

**PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL

INFORME GEOQUÍMICO GRANJEIRO-COCOCI



INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Geoquímica Prospectiva, nº 4

Fortaleza - 2023

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente interino

Cassiano de Souza Alves

Diretor de Geologia e Recursos Minerais interino

Paulo Afonso Romano

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Geologia Econômica

Guilherme Ferreira da Silva

Chefe da Divisão de Geoquímica

Silvana de Carvalho Melo

Chefe do Departamento de Geologia

Valter Rodrigues Santos Sobrinho

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Patrick Araújo dos Santos

Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Patrícia Düringer Jacques

Chefe do Núcleo de Comunicação

Heber Vieira de Oliveira

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Lucas Victor de Alcântara Estevão

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

Hemilton Moraes Cunha

RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Chefe da Residência

Maria da Guia Lima

Assistente de Produção de Geologia e Recursos Minerais

Edney Smith de Moraes Palheta

Responsável Técnico do Projeto

Felipe Rocha Abreu

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
I PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL I

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL

INFORME GEOQUÍMICO GRANJEIRO-COCOCI

Estado do Ceará

ORGANIZADOR

Felipe Rocha Abreu

INFORME DE GEOQUÍMICA

Série Geoquímica Prospectiva, nº 04



Fortaleza
2023

REALIZAÇÃO

Residência de Fortaleza

ORGANIZAÇÃO

Felipe Rocha Abreu

TEXTO EXPLICATIVO

1. Introdução

Felipe Rocha Abreu

2. Contexto Geológico Regional

Iris Pereira Gomes

Edney Smith de Moraes Palheta

3. Recursos Minerais e Aspectos Metalogenéticos

Iris Pereira Gomes

Edney Smith de Moraes Palheta

Frederico Ricardo F. R. O. e Sousa

Iramaia Furtado Braga

José Maria Aladim Carvalho Rocha

Débora Pinho Cavalcante Freire

Janólfta Leda Rocha Holanda

4. Métodos de Trabalho

Felipe Rocha Abreu

5. Resultados

Felipe Rocha Abreu

6. Discussões

Felipe Rocha Abreu

7. Conclusões

Felipe Rocha Abreu

8. Referências

Felipe Rocha Abreu

CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

(<http://geosgb.cprm.gov.br>)

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br

seus@sgb.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

I438 Informe geoquímico Granjeiro - Cococi: Estado do Ceará/
Organização Felipe Rocha Abreu. – Fortaleza: CPRM,
2023.

1 recurso eletrônico: PDF; il. – (Informe Geoquímico.
Série Geoquímica Prospectiva; 4)

Programa Geologia, Mineração e Transformação
Mineral.

Avaliação dos recursos minerais do Brasil.
ISBN 978-65-5664-361-8

1. Geoquímica - Ceará. 2. Geologia Regional – Ceará. 3.
Recursos Minerais. I. Abreu, Felipe Rocha (org). II. Série.

CDD 551.981

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Giovania Freire CRB-3/911

APOIO TÉCNICO

COLABORADORES

Raimundo Anunciato Carvalho

Antônio Celso de R. de Melo

Vicente Calixto Duarte Neto

PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

Capa (DIEDIG)

Lucas Victor de Alcântara Estevão

Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino

Agmar Alves Lopes

Diagramação (REFO)

Iris Pereira Gomes

Maria Dulcinea Madureira Rolim Bessa

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Francisca Giovania Freire Barros do Nascimento

REVISÃO FINAL

Eduardo Duarte Marques

Silvana de Carvalho Melo

FOTOS DA CAPA

Da esquerda para a direita:

1. Depósito coluvionar com blocos de formação ferrífera bandada, composta de magnetitas porfiroblásticas, quartzo e óxido de ferro;
2. Formação ferrífera bandada em blocos dispersos na superfície, mostrando bandamento composicional;
3. Gnaiss tonalítico intercalado a níveis leucocráticos, cortado por intrusões sienograníticas contendo xenólitos da encaixante;
4. Ocorrência de minério de ferro, com forte atração magnética, levemente dobrado.

APRESENTAÇÃO

O conhecimento geológico do território brasileiro constitui um instrumento indispensável para o planejamento e a implementação das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável dos recursos minerais, e simultaneamente é fonte de dados imprescindíveis para o conhecimento e gestão do meio físico.

É com esta premissa que o **Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)** tem a grata satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral os resultados alcançados pelo projeto **Informe de Geoquímica Granjeiro-Cococi, Ceará**.

Este projeto está vinculado ao **Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral, e à Ação Levantamento Geológico e de Potencial Mineral de Novas Fronteiras**, que tem viabilizado a realização de estudos em todas as regiões do país, com objetivo de proporcionar o incremento do conhecimento geológico do território brasileiro em áreas potenciais para novas descobertas minerais.

Executado pela Residência de Fortaleza, o projeto apresenta integração de dados e informações geológicas e geoquímicas e de recursos minerais da área abrangida por 3 folhas em escala 1:100.000, Cedro (SB.24-Y-B-VI), Cajazeiras (SB.24-Z-A-IV), Assaré (SB.24-Y-B-V). A área trabalhada está situada na região sul do estado do Ceará, incluindo também porções reduzidas do território do estado da Paraíba, sendo esta área selecionada por conter um diversificado arcabouço geológico.

Os dados levantados no projeto são sintetizados neste relatório e integrados em um conjunto de mapas e bases de dados disponíveis para *download* no banco de dados corporativo do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), o GeoSGB (<http://geosgb.cprm.gov.br>).

Com mais este lançamento, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM dá continuidade à política governamental de atualizar o conhecimento geológico do país, através dos levantamentos geológicos básicos, geoquímicos e geofísicos, e da avaliação integrada das informações, fundamental para o desenvolvimento regional e importante subsídio à formulação de políticas públicas e de apoio à tomada de decisão de investimentos.

Cassiano de Souza Alves
Diretor-Presidente interino

Paulo Afonso Romano
Diretor de Geologia e Recursos Minerais interino

RESUMO

O presente informe contempla os resultados do levantamento geoquímico regional realizado nas Folhas Assaré, Cedro e Cajazeiras, na escala 1:100.000, localizadas nos Domínios Jaguaribeano e Rio Piranhas-Seridó da Província Borborema. Essas províncias geotectônicas apresentaram potencial metalogenético, sendo que o Complexo Granjeiro foi o que mostrou a maior ocorrência de assinaturas geoquímicas relacionadas às mineralizações. O Complexo Caicó, Suíte Poço da Cruz, Grupo Orós, Suíte Intrusiva São João do Sabugi, Complexo Granítico Rio Quixeramobim, Formação Caiçu e Suíte Intrusiva Itaporanga são as demais unidades geológicas com anomalias para minérios metálicos. As pintas de ouro identificadas estão presentes no Complexo Granjeiro, Complexo Caicó, Grupo Rio do Peixe e Grupo Orós. A análise de fatores constatou que o fator 1 determinou 27,14% da variância e que parte dos elementos (Cr, Ni e V) que integra este fator e as anomalias de primeira ordem no Complexo Granjeiro são indicativas das rochas máficas ultramáficas que pertencem a esta unidade geológica. Este mapeamento geoquímico poderá ser útil em estudos futuros relacionados à compreensão de processos geológicos e distribuição geoquímica dos elementos, dando subsídios para a agricultura, meio-ambiente e saúde na região e em terrenos geologicamente similares.

ABSTRACT

This work presents the results of the regional geochemical survey comprises Assaré, Cedro and Cajazeiras Charts, at a scale of 1:100,000, located in the Jaguaribeano and Rio Piranhas-Seridó Domains of the Borborema Province. These geotectonic provinces showed metallogenetic potential, and the Granjeiro Complex was the one that had the highest occurrence of geochemical signatures related to mineralization. The Caicó Complex, Poço da Cruz Suite, Orós Group, São João do Sabugi Intrusive Suite, Rio Quixeramobim Granitic Complex, Caipu Formation and Itaporanga Intrusive Suite are the other geological units with anomalies for metallic ores. The identified gold spots are present in the Granjeiro Complex, Caicó Complex, Rio do Peixe Group and Orós Group. Factor analysis found that factor 1 determined 27.14% of the variance and that part of the elements (Cr, Ni and V) that integrate this factor and the first order anomalies in the Granjeiro Complex are indicative of ultramafic mafic rocks that belong to this geological unit. This geochemical mapping could be useful in future studies related to the understanding of geological processes and geochemical distribution of the elements, providing subsidies for agriculture, environment and health in the region and in geologically similar terrains.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	9
2.1. DOMÍNIO JAGUARIBIANO	9
2.2. DOMÍNIO RIO PIRANHAS-SERIDÓ.....	10
2.3. COBERTURAS SEDIMENTARES FANEROZOICAS	11
3. RECURSOS MINERAIS E ASPECTOS METALOGENÉTICOS.....	13
3.1. FERRO	13
3.2. COBRE, CHUMBO E OURO	14
3.3. CONCENTRADOS DE BATEIA	14
4. MÉTODOS DE TRABALHO.....	17
4.1. TRABALHOS DE CAMPO.....	17
4.1.1. Sedimentos de corrente	17
4.1.2. Mineralometria de concentrado de bateia.....	17
4.2. ANÁLISES QUÍMICAS.....	17
5. RESULTADOS	18
5.1. GEOQUÍMICA DE SUPERFÍCIE.....	18
5.1.1. Resultados Obtidos.....	18
5.2. ESTATÍSTICA UNI-VARIADA	18
5.3. RESULTADOS OBTIDOS	19
5.4. ESTATÍSTICA MULTIVARIADA.....	44
5.4.1. Análise Fatorial	44
5.4.2. Análise de Agrupamento	47
5.5. CONCENTRADOS DE BATEIA (CB).....	47
5.5.1. Resultados Obtidos.....	47
6. DISCUSSÕES.....	63
6.1. DOMÍNIO RIO PIRANHAS-SERIDÓ	63
6.1.1. Complexo Granjeiro	63
6.1.2. Complexo Arábia.....	63
6.1.3. Complexo Caicó	63
6.1.4. Suíte Várzea Alegre.....	63
6.1.5. Suíte Poço da Cruz	63
6.1.6. Grupo Seridó	64
6.2. DOMÍNIO JAGUARIBIANO	64
6.2.1. Complexo Jaguaretama	64
6.2.2. Complexo Acopiara.....	64
6.2.3. Suíte Serra do Deserto.....	64
6.2.4. Grupo Orós	64
6.2.5. Complexo Ceará	64
6.2.6. Suíte Intrusiva São João do Sabugi	64
6.2.7. Suíte Intrusiva Catingueira	64

6.2.8. Complexo Granítico Rio Quixeramobim	64
6.3. UNIDADES QUE OCORREM EM AMBOS OS DOMÍNIOS.....	65
6.3.1. Formação Caipu	65
6.3.2. Suíte Intrusiva Itaporanga.....	65
6.4. COBERTURAS SEDIMENTARES FANEROZÓICAS	65
6.4.1. Grupo Rio do Peixe	65
6.4.1.1. Formação Antenor Navarro	65
7. CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS.....	67

1. INTRODUÇÃO

Os levantamentos geoquímicos de superfície se aplicam aos mapeamentos geológicos regionais e têm como objetivo identificar níveis normais e anômalos nos padrões de distribuição de elementos químicos e de minerais pesados em sedimentos de corrente e concentrados de bateia respectivamente. Dessa forma, é possível correlacionar com padrões geológicos ou ambientais a fim de gerar informações quantitativas e mapas metalogenéticos.

Os métodos de investigação geoquímica baseiam-se na premissa de que a composição química das rochas da crosta terrestre próxima a um jazimento mineral é diferente da composição de materiais similares, situados em regiões sem qualquer tipo de mineralização (GOVETT, 1983 apud LICHT, 1998). Por meio das transformações físicas e químicas na superfície, ou próximo dela, as

concentrações anômalas dos elementos são incorporadas ao ciclo de intemperismo da região, resultando na dispersão de seus componentes em forma de leque ou pluma, caracterizando um alvo exploratório muito mais amplo.

Este informe apresenta os resultados do levantamento geoquímico regional realizado na Folha Assaré, Folha Cedro e Folha Cajazeiras, na escala 1:100.000, localizadas nos Domínios Jaguaribeano e Rio Piranhas-Seridó da Província Borborema. Estes resultados foram utilizados para dar suporte ao Projeto Granjeiro-Cococi. Tal Projeto contempla as Folhas Parambu, Tauá, Catarina, Iguatu, Orós, Pio IX, Aiuaba, Assaré, Cedro, Cajazeiras, Campos Sales e Santana do Cariri, sendo que apenas as Folhas Assaré, Cedro e Cajazeiras possuem dados geoquímicos disponíveis.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área que engloba as Folhas Assaré, Cedro e Cajazeiras faz parte da Província Borborema, uma entidade geotectônica do Ciclo Brasileiro, localizada no nordeste do Brasil, limitada ao sul pelo Cráton do São Francisco, a oeste pela Bacia do Parnaíba e a norte e leste pelas bacias costeiras, representando uma área de 400.000 Km². Segundo Almeida et al. (1981), é caracterizada como um complexo mosaico de terrenos separados por falhas ou altos do embasamento, formada pela convergência dos crátons São Luís-Oeste Africano, São Francisco-Congo e Amazônico. Esse processo gerou a amalgamação e consequente formação do supercontinente Gondwana. A Província Borborema é subdividida em diferentes domínios limitados por um sistema de megazonas de cisalhamento (lineamentos) sinuosas e ramificadas. Este conjunto de domínios compreende uma ampla região de dobramentos do tipo branching system of orogens, colagem de fragmentos ou núcleos crustais arqueanos com amplos tratamentos de gnaisses do embasamento paleoproterozóico, supracrustais vulcano-sedimentares do Paleoproterozoico tardio, Mesoproterozoico e Neoproterozoico e plútons granitoides neoproterozóicos (brasileiros), além de seqüências de cobertura sedimentar (VAN SCHMUS et al., 1995).

A área do projeto está situada na porção sudoeste da Província Borborema (Figura 2.1), contemplando as Folhas Assaré – (FAs), Cedro – (FCe) e Cajazeiras – (FCa) que estão inseridas nos domínios Jaguaribeano e Rio Piranhas-Seridó. Contempla ainda as Coberturas sedimentares do Cenozoico.

2.1. DOMÍNIO JAGUARIBEANO

Situa-se na porção central, corresponde ao segmento crustal limitado pelas zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Portalegre-Farias Brito. É composto por rochas do Complexo Jaguaretama, Complexo Ceará (Unidade Arneiroz), Complexo Acopiara e Complexo Granítico Rio Quixeramobim, Suíte Intrusiva Catingueira, Suíte Intrusiva Itaporanga, Suíte São João do Sabugi, Suíte Serra do Deserto, Grupo Orós (formações Santarém, Campo Alegre e Quixaba), Formação Caiçu do Complexo Tamboril-Santa Quitéria e por granitoides de composições e dimensões variadas (CAVALCANTE, 1999; BIZZI et al., 2003; CAVALCANTE et al., 2003; ARTHAUD, 2007).

O Complexo Jaguaretama está limitado por zonas de cisalhamento destrais, é formado por ortognaisses de

composição tonalítica a granodiorítica e rochas paraderivadas (paragnaisses, xistos, quartzitos, cálcio-silicáticas) de alto grau metamórfico. Os litotipos ortoderivados apresentam variável grau de migmatização e idade de cristalização entre 2,21 a 1,98 Ga (FETTER, 1999; SÁ et al., 2014). O Complexo Jaguaretama consiste em dioritos, granodioritos, granitos e lentes de anfibolito, possivelmente originados no Ciclo Transamazônico. É formado pelas Unidades Pio IX (ortognaisses migmatíticos bandados, de granulação média a grossa, às vezes porfirítica, de composição geralmente granodiorítica a tonalítica, além de metagranitoides de composição com ou sem hornblenda) e Alagadinho (paragnaisses granadíferos, com faixas anfibolíticas e rochas calcissilicáticas de espessura centimétrica a métrica, migmatizados, com mobilizados graníticos leucocráticos, granadíferos ou não).

O Complexo Ceará é formado principalmente por rochas paraderivadas metamorfas em alto grau e comumente migmatizadas. Em termos litológicos, destacam-se gnaisses e xistos com sillimanita e/ou cianita e granada, quartzitos e volumes menores de rochas carbonáticas, organizados em pacotes que, apesar de separados tectonicamente, apresentam características composicionais e estruturais muito semelhantes. Na área do projeto é representado pela Unidade Arneiroz que contempla paragnaisses diversos, em parte migmatíticos, micaxistos, quartzitos, mármore, rochas calcissilicáticas, anfibolitos, talco xistos, além de metavulcânicas básicas, que se encontram afetadas por níveis distintos de deformação milonítica (CAVALCANTE et al., 2003)

O Complexo Acopiara é descrito na literatura como uma seqüência paraderivada de idade imprecisa (paleoproterozóica a neoproterozóica), mostrando frequentemente evidências de fusão parcial (CAVALCANTE et al., 2003; ALMEIDA et al., 2008). São comuns paramigmatitos e paragnaisses com ou sem granada, variações de metatexitos a diatexitos, normalmente com níveis xistosos, podendo ocorrer grafita, além de quartzitos, rochas calcissilicáticas, metaultramáficas, mármore e anfibolitos, com participação de ortognaisses graníticos e tonalíticos (COSTA; PALHETA, 2017). Possui características litológicas similares ao Complexo Canindé do Ceará.

O Grupo Orós é representado por uma seqüência metavulcano-sedimentar, evoluída no Estateriano (1,7 - 1,8 Ga), cujo conteúdo litológico é dominado por litotipos metassedimentares como xistos diversos e quartzitos, associados a níveis de mármore calcíticos, dolomíticos

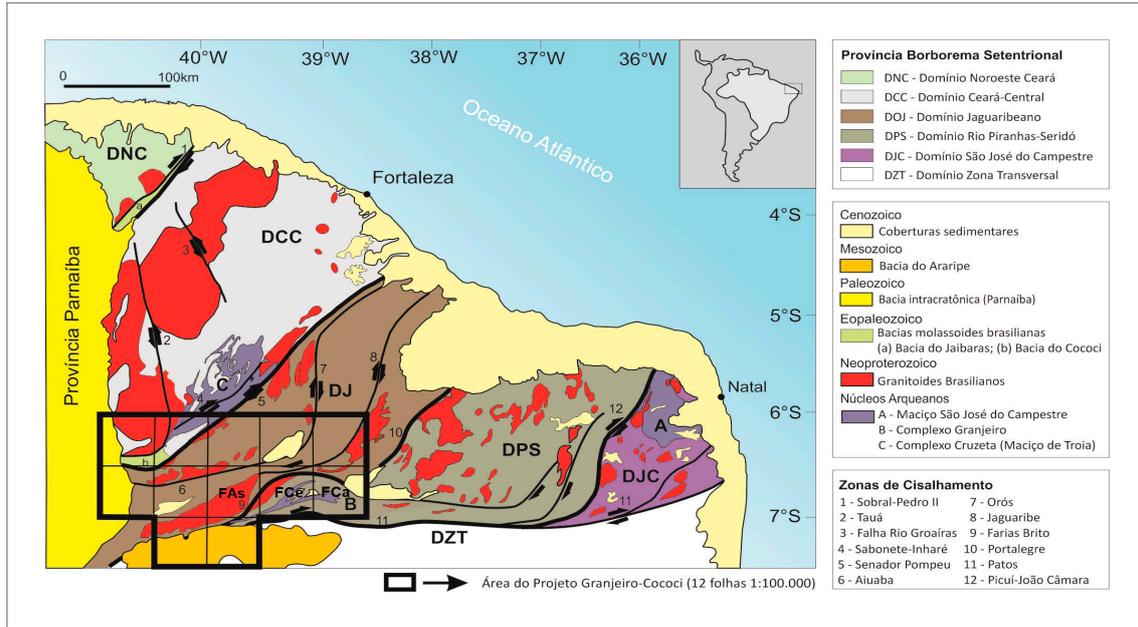


Figura 2.1 - Mapa com as unidades geotectônicas e a área do projeto (FAs – Folha Assaré, FCE – Folha Cedro e FCA – Folha Cajazeiras).
Fonte: Adaptada de Gomes et al. (2021).

e magnesianos, além de rochas calcissilicáticas e metavulcânicas bimodais (máficas e félsicas) (SÁ et al., 1995). Fazendo parte dessa evolução estateriana, ocorrem rochas plutônicas, geralmente deformadas, de textura augen gnaisse e composição alcalina (tipo A), datados em 1,78 Ga, pertencentes a Suíte Serra do Deserto (SÁ, 1991; SÁ et al., 2014). É composto pela Formação Santarém (apresenta o predomínio de filitos, granada-quartzo xistos e metagrauvacas), Formação Quixaba (mármore calcícticos, rochas calcissilicáticas e diques de metatraquiandesitos) e Suíte Campo Alegre 3 (predomínio metavulcânico, com metatufos máficos, anfíbolitos e metabasaltos).

Os corpos plutônicos do período Ediacarano também estão presentes neste domínio. Como destaque, tem-se a Suíte Intrusiva Itaporanga, com corpos de dimensões batolíticas, composto por granitóides (granitos e granodioritos), geralmente de granulação grossa e porfíricos, de composições monzogranítica a granodiorítica, alguns deformados, sendo na região de Pereiro datado em 574 Ma (SÁ et al., 2014). Associado a esse magmatismo ocorrem rochas intermediárias a máficas, de composição predominantemente diorítica, individualizados como Suíte São João do Sabugi, que ocorrem, normalmente, como enclaves ou intrusivos nos granitóides Itaporanga (SÁ et al., 2014). Por vezes com foliação de fluxo magmático, moderadamente desenvolvida, além de termos milonitizados e gnaissificados com composição cálcio-alcalino de alto K. A Suíte Serra do Deserto é constituída por augen ortognaisses, de coloração geralmente rosa esbranquiçado, granítico a granodiorítico, à biotita +/- hornblenda, em certos locais com faixa centimétrica a

métrica de concentrados de minerais máficos, além de ocorrer segmento de composição sienítica e fácies de granulação fina a média rosada de composição granítica. A Suíte Intrusiva Catingueira é composta por granitos e quartzo sienitos com biotita, aegerina-augita e anfíbolios, de composição peralcalina.

O Complexo Granítico Rio Quixeramobim é composto pelos granitóides indiscriminados brasileiros, quartzo diorito, granodiorito, tonalito, quartzo monzodioritos, monzonitos e sienogranitos de coloração cinza clara a cinza rosada, com textura equigranular a inequigranular porfírica. Fenocristais são de feldspato potássico, eudrícos a subédricos com dimensões médias de 2-4 cm. Exibem estrutura foliada (fluxo magmático) e eventualmente deformação em fenocristais de feldspatos e na matriz. Apresentam composição cálcio-alcalina de alto K/shoshonítica.

A Formação Caipu do Complexo Tamboril – Santa Quitéria é constituído por micaxistos com granada, localmente migmatizados, com intercalações de camadas de mármore, rochas calcissilicáticas, quartzitos, paragnaisse e metavulcânicas.

2.2. DOMÍNIO RIO PIRANHAS-SERIDÓ

Limita-se entre as zonas de cisalhamento Porto Alegre e Picuí-João Câmara. Na porção sul, o balizador é a Zona de Cisalhamento Patos e a norte está encoberto por coberturas fanerozoicas da Província Costeira. Este domínio compõe as supracrustais das sequências Seridó, Lavras da Mangabeira, Complexos Arábia, Caicó e Caipu, os terrenos Granjeiro e Rio Piranhas e também as suítes

Poço da Cruz e Várzea Alegre. De acordo com Angelim et al. (2006), o Domínio Rio Piranhas-Seridó caracteriza-se pela presença de litotipos metaplutônicos e metavulcanossedimentares de idade paleoproterozoica (Riaciana), correlacionáveis na literatura ao Complexo Caicó, incluindo, ainda, uma suíte de augen gnaisses graníticos de idade paleoproterozoica (Orosiriana), os quais constituem o embasamento para as supracrustais de idades neoproterozoicas do Grupo Seridó.

As supracrustais Seridó são constituídas por xistos, quartzitos, gnaisses e mármore agrupadas no Grupo Seridó (formações Jucurutu, Equador e Seridó), (JARDIM DE SÁ; SALIM, 1980; BIZZI et al., 2003). Zircões detríticos datados, nas rochas deste grupo, revelaram idades ao redor de 650 Ma, posicionando esta sequência no Neoproterozoico (VAN SCHMUS et al., 1995). Segundo Jardim de Sá e Salim (1980) e Jardim de Sá (1994) os contatos entre as formações do Grupo Seridó são quase sempre interdigitados entre si, indicando que constituiriam uma sequência de deposição contínua. A Formação Jucurutu é composta por biotita-anfibólio gnaiss com níveis de mármore, rochas calcissilicáticas e mais raramente quartzitos. A Formação Equador é constituída por quartzitos e muscovita quartzitos e por fim, a Formação Seridó que corresponde a micaxistos e granada micaxistos por vezes migmatizados.

As sequências Lavras da Mangabeira e Caipu são compostas predominantemente por xistos e quartzitos, com ocorrências de rochas calcissilicáticas e, subordinadamente, metavulcânicas, sendo que na região de Caipu são frequentes níveis de mármore (GOMES; VASCONCELOS, 2000). A Formação Lavras da Mangabeira é constituída por biotita xisto por vezes granadífero, clorita-sericita xistos e filitos, além de metaconglomerados e quartzitos depositados em ambiente fluvial e transcional-marinho. A Formação Caipu, pertencente ao Complexo Tamboril-Santa Quitéria, é constituída por micaxistos com granada, localmente migmatizados, associados à mica-quartzo xistos e metassilitos, com intercalações de camadas de mármore, rochas calcissilicáticas, quartzitos as vezes associados a paragneisses, além de metavulcânicas félsicas e máficas.

O Complexo Arábia é composto por ortogneisses e migmatitos de composição granodiorítica a tonalítica, por vezes monzogranítica, com faixas de rochas anfibolitizadas e níveis de formação ferrífera. Estas sequências encontram-se sobrepostas discordantemente ao Terreno Granjeiro, e nelas foram datadas rochas com sedimentação ocorrida a partir do Neoproterozoico, que segundo Medeiros (2008) são correlacionáveis a sequência Seridó. Silva et al. (2002) registra idades de 552 Ma para rochas da Formação Lavras da Mangabeira e Fetter (1999) obteve idade de 670 Ma para rochas da Formação Caipu.

O Complexo Granjeiro caracteriza-se como um bloco arqueano situado a norte do Lineamento Patos, com idade 2540 Ma (SILVA et al., 2002), próxima à sugerida para o Grande Evento de Oxidação. Constituído por gnaisses variados e uma associação metavulcano-sedimentar com horizontes químicos de caráter exalativo, interpretada como um remanescente de crosta oceânica, intrudidas por rochas plutônicas de composições tonalítica e granodiorítica (VASCONCELOS et al., 1998). As formações ferríferas ocorrem numa associação litológica típica de BIFs arqueanos, composta por xistos, quartzitos, mármore, calcissilicáticas e metacherts, além de anfibolitos, ortogneisses TTG, rochas metamáficas e ultramáficas e metatufos félsicos e máficos. Essas rochas se encontram metamorfolizadas em fácies anfibolito médio a alto, decorrentes de uma evolução policíclica. São frequentes boudins anfibolíticos, subordinadamente ocorrem paragneisses, níveis de formações ferríferas, quartzitos, metatufos e metarriolitos.

O Terreno Rio Piranhas representa o embasamento, de idade paleoproterozoica, da Sequência Seridó. É composto pelos complexos São Vicente e Caicó e pela Suíte Poço da Cruz. Os complexos são formados por ortogneisses, migmatitos e litotipos metavulcano-sedimentares diversos. Segundo Bizzi et al. (2003), as rochas desses complexos demonstram contemporaneidade, com idades U-Pb entorno de 2,2 Ga (HACKSPACHER; VAN SCHMUS; DANTAS, 1990; LEGRAND; DEUTSCH; SOUZA, 1991; VAN SCHMUS et al., 1995). A Suíte Poço da Cruz constitui-se de augen gnaisses, graníticos a quartzo-monzoníticos, de idade orosiriana 1,9 Ga (LEGRAND; DEUTSCH; SOUZA, 1991; JARDIM DE SÁ, 1994).

Estão presentes também neste domínio vários corpos plutônicos neoproterozoicos (618 a 570 Ma), representados pelas suítes Dona Inês, Quixaba, Itaporanga e Umarizal.

Ainda neste domínio são registrados diversos granitoides associados a Orogenia Brasileira. Dentre eles citam-se as rochas do Complexo Granítico Rio-Quixeramobim, Monzonito Quixadá e da Suíte Banabuiú, com idade U-Pb entre 560 a 620 Ma (COSTA; PALHETA, 2017), bem como granitoides tardios ou anorôgênicos, com pulsos magmáticos em torno de 530 a 470 Ma, representados pelos plutons Morrinho, Pajé, São Paulo, Barriga e Complexo Anelar Quintas (CASTRO, 2005; FETTER, 1999; TEIXEIRA, 2006).

2.3. COBERTURAS SEDIMENTARES FANEROZOICAS

Estas coberturas são compostas pelos arenitos grossos, conglomerados quartzosos a polimíticos, arenitos finos a médio do Grupo Rio do Peixe (Formação Antenor Navarro); depósitos colúvio-eluviais, depósitos aluvionares e de terraços que ocorrem tanto na faixa

costeira como em regiões continentais, equivalendo à sedimentação recente como exemplo a Formação Moura situada entre Iguatu e José de Alencar – CE (VAS-CONCELOS et al., 1998). A Formação Moura é constituída por conglomerados polimíticos de matriz arenosa grossa, mal selecionados; areias de granulometria variada; siltitos avermelhados. Os depósitos colúvio-eluviais são

formados por sedimentos argilo arenosos e arenoso-argilosos; cascalhosos e lateritas, com ocorrências de caulim. Os depósitos aluvionares correspondem às areias quartzosas, argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzo feldspáticas, conglomeráticas ou não, fragmentos de rochas, cascalhos e argilas, orgânicas e fluviais.

3. RECURSOS MINERAIS E ASPECTOS METALOGENÉTICOS

Neste capítulo é relatado o levantamento dos recursos minerais realizado nas folhas Assaré, Cedro e Cajazeiras que estão inseridas nos respectivos municípios. As ocorrências minerais e áreas potenciais são delimitadas, descritas e quantificadas no intuito de atender as demandas do setor mineral e atualizar dados geológicos e mineralógicos do Estado do Ceará, fornecendo informações para estimular pesquisas e novas descobertas de depósitos minerais favorecendo a competitividade no campo de recursos minerais.

Os dados que constam nesse levantamento foram adquiridos por compilação de projetos executados pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM e outras entidades, assim como informações sobre os direitos minerários por meio da Agência Nacional de Mineração (ANM). Pela integração desses dados, as ocorrências minerais e áreas potenciais foram delimitadas e complementadas com novos dados obtidos em campo principalmente por checagem de anomalias magnéticas.

A área que compreende as folhas Assaré, Cedro e Cajazeiras fazem parte da porção sudoeste da Província Borborema, uma unidade geotectônica que contempla ambientes geológicos favoráveis a formação de depósitos minerais. Estudos já relatavam a ocorrência de jazidas ativas de magnetita, mármore, rocha ornamental e material de construção (brita) no embasamento cristalino. Calcários, gipsita, areia e argila são extraídas dos terrenos sedimentares. Há também ocorrências de pouco interesse econômico como talco e gemas que correspondem a garimpos abandonados. Os minérios de manganês, cobre, ferro, ouro e grafita vêm se destacando em virtude do atual valor agregado de mercado o que fez com que fossem solicitadas muitas autorizações de pesquisa na região para o minério de ferro.

Com base nos dados da ANM, 651 processos minerários constam na área do projeto Granjeiro-Cococi. É notória a predominância dos minerais metálicos ferro e cobre do total dos requerimentos, o que revela um potencial bastante promissor pelas ocorrências de formações ferríferas e indícios de cobre, chumbo e ouro de uma forma mais restrita (Figura 3.1). É possível constatar maiores concentrações das ocorrências minerais na folha 2 (Cedro) com predominância dos minérios de ferro, onde no contexto geológico compreende parte dos núcleos arqueanos (Complexo Granjeiro) da porção sudoeste da Província Borborema.

O Complexo Arqueano Granjeiro é composto por uma associação metavulcanossedimentar de caráter exalativo, interpretada como um remanescente de crosta oceânica, com presença de BIFs, além de gnaisses TTG e apresenta uma idade U-Pb em zircão de 2540 Ma (SILVA et al., 2002), próxima à sugerida para o Grande Evento de Oxidação. As formações ferríferas ocorrem numa associação litológica típica de BIFs arqueanos, composta por xistos, quartzitos, mármore, calcissilicáticas e matacherts, além de anfibolitos, ortognaisses TTG, rochas metamáficas e ultramáficas e metatufos félsicos e máficos. Essas rochas se encontram metamorfolizadas em fácies anfibolito médio a alto, decorrentes de uma evolução policíclica (VASCONCELOS et al., 1998).

Foram registradas ocorrências de minério de ferro na área do projeto, considerando-se compilações e dados de campo. Algumas novas ocorrências foram cadastradas a partir de dipolos magnéticos indicados em imagens aerogeofísicas do campo magnético anômalo.

As ocorrências de minério de ferro mapeadas que se destacam na Folha Cedro estão relacionadas geologicamente com o Complexo Granjeiro por apresentar as características favoráveis ao desenvolvimento desse minério (formações ferríferas numa associação litológica típica de BIFs arqueanos). Cobre (3 ocorrências), chumbo (1 ocorrência) e ouro (1 ocorrência) mostraram ocorrências mais restritas e pouca distribuição ao longo das Folhas, ainda assim com maior participação na Folha 2 (Cedro), determinando certo um potencial metalogenético nesta área.

3.1. FERRO

As ocorrências de minério de ferro na área do projeto, foram mapeadas tomando por base compilações e dados de campo. Novas ocorrências foram cadastradas a partir de dipolos magnéticos indicados em imagens aerogeofísicas do campo magnético anômalo, com destaque para os terrenos arqueanos do Complexo Granjeiro (Figura 3.2).

Alcântara e Alkmim (2013) já relataram que parte das ocorrências de ferro são provenientes de gnaisses migmatíticos arqueanos e também podem estar associadas em sequências do tipo greenstone de idade paleoproterozóica com possível origem de enriquecimento hidrotermal de zonas dispostas em zonas de cisalhamento.

Pitarello (2015) ao estudar as formações ferríferas (Figura 3.3) de Granjeiro e Lavras da Mangabeira identificou dois diferentes fácies, com ambientes deposicionais e tectônicos distintos: grunerita meta-BIF e granada meta-BIF. BIFs ricas em grunerita foram ainda subdivididas em dois grupos. As do grupo I apresentam características mineralógicas e geoquímicas condizentes com sedimentos químicos precipitados da água do mar, sob influência de fluídos hidrotermais de alta temperatura. As rochas do grupo II apresentam indicativos de alterações pós-deposicionais, como hidrotermalismo e enriquecimento supergênico, possivelmente relacionados às grandes zonas de cisalhamento que ocorrem na região. As BIFs ricas em granada estão relacionadas a períodos de intensa atividade vulcânica piroclástica, depositados mais próximos ao continente.

3.2. COBRE, CHUMBO E OURO

Segundo Huhn et al. (2011) as ocorrências de cobre por processos de cisalhamento e brechação hidrotermal associados à mineralização possuem características similares a depósitos do tipo IOCG típico de colapso

de orógeno, envolvendo metassomatismo de ferro, magmatismo granítico peraluminoso, brechação hidrotermal e anomalias significativas de cobre. Os indícios de cobre na área do projeto corresponderam a 3 ocorrências.

Para o chumbo e o ouro os indícios se mostraram restritos a 1 ocorrência para cada metal, tanto que frentes de lavra e garimpo para esses metais encontram-se desativados ou abandonados.

3.3. CONCENTRADOS DE BATEIA

Foram confeccionados os mapas de distribuição dos concentrados de bateia para os minerais anfibólio, apatita, cianita, epidoto, esfênio, estauroilita, granada, ilmenita, limonita, magnetita, micas, monazita, ouro, piroxênios, silimanita, turmalina e zircão. Anfibólio, monazita se destacaram por estarem mais amplamente distribuídos e em maiores concentrações comparado aos demais minerais. A paragénese mineral está associada aos terrenos arqueanos do Complexo Granjeiro e da relação com a origem das formações ferríferas na área do projeto pelos processos de hidrotermalismo em zonas de cisalhamento.

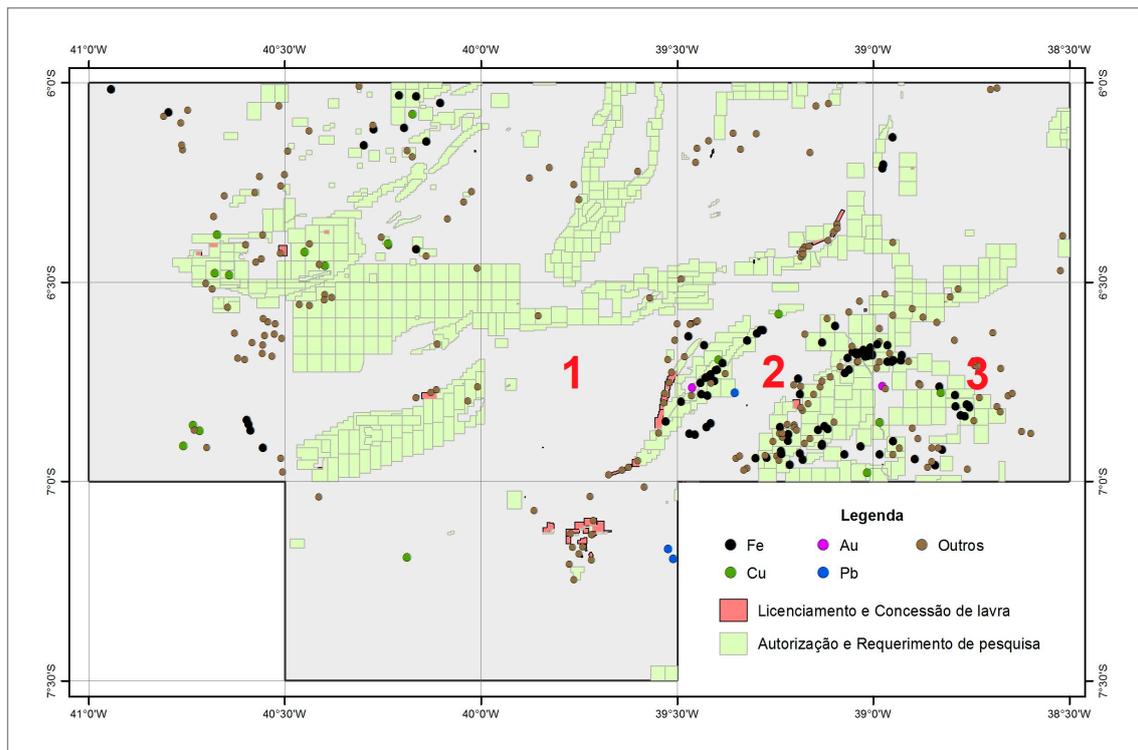


Figura 3.1 - Situação de áreas requeridas de acordo com a ANM (dezembro/2018) e pontos de recursos minerais cadastrados pelo Projeto Granjeiro-Cococi. 1 - Folha Assaré, 2 - Folha Cedro, 3 - Folha Cajazeiras. Fonte: Adaptada de Gomes et al. (2021).

