordem, com uma forma sigmoide, que se assemelha a um mega-porfiroblasto, mostrado com melhor detalhe na Figura 72. Nele, a partir da imagem do sinal analítico (Figura 73), foi interpretada uma extensa área de alto magnético (Figura 74

e Figura 75) no qual se encontra a principal região de afloramento das rochas granulíticas do cráton, constituindo-se no núcleo do mesmo.

Segundo o trabalho de Iglesias et al. (2011) as atitudes das estruturas geológicas medidas dentro do domo no campo, como foliação e bandamento, corroboram com a variação dos lineamentos observados na 1ª derivada vertical, tendo atitudes NE, N-S e NW, formando regionalmente uma estrutura curva como uma dobra. O lineamento magnético de 1ª ordem, que limita o domo na porção NW, tem uma importante feição geológica, que é o desenvolvimento da Bacia de Corupá, indicando um evento extensional com a formação de um gráben ou bacia de “pull apart”. Já o lineamento magnético de 1ª ordem, a sul do domo, limita a Bacia do Itajaí, sendo um marco importante do início das rochas neoproterozoicas. O domo se estende em direção ao oceano Atlântico ou tem partes encobertas pela Bacia do Paraná e/ou por sedimentos recentes.

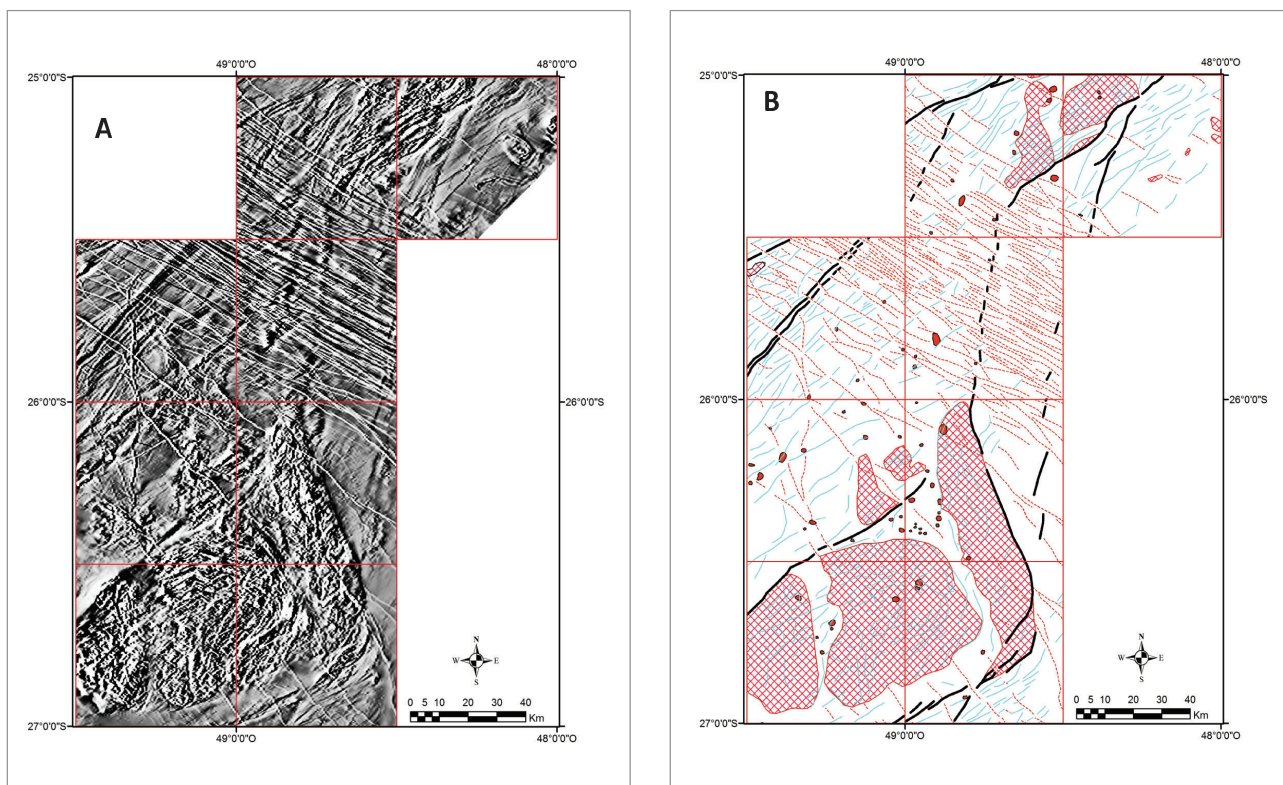


Figura 71 - A) Mapa da 1ª derivada vertical da magnetometria onde se destaca o Domo de Pomerode no sul da área, uma estrutura elíptica com forma sigmoide que lembra um mega-porfiroblasto limitado por dois lineamentos magnéticos de 1ª ordem. B) interpretação da magnetometria, onde traços pretos são lineamentos magnéticos de 1ª ordem, traços azuis lineamentos magnéticos de 2ª ordem, traços vermelhos enxame de diques, áreas hachuradas vermelhas são altos magnéticos e os pontos vermelhos são dipolos magnéticos; praticamente todo o Domo de Pomerode é um alto magnético.

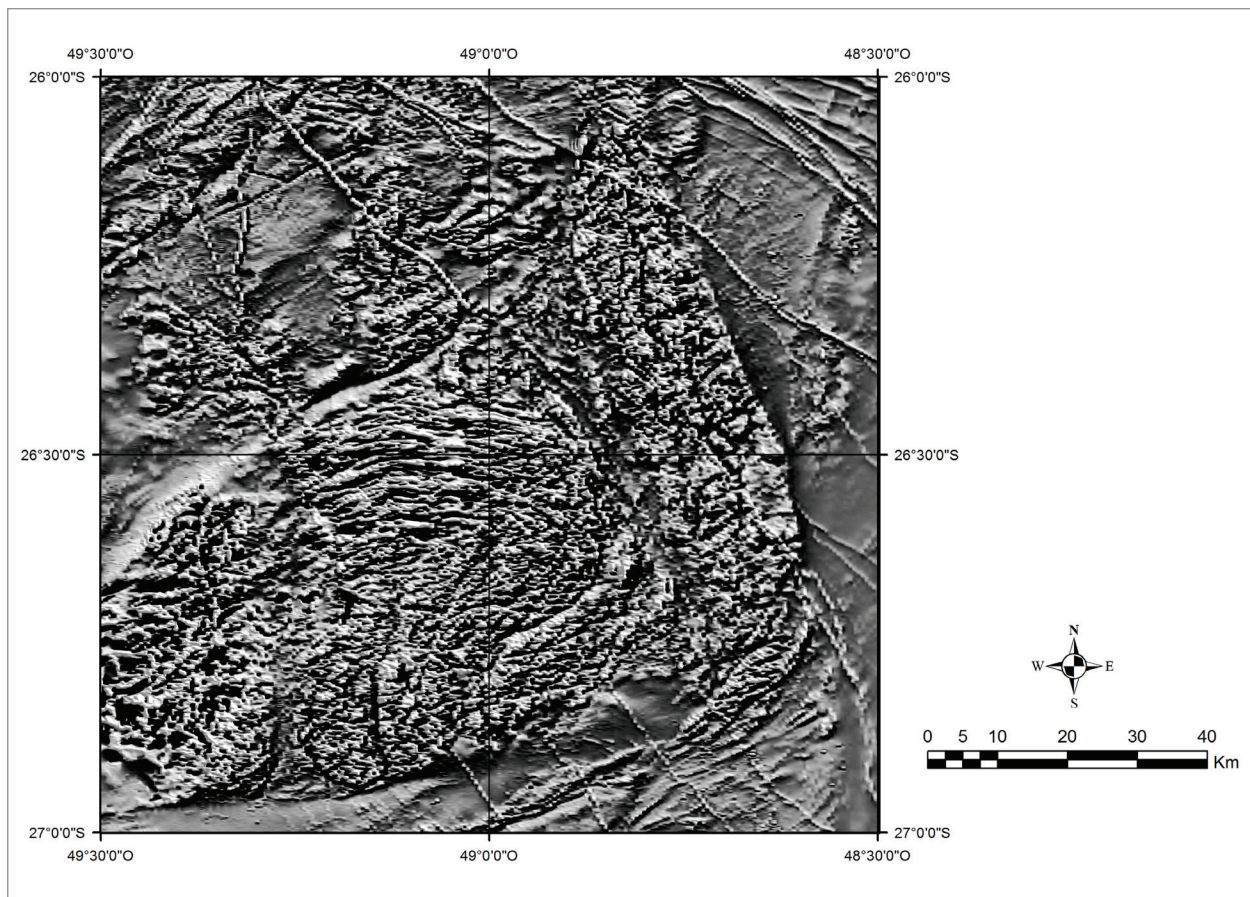


Figura 72 - Detalhe do Domo de Pomerode ressaltado na 1ª derivada vertical do campo magnético.

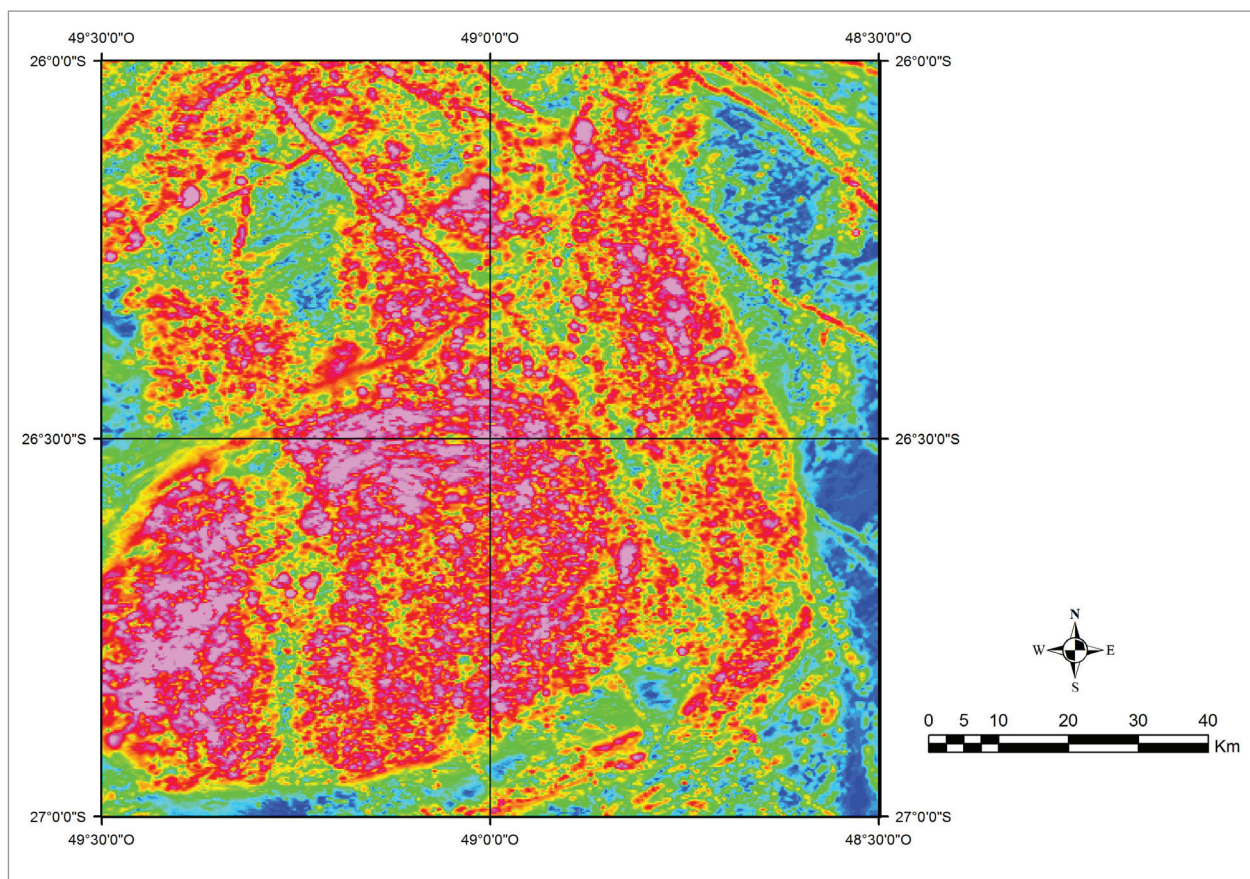


Figura 73 - Detalhe do Domo de Pomerode ressaltado no sinal analítico do campo magnético.

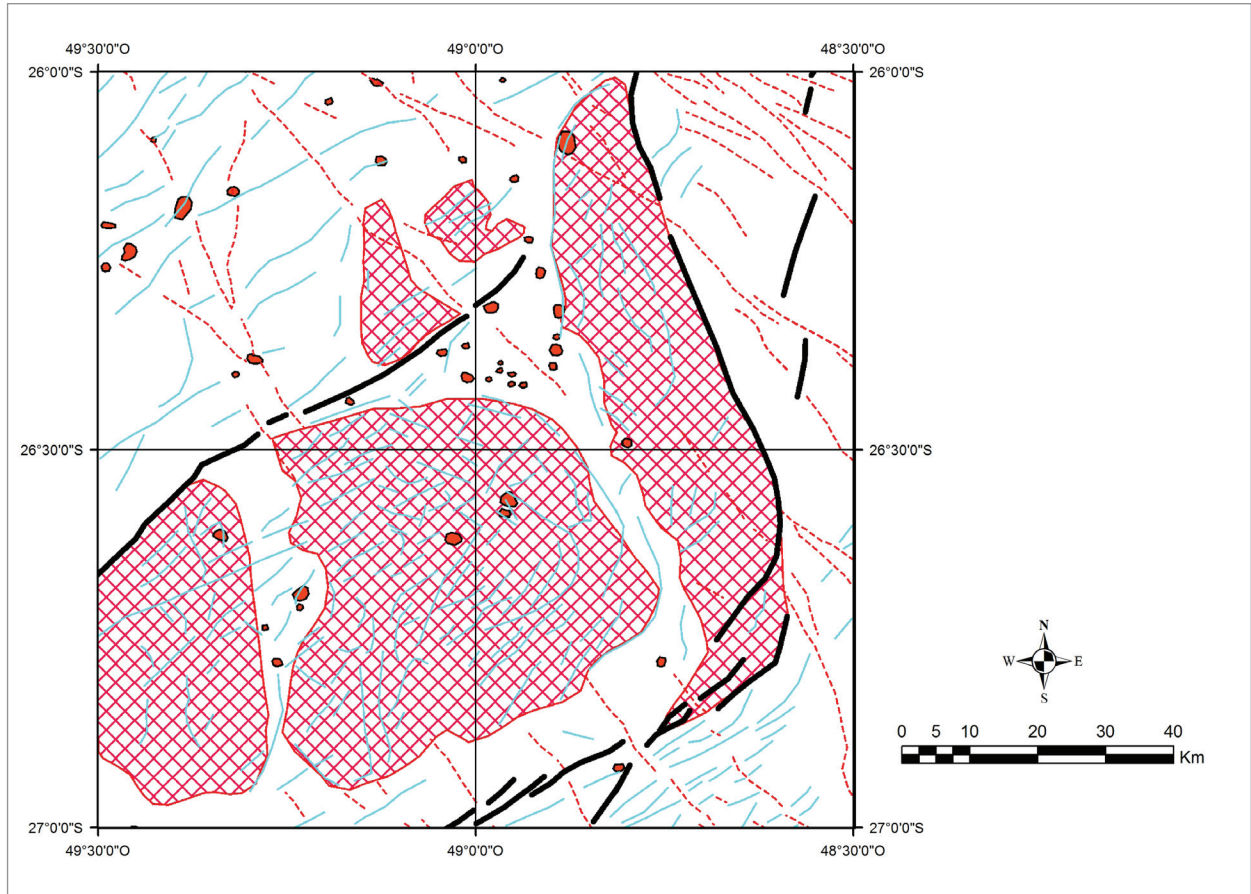


Figura 74 - Detalhe do Domo de Pomerode com a interpretação da aeromagnetometria.

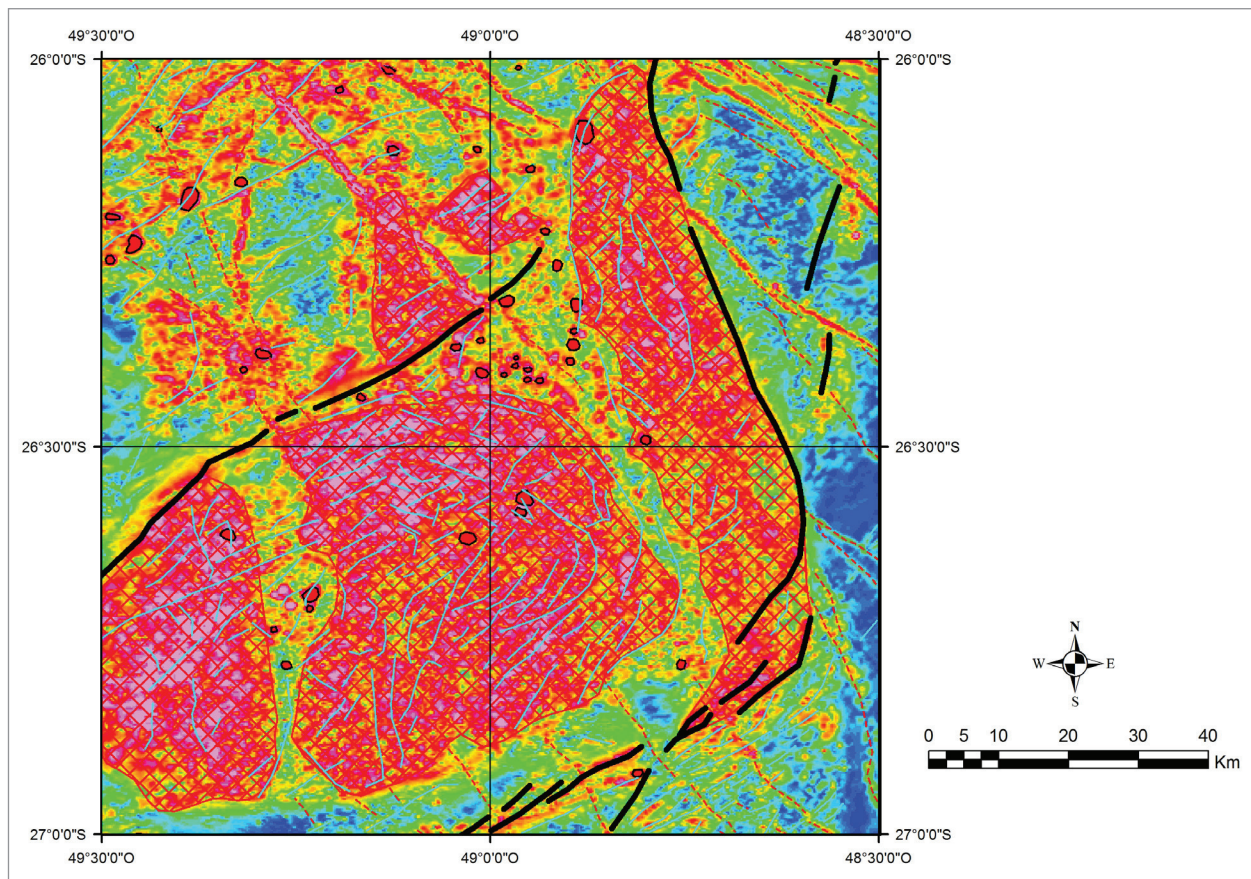


Figura 75 - Detalhe do Domo de Pomerode ressaltado no sinal analítico com a interpretação da magnetometria.

5. RECURSOS MINERAIS

5.1. PANORAMA MINERAL DA ÁREA

Na área deste projeto são conhecidas ocorrências e depósitos minerais de Fe, Mn, Au, F, coríndon, além de calcário, caulim, ardósias, areia e água mineral, cadastrados em trabalhos anteriores de mapeamento e prospecção mineral (ALBUQUERQUE et al., 1971; SILVA, 1987; PROJETO ARRAIAL, 1985; TONIOLO, 1988; BIONDI, 2001; IGLESIAS et al., 2011). Albuquerque et al. (1971), apresentam um apanhado das ocorrências minerais conhecidas nas quadriculas de Blumenau e Joinville, na escala 1:250.000. Essas ocorrências são representadas por ferro, molibdenita, fluorita, caulim, pegmatitos, calcário e mármore, ardósias e material de construção como argilas, areias, cascalhos, saibro e brita. Silva (1987), no Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais da Folha Joinville 1:250.000, apresenta uma listagem com sessenta e nove ocorrências minerais cadastradas, incluindo aquelas listadas por Albuquerque et al. (1971).

Conforme descrito no capítulo 3 alguns afloramentos de formação ferrífera bandada foram consistentes no campo, confirmando o potencial de Fe na área. Associado as rochas ultramáficas também foi consistida uma ocorrência de magnetitito, rocha que pode ser fonte de Fe e Cr, e que, além disso, foi confirmada a ocorrência de Au incluso nas magnetitas.

5.2. RECURSOS MINERAIS E AS ASSOCIAÇÕES TECTÔNICAS

Concluída a integração geológica-geofísica com a delimitação das unidades geológicas, efetuou-se uma contextualização dos ambientes tectônicos com as ocorrências dos recursos minerais, que resultou no Mapa de Associações Tectônicas e Recursos Minerais (Anexo II).