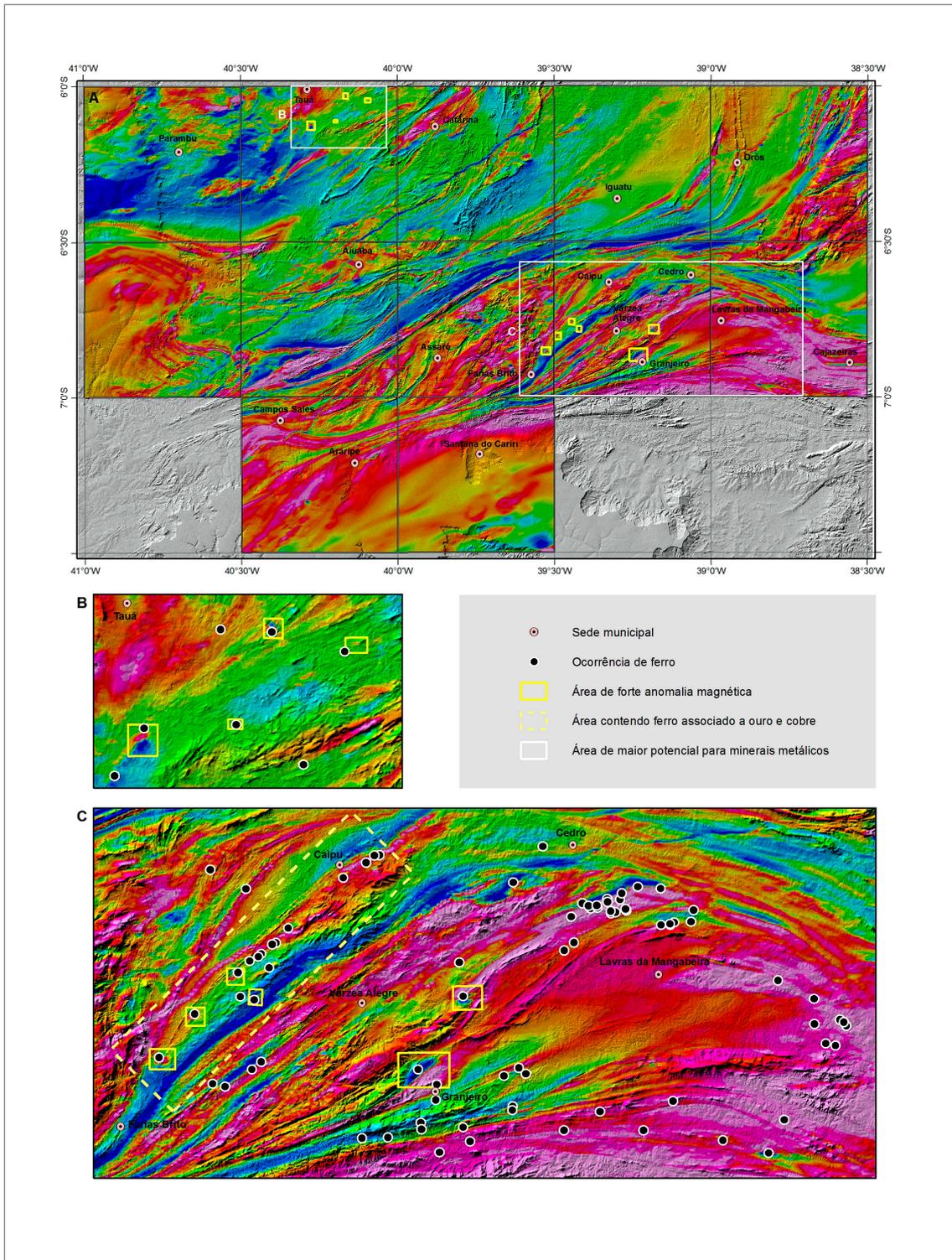


Figura 3.2 - Imagem aerogeofísica do campo magnético anômalo indicando áreas potenciais a ocorrências de ferro de acordo com anomalias dipolares, onde as principais concentrações ferríferas apontam para as regiões de: (A) Tauá e (B) Caipu, Lavras da Mangabeira e Granjeiro (B). Fonte: (GOMES et al., 2021).

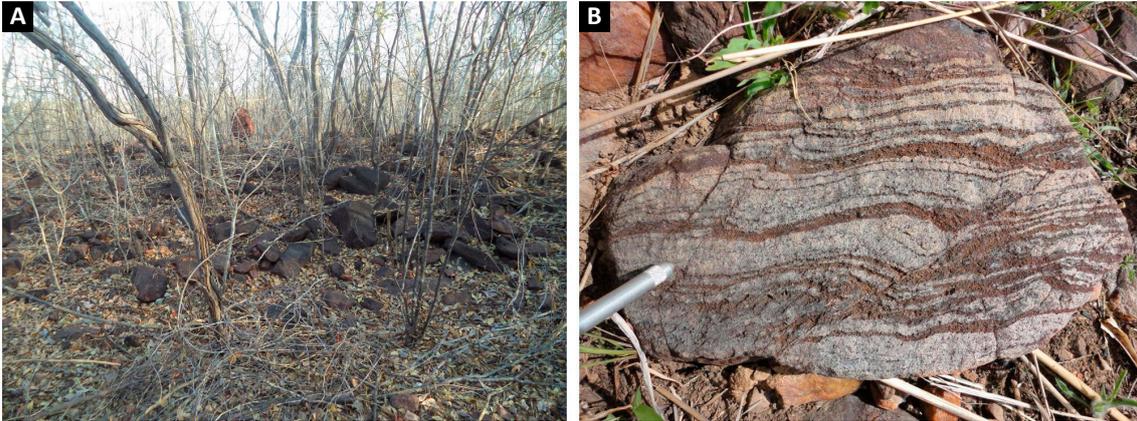


Figura 3.3 - Lente de minério de ferro com matacões dispersos na superfície (A); Bandamento composicional (B) (IG 021 – 451592/9250378). Fonte: (GOMES et al., 2021).

4. MÉTODOS DE TRABALHO

4.1. TRABALHOS DE CAMPO

A distribuição das estações de amostragem obedeceu aos critérios determinados pela metodologia de mapeamento geoquímico dos levantamentos geológicos regionais do Serviço Geológico do Brasil.

4.1.1. Sedimentos de corrente

A amostragem de sedimento de corrente foi do tipo composta. Foram coletadas de três a cinco porções da fração fina, depositada na calha principal da drenagem, com pá plástica. Em campo, o sedimento foi peneirado a 1mm com peneira de nylon e o material foi acondicionado em saco plástico identificado.

A fração fina foi destinada para análise química de 53 elementos (Au, B, Re, Lu, Tb, Ti, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, P, S, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, As, U, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, La, Cr, Ba, W, Sc, Tl, Se, Te, Ga, Cs, Ge, Hf, Nb, Rb, Sn, Ta, Zr, Y, Ce, In, Be, Li, Ag, Hg e Yb) no SGS GEOSOL LABORATÓRIO LTDA. As amostras foram secas a 60°C, peneiradas a 80 mesh, pulverizadas, digeridas com água régia (0,5g com 3ml 2-2-HCl-HNO₃-H₂O) a 95°C por uma hora e diluídas para 10ml e analisadas por ICP-MS.

As amostras de sedimento ativo de corrente representam o material coletado no leito ativo das drenagens, composto principalmente das frações silte e argila. No total, foram coletadas 675 estações nos leitos das drenagens, de forma composta no canal ativo da drenagem, em 5 a 10 porções, peneiradas <1 mm e num raio máximo de 50 metros.

4.1.2. Mineralometria de concentrado de bateia

Foram também coletadas 686 amostras de concentrados de bateia, também de forma composta, porém

diferentemente dos sedimentos de corrente, nos trechos da drenagem com concentradores naturais (curvas, corredeiras, etc.) e programados em locais com áreas de captação de 20 a 40 km². Aproximadamente 20 litros de material foram concentrados por meio de bateia no campo e o produto resultante enviado para análise no SGS GEOSOL LABORATÓRIO LTDA.

A preparação e análise das amostras de concentrado de bateia consistiu de separação das frações leves e pesadas por líquido denso, seguida de pesagem e separação por susceptibilidade magnética (através da utilização de ímã de mão). Determinado número dos grãos de cada amostra, estes foram examinados e identificados sob lupa binocular. A quantidade, ou seja, a proporção de cada mineral foi estimada segundo uma escala semi-quantitativa, na qual os registros dos percentuais obedecem os intervalos <1%, 1 a 5%, 5 a 25%, 25 a 50%, 50 a 75% e >75%, conforme sua abundância na amostra sob exame.

Todas as informações obtidas em campo relativas as amostras de sedimento ativo de corrente e de concentrados de bateia foram registradas em formulário próprio e, posteriormente, arquivadas junto com os resultados analíticos, na base de dados geoquímicos da CPRM e no GeoSGB.

4.2. ANÁLISES QUÍMICAS

As amostras de sedimentos foram enviadas para análise no laboratório analítico da SGS GEOSOL®, localizado na rodovia MG-10, Km 24,5, bairro Angicos, município Vespasiano - MG, Cep 33200-000 e obedeceu ao seguinte processo analítico: (i) secagem a 60°C em estufa, quarteamento e peneiramento em malha < 80 mesh (<0.175mm); (ii) pulverização em fração <80 mesh; (iii) diluição de 0.5g de amostra com água régia a 95°C por uma hora; e (iv) análise de 53 elementos traços por ICP-MS e ICP-OES.

5. RESULTADOS

5.1. GEOQUÍMICA DE SUPERFÍCIE

As informações sobre a distribuição dos elementos químicos em sedimentos de corrente e mineralometria de concentrado de bateia, que representa o estudo dos minerais pesados desagregados no ambiente secundário (aluviões e solos), tem como objetivo fornecer a localização de “anomalias” geoquímicas ou de áreas onde o padrão geoquímico e/ou mineral indica a presença de minérios na vizinhança, seguindo conceitos de Hawkes (1957). Além desta finalidade, o mapeamento geoquímico é relevante para avaliação de fertilidade de solos (agricultura), de áreas contaminadas, da saúde humana e uso e ocupação do solo.

Neste projeto foram coletadas 675 estações de sedimentos de corrente nos leitos das drenagens, e 686 amostras de concentrado de bateia. As coletas foram realizadas preferencialmente nas estações previamente planejadas em escritório. Nos casos em que os locais de coleta, por diversas razões, não foram favoráveis ou acessíveis, cancelou-se ou mudou-se o ponto de coleta para o melhor local possível. A malha final de amostragem foi heterogênea (Figura 5.1).

5.1.1. Resultados Obtidos

Os dados de sedimentos de corrente obedeceram a um processo de tratamento estatístico sequencial, realizado segundo as seguintes etapas:

1 – Utilização de estatística univariada (sumário dos estimadores, histogramas, gráficos de probabilidade normal e gráficos box & whiskers) e bivariada (matriz de correlação). Análise da distribuição espacial dos elementos, cálculo e consistência das anomalias;

2 – Utilização de estatística multivariada (análise de agrupamento e análise fatorial). Análise da distribuição espacial dos auto-valores resultantes da análise fatorial;

3 – Interpretação dos dados tratados sobre uma base geológica com ênfase na litologia e no arcabouço estrutural.

5.2. ESTATÍSTICA UNI-VARIADA

As análises de sedimento de corrente não apresentaram valores detectáveis para os elementos Au, B, Re, Lu, Tb e Yb, sendo, portanto, excluídos estes elementos do sumário estatístico (Tabela 5.1).

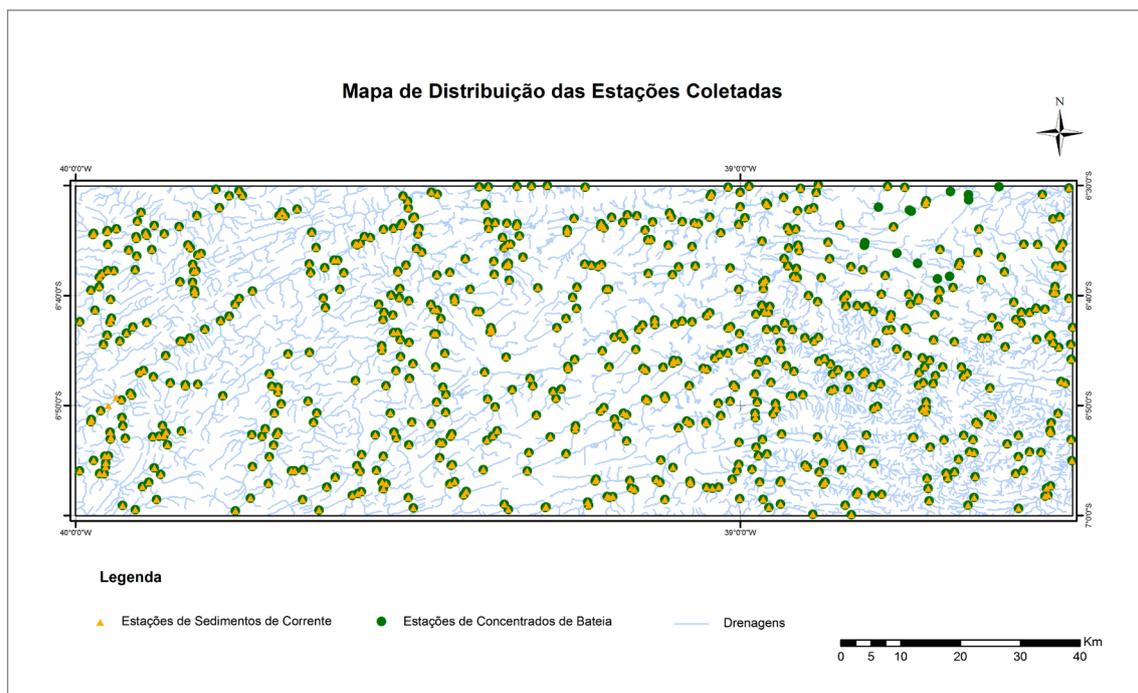


Figura 5.1 - Área de cobertura geoquímica com as estações de amostragem de sedimento de corrente e concentrado de bateia.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram adicionadas ao sumário a concentração média da crosta superior (Mean Upper Crust Concentration - UCC - Wedepohl 1978, 1995) dos elementos analisados, com o intuito de compará-los e avaliar o enriquecimento dos mesmos.

Os valores abaixo do limite de detecção foram substituídos pela metade deste valor e em seguida os dados foram logtransformados. Limite de detecção segundo os critérios da RDC nº 166 é definido como a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado. O coeficiente de variação leva em consideração a medida de dispersão absoluta (desvio padrão) e a média da série. Quanto maior o valor do coeficiente de variação, maior é a dispersão dos valores do conjunto e quanto menor o valor do coeficiente de variação, mais homogêneo é o conjunto. Para se definir os limiares foi adotado o diagrama de box & whiskers (Figura 5.2) proposto por Tukey (1977) utilizando os valores do primeiro e terceiro quartis (Q1 e Q3). As anomalias de primeira ordem representam os valores superiores ao limiar ($Q3+3*[Q3-Q1]$) e as de segunda ordem representam os limites superiores internos entre ($Q3+1,5*[Q3-Q1]$) e ($Q3+3*[Q3-Q1]$). A Tabela 5.1 apresenta o sumário estatístico dos 48 elementos selecionados.

Foram gerados os mapas de geoquímica de superfície uni-elementares de 37 elementos químicos com exceção dos elementos Au, B, Re, Lu, Tb e Yb por não apresentarem valores detectáveis. Cd, Ge, Hg, Te, In, Na, S, Sb, Se, Ta, W não constam nos mapas uni-elementares por apresentarem a maior parte dos valores distribuídos em grandes patamares bem distantes no diagrama QQ-Plot, tal padrão inviabiliza uma interpretação geológica dos dados tornando estes elementos sem condições de atribuir um significado geológico.

Em todos os mapas gerados é possível fazer a correlação espacial com a bacia de proveniência e a geologia da área em estudo. A simbologia que se observa nos mapas de geoquímica de superfície de sedimentos de corrente é a representação dos quartis apresentados nos gráficos box-plot (Figura 5.2) para cada elemento, ou seja, sempre que possível os resultados analíticos dos elementos químicos foram separados em classes.

5.3. RESULTADOS OBTIDOS

Os elementos maiores (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, S, Ti, analisados nesse projeto) estão presentes em quantidades superiores a 0,1% e são expressos em %. Dentre estes, os que apresentaram maiores teores foram Fe e Al.

O Ferro possui os maiores teores observados (0,53% a 9,27%) com uma mediana de 2,47% (Tabela 5.1). Já era esperado esses teores elevados para Fe, tanto por ser um elemento com níveis de background elevados

em sedimentos (indicador de óxidos e hidróxidos de ferro e de manganês) como também pela presença de mineralizações (principalmente na Folha Cedro) com afloramentos do Complexo Granjeiro, unidade arqueana que é a principal área fonte. As anomalias (7,85% a 9,27%) para o ferro se restringiram a dois locais pontuais que geologicamente correspondem ao Complexo Granjeiro e Suíte Intrusiva Itaporanga (Figura 5.15).

O Alumínio apresentou teores variando de 0,27 a 4,43% com uma mediana de 1,34% (Tabela 5.1). Juntamente com o Fe, o Al também participa na geoquímica de sedimentos como elemento de suporte (elevados níveis de background) por ser um indicador de argilominerais. A distribuição do Al mostra apenas uma anomalia (4,42 a 4,43%), limitando-se a Folha Cajazeiras que geologicamente engloba o Complexo Caicó (Figura 5.4).

O Magnésio variou entre 0,03 a 1,71% com mediana de 0,36% (Figura 5.21) e Cálcio variou entre 0,04 a 1,76% com mediana de 0,31% (Figura 5.9) são elementos indicadores de rochas máficas e ultramáficas.

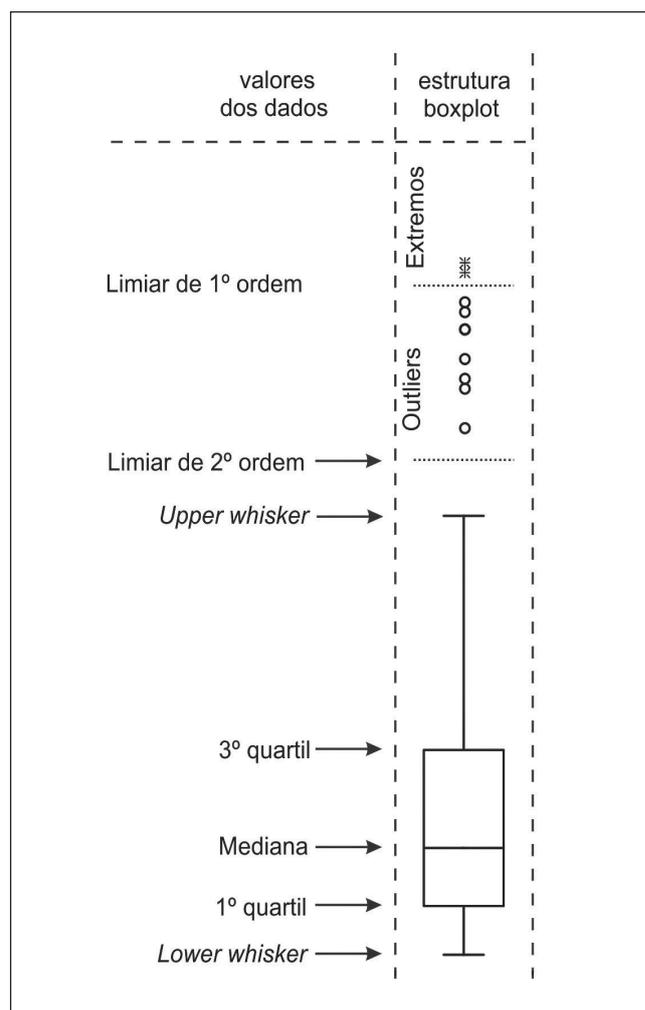


Figura 5.2 - Gráfico box & whiskers utilizado para calcular os limiares de 1 e 2 ordens. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5.1 - Sumário estatístico dos elementos analisados nos sedimentos de corrente. Fonte: Elaborado pelo autor.

ELEMENTO	LIMITE INF.	GRAU DETECÇÃO	ABAIXO LIM.	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA ARIT.	MEDIANA	1° QUARTIL	3° QUARTIL	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIACÃO (%)	LIMITE DE 2° ORDEM (Q3+1,5[Q3-Q1])	LIMITE DE 1° ORDEM (Q3+3[Q3-Q1])	UCC
Ag-ppm	0,01	36	639	0,01	2,32	0,08	0,08	0,04	0,16	0,41	210,14	1,58	15,76	0,055
Al-%	0,01	675	0	0,27	4,43	1,29	1,34	0,98	1,79	0,65	45,64	4,42	10,91	7,7
As-ppm	1	202	473	1,00	9,00	1,67	1,00	1,00	2,00	1,56	76,03	5,66	16,00	2
Ba-ppm	5	675	0	25,00	664,00	123,65	125,00	89,00	171,00	71,27	51,23	455,41	1212,87	668
Be-ppm	0,1	675	0	0,20	3,00	0,90	0,90	0,60	1,30	0,53	51,37	4,15	13,22	3,1
Bi-ppm	0,02	649	26	0,01	1,88	0,08	0,08	0,05	0,13	0,12	111,57	0,55	2,28	0,123
Ca-%	0,01	675	0	0,04	1,76	0,291	0,310	0,20	0,46	0,22	61,84	1,60	5,60	2,9
Cd-ppm	0,01	553	122	0,005	3,470	0,024	0,030	0,020	0,040	0,14	333,10	0,113	0,320	0,102
Ce-ppm	0,05	675	0	12,18	560,69	77,42	79,86	52,31	114,14	52,32	57,90	367,89	1185,76	65,7
Co-ppm	0,1	675	0	0,70	29,60	7,88	8,50	5,70	11,90	5,06	54,51	35,90	108,28	11,6
Cr-ppm	1	675	0	5,00	243,00	31,13	33,00	21,00	48,00	26,53	69,14	165,87	573,20	35
Cs-ppm	0,05	675	0	0,10	7,29	1,39	1,43	0,95	2,06	1,07	63,74	6,58	21,00	5,8
Cu-ppm	0,5	674	1	0,25	663,50	11,70	12,00	8,00	18,20	26,52	176,94	62,45	214,30	14,3
Fe-%	0,01	675	0	0,530	9,270	2,402	2,470	1,860	3,310	1,12	42,57	7,858	18,654	3,1
Ga-ppm	0,1	675	0	0,70	18,50	6,14	6,40	4,8	8,70	3,05	44,50	21,23	51,80	14
Ge-ppm	0,1	189	486	0,05	0,80	0,07	0,05	0,05	0,10	0,09	93,56	0,28	0,80	1,4
Hf-ppm	0,05	629	46	0,025	1,410	0,107	0,110	0,070	0,150	0,12	85,95	0,471	1,476	5,8
Hg-ppm	0,01	257	418	0,005	0,070	0,008	0,005	0,005	0,020	0,01	98,08	0,160	1,280	0,05
In-ppm	0,02	408	267	0,010	0,080	0,019	0,020	0,010	0,030	0,01	58,97	0,156	0,810	0,056
K-%	0,01	675	0	0,080	1,380	0,353	0,360	0,260	0,480	0,19	47,86	1,204	3,020	2,9
La-ppm	0,1	675	0	5,90	295,30	38,55	39,90	26,40	58,70	27,17	59,95	194,62	645,27	32,3
Li-ppm	1	669	6	0,5	30,0	6,6	7	5	10	4,96	61,64	28,3	80,0	22
Mg-%	0,01	675	0	0,03	1,71	0,334	0,3600	0,25	0,53	0,23	56,57	1,64	5,05	1,4
Mn-ppm	5	675	0	99,00	9418,90	369,67	366,00	266,00	498,00	425,91	98,37	1275,70	3267,91	527
Mo-ppm	0,05	675	0	0,130	4,900	0,484	0,470	0,340	0,660	0,36	65,08	1,785	4,828	1,4

(Continua)

Tabela 5.1 - Sumário estatístico dos elementos analisados nos sedimentos de corrente. Fonte: Elaborado pelo autor. (Continuação)

ELEMENTO	LIMITE INF.	GRAU DETECÇÃO	ABAIXO LIM.	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA ARIT.	MEDIANA	1° QUARTIL	3° QUARTIL	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIACÃO (%)	LIMITE DE 2° ORDEM (Q3+1,5[Q3-Q1])	LIMITE DE 1° ORDEM (Q3+3[Q3-Q1])	UCC
Na-%	0,01	669	6	0,005	1,950	0,038	0,040	0,030	0,060	0,11	206,05	0,170	0,480	1
Nb-ppm	0,05	675	0	0,310	30,280	2,178	2,190	1,550	3,060	2,27	86,15	8,488	23,544	26
Ni-ppm	0,5	675	0	0,60	121,30	13,24	14,40	8,00	22,10	13,42	77,32	101,47	465,91	18,6
P-ppm	50	672	3	25,00	3824,99	447,63	476,00	303,00	737,00	419,01	73,29	2795,78	10605,69	665
Pb-ppm	0,2	674	1	0,10	212,90	10,00	10,10	7,40	13,70	9,44	82,36	34,51	86,93	17
Rb-ppm	0,2	675	0	5,60	163,60	39,72	42,30	28,70	58,80	23,14	50,88	172,43	505,66	110
S-%	0,01	464	211	0,005	0,470	0,014	0,020	0,005	0,030	0,03	135,21	0,441	6,480	62
Sb-ppm	0,05	475	200	0,025	1,080	0,081	0,120	0,025	0,150	0,09	83,71	2,205	32,400	0,31
Sc-ppm	0,1	675	0	0,70	17,00	4,52	4,70	3,40	6,40	2,53	49,43	16,53	42,69	84
Se-ppm	1	36	639	0,50	3,00	0,53	0,50	0,50	0,50	0,29	52,74	0,50	0,50	0,09
Sn-ppm	0,3	675	0	0,40	223,30	1,48	1,40	1,10	1,90	10,48	489,23	4,31	9,79	2,5
Sr-ppm	0,5	675	0	6,20	177,50	29,89	29,90	20,90	43,90	22,19	62,93	133,64	406,84	316
Ta-ppm	0,05	10	665	0,025	0,180	0,025	0,025	0,025	0,025	0,01	34,33	0,025	0,025	1,5
Te-ppm	0,05	62	613	0,025	0,200	0,028	0,025	0,025	0,025	0,02	59,02	0,025	0,025	-
Th-ppm	0,1	675	0	0,60	315,90	12,28	12,00	6,60	21,50	19,05	109,53	126,41	743,22	10,3
Ti-%	0,01	674	1	0,005	0,44	0,09	0,10	0,07	0,13	0,05	49,49	0,33	0,83	0,3
Tl-ppm	0,02	675	0	0,03	0,78	0,23	0,24	0,17	0,32	0,12	47,41	0,83	2,13	1
U-ppm	0,05	675	0	0,22	18,41	1,86	1,90	1,17	2,97	1,83	77,28	12,01	48,58	2,5
V-ppm	1	675	0	3,0	182	31,5	34,0	23	47	20,53	55,53	137,3	401,1	53
W-ppm	0,1	426	249	0,05	4,30	0,14	0,10	0,05	0,30	0,37	151,91	4,41	64,80	-
Y-ppm	0,05	675	0	1,89	52,92	13,01	13,70	9,65	18,77	7,42	50,05	50,92	138,13	20,7
Zn-ppm	1	675	0	4,00	165,00	32,48	35,00	25,00	47,00	18,08	48,95	121,15	312,30	52
Zr-ppm	0,5	652	23	0,25	63,60	3,11	3,20	2,00	5,30	4,77	108,40	22,86	98,63	237

Apenas o Magnésio se distribuiu com uma anomalia (1,64 a 1,71%) pontual a oeste da área do projeto que abrange a Suíte Intrusiva Itaporanga.

O Potássio (0,08 a 1,38%, com mediana de 0,36%) e Sódio (0,005 a 1,95%, com mediana de 0,04%), como indicadores de álcalis e de minerais félsicos, se mostraram mais amplamente distribuídos com várias anomalias (0,17 a 1,95%) ocorrendo para o Sódio ao longo das Folhas Cedro e Cajazeiras e o Potássio se restringindo as anomalias (1,20 a 1,38%) pontuais na Suíte Intrusiva Itaporanga e Complexo Granjeiro (Figura 5.18).

Os elementos menores apresentam concentrações entre 0,1 (1000 ppm) a 1,00% e são representados nesse estudo pelos elementos Ti, Mn e P. O Titânio (0,005 a 0,44% com mediana de 0,10%) apresentou anomalias (0,33 a 0,44%) restritas à Suíte Intrusiva Itaporanga e Complexo Caicó (Figura 5.33).

O Manganês variou entre 99,00 a 9418,90 ppm, com mediana de 366,00 ppm (Figura 5.22) e o Fósforo variou entre 25,00 a 3824,99 ppm, com mediana de 476,00 ppm (Figura 5.26) mostraram-se distribuídos nas três Folhas (Assaré, Cedro e Cajazeiras) com anomalias (1275,70 a 9418,90 ppm para o manganês e 2795,78 a 3824,99 ppm para o Fósforo) preferencialmente localizadas na Suíte Intrusiva Itaporanga, Complexo Arábia (Unidade Ipaumirim), Complexo Granítico Rio Quixeramobim (Granitos Brasileiros), Complexo Granjeiro e Complexo Caicó.

O Lantânio variou entre 5,90 a 295,30 ppm, com mediana de 39,90 ppm (Figura 5.19) e o Cério com teores entre 12,18 e 560,69 ppm, com mediana de 79,86 ppm (Figura 5.10) restringiram suas anomalias (194,62 a 295,30 ppm para o La e 367,89 a 560,69 ppm para o Cério) aos Complexos Granjeiro e Caicó na folha 3 (Cajazeiras). Os elementos terras raras – ETR ou lantanídeos - analisados (La e Ce) são nitidamente litófilos e ocorrem sob duas formas principais: nos minerais essenciais das rochas, ocupando posições estruturais compatíveis com seu raio e número atômico, e minerais próprios.

Dentre os demais elementos traço (concentrações inferiores a 1000 ppm) foram analisados Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Ge, Hf, Hg, In, Li, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Tl, U, V, W, Y, Zn e Zr. Os que apresentaram maiores concentrações (acima de 100 ppm) foram Bário, Cromo, Cobre, Níquel, Chumbo, Rubídio, Estanho, Estrôncio, Tório e Zinco.

As anomalias para o Bário (455,41 a 664,00 ppm) estiveram presentes na Suíte Intrusiva Itaporanga e no Complexo Caicó. Segundo Lindenmayer et al. (1998), o Bário é um indicador da existência de mica branca, caracterizada por valores superiores a 150 ppm (Figura 5.6).

O Cromo obteve anomalias (165,87 a 243,00 ppm) na Suíte Intrusiva Itaporanga, Complexo Granjeiro e Complexo Caicó, além de indicar a presença de rochas ultrabásicas (Figura 5.12). É considerado como elemento

traço na crosta terrestre, incorpora vários silicatos formadores de rocha substituindo íons metálicos (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Mg^{2+} , etc.), apresenta altos teores em rochas ultramáficas e caracteriza-se por possuir um ciclo geoquímico exógeno de baixa mobilidade hidrolítica (BARBOSA; MELFI; NAHON, 1996). WHO (2020) cita que o Cr^{3+} é estável, pouco móvel em solos e água, além de ser encontrado na composição dos minerais cromita e goethita (minerais resistados). Esse comportamento geoquímico do cromo faz supor que a rocha fonte desse elemento esteja situada próximo às ocorrências.

O Cobre obteve anomalias (62,45 a 663,50 ppm) na Suíte Intrusiva São João do Sabugi, Formação Caipu do Complexo Tamboril-Santa Quitéria e Complexo Caicó (Figura 5.14). Os minerais típicos do cobre são calcopirita, malaquita e tetraedrita, ocorrendo em maior abundância na calcopirita, sendo seus possíveis minerais hospedeiros biotita, piroxênio, anfibólio e magnetita, geralmente, os teores de cobre são elevados em argilitos e xistos (REIMANN; CARITAT, 1998).

O Níquel apresentou anomalias (101,47 a 121,30 ppm) localizadas na Suíte Intrusiva Itaporanga, Complexo Caicó e Complexo Granjeiro (Figura 5.25). Os minerais típicos do níquel são a niquelita ($NiAs$), a garnierita ($(Ni,Mg)_3Si_2O_5(OH)_4$) e a pentlandita ($(Fe, Ni)_9S_8$). Os possíveis minerais hospedeiros deste elemento são: olivina, piroxênios, anfibólios, micas, granadas, pirita e calcopirita (DEER; HOWIE; ZUSSMAN, 1966; REIMANN; CARITAT, 1998). O comportamento biogeoquímico de metais pesados em sedimentos de corrente depende diretamente das propriedades físicas, químicas, mineralógicas e da interação água e biota. Cavalcante et al. (2011) cita que os teores de níquel mesmo em valores compatíveis com os padrões da crosta terrestre, podem estar relacionados a rochas de composição ácida, condicionando um fator metalogeneticamente prospectivo.

O Chumbo mostrou suas anomalias (34,51 a 212,90 ppm) no Complexo Granítico Rio Quixeramobim (Granitos Brasileiros), Formação Caipu do Complexo Tamboril-Santa Quitéria e Complexo Caicó (Figura 5.27). Os teores naturais mais elevados de Chumbo ocorrem essencialmente em alguns tipos de rocha como argilitos, xistos, granitos e granodioritos, a partir da concentração de elementos metálicos em vapores magmáticos principalmente em sistemas hidrotermais (HOERLLE, 2016).

O Rubídio ocorreu no Complexo Arábia (Unidade Ipaumirim) e Complexo Granítico Rio Quixeramobim (Granitos Brasileiros) não apresenta anomalias, podendo ocorrer correlacionada com rochas ácidas de composição granítica (Figura 5.28).

O Estanho evidenciou anomalias (4,31 a 223,30 ppm) localizadas nos Complexos Granjeiro, Caicó e Granítico Rio Quixeramobim – Granitos Brasileiros (Figura 5.30).

As associações naturais de Estanho ocorrem essencialmente em pegmatitos, filões, greisens e em cassiterita. Os possíveis minerais hospedeiros deste elemento são: a biotita, a moscovita, o sanfíbolios, o rutilo, a turmalina e a magnetita (DEER; HOWIE; ZUSSMAN, 1966; REIMANN; CARITAT, 1998).

As anomalias de 133,64 a 177,50 ppm para o Estrôncio predominaram na Suíte Intrusiva Itaporanga, ocorrendo também nos Complexos Granjeiro e Caicó (Figura 5.31). Os teores de Sr obtidos (6,20 a 177,50 ppm, com mediana de 29,90 ppm) podem refletir a presença de plagioclásio e escassez de k-feldspato e micas.

O Tório (0,60 a 315,90 ppm, com mediana de 12,00 ppm) mostrou uma distribuição predominando na porção central (Folhas Cedro e Cajazeiras) e ocorrendo em uma maior variedade de litologias (Complexo Granítico Rio Quixeramobim – Granitos Brasileiros, Complexo Arábia – Unidade Ipaumirim, Suíte Várzea Alegre, Complexo Granjeiro e Complexo Caicó), considerando suas anomalias que variaram de 126,41 a 315,90 ppm (Figura 5.32). Geoquimicamente, as rochas félsicas, pegmatitos graníticos, apresentam enriquecimento em tório e outros elementos.

O Vanádio (3,00 a 182,00 ppm, com mediana de 34,00 ppm) se distribuiu com base nas suas anomalias (137,3 a 182,00 ppm) na Suíte Intrusiva Itaporanga, Suíte Intrusiva São João do Sabugi e Complexo Granjeiro (Figura 5.36). Vanádio pode estar associado ao arsênio, depósitos sedimentares de cobre, em rochas ricas em fosfato, complexos máfico-ultramáficos acamadados, gabros, magnetitos e anortositos (FORNARI, 1998).

O Zinco (4,00 a 165,00 ppm, com mediana de 35,00 ppm) se restringiu a dois litótipos considerando suas anomalias (121,15 a 165,00 ppm): Complexo Arábia – Unidade Ipaumirim e Complexo Caicó (Figura 5.38). Segundo Batchelor e Kinnaird (1984), o Zinco tende a se concentrar em minerais ferríferos tardios e comumente em pegmatitos graníticos, podendo também estar presente em filões de substituição metassomática.

Dentre os demais elementos traço: Prata, Arsênio, Berilo, Bismuto, Cádmio, Cobalto, Césio, Gálio, Germano, Háfnio, Mercúrio, Índio, Lítio, Molibdênio, Nióbio, Antimônio, Escândio, Selênio, Tântalo, Telúrio, Urânio, Vanádio, Tungstênio, Ítrio e Zircônio, apresentaram maiores teores Zr (0,25 a 63,60 ppm, com mediana de 3,20 ppm), Y (1,89 a 52,92 ppm, com mediana de 13,70) (Figura 5.37), Nb (0,31 a 30,28 ppm, com mediana de 2,190 ppm) e Li (0,50 a 30,0 ppm, com mediana de 7,00 ppm).

Zircônio (15,21 a 63,60 ppm) (Figura 5.39) e Nióbio (7,59 a 30,28 ppm) (Figura 5.24) mostraram suas anomalias distribuídas nas três Folhas, sendo assim, distribuíram-se numa maior variedade de litologias: Suíte Serra do Deserto, Complexo Jaguaretama (Unidade Pio IX), Suíte Intrusiva Itaporanga, Complexo Caicó, Complexo Arábia

(Unidade Ipaumirim), Complexo Granítico Rio Quixeramobim – Granitos Brasileiros, Complexo Granjeiro e Grupo Rio do Peixe (Unidade Sousa). As anomalias para o Y (50,92 a 52,92 ppm) se restringiram aos Complexos Granjeiro e Caicó. Goldschmidt (1934), autor que demonstrou que o potencial iônico pode explicar razoavelmente os fenômenos relacionados com a distribuição de elementos entre os sedimentos e águas naturais, agrupou Zr, Y e Nb pela facilidade com que se hidrolisam e precipitam na forma de hidróxidos.

As anomalias para o Lítio (28,3 a 30,00 ppm) mostraram-se presentes no Complexo Caicó, Complexo Jaguaretama (Unidade Pio IX), Complexo Granítico Rio Quixeramobim – Granitos Brasileiros e Complexo Tamboril-Santa Quitéria (Formação Caipu) (Figura 5.20). Os minerais fonte de lítio (espodumênio, lepidolita, amblygonita, petalita, trifilita-litiofilita) estão geralmente associados a estruturas filonianas aplito-pegmatíticas ou hidrotermais que se formam nos estágios finais de consolidação de magmas graníticos (OLIVEIRA et al., 2017).

Prata (Figura 5.3), Arsênio (Figura 5.5), Bismuto (Figura 5.8), Cádmio, Césio (Figura 5.13), Germânio, Háfnio (Figura 5.17), Mercúrio, Molibdênio (Figura 5.23), Níquel, Antimônio, Escândio (Figura 5.29), Urânio (Figura 5.35) e Tungstênio foram os elementos traço com menores teores considerando suas anomalias (abaixo de 20 ppm). Por seus baixos teores relativos comparados aos demais, esses elementos traços apresentam dispersos, alguns até contemplando as três folhas (Assaré, Cedro e Cajazeiras) da área estudada. Sendo assim, torna-se conveniente a interpretação desses elementos em associação com outros para que haja uma assinatura geoquímica no intuito de mapear áreas-alvo de corpos mineralizados.

Selênio, Tântalo, Telúrio e Tálíio (Figura 5.34) apresentaram anomalias próximas ao limite de detecção. Berílio (Figura 5.7), Cobalto (Figura 5.11), Gálio (Figura 5.16) e Índio não apresentaram anomalias.

A matriz de correlação como estatística bivariada representa a relação de um elemento com outro, nela foram utilizados os valores logtransformados. Os seguintes intervalos de correlação foram adotados: correlação nula (0); fraca (zero-0,3); regular (0,3-0,8); forte [0,8-0,9]; muito forte [0,9-1]. Quando estes valores se apresentam negativos indicam uma correlação inversa (Tabela 5.2).

Os elementos que apresentaram mais de 70% dos valores abaixo do grau de detecção do método analítico, não participaram das análises estatísticas que envolveram correlação. Os elementos Ag, As, Hg, Ge, In, S, Sb, Se, Ta, Te e W, foram, portanto, excluídos da estatística bivariada e multivariada. Esses elementos, apresentando estas características, podem levar a grande probabilidade de correlações espúrias, ao acaso, pois há um grande erro embutido na utilização dos dados censurados.

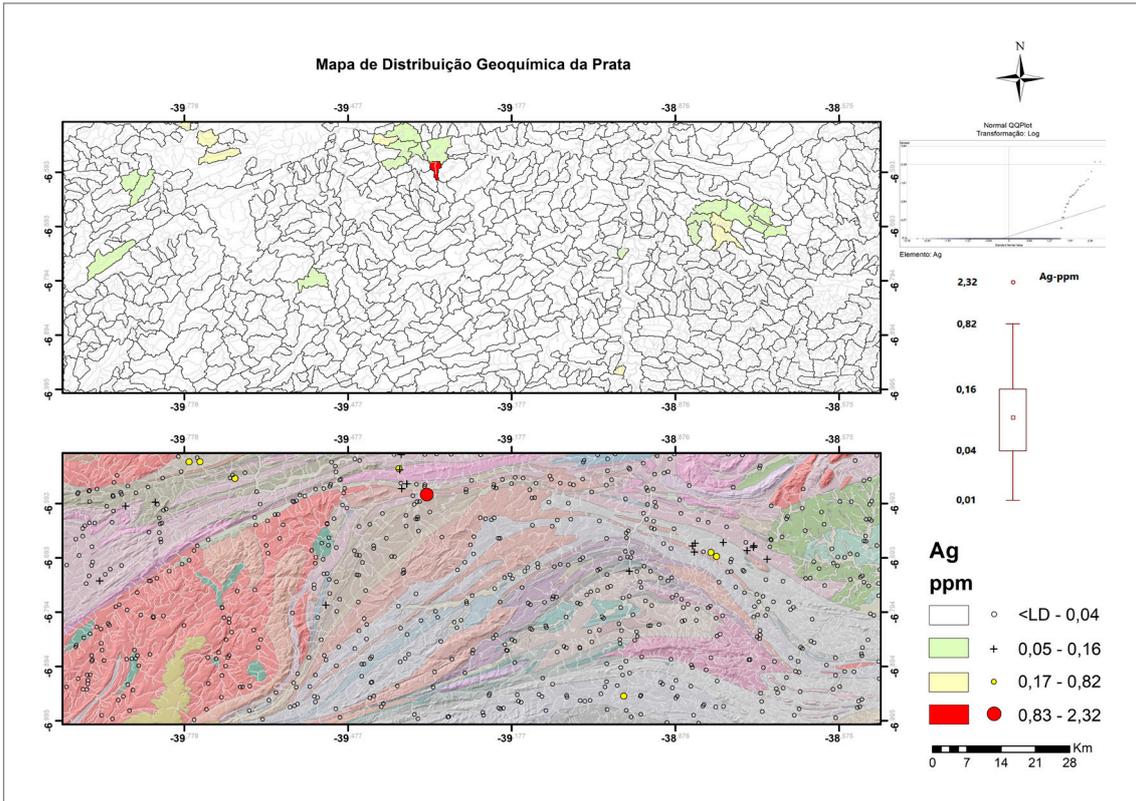


Figura 5.3 - Distribuição espacial da Ag em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

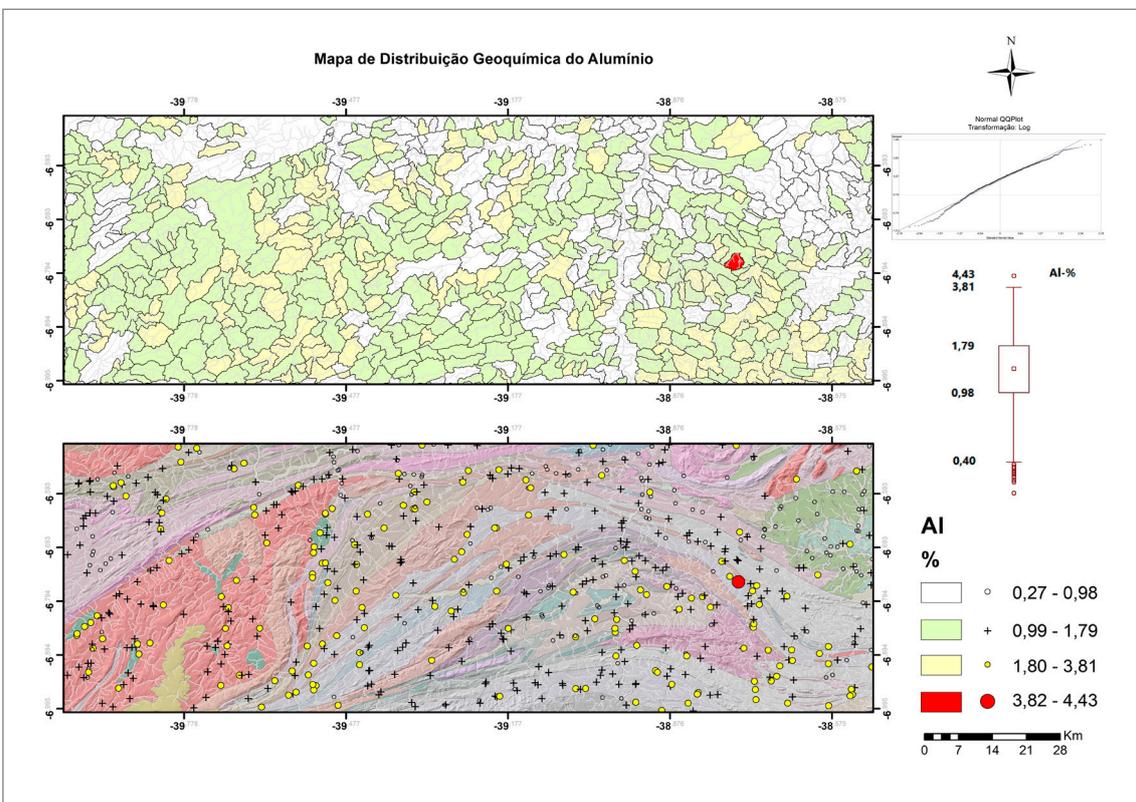


Figura 5.4 - Distribuição espacial do Al em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

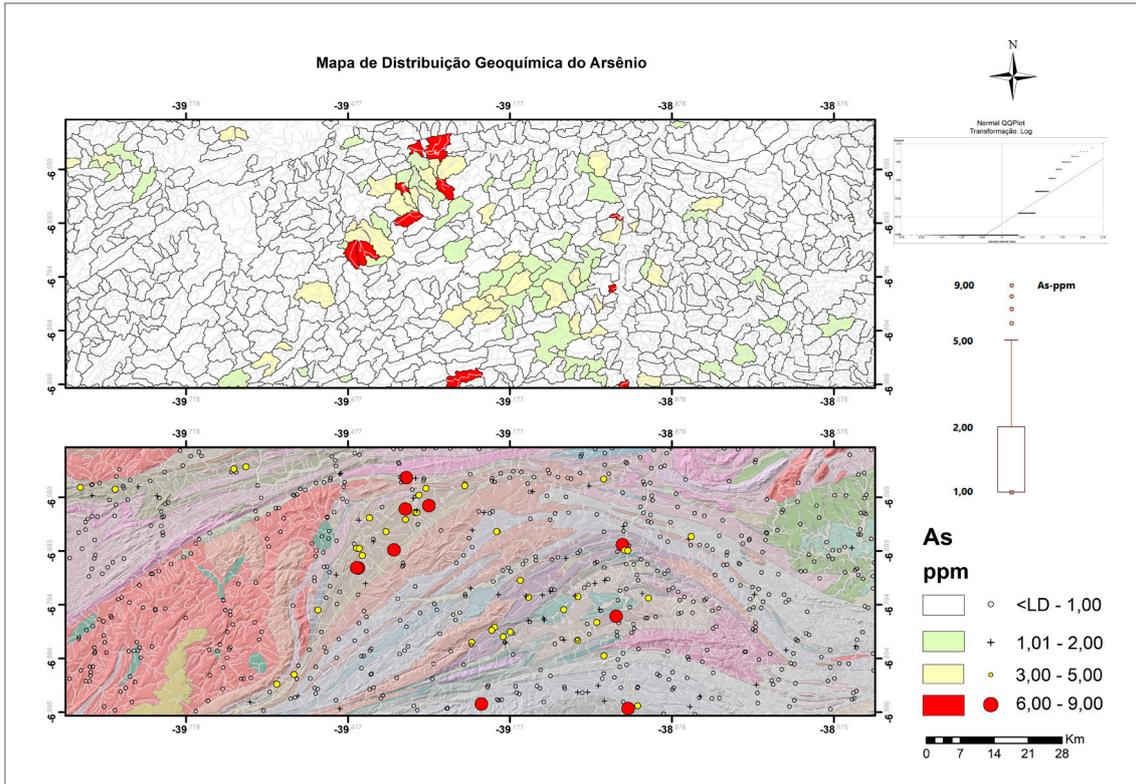


Figura 5.5 - Distribuição espacial do As em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

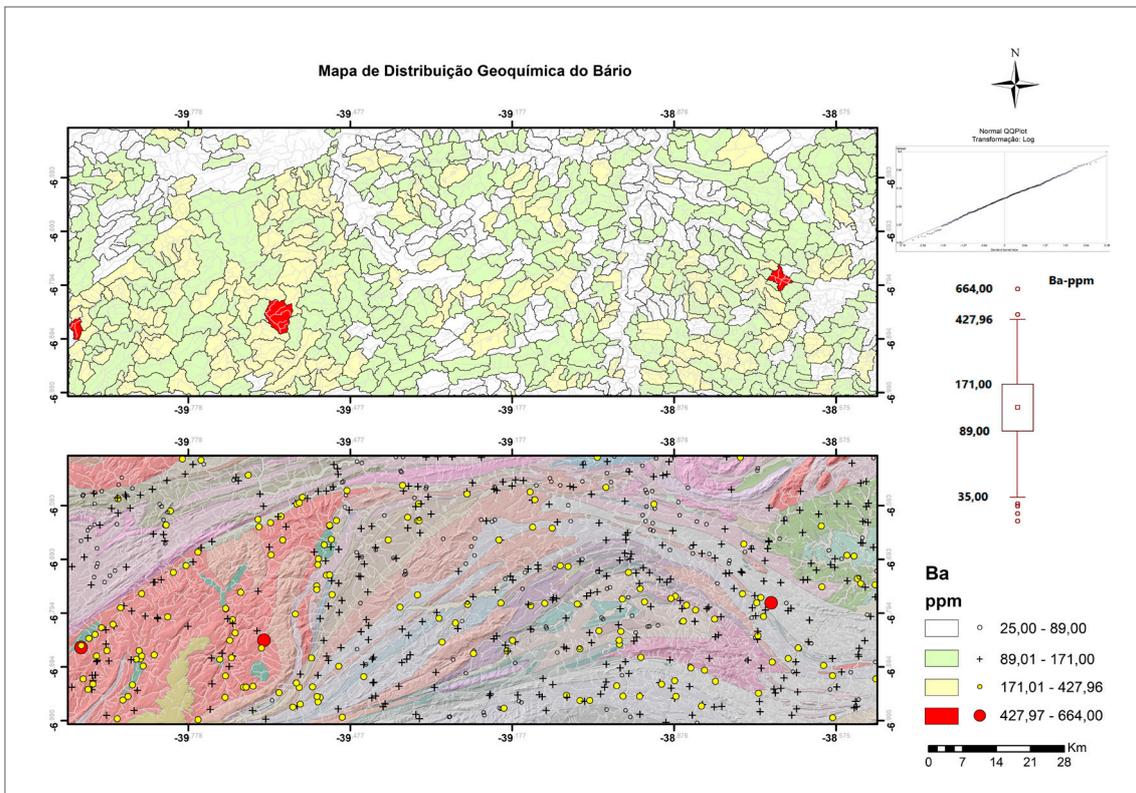


Figura 5.6 - Distribuição espacial do Ba em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

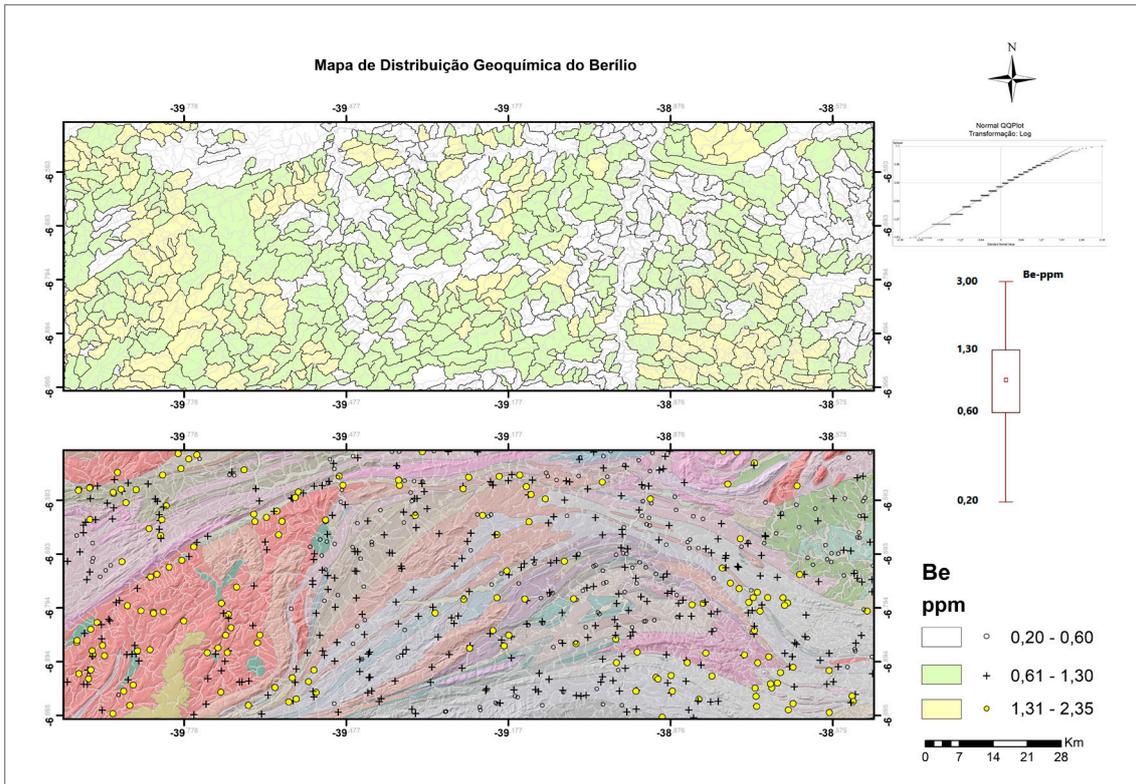


Figura 5.7 - Distribuição espacial do Be em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

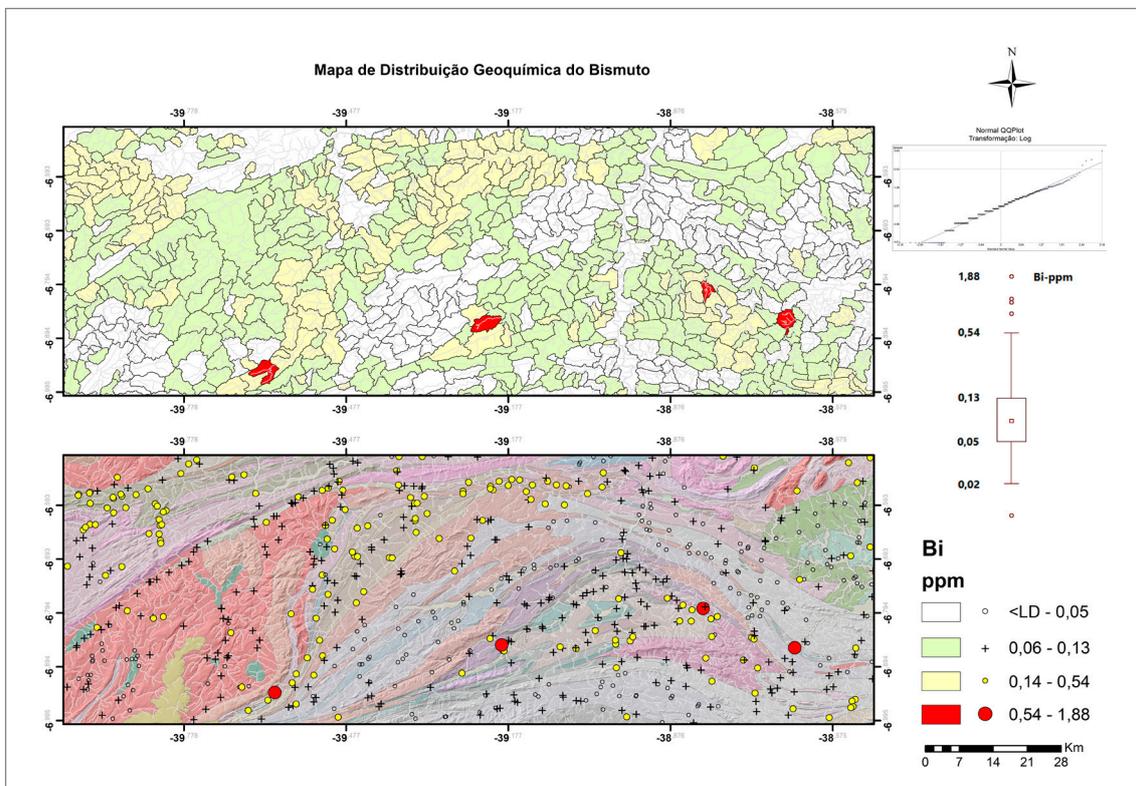


Figura 5.8 - Distribuição espacial do Bi em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

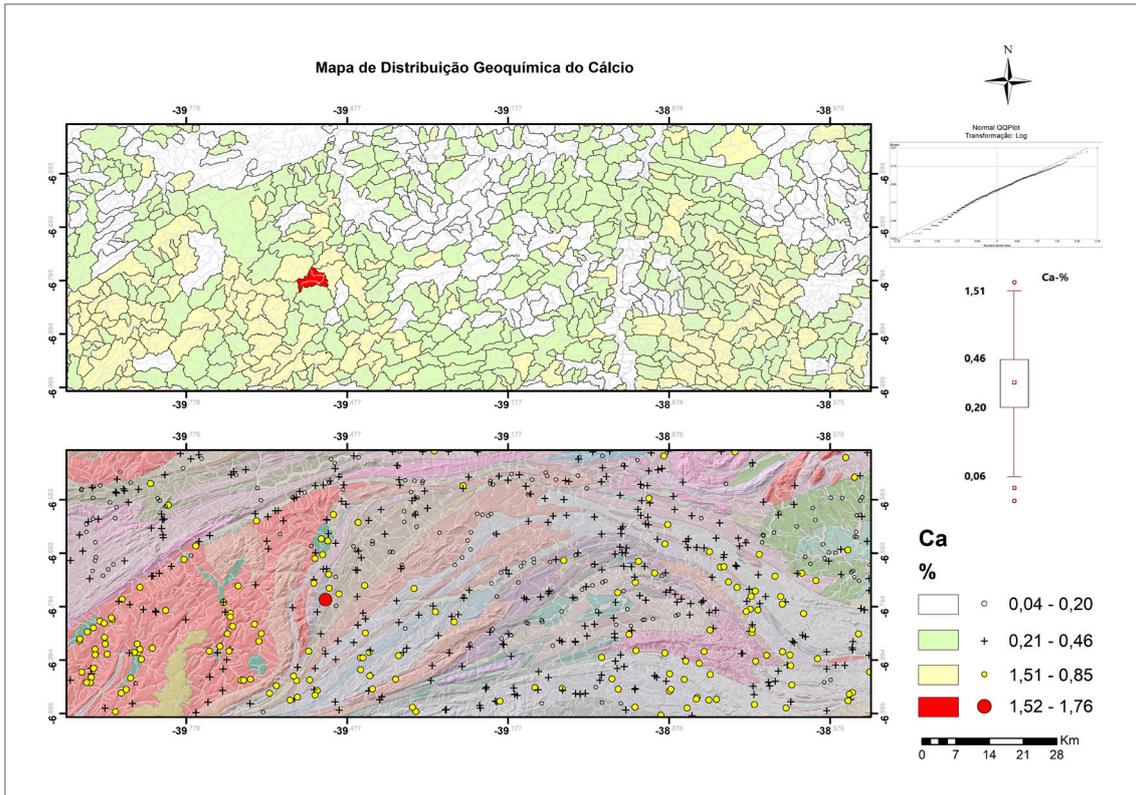


Figura 5.9 - Distribuição espacial do Ca em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

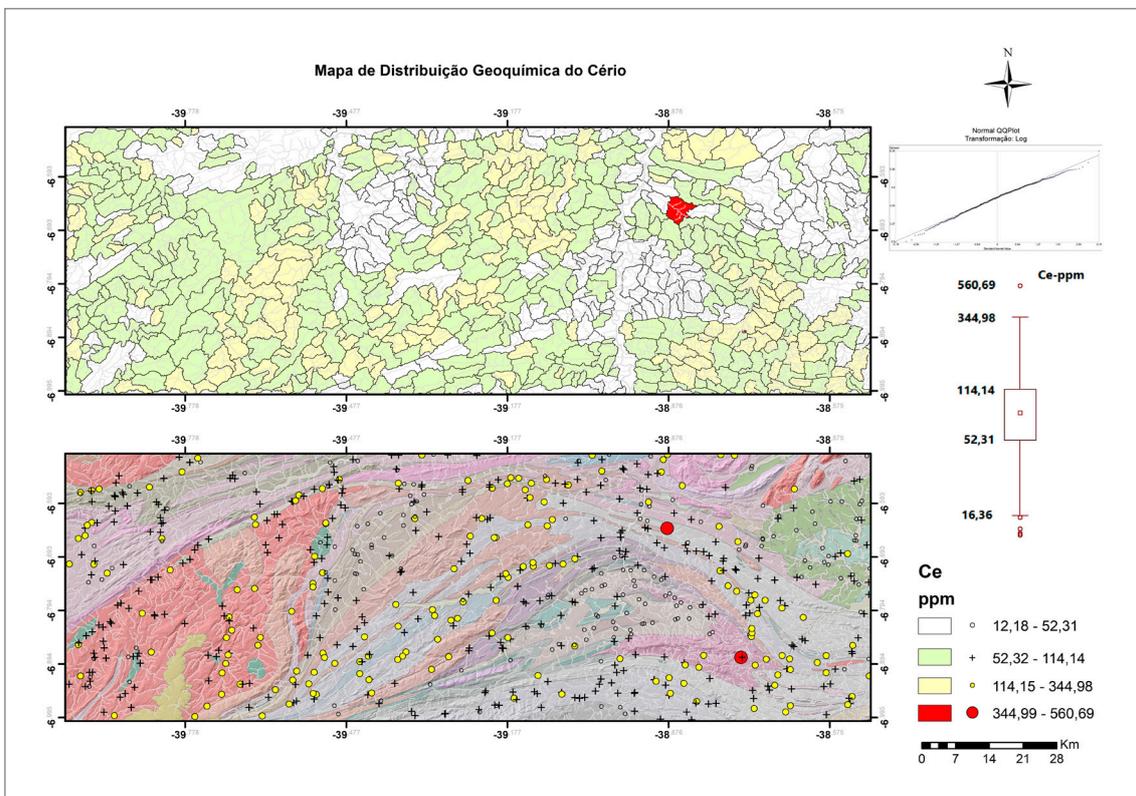


Figura 5.10 - Distribuição espacial do Ce em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

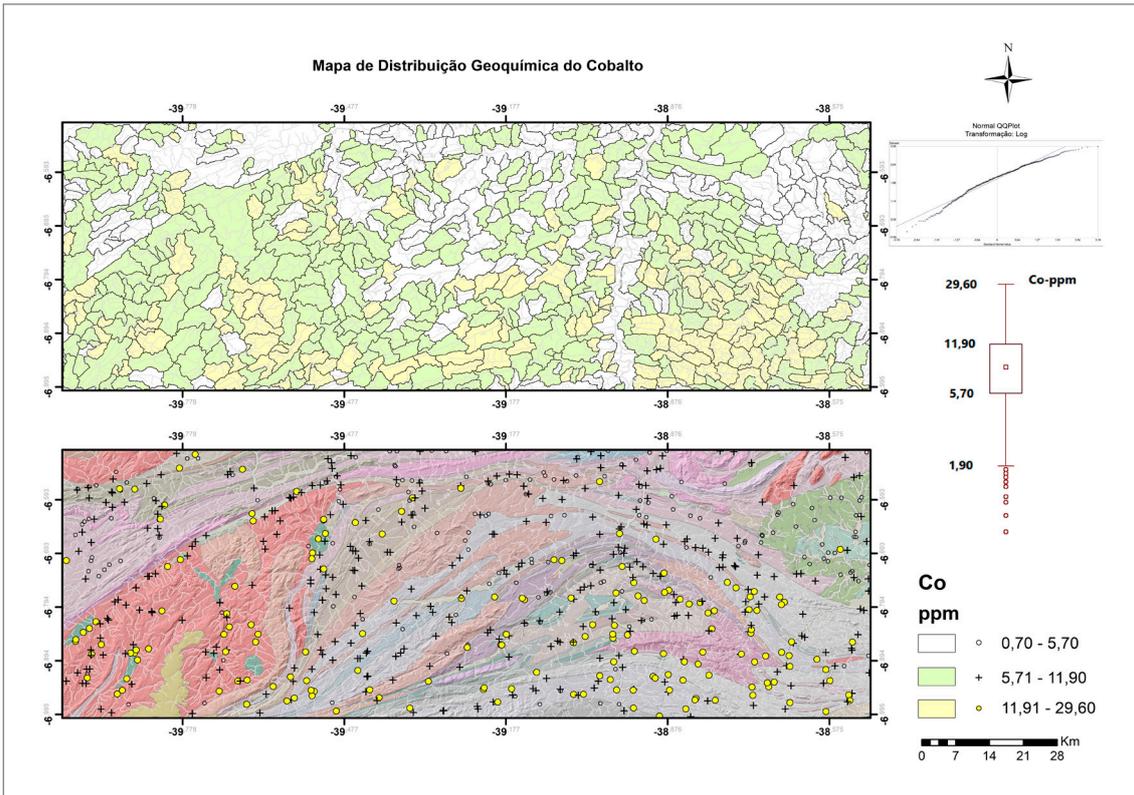


Figura 5.11 - Distribuição espacial do Co em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

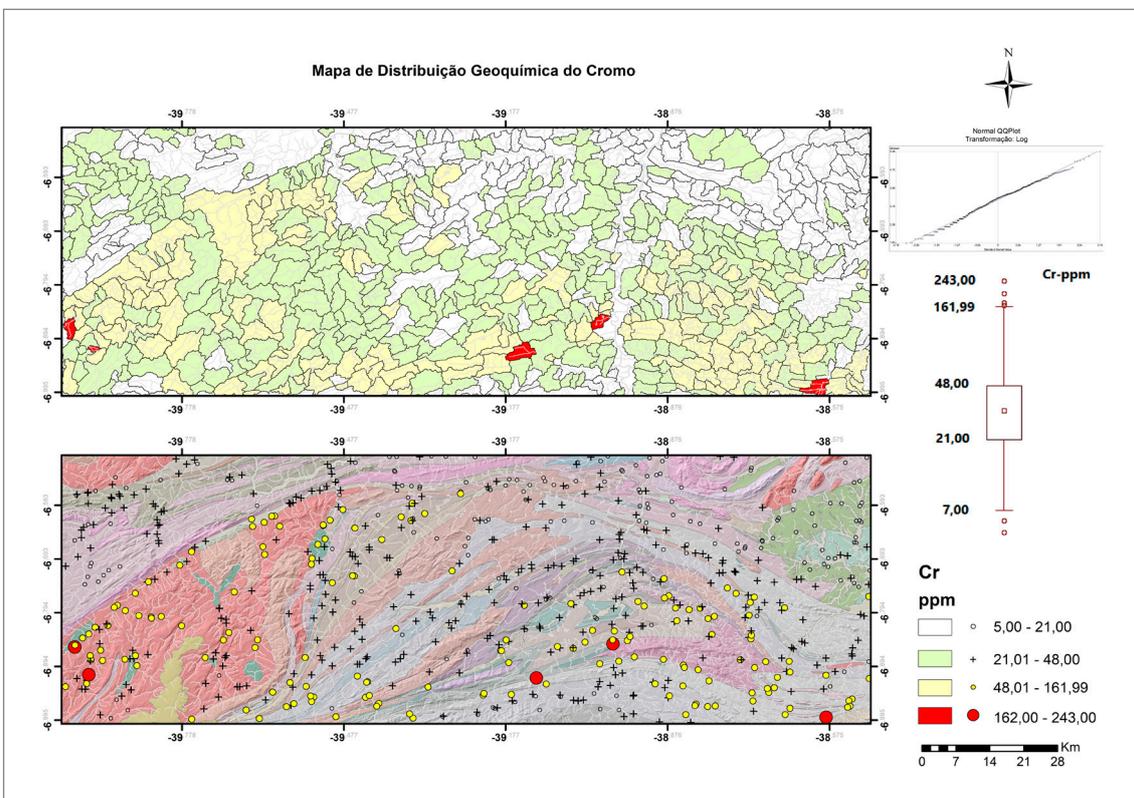


Figura 5.12 - Distribuição espacial do Cr em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

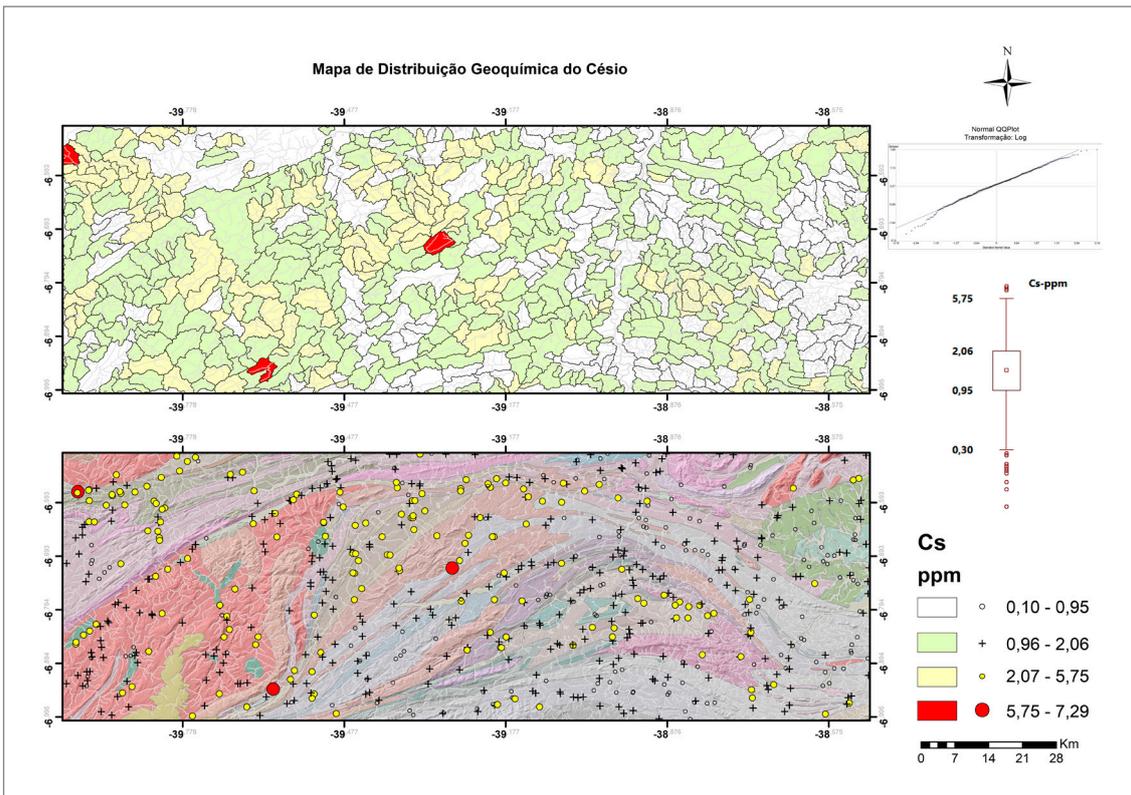


Figura 5.13 - Distribuição espacial do Cs em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

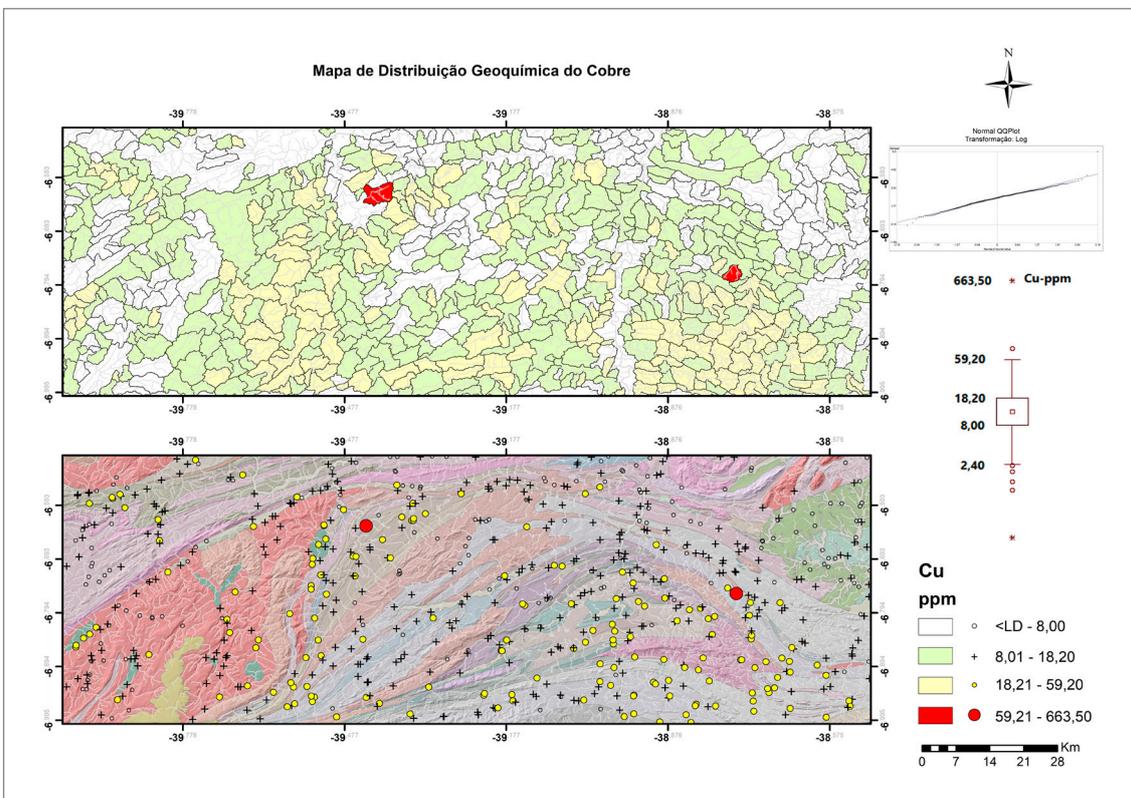


Figura 5.14 - Distribuição espacial do Cu em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