Os recursos minerais metálicos com histórico de exploração na região e status de depósito ou mina são o ouro e o ferro. Dentre os minerais industriais os que têm exploração são o caulim e serpentinito, além dos granulitos félsicos que são usados para brita. Pontualmente há a exploração de coríndon como gema.

Na contextualização tectônica, as ocorrências de ferro estão inseridas no Cráton Luis Alves, como formações ferríferas bandadas de origem sedimentar relacionadas a uma margem continental, que ainda não se sabe se foi ativa ou passiva. Também

ocorrem na forma de magnetitos de origem ígnea correlacionados às rochas máfica-ultramáficas, que supostamente fazem parte de um complexo ígneo estratiforme cumulático (FORNARI, 1998). Devido ao metamorfismo granulítico que essas formações sofreram, bem como à intensidade da deformação, os corpos originais foram desmembrados, tornando o real dimensionamento dos mesmos muito difícil e fazendo com que os afloramentos estejam dispersos pela área sem um padrão confiável de distribuição até o momento, necessitando de um mapeamento de maior detalhe para tal confiabilidade.

As ocorrências de ouro principais em que há extração estão correlacionadas com as rochas neoproterozoicas do Cinturão Dom Feliciano (Anexo II), ocorrendo como filões encaixados na bacia de foreland representada pela Bacia do Itajaí. Há ocorrências de ouro relacionadas ao Cráton Luis Alves, mas nestes locais não há exploração. Freitas (2015) efetuando pesquisa mineral encontrou ouro correlacionado com os magnetitos. No mapa também é visível que as ocorrências de ouro estão correlacionadas com as estruturas geológicas regionais mais proeminentes, tanto as de superfície no contato da Bacia do Itajaí com o Cráton Luis Alves, quanto com os lineamentos magnéticos de 1ª ordem que limitam os grandes blocos estruturais a nível de crosta.

A gema de coríndon que ocorre na região de São João do Itaperiú, SC, está relacionada tectonicamente com o cráton, no entanto sua gênese e forma de ocorrência ainda são fontes de dúvidas. Conforme Vernon e Clarke (2009), uma reação hidrotermal no contato entre quartzitos e rochas ultramáficas durante o metamorfismo granulítico é capaz de gerar essas gemas. Atualmente elas são extraídas das aluviões cenozoicas.

Em conjunto com a locação dos recursos minerais, o trabalho de tratamento geoestatístico (vide capítulo 6) de amostras de sedimento de corrente demonstraram certas áreas potenciais para se intensificar a pesquisa para Fe, Ni, Mg, Mn e Cr.

5.3. RECURSOS METÁLICOS

5.3.1. Ferro

Barbosa (1940) publicou uma avaliação sucinta do potencial de ferro no município de Joinville – SC. Segundo os dados da época, a região teria um depósito de 2.000.000 t, o que foi considerado baixo.

A análise química do minério também constatou alto teor em P, o que diminui a qualidade do minério e o torna inapropriado para exportação. Segundo o autor os depósitos de ferro de Joinville são aproveitáveis apenas localmente devido a baixa qualidade.

Albuquerque et al. (1971), descrevem e caracterizam vinte e nove ocorrências de ferro, apresentando suas características físicas, paragéneses mineral, teores de Fe, Mn e P, dimensões e toponímia. Indicam que alguns desses depósitos já haviam sido, ou estavam sendo lavrados artesanalmente. Essas ocorrências estão associadas com formações ferríferas (itabiritos) onde predomina a paragéneses magnetita e hematita, e a níveis ferruginosos com magnetita intercalados nos quartzitos do Complexo Granulítico de Santa Catarina, e a filões e veios encaixados em outras litologias como granitoides e vulcânicas ácidas.

Hartmann et al. (1979) descrevem as formações ferríferas como concentrações locais de magnetita (e hematita) que constituem pequenos depósitos de minério de ferro, esporadicamente exploradas artesanalmente em pequena escala. Essas rochas exibem granulação fina a média, coloração cinza escuro a preta com nítida alternância de bandas de quartzo e magnetita. Apresentam textura granoblástica e estrutura foliada. Os minerais principais são quartzo, magnetita, pouca hematita e localmente ocorrem hiperstênio, granadas e óxidos de Mn.

Arioli e Falcadi (1980) realizaram pela MINEROPAR um levantamento bibliográfico e de campo sobre os depósitos de ferro no município de Antonina – PR. Segundo estes autores a região tem histórico de exploração de ferro que data de 1867. Pelos anos de 1940, durante a Segunda Guerra Mundial, a exploração é intensificada, inclusive com atividades de mapeamento de detalhe, trincheiras, sondagens etc, com o intuito de dimensionar melhor as reservas. Mas foi em 1964 que a empresa norte-americana Pittsburgh Pacific Company finalizou um estudo no qual apresentou via relatório interno o cálculo das reservas. Utilizando-se de uma metodologia variada e específica para cálculo de reservas, com levantamento topográfico e geológico em escala 1:2.400, levantamento magnetométrico terrestre, perfuração de furos de sonda rotativa a diamante, análises químicas de minério, ensaios de beneficiamento e concentração magnética, chegaram aos resultados de 39.815.000 t de minério bruto e 21.361.000 de minério concentrado.

5.3.2. Ouro

Ocorrências e depósitos de ouro são conhecidas na região de Gaspar, associadas a depósitos alúvio-

coluvionares e a veios hidrotermais que cortam as rochas sedimentares da Bacia do Itajaí e os gnaisés granulíticos do Complexo Granulítico de Santa Catarina, próximo do contato com a Bacia de Itajaí. Na região do Arraial do Ouro, o ouro tem sido extraído por garimpeiros nos sedimentos aluvionares atuais do ribeirão Alto Baú e nas drenagens secundárias que contribuem para sua planície (IGLESIAS et al., 2011). Na região de Guaraqueçaba - PR encontramos um antigo garimpo que segundo relatos locais são extrações de ouro da época do Império.

O Projeto Arraial (1985), na região de Gaspar, identificou veios de quartzo com ouro, prata, pirita, calcopirita, blenda, hematita e galena. Esta mineralização teria gênese relacionada a um evento hidrotermal posterior à consolidação das rochas sedimentares da região, possivelmente associado ao vulcanismo da Formação Apiúna (BIONDI, 2001). Os veios cortam tanto os arenitos e conglomerados do Grupo Itajaí quanto as rochas granulíticas do Complexo Granulítico de Santa Catarina. A presença de ouro nos conglomerados da Formação Gaspar, estaria associada à fase hidrotermal representada por filonetes de quartzo. Os depósitos secundários são representados por ouro contido em aluviões e colúvios. A Minepar descreve as várias ocorrências cadastradas, caracterizando-as como blocos, que são: Bloco Baiano, Bloco Cabeceiras do Carlinhos, Blocos Atoleiro e Boa Vista, Bloco Ceval, Blocos Schramm e Subida e Bloco Limão (IGLESIAS et al., 2011).

O Bloco Schramm se constitui no principal depósito e no de maior interesse para o projeto, pois as mineralizações de ouro ocorrem nos veios que intruíram o Complexo Granulítico de Santa Catarina, com correlação de maiores teores onde predominam os óxidos de ferro (IGLESIAS et al., 2011).

Fornari (1998) em sua tese de doutorado realizou pesquisa sobre a geologia e metalogênese da porção meridional do Cráton Luis Alves. Com estudos de petrografia, química mineral e litogeoquímica, correlacionou as rochas máficas-ultramáficas e magnetitos correlatos do CGSC a um complexo máfico-ultramáfico estratiforme (semelhante ao Complexo Ígneo de Bushveld na África do Sul) com gênese cumulática a partir de um magma tholeítico. Para esse autor as rochas máficas-ultramáficas e magnetitos do CGSC tem potencial para mineralizações de Ti e V, além do Fe, sendo necessário aprofundar os estudos.

Freitas (2015) apresenta pesquisa na área estudada para minérios de ferro, ouro, brita e saibro, na localidade de Guaramirim/Joinville. Segundo ele, os magnetitos tem um bom potencial para ouro, pois encontraram inclusões de ouro na magnetita, conforme foto de seção polida abaixo (Figura 76).

A partir de um ensaio metalúrgico com 25 kg de magnetitito foi extraído 0,5 grama de ouro, que corresponde a uma concentração de 20 ppm de ouro no magnetitito.

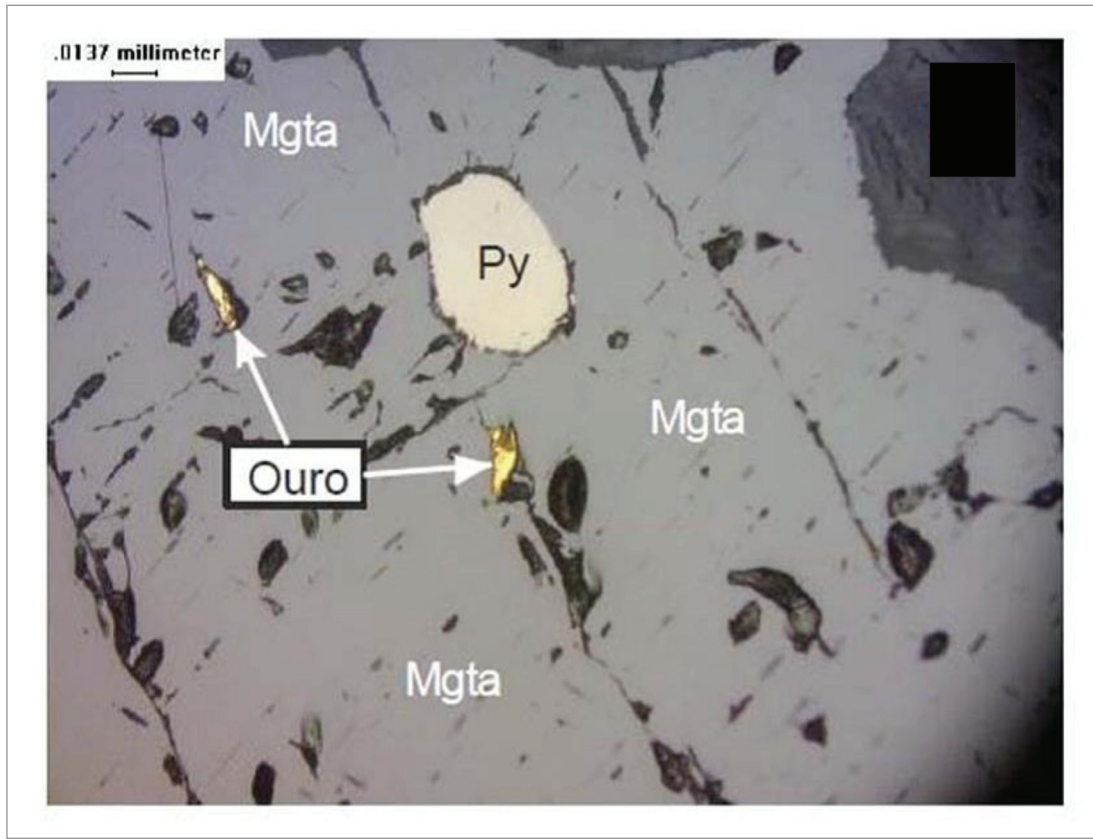


Figura 76 - Seção polida com duas ocorrências de ouro, inclusas na magnetita (foto cedida por Freitas, 2015).

6. MAPEAMENTO GEOQUÍMICO

6.1. INTRODUÇÃO

As amostras de sedimento de corrente utilizadas no presente mapeamento geoquímico foram coletadas em escala de amostragem 1:100.000 durante o Projeto Escudo Catarinense em 2014. Das 8 folhas 1:100.000 que abrangem o Projeto Cráton Luis Alves, somente 4 delas são pertencentes ao Estado de Santa Catarina, com as demais dentro do Estado do Paraná. Por este motivo somente metade da área do atual projeto foi contemplada com a interpretação dos resultados geoquímicos dos sedimentos de corrente, que é composto por 474 amostras (Figura 77). Junto com os sedimentos de corrente também foram coletados concentrados de batéia, no entanto não houve tempo hábil para análise e interpretação dos mesmos.

As amostras de sedimentos de corrente tiveram uma preparação prévia no laboratório da CPRM, em Porto Alegre, antes de seu encaminhamento para o laboratório de análises. Esta preparação constou de: a) secagem em estufa a 50°C; b) desagregação para obtenção de uma amostra homogênea e representativa; c) peneiramento em malha de 80 mesh; d) quarteamento da fração passante para obtenção de uma alíquota de 40 gramas. Foram enviadas ao

laboratório da Geosol para análise de 54 elementos químicos. As amostras foram digeridas com água régia e mensuradas por ICP-OES e ICP-MS.

6.2. METODOLOGIA DE TRATAMENTO DOS DADOS GEOQUÍMICOS (ESTATÍSTICA UNI, BI E MULTIVARIADA)

O conjunto de dados é composto por 54 elementos analisados em 474 amostras (Figura 77). Destes 54 elementos, 18 continham demasiados dados censurados (dados não quantificados por possuírem valores inferiores ao limite de detecção do método analítico utilizado). Estes elementos foram retirados para uma posterior análise individual, são eles: Ag, As, Au, B, Bi, Ge, Hf, Hg, In, Mo, Re, S, Sb, Se, Ta, Te, Tl e W. O critério para setorização destes elementos foi apresentar mais de 10% dos dados medidos abaixo dos limites de detecção (LD) do método. Logo, tais elementos não serão utilizados nas etapas de análise estatística bivariada e multivariada. Para todos os outros elementos, quando da existência de dados censurados, estes foram substituídos pela metade do LD para dar prosseguimento ao tratamento estatístico.

Os resultados obtidos para sedimentos de corrente foram explorados usando técnicas estatísticas comuns (estatística univariada), incluindo sumário estatístico, gráficos box-plot, mapas geoquímicos baseados em percentis (baseado nos gráficos box-plot), análise de correlação não-paramétrica (correlação de Spearman – estatística bivariada), até análises estatísticas mais complexas (estatística multivariada), tais como a análise fatorial. A utilização destas ferramentas estatísticas permite investigar a estrutura, tendências e associações dos elementos analisados, auxiliando na compreensão dos processos geológicos, físicos e antropogênicos que controlam a geoquímica da matriz analisada (MANLY, 1986; DAVIS, 1986; TABACHNICK; FIDELL, 2001; REIMANN; FILZMOSE; GARRETT, 2002; REIMANN et al., 2008; FILZMOSE; HRON; REIMANN, 2009; CARRANZA, 2009; 2011; GRUNSKY, 2010; LAPWORTH et al., 2012).

6.2.1. Sumário Estatístico

Os estimadores estatísticos para os dados geoquímicos selecionados são apresentados na Tabela 2, enquanto os não selecionados se apresentam na Tabela 3. A estas tabelas, foi adicionada a

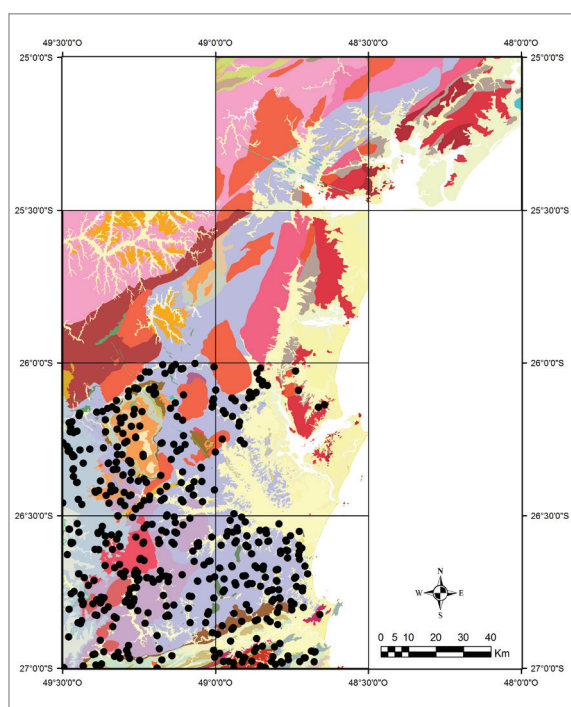


Figura 77 - mapa de distribuição das amostras de sedimento de corrente

concentração média da crosta superior (Mean Upper Crust Concentration – UCC – GREEN, 1959; TAYLOR, 1964; WEDEPOHL, 1978 e 1995) para todos os elementos analisados, com a finalidade de compará-los e avaliar o enriquecimento ou empobrecimento dos mesmos na área de estudo.

Todas as variáveis levantadas neste estudo foram log-transformadas, com o intuito de se obter melhor distribuição das mesmas, ou seja, na tentativa de normalizar a distribuição. Ainda sobre a transformação dos dados, foi aplicado nos dados

de sedimento de corrente o teste estatístico de normalidade Shapiro-Wilk para os dados brutos e log-transformados. Notou-se que apenas o elemento Th apresentou distribuição log-normal ($p > 0,05$) e os elementos Cs e U ficaram próximos de uma distribuição normal (respectivamente p-valor igual a 0,046 e 0,04). Este fato confirma que dados com distribuição normal raramente é constatado em variáveis geoquímicas, mesmo quando os dados não são formados por múltiplas populações (REIMANN et al., 2008; GRUNSKY, 2010; LAPWORTH et al., 2012).

Tabela 2 - Sumário estatístico dos 36 elementos selecionados.

ELEMENTOS	N VÁLIDOS	N VÁLIDOS (%)	MÉDIA	MÍN.	Q1 -25%	Q2 (MEDIANA)	Q3 -75%	Q3+1,5AIQ (LIMIAR)	MÁX.	UCC ¹	P ²	P-LN ²
Al (%)	474	100	1,17	0,09	0,86	1,39	1,84	4,49	4,49	7,7	<0,001	<0,001
Ba (ppm)	474	100	103,39	8	78	120,5	164	390,03	544	668	<0,001	<0,001
Be (ppm)	460	97,05	0,55	<0,1	0,4	0,6	0,8	2,1	3	3,1	<0,001	<0,001
Ca (%)	455	95,99	0,14	<0,01	0,06	0,16	0,41	1,36	1,36	2,9	<0,001	<0,001
Cd (ppm)	468	98,73	0,05	<0,02	0,03	0,05	0,07	0,22	2,8	0,102	<0,001	<0,001
Ce (ppm)	474	100	72,24	0,02	51,31	74,99	111,59	299,92	841,58	65,7	<0,001	<0,001
Co (ppm)	474	100	9,48	0,3	7,1	12,3	16,8	58,3	107,6	11,6	<0,001	<0,001
Cr (ppm)	473	99,79	39,25	<1	22	53	88	310,03	1225	35	<0,001	<0,001
Cs (ppm)	474	100	0,47	0,07	0,29	0,45	0,79	3,02	3,02	5,8	<0,001	0,046
Cu (ppm)	474	100	9,86	1	7,2	11,15	15,6	46,8	46,8	14,3	<0,001	<0,001
Fe (%)	465	98,1	3,27	<0,01	2,29	4,39	6,38	14,72	14,72	3,1	<0,001	<0,001
Ga (ppm)	474	100	6,06	0,4	4,2	7,25	9,7	23,9	23,9	14	<0,001	<0,001
K (%)	474	100	0,12	0,02	0,08	0,12	0,19	0,59	0,89	2,9	<0,001	0,002
La (ppm)	474	100	36,63	2,9	23,9	36,9	57,8	192,22	580,7	32,3	<0,001	0,002
Li (ppm)	471	99,37	6,16	<1	4	7	10	35	45	22	<0,001	<0,001
Lu (ppm)	468	98,73	0,08	<0,01	0,06	0,1	0,14	0,41	0,41	0,31	<0,001	<0,001
Mg (%)	472	99,58	0,2	<0,02	0,1	0,25	0,47	3,42	3,42	1,4	<0,001	<0,001
Mn (ppm)	474	100	493	15	366	586	788	2228	4641	527	<0,001	<0,001
Na (%)	423	89,24	0,03	<0,06	0,02	0,03	0,06	0,3	0,3	0,05	<0,001	<0,001
Nb (ppm)	461	97,26	0,76	0,02	0,55	0,88	1,35	4,8	13,79	26	<0,001	<0,001
Ni (ppm)	474	100	12,37	0,8	8,4	14,2	21,8	82,7	552,6	18,6	<0,001	<0,001
P (%)	474	100	332,37	25	210	413,5	662,99	2423,82	3750	665	<0,001	<0,001
Pb (ppm)	474	100	9,44	1,4	6,5	9,25	13,9	37,5	52,4	17	<0,001	<0,001
Rb (ppm)	474	100	8,53	1	5,3	9,5	14,5	47,1	47,1	110	<0,001	<0,001
Sc (ppm)	474	100	3,83	0,2	2,3	5,1	7	19,8	19,8	84	<0,001	<0,001
Sn (ppm)	451	95,15	1,01	<0,3	0,7	1,1	1,5	4,4	17,2	2,5	<0,001	<0,001
Sr (ppm)	474	100	14,27	0,25	8,8	17,75	30,1	119,89	196,4	316	<0,001	<0,001
Tb (ppm)	474	100	0,37	0,05	0,27	0,42	0,55	1,58	2,11	0,7	<0,001	0,001
Th (ppm)	474	100	15,72	1,3	8	16,5	29,6	198,29	198,3	10,3	<0,001	0,526
Ti (%)	439	92,62	0,1	<0,01	0,05	0,14	0,22	0,9	0,9	0,3	<0,001	<0,001
U (ppm)	474	100	0,78	0,08	0,53	0,78	1,26	4,02	6,13	2,5	<0,001	0,04
V (ppm)	474	100	64,93	1	31	85	142	736,04	736	53	<0,001	<0,001
Y (ppm)	474	100	8,51	1,06	6,11	9,99	13,52	38,69	38,69	20,7	<0,001	<0,001
Yb (ppm)	465	98,1	0,66	<0,2	0,5	0,8	1,1	2,9	2,9	2	<0,001	<0,001
Zn (ppm)	474	100	37,87	2	31	43	56	125	162	52	<0,001	<0,001
Zr (ppm)	449	94,73	6,51	<0,5	4,1	7,8	13,6	67,3	119,8	237	<0,001	<0,001

1 – Média da Crosta Superior (Mean Upper Crust Concentration - Green, 1959; Taylor, 1964; Wedepohl, 1978 e 1995).