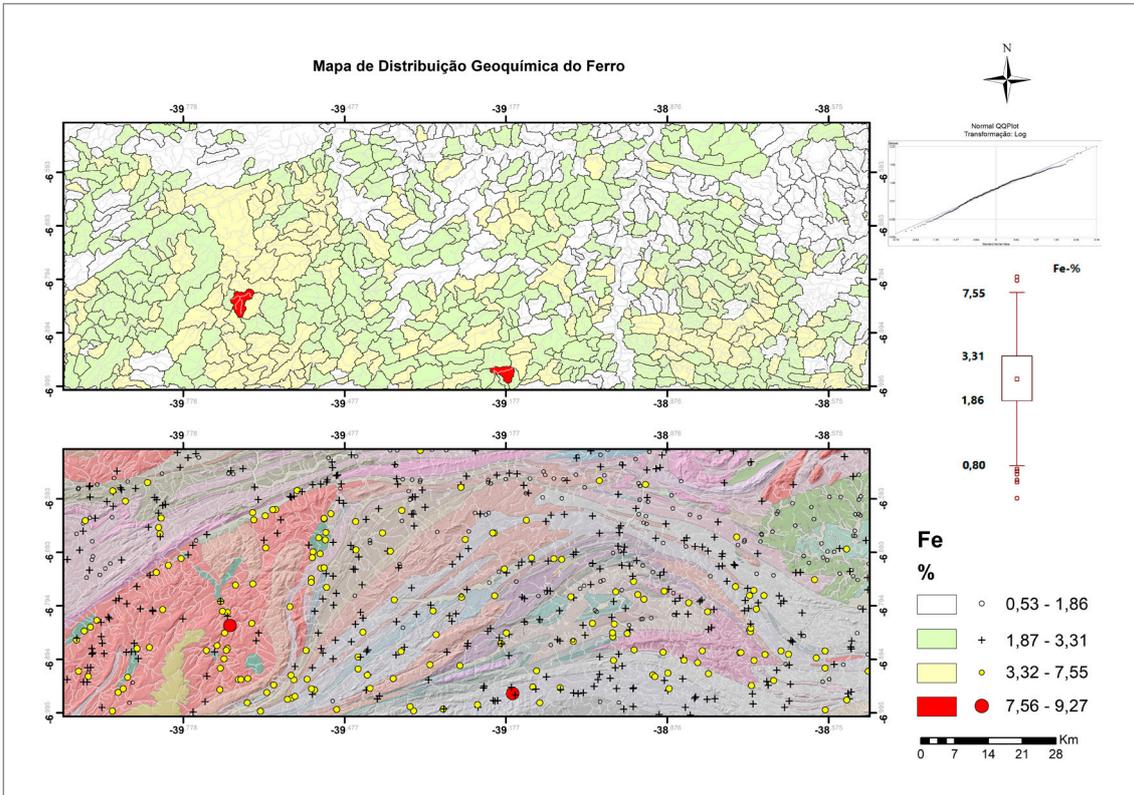


Figura 5.15 - Distribuição espacial do Fe em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

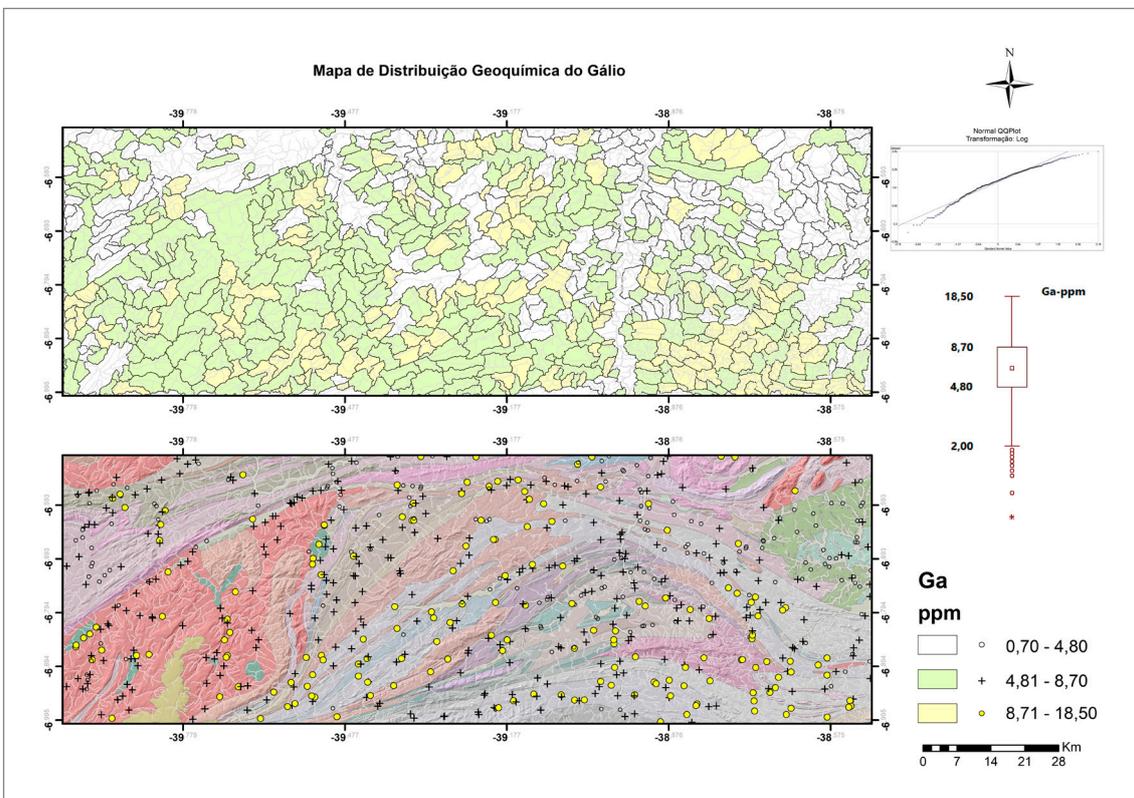


Figura 5.16 - Distribuição espacial do Ga em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

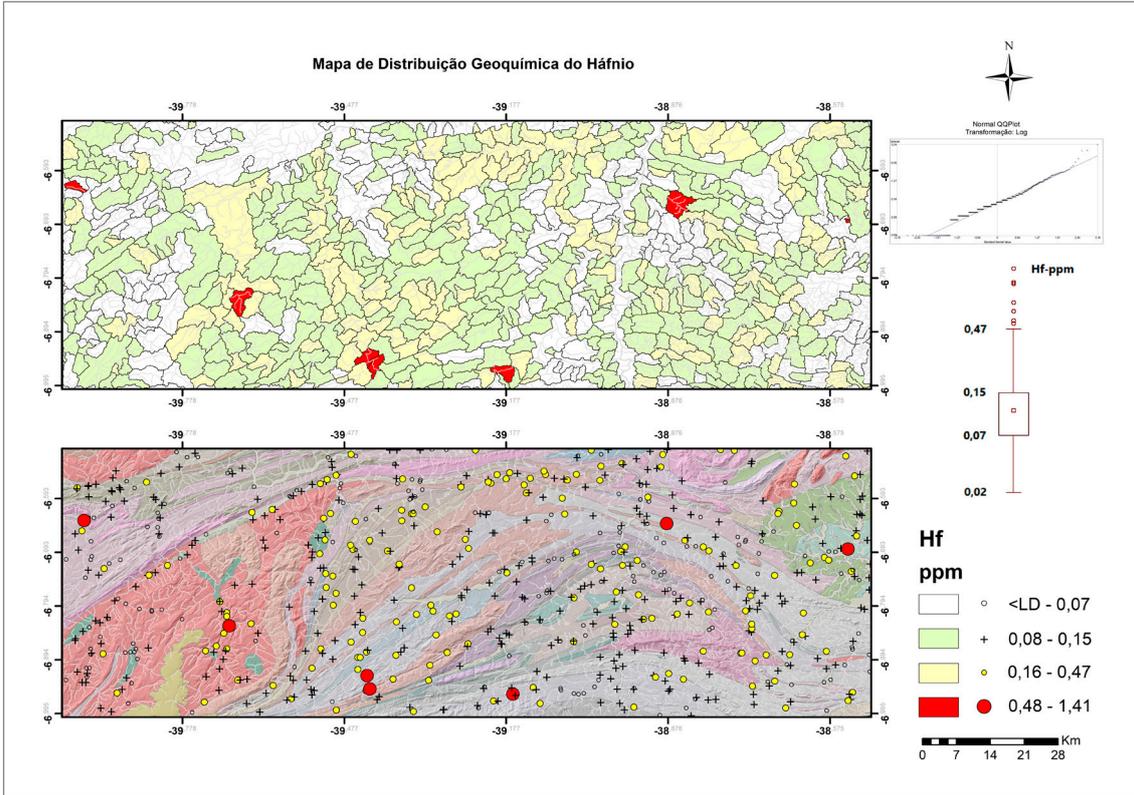


Figura 5.17 - Distribuição espacial do Hf em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

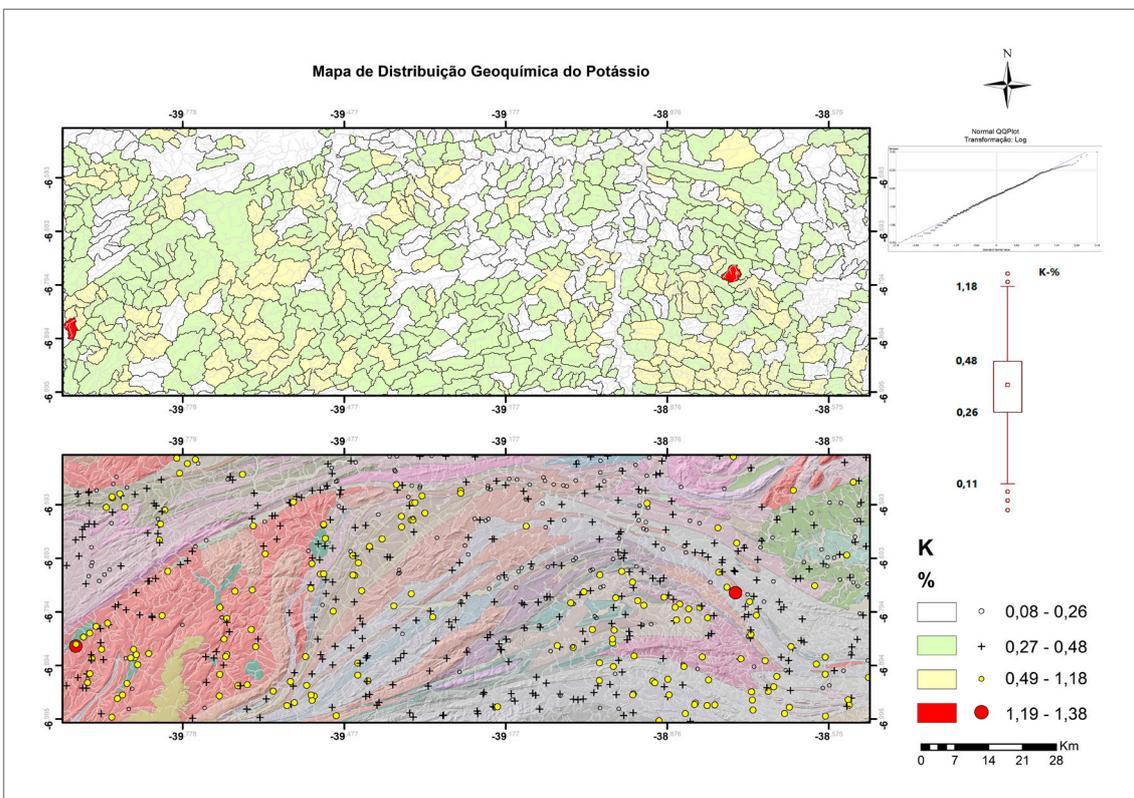


Figura 5.18 - Distribuição espacial do K em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

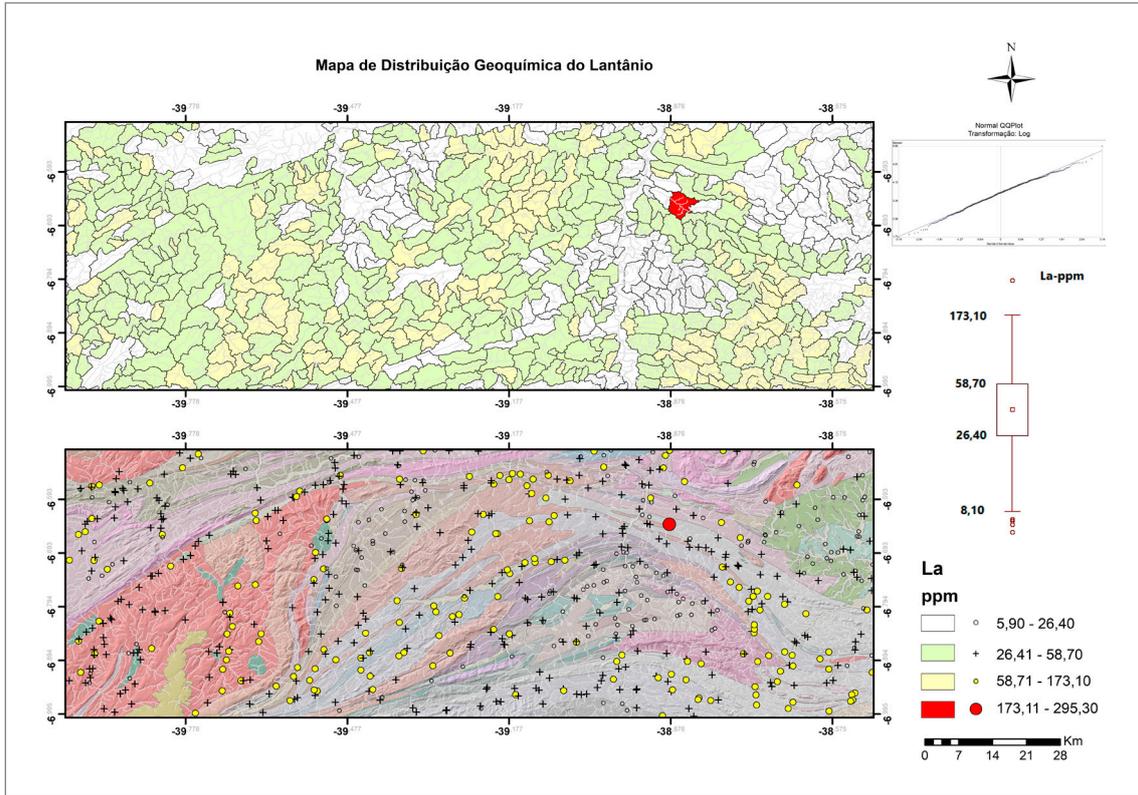


Figura 5.19 - Distribuição espacial do La em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

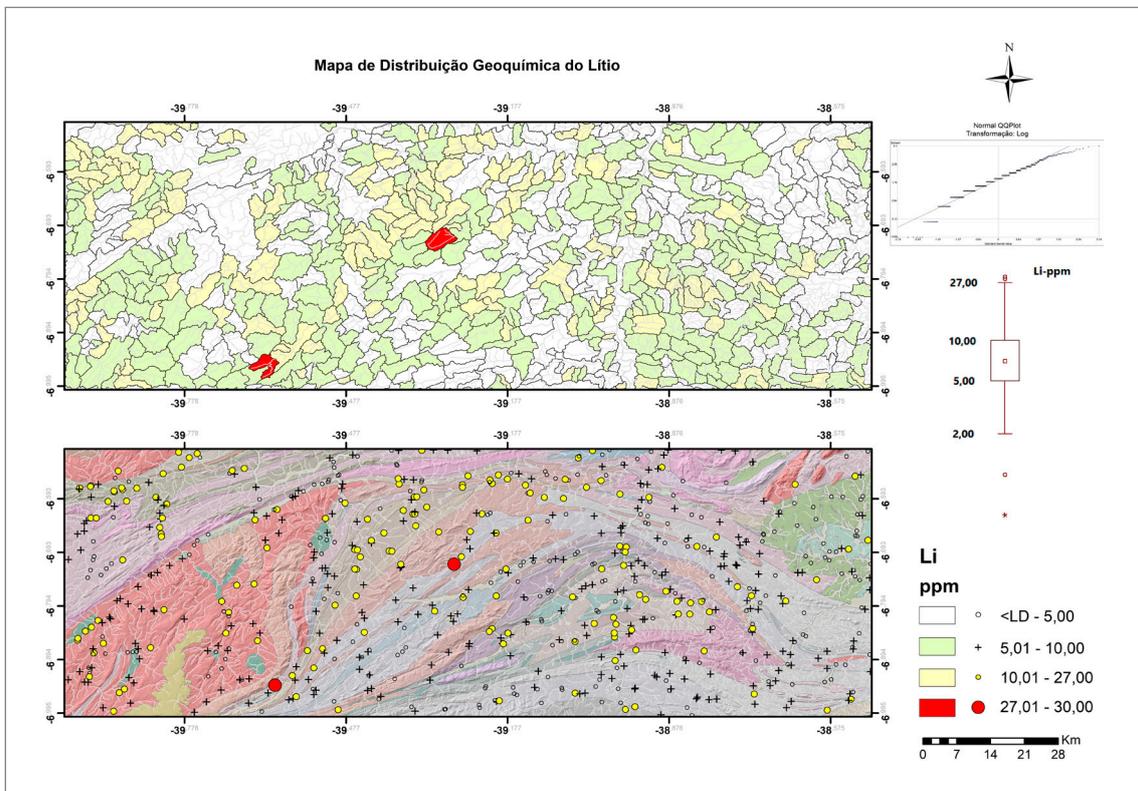


Figura 5.20 - Distribuição espacial do Li em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

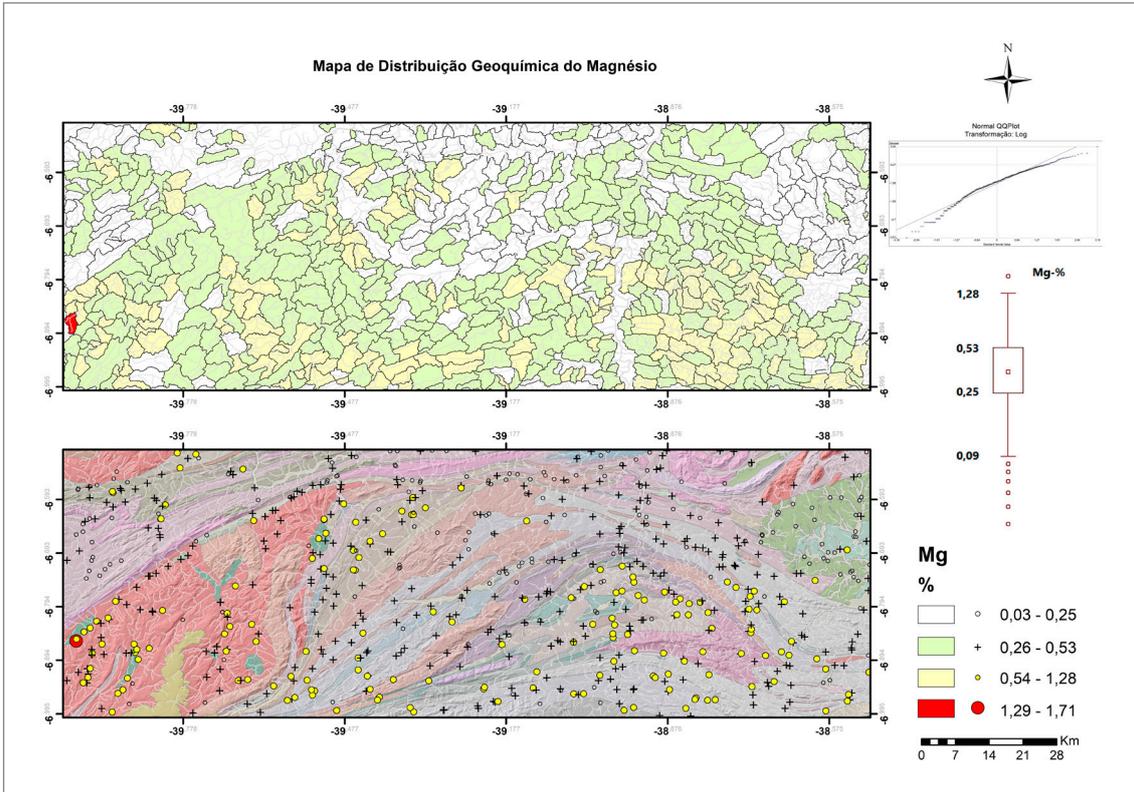


Figura 5.21 - Distribuição espacial do Mg em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

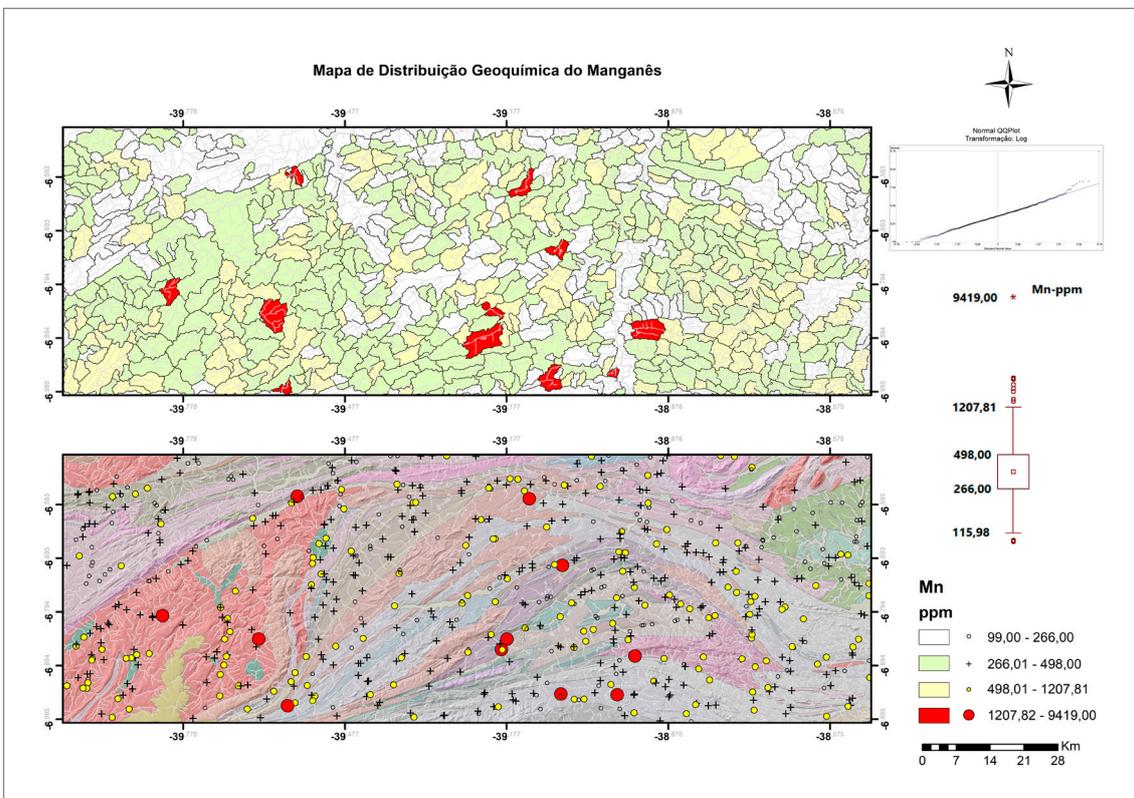


Figura 5.22 - Distribuição espacial do Mn em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

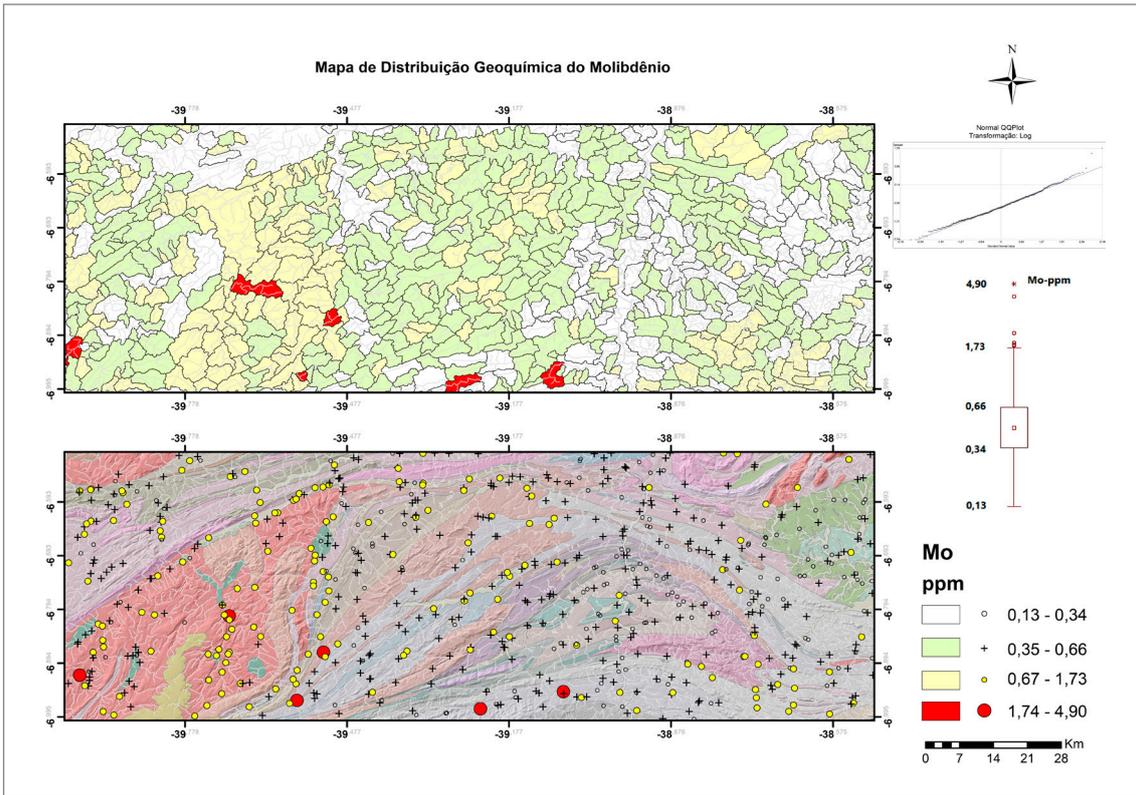


Figura 5.23 - Distribuição espacial do Mo em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

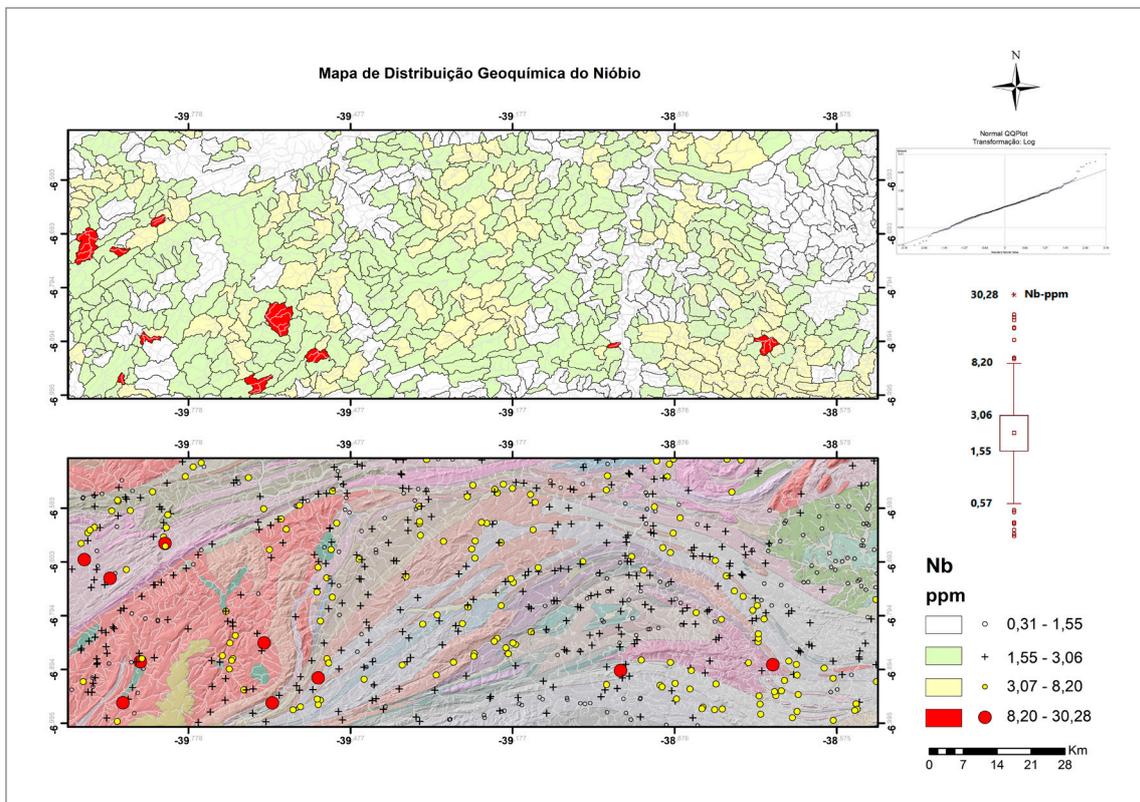


Figura 5.24 - Distribuição espacial do Nb em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

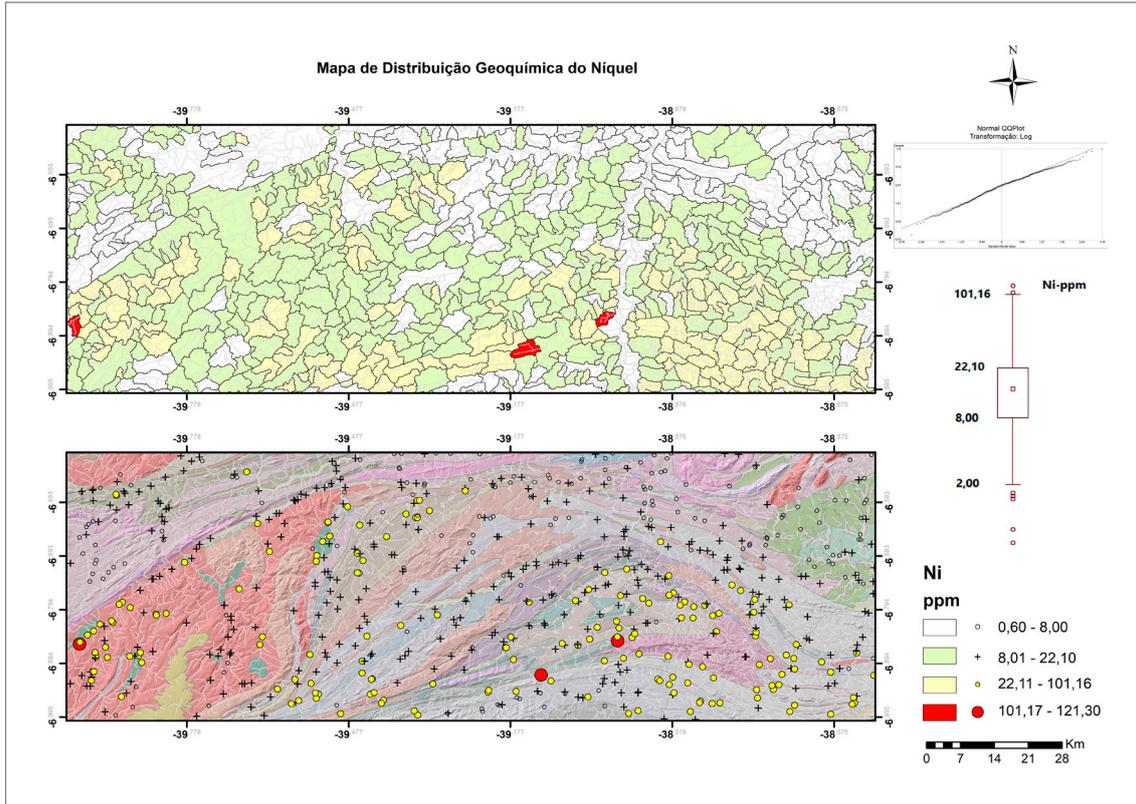


Figura 5.25 - Distribuição espacial do Ni em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

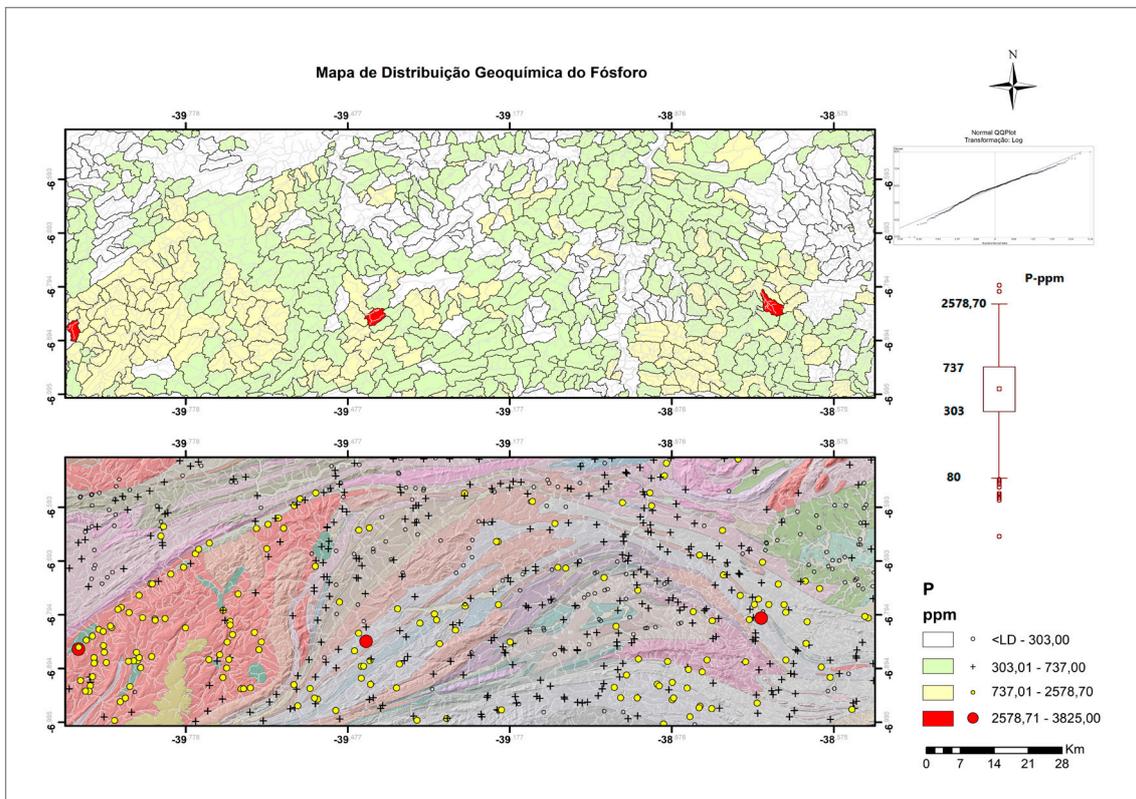


Figura 5.26 - Distribuição espacial do P em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

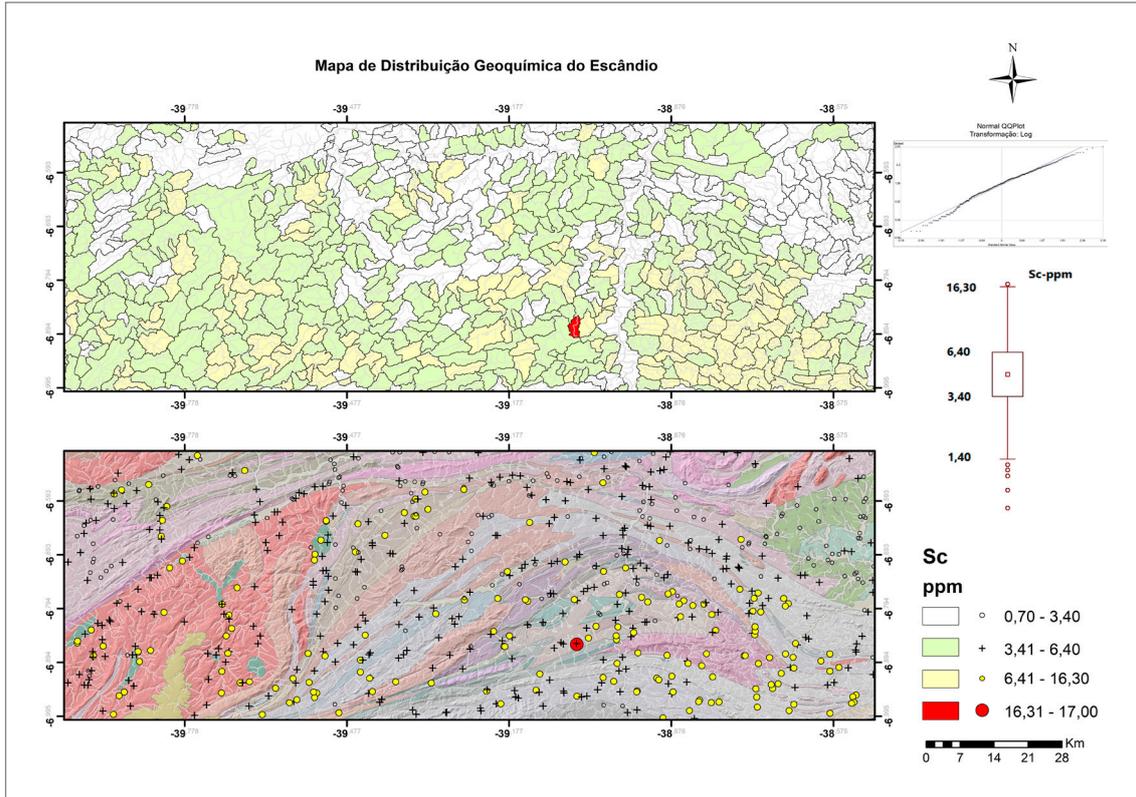


Figura 5.29 - Distribuição espacial do Sc em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

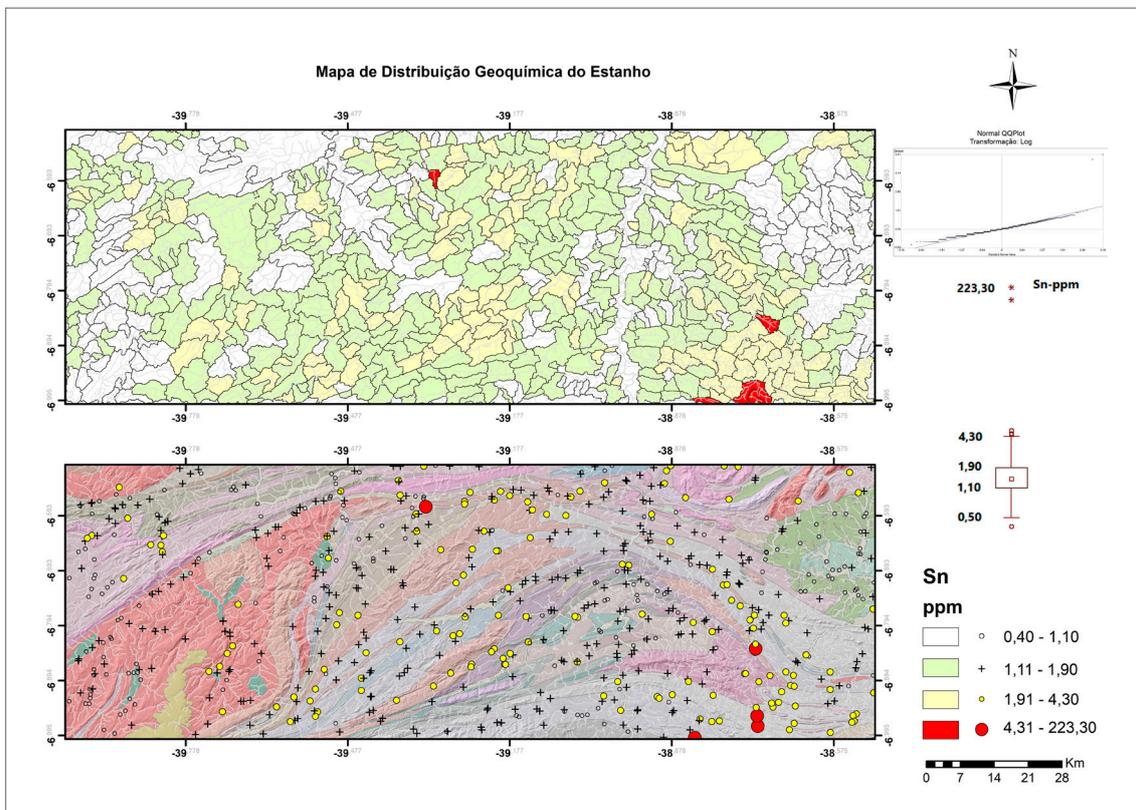


Figura 5.30 - Distribuição espacial do Sn em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