2 – p-valores do teste de normalidade Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) das concentrações originais (p) e log-transformadas (p-ln).

3 – Soma dos elementos terras-raras leves Ce e La, a qual foi utilizada para as estatísticas bivariada e multivariada.

Tabela 3 - Sumário estatístico dos elementos não selecionados.

ELEMENTOS	N VÁLIDOS	N VÁLIDOS (%)	MÉDIA	MÍN.	Q1 -25%	Q2 (MEDIANA)	Q3 -75%	Q3+1,5AIQ (LIMIAR)	MÁX.	UCC ¹	P ²	P-LN ²
Ag (ppm)	40	8,44	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,39	0,055	<0,001	<0,001
As (ppm)	184	38,82	-	<1	<1	<1	1	2	11	2	<0,001	<0,001
Au (ppm)	0	0	-	<1	<1	<1	<1	<1	-	0,0018*	-	-
B (ppm)	0	0	-	<10	<10	<10	<10	<10	-	17	-	-
Bi (ppm)	205	43,25	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	1,78	1,78	0,123	<0,001	<0,001
Ge (ppm)	207	43,67	0,3	<0,1	0,2	0,5	0,5	0,7	0,7	1,4	<0,001	<0,001
Hf (ppm)	5	1,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,23	5,8	<0,001	<0,001
Hg (ppm)	29	6,12	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,24	0,05	<0,001	<0,001
In (ppm)	154	32,49	-	<0,02	<0,03	<0,04	0,03	0,12	0,12	0,056	<0,001	<0,001
Mo (ppm)	354	74,68	0,16	<0,05	0,02	0,24	0,42	2,86	2,86	1,4	<0,001	<0,001
Re (ppm)	0	0	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	0,000	-	-
S (%)	177	37,34	-	<0,01	<0,02	<0,03	0,01	0,02	0,36	0,06	<0,001	<0,001
Sb (ppm)	209	44,09	-	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	0,79	3,93	0,31	<0,001	<0,001
Se (ppm)	14	2,95	-	<1	<1	<1	<1	<1	2	0,09	<0,001	<0,001
Ta (ppm)	48	10,13	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,26	1,5	<0,001	<0,001
Te (ppm)	41	8,65	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,42	0,001	<0,001	<0,001
Tl (ppm)	298	62,87	0,04	<0,02	0,01	0,04	0,1	1,95	1,95	0,75	<0,001	<0,001
W (ppm)	94	19,83	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,4	1,4	<0,001	<0,001

1 – Mean Upper Crust Concentration (Green, 1959; Taylor, 1964; Wedepohl, 1978 e 1995).

2 – p-valores do teste de normalidade Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) das concentrações originais e log-transformadas.

* – valor em ppb.

6.2.2. Confeção Dos Mapas Geoquímicos Unielementares

Foram feitos mapas geoquímicos com plots das concentrações de cada elemento nas estações amostradas sobre o mapa geológico da região em estudo. Os dados de concentração dos elementos foram log-normalizados para reduzir a influência dos *outliers* (evita superestimar os outliers positivos e subestimar os outliers negativos – Reimann et al., 2008; Grunsky, 2010).

A simbologia que se observa no mapa geoquímico de pontos é a representação dos quartis apresentados nos gráficos box-plot para cada elemento (exemplificado na Figura 78) e foi baseada na metodologia utilizada por Reimann et al. (2008). Descrevendo a simbologia, o círculo menor representa os outliers inferiores; o círculo médio representa as amostras com concentrações do limite do whisker inferior até 25% (Q1) do total de amostras; o círculo maior se refere aos valores entre 25% (Q1) e 75% (Q3), faixa que representa as amostras de tendência central de concentrações dentro de toda a população (esses valores representam a amplitude interquartil – AIQ – e também a faixa estimativa que representa o background da população); a cruz representa valores entre 75% e o limite do whisker superior (valor representado pelo algoritmo $Q3 + 1,5 \cdot AIQ$, representando o limiar), se referindo às amostras que possuem certa elevação de concentração em relação à faixa de background, ou seja, representam amostras intermediárias entre a faixa de tendência central e outliers superiores, estas últimas consideradas anomalias geoquímicas.

A faixa de outliers superiores ou anomalias, dependendo de sua amplitude, pode ser dividida em anomalias de terceira ordem (amostras que possuem concentrações até o valor representado pelo algoritmo $Q3 + 3 \cdot AIQ$), segunda (amostras que possuem concentrações até o valor representado pelo algoritmo $Q3 + 4,5 \cdot AIQ$) e primeira ordem (amostras que possuem concentrações maiores que o valor representado pelo algoritmo $Q3 + 4,5 \cdot AIQ$).

Dentre os vários elementos analisados foram escolhidos seis, Ni, Mn, Fe, Co, Cr e V que são os mais representativos e correlacionáveis com a geologia da área. Nas Figura 78, Figura 79 e Figura 80 estão os mapas de distribuição destes elementos na área.

De modo geral os elementos demonstraram controle estrutural ou litológico, em alguns casos estão controlados por ambos. A estrutura do Domo de Pomerode e os lineamentos magnéticos de 1ª ordem (ver capítulos 2 e 4) se mostraram condicionantes da distribuição dos elementos, limitando ou concentrando os mesmos, tanto por inclusão quanto por exclusão.

O Mn, Co, V e o Fe mostraram forte controle estrutural, principalmente na região do domo, com valores significativos de concentração (whisker superior do box-plot) aparecendo em cruzamentos de estruturas dentro do Domo de Pomerode, com anomalias de 3ª ordem no SE do cráton. Na região NW, no entorno da Bacia de Campo Alegre, também ocorrem concentrações significativas, mas sem controle estrutural, sendo mais litológico o condicionamento. O Mn pode ser oriundo de minerais presentes em grande porcentagem nas rochas metassedimentares da Unidade Paragnaises Luis Alves, tal qual o

eulísito, como também pode ser oriundo do hidrotermalismo nas estruturas. O Fe é correlacionado com as formações ferríferas e rochas ultramáficas da Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha que aparecem deformadas e alinhadas com as estruturas N e Ne da região. O V é comumente presente nas magnetitas, e a região do Domo de Pomerode é rico neste mineral, tanto que na interpretação da aeromagnetometria (ver capítulo 2) toda a área do domo foi interpretada como um alto magnético.

A magnetita está presente nas formações ferríferas, nas rochas máficas-ultramáficas e nos granulitos félsicos. O Ni tem maior frequência de valores significativos em torno da Bacia de Campo Alegre e da região de Piên, fora da região do domo, demonstrando ser mais um controle litológico do que estrutural. Pode ter origem em três unidades geológicas distintas, a Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha, o Complexo Máfico-Ultramáfico Piên e os diques da Formação Serra Geral.

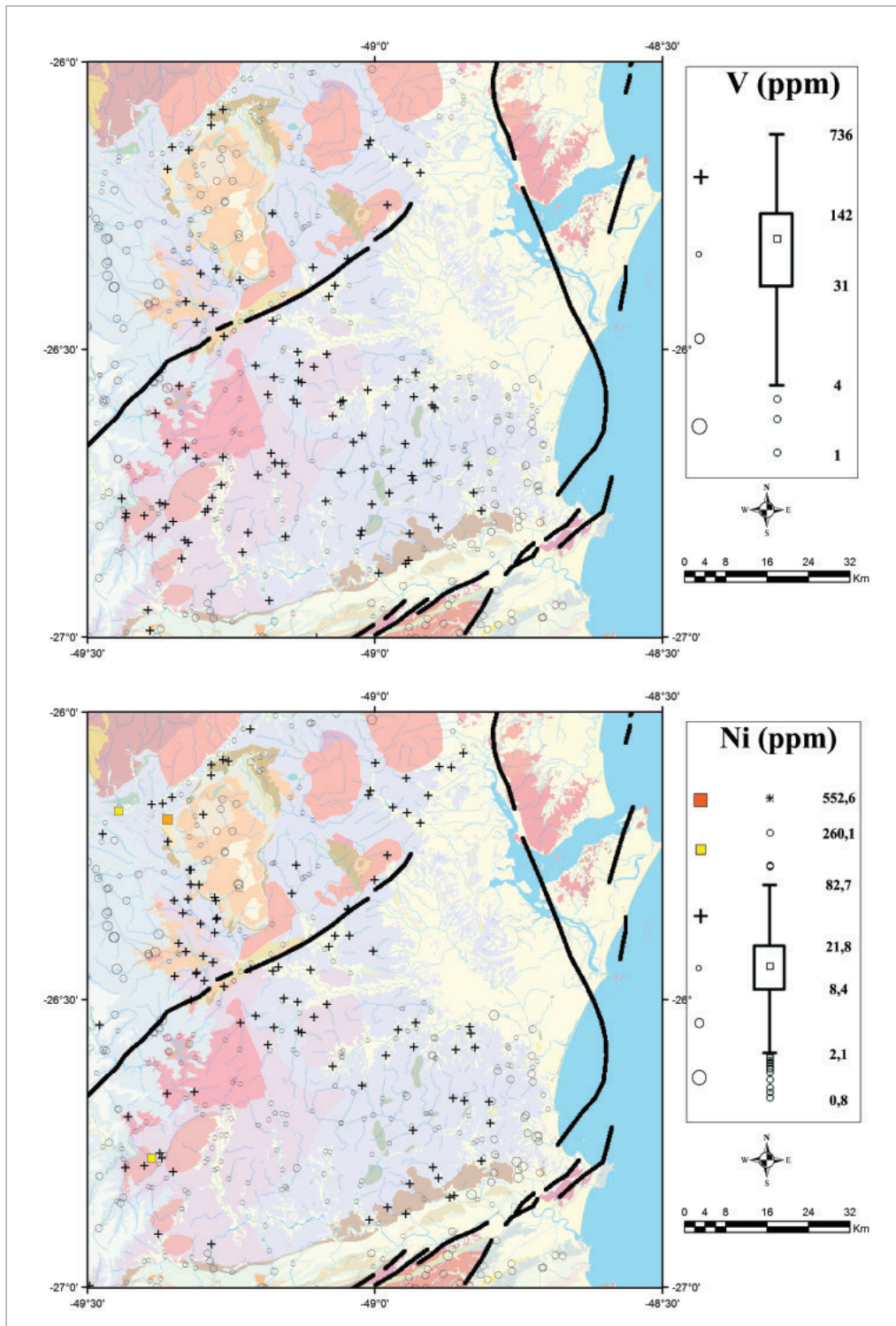


Figura 78 - Mapas de distribuição univariada log-normalizada dos elementos V e Ni.

Na região norte no contato entre a Bacia de Campo Alegre, o Cráton Luis Alves e o Granito Tarumã, na bacia do rio Negro, há enriquecimento da maioria dos elementos, o que demonstra um provável controle estrutural naquela área. Os corpos de rochas ultramáficas e dos

metassedimentos estão seccionados e orientados segundo as estruturas regionais, o que condiciona as concentrações significativas dos elementos analisados no SE do cráton dentro do Domo de Pomerode.

A frequência de ocorrência de valores significativos de praticamente todos os elementos na mesma região e com controle estrutural.

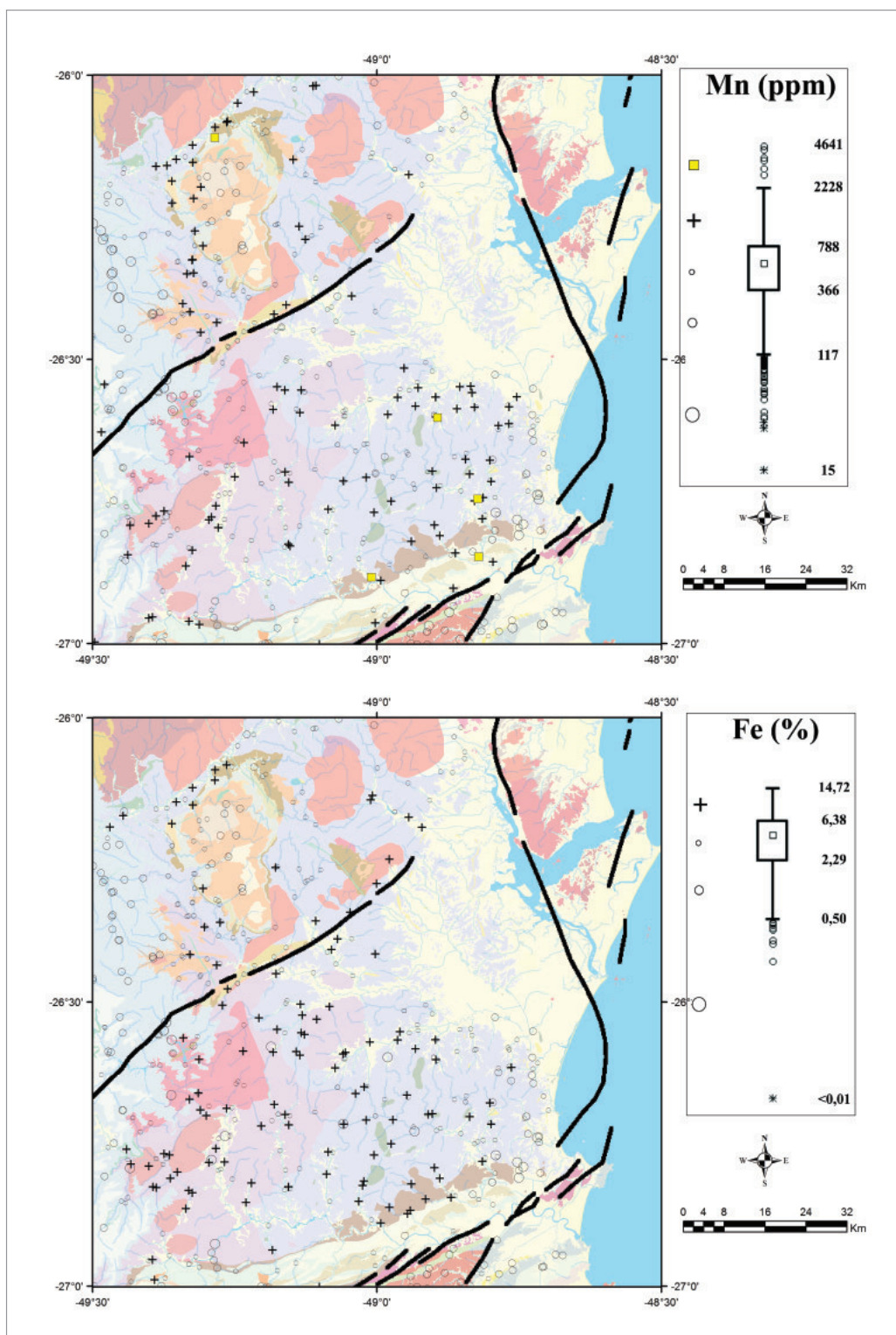


Figura 79 - Mapas de distribuição univariada log-normalizada dos elementos Mn e Fe.

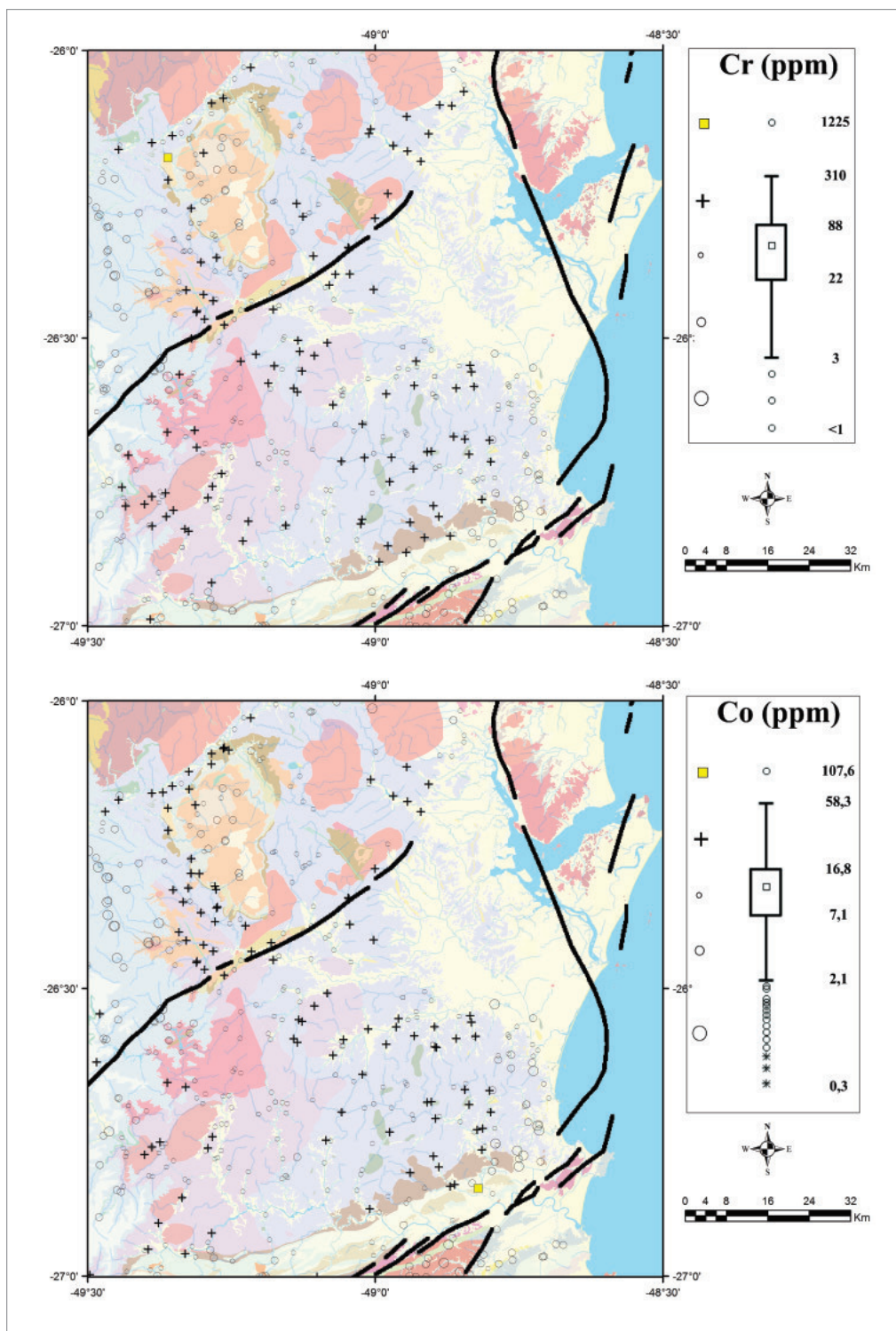


Figura 80 - Mapas de distribuição univariada log-normalizada dos elementos Cr e Co.

6.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS BIVARIADA (CORRELAÇÃO DE SPEARMAN) E MULTIVARIADA (ANÁLISE FATORIAL)

Para a interpretação dos dados geoquímicos, foram utilizadas as análises estatísticas de correlação (bivariada); de principais componentes e análise de agrupamentos (métodos estatísticos multivariados). A análise de correlação utilizada foi a de Spearman, análise estatística não-paramétrica, ou seja, assume

que os dados não possuem distribuição normal tampouco assume uma relação linear entre as variáveis (SPEARMAN, 1904). Esta análise pode informar o grau de afinidade de um elemento com os demais, podendo-se determinar agrupamentos com afinidades geoquímicas semelhantes. Para tanto, foram considerados que valores iguais ou maiores que 0,70 entre duas variáveis, no caso, entre dois elementos, possuem correlação elevada; valores entre 0,69 e 0,50 possuem correlação mediana; e

valores menores que 0,50 possuem correlação não significativa. Entretanto, devido ao grande número de variáveis, se tornam difíceis a visualização e determinação de tais grupos, principalmente com relação à interpretação das associações geoquímicas, pois estas possuem diferentes formas de ocorrência. Para tanto, é utilizada a estatística multivariada, com a análise de principais fatores. Esta é utilizada para identificar importantes componentes ou fatores que explicam a variância de um sistema. Além disso, esta análise é designada a reduzir o número de variáveis em pequenos números de índices, preservando as relações presentes nos dados originais. Isto corrobora para uma interpretação mais refinada de dados geoquímicos (MANLY, 1986; DAVIS, 1986; TABACHNICK; FIDELL, 2001).

6.3.1. Análise de Correlação de Spearman

A Tabela 4 mostra as correlações entre as variáveis, onde estão destacadas as correlações significativas. Considerou-se correlação alta para valores acima de 0,8 (vermelho), moderada para valores entre 0,7 e 0,8 (amarelo) e leve para valores entre 0,5 e 0,7 (verde).

As correlações significantes entre Ni, Cr e Mg e correlações leves desses elementos com Cu representam, de forma clara, a influência de rochas máficas/ultramáficas, principalmente da Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha, do Complexo Máfico-Ultramáfico Piên e os diques do Grupo Serra Geral. Os elementos terras-raras (La, Ce, Lu, Tb e Yb) mostram alta correlação entre si e com Y e Th, pois possuem comportamento semelhante e, provavelmente, têm proveniência em comum (minerais como monazita, xenotima, etc.), presentes em rochas graníticas, alcalinas, pegmatitos e rochas sob influência de hidrotermalismo (Henderson, 1984). De forma semelhante aos elementos terras-raras, as correlações moderadas entre Ca, Sr e P também representam a presença mineral nos sedimentos, principalmente na região dos granulitos, que é a apatita. Apesar da correlação entre Fe e V não ser tão significativa (0,66), esta pode sugerir a presença de magnetita, que são expressivas na região do Domo de Pomerode. Correlações significativas entre Al, Ga, Ba, Sc e Zn sugerem predominância processos supergênicos, que pode ser interpretado tanto como processo de laterização, quanto adsorção dos metais por argilominerais presentes nos sedimentos.

6.3.2. Análise Fatorial

As tabelas 5 e 6 mostram a segregação dos elementos pela análise de principais fatores, mostrando

fatores responsáveis pela variância do agrupamento dos elementos analisados nas amostras de sedimento de corrente. Para esta análise estatística, é essencial transformar os dados, devido aos dados enclausurados (data closure) e as múltiplas populações, além de gerar fatores com informações mais robustas sobre os processos que controlam a distribuição geoquímica em sedimentos de corrente e solos. Os dados geoquímicos de análise multielementar utilizados neste estudo são considerados dados composicionais, que, segundo Aitchison (1986), os elementos analisados são porcentagens de um todo, ou seja, a soma dos valores de todos os elementos analisados se torna uma constante. Neste caso, em se tratando de unidades em parte por milhão (ppm), o valor constante seria 1.000.000 ppm, equivalente a 100%. Entretanto, os elementos analisados possuem diferentes distribuições e variabilidades. Portanto, os dados foram transformados pela razão-log centralizada (centred log-ratio, CLR – AITCHISON, 1986) com posterior padronização para 0. O método de rotação utilizado foi o Varimax normalizado, o qual apresenta as melhores correlações das variáveis (no caso, os elementos) em relação aos fatores (REIMANN et al., 2008). Para a determinação da quantidade de fatores que são relevantes para esta análise nas amostras, foi utilizada o teste Scree, que mostra um gráfico com os autovalores (eigenvalues - valor representativo da variância) de cada fator gerado. A partir deste gráfico, foi utilizado o critério de Kaiser, onde este considera autovalores relevantes maiores que 1.

Os elementos disponíveis para esta análise são aqueles que possuem somente 5% das amostras abaixo do limite de detecção do método analítico, além da triagem de elementos ocorrida na análise de correlação, explicada no item anterior.

O número de variáveis a ser utilizado nesta análise (dimensionalidade) foi definido pelo algoritmo $n > p^2$, uma variável tolerável do algoritmo proposto por Le Maitre (1982), onde n é o número de amostras e p o número de variáveis. A utilização da transformação CLR permite que alguns fatores apresentem informações sobre duas associações geoquímicas, uma com coeficientes (loadings) positivos significativos com o fator ($> 0,5$) e outra com coeficientes negativos significativos com o fator ($< -0,5$). A simbologia utilizada para os mapas de scores de pontos e de bacias de proveniência para sedimento de corrente também foi baseada nos quartis de box-plot. Nestes mapas, a associação geoquímica será destacada em (+) quando esta representar coeficientes positivos significativos (nos mapas de pontos esta associação terá quadrados como símbolos e cores quentes no mapa de bacias) e (-) quando representar coeficientes negativos significativos (nos mapas de pontos,

Tabela 4 - Matriz de correlação.

Alc-%	Be-ppm	Ba-ppm	Ca-%	Ca-ppm	Co-ppm	Cr-ppm	Cs-ppm	Fe-%	Ga-ppm	K-%	La-ppm	Li-ppm	Lu-ppm	Mg-%	Mn-ppm	Nb-%	Ni-ppm	P-ppm	Pb-ppm	Rb-ppm	Sr-ppm	Sc-ppm	Si-ppm	Tb-ppm	Th-ppm	Ti-%	U-ppm	V-ppm	Y-ppm	Zn-ppm	Zr-ppm	
Alc-%	1.00																															
Be-ppm	0.74	1.00																														
Ba-ppm	0.96	0.96	1.00																													
Ca-%	0.12	0.16	0.03	1.00																												
Ca-ppm	0.20	0.19	0.01	0.01	1.00																											
Co-ppm	0.19	0.22	0.16	0.34	0.12	0.21	1.00																									
Cr-ppm	0.49	0.54	0.38	0.04	0.28	0.47	0.02	1.00																								
Cs-ppm	0.23	0.25	0.04	-0.30	0.13	-0.16	-0.02	-0.19	1.00																							
Cs-ppm	0.21	0.12	0.36	-0.30	0.12	0.25	0.44	0.07	0.56	1.00																						
Fe-%	0.69	0.46	0.17	0.94	0.19	0.37	0.48	0.45	0.22	0.56	1.00																					
Fe-ppm	0.73	0.32	0.43	0.51	0.17	0.45	0.55	0.45	0.00	0.43	0.64	1.00																				
Ga-ppm	0.52	0.46	0.17	0.94	0.19	0.37	0.48	0.45	0.22	0.56	0.64	0.64	1.00																			
K-%	0.43	0.13	0.06	0.16	0.02	0.15	0.24	0.41	0.51	0.26	0.04	0.04	0.04	1.00																		
La-ppm	0.14	0.13	0.06	0.16	0.02	0.15	0.24	0.41	0.51	0.26	0.04	0.04	0.04	0.04	1.00																	
La-ppm	0.97	0.92	0.39	0.82	0.08	0.32	0.31	0.47	0.40	0.19	0.30	0.30	0.28	0.30	0.30	1.00																
Li-ppm	0.55	0.55	0.38	0.72	0.06	0.37	0.46	0.68	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	1.00															
Mg-%	0.40	0.44	0.13	0.18	0.13	0.25	0.77	0.21	0.11	0.38	0.35	0.37	0.11	0.16	0.16	0.16	0.16	1.00														
Mn-ppm	0.47	0.41	0.03	0.18	0.00	0.16	0.55	0.21	0.29	0.11	0.23	0.14	0.45	0.45	0.17	0.05	0.05	0.05	1.00													
Nb-%	0.37	0.10	0.06	0.08	0.04	0.16	0.05	-0.01	0.16	0.05	0.23	0.14	0.45	0.45	0.17	0.05	0.05	0.05	0.05	1.00												
Ni-ppm	0.28	0.23	0.10	0.30	0.01	0.08	0.46	0.01	0.08	0.05	0.23	0.14	0.45	0.45	0.17	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.00											
Ne-ppm	0.69	0.28	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00										
Ne-ppm	0.37	0.28	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00									
P-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00								
P-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00							
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00						
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00					
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00				
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00			
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00		
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00	
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
Pb-ppm	0.59	0.27	0.23	0.38	0.09	0.18	0.48	0.03	0.16	0.03	0.33	0.33																				

esta associação terá círculos como símbolos e cores frias no mapa de bacias). É válido ressaltar que um fator que apresente somente uma associação geoquímica, seja ela com coeficientes positivos ou negativos, terá apenas uma simbologia em mapa para melhor compreensão. Outra informação relevante é que para esta análise não foram retiradas as amostras consideradas anômalas (outliers), justamente para mostrar e destacar as importantes ocorrências minerais da área de estudo. Os mapas de scores das associações geoquímicas para sedimento de corrente se apresentam nas Figura 81, Figura 82 e Figura 83.

As amostras de sedimento de corrente apresentaram, avariabilidade de áreas fontes, condicionado por processos exógenos, como intemperismo e erosão.

O fator 5 representa 5,36% da variância do sistema, tem correlação positiva de Mn e Co de ocorrência maior no Domo de Pomerode, corroborando com o comportamento univariado destes elementos, que parece ter um controle estrutural associado a enriquecimento supergênico, que pode ser a partir da alteração da espessartita presente em alguns granulitos metassedimentares. A correlação negativa formada por K e Rb está associada com os granitoides da região, e pode ser um reflexo da mineralogia, como filossilicatos e feldspato potássico.

O fator 6 representa 4% da variância do sistema, é formado somente pelo Fe e está fortemente correlacionado com o Domo de Pomerode e com controle estrutural, local de ocorrência das formações ferríferas e rochas ultramáficas.

Tabela 5 - Autovalores e suas respectivas porcentagens de variância para cada fator segregado da análise de principais fatores em amostras de sedimentos de corrente.

		AUTOVALORES	% VARIABILIDADE TOTAL	AUTOVALORES (ACUMULADO)	%VARIABILIDADE TOTAL (ACUMULADO)
1	Ca-P-Sr-Sc-V (+)/Pb-Cs-U (-)	8,04	30,94	8,04	30,94
2	Zn-Li-Ba-Rb-Cs-Cd (+)/ Zr-Th-Ti-Cr-V (-)	4,41	16,96	12,45	47,89
3	Ni-Cu-Co-Sc-Cr (+)	2,80	10,75	15,25	58,65
4	Y-ETRP-ETRL (+)	1,68	6,44	16,92	65,09
5	Mn-Co (+)/K-Rb (-)	1,39	5,36	18,32	70,45
6	Fe (+)	1,04	4,00	19,36	74,46

Tabela 6 - Segregação de fatores pela análise de principais fatores para amostras de sedimentos de corrente. Os valores em vermelho mostram as melhores correlações das variáveis com o fator.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ba	0,24	0,68	-0,22	-0,11	0,10	-0,00
Ca	0,91	-0,18	0,00	-0,09	-0,11	-0,02
Cd	-0,45	0,58	-0,00	-0,07	0,19	-0,08
Co	0,25	0,07	0,67	-0,01	0,52	-0,05
Cr	0,30	-0,65	0,51	-0,17	0,14	-0,07
Cs	-0,70	0,59	-0,04	-0,04	-0,16	-0,00
Cu	-0,08	0,20	0,76	0,01	0,03	0,06
ETRL	-0,31	-0,42	-0,15	0,55	0,04	-0,08
ETRP	-0,08	-0,11	-0,05	0,93	-0,01	-0,05
Fe	-0,02	0,03	-0,01	-0,13	0,02	0,96
K	-0,14	0,48	-0,29	-0,16	-0,63	-0,12
Li	-0,33	0,68	0,05	-0,23	-0,40	-0,13
Mn	-0,10	0,04	0,08	-0,07	0,85	-0,03
Ni	0,04	-0,14	0,85	-0,14	0,02	-0,09
P	0,77	0,11	0,13	-0,06	0,12	-0,05
Pb	-0,74	0,36	-0,24	0,03	0,05	-0,01
Rb	-0,37	0,65	-0,19	-0,06	-0,48	-0,10
Sc	0,48	-0,18	0,54	0,04	0,25	0,13
Sr	0,77	0,02	-0,29	-0,28	-0,02	-0,03
Th	-0,26	-0,73	-0,15	0,29	-0,05	-0,16
Ti	0,36	-0,72	-0,13	-0,10	0,18	0,01
U	-0,66	-0,01	-0,43	0,21	-0,27	-0,19
V	0,47	-0,60	0,27	-0,14	0,17	-0,07
Y	-0,10	-0,02	-0,03	0,96	0,00	-0,06
Zn	-0,12	0,73	-0,03	-0,14	0,12	-0,10
Zr	0,01	-0,73	-0,20	0,01	0,12	-0,13

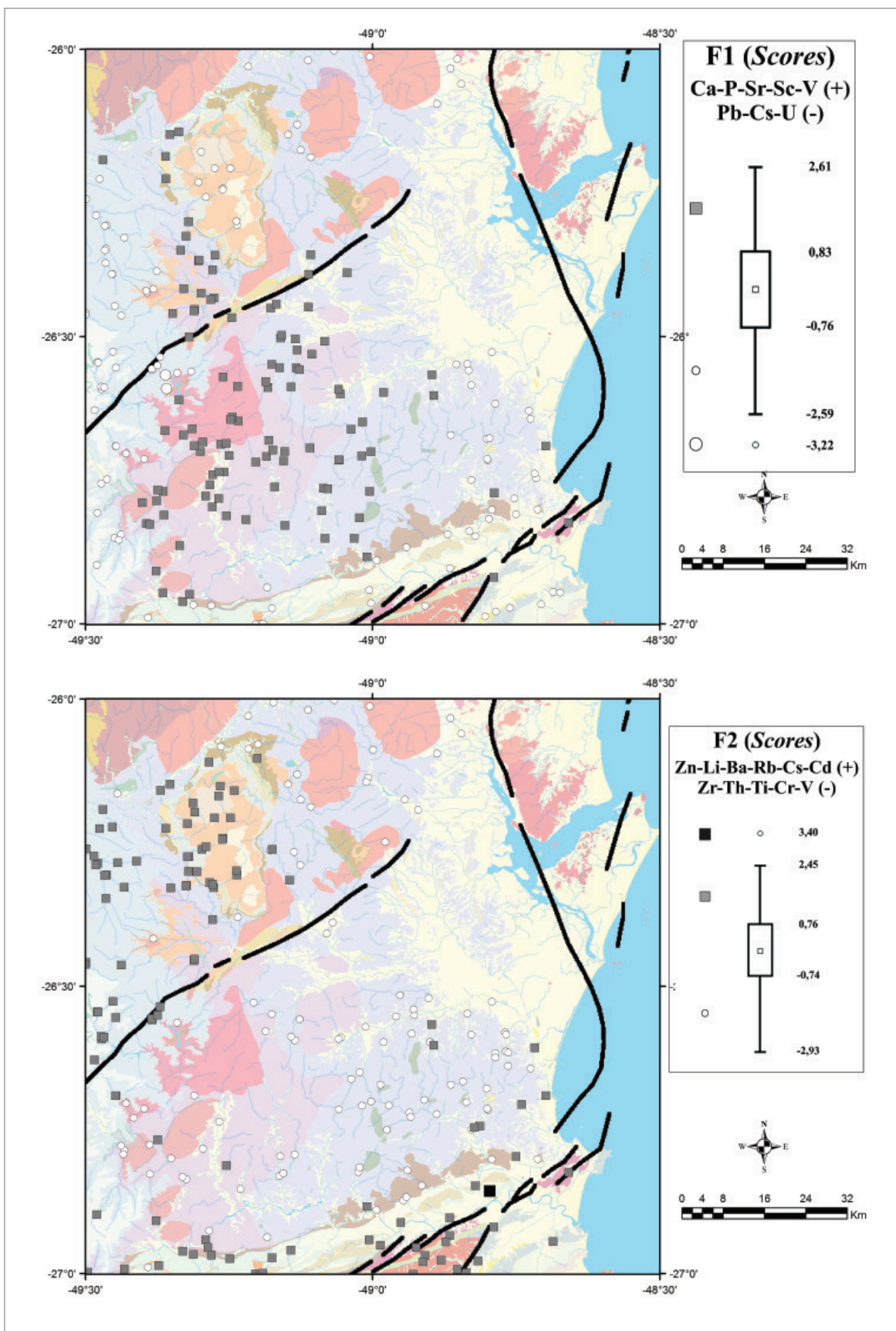


Figura 81 - Mapas de distribuição dos fatores F1 e F2.

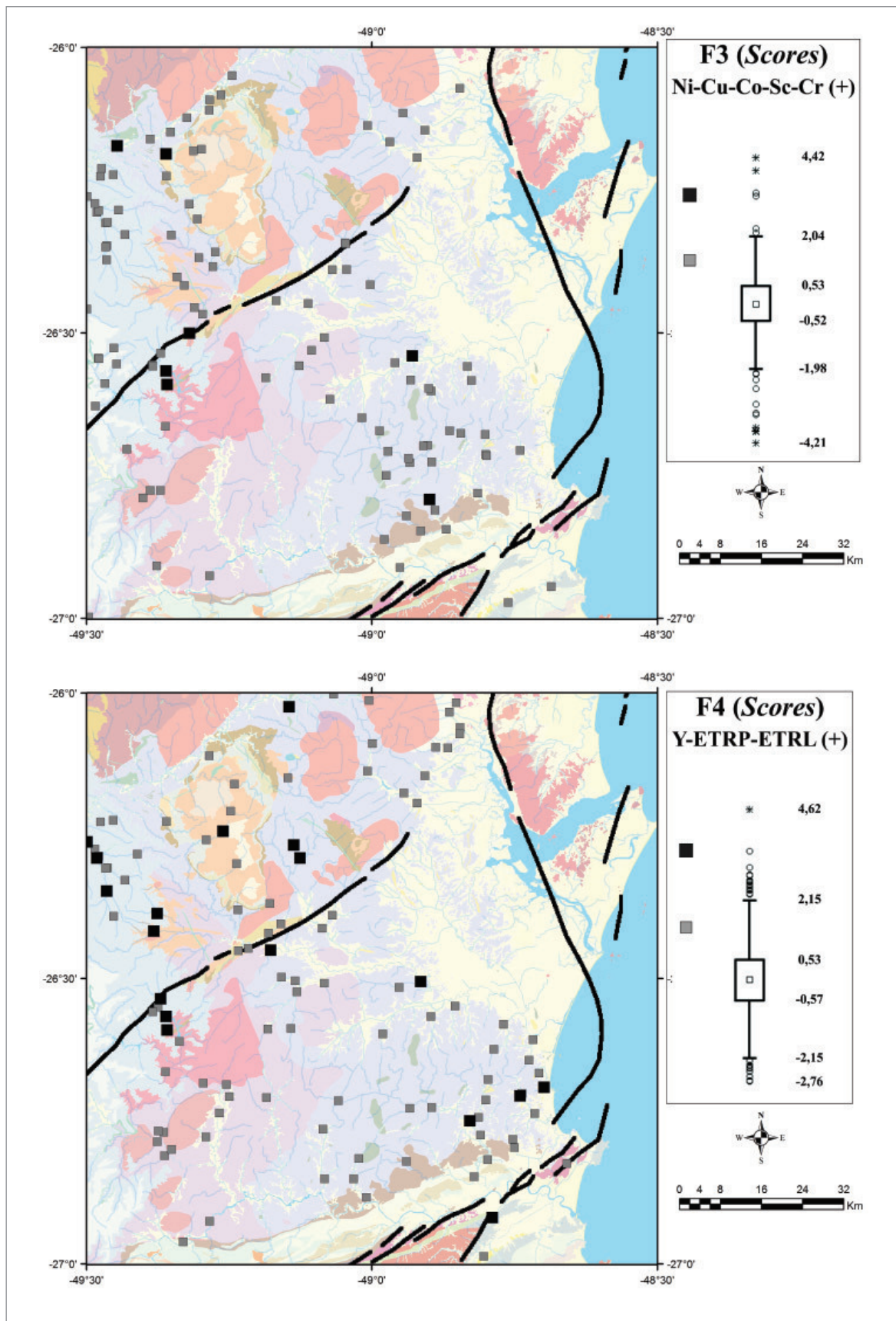


Figura 82 - Mapas de distribuição dos fatores F3 e F4.

6.4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES REFERENTES AOS DADOS GEOQUÍMICOS

A estatística mostra que, para todos os elementos, a distribuição dos dados não é homogênea. Existe uma variabilidade significativa do teor de elementos químicos em cada amostra. Isso pode ser observado pelos altos desvios-padrão e coeficientes de variação.

Os coeficientes de correlação altos e moderados encontrados estabelecem uma relação entre elementos químicos que, normalmente aparecem juntos enriquecidos em algumas amostras e empobrecidos em outras.

O principal objetivo desta análise estatística é apresentar o *background* dos elementos analisados e, conseqüentemente, apresentar suas concentrações anômalas. Entretanto, recomenda-se observar

os valores absolutos encontrados comparativamente com valores de interesse, para saber se os valores anômalos podem ser considerados de interesse real.

Os elementos mostraram um forte condicionamento estrutural, mais do que litológico, e o Domo de Pomerode e os lineamentos magnéticos de 1ª ordem se mostraram importantes feições da geologia estrutural nessa questão. Um mapeamento estrutural sistemático é de suma importância para a área de estudo, refinando os condicionantes e identificando as estruturas extensionais que tem um maior potencial para a ocorrência dos elementos de interesse econômico (vide fluidos hidrotermais).

Como sugestão para próxima etapa, seria necessário a delimitação das áreas de influência das anomalias geoquímicas encontradas e executar um adensamento (*follow-up*) da amostragem para caracterizar melhor o potencial dos elementos nestas áreas e se possível encontrar e definir as fontes.

7. CONCLUSÕES

Conforme já estudado e demonstrado na bibliografia existente da área, o Cráton Luis Alves caracteriza-se por ter sofrido metamorfismo de fácies granulito de idade Arqueana-Paleoproterozoica, seguido por retrometamorfismo de fácies anfibolito ainda no Paleoproterozoico. No Neoproterozoico serviu como um antepaís para o estabelecimento do Cinturão Dom Feliciano, registrando este evento localmente em zonas de cisalhamento e de falha através de um retrometamorfismo para fácies xisto verde.