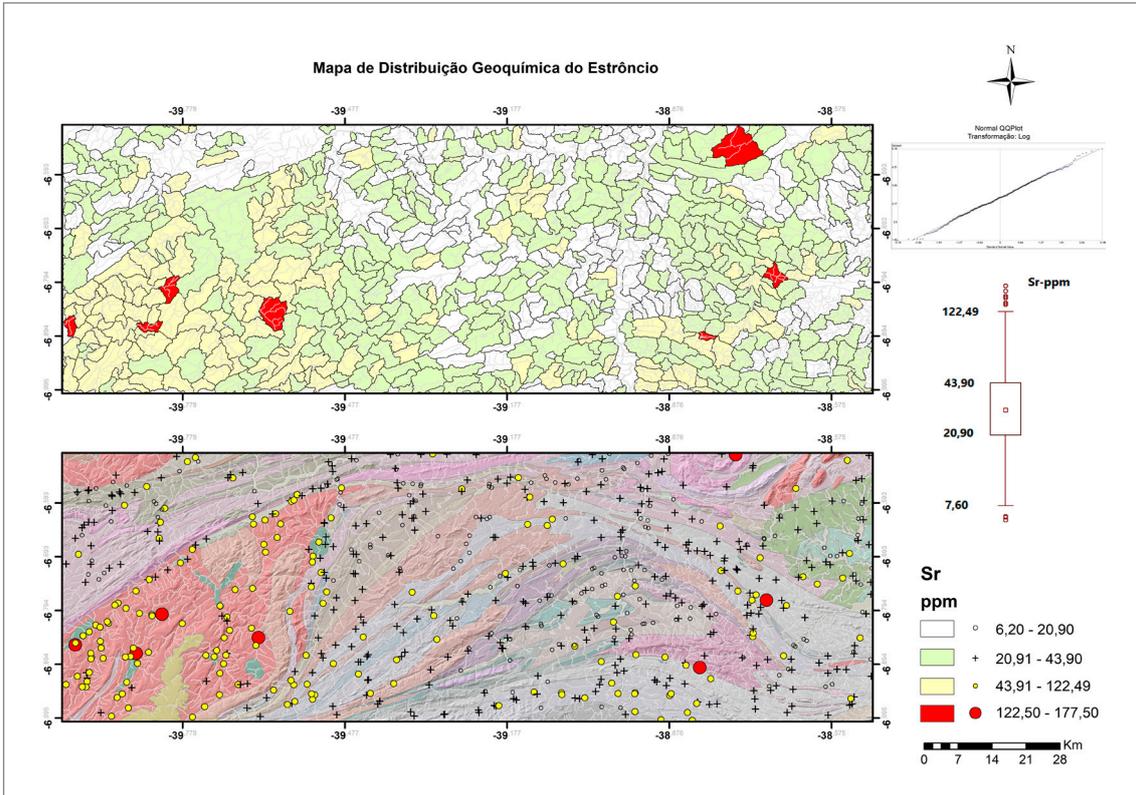


Figura 5.31 - Distribuição espacial do Sr em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

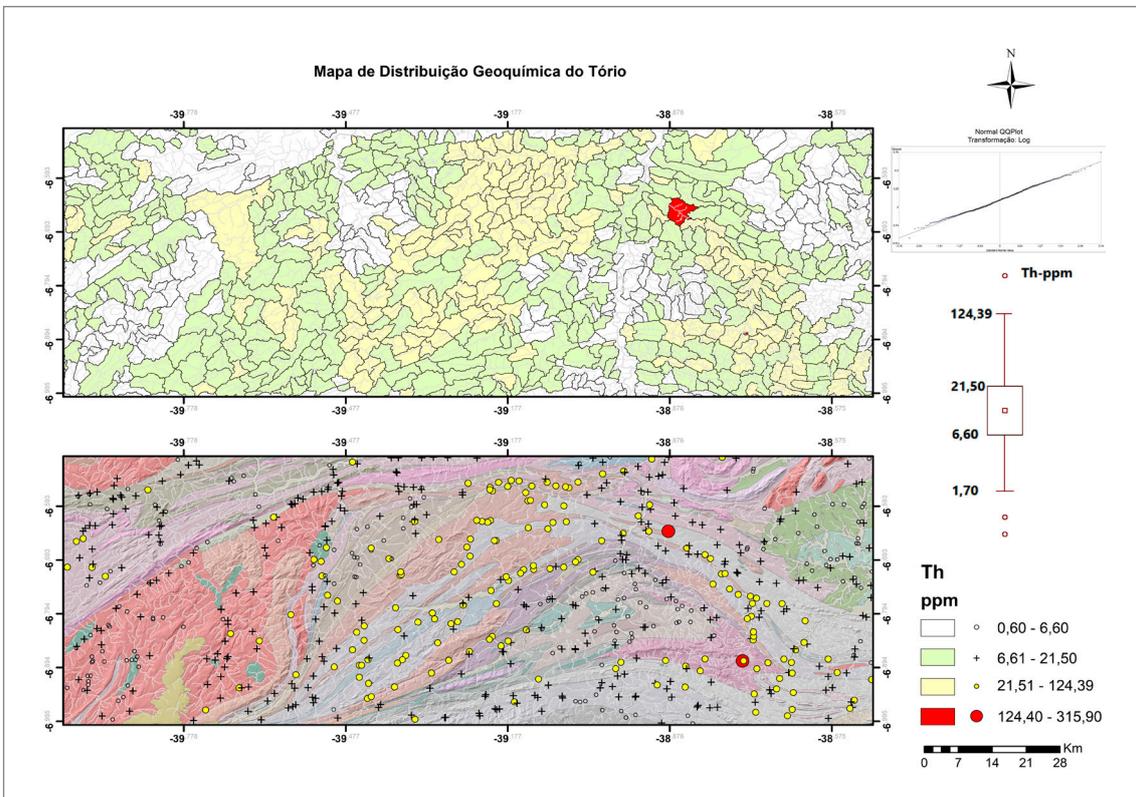


Figura 5.32 - Distribuição espacial do Th em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

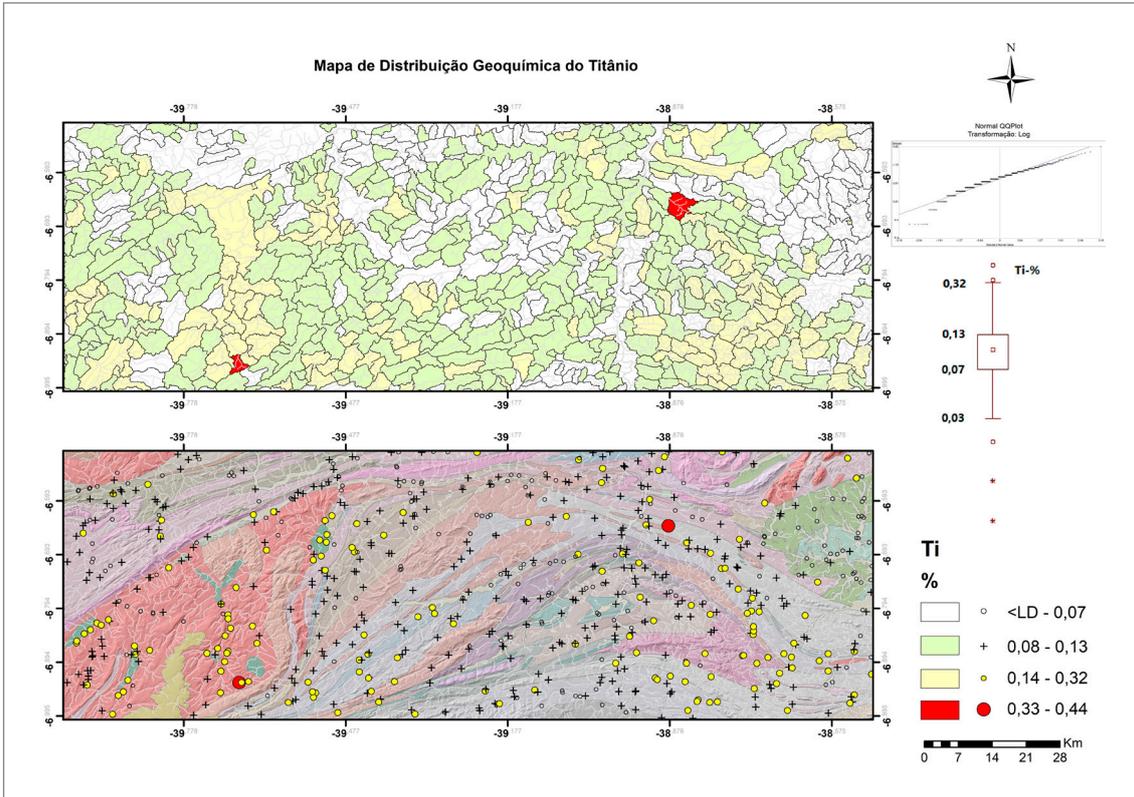


Figura 5.33 - Distribuição espacial do Ti em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

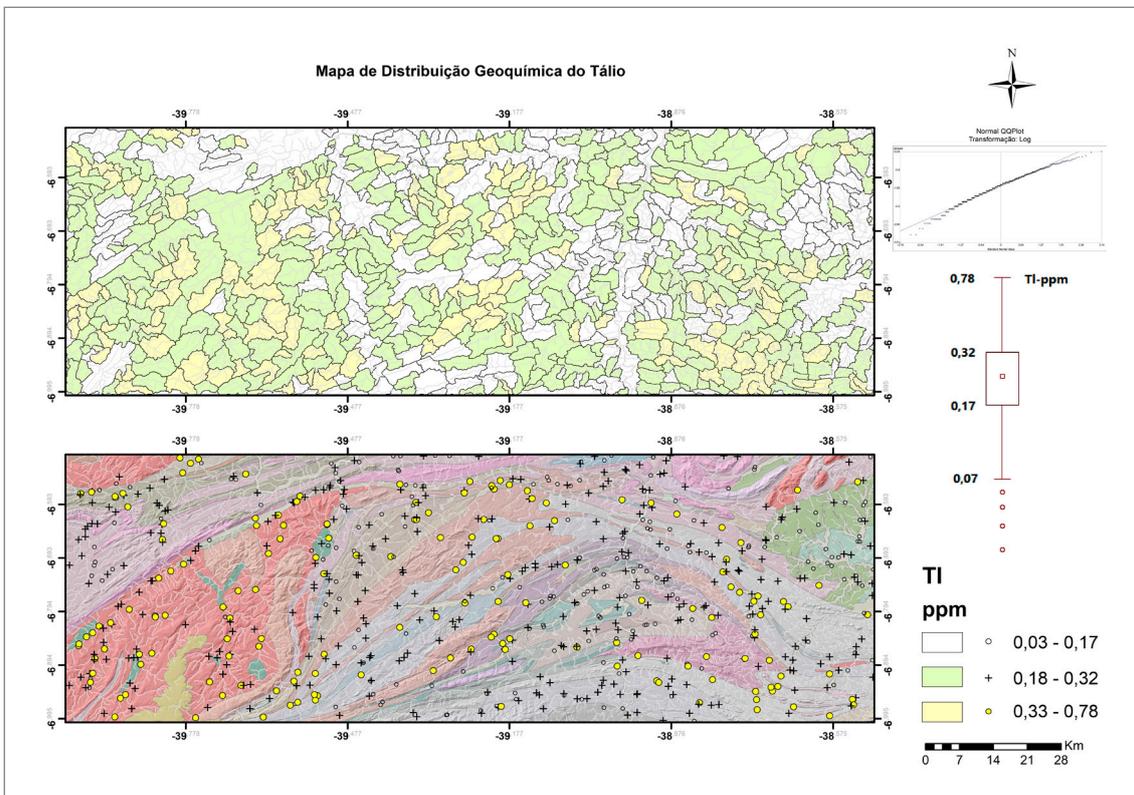


Figura 5.34 - Distribuição espacial do Tântio em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

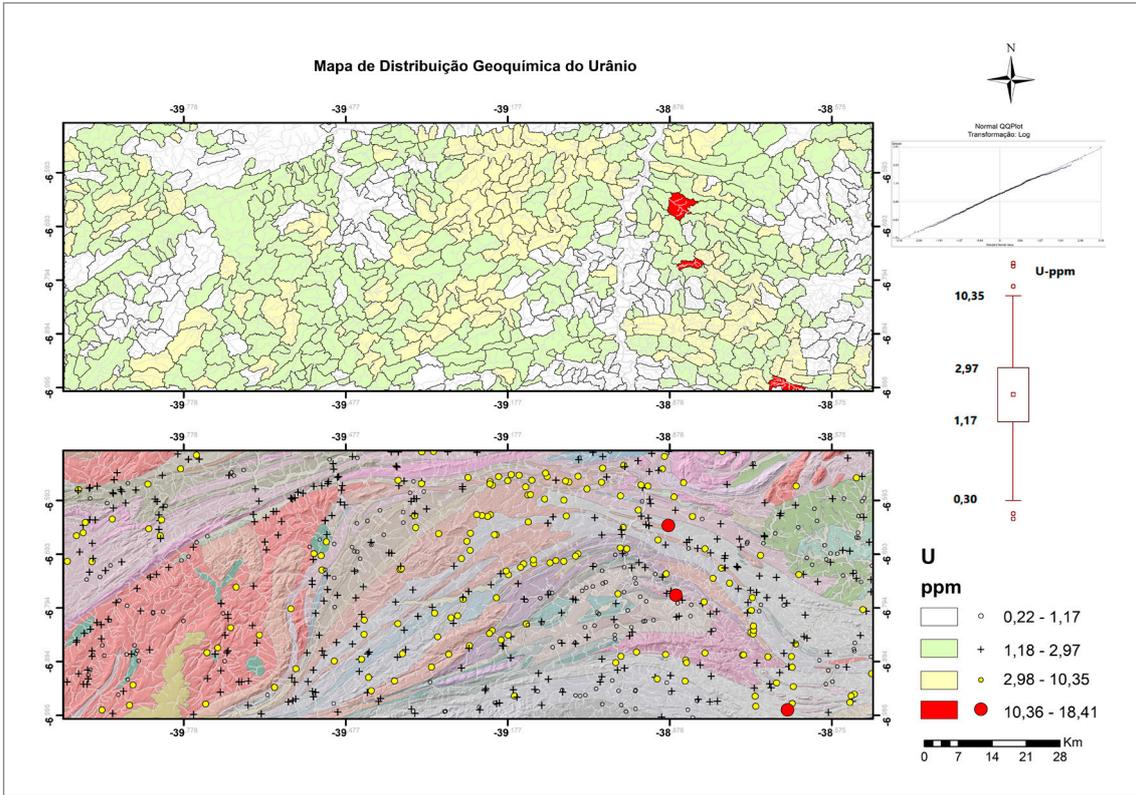


Figura 5.35 - Distribuição espacial do U em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

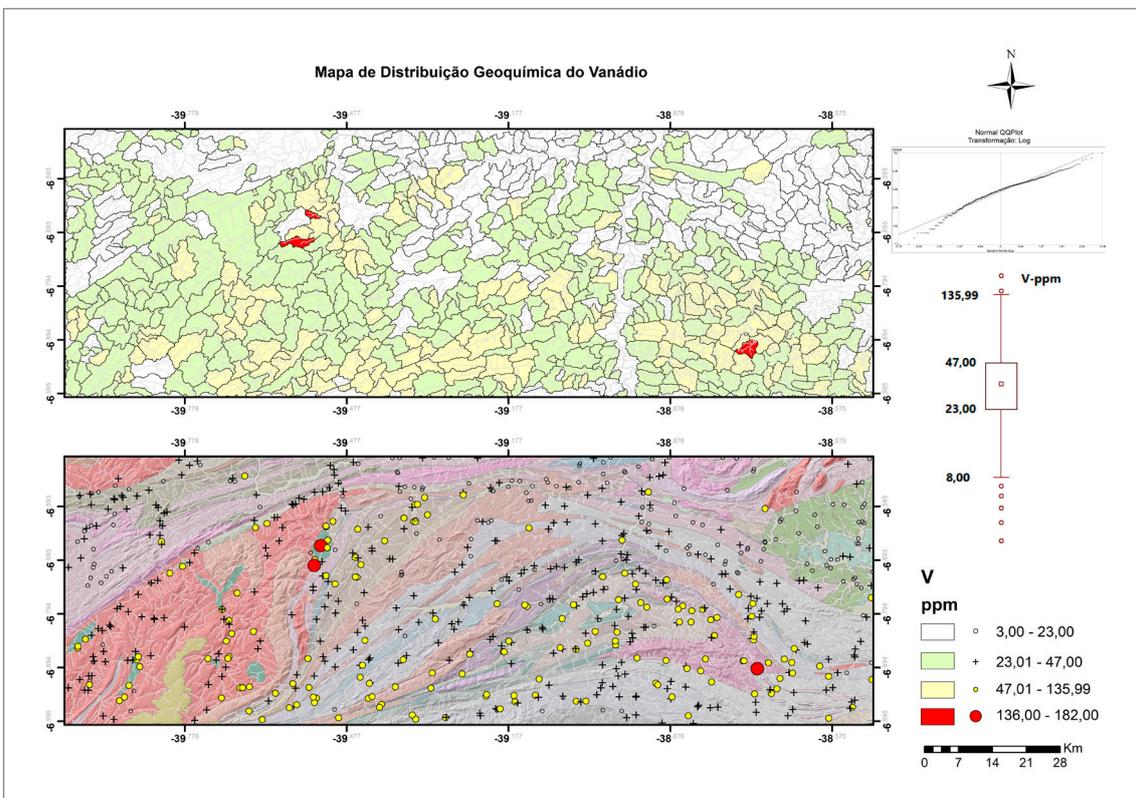


Figura 5.36 - Distribuição espacial do V em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

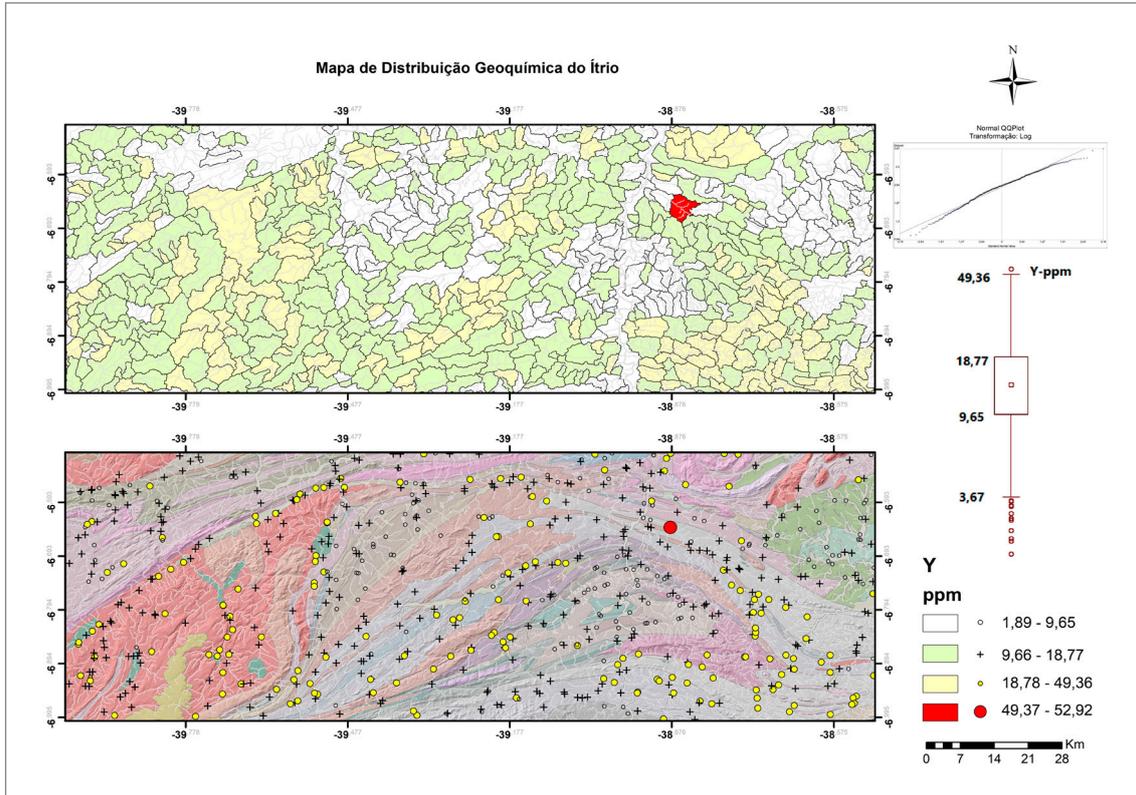


Figura 5.37 - Distribuição espacial do Y em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

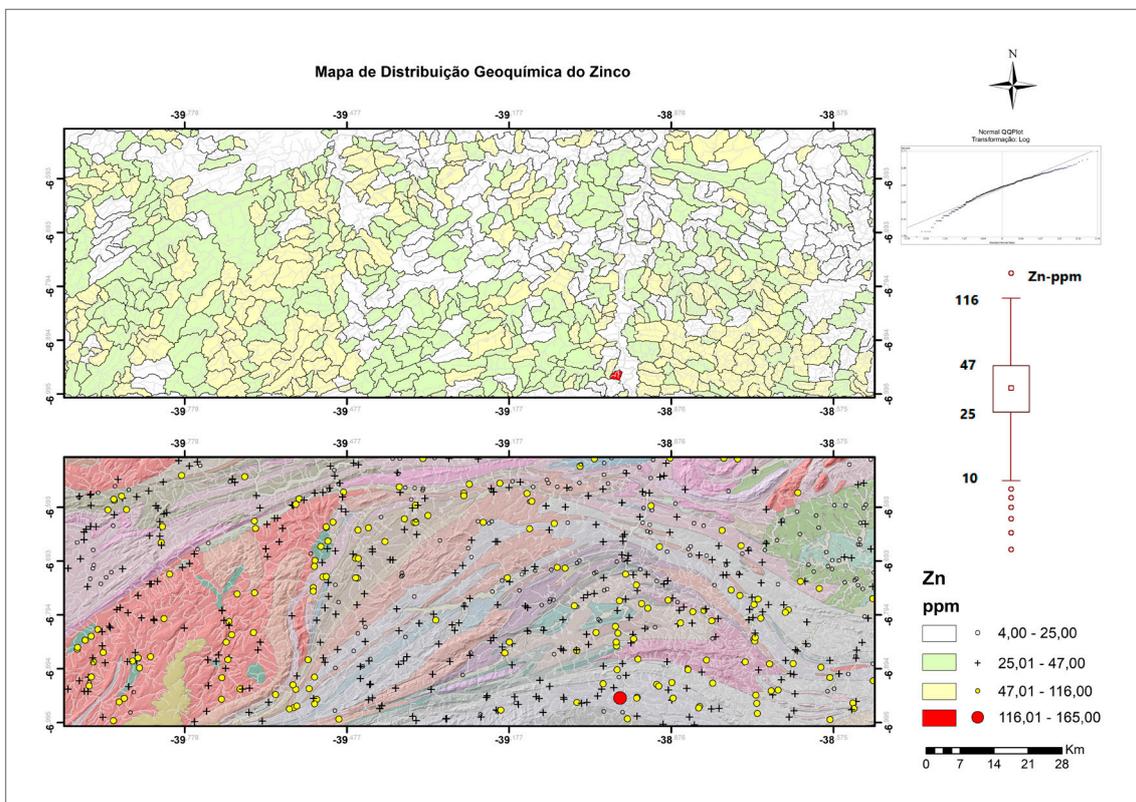


Figura 5.38 - Distribuição espacial do Zn em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

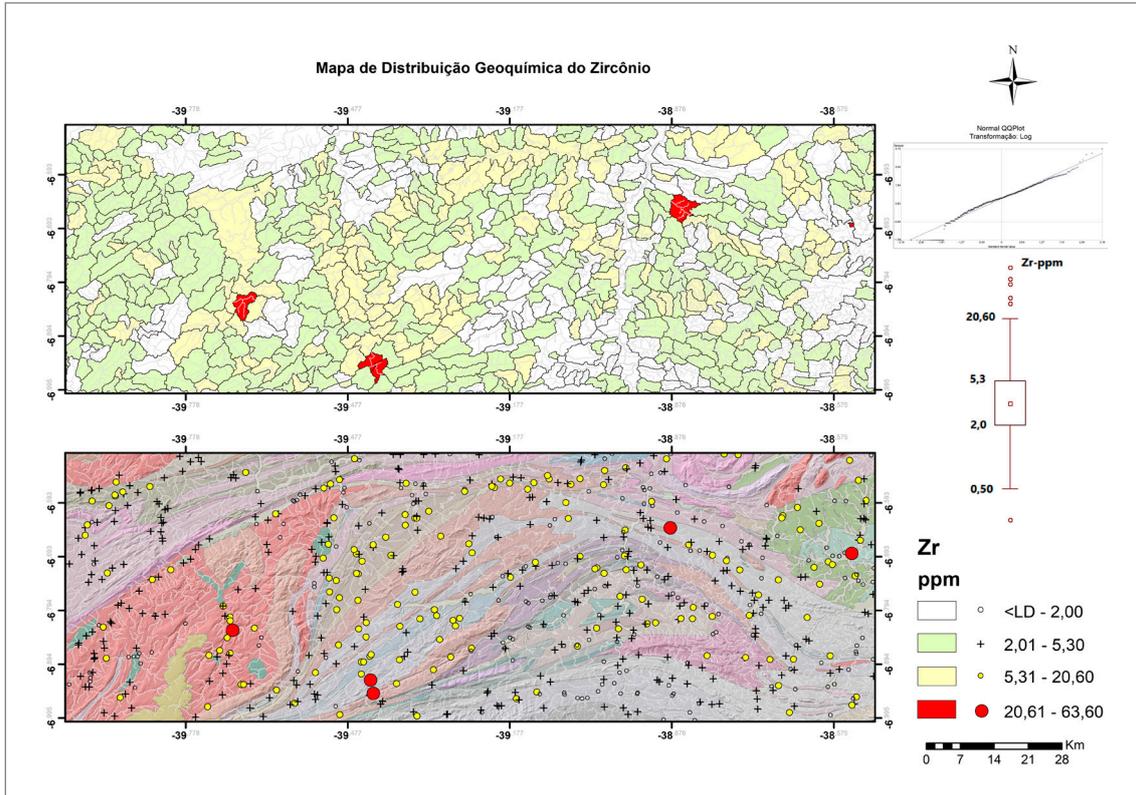


Figura 5.39 - Distribuição espacial do Zr em sedimentos de corrente (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

O Al apresentou uma correlação muito forte com Ba, Be, Co, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Rb, Sc, Tl, V e Zn, e correlações significativas com Ce, Cr, Cs, La, Mn, Ni, Pb, Sn, Sr, Ti e Y. A correlação entre Al e Ga que pode ser explicada por uma possível influência de granitos tipo A conforme cita Eby (2006) por meio de altas razões Ga/Al. Foram evidenciadas correlações muito fortes do Al com Ba, Be, Co, K, Sc e Zn e correlações significativas do Al com Cr, Cs, Mn, Ni, Pb, Sn, Sr, Ti, e Y, podendo indicar que esses elementos estejam associados a pegmatitos graníticos que são importantes fontes de metais traço, gemas, quartzo, feldspato e caulim (CERNÝ, 1989).

As associações entre Cr, Co, Ni e Cu relacionam-se com rochas ultramáficas, enquanto as correlações entre os elementos Ti, V e Sc são características de rochas máficas. Para as rochas alcalinas considera-se as associações entre Ti, Nb, Zr, ETR e P. São típicas de rochas graníticas correlações entre os elementos Ba, Li, W, Mn, Sn, Zr, Hf, U, Th e Ti. Correlações entre os elementos Li, Rb, Cs, Be, ETR, Nb, U, Th, Zr e Hf são típicas de rochas pegmatíticas.

Dos elementos siderófilos analisados nesse estudo (Co, Mo, Ni, P e Sn), apenas Co, Mo, Ni e P apresentaram correlação com o Fe. Com relação aos elementos calcófilos (Cd, Cu, Ga, Pb, Tl e Zn), apenas Cd não apresentou correlações significativas com nenhum elemento analisado. Para os elementos litófilos (Al, Ba, Be, Ca, Hf,

K, Li, Mg, Mn, Na, Nb, Rb, Sc, Sr, Th, Ti, U, V, Y, Zr e ETR), apenas o Na não apresentou correlações significativas com nenhum elemento analisado.

Ba obteve correlações muito fortes com Co, Fe, K, Sr e Zn e significativas com Be, Ca, Cr, Cu, Ga, Mg, Mn, Ni, P, Rb, Sc, Tl, V e Y. Be apresentou correlações muito fortes com Ga, Pb, Rb, Tl, Y e Zn e correlações significativas Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Sc, Sn e Sr. Bi só obteve correlação significativa com o Cs. Ca apresentou forte correlação com P e Sr, correlações significativas com Co, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Sc, Ti, V, Y e Zn. Ce apresenta correlações muito fortes com La, Th e Y e correlações significativas com Fe, Ga, Mo, Nb, Pb, Rb, Sn, Tl e U. Co obteve correlações muito fortes com Cr, Cu, Fe, Ga, K, Mg, Mn, Ni, Sc, V e Zn; correlações significativas com P, Rb, Sr, Ti, Tl e Y.

O Cr obteve correlação muito forte com Cu, Mg, Ni, Sc e V; correlações significativas com Fe, Ga, K, P, Ti e Zn. Cs apresentou correlação muito forte com Li e correlações significativas com Ga, K, Pb, Rb, Tl e Zn. O Cu mostrou correlações muito fortes com Fe, Ga, K, Mg, Ni, Sc, V e Zn, e correlações significativas com Li, Mn, Rb, Ti e Tl.

O Fe obteve fortes correlações com Ga, Mg, Sc, V e Zn, também apresentou correlações significativas com K, La, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Rb, Sr, Ti, Tl e Y.

Tabela 5.2 - Matriz de correlação (correlação de Spearman) entre os 37 elementos selecionados (dados SGS-SGS-GEOSOL).

	Al-%	Ba-ppm	Be-ppm	Bi-ppm	Ca-%	Cd-ppm	Ce-ppm	Co-ppm	Cr-ppm	Cs-ppm	Cu-ppm	Fe-%	GA-ppm	HF-ppm	K-%	LA-ppm	LI-ppm	MG-%	MN-ppm	MO-ppm	NA-%	NB-ppm	NI-ppm	P-ppm	PB-ppm	RB-ppm	SC-ppm	SN-ppm	SR-ppm	TH-ppm	Tl-%	Tl-ppm	U-ppm	V-ppm	Y-ppm	Zn-ppm		
Ba-ppm	0,796																																					
Be-ppm	0,735	0,628																																				
Bi-ppm	0,291	0,143	0,337																																			
Ca-%	0,484	0,545	0,381	-0,078																																		
Cd-ppm	0,413	0,252	0,252	0,283	0,222																																	
Ce-ppm	0,502	0,387	0,597	0,078	0,376	0,089																																
Co-ppm	0,773	0,720	0,626	0,205	0,607	0,401	0,371																															
Cr-ppm	0,646	0,559	0,520	0,224	0,531	0,395	0,262	0,789																														
Cs-ppm	0,603	0,375	0,593	0,650	0,016	0,293	0,234	0,361	0,324																													
Cu-ppm	0,776	0,600	0,559	0,316	0,466	0,469	0,328	0,848	0,713	0,437																												
Fe-%	0,807	0,704	0,593	0,210	0,608	0,393	0,527	0,783	0,692	0,399	0,730																											
Ga-ppm	0,913	0,672	0,748	0,238	0,482	0,424	0,643	0,752	0,604	0,523	0,748	0,820																										
HF-ppm	0,246	0,079	0,078	0,108	0,145	0,172	0,259	0,101	0,148	0,084	0,157	0,305	0,288																									
K-%	0,836	0,724	0,642	0,234	0,503	0,422	0,304	0,732	0,621	0,525	0,737	0,695	0,738	0,206																								
La-ppm	0,515	0,391	0,596	0,061	0,406	0,133	0,980	0,381	0,286	0,219	0,356	0,520	0,662	0,253	0,332																							
Li-ppm	0,736	0,468	0,642	0,478	0,206	0,348	0,269	0,484	0,407	0,854	0,552	0,475	0,624	0,174	0,684	0,267																						
Mg-%	0,782	0,682	0,525	0,177	0,640	0,442	0,234	0,854	0,795	0,394	0,795	0,722	0,695	0,188	0,873	0,263	0,579																					
Mn-ppm	0,646	0,665	0,558	0,190	0,547	0,280	0,435	0,731	0,498	0,329	0,584	0,677	0,645	0,110	0,527	0,429	0,447	0,570																				
Mo-ppm	0,478	0,427	0,514	0,318	0,292	0,246	0,530	0,332	0,270	0,377	0,346	0,542	0,502	0,140	0,358	0,502	0,318	0,237	0,419																			
Na-%	0,128	0,152	-0,041	-0,062	0,407	0,039	0,138	0,078	0,053	-0,106	0,070	0,168	0,121	0,307	0,109	0,149	0,007	0,155	0,198	0,121																		
Nb-ppm	0,497	0,301	0,476	0,249	0,268	0,228	0,537	0,337	0,301	0,340	0,402	0,459	0,554	0,278	0,419	0,549	0,417	0,321	0,343	0,435	0,160																	
Ni-ppm	0,685	0,587	0,524	0,217	0,539	0,428	0,211	0,849	0,595	0,332	0,780	0,657	0,624	0,140	0,686	0,240	0,471	0,868	0,527	0,218	0,084	0,282																
P-ppm	0,493	0,600	0,489	-0,111	0,780	0,159	0,481	0,595	0,516	0,106	0,432	0,623	0,546	0,093	0,520	0,497	0,268	0,580	0,514	0,326	0,200	0,327	0,502															
Pb-ppm	0,604	0,447	0,704	0,327	0,165	0,317	0,549	0,417	0,366	0,539	0,410	0,504	0,637	0,133	0,357	0,533	0,485	0,259	0,466	0,533	-0,049	0,388	0,336	0,250														
Rb-ppm	0,793	0,621	0,828	0,261	0,364	0,244	0,589	0,588	0,448	0,669	0,580	0,598	0,778	0,109	0,752	0,599	0,740	0,580	0,516	0,505	0,011	0,572	0,469	0,515	0,613													
Sc-ppm	0,837	0,653	0,640	0,224	0,537	0,460	0,440	0,870	0,746	0,424	0,846	0,791	0,851	0,250	0,779	0,458	0,540	0,831	0,637	0,355	0,123	0,477	0,776	0,542	0,415	0,630												
Sn-ppm	0,578	0,273	0,563	0,272	0,279	0,296	0,570	0,432	0,342	0,368	0,482	0,473	0,682	0,407	0,397	0,586	0,463	0,354	0,455	0,351	0,215	0,198	0,411	0,684	0,401	0,518	0,442	0,191										
Sr-ppm	0,549	0,729	0,565	-0,027	0,776	0,135	0,470	0,521	0,438	0,183	0,388	0,585	0,529	0,006	0,496	0,486	0,276	0,498	0,559	0,443	0,270	0,198	0,411	0,684	0,401	0,518	0,442	0,191										
Th-ppm	0,198	-0,037	0,194	-0,001	0,163	-0,005	0,768	0,068	0,050	0,037	0,104	0,210	0,344	0,421	-0,026	0,716	0,076	-0,037	0,191	0,258	0,286	0,480	-0,001	0,183	0,329	0,267	0,176	0,576	0,072									
Tl-%	0,596	0,482	0,337	0,033	0,641	0,285	0,384	0,600	0,552	0,178	0,572	0,688	0,592	0,461	0,656	0,404	0,332	0,702	0,471	0,264	0,290	0,485	0,539	0,587	0,110	0,452	0,696	0,418	0,378	0,248								
Tl-ppm	0,775	0,614	0,831	0,302	0,316	0,230	0,574	0,473	0,696	0,539	0,591	0,752	0,752	0,139	0,692	0,571	0,722	0,546	0,490	0,519	-0,027	0,528	0,479	0,474	0,700													
U-ppm	0,209	0,011	0,308	0,211	0,158	0,012	0,621	0,066	0,036	0,260	0,114	0,177	0,315	0,290	0,016	0,617	0,228	-0,027	0,237	0,365	0,253	0,481	-0,015	0,173	0,401	0,338	0,150	0,531	0,137	0,811	0,160	0,338						
V-ppm	0,723	0,577	0,456	0,213	0,522	0,450	0,289	0,845	0,811	0,360	0,804	0,835	0,719	0,250	0,686	0,295	0,436	0,832	0,556	0,314	0,064	0,323	0,806	0,515	0,350	0,452	0,466	0,415	0,385	0,080	0,654	0,470	0,043					
Y-ppm	0,606	0,525	0,705	0,116	0,559	0,198	0,863	0,572	0,419	0,252	0,493	0,662	0,731	0,217	0,449	0,859	0,318	0,418	0,579	0,536	0,146	0,566	0,386	0,612	0,559	0,653	0,620	0,617	0,569	0,543	0,508	0,629	0,524	0,458				
Zn-ppm	0,870	0,759	0,751	0,335	0,550	0,455	0,451	0,816	0,653	0,568	0,802	0,786	0,844	0,138	0,855	0,469	0,683	0,816	0,664	0,475	0,035	0,463	0,693	0,589	0,513	0,789	0,833	0,484	0,566	0,045	0,599	0,728	0,108	0,731	0,621			
Zr-ppm	0,215	0,032	0,045	0,124	0,093	0,112	0,190	-0,015	0,093	0,156	0,064	0,273	0,218	0,885	0,174	0,183	0,212	0,119	0,056	0,160	0,311	0,252	0,051	0,032	0,074	0,105	0,151	0,292	0,001	0,361	0,431	0,094	0,259	0,166	0,107	0,074		

O Ga apresentou fortes correlações com K, Rb, Sc, Tl, V, Y e Zn correlações significativas com La, Li, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Sn, Sr e Ti. Hf apresentou forte correlação com Zr. Foram detectadas fortes correlações do K com Mg, Rb, Sc e Zn, correlações significativas com Li, Mn, Ni, P, Ti, Tl e V. La obteve forte correlação com Th e Y, correlações significativas com Mo, Nb, Pb, Rb, Sn, Tl e U. Li mostrou correlações significativas com Rb e Tl, correlações significativas Mg, Sc e Zn. Mg apresentou fortes correlações com Ni, Sc, Ti, V e Zn, e correlações significativas com Mn, P, Rb, Tl. Mn obteve correlações significativas com Ni, P, Rb, Sc, Sr, V, Y e Zn. Mo mostrou correlação significativa com Pb, Rb, Tl e Y. O Nb obteve correlações significativas com Rb, Sn, Tl e Y. O Ni apresentou correlações fortes com Sc e V, e significativas com P, Ti e Zn. O P mostrou correlações significativas com Rb, Sc, Sr, Ti, V, Y e Zn. O Pb obteve correlações significativas com Rb, Sn, Tl, Y e Zn. O Rb apresentou correlação muito forte com Tl e Zn, correlações significativas com Sc, Sn, Sr e Y. O Sc apresentou fortes correlações com V e Zn, correlações significativas com Sn, Ti, Tl e Y. O Sn obteve correlações significativas com Th, Tl, U e Y. O Sr apresentou correlações significativas Y e Zn. Th mostrou correlação forte com U e significativa com

Y. O Ti obteve correlações significativas com V, Y e Zn. O Tl apresentou correlação forte com Zn e significativa com Y. O U obteve correlação significativa com V. O apresentou correlação forte com Zn. O Y mostrou correlação significativa com Zn.