A Integração Geológica-Geofísica, que consiste do uso da aerogeofísica com dados gamaespectrométricos e magnetométricos integrada com dados de campo e petrografia, foi fundamental para estabelecer uma melhor definição dos limites do Cráton Luis Alves, bem como das unidades litoestratigráficas a ele pertencentes.

A Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha é constituída por piroxenitos, noritos, gabros, leucogabros e hornblenditos, e associado aos litotipos mais ultramáficos ocorrem os magnetititos. Nesta unidade não há a ocorrência de olivina nos piroxenitos, sendo o plagioclásio, junto com ortopiroxênio e clinopiroxênio, o terceiro mineral formador usado para classificação, com muitas amostras sendo classificadas como “piroxenito à plagioclásio”.

Na unidade Paragnaisses Luis Alves enquadram-se os quartzitos, magnetita-quartzitos (B.I.F) e uma amostra de eulisito, rocha de rara ocorrência e composta por ortopiroxênio e granada manganesífera espessartita. A ocorrência de eulisito na área abre nova linha de pesquisa para a interpretação do ambiente geotectônico formador do Cráton Luis Alves. Por ser uma rocha rica em Fe e Mn, implica que muito provavelmente os sedimentos que deram origem as formações ferríferas bandadas e ao eulisito foram depositados em um ambiente de margem passiva, que posteriormente foram subductados e sofreram metamorfismo granulítico. O eulisito na literatura indiana e chinesa pertence a Série Khondalítica, que são paraderivadas de alto grau metamórfico que entre outras características tem alto teor de Fe e Mn e se depositaram em margem passiva.

As duas unidades geológicas representantes dos granulitos félsicos no Domínio Geotectônico Cráton Luis Alves, a unidade Gnaisses Granulíticos Luis Alves em Santa Catarina e a unidade Complexo Serra Negra no Paraná, tem características petrográficas e geoquímicas idênticas, logo podem ser agrupadas e consideradas uma única unidade.

A unidade Gnaisses Granulíticos Luis Alves é composta por rochas que contêm mais de 5% de quartzo e normalmente não têm mais de 30% de minerais máficos, com composições mineralógicas quartzo-dioríticas a tonalíticas, dominando o feldspato plagioclásio e com raras ocorrências de feldspato alcalino.

Os litotipos identificados no grupo dos granulitos félsicos apresentam composições graníticas a dioríticas, com grande predominância de rochas de composição granodioríticas e tonalíticas, com apenas duas amostras no campo dos monzonitos. Apresentam afinidade cálcio-alcálica, característico de magmas de ambientes tectônicos relacionados a zonas de subducção e são parte metaluminosos e parte peraluminosos. Na classificação geotectônica ficaram caracterizados como provenientes de ambiente de colisão, arco vulcânico com subducção, sin-colisionais, concordando com o caráter cálcio-alcálico dos mesmos.

No grupo dos granulitos máficos ocorrem andesi-basaltos/gabro-dioritos, gabros/basaltos, traque-basaltos/monzo-gabros, sienogabros e andesitos/monzodioritos. Exibem parte afinidade cálcio-alcálica e parte afinidade toleítica e são metaluminosos. Na classificação geotectônica também ficaram caracterizadas como rochas sin-colisionais, geradas durante o evento tectono-deformacional, com características de basaltos toleíticos formados em um ambiente tectônico do tipo Arco de Ilhas.

Nos granulitos Barra Velha foram identificadas rochas ultramáficas/picríticas, gabro-noritos/toleíticos e picrobasalto/peridotito, basalto/gabro e basalto andesítico. Exibem afinidade toleítica e são metaluminosas/peraluminosas, indicando que os piroxenitos e hornblenditos apresentam baixas concentrações em álcalis. Na classificação geotectônica mostram afinidade mantélica, no entanto é possível observar uma divisão clara entre as rochas: parte das amostras analisadas caem no campo das rochas básicas/ultrabásicas formadas em Arco de Ilhas e outra parte se posiciona no campo das litologias formadas em Cordilheiras Meso-Oceânicas.

Essa dualidade (arco de ilhas e MORB) expressa a complexidade do ambiente geológico em estudo. Com a integração dos resultados obtidos de campo, petrografia e litogeoquímica, configura-se um cenário onde mais de um ambiente geológico típico atuou. A presença de rochas ultramáficas com afinidade MORB associada com rochas paraderivadas com componentes exalativos (presença

de formações ferríferas bandadas e rochas ricas em Mn) nos remete ao ambiente divergente e de assoalho oceânico. Ao mesmo tempo evidências de subducção e de fusão de crosta nos remete ao ambiente convergente de arco de ilhas, onde se gerou tanto magmas cálcio-alcálicos representados atualmente pelos granulitos félsicos quanto magmas toleíticos, representados atualmente pelos granulitos máficos. E o que se visualiza hoje no Cráton Luis Alves são ambientes geológicos originalmente distantes no espaço e tempo que os processos tectônicos colocaram lado a lado por acreção. O importante de se observar é que há duas gêneses principais para as rochas protólitos do cráton e todas sofreram metamorfismo granulítico.

A integração das associações tectônicas com os recursos minerais demonstrou que as ocorrências de ferro estão inseridas no Cráton Luis Alves, tanto como formações ferríferas bandadas de origem sedimentar ou na forma de magnetitos de origem ígnea correlacionados as rochas máfica-ultramáficas. As ocorrências de ouro principais em que há extração estão correlacionadas com as rochas neoproterozoicas do Cinturão Dom Feliciano, ocorrendo como filões encaixados na bacia de foreland representada pela Bacia do Itajaí. Há ocorrências de ouro relacionadas ao Cráton Luis Alves, mas nestes locais não há exploração. Também é visível que as ocorrências de ouro estão correlacionadas com as estruturas geológicas regionais mais proeminentes, tanto as de superfície no contato da Bacia do Itajaí com o Cráton Luis Alves, quanto com os lineamentos magnéticos de 1ª ordem que limitam os grandes blocos estruturais à nível de crosta.

O magnetito demonstrou potencial para Au, mas sua ocorrência até o momento é restrita e seriam necessários estudos de detalhe com mapeamento geológico e magnetometria terrestre, por exemplo, para achar novas ocorrências.

Há duas gêneses de minério de ferro na região, uma de origem sedimentar representada pelas formações ferríferas bandadas que são magnetita quartzitos e hiperstênio-magnetita quartzitos; outra de origem ígnea representada pelos magnetitos, os quais são compostos por magnetita, olivina, cromita e pirrotita.

Comparativamente com outras áreas onde ocorre exploração de ferro, como o Quadrilátero Ferrífero e Carajás, o Cráton Luis Alves tem um potencial baixo e atualmente não é viável economicamente. No entanto, é uma área com ocorrência mineral de acesso fácil, com boa infraestrutura viária na região e perto de zona portuária, podendo ser explorado no futuro dependendo do contexto econômico.

Quanto ao estudo geoestatístico efetuado em sedimentos de corrente, a estatística mostra que, para todos os elementos, a distribuição dos dados não é homogênea, existe uma variabilidade significativa do teor de elementos químicos em cada amostra que pode ser observado pelos altos desvios-padrão e coeficientes de variação. Os elementos estão tendo um forte condicionamento estrutural, mais do que litológico, e o Domo de Pomerode e os lineamentos magnéticos de 1ª ordem se mostraram importantes feições da geologia estrutural nessa questão.

8. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L. F. F. de et al. **Geologia das Quadrículas de Blumenau e Joinville, Santa Catarina**. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 1971. 121p.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozoicas da região meridional da plataforma sul-americana. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.13, n.3, p.139-158, 1983.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Contribuição à geomorfologia da região oriental de Santa Catarina. **Anais [da] Associação de Geógrafos Brasileiros**, São Paulo, v.2, n.1, p.10-38, 1948.
- ARIOLI, E. E.; FALCADE, D. **Projeto Ferro**: relatório final da 1ª fase. Curitiba: MINEROPAR, 1980. 60p.
- ASSINE, M. L. Fácies, icnofósseis, paleocorrentes e sistemas deposicionais da Formação Furnas no flanco sudeste da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.29, n.3, p.357-370, 1999.
- BARBOSA, O. Reservas de minério de ferro em Santa Catarina. **Mineração e Metalurgia**, São Paulo, v. 5, n. 25, p.21-24. 1940.
- BARKER, F. Trondhjemite; definition, environment and hypotheses of origin. In _____. (Ed.), **Trondhjemites, dacites and related rocks**. Amsterdam: Elsevier, 1979. p. 1-12. (Developments in Petrology, v. 6)
- BARTORELLI, A.; MINIOLI, B.; KAWASHITA, K. Nota preliminar sobre rochas ultrabásicas de Itajubá - Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22., 1968, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1968. p.243-246.
- BASEI, M. A. S. et al. "A" Type rift-related granite and the lower Cryogenian age for the beginning of the Brusque belt basin, Dom Feliciano Belt, Southern Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 6., 2008, Bariloche, Argentina. **Proceedings...** Bariloche, 2008. v. 1, p. 128.
- BASEI, M. A. S. et al. Estratigrafia, idade e proveniência dos sedimentos da Bacia do Itajaí, SC, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44, 26-31 out. 2008, Curitiba. **Anais**: O Planeta Terra em nossas mãos. Curitiba: SBG, Núcleo Paraná, 2008. p.14.
- BASEI, M. A. S. et al. Evolução tectônica do Maciço de Joinville (PR-SC). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3., 1991, Rio Claro. **Boletim de Resumos...** Rio Claro: SBG, 1991. p.132-133.
- BASEI, M. A. S. et al. Evolução tectônica dos terrenos entre os Cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.22, n.2, p.216-221, 1992.
- BASEI, M. A. S. et al. Geochronological map of Precambrian terrains of Paraná and Santa Catarina States, southern Brazil: tectonic implications. In: SOUTH-AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 9, 1997, Campos do Jordão, SP. **Extended Abstracts...** São Paulo: CPGeo/USP, 1997. p.44-46.
- BASEI, M. A. S. et al. Polycyclic evolution of the Camboriu Complex, northeastern Santa Catarina State, South Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 7., 2010, Brasília. Brasília. **Anais...** Brasília: s.n., 2010. p.614-616.
- BASEI, M. A. S. et al. The Dom Feliciano Belt of Brazil and Uruguay and its Foreland domain, the Rio de La Plata Cráton: Framework, tectonic evolution and correlation with similar provinces of southwestern África. In: CORDANI, U. G., MILANI, E. J., CAMPOS, D. A. (Eds.) **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31 International Geological Congress, 2000. p.311-334.
- BASEI, M. A. S. et al. The evolution and tectonic setting of the Luis Alves microplate of southern Brazil: an exotic terrane during the assembly of western Gondwana. In: GLAUCHER, C.; SIAL, A.; HAVERSON, G. **Neoproterozoic-Cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: a focus on South Western Gondwana**. Amsterdam: Elsevier, 2010. p. 273-291. (Developments in Precambrian geology, n. 16)
- BASEI, M. A. S. **O cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina**. São Paulo, 1985. 182 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.
- BASEI, M. A. S.; KAWASHITA, K.; SIGA Jr., O. Idade, características litoestratigráficas e estruturais do Grupo Itajaí, Santa Catarina. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBG. v.1, p.93-106, 1987.
- BASEI, M. A. S.; MACREATH, L.; SIGA JÚNIOR, O. The Santa Catarina Granulite Complex of Southern Brazil: a review. **Gondwana Research**, v.1, n.3/4, p.383-391, 1998.
- BASEI, M. A. S.; TEIXEIRA, W. Geocronologia do Pré-Cambriano/ Eopaleozoico de Santa Catarina. In: SILVA, L. C. da; BORTOLUZZI, C. A. (Eds.). **Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina, escala 1:500.000**. Florianópolis: DNPM/Secr. Ciênc., Tecnol., Minas e Energia, 1987, p.91-129 (Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina, 2)
- BATCHELOR, R. A.; BOWDEN, P. Petrogenetic interpretation of granitic rock series using multicationic parameters. **Chemical Geology**, v.48, p.43-55, 1985.

- BEST, M. G. **Igneous and metamorphic petrology**. 2. ed. Malden: Blackwell, 2009. 729 p.
- BIONDI, J. C. Geologia e gênese dos depósitos de caulim Floresta e Cambuí (formação Campo Alegre, SC): 2 - petroquímica e modelo genético. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 29, n. 2, p.151-156, 1999.
- BIONDI, J. C. Geologia e petrologia da mina de ouro Schramm, Gaspar. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 287-298, 2001.
- BIONDI, J. C.; FURTADO, L. I. Geologia e gênese dos depósitos de caulim Floresta e Cambuí (formação Campo Alegre, SC): 1 - faciologia e mineralogia das rochas e minérios. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 29, n. 2, p.141-150, 1999.
- BORBA, C.; LOPES, O. F. O Grupo Brusque e seu embasamento na região de Itapema, SC. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., Florianópolis, 1985. **Anais...** Florianópolis: SBG, 1983 . p. 24-31.
- BORTOLUZZI, C. A. Esboço Geomorfológico de Santa Catarina. In: SILVA, L. C. da; BORTOLUZZI, C. A. (Ed.). **Texto explicativo para o mapa geológico do estado de Santa Catarina, escala 1:500.000**. Florianópolis: DNPM/Secr. Ciênc., Tecnol., Minas e Energia, 1987. p.205-217 (Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina, 2).
- BOYNTON, W. V. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: HENDERSON, P. (Ed.) **Rare Earth Element Geochemistry**. Amsterdam: Elsevier, 1984. p.63-114.
- CALDASSO, A. L. da S. et al. **Botuverá, folha SG.22-Z-D-I-2**: estado de Santa Catarina: escala 1: 50.000. Brasília: CPRM/DNPM, 1995. 303 p. 2 mapas. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- CALDASSO, A. L. da S. et al. **Brusque, folha SG.22-Z-D-II-1**: estado de Santa Catarina. Brasília: CPRM, 1995. 272 p. il,2 mapas. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- CARNEIRO, C. D. R.; COIMBRA, A. M.; THOMAZ F°, A. Esboço da diferenciação tectônica do Pré-Cambriano Superior no sul-sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Resumo das Comunicações...** Porto Alegre: SBG, 1974. v.1 p. 698-700.
- CARRANZA, E. J. M. Analysis and mapping of geochemical anomalies using logratio- transformed stream sediment data with censored values. **Journal of Geochemical Exploration**, v.110, p.167-185, 2001.
- CARRANZA, E. J. M. Geochemical Anomaly and Mineral Prospectivity Mapping in GIS. Amsterdam: Elsevier, 2009. (Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry)
- CARVALHO, P. F. de; PINTO, E. A. **Reconhecimento geológico no estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: DNPM, 1938. 30 p. (Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, 92).
- CASTRO, J. C. de. Estratigrafia de seqüências das Formações Campo Mourão (parte Superior) e Taciba, Grupo Itararé, leste da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 29, n. 2, p.256-260, 1999.
- CENKI, B.; BRAUN, I.; BRÖCKER, M. Evolution of the continental crust in the Kerala Khondalite Belt, southernmost India: evidence from Nd isotope mapping, U–Pb and Rb–Sr geochronology. **Precambrian Research**, v. 134, p.275-292, 2004.
- CHEMALE JÚNIOR, F.; HARTMANN, L. A.; SILVA, L. C. da. Stratigraphy and Tectonism of Precambrian to Early Paleozoic Units. XVIII **Acta Geológica Leopoldensia**, São Leopoldo, RS, v. 18, n.42, p.5-117, 1995.
- CITRONI, S. B. **Bacia de Campo Alegre, SC**: aspectos petrológicos, estratigráficos e caracterização geotectônica. 1998. 185 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- CITRONI, S. B. et al. Volcanism and Stratigraphy of the Neoproterozoic Campo Alegre Basin, SC, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.73, n.4, p.581-597, 2001.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS PRODUÇÃO MINERAL. **Projeto Serra do Mar Sul**: levantamento aeromagnetométrico e aerogamaespectrométrico da Serra do Mar entre Santa Catarina e Paraná; fase de aquisição de dados. Rio de Janeiro: GEOFOTO, 1978.
- CORDANI, U. G. Comentários sobre as determinações geocronológicas disponíveis nas folhas Assunción e Curitiba. In: MONACO, O. A.; ZIR FILHO, J. A.; VALENTINI, N. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**: Folha Asunción - SG-21 e Folha Curitiba - SG-22. Brasília: DNPM, 1974. p.58-72.
- CORDANI, U. G. et al. Crustal Evolution of the Soth American Platform. In : CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; CAMPOS, D. A. (Eds.) **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31 International Geological Congress, 2000. p.19-40.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: sistema de informações geográficas-SIG. Folha SG.21 Asunción e SG.22 Curitiba. [Geological Map of Brazil 1:1.000.000 scale: geographic information system-GIS]. Brasília: CPRM, 2004. CD 38/41. 41 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil.
- CURY, L. F. **Geologia do Terreno Paranaguá**. 2009. 187 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Universidade de São Paulo Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- CURY, L. F. et al. Contexto geológico do Domínio Paranaguá – Sudeste de São Paulo, Leste do Paraná

- e Nordeste de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44. 2008, Curitiba. **Anais: o planeta Terra em nossas mãos**. Curitiba: SBG, 2008. p.9.
- DAEMON, R. F.; QUADROS, L. P. Bioestratigrafia do Neopaleozoico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., 1970, Brasília. **Anais...** Brasília: SBG, 1970. p.355-412.
- DAITX, E. C. **Projeto geoquímica na área de Guaratubinha-Pien**. São Paulo: DNPM/ CPRM, 1980. 6 v.
- DAVIS, J. C. **Statistical and data analysis in geology**. 2. ed. New York: John Willey & Sons, 1986.
- DE LA ROCHE, H. et al. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2- diagram and major element analyses - its relationships with current nomenclature. **Chemical Geology**, v.29, p. 183-210, 1980.
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **Minerais constituintes das rochas: uma introdução**. 3.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2008.
- DRUKAS, C. O.; BASEI, M. A. S.; RAPOSO, M. I. B. Estratigrafia, Geoquímica e Proveniência dos sedimentos da Bacia do Itajaí. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 17., 2009, São Paulo. **Boletim de Resumos**. São Paulo:USP, 2009 Disponível em:<<http://www.usp.br/siicusp/Resumos/17Siicusp/indexEN.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2010.
- DUTRA, E. B. **Reconhecimento topográfico e geológico no estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: DNPM, 1926. p.31-56 (Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, 21).
- EBERT, H. O Grupo Guaratubinha ao Norte do Estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBG, 1971. v. 1. p. 147-166.
- FETTES, D.; DESMONS, J. **Metamorphic rocks: a classification and glossary of terms**. Cambridge: University Press, 2007.
- FIGUEIREDO, M. C. H. et al. O Complexo Granulítico de Santa Catarina: um arco insular Arqueano? **Boletim IG-USP**, Publicação Especial n.9, p. 35-39, 1991.
- FILZMOSER P.; HRON K.; REIMANN C. Univariate statistical analysis of environmental (compositional) data: Problems and possibilities. **Science of the Total Environment**, v.407, p.6100-6108, 2009.
- FORNARI, A. **Geologia e metalogênese da porção meridional do Cráton Luis Alves-SC**. 1998. 136f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências da Universidade de Campinas, Campinas, 1998.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S. O Cráton Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Balneário Camboriú, SC:SBG, 1980. v. 5, p.2879-2892.
- FRANÇA, A. B., POTTER, P. E. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (parte 1). **Boletim de Geociências da Petrobras**, v.2, p.147-191, 1988.
- FREITAS, S. R. **Relatório final de Pesquisa, Processo DNPM nº: 815.192/2009**. Curitiba, PR: s.n. 2015. (Inédito)
- FROST, B. R. et al. Origin of the charnockites of the Louis Lake Batholith Wind River Range, Wyoming. **Journal of Petrology**, v.41, p.1759-1776, 2000.
- FUCK, R.A.; MARINI, O. J.; TREIN, E. A formação Guaratubinha. In: BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; PINTO, V.M; (Ed.). Geologia do pré-devoniano e intrusivas subsequentes da porção oriental do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 23/25, p. 235-237, 1967.
- FÚLFARO, V. J.; GAMA Jr, E; SOARES, P. C. **Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná**. São Paulo: Paulipetro, 1980. 1 v. (Relatório interno)
- FYFE, W. S.; LEONARDOS JR., O. H. Ancient Metamorphic migmatite belts of the Brazilian Atlantic Coast, The African Connection. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 4, n.4, p.247-251, 1974.
- GAMA Jr, E.; BANDEIRA Jr, A. N.; FRANÇA, A. B. Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozoicas na parte central da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.12, n. 4, p.578-589, 1982.
- GILL, R. **Igneous rocks and processes: a practical guide**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010.
- GIRARDI, V. A. V. et al. Geocronologia do complexo básico-ultrabásico pré-Brasiliano de Piên, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBG, 1974. v.6, p.245-251.
- GIRARDI, V. A. V. Geologia e petrologia do complexo básico-ultrabásico de Pien, PR. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.6, n.2, p.109-124, 1976.
- GIRARDI, V. A. V. **Petrologia do complexo básico-ultrabásico de Pien, PR**. 1974. 146f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1974.
- GIRARDI, V. A. V.; ULBRICH, H. H. J. Origin and evolution of the Pien Mafic-ultramafic Complex, Southern Brazil. **Journal of Geology**, v.88, n.3, p.251-269, 1980.
- GOMES Jr, F. C. Geologia da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1966, Goiânia. **Resumos e Breves Comunicações...** Goiânia: SBG, 1986. p. 71.
- GONÇALVES, M. L.; CARVALHO, R. J. de. O novo mapa geológico do nordeste de Santa Catarina, Brasil. In:

- CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGÍA, 11, Montevideo, 2001; CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGÍA, 3, Montevideo, 2001. **Actas...** Montevideo: ANCAP/DINAMIGE, 2001. 1 CD ROM. (CD – art. 079).
- GORDON Jr., M. **Classificação das Formações Gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: DNPM, 1947. 20 p. (Notas Preliminares e Estudos, n. 38)
- GREEN, J. Geochemical table of the elements for 1959. **Geol. Soc. Am. Bull.**, v. 70, p.1127-1184, 1959.
- GRUNSKY, E. C. The interpretation of geochemical survey data. **Geochemistry Exploration and Environmental Analysis**, v. 10, p. 27-74, 2010.
- GUADAGNIN, F. **Idade de deposição e proveniência das rochas sedimentares da Bacia do Itajaí**. 2007. 119 f. Porto Alegre: Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- GUALDA, G. A. R.; VLACH, S. R. F. The Serra da Graciosa A-type Granites and Syenites, southern Brazil: part 1, regional setting and geological characterization. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 79, n. 3, p.405-430, 2007.
- HALLINAN, S. E. et al. Estrutura do Escudo Sul-Brasileiro: uma revisão através de dados gravimétricos e magnetométricos. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 23, n.3, p.201-214, 1993.
- HARARA, O. M. M. **Mapeamento e investigação petrológica e geocronológica dos litotipos da região do Alto Rio Negro (PR-SC): um exemplo de sucessivas e distintas atividades magmáticas durante o Neoproterozoico III**. 2001. 206 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.
- HARARA, O. M.M. **Análise estrutural, petrológica e geocronológica dos litotipos da região de Piên (PR) e adjacências**. 1996. 196 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- HARARA, O. M.M. et al. Dating high-grade metamorphism by U-PB, Sm-Nd and K-Ar isotopic systems: paleoproterozoic i-type granulites from the northern border of the Luis Alves gneiss-granulite terrane, southern Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 4., 2003, Salvador. **Short Papers...** Salvador, 2003. v. 1. p.568-571.
- HARRIS, N. B. W.; PEARCE, J. A.; TINDLE, A. G. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. In: COWARD, M. P.; RIES, A. C. (Ed.) **Collision Tectonics**. London: Geological Society London, 1986. p.67-81. (Geological Society London Special Publication, 19)
- HARTMANN, L. A. et al. Ion Microprobe (SHRIMP) Dates Complex Granulite from Santa Catarina, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.72, n.4, p. 559-572, 2000.
- HARTMANN, L. A. Geoquímica de Terras Raras e geotermobarometria de granulitos de Dom Pedrito e Luís Alves, no extremo sul do Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, v.2, p.1-14, 1988.
- HARTMANN, L. A. Ocorrência de granulitos em Luiz Alves, SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., 1976, Ouro Preto. **Boletim de Resumos...** Belo Horizonte: SBG, 1976. p.321.
- HARTMANN, L. A. **Petrogênese dos granulitos e ultramafitos de Luís Alves, SC**. 1981. 104f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1981.
- HARTMANN, L. A.; SILVA, L. C. da; ORLANDI F°, V. O Complexo Granulítico de Santa Catarina: descrição e implicações genéticas. **Acta Geológica Leopoldensia, São Leopoldo**, v.6, p.93-112, 1979.
- HARTMANN, L. A.; SIMAS, M. W. Geoquímica de um sienito potássico de fácies granulito próximo a Barra Velha, SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. **Boletim de Resumos...** São Paulo: SBG, 1992. v.1, p.402.
- HASUY, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; COIMBRA, A. M. The Ribeira Folded Belt. **Revista Brasileira de Geociências, São Paulo**, v.5, n.4, p.257-266, 1975.
- HEDENQUIST, J. W. et al. **Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration**. Tokyo: Society of Resource Geology, 1996. 16 p. (Special Publication of the Society of Resource Geology of Japan)
- HEILBRON, M. et al. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B. de (Org.) **Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 203-235.
- HENDERSON, P. (Ed.). **Rare earth element geochemistry**. Amsterdam: Elsevier, 1984. (Developments in Geochemistry, 2).
- IGLESIAS, C. M. F. et al. **Geologia e recursos minerais da Folha Joinville - SH. 22-Z-B**, Escala 1:250.000, estado de Santa Catarina. Porto Alegre: CPRM, 2011.
- IRVINE, T. M.; BARAGAR, W. R. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. **Canadian Journal of Earth Sciences**, v.8, p. 523-548, 1971.
- JANOUSĚK, V.; FARROW, C. M.; ERBAN, V. GCDkit: new PC software for interpretation of whole-rock geochemical data from igneous rocks. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.67, p. A186, 2003. (Abstracts of the Goldschmidt Conference, Kurashiki, Japan)
- JANOUSĚK, V.; FARROW, C. M.; ERBAN, V. Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data

- Toolkit (GCDkit). **Journal of Petrology**, p. 47, n.6, p.:1255-1259, 2006.
- KAUL, P. F. T. et al. **Suíte Intrusiva Serra do Mar. Florianópolis: Projeto RADAMBRASIL, 1982. 18 p.** (Relatório interno)
- KAUL, P. F. T. O Cráton de Luís Alves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Balneário de Camboriú. **Anais...** Camboriú: SBG, 1980. v.5. p.2677-2683.
- KAUL, P. F. T. **O magmatismo na Serra do Mar e adjacências, sul do Brasil, no final do proterozoico e seus condicionantes tectônicos.** São Paulo, 1997. 291 f. Tese (Doutorado em Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- KAUL, P. F. T. Significado dos granitos anorogênicos da Suíte Intrusiva Serra do Mar na evolução da crosta do sul-sudeste do Brasil, no âmbito das Folhas SG-22 - Curitiba e SG-23 - Iguape. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1984. v.6, p.2815-2825.
- KAUL, P. F. T.; CORDANI, U. G. Geochemistry of the Serra do Mar Granitoid Magmatism and Tectonic Implications, Southern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.30, n.1, p.115-119, 2000.
- KAUL, P. F. T.; TEIXEIRA, W. Archean and Early Proterozoic Complexes of Santa Catarina, Paraná and São Paulo States, South-eastern Brasil: an outline of their geologic evolution. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.12, n.1-3, p.172-182, 1982.
- KAUL, P. F. T. Pré-Cambriano e Eo-Paleozoico do Nordeste de Santa Catarina e Leste do Paraná: reavaliação de dados e correlações com a África. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. **Atas...** Rio Claro: SBG, 1979. v.1, p. 1-15.
- KNIE, J. L. W. (Coord.) **Atlas ambiental da região de Joinville: complexo hídrico da Baía de Babitonga.** 2.ed. Florianópolis: FATMA/ GTZ, 2003. 168 p.
- KUNO, H. Differentiation of basalt magmas. In: HESS, H. H.; POLDERVAART, A. A. (Ed.) **Basalts: the poldervaart treatise on rocks of basaltic composition**, 2. New York: Interscience, 1968. p.623-688.
- LAPWORTH, D. J. et al. Geochemical mapping using stream sediments in west-central Nigeria: Implications for environmental studies and mineral exploration in West Africa. **Applied Geochemistry**, v. 27, p.1035-1052, 2012.
- LE BAS, M. J. et al. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. **Journal of Petrology**, v.27, p.745-750, 1986.
- LE BAS, M. J. IUGS Reclassification of the High-Mg and Picritic Volcanic Rocks. **Journal of Petrology** v.41, p.1467-1470, 2000.
- LE MAITRE, R. W. et al. (Ed.) **A classification of igneous rocks and glossary of terms: recommendations** of the International Union of Geological Sciences subcommission on the systematics of igneous rocks. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1989. 193 p.
- LOCZY, L. **Evolução paleogeográfica e geotectônica da Bacia Gondânica do Paraná e do seu embasamento.** Rio de Janeiro: DNPM, 1966. 1 v. (Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, 234)
- LOPES, A. P. **Geologia do Complexo Camboriú (SC).** 2008. 1 v. Tese (Doutorado em Geotectônica) - Instituto de Geociências, University of São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-04122008-142127/pt-br.php>>. Acesso em: 05 abr. 2018.
- LOPES, O. F. O granito sin-tectônico Cubatãozinho: petrogênese e evolução geológica. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBG, 1987. v.2, p.481-490.
- LOPES, O. F. Zoneamento metamórfico da Formação Rio das Cobras do Pré-Cambriano do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBG, 1987. v.1, p.303-312.
- LOPES, O. F.; LIMA, R. E. Nota Preliminar sobre a Geologia da Serra da Prata – PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 6, p. 65-68, 1985.
- LOPES, R. C. et al. **Geologia da Província do Paraná.** Porto Alegre: CPRM, s.d. (Nota explicativa do Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, Escala:1:750.00) (Inédito)
- MAACK, R. Breves Notícias sobre a Geologia dos Estados de Santa Catarina e Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.2, p.65-154, 1947.
- MACHIAVELLI, A.; BASEI, M. A. S.; SIGA Jr., O. Suíte Granítica Rio Piên: Um Arco Magmático do Proterozoico Superior na Microplaca Curitiba. **Geochimica Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 11-129, 1993.
- MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods: a primer.** London: Chapman;Hall, 1986.
- MANTOVANI, M. S. M. et al. Modelo Gravimétrico das Principais Descontinuidades Crustais nos Terrenos Pré-Cambrianos dos Estados do Paraná e de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.19, n.3, p.367-374, 1989.
- MANTOVANI, M. S. M.; HAWKESWORTH, C. J.; BASEI, M. A. S. Nd and Sr isotope studies bearing on the crustal evolution of southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.17, n.3, p.263-268, 1987.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. Excursion Route along the Coastal Plains of the States of Paraná and Santa Catarina. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SEA LEVEL CHANGES AND QUATERNARY SHORELINES, 1986, São Paulo. **Special Publication...** São Paulo: s.n. 124 p.

- MCDONOUGH, W.; SUN, S. S. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, v.120, p.223-253, 1995.
- MESCHÉDE, M. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, v.56, p.207-218, 1986.
- MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; SCHNEIDER, R. L. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências PETROBRAS*, Rio Janeiro, v.8, n.1, p. 69-82, 1994.
- MILANI, E. J.; ZALÁN, P. V. The geology of Paleozoic Cratonic Basins and Mesozoic Interior Rifts of Brazil. In: THE AAPG INTERNATIONAL CONFERENCE & EXHIBITION, 1998, Rio de Janeiro. **Short Course 1...** Rio de Janeiro: AAPG/ABGP, 1998. p.67-90.
- MINEROPAR. **Folha Curitiba**. Curitiba, 2005. Mapa geológico. Escala 1:250.000. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/2_Geral/Geologia/PDF_Mapas_Geo_250000/Curitiba.PDF>. Acesso em: 06 abr. 2018.
- MINIOLI, B. **Aspectos geológicos da região litorânea Piçarras-Barra Velha, SC**. 1972. 104f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1972.
- MÔNACO, O. et al. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Folha Assunção (SG-21) e Folha Curitiba (SG-22)**. Rio de Janeiro: DNPM, 1974. 83 p.
- MOREIRA, M. L. O.; MARIMON, M. P. Ensaio petrográfico e petroquímico das rochas da fácies granulito, Complexo Granulítico de Santa Catarina, Folha SG.22-ZB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Balneário de Camboriú. **Anais...** Balneário de Camboriú: SBG, 1980. v. 4, p. 2119-2133.
- NORTHFLEET, A. A.; MEDEIROS, R. A.; MUHLMANN, H. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobras*, v.12, n. 3, p.291-346, 1969.
- O'CONNOR, J. T. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. *US Geological Survey, Professional Papers*, v. 525- B, p.79-84, 1965.
- OLIVEIRA, E. P. de. Geologia do estado do Paraná. *Boletim do Ministério da Agricultura Indústria e Comércio*, Rio de Janeiro, n.5, p. 67-143, 1916.
- PEARCE, J. A., HARRIS, N. B. W.; TINDLE, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, v.25, p.956–983, 1984.
- PEARCE, T. H.; GORMAN, B. E.; BIRKETT, T. C. The relationship between major element geochemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. *Earth Planetary Science Letters*, v.36, p.121-132, 1977.
- PROJETO Arraial: 1º relatório integrado: substância ouro, Gaspar, SC. Florianópolis: MINEPAR; CPRM, 1985. v.1.
- REIMANN, C. et al. **Statistical data analysis explained**. Chichester, England: John Wiley & Sons, 2008
- REIMANN, C.; FILZMOSER, P.; GARRETT, R. G. Factor analysis applied to regional geochemical data: problems and possibilities. *Appl. Geochem.*, v.17, p.185-206, 2002.
- RIBAS, S. M. **O complexo máfico-ultramáfico de Tijucas do Sul, correlação com o Complexo de Pien, PR e considerações metalogenéticas**. 1993. 1V. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Campinas. Campinas, 1993. 1 CD ROM.
- ROSTIROLLA, S. P. et al. Basin analysis and mineral endowment of the Proterozoic Itajaí Basin, southeast Brazil. *Basin Research*, v.11, p. 127-142, 1999.
- ROSTIROLLA, S. P.; ALKMIM, F. F.; SOARES, F. C. O Grupo Itajaí, SC, Brasil: exemplo de sedimentação de uma bacia flexural de antepaís. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*, Rio de Janeiro, v. 6, n.3/4, p. 123-147, 1992.
- SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral - GAPLAN. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173 p.
- SANTOSH, M. et al. Paleoproterozoic ultrahigh-temperature granulites in the North China Cráton: Implications for tectonic models on extreme crustal metamorphism. *Precambrian Research*, v. 222/223, p.77-106, 2012.
- SCHNEIDER, R. L. et al. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBG, 1974. v.1, p.41-65.
- SCHULZ Jr., A.; ALBUQUERQUE, L. F. F. de. **Geologia da Quadrícula de Rio do Sul, Santa Catarina**. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 1969. 97 p.
- SCHULZ Jr., A.; ALBUQUERQUE, L. F. F. de; RODRIGUEZ, C. S. de. **Geologia da Quadrícula de Florianópolis**, escala 1:250.000. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 1970. 75 p. il.
- SHAND, S. J. **The Eruptive Rocks**. 2.ed. New York: John Wiley. 1943. 444 p.
- SHUKOWSKY, W.; VASCONCELLOS, A. C. B. C.; MANTOVANI, M. S. M. Estruturação dos terrenos Pré-Cambrianos da região sul do Brasil e oeste do Uruguai: um estudo por modelamento gravimétrico. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.9, n.2, p. 275-287, 1991.
- SIAL, A. N.; MENOR, E. de A. **Eulysite and associated mineralization of iron-titanium, Passira District, Pernambuco, Brazil**. Paris: Masson et Cie, 1973. (Extrait Colloque scientifique International Eugène Ragain)
- SIGA Jr. O. **Domínios tectônicos do Sudeste do Paraná e Nordeste de Santa Catarina: geocronologia**

- e evolução crustal. 1995. 212 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1990.
- SIGA Jr. O. et al. Complexo Atuba: Um Cinturão Paleoproterozoico Intensamente Retrabalhado no Neoproterozoico. **Boletim IG-USP, Série Científica**, v.26, p.69-98, 1995.
- SIGA Jr. O.; BASEI, M. A. S.; KAWASHITA, K. Perfil térmico K-Ar através do maciço de Joinville (PR e SC) e do Cinturão Dom Feliciano (SC) – Implicações tectônicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. **Anais...** Natal: SBG, 1990. v.6, p. 2773-2785.
- SIGA JÚNIOR, O. et al. U-Pb and Sm-Nd isotopic studies of Campo Alegre and Guaratubinha volcanosedimentary basins, southern region. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro. **Abstracts...** Rio de Janeiro, 2000. 1 CD ROM.
- SILVA, E. L. e GAMA Jr. E. G. Tratos de fácies, sistemas deposicionais e paleogeografia do Subgrupo Itararé no sul do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador, SBG, 1996. v.1, p.193-195.
- SILVA, L. C. da et al. The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U-Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African systems of orogens. **Precambrian Research**, v. 136. p.203-240, 2005.
- SILVA, L. C. da et al. Análise preliminar do potencial econômico dos terrenos Pré-Cambrianos do nordeste catarinense. In CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1982. v.3, p.738-749.
- SILVA, L. C. da et al. Zircon U-Pb SHRIMP dating of Neoproterozoic overprint in Paleoproterozoic granitic-gneissic terranes, southern Brazil. **American Mineralogist**, v. 85, p.649-667, 2000.
- SILVA, L. C. da. Evolução do Pré-Cambriano catarinense: uma abordagem alternativa. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA 1., 1983, Porto Alegre. **Boletim, Programação, resumos e roteiros das excursões...** Porto Alegre: SBG, 1983. p.43-54.
- SILVA, L. C. da. Geologia do Pré-Cambriano/Eo-Paleozoico de Santa Catarina. In: SILVA, L. C. da; BORTOLUZZI, C. A. (Eds.) **Texto explicativo para o mapa geológico do Estado de Santa Catarina, escala 1:500.000**. Florianópolis: DNPM/Secr. Ciênc. Tecnol. Minas e Energ., 1987. p.11-90. (Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina, 2)
- SILVA, L. C. da. Os terrenos metamórficos de médio e alto grau do Pré-Cambriano de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1984. v. 6. p. 3069-3079.
- SILVA, L. C. da. **Projeto mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais, Folha SG.22.Z-B**, Joinville: relatório final. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 1987. 2 v.
- SILVA, L. C. da.; DIAS, A. de A. Projeto Timbó-Barra Velha. Porto Alegre: DNPM/ CPRM, 1981c. 282 p.
- SILVA, L. C. da; DIAS, A de A. Os segmentos mediano e setentrional do escudo catarinense: I - Geologia. **Acta Geológica Leopoldensia**, v.5, n.10, p. 3-120, 1981a.
- SILVA, L. C. da; DIAS, A. de A. Os segmentos mediano e setentrional do escudo catarinense: II - Organização e evolução geotectônica. **Acta Geológica Leopoldensia**, v.5, n.10,p.121-140, 1981b.
- SOARES, R. M. C. **Petrologia do complexo máfico-ultramáfico de Barra Velha, SC**. 1975. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1975.
- SPEARMAN, C. General intelligence: objectively determined and measured. **The American Journal of Psychology**, v.15, . 2, p. 201-292, apr., 1904.
- TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics**. London: Allyn and Bacon, 2001.
- TAKEDA, F. K. Esboço Geológico de Santa Catarina. In: ATLAS Geográfico de Santa Catarina. Florianópolis: IBGE, 1958. 6 p.
- TAYLOR, S. R. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. **Geochim. Cosmochim. Acta**, v. 28, p.1273-1286, 1964.
- TEIXEIRA, C. A. S. **Relatório de Estágio no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo**. Porto Alegre: DNPM, 1969. 39 p. II. (Inédito)
- TEIXEIRA, W. **Avaliação preliminar do acervo geocronológico das folhas SG.21 - Assunção, SG.22 - Curitiba e SG.23 - Iguape**. Florianópolis: DNPM, 1979. 12 p.
- TILLEY, C. E. Eulysites and related rock types from Loch Duich, Ross-shire. **The Mineralogical Magazine and Journal of the Mineralogical Society**, v.24, n.154, 1936.
- TONIOLO, J.A. **Projeto de Ouro no Vale do Itajaí-Açu**: relatório final de pesquisa. CPRM, Porto Alegre, 1988. 67 f.
- TRAININI, D. R. **Projeto Campo Alegre/ 1974**. Porto Alegre: CPRM/ CNEN, 1974. 70 p.
- VERMA, S. P.; GUEVARA, M.; AGRAWAL, S. Discriminating four tectonic settings: Five new geochemical diagrams for basic and ultrabasic volcanic rocks based on log-ratio transformation of major-element data. **Journal of Earth System Science**, v.115, p. 485-528, 2006.
- VERNON, R.H; CLARKE, G.L **Principles of metamorphic petrology**. New York: Cambridge University Press, 2009. 446 p.
- VESELY, F. F.; ASSINE, M. L. Sequências e tratos de sistemas deposicionais do Grupo Itararé, Norte do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 34, n.2, p.219-230, 2004.

- WAICHEL, B. L. Caracterização Geoquímica das Rochas Vulcânicas da Bacia de Campo Alegre – SC. 1998. 125 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- WAN, Y. et al. The Precambrian Khondalite Belt in the Daqingshan area, North China Cráton: evidence for multiple metamorphic events in the Palaeoproterozoic era. In: REDDY, S. M. et al. (Ed.) Palaeoproterozoic Supercontinents and Global Evolution. Geological Society, London, Special Publications, v. 323, p.73–97. 2009.
- WEDEPOHL, K. H. Handbook of Geochemistry. Berlin: Springer-Verlag, 1978.
- WEDEPOHL, K.H.The composition of the continental crust. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v.59, p.1217-1232, 1995.
- WHITE, I. C. Relatório sobre as coal measurres e rochas associadas do Sul do Brasil. Rio de Janeiro: Com. Est. Min. Carvão de Pedra do Brasil, 1908. parte 1.
- WILSON, I. R.; SANTOS, H. de S.; SANTOS, P. de S. Caulins brasileiros: alguns aspectos da geologia e da mineralogia. *Cerâmica [online]*, v.44, n.287-288, p.118-129, 1998.
- ZALÁN, P. V. et al. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In: SIMPOSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. Atas... Curitiba: SBG, 1987.v.1, p.441-473.
- ZALÁN, P. V. et al. Análise da Bacia do Paraná. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1986. 1 v. (Relatório Interno)
- ZALÁN, P.V. et al. Bacia do Paraná. In: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. (Ed.). Origem e evolução de bacias sedimentares. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1990. p.135-168.
- ZHAO, G. et al. Composite nature of the North China Granulite-Facies Belt: Tectonothermal and geochronological constraints. *Gondwana Research*, v.9, p.337-348, 2006.

LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS

- Nº 01 - Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado - Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 03 - Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul - Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 04 - Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto - Goiás, 1997.
- Nº 05 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Migrantinópolis - Rondônia, 2000.
- Nº 06 - Geologia e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Corumbiara/Chupinguaia - Rondônia, 2000.
- Nº 07 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Serra Azul - Rondônia, 2000.
- Nº 08 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Branco/Alta Floresta - Rondônia, 2000.
- Nº 09 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Luzia - Rondônia, 2000.
- Nº 10 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Nova Brasilândia - Rondônia, 2000.
- Nº 11 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Rio Madeirinha - Mato Grosso, 2000.
- Nº 12 - Síntese Geológica e Prospectiva das Áreas Pedra Preta e Cotingo - Roraima, 2000.
- Nº 13 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Bárbara - Goiás, 2000.
- Nº 14 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Barra da Gameleira - Tocantins, 2000.
- Nº 15 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Córrego Seco - Goiás, 2000.
- Nº 16 - Síntese Geológica e Resultados Prospectivos da Área São Miguel do Guaporé - Rondônia, 2000.
- Nº 17 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cana Brava - Goiás, 2000.
- Nº 18 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cacoal - Rondônia, 2000.
- Nº 19 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Morro do Leme e Morro Sem Boné - Mato Grosso, 2000.
- Nº 20 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Serra dos Pacaás Novos e Rio Cautário - Rondônia, 2000.
- Nº 21 - Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Bacia do Paraná - 2000.
- Nº 22 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Tabuleta - Mato Grosso, 2000.
- Nº 23 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Alegre - Mato Grosso, 2000.
- Nº 24 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Figueira Branca/Indiavaí - Mato Grosso, 2000.
- Nº 25 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar das Áreas Jaburu, Caracará, Alto Tacutu e Amajari - Roraima, 2000.
- Nº 26 - Prospecção Geológica e Geoquímica no Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra da Onça - Pará, 2001.
- Nº 27 - Prospecção Geológica e Geoquímica nos Corpos Máfico-Ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté - Pará, 2001.
- Nº 28 - Aspectos geológicos, Geoquímicos e Metalogenéticos do Magmatismo Básico/Ultrabásico do Estado de Rondônia e Área Adjacente, 2001.
- Nº 29 - Geological, Geochemical and Potentiality Aspects of Ni-Cu-PGE Deposits of the Paraná Basin Magmatism, 2001.
- Nº 30 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Barro Alto – Goiás, 2010.

SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000

- Nº 01 - Área GO-09 Aurilândia/Anicuns - Goiás, 1995.
- Nº 02 - Área RS-01 Lavras do Sul/Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 1995.
- Nº 03 - Área RO-01 Presidente Médici - Rondônia, 1996.
- Nº 04 - Área SP-01 Vale do Ribeira - São Paulo, 1996.

- Nº 05 - Área PA-15 Inajá - Pará, 1996.
- Nº 06 - Área GO-05 Luziânia - Goiás, 1997.
- Nº 07 - Área PA-01 Paru - Pará, 1997.
- Nº 08 - Área AP-05 Serra do Navio/Cupixi - Amapá, 1997.
- Nº 09 - Área BA-15 Cariparé - Bahia, 1997.
- Nº 10 - Área GO-01 Crixás/Pilar - Goiás, 1997.
- Nº 11 - Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa - Goiás, 1997.
- Nº 12 - Área GO-03 Niquelândia - Goiás, 1997.
- Nº 13 - Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.
- Nº 14 - Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.
- Nº 15 - Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.
- Nº 16 - Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça - Rondônia, 1997.
- Nº 17 - Área RO-06 Guaporé/Madeira - Rondônia, 1997.
- Nº 18 - Área RO-07 Rio Madeira - Rondônia, 1997.
- Nº 19 - Área RR-01 Uraricaá - Roraima, 1997.
- Nº 20 - Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.
- Nº 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.
- Nº 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.
- Nº 23 - Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.
- Nº 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.
- Nº 25 - Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.
- Nº 26 - Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.
- Nº 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.
- Nº 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.
- Nº 29 - Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.
- Nº 30 - Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.
- Nº 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.
- Nº 32 - Área AP-02 Tartarugalzinho - Amapá, 1997.
- Nº 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.
- Nº 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.
- Nº 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.
- Nº 36 - Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.
- Nº 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.
- Nº 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.
- Nº 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.
- Nº 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.
- Nº 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.
- Nº 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.
- Nº 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.
- Nº 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.
- Nº 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.
- Nº 46 - Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.
- Nº 47 - Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.
- Nº 48 - Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.
- Nº 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.
- Nº 50 - Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.
- Nº 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.
- Nº 52 - Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.
- Nº 53 - Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.

- Nº 54 - Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.
- Nº 55 - Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.
- Nº 56 - Área RR-03 Uraricoera - Roraima, 1998.
- Nº 57 - Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.
- Nº 58 - Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.
- Nº 59 - Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.
- Nº 60 - Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.
- Nº 61 - Área PR-01 Curitiba/Morretes - Paraná, 1998.
- Nº 62 - Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.
- Nº 63 - Área PA-12 Rio Fresco - Pará, 1998.
- Nº 64 - Área PA-13 Madalena - Pará, 1998.
- Nº 65 - Área AM-01 Parauari - Amazonas/Pará, 1999.
- Nº 66 - Área BA-01 Itapicuru Norte - Bahia, 1999.
- Nº 67 - Área RR-04 Quino Maú - Roraima, 1999.
- Nº 68 - Área RR-05 Apiaú - Roraima, 1999.
- Nº 69 - Área AM 05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.
- Nº 70 - Área MT-07 Araés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.
- Nº 71 - Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.
- Nº 72 - Área RR-02 Mucajaí - Roraima, 2000.
- Nº 73 - Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.
- Nº 74 - Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.
- Nº 75 - Área MG-04 Serro - Minas Gerais, 2000.
- Nº 76 - Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.
- Nº 77 - Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.
- Nº 78 - Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.
- Nº 79 - Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.
- Nº 80 - Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.
- Nº 81 - Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000
- Nº 82 - Área BA-13 Gentio do Ouro - Bahia, 2000.
- Nº 83 - Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.
- Nº 84 - Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.
- Nº 85 - Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS

- Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.
- Nº 03 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.
- Nº 04 - Gold Prospecting National Program - Subject and Methodology, 1998.
- Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas – Municípios de Manaíra e Princesa Isabel - Paraíba, 1998.
- Nº 06 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 2000.
- Nº 07 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Minas do Camaquã - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 08 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Ibaré Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 2000.

- Nº 10 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Salsinho - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 11 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Marmeleiro - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 12 - Map of Gold Production and Reserves of Brazil (1:7.000.000 Scale), 2000
- Nº 13 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Ivo - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 15 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Batovi – Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 16 - Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso – Goiânia, 2008.
- Nº 17 - Metalogenia do Distrito Aurífero do Rio Juma, Nova Aripuanã, Manaus, 2010.

SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA

- Nº 01 - Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.
- Nº 02 - Fosfato da Serra da Bodoquena - Mato Grosso do Sul, 2000.
- Nº 03 - Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, 2000.
- Nº 04 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 05 - Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 06 - Síntese das Necessidades de Calcário para os Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 07 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.
- Nº 08 - Mapas de Insumos Minerais para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.
- Nº 09 - Mapa-Síntese de Jazimentos Minerais Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 10 - Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.
- Nº 11 - Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Minerais para Agricultura no Estado da Bahia, 2001.
- Nº 12 - Avaliação de Rochas Calcárias e Fosfatadas para Insumos Agrícolas do Estado de Mato Grosso, 2008.
- Nº 13 - Projeto Fosfato Brasil – Parte I, Salvador, 2011.
- Nº 14 - Projeto Fosfato Brasil – Estado de Mato Grosso – Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.
- Nº 15 - Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) – Goiânia, 2012.
- Nº 16 – Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.
- Nº 17 – Projeto Fosfato Brasil – Parte II, Salvador, 2016.
- Nº 18 – Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.
- Nº 19 – Projeto Fosfato Brasil – Parte III - Bacia dos Parecis, Manaus, 2017.
- Nº 20 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Bacia Sergipe-Alagoas, Sub-bacia Sergipe, Recife, 2017.
- Nº 21 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Área Brusque, Salvador, 2017.

Nº 22 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Salvador, 2017.

SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS

Nº 01 - Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.

Nº 02 - Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí - Rio Grande do Sul, 1998

Nº 03 - Mapa Gemológico da Região de Ametista do Sul - Rio Grande do Sul, 1998.

Nº 04 - Recursos Gemológicos dos Estados do Piauí e Maranhão, 1998.

Nº 05 - Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.

Nº 06 - Mapa Gemológico do Estado de Santa Catarina, 2000.

Nº 07 - Aspectos da Geologia dos Pólos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso – O Fórum de Juína – Projeto Diamante, Goiânia, 2010.

Nº 08 - Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II – Estado do Piauí, Teresina, 2015.

Nº 09 - Aluviões Diamantíferos da Foz dos Rios Jequitinhonha e Pardo - Fase I – Estado da Bahia, Salvador, 2015.

SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS – EXAME ATUALIZADO DE PROJETO

Nº 01 - Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 2000.

Nº 02 - Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 2000.

Nº 03 - Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 2000.

Nº 04 - Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.

Nº 05 - Chumbo de Nova Redenção - Estado da Bahia, 2001.

Nº 06 - Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.

Nº 08 - Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 2000.

Nº 09 - Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 2001.

Nº 10 - Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis - Estado de Tocantins, 2000.

Nº 11 - Fosfato de Miriri - Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.

Nº 12 - Turfa da Região de Itapuã - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.

Nº 13 - Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.

Nº 14 - Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.

Nº 15 - Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.

Nº 16 - Diamante do Rio Maú - Estado da Roraima, 1997.

Nº 18 - Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.

Nº 19 - Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 2001.

Nº 21 - Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.

Nº 22 - Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 2000.

Nº 23 - Kaolin Exploration in the Capim River Region - State of Pará - Executive Summary, 2000.

Nº 24 - Turfa de São José dos Campos - Estado de São Paulo, 2002.

Nº 25 - Lead in Nova Redenção - Bahia State, Brazil, 2001.

SÉRIE DIVERSOS

Nº 01 - Informe de Recursos Minerais - Diretrizes e Especificações - Rio de Janeiro, 1997.

Nº 02 - Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.

Nº 03 - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco - Escala 1:250.000 - Recife, 2000.

Nº 04 - Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências - Salvador, 2001.

SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS

Nº 01 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Leste do Ceará – Recife, 2007.

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Nº 01 – Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) – Manaus, 2007.

Nº 02 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador – Salvador, 2008.

Nº 03 – Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas – Manaus, 2008.

Nº 04 – Projeto Rochas Ornamentais de Roraima – Manaus, 2009.

Nº 05 – Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno – Porto Velho, 2010.

Nº 06 – Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia – Goiânia, 2010.

Nº 07 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju – Salvador, 2011.

Nº 08 – Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo – Rio de Janeiro, 2012.

Nº 09 – Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife – Recife, 2012.

Nº 10 – Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho – Porto Velho, 2013.

Nº 11 – Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo, 2014.

Nº 12 – Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal – Recife, 2015.

Nº 13 – Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana – Salvador, 2015.

Nº 14 – Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás – Belém, 2015.

Nº 15 – Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia – Porto Velho, 2015

Nº 16 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia – Goiânia, 2015

Nº 17 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre – Porto Alegre, 2016

Nº 18 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza – Fortaleza, 2016

Nº 19 – Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis – Porto Alegre, 2016

Nº 20 – Projeto materiais de construção da região de Macapá - Estado do Amapá – Belém, 2016.

Nº 21 – Projeto Materiais De Construção da Região Metropolitana de Curitiba - Estado do Paraná, 2016.

Nº 22 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno - Estado do Maranhão, 2017.

SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS

Nº 01 – Projeto BANE0 – Bacia do Camaquã – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2008

Nº 02 – Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG – Rio de Janeiro, 2014.

Nº 03 – Projeto BANE0 – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá – Metalogenia das Bacias Neoproterozoico-eopaleozoicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2015

SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL

- Nº 01 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - ARIM, Brasília, 2015
- Nº 02 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015
- Nº 03 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste do Tapajós, Estado do Pará, Brasília, 2015.
- Nº 04 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Província Aurífera Juruena-Teles Pires-Aripuanã – Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha Porto Escondido – SC.21-V-C-III, Brasília, 2015.
- Nº 05 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Distrito Zincífero de Vazante – MG, Brasília, 2015.
- Nº 06 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Rochas Alcalinas da Porção Meridional do Cinturão Ribeira. Estados de São Paulo e Paraná, Brasília, 2015.
- Nº 07 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste de Rondônia, Brasília, 2016.
- Nº 08 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), Brasília, 2016.
- Nº 09 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Porção sul da Bacia do Paraná, RS, 2017
- Nº 10 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Eldorado do Juma, Estado do Amazonas, AM, 2017
- Nº 11 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Cinturão Gurupi, Estados do Pará e Maranhão, Brasília, 2017.
- Nº 12 – Áreas de relevante interesse mineral: Reserva Nacional do Cobre e Associados, Estados do Pará e Amapá, Belém, 2017.
- Nº 13 – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Vale do Ribeira: Mineralizações Polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au – “Tipo Pannels”) em zonas de cisalhamento Rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, São Paulo, 2017.
- Nº 14 – Área de Relevante Interesse Mineral - ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), MG, 2018
- Nº 15 – Área de Relevante Interesse Mineral Integração Geológica-Geofísica e Recursos Minerais do Cráton Luis Alves, RS, 2018.