5.4. ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

5.4.1. Análise Fatorial

A análise de principais componentes para a definição das zonas geoquímicas anômalas tem por objetivo simplificar a descrição de um conjunto de variáveis inter-relacionadas. Os 30 elementos analisados e submetidos à análise de principais componentes estão representados na Tabela 5.3.

Para análise de fatores, os dados utilizados foram aqueles transformados para logaritmos, os outliers e extremos mantidos, em seguida foram novamente transformados nos originais (dados brutos) para então serem transformados pela razão log centralizada (centered log-ratio, CLR - Aitchinson, 1986) com uso do aplicativo CoDaPack, para então serem trabalhados no aplicativo Statistica.

Tabela 5.3 - Segregação de fatores pela análise de principais componentes, sendo os valores em vermelho (< -0.4 e/ou > 0.4) considerados as melhores correlações neste trabalho. Fonte: Elaborado pelo autor.

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5	FACTOR 6	FACTOR 7
al	-0,13	-0,37	0,45	0,08	-0,15	0,53	-0,12
ba	0,02	0,21	0,76	0,22	-0,18	-0,04	0,11
be	0,14	-0,09	0,12	0,71	0,36	0,07	-0,04
ca	-0,03	0,48	0,25	-0,29	-0,15	-0,40	0,44
ce	0,67	0,37	-0,48	0,19	0,03	0,03	0,01
co	-0,78	0,21	0,08	0,07	-0,02	0,17	0,29
cr	-0,80	0,05	-0,04	0,04	-0,18	-0,27	0,05
cs	0,09	-0,86	-0,01	0,22	0,03	0,05	-0,10
cu	-0,63	0,02	0,06	-0,11	0,04	0,25	-0,09
fe	-0,02	0,12	0,22	-0,16	-0,79	0,18	0,04
ga	0,02	-0,06	-0,02	0,10	-0,13	0,83	-0,08
k	-0,16	-0,31	0,73	-0,28	0,14	0,08	-0,05
la	0,66	0,39	-0,48	0,14	0,09	0,04	0,00
li	-0,03	-0,84	0,04	0,02	0,19	0,10	0,05
mg	-0,72	-0,14	0,27	-0,34	0,08	0,05	0,34
nb	0,37	-0,01	-0,04	-0,37	0,27	-0,09	-0,44
ni	-0,91	0,03	0,03	0,04	0,01	-0,12	0,09
p	0,03	0,35	0,08	-0,22	0,10	-0,22	0,66
pb	0,24	-0,15	0,04	0,60	-0,28	-0,07	-0,45
rb	0,37	-0,46	0,20	0,24	0,57	0,15	0,11
sc	-0,65	0,14	0,09	-0,24	0,00	0,47	-0,11

(Continua)

Tabela 5.4 - Segregação de fatores pela análise de principais componentes, sendo os valores em vermelho (< -0.4 e/ou > 0.4) considerados as melhores correlações neste trabalho. Fonte: Elaborado pelo autor. (Continuação)

sn	0,16	0,11	-0,08	0,02	0,06	0,02	-0,77
sr	0,26	0,35	0,51	0,26	-0,22	-0,35	0,39
th	0,53	0,18	-0,66	-0,11	-0,05	-0,11	-0,27
ti	-0,04	0,09	0,07	-0,86	-0,13	-0,05	0,02
tl	0,33	-0,50	0,19	0,44	0,38	0,05	-0,03
u	0,53	-0,03	-0,59	-0,02	0,01	-0,29	-0,25
v	-0,70	-0,03	-0,09	-0,28	-0,41	0,24	0,17
y	0,53	0,58	-0,30	0,20	0,11	0,04	0,05
zn	-0,27	-0,24	0,33	-0,01	0,21	0,48	0,37

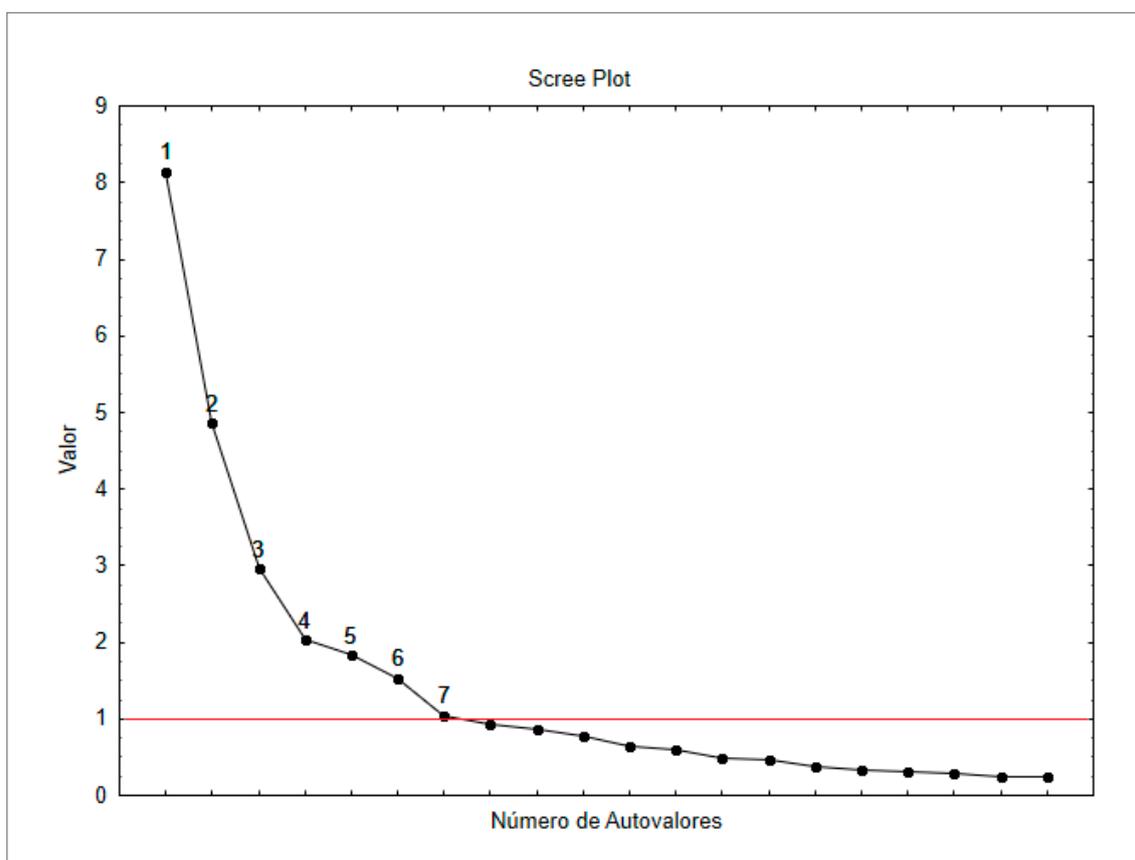


Figura 5.40 - Gráfico Scree para determinação da quantidade de fatores relevantes para análise, mostrando a linha em vermelho como limite para os fatores relevantes (critério de Kaiser). Fonte: Elaborado pelo autor.

O método de rotação utilizado foi o Varimax, o qual revela as melhores correlações das variáveis (no caso, elemento químico) em relação aos fatores. Para determinação do número de fatores que são relevantes para esta análise foi utilizado o teste scree resultando em gráfico com auto-valores para cada fator (Figura 5.40). A partir deste gráfico, utilizou-se o critério de Kaiser que considera o valor acima de 1 como relevante para análise. A utilização da transformação CLR permite que alguns fatores apresentem informações sobre duas associações

geoquímicas, uma com coeficientes (loadings) positivos significativos com o fator (>0,4) e outra com coeficientes negativos significativos com o fator (< -0,4).

A Tabela 5.4 mostra a segregação dos elementos pela análise fatorial, com sete fatores responsáveis por 74,68% da variância total das amostras analisadas. Logo, para esta análise foram individualizados sete fatores.

A partir da individualização dos fatores é possível interpretar cada fator como uma assinatura geoquímica entre os elementos analisados que ocorrem associados.

Várias correlações entre elementos podem indicar processos geológicos e influência de rochas e minerais, como por exemplo, Ba e Sr pode indicar influência de rochas graníticas, da mesma forma que boas correlações entre Ce-La-U-Th e Y. Por outro lado, boas correlações entre Cr e V e Cu-Ni e Mn podem sugerir presença de rochas máficas.

O fator 1, responsável por 27,14 % da variância das amostras, possui carga negativa para a associação Co, Cr, Cu, Mg, Ni, Sc e V que pode ser sugestivo de assinatura geoquímica para rochas máficas e ultramáficas, podendo estar relacionada ao Complexo Granjeiro onde ocorrem formações ferríferas numa associação litológica típica de BIFs arqueanos, composta por xistos, quartzitos, mármore, calcissilicáticas e metacherts, além de anfibolitos, ortognaisses TTG, rochas metamáficas e ultramáficas e metatufos félsicos e máficos (Figura 5.41). Essa unidade encontra-se mais bem marcada na folha Cedro, assim como observa-se também uma certa distribuição contemplando também áreas das Suítes Intrusivas São João do Sabugi e Itaporanga e Complexo Caicó. Segundo Hawkes (1957), Ni, Cr, Co, Cu e V apresentam características geoquímicas semelhantes, ocorrendo nas rochas em minerais ferromagnesianos ou como sulfetos e óxidos primários.

O fator 2 explica 16,20 % da variância total; ele possui forte carga negativa composta pela associação Cs, Li, Tl, e Rb e carga positiva para Ca e Y, refletindo provavelmente a influência de rochas félsicas, Rb e Cs podem ser indicadores de pegmatitos. Solodov (1959) utilizando critérios químicos e mineralógicos dividiu os pegmatitos graníticos em quatro tipos (Figura 5.42). O Tipo II (pegmatitos a albita-microclina) apresenta

a predominância de alguns minerais formadores de rocha, estabelecendo os seguintes elementos químicos característicos: K, Na, Ta, Be, Cs, Li, Rb e Tl. Essa associação pode estar relacionada ao Grupo Orós e à Suíte Intrusiva Itaporanga composta por granitos e granodioritos de granulação grossa e porfírica a biotita e anfibólio, associado a dioritos em fase de mistura. Pode também se correlacionar com a Unidade Canindé do Complexo Ceará composta por Biotita migmatitos granadíferos, homogêneos (diatexitos), com diferentes graus de migmatização. Associam-se rochas calcissilicáticas, anfibolitos, gonditos, ortognaisses cinzentos e pegmatitos com muscovita, granada e turmalina.

O fator 3, responsável por 9,86 % da variância das amostras, possui correlação positiva para a associação Ba, K, Sr e Al, refletindo provavelmente a influência de pegmatitos; e correlação negativa para Th, U, La e Ce (Figura 5.43). Essa associação de elementos incompatíveis (Th, U, La e Ce) pode ser resultado de contaminação crustal pelo enriquecimento desses elementos (FODOR et al., 1998). Há também a hipótese de que a fonte sugerida para esses magmas deste vulcanismo seria uma fonte mais enriquecida em incompatíveis com características similares de suítes alcalinas. Essa assinatura geoquímica pode corresponder ao magmatismo da Suíte São João do Sabugi com foliação de fluxo magmático, moderadamente desenvolvida, além de termos milonitizados e gnaisificados com composição cálcio-alcálico de alto K. Tal assinatura geoquímica também pode ser indicativa do Complexo Granítico Rio Quixeramobim que apresenta composição cálcio-alcálica de alto K/shoshonítica.

Tabela 5.5 - Autovalores e variâncias total e acumulada da APC. Fonte: Elaborado pelo autor.

FATORES	AUTOVALORES	VARIÂNCIA TOTAL %	AUTOVALORES ACUMULADOS	VARIÂNCIAS ACUMULADAS	ASSOCIAÇÕES
1	8,14	27,14	8,14	27,14	(+) Ce-La-Y-U-Th (-) Ni-Cr-Co-Mg-V-Sc-Cu
2	4,86	16,20	13,00	43,34	(+) Y-Ca (-) Cs-Li-Tl-Rb
3	2,96	9,86	15,96	53,20	(+) Ba-K-Sr-Al (-) Th-U-La-Ce
4	2,04	6,79	18,00	59,98	(+) Be-Pb-Tl (-) Ti
5	1,83	6,12	19,83	66,10	(+) Rb (-) Fe-V
6	1,53	5,11	21,36	71,21	(+) Ga-Al-Zn-Sc (-) Ca
7	1,04	3,48	22,41	74,68	(+) P-Ca (-) Sn-Pb-Nb

O fator 4 explica 6,79 % da variância total; ele possui forte correlação negativa para o Ti e positiva com Be, Pb e Tl (Figura 5.44). Os granitos do tipo pegmatitos a albita-microclina são compatíveis com essa associação geoquímica podendo estar relacionados ao Grupo Orós e à Suíte Intrusiva Itaporanga composta por granitos e granodioritos de granulação grossa e porfirítica a biotita e anfibólio, associado a dioritos em fase de mistura. O Ti participa da geoquímica de pegmatitos do tipo III (pegmatitos a albita) e até corpos com minério de titânio, como já se relatou em pegmatitos da Província Borborema.

O fator 5 explica 6,12% da variância total; este possui correlação negativa formada com Fe e V e positiva com Rb (Figura 5.45). Pode-se supor que há uma possível correlação com rochas cálcio-alcálicas de alto K, como sugere Scheepers (1995) estudando granitoides de arco magmático.

O fator 6 explica 5,11 % da variância total; ele possui forte correlação negativa com Ca e positiva com Ga, Al, Zn e Sc. Marques e Monteiro (2014) interpretaram variância entre esses elementos como possível processo de hidrotermalismo em granitos, analisando sedimentos de corrente (Figura 5.46).

O fator 7 explica 3,48 % da variância total; ele possui correlação forte positiva para P e Ca podendo ser um indicativo da presença de apatitas e correlação negativa para Sn, Pb e Nb (Figura 5.47). Possivelmente esse fator indique a ocorrência de processos de hidrotermalismo para mineralização de Sn em granitos anorogênicos.

5.4.2. Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento também conhecida como análise de cluster trata-se de uma técnica estatística multivariada utilizada para classificar elementos em grupos, de modo que os elementos dentro de um mesmo cluster possuam similaridades e os alocados em cluster diferentes sejam distintos entre si. O produto desta técnica aplicada nos dados desse estudo é a construção de grupos que exibem máxima homogeneidade de objetos dentro de grupos, e ao mesmo tempo, máxima heterogeneidade entre grupos (Figura 5.48)

Foram evidenciados 3 grupos pelo dendrograma gerado. O primeiro grupo é composto pelos elementos Ce, La, Y, Th, U, Nb, Pb e Sn. Este grupo se caracteriza por associações graníticas e pegmatíticas que podem corresponder às formações da Suíte Intrusiva Itaporanga, com corpos de dimensões batolíticas, composto por granitoides (granitos e granodioritos), geralmente de granulação grossa e porfiríticos, de composições monzogranítica a granodiorítica. O segundo grupo é representado pelos elementos Ca, Sr, P, Fe, Ti, Co, Mg, Sc, V, Cu, Cr e Ni que corresponde às

associações plutônicas de rochas máficas e ultramáficas compatíveis com as formações do Complexo Granjeiro constituído por gnaisses variados e uma associação metavulcano-sedimentar com horizontes químicos de caráter exalativo, interpretada como um remanescente de crosta oceânica. As formações ferríferas ocorrem numa associação litológica típica de BIFs arqueanos, composta por xistos, quartzitos, mármore, calcissilicáticas e metacherts, além de anfibolitos, ortognaisses TTG, rochas metamáficas e ultramáficas e metatufos félsicos e máficos. O terceiro grupo engloba os elementos Al, Ga, Zn, Ba, K, Be, Rb, Tl, Cs e Li que são assinaturas que podem representar associações sedimentares com possíveis depósitos de bauxita pela associação Ga, Be e Zn e pegmatíticas pelas associações dos elementos Li, Rb, Cs e Be. Esses depósitos possivelmente são compatíveis com os arenitos e conglomerados quartzosos a polimíticos do Grupo Rio do Peixe e dos batólitos da Suíte intrusiva Itaporanga.

5.5. CONCENTRADOS DE BATEIA (CB)

Os concentrados de bateia foram programados em locais com áreas de captação em torno de 20 – 40 Km², sendo coletados nos trechos da drenagem com concentradores naturais, tais como curvas, corredeiras, desníveis, obstáculos naturais e etc. As amostras foram coletadas principalmente nos leitos secos das drenagens e bateadas em córregos próximos, contudo algumas poucas amostras foram coletadas em drenagens com leitos ativos. Foram bateados 20 litros de cascalho por amostra e em seguida foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados.

As amostras de concentrado de bateia foram enviadas inteiras para o laboratório SGS GEOSOL®, onde foram peneiradas, separadas em líquido denso (bromofórmio) e analisadas para mineralometria. As frações obtidas seguiram para o estudo analítico através de lupa binocular e microscópio (análise semi-quantitativa) na fração média (entre 0.425 e 0.710 mm), com média de peso para cada amostra de 30 gramas. Os minerais foram, então, separados nos seguintes grupos: 1) elementos, como ouro; 2) sulfetos; 3) óxidos, com exceção dos silicatos; 4) silicatos e 5) fosfatos, sendo quantificados em porcentagem no total da amostra analisada.

5.5.1. Resultados Obtidos

Os dados de concentrados de bateia obedeceram a um processo de representação gráfica realizado segundo as seguintes etapas:

1 – Foram gerados mapas mineralométricos de bacias de proveniência e das estações amostradas para todos

os minerais pesados que apresentaram informações significativas nos boletins mineralométricos.

2 – Os dados classificados foram correlacionados sobre uma base geológica com ênfase na litologia e no arcabouço estrutural.

Os mapas de distribuição espacial de concentrados de bateia contemplaram os seguintes minerais: anfibólio, apatita, cianita, epidoto, esfênio, estauroлита, granada, ilmenita, limonita, magnetita, monazita, ouro, piroxênio, sillimanita, turmalina e zircão.

Foi revelado um predomínio na distribuição de anfibólio, epidoto, esfênio, estauroлита, granada, ilmenita, limonita, magnetita, micas, piroxênio, turmalina e zircão com frequência acima de 25%. Essa associação mineralógica pode denotar proveniência de rochas máficas (anfibólio e piroxênio) com possíveis mineralizações de ferro (ilmenita, limonita e magnetita) sob a ação de metamorfismo regional (esfênio, epidoto, estauroлита, granada) que é característica da unidade geotectônica (Província Borborema) que engloba a área do projeto.

A ampla ocorrência dos minerais do grupo dos anfibólios (Figura 5.49) em rochas para e ortoderivadas, explica a relativa abundância desse mineral ao longo das Folhas Assaré, Cedro e Cajazeiras. Sua distribuição de maiores frequências contempla a Suíte Intrusiva Itaporanga, Granitoides do Complexo Granítico Rio Quixeramobim, Complexo Caicó, Complexo Granjeiro, Complexo Arábia e Complexo Jaguaretama. Ocorre de forma mais esparsa nas demais unidades geológicas. O grupo dos anfibólios é composto por antofilita, cummingtonita-grunerita, tremolita, actinolita, hornblenda, glaucofano e riebeckita. Pode ser produto do metamorfismo de rochas ricas em Mg, tais como rochas ígneas ultrabásicas e folhelhos dolomíticos impuros, sendo também comum em gnaiesses com cordierita e xistos. É um importante mineral formador de rocha ocorrendo amplamente tanto em rochas ígneas como metamórficas, particularmente em rochas metamórficas de grau médio (anfíbolitos), podendo também ser encontrado em xistos, eclogitos e mármore em condições metamórficas típicas de zonas de paleosubducção (KLEIN; DUTROW, 2012).

A distribuição do epidoto (Figura 5.52) mostra-se restrita à porção noroeste que corresponde ao Grupo Rio do Peixe e na parte inferior central pertencente ao Complexo Caicó. O grupo do epidoto é composto pela clinozoisita e epidoto que se formam sob condições de metamorfismo regional da fácies epidoto-anfíbolito, podendo também ocorrer na porção superior da fácies xisto-verde.

Outra forma de ocorrência é a formação pelo metamorfismo retrógado do plagioclásio, piroxênio e anfibólio, sendo comum em calcários metamorfizados com granadas ricas em cálcio, diopsídio e calcita.

O esfênio predominou ao longo da Suíte Intrusiva Itaporanga com uma amostra pontual de frequência acima de 25% na porção sudoeste (Figura 5.53). É um mineral acessório comum em granitos, granodioritos, dioritos, sienitos e nefelinassienitos. Também pode ser encontrado em grandes cristais em rochas metamórficas (anfíbolitos, cloritaxistos e mármore) e também associado a minérios de ferro.

A estauroлита mostrou uma maior distribuição em torno da Formação Caipu do Complexo Tamboril Santa-Quitéria, formada durante metamorfismo de grau médio de rochas ricas em alumínio e é encontrada tipicamente associada com granadas, moscovita e biotita (Figura 5.54).

A distribuição, das granadas se mostraram mais presentes no Complexo Caicó, próximo ao Complexo Granjeiro e alguns locais onde ocorrem os granitoides do Complexo Rio Quixeramobim (Figura 5.55). Os minerais que compõem o grupo das granadas são formados por piropo, almandina, spessartita, grossulária, andradita, uvarovita e hidrogrossulária. É um mineral comum e amplamente distribuído; ocorre de forma abundante em algumas rochas metamórficas e como constituinte acessório em algumas rochas ígneas.

A ilmenita se distribuiu de forma mais frequente nas rochas do Complexo Caicó mais próximas ao Complexo Granjeiro (Figura 5.56). É um mineral acessório comum em rochas ígneas e metamórficas, podendo estar presente sob a forma de grandes massas nos gabros, dioritos e anortositos como um produto de segregação magmática intimamente associado com magnetita. Também encontrada em pegmatitos e depósitos de veios.

A limonita apresentou distribuição restrita a porção leste do Grupo Rio do Peixe (Figura 5.57). É comum ocorrer a alteração de pirita para limonita num processo chamado pseudomorfismo com a preservação de todas as feições externas da pirita. O cristal formado é descrito como um pseudomorfo de limonita sobre pirita. É comum sua ocorrência juntamente com a hematita que são os dois principais minérios de ferro.

A magnetita se apresenta bem distribuída nas rochas do Complexo Caicó, Complexo Granítico Rio Quixeramobim e Suíte Serra do Deserto (Figura 5.58). Pode estar intrinsecamente relacionada aos minérios de Fe que ocorrem na área do projeto. É um mineral comum encontrado disseminado como um acessório na maioria das rochas ígneas. Através da segregação magmática, a magnetita pode tornar-se um dos principais constituintes da rocha e formar grandes corpos de minério. Estes corpos com frequência são altamente titaníferos. É um constituinte comum de formações ferríferas metamórficas e sedimentares bandadas pré-Cambrianas.

As micas apresentaram distribuição restrita a Formação Lavras da Mangabeira e Complexo Caicó (Figura 5.59).

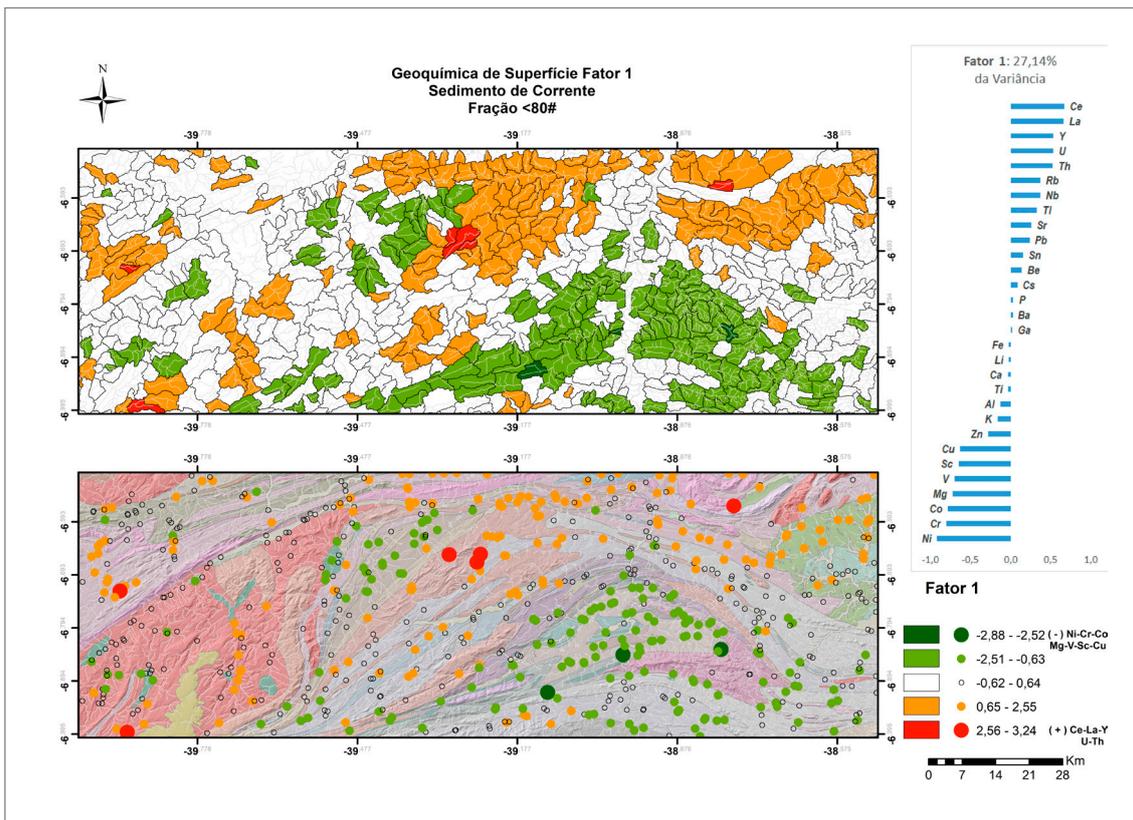


Figura 5.41 - Distribuição espacial do Fator 1. Fonte: Elaborado pelo autor.

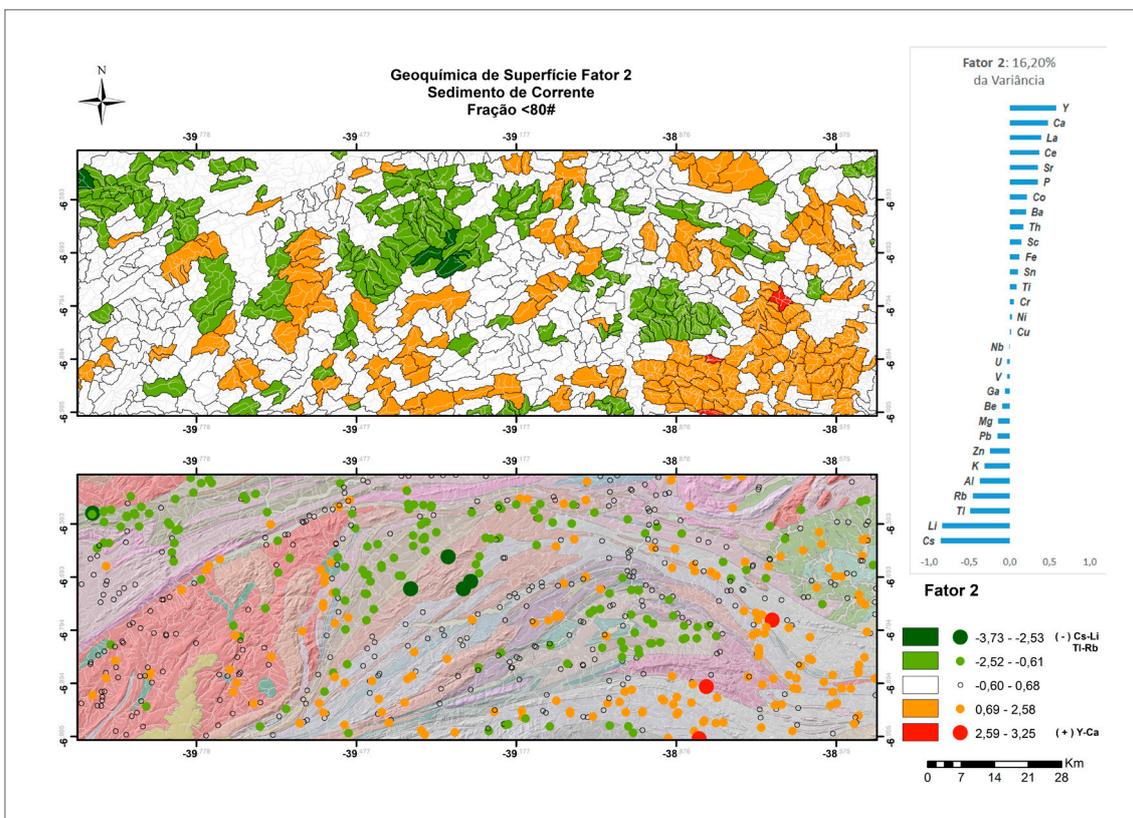


Figura 5.42 - Distribuição espacial do Fator 2. Fonte: Elaborado pelo autor.

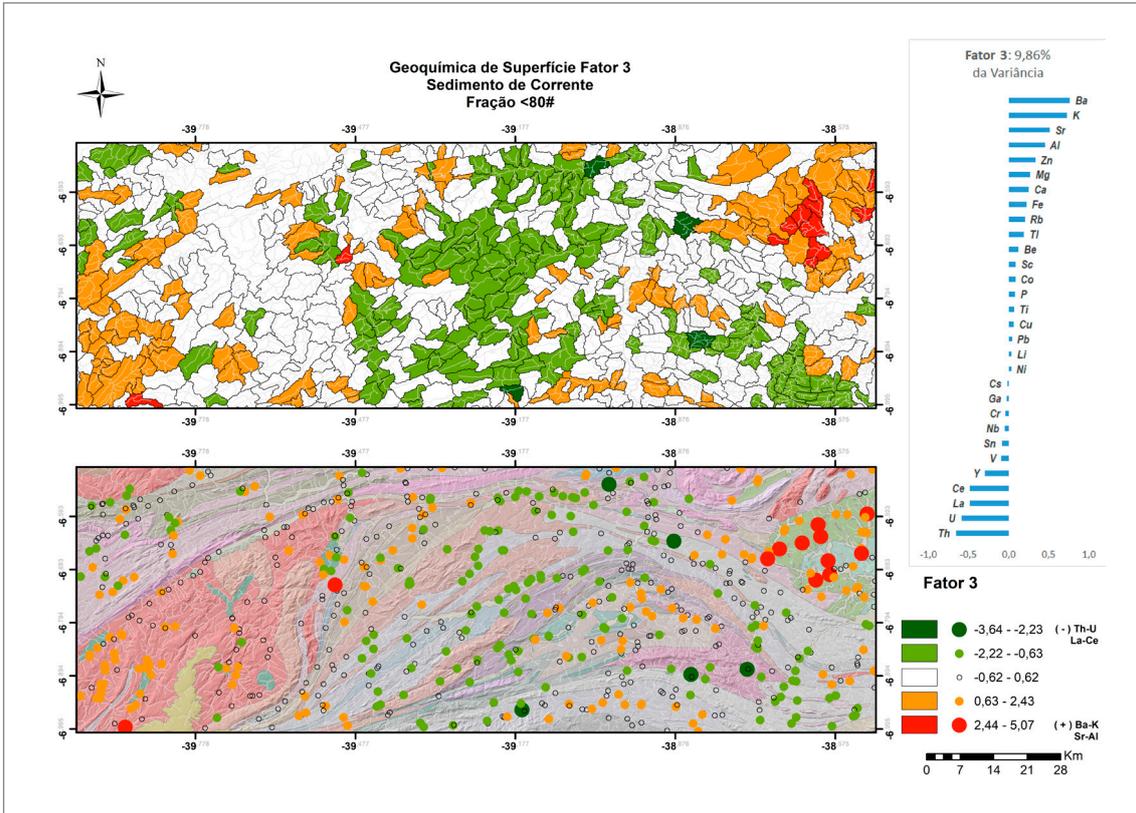


Figura 5.43 - Distribuição espacial do Fator 3. Fonte: Elaborado pelo autor.

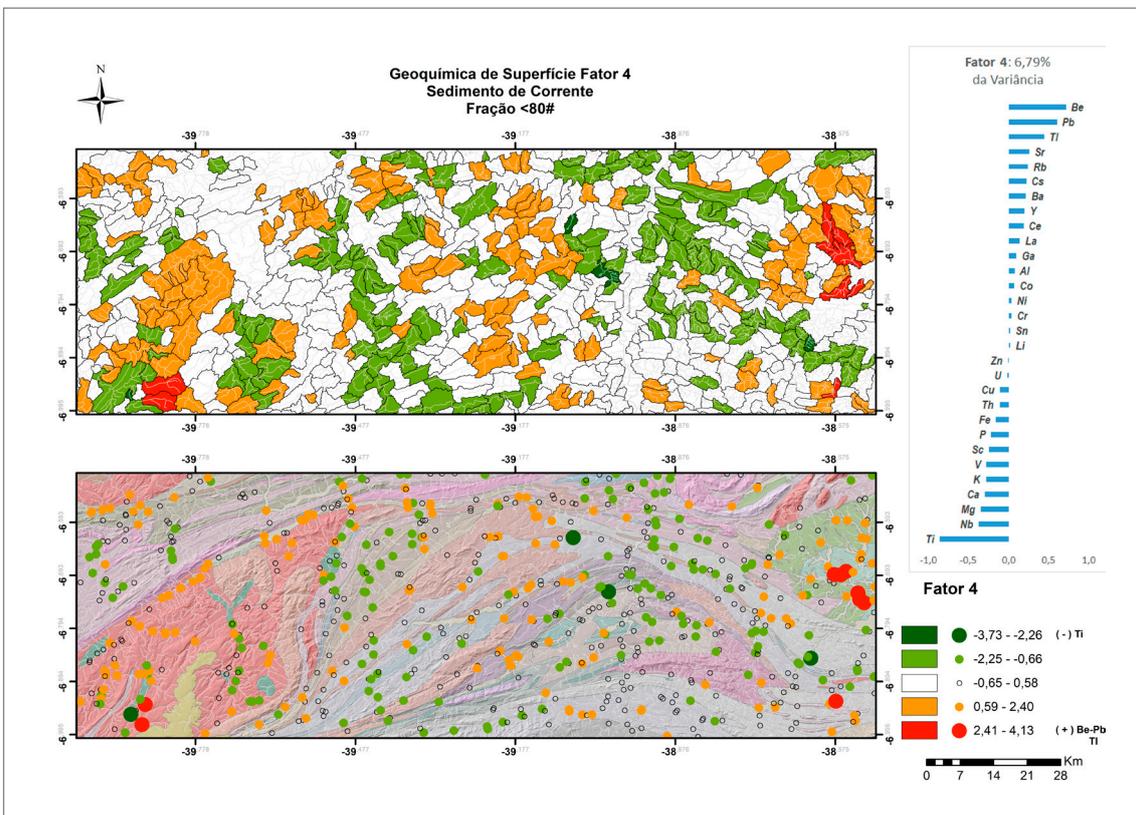


Figura 5.44 - Distribuição espacial do Fator 4. Fonte: Elaborado pelo autor.

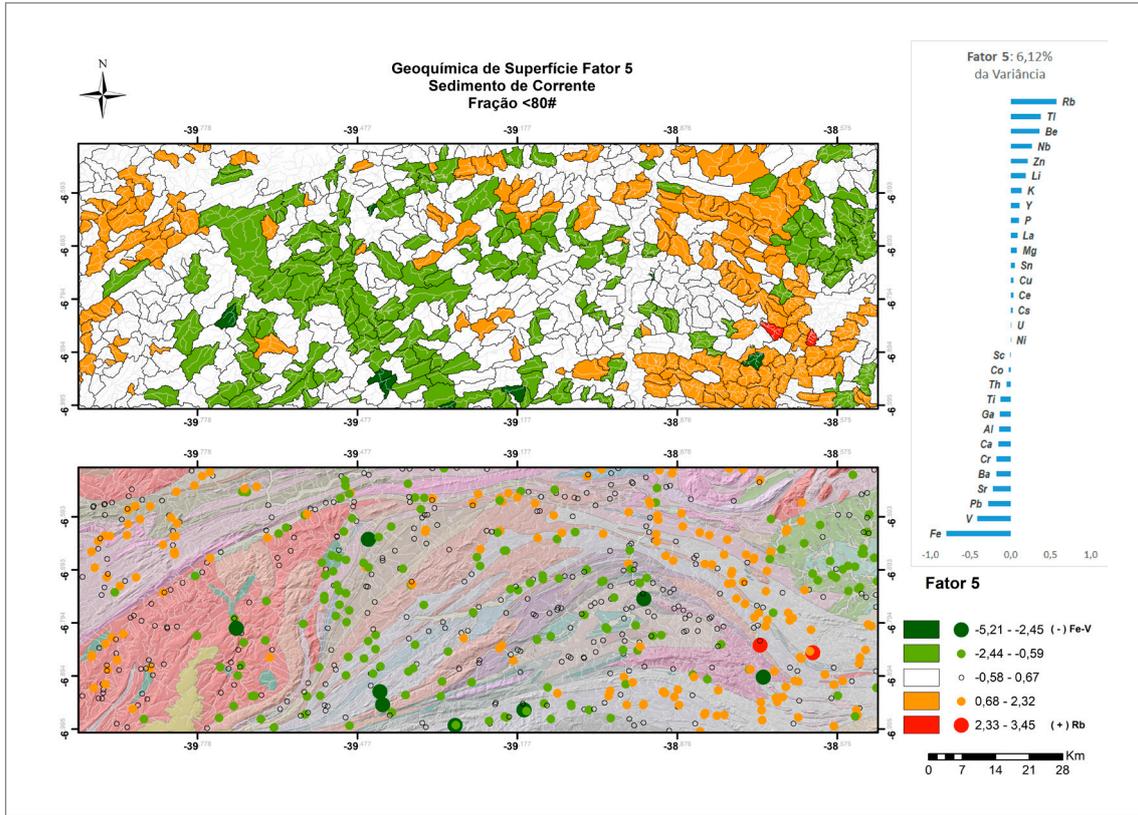


Figura 5.45 - Distribuição espacial do Fator 5. Fonte: Elaborado pelo autor.