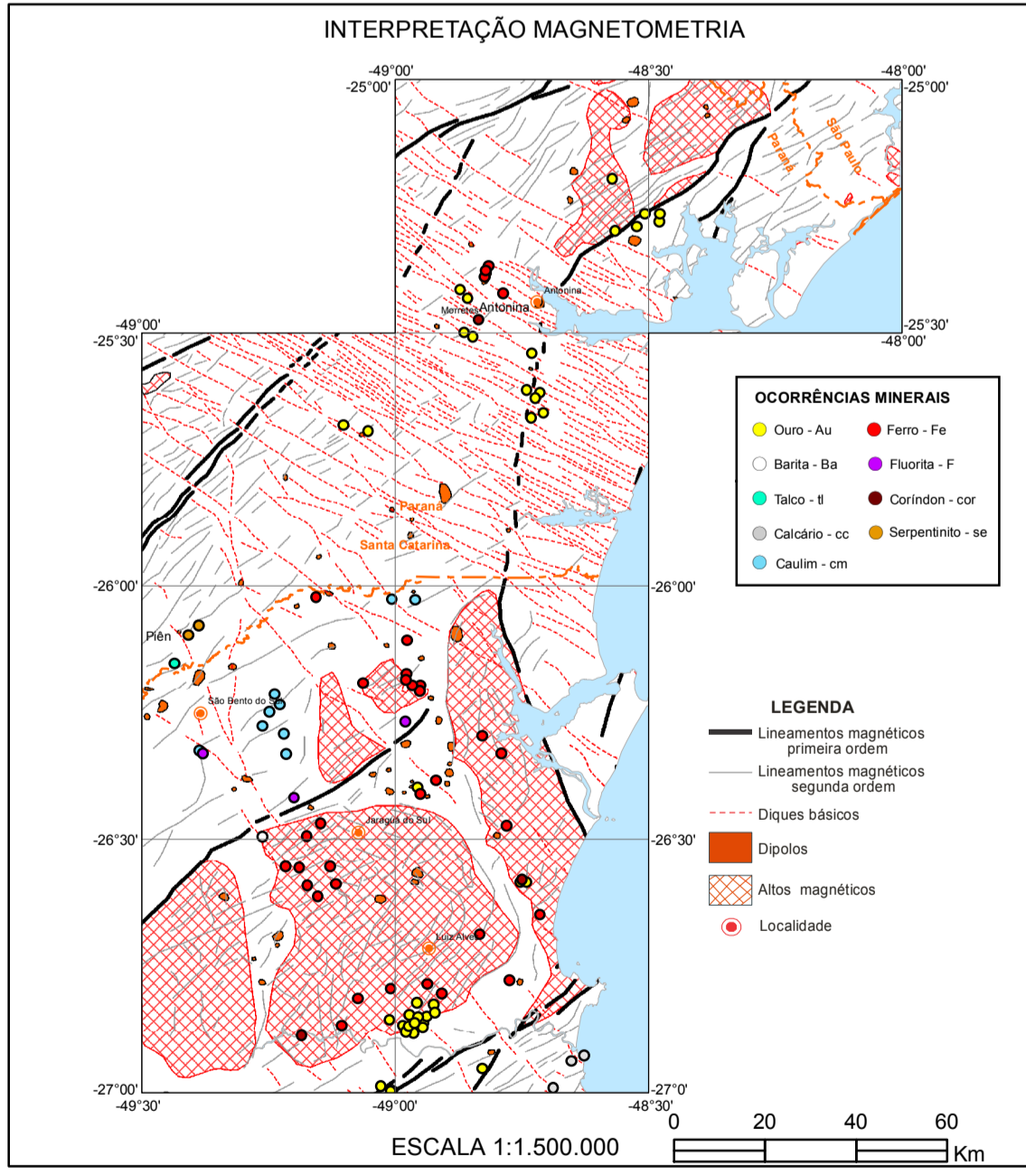
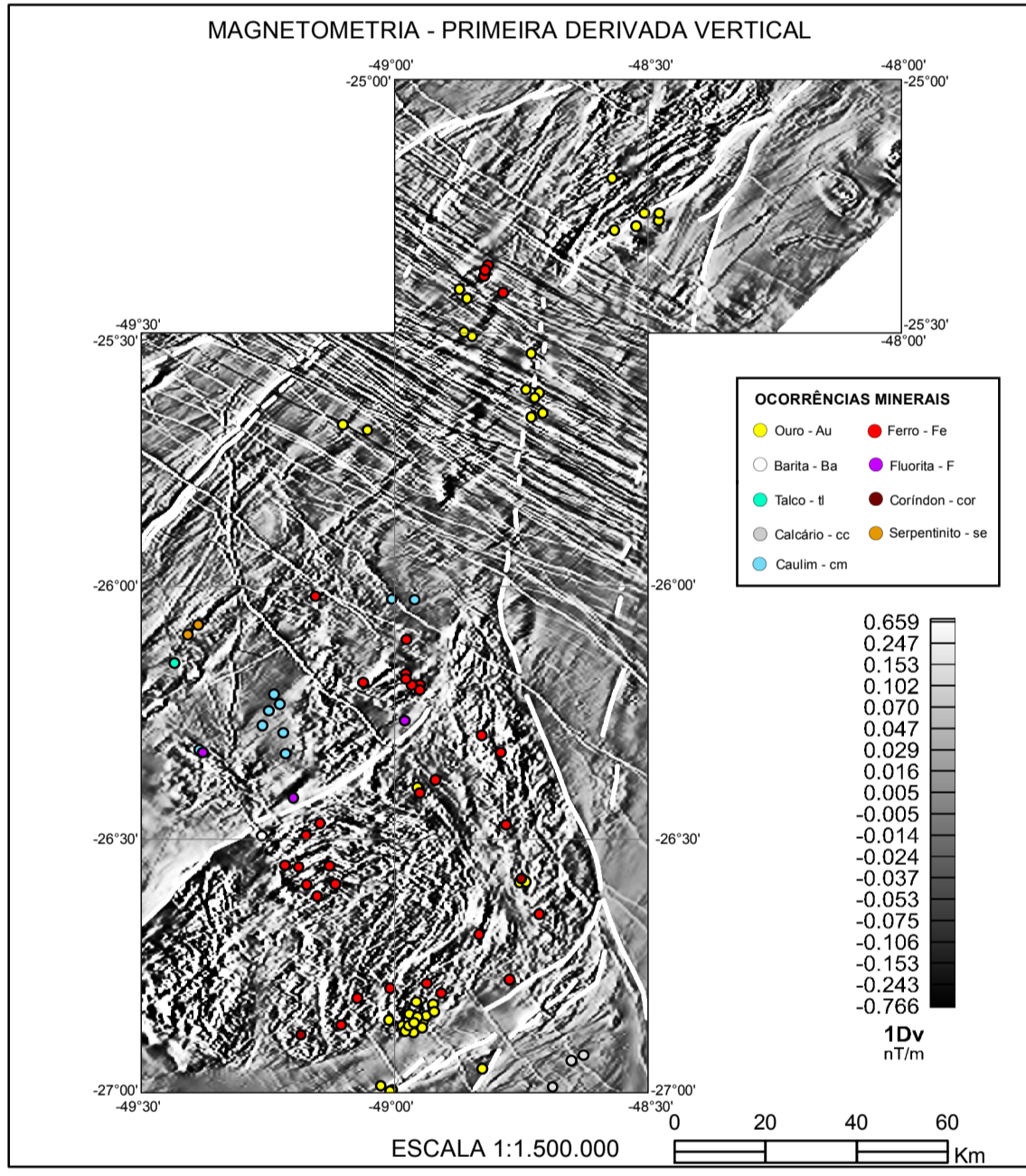
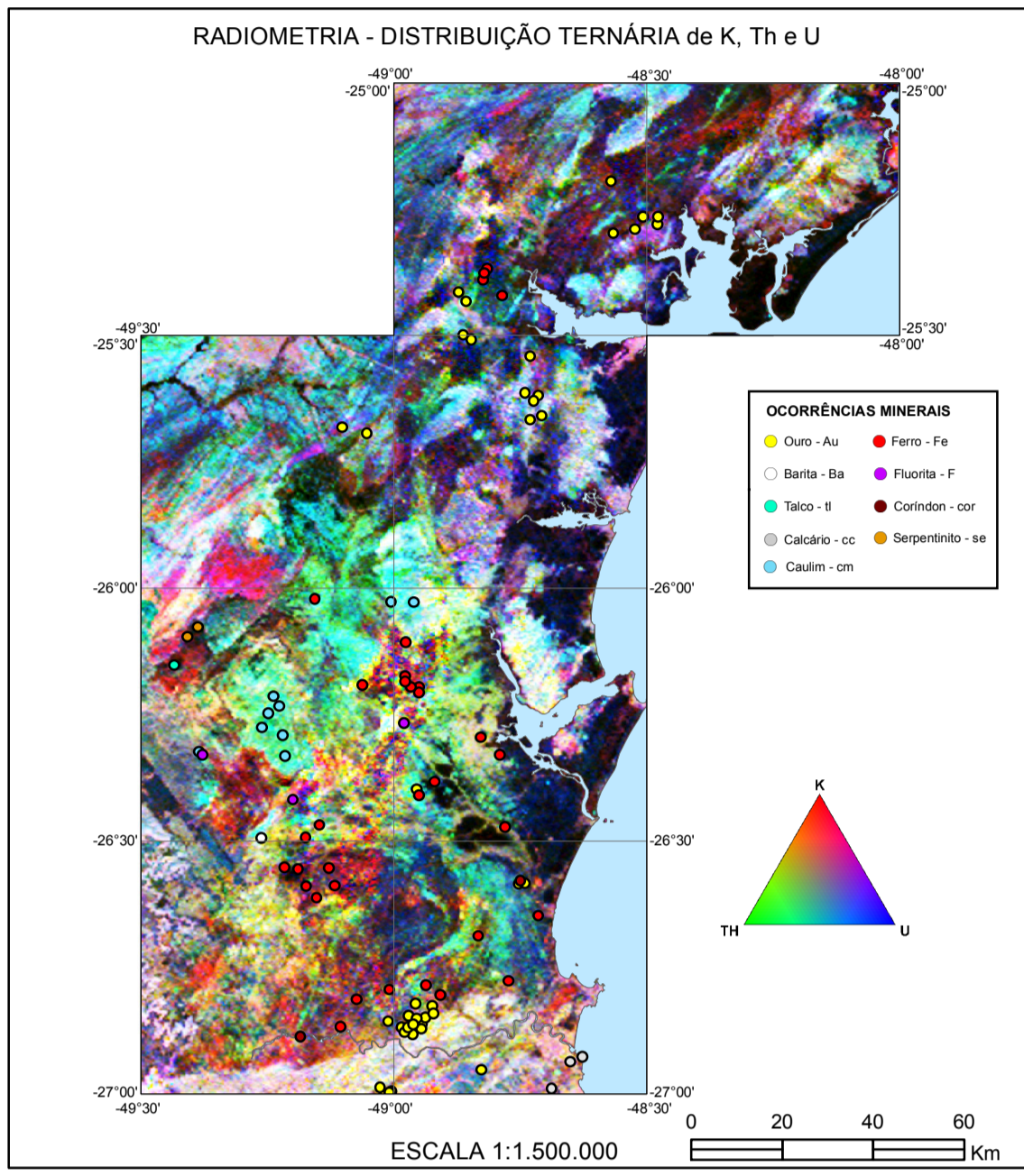
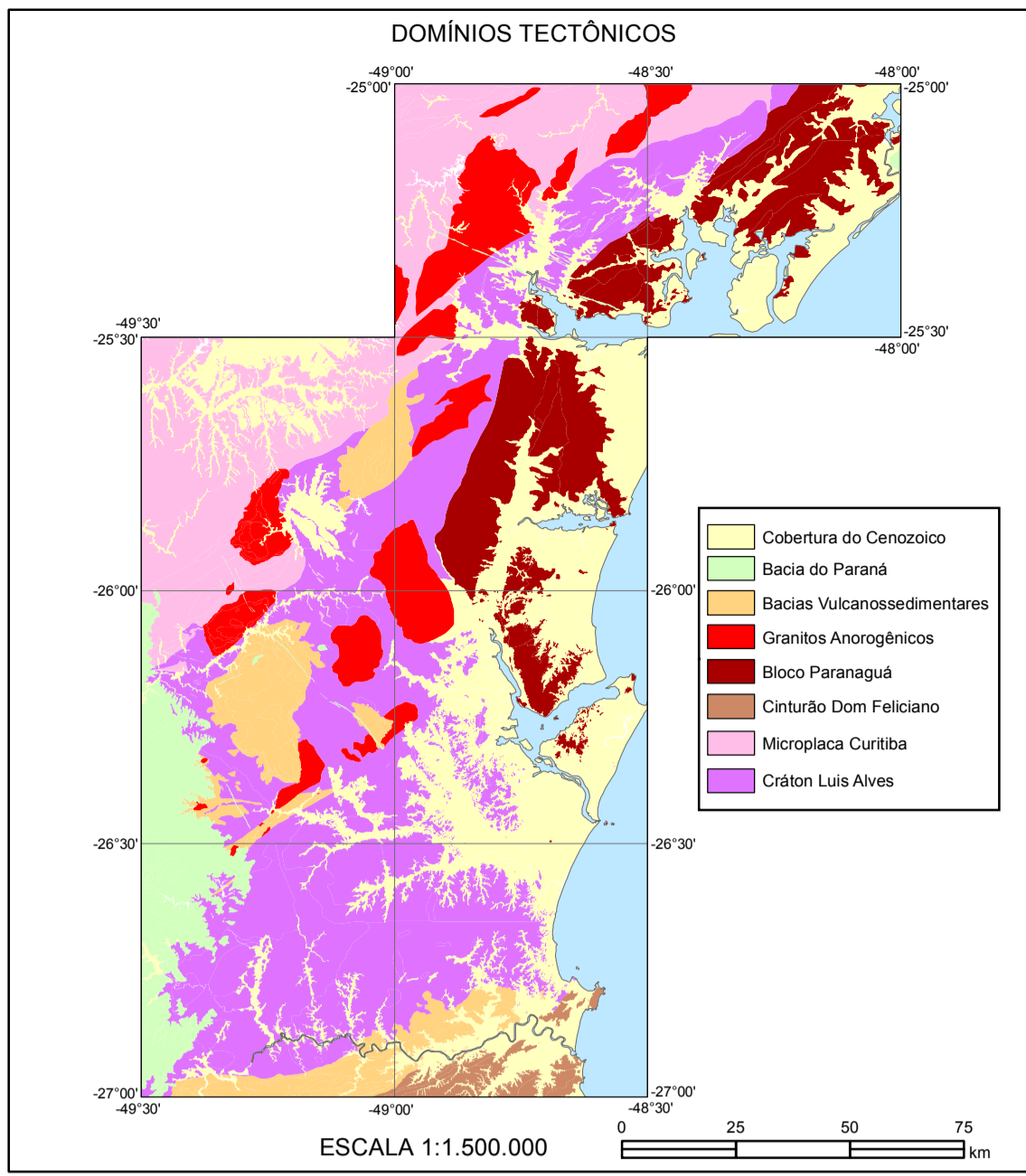
SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS

- Nº 01 – Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 02 – Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 03 – Projeto Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil – Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.

ANEXOS

ANEXO I

MAPA DE INTEGRAÇÃO GEOLÓGICO-GEOFÍSICA



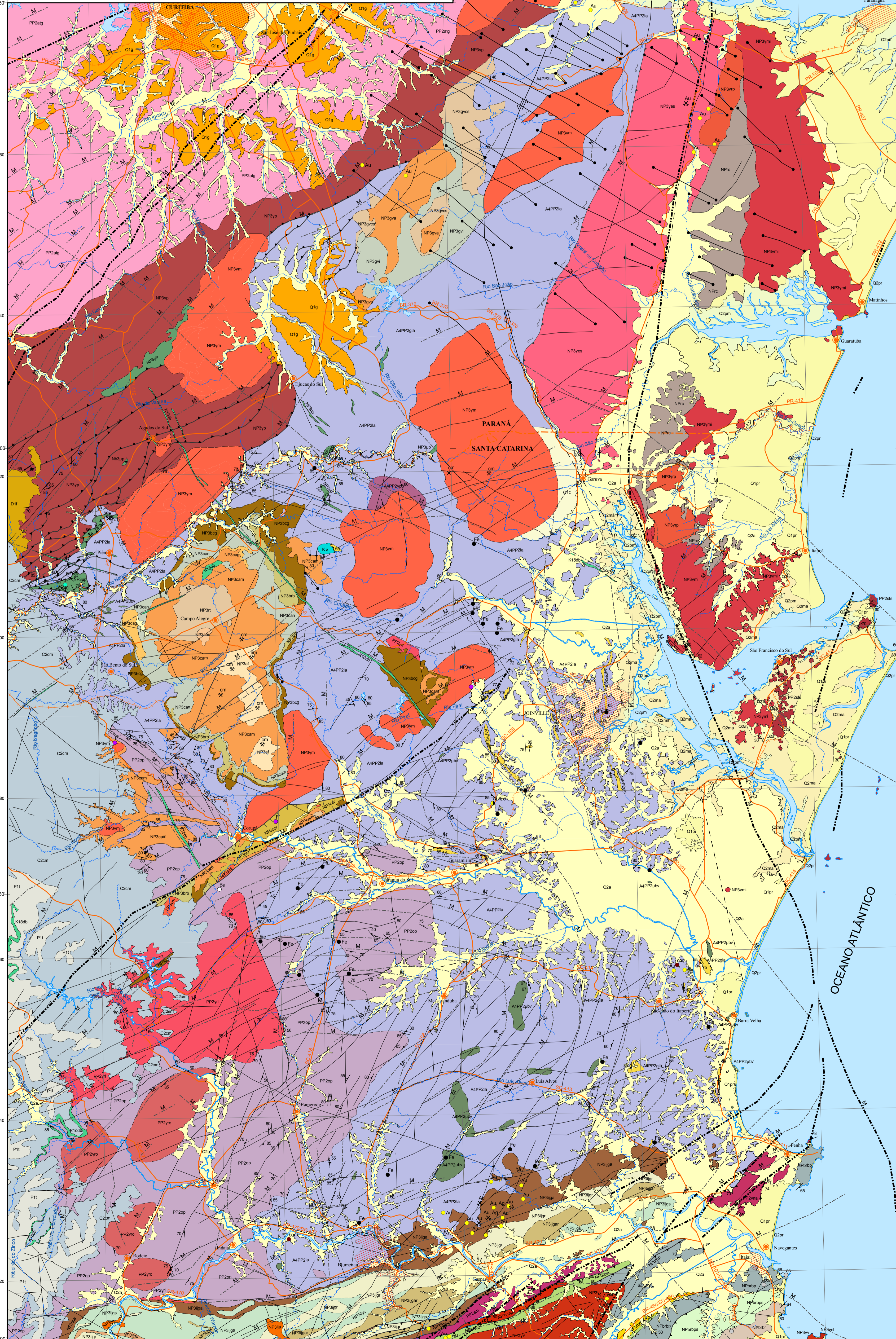
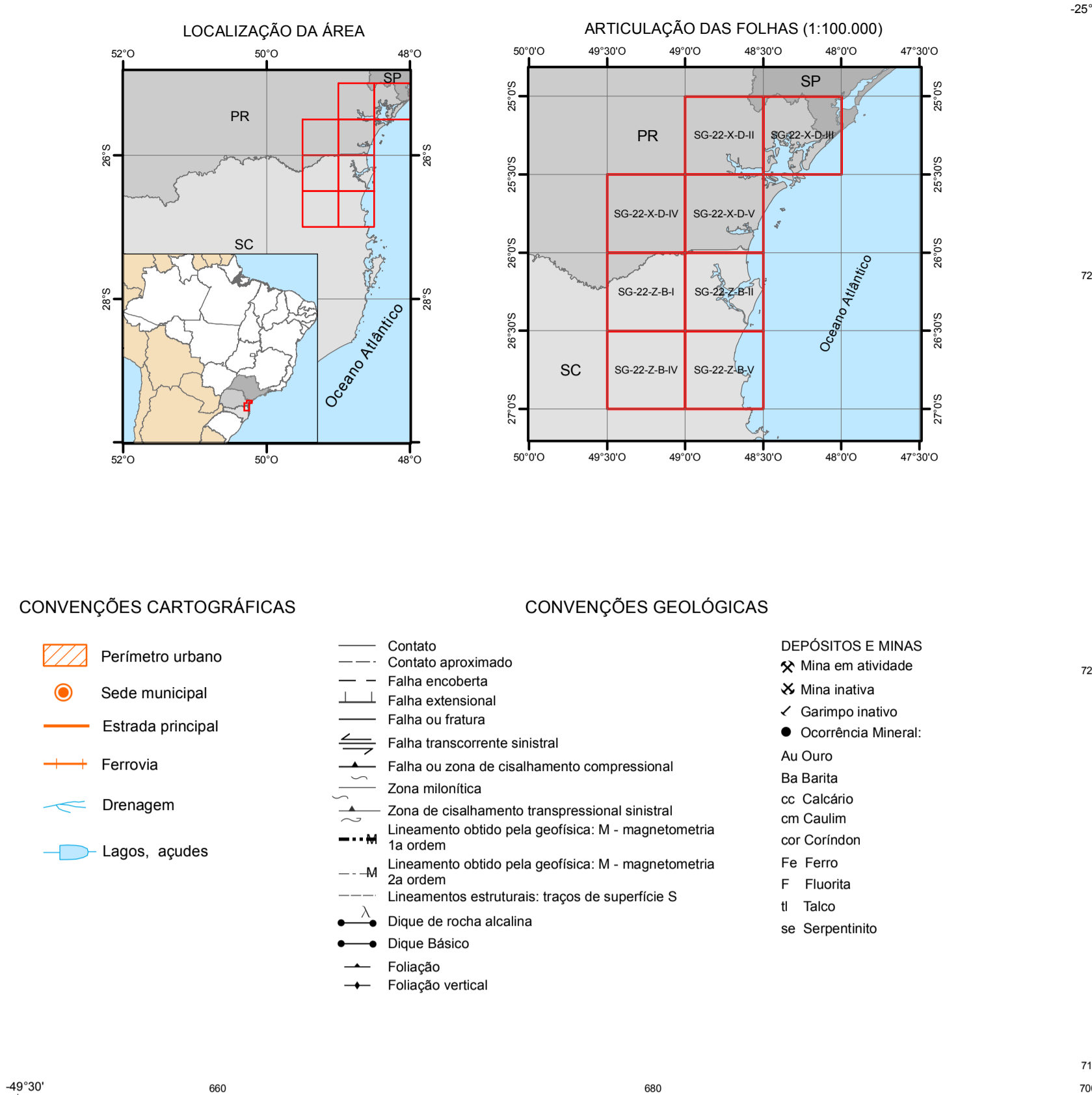
O Empreendimento Área de Interesse Mineral - ARIM, da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais - DGM é parte da Ação Avaliativa dos Recursos Minerais do Brasil e consiste em um conjunto de projetos voltados para a identificação de áreas atrativas para exploração mineral, visando estimar a presença e a produção mineral brasileira.

O Projeto ARIM Craton Luis Alves foi executado pela Superintendência Regional de Porto Alegre - SUREG-PA, da Gerência de Geologia e Recursos Minerais de Porto Alegre - GEREMPA e da Gerência de Relações Institucionais e Desenvolvimento - GEREMIA, a coordenação nacional do projeto coube ao Departamento de Recursos Minerais - DGERM e ao Departamento de Geologia - DEGO, com supervisão e apoio técnico das Divisões de Geologia Econômica - DGECO, Geologia Básica - DGBCO, Gerenciamento Remota - DGERM, Geodésia - DGEOD, Geoquímica - DGEQU e Estratigrafia, Paleontologia e Sedimentologia - DPALE.

O Mapa de Integração Geológica-Geofísica do Projeto ARIM Craton Luis Alves é sustentado por banco de dados geológicos e de recursos minerais, disponibilizados em versão SIG no Geobase.

AVISO LEGAL: O conteúdo disponibilizado neste mapa foi elaborado pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil, com base em dados obtidos através de trabalhos próprios e de informações de domínio público. A CPRM não garante: (i) que o conteúdo atenda ou se adequa às necessidades de todos os usuários; (ii) que o conteúdo e o acesso a ele estejam totalmente livres de falhas; (iii) a total precisão de qualquer dado ou informação contida no conteúdo, apesar das precauções de boas práticas para CPRM. Assim, a CPRM não se responsabiliza, direta ou indiretamente, por danos materiais ou morais decorrentes do uso do conteúdo, ou qualquer acionamento de profissionais independentes capazes de avaliar as informações contidas no conteúdo. O conteúdo não constitui aconselhamento de investimento, financeiro, fiscal ou jurídico, tampouco prevê recomendações específicas a instrumentos de análise geocientífica, de investimento ou ambientais produzidos. Por fim, qualquer trabalho, estudo ou análise que utilize o conteúdo deve fazer e devida referência bibliográfica.

Referência: BETHLOLD, L. M.; IGLESIAS, C. M. DA F.; ROCHA, P. G. Integração geológica-geofísica e recursos minerais do Craton Luis Alves: mapa de integração geológica-geofísica. Porto Alegre, CPRM, 2018. Escala 1:250.000. COORDENAÇÃO TÉCNICA NACIONAL: Lucio Travençolo (DEGO). EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL: Leandro Mendes Belloi; Carlos Menezes da Fonseca Iglesias; Patrícia Gabriela Rocha. APOIO: Eduardo Camozzato (in memoriam); Luiz Gustavo Rodrigues Pinto; Rafael Barros Biondo; Ricardo Duarte de Oliveira; Jorge H. Lauer; COORDENAÇÃO TÉCNICA REGIONAL: GERMEN-PA; Luiz Takahara; Jorge H. Lauer.



RELACIONES TECTONO-ESTRATIGRAFICAS, UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS, and detailed geological descriptions for various units and formations.

ANEXO II

MAPA DE ASSOCIAÇÕES TECTÔNICAS E DE RECURSOS MINERAIS

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Série Províncias Mineraias do Brasil, nº 15

ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA E RECURSOS MINERAIS DO CRÁTON LUIS ALVES

O produto Informe de Recursos Mineraias, parte integrante do Programa Geologia do Brasil, objetiva sistematizar e divulgar os resultados das atividades e projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, nos campos da geologia econômica, metalogênese, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados são apresentados sob a forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

O empreendimento Áreas de Relevante Interesse Mineral, vinculado à Diretoria de Geologia e Recursos Mineraias, consiste em um conjunto de projetos com foco nas províncias mineraias, com vistas a estimular a pesquisa e a produção mineral do país. Envolve levantamentos geológicos, geoquímicos e metalogenéticos, a utilização otimizada de dados geofísicos, com interpretação integrada de informações, visando a evolução do conhecimento geológico, o entendimento dos controles das mineralizações e a proposição de áreas potenciais para estudos metalogenéticos de detalhe e para execução de projetos de pesquisa mineral.

Neste contexto, foi desenvolvido, na Superintendência Regional de Porto Alegre, o Projeto Integração Geológica-Geofísica e Recursos Mineraias do Cráton Luis Alves, que abrange uma área de cerca de 5.500 km², localizada na parte nordeste de Santa Catarina e leste do Paraná.

As principais atividades deste projeto foram a cartografia geológica segundo a escala 1:250.000, com a utilização de técnicas atualizadas de geoprocessamento e integração geológica-geofísica. O projeto teve como foco principal o estudo das mineralizações de Fe e Au associados às rochas máficas-ultramáficas do Cráton Luis Alves.»

Além de ser um instrumento para formulação de políticas públicas, estes produtos auxiliam na atração de investimentos no setor mineral, fator importante para a manutenção do crescimento econômico, cujos efeitos podem resultar na geração de emprego, renda e desenvolvimento social à luz da sustentabilidade e do respeito ao meio ambiente.

Sede

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02, Asa Norte
Bloco H - 5º andar - Edifício Central Brasília
Brasília - DF - CEP: 70040-904
Tel: 61 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 - Urca
Rio de Janeiro - RJ Cep: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382

Diretoria de Geologia e Recursos Mineraias

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

Departamento de Geologia

Tel: 91 31821326

Departamento de Recursos Mineraias

Tel: 21 2295-4992

Divisão de Geologia Básica

Tel: 81 3316-1433

Divisão de Projetos Especiais e Mineraias Estratégicos

Tel: 92 2126-0308

Divisão Geologia Econômica

Tel: 61 2108-8485

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa
Porto Alegre - RS - CEP: 90840-030
Tel.: 51 3406-7300

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 2108-8468
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997
E-mail: seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br



CPRM
Serviço Geológico do Brasil

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO
FEDERAL