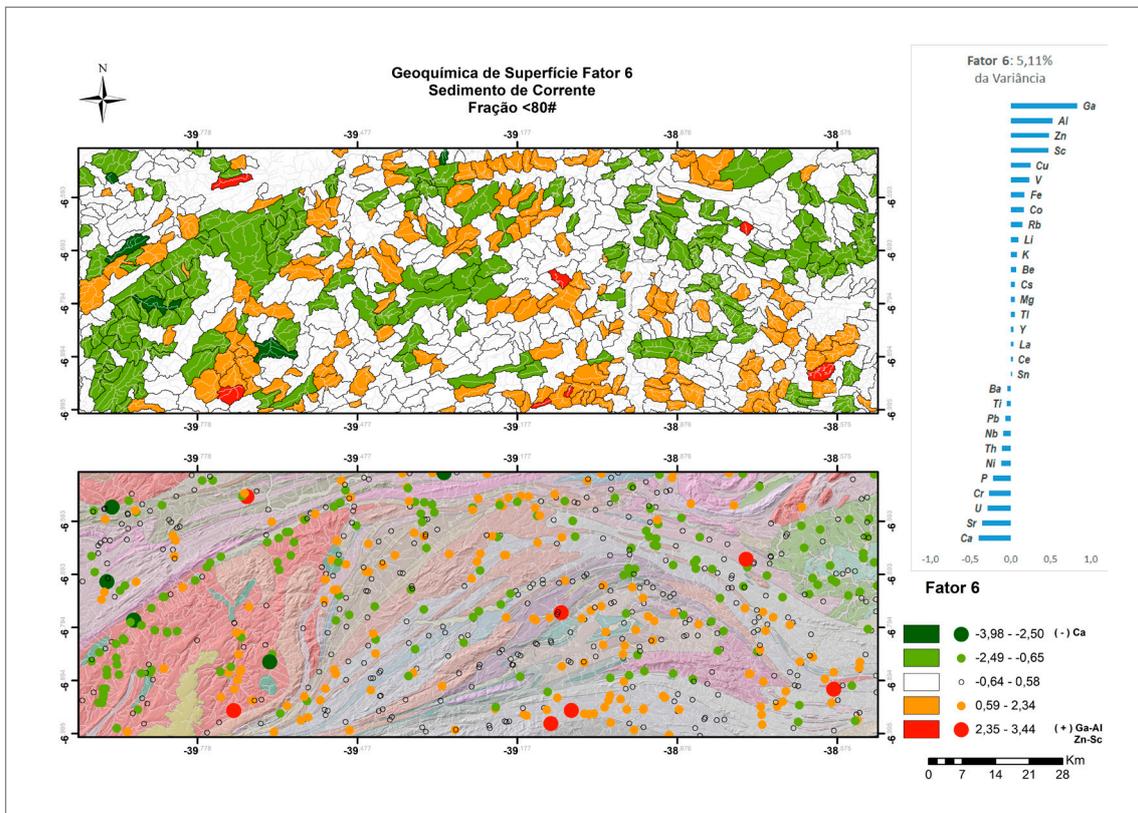


Figura 5.46 - Distribuição espacial do Fator 6. Fonte: Elaborado pelo autor.

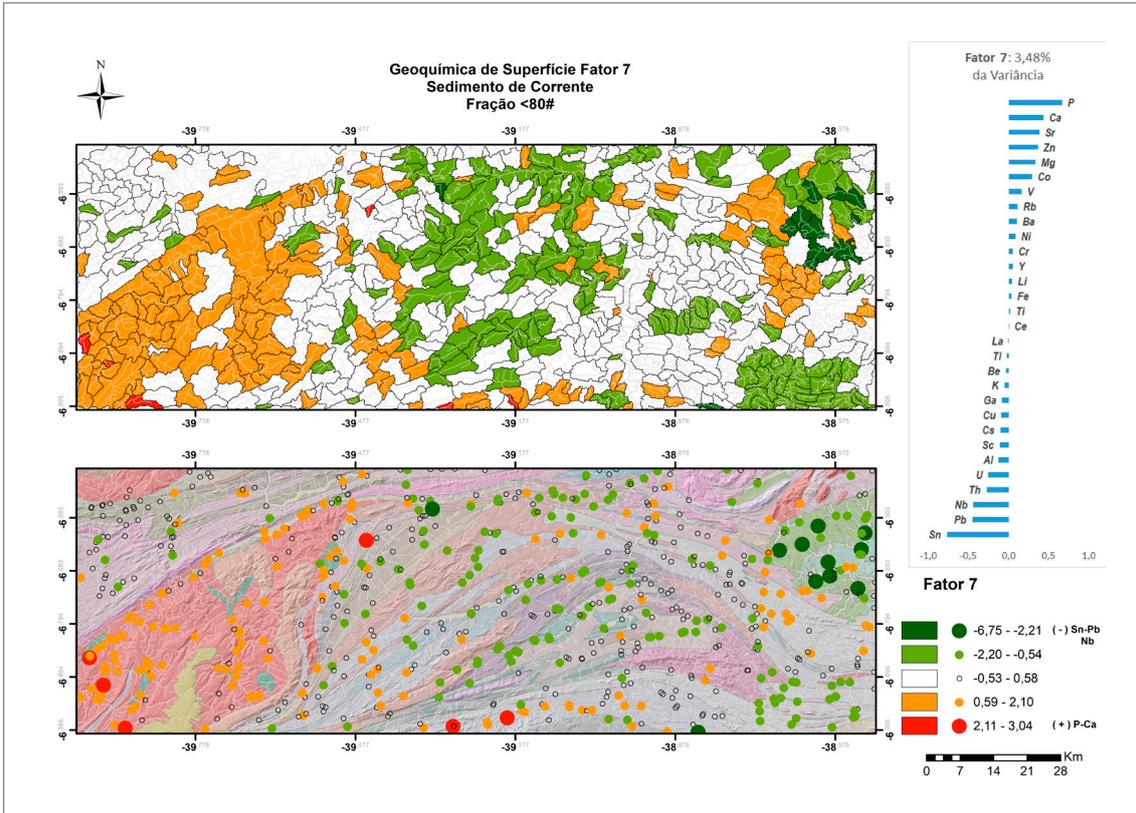


Figura 5.47 - Distribuição espacial do Fator 7. Fonte: Elaborado pelo autor.

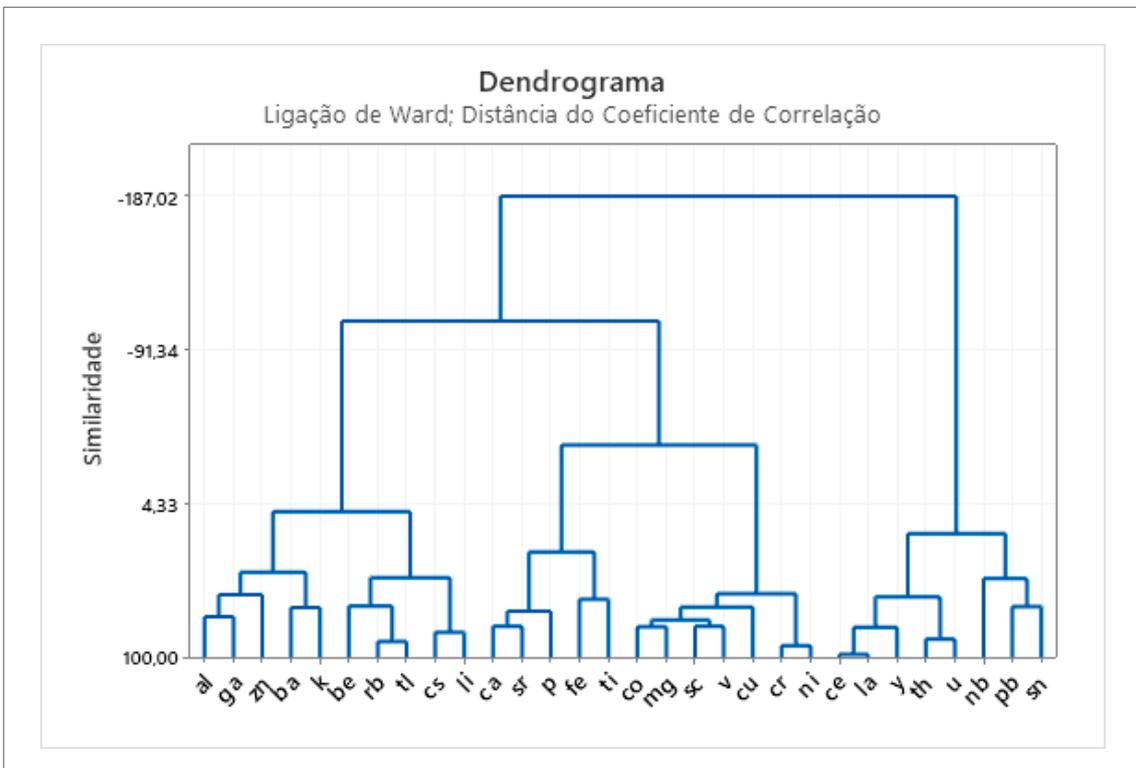


Figura 5.48 - Dendrograma dos 30 elementos selecionados para APC. Fonte: Elaborado pelo autor.

O grupo das micas é representado pela moscovita, flogopita, biotita, lepidolita e margarita. É um mineral formador de rocha comum e abundante, característica de granitos, pegmatitos graníticos, dolomitos, ultrabásicas. Se forma em uma série de ambientes geológicos, podendo ser encontrada em pegmatitos graníticos, granitos, dioritos gabros e peridotitos, assim como em lavas félsicas, pórfiros e nas rochas metamórficas.

A distribuição dos piroxênios se mostrou mais frequentes nos complexos Caicó, Rio Quixeramobim e Granjeiro (Figura 5.62). O grupo dos piroxênios é constituído por enstatita, ferrossilita, pigeonita, diopsídio, hedenbergita, augita, jadeíta, egirina e espodumênio. Ocorre em peridotitos, gabros, noritos e basaltos e é geralmente associado com Ca-clinopiroxênio (augita), olivina e plagioclásio. É comum em diabásios, como fenocristais em algumas rochas vulcânicas, mas também ocorrem em rochas metamórficas. Considerado um importante mineral formador de rocha, encontrado em lavas basálticas, mas também em rochas intrusivas, gabros, peridotitos e andesitos.

A turmalina mostrou uma distribuição mais frequente no Complexo Caicó, Grupo Rio do Peixe, Suíte Serra do Deserto e Grupo Orós (Figura 5.64). Ocorre mais comumente em pegmatitos graníticos e nas rochas mais imediatamente circundantes, sendo também mineral acessório da maioria das rochas ígneas e metamórficas. Considerado também um mineral detrítico em sedimentos devido sua estabilidade química e mecânica. Sua variação rica em Mg pode ser encontrada em xistos e mármores.

O zircão apresentou uma maior distribuição ao longo do Grupo Rio do Peixe, Complexo Granítico Rio Quixeramobim e Complexo Jaguaratama (Figura 5.65). É um mineral comum e amplamente distribuído em todos os tipos de rochas, sendo especialmente comum em rochas silicosas como os granitos, granodioritos, sienitos e monzonitos. Encontrado também em gnaisses, mármores e xistos, ocorrendo também como mineral acessório comum em muitos sedimentos.

Apatita, cianita, monazita, ouro, sillimanita e xenotímio apresentaram distribuição com frequência inferior a 25%. As maiores concentrações de apatita se distribuíram pela Suíte Intrusiva Itaporanga (Figura 5.50). É um mineral comum e largamente disseminado como mineral acessório em rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. É encontrada também em pegmatitos e outros tipos de veios, provavelmente de origem hidrotermal. Ocasionalmente pode se concentrar em grandes depósitos ou veios associados a rochas alcalinas.

A cianita predominou no Complexo Jaguaratama, Complexo Caicó e Complexo Granjeiro (Figura 5.51). É tipicamente resultado do metamorfismo regional de rochas aluminosas e está sempre associada com granada, estauroлита e coríndon. Ocorrem também em alguns eclogitos e em chaminés kimberlíticas.

A monazita se apresentou mais distribuída nos Complexos Jaguaratama, Rio Quixeramobim, Caicó, Granjeiro e Suíte Intrusiva Serra do Deserto (Figura 5.60). É um mineral acessório de granitos, aplitos, pegmatitos e da maioria das rochas metamórficas.

As pintas de ouro identificadas na área do projeto estão presentes no Complexo Granjeiro e Caicó e nos Grupos Rio do Peixe e Orós (Figura 5.61). O ouro ocorre amplamente distribuído em pequenas quantidades, comumente situado em veios que têm relação genética com tipos silicatados de rochas ígneas. As principais fontes são veios hidrotermais de quartzo aurífero onde é depositado juntamente com pirita e outros sulfetos.

A distribuição de sillimanita se restringiu ao Grupo Orós (Figura 5.63). É comum ocorrer em rochas ricas em alumínio metamorfizadas em alta temperatura, formada pela quebra da estauroлита e/ou moscovita e é utilizada como um mineral índice para metamorfismo de alto grau.

Xenotímio é um mineral raro cuja composição química é o fosfato de ítrio. Geralmente, ocorre associada à monazita e sua exploração ocorre em depósitos aluvionares de cassiterita. Esse mineral apesar de ocorrer amplamente distribuído na área do projeto, a frequência é inferior a 1% e não foi gerado seu respectivo mapa de distribuição.

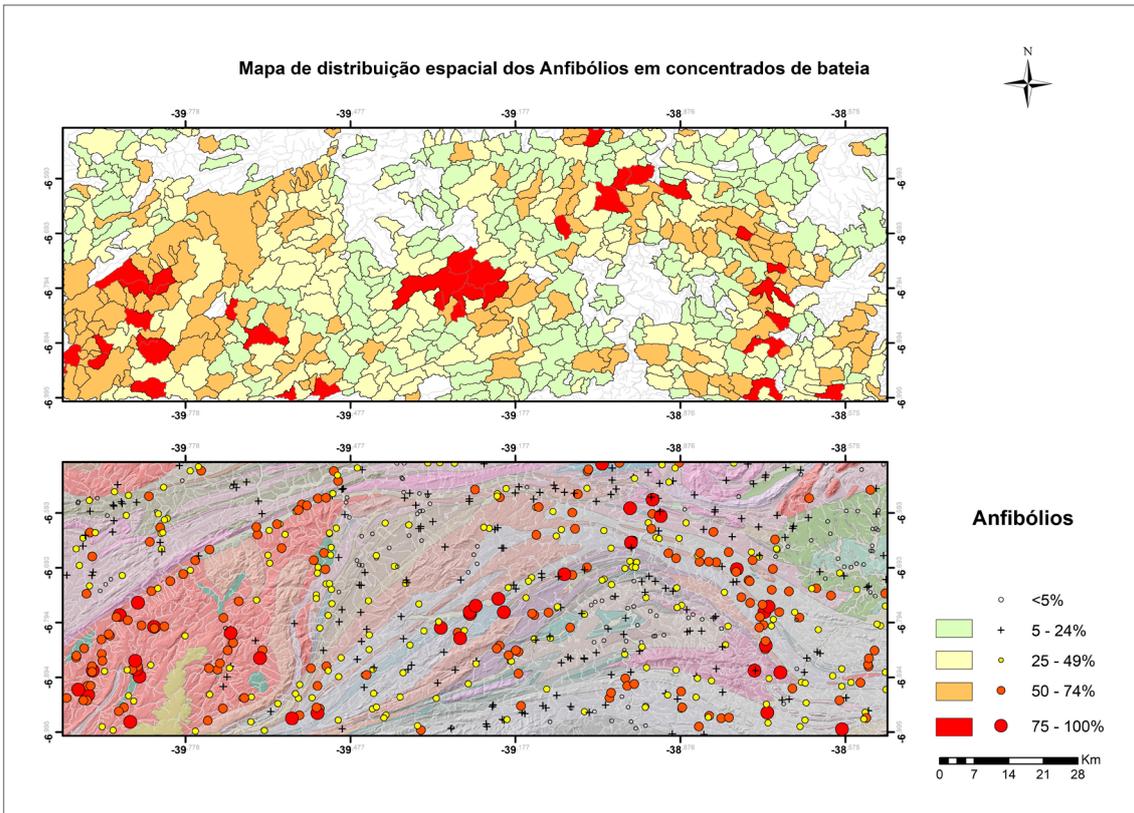


Figura 5.49 - Distribuição espacial dos Anfibólios em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

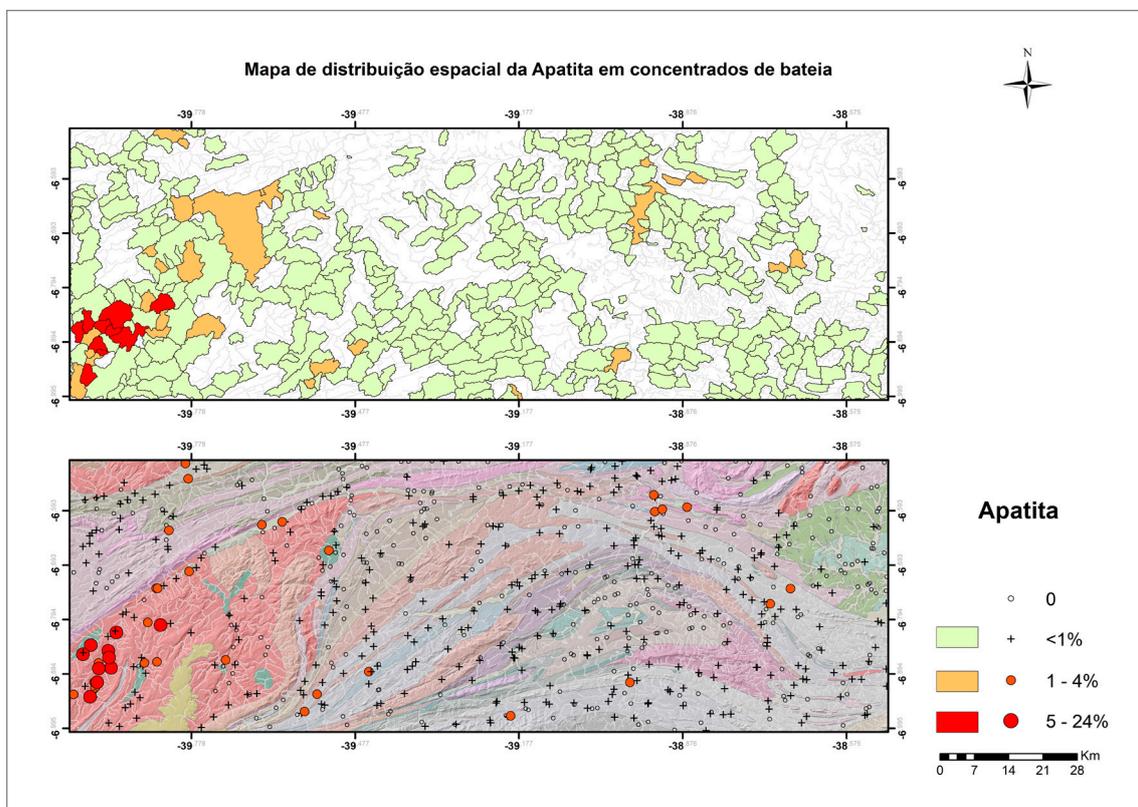


Figura 5.50 - Distribuição espacial da Apatita em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

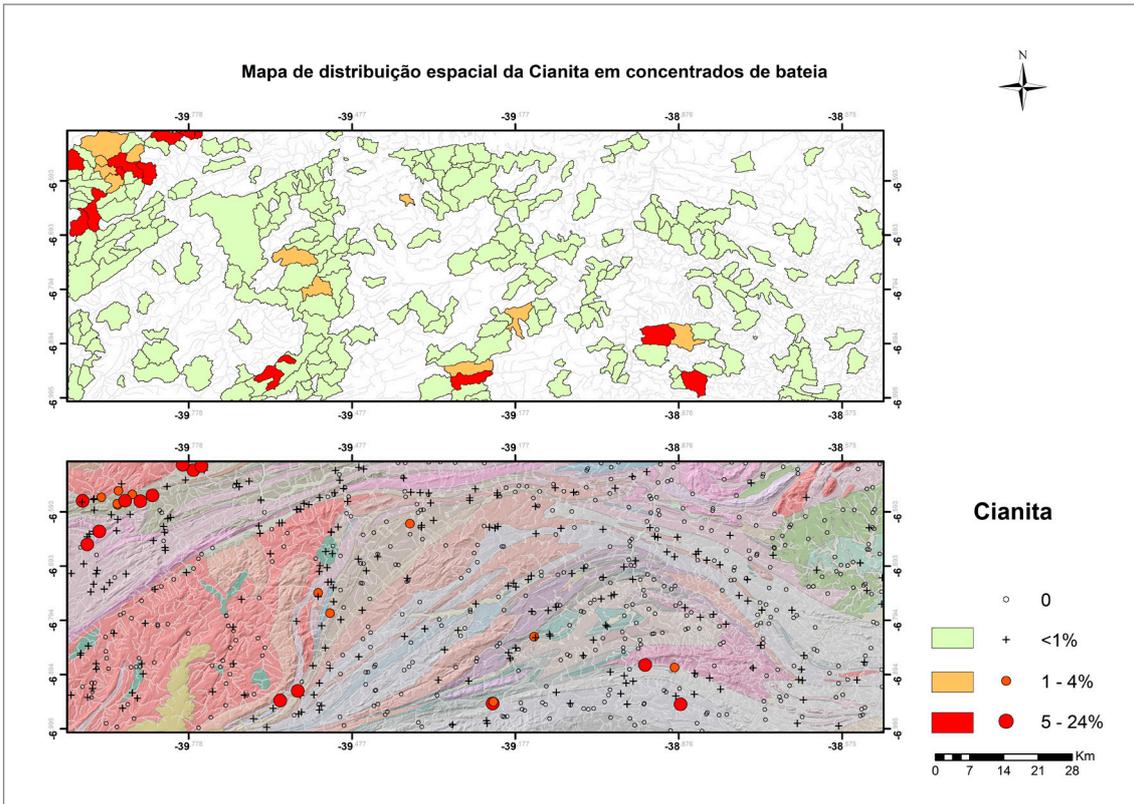


Figura 5.51 - Distribuição espacial da Cianita em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

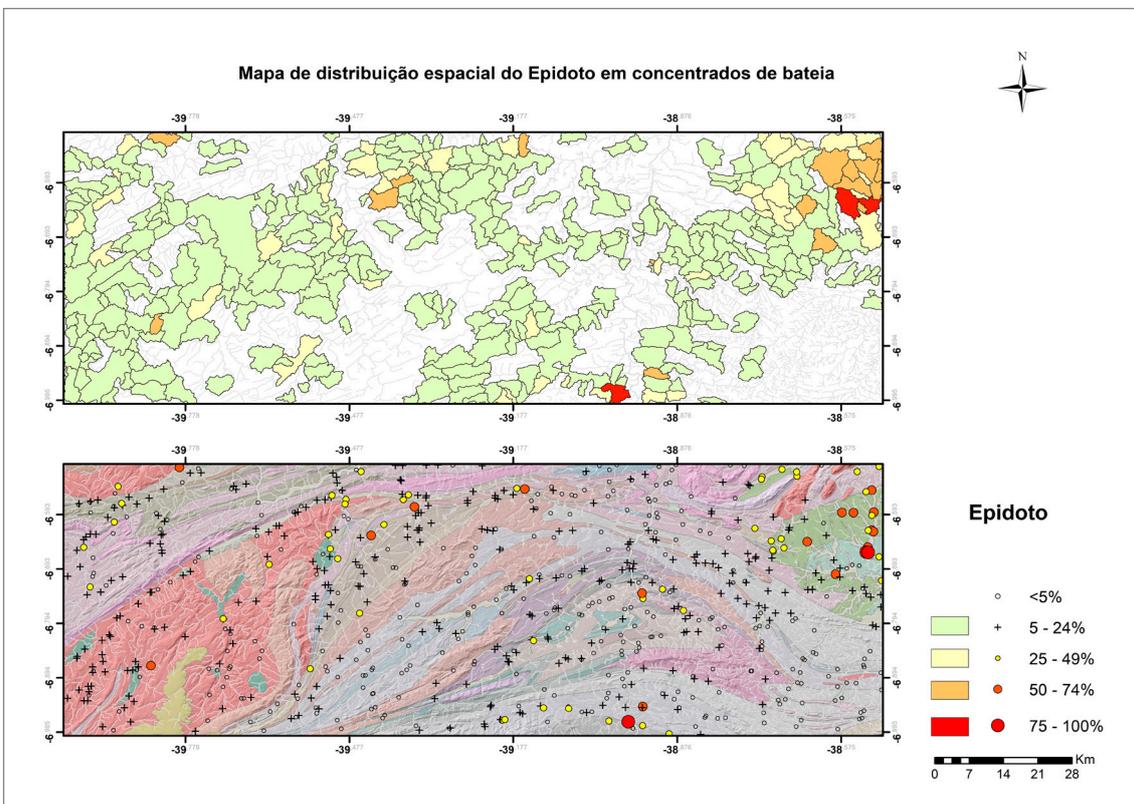


Figura 5.52 - Distribuição espacial do Epidoto em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor

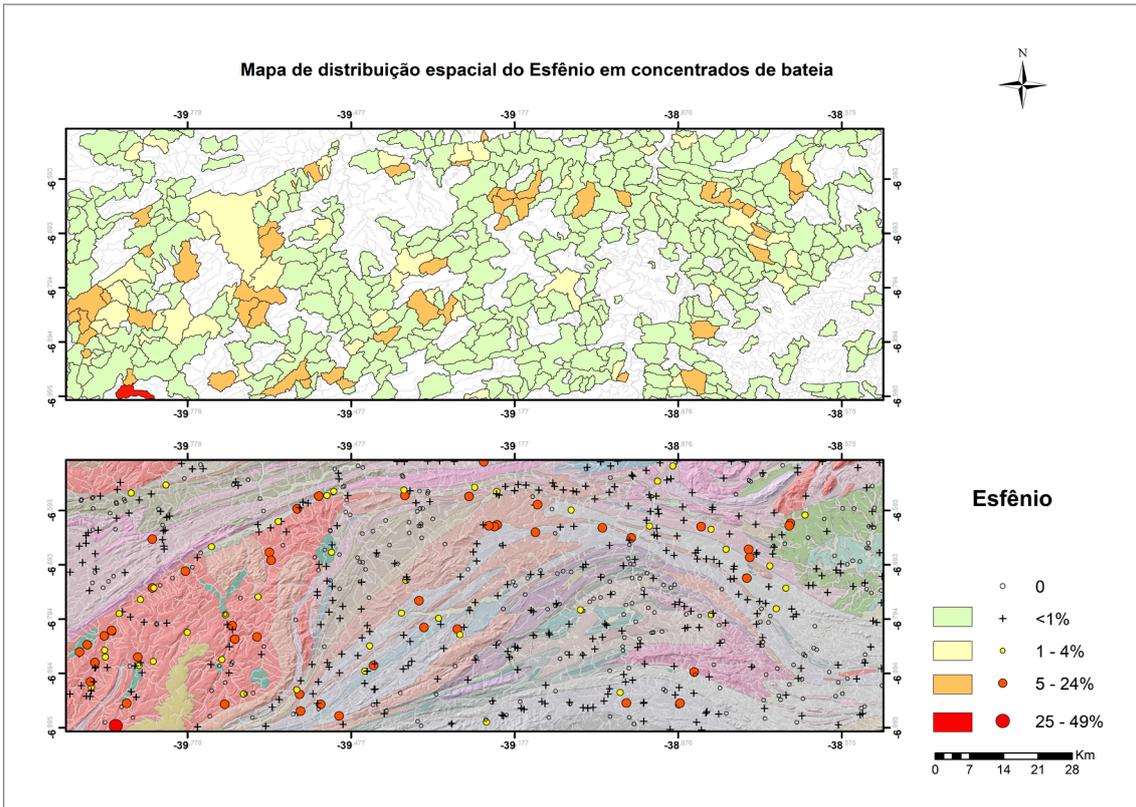


Figura 5.53 - Distribuição espacial do Esfênio em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor

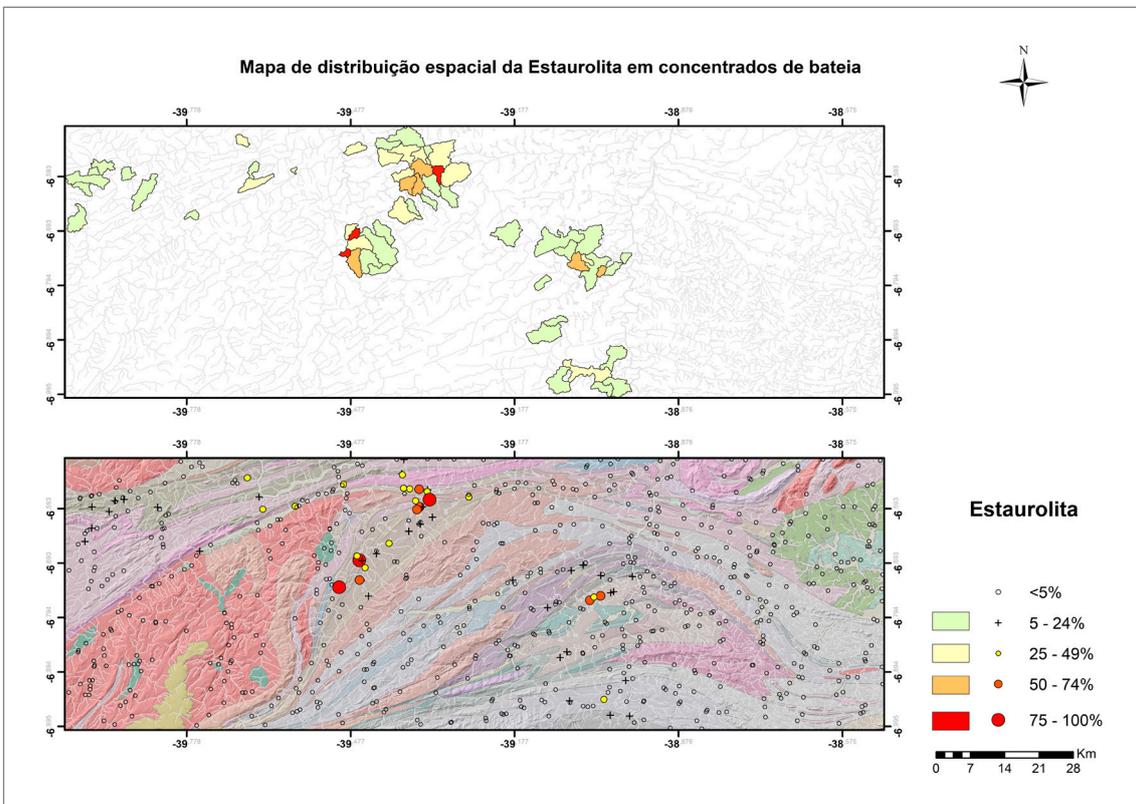


Figura 5.54 - Distribuição espacial do Estauroлита em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor

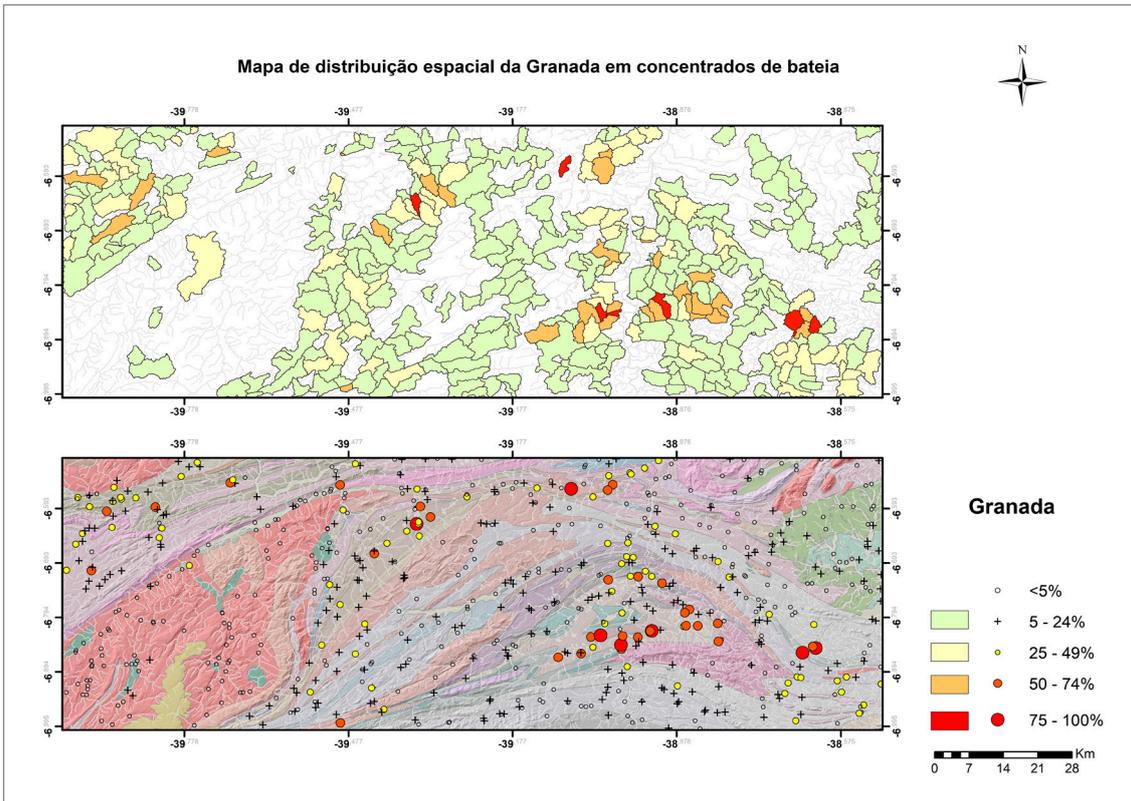


Figura 5.55 - Distribuição espacial do Granada em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

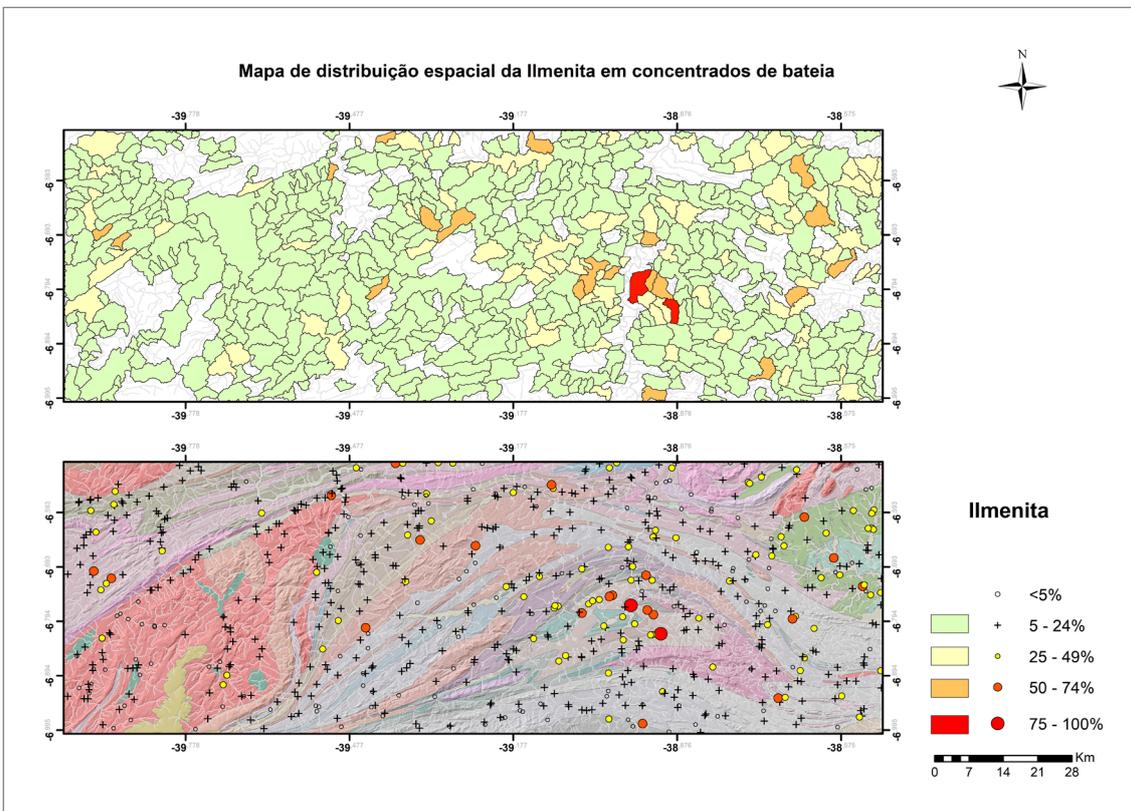


Figura 5.56 - Distribuição espacial do Ilmenita em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

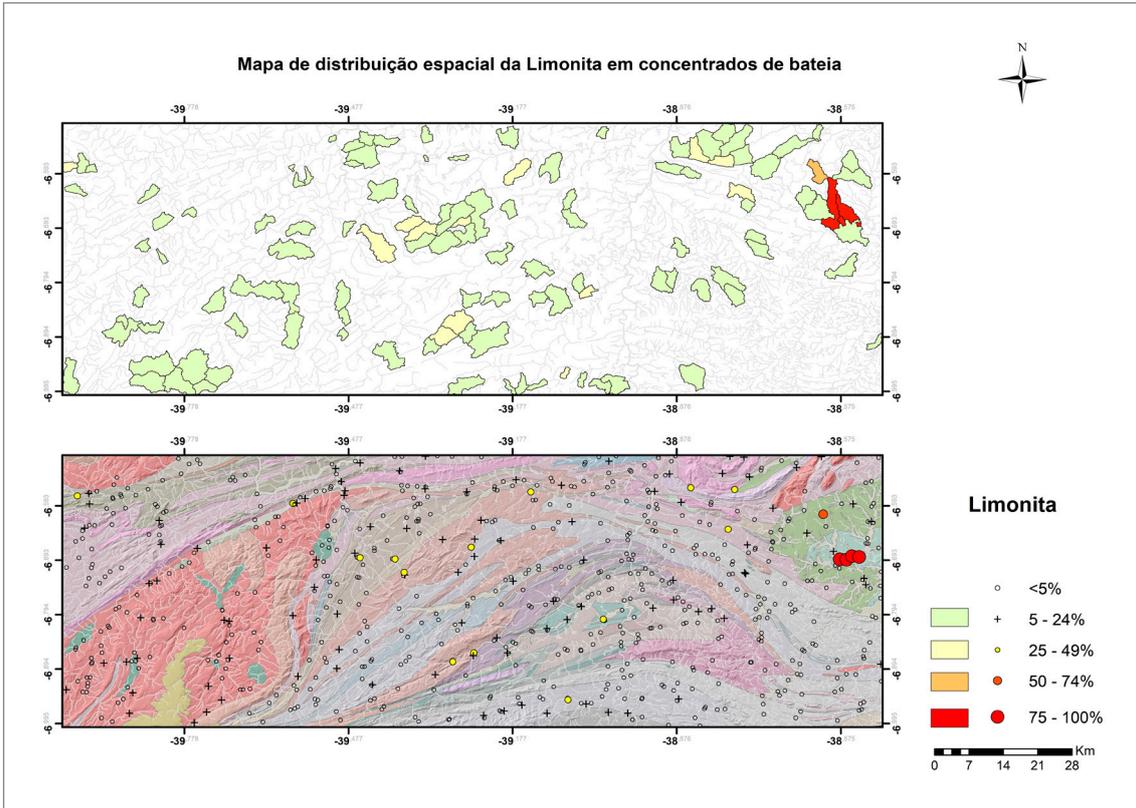


Figura 5.57 - Distribuição espacial do Limonita em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

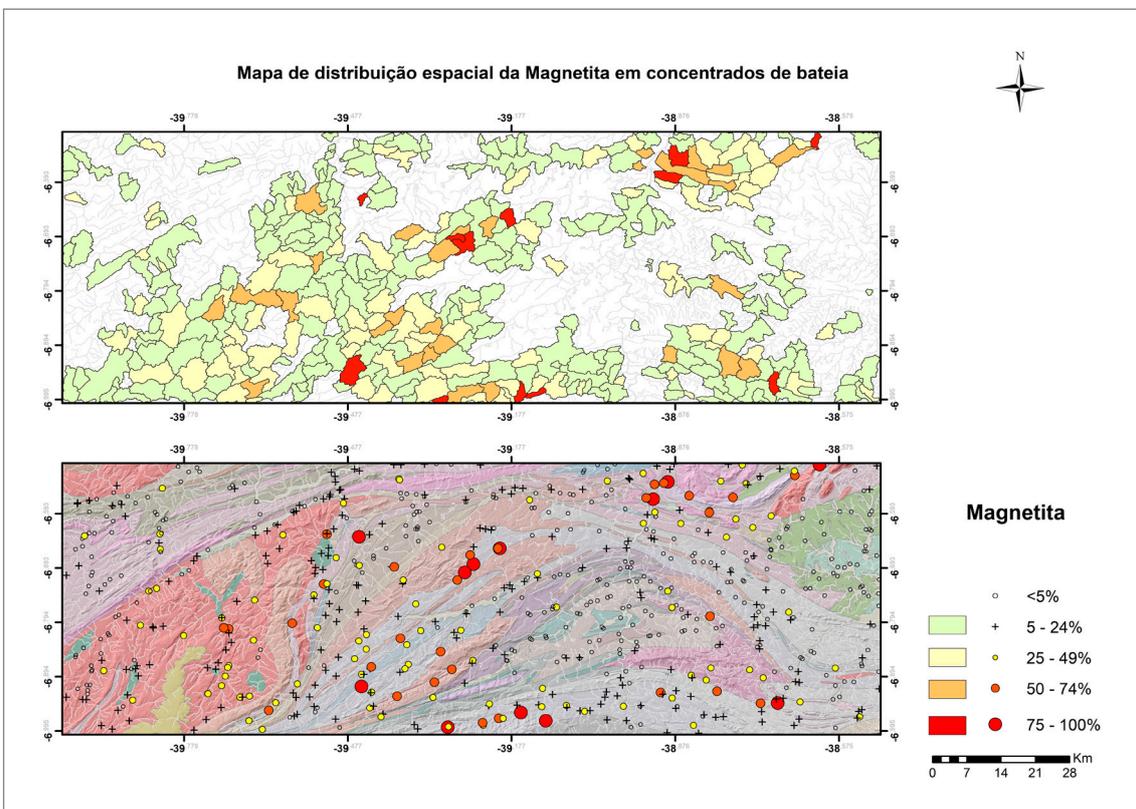


Figura 5.58 - Distribuição espacial do Magnetita em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

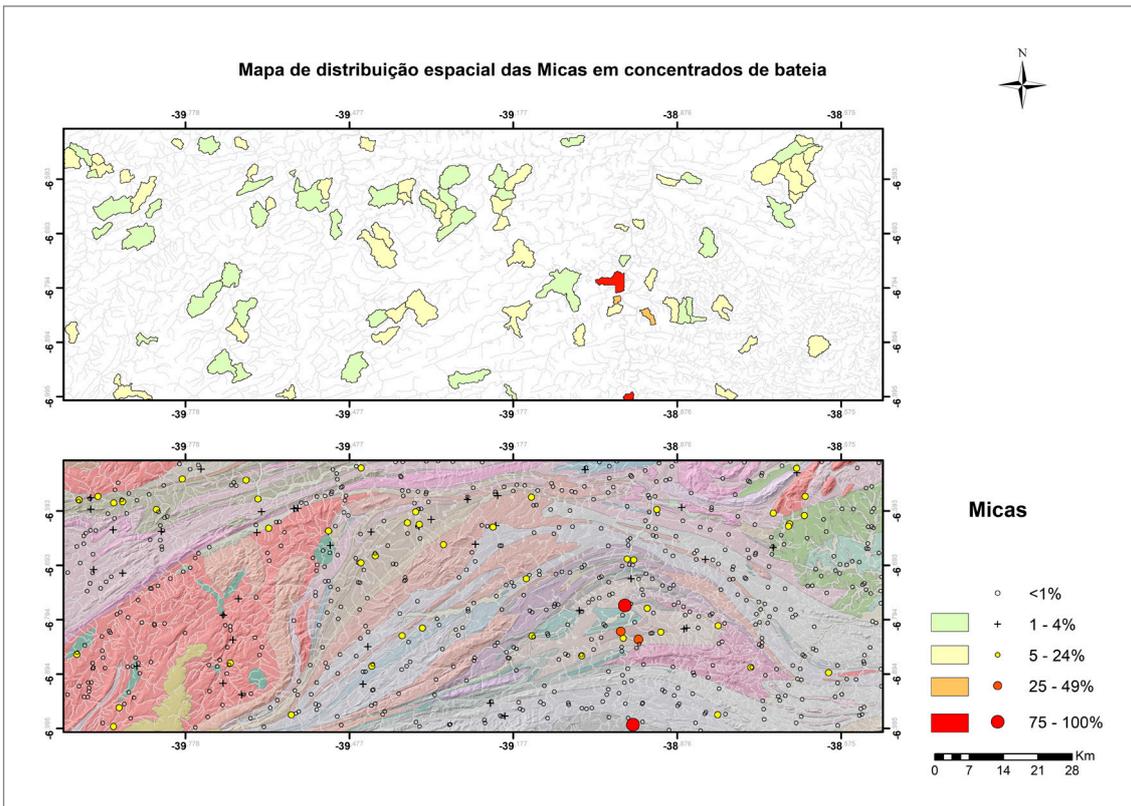


Figura 5.59 - Distribuição espacial das Micas em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

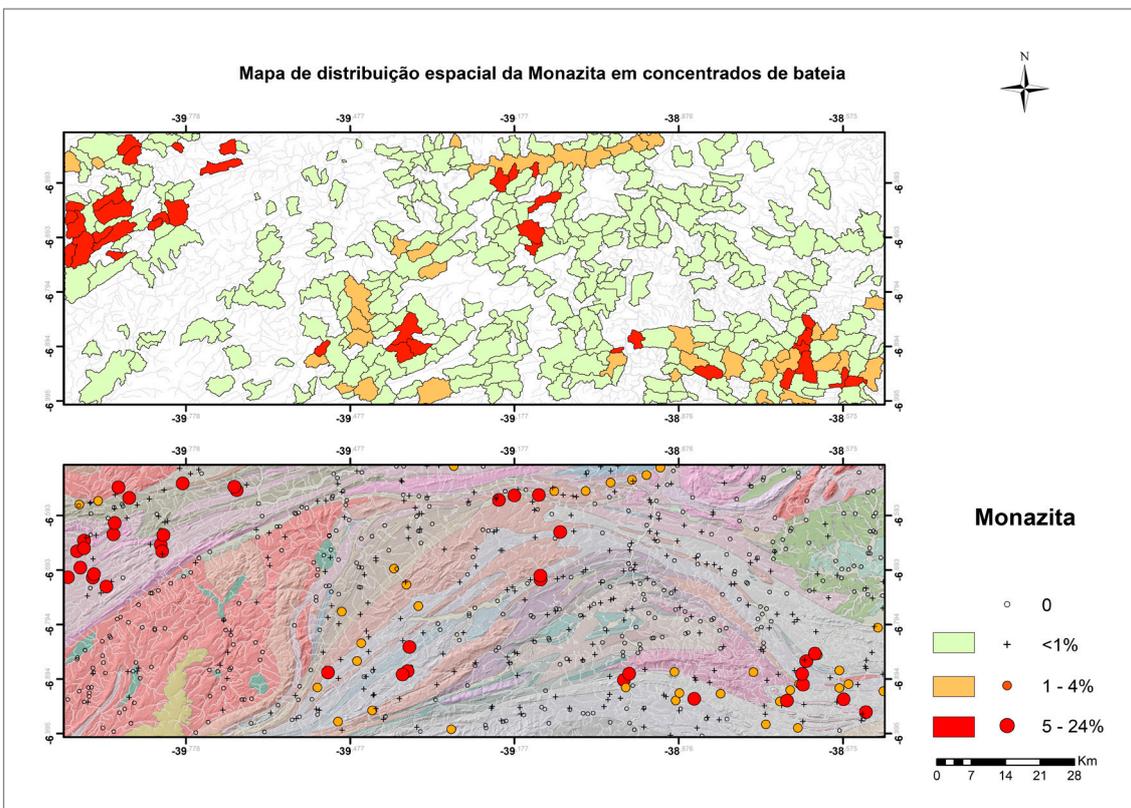


Figura 5.60 - Distribuição espacial da Monazita em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

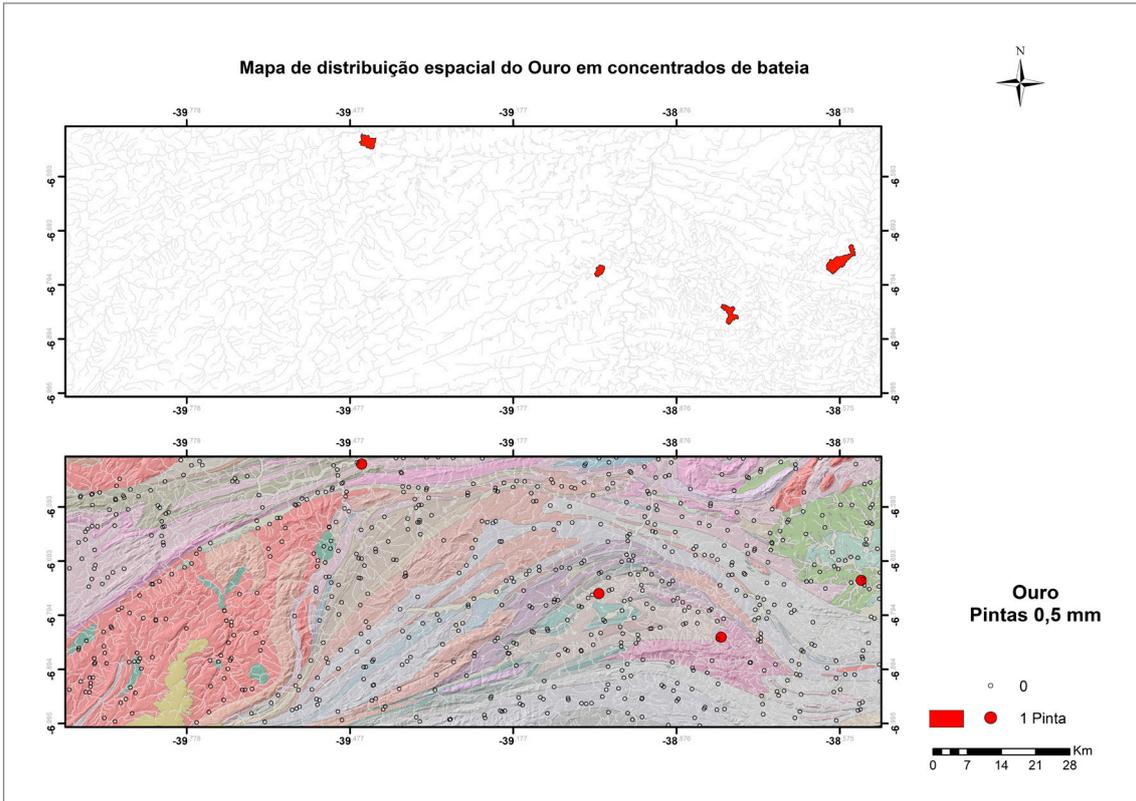


Figura 5.61 - Distribuição espacial do Ouro em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

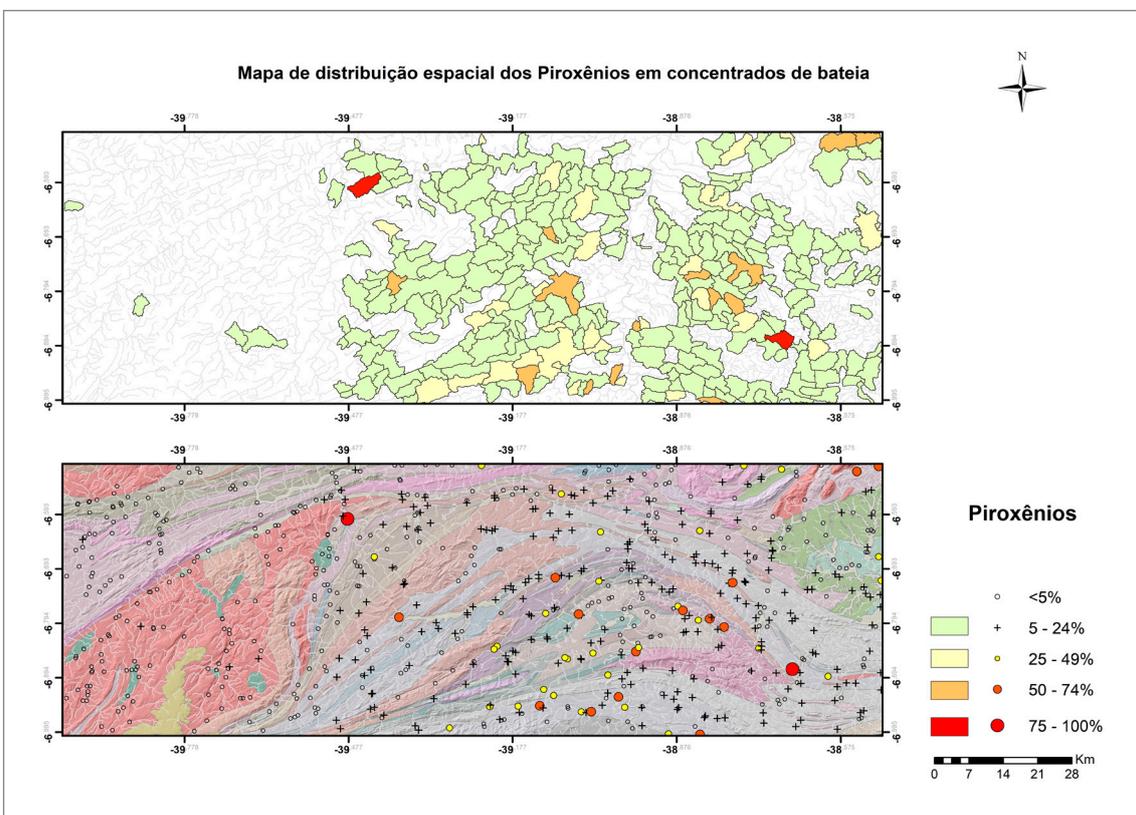


Figura 5.62 - Distribuição espacial dos Piroxênios em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

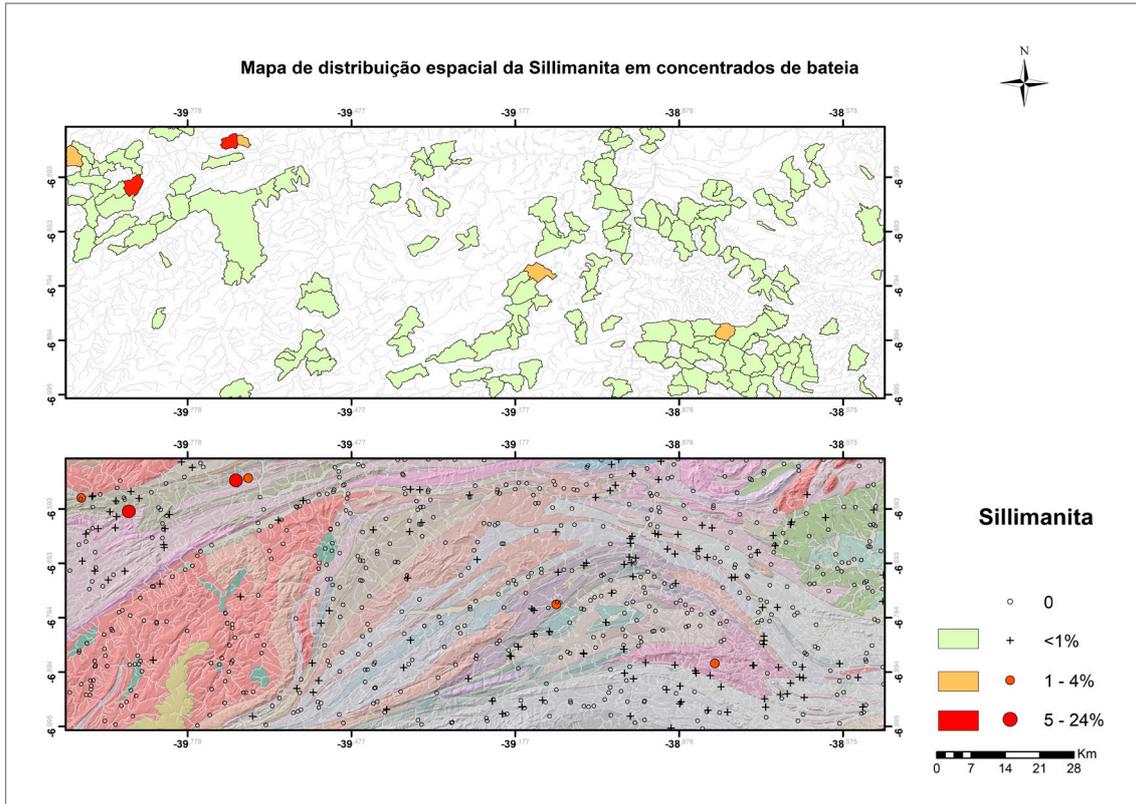


Figura 5.63 - Distribuição espacial da Sillimanita em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

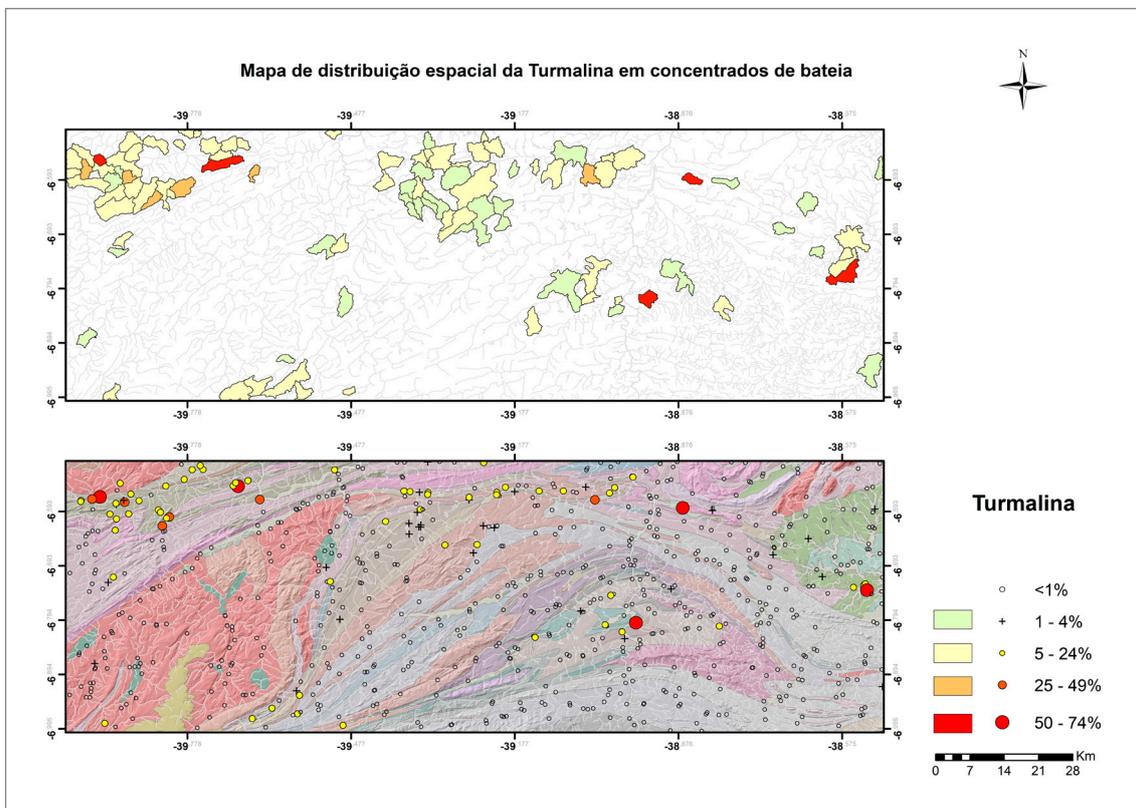


Figura 5.64 - Distribuição espacial da Turmalina em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

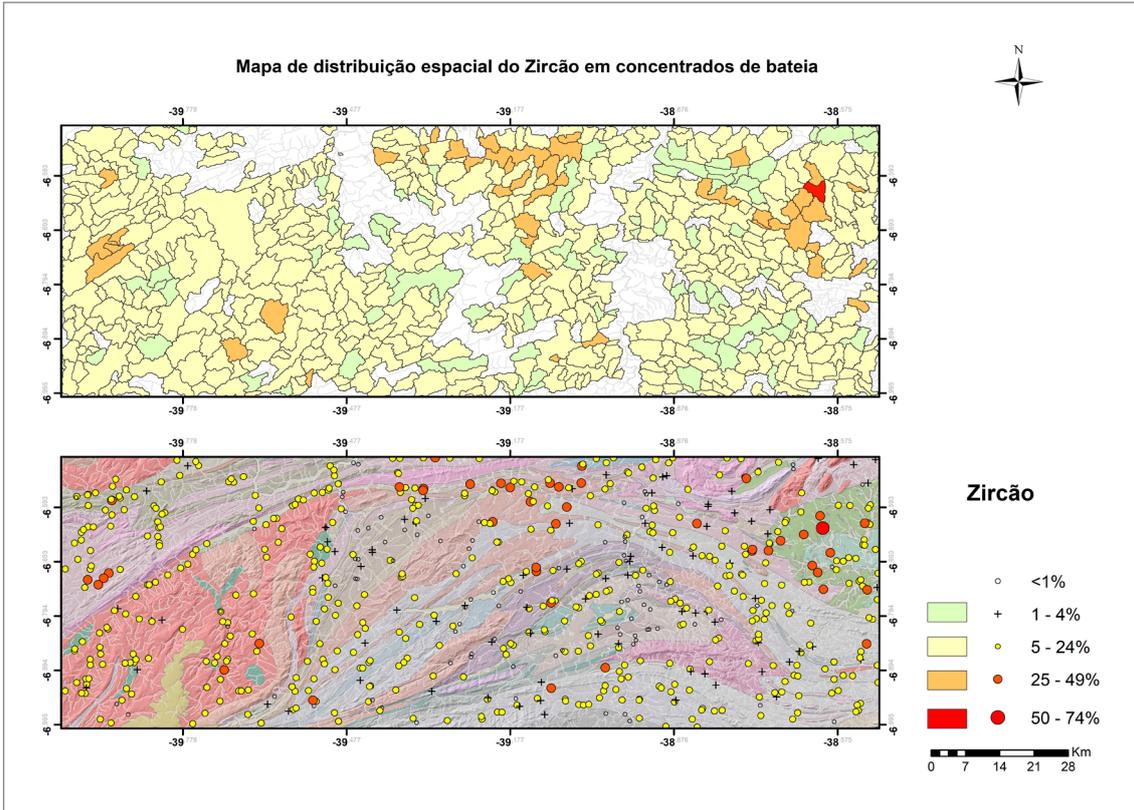


Figura 5.65 - Distribuição espacial do Zircão em concentrados de bateia (mapas de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

6. DISCUSSÕES

Considerando análise dos resultados obtidos da geoquímica dos sedimentos de corrente, dos minerais em concentrados de bateia e da correlação dos dados estatísticos, foi possível discriminar as assinaturas geoquímicas por unidades geológicas mais promissoras a conter mineralizações.

6.1. DOMÍNIO RIO PIRANHAS-SERIDÓ

6.1.1. Complexo Granjeiro

A unidade arqueana apresenta características favoráveis ao desenvolvimento de mineralizações: associação litológica típica de BIFs arqueanos com formações ferríferas, ocorrências de cobre, chumbo e ouro. Imagens aerogeofísicas apontaram anomalias do campo magnético nessa unidade possivelmente geradas pelas ocorrências de ferro. A geoquímica dos sedimentos de corrente mapeou anomalias de primeira ordem para os elementos Bi, Cd, Ce, Cr, Ge, Hf, K, La, Mn, Nb, Ni, Rb, S, Sn, Sr, Ta, Te (próximo ao limite de detecção), Th, Tl, U, V, W e Y nessa unidade geológica. Os concentrados de bateia compostos por anfibólios, cianita, granada, ilmenita, magnetita, monazita, pintas de ouro, piroxênio e xenotímio (próximo ao limite de detecção) fazem parte da paragênese mineral diagnóstica de metamorfismo regional de grau médio a alto com suas possíveis mineralizações típicas desse ambiente geológico como em zonas de cisalhamento e sob processo de hidrotermalismo. Pela análise de fatores, constatou-se que o fator 1 determinou 27,14 % da variância e que parte dos elementos (Cr, Ni e V) que integra este fator e as anomalias de primeira ordem no Complexo Granjeiro são indicativas das rochas máficas/ultramáficas que pertencem a esta unidade geológica.

6.1.2. Complexo Arábia

Apresenta unidades arqueanas e paleoproterozóicas sobrepostas discordantemente sobre o Complexo Granjeiro e com níveis de formação ferrífera. A análise multielementar dos sedimentos de correntes identificou anomalias de primeira ordem para Mn, Nb, Rb, Th, Zn e Zr na Unidade Ipaumirim. Os minerais dos concentrados de bateia mais frequentes são anfibólio, granada, magnetita, monazita e piroxênio que corresponde uma clara associação metamórfica pela paragênese

mineral apresentada pelas litologias dominantes, a saber, ortognaisses e migmatitos de composição granodiorítica a tonalítica, por vezes monzograníticas com faixas de rochas anfobilizadas e níveis de formação ferrífera. Pela análise de fatores não foi possível discriminar o Complexo Arábia pois os elementos com anomalias de primeira ordem não se correlacionaram nos fatores obtidos.

6.1.3. Complexo Caicó

É composto por uma sequência paleoproterozóica de ortognaisses graníticos, tonalíticos e migmatitos, metaultramáficas, calcissilicáticas, mármore e anfibólitos. A geoquímica dos sedimentos de corrente destacou os elementos Al, S, Mn, La, Ce, Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn, Sr, Th, Zn, Zr, Nb, Y e Li. Os concentrados de bateia obtiveram maior frequência para anfibólio, epídoto, granada, ilmenita, magnetita, micas, piroxênio, turmalina, cianita, monazita e ocorrência de pintas de ouro. Assim como no Complexo Granjeiro, o fator 1 foi o que melhor representou o Complexo Caicó por sua correlação às sequências paleoproterozóicas e ocorrências de ultramáficas.

6.1.4. Suíte Várzea Alegre

Formada por ortognaisses porfíricos de composição granodiorítica a porfírica com níveis máficos, as vezes migmatizados e normalmente milonitizados. Nesta unidade apenas o Th apresentou anomalias considerando a geoquímica de sedimentos de corrente. Nos concentrados de bateia os minerais com maior frequência foram anfibólio, monazita e zircão. A análise de fatores não destacou scores importantes para essa unidade geológica.

6.1.5. Suíte Poço da Cruz

Constituída por sequências paleoproterozóicas de biotita metagranitóides de textura augen gnaisse e metagranitóides granoblásticos de composição quartzo monzonítica a monzogranítica. Ocorre de forma bem restrita a sudeste da folha Cajazeiras com anomalias para Cd, Cr, Ge, Ni, Pb, S, Th, U e W. Os minerais de maior frequência pelos concentrados de bateia foram anfibólio, magnetita e monazita.

6.1.6. Grupo Seridó

Constituído por micaxistos, granada micaxistos, quartzitos, biotita-anfibólio gnaisses e calcissilicáticas e ocorre de forma bem restrita no extremo sudeste da folha Cajazeiras e por essa razão não foram mapeadas anomalias para os elementos analisados nos sedimentos de corrente, nem minerais com ocorrência frequente nessa unidade geológica.

6.2. DOMÍNIO JAGUARIBEANO

6.2.1. Complexo Jaguaretama

Formado por sequências paleoproterozóicas de paragnaisses granadíferos com faixas anfibolíticas, calcissilicáticas com mobilizados graníticos leucocráticos. Apresentou anomalias para Li nos sedimentos de corrente e maior frequência dos minerais anfibólio, cianita e zircão nos concentrados de bateia. A análise de fatores não apresentou scores significativos para esta unidade geológica.

6.2.2. Complexo Acopiara

Composto por paragnaisses diversos com predomínio de granada-moscovita-biotita paragnaisse, ocorrendo também micaxistos grafitosos, anfibolitos, calcissilicáticas, mármore e metaultramáficas. Esta unidade geológica não aflora em nenhuma das três folhas do projeto, sendo citada apenas na geologia regional.

6.2.3. Suíte Serra do Deserto

Representada por augen ortognaisse granítico a granodiorítico com faixa de concentrados de minerais máficos, com anomalias para Zr e Nb pela geoquímica dos sedimentos de corrente. Magnetita e turmalina foram os minerais com maior frequência nos concentrados de bateia e não se constatou scores significativos de associações geoquímicas para essa unidade.

6.2.4. Grupo Orós

Composto por filitos, granada-quartzo xistos, metagruvacas, camadas de quartzitos, mármore calcíticos, calcissilicáticas, metatraquiandesitos, metatufos máficos, anfibolitos, metabasaltos, metadacitos, metarriolitos, metaultramáficas em fácies xisto-verde e metacherts. A geoquímica dos sedimentos de corrente revelou anomalias para Ag, As, Bi, Cs, Li, S e Sb. Tl e Te apresentaram concentrações nesta unidade próximo ao limite de detecção do método analítico. Os minerais nos concentrados de bateia com maior frequência foram anfibólio, cianita, granada, monazita, sillimanita, turmalina e ocorrência

de uma pinta de ouro. Pela análise de fatores, o fator 3 (responsável por 9,86 % da variância do sistema de dados) foi o que melhor se correlacionou com esta unidade, e com correlação positiva significativa para a associação Be, Cs, Li, Rb e Tl.

6.2.5. Complexo Ceará

É representado na área do projeto pela Unidade Arneiroz, composta por paragnaisses diversos, micaxistos, quartzitos, calcissilicáticas, anfibolitos, talco xistos e mármore. Esta unidade aflora de forma bem restrita no extremo noroeste da folha Assaré, dessa forma, não foram coletadas amostras de sedimentos de corrente, tampouco de concentrados de bateia.

6.2.6. Suíte Intrusiva São João do Sabugi

Constituída por dioritos, quartzo dioritos, gabros e gabronoritos de afinidade subalcalina-shoshonítica. Os sedimentos de corrente correspondentes revelaram anomalias para Ca, Co, Cr, Cu, K, Mg, Nb, Ni, P, Sr, V e W. Os minerais predominantes nos concentrados de bateia foram anfibólio e apatita. A análise de fatores considerou o fator 1 para esta unidade geológica, sendo responsável por 27,14 % da variância das amostras, possui carga negativa significativa para a associação Co, Cr, Cu, Mg, Ni, Sc e V que pode ser sugestivo de assinatura geoquímica para rochas máficas e ultramáficas.

6.2.7. Suíte Intrusiva Catingueira

Composta por granitos e quartzo sienitos com biotita, aegerina-augita e anfibólios de composição peralcalina. Ocorre de forma restrita a nordeste da folha Cajazeiras. A geoquímica multielementar dos sedimentos de corrente não constatou anomalias para os elementos analisados. Magnetita foi o único mineral que apresentou uma ocorrência frequente nessa suíte intrusiva.

6.2.8. Complexo Granítico Rio Quixeramobim

Formado por quartzo monzogranitos, sienogranitos, granodioritos e monzonitos. Ca, S, Pb, Rb, Sn, Th, Nb, Zr e Li foram os elementos que apresentaram anomalias nos sedimentos de corrente. Anfibólio, granada, magnetita, piroxênio, zircão e monazita foram os minerais com maior frequência nos concentrados de bateia. O fator 2, que explica 16,20 % da variância total, sugere contaminação crustal pelo enriquecimento de elementos incompatíveis (Th, U, La e Ce), com características similares de suítes alcalinas, podendo ser indicativa do Complexo Granítico Rio Quixeramobim, que apresenta composição cálcio-alcalina de alto K/shoshonítica.

6.3. UNIDADES QUE OCORREM EM AMBOS OS DOMÍNIOS

6.3.1. Formação Caipu

Pertencente ao Complexo Tamboril – Santa Quitéria, esta formação é composta por micaxistos com granada localmente migamatizados, metassiltitos com intercalações de mármore, calcissilicáticas, quartizitos, paragnaisses e metavulcânicas félsicas e máficas. As imagens aerogeofísicas apontam para anomalias no campo magnético decorrentes de concentrações ferríferas. A geoquímica de sedimentos de corrente apontou anomalias para Ag, As, Ca, Cd, Cs, Cu, Hf, Hg, Li, Na, Pb, S e W, enquanto que para Te, este apresentou concentrações próximas ao limite de detecção do método analítico. Nos concentrados de bateia os minerais com maior frequência foram estauroлита, granada e magnetita. Pela análise de fatores, constatou-se que essa unidade não se correlacionou com os fatores obtidos.

6.3.2. Suíte Intrusiva Itaporanga

Composta por granitos e granodioritos associados a dioritos, além de porções milonitizadas e gnaissificadas.

A geoquímica de sedimentos de corrente evidenciou anomalias para Fe, Ca, Mg, K, S, Ti, Mn, Ba, Cr, Ni, Sr, V, Zr e Nb. Anfibólio, apatita e esfênio obtiveram maior distribuição nos concentrados de bateia. O fator 1, que possui carga negativa significativa para a associação Co, Cr, Cu, Mg, Ni, Sc e V, pode estar correlacionada a essa unidade geológica. O fato de Ni, Cr e V apresentarem características geoquímicas semelhantes, corrobora com a correlação citada.

6.4. COBERTURAS SEDIMENTARES FANEROZÓICAS

6.4.1. Grupo Rio do Peixe

6.4.1.1. Formação Antenor Navarro

Foram constatadas anomalias de primeira ordem para Zircônio e Nióbio nos sedimentos de corrente. Epidoto, limonita, turmalina, zircão e pintas de ouro foram os minerais que se destacaram nos concentrados de bateia. Esta unidade geológica é constituída por arenitos grossos amarelados, conglomeráticos, acamamento médio a grosso, com estratificação cruzada; conglomerados quartzosos e polimíticos depositados em ambiente de leque aluvial e fluvial entrelaçado.

7. CONCLUSÕES

As Folhas Assaré, Cedro e Cajazeiras estão inseridas em duas províncias geotectônicas (Domínio Jaguaribano e Domínio Rio Piranhas-Seridó) que apresentaram potencial metalogenético.

Dentre as unidades geológicas que abrangeram este projeto, o Complexo Granjeiro foi o que mostrou a maior ocorrência de assinaturas geoquímicas relacionadas às mineralizações. A correlação dos dados de geoquímica de sedimentos de corrente, concentrados debateia e a análise de fatores indicaram anomalias propícias a formação desses depósitos.

As demais unidades geológicas, apesar das assinaturas geoquímicas relativamente menos marcantes, também podem ser promissoras à formação de depósitos minerais. Anomalias para minérios metálicos foram identificados no Complexo Caicó, Suíte Poço da Cruz, Grupo Orós, Suíte Intrusiva São João do Sabugi, Complexo Granítico Rio Quixeramobim, Formação Caipu e Suíte Intrusiva Itaporanga.

As pintas de ouro identificadas na área do projeto estão presentes no Complexo Granjeiro, Complexo Caicó, Grupo Rio do Peixe e Grupo Orós.

Pela análise de fatores, constatou-se que parte dos elementos (Cr, Ni e V) que integra o fator 1 e as anomalias de primeira ordem para esses elementos no Complexo Granjeiro são indicativas das rochas máficas/ultramáficas que pertencem a esta unidade geológica.

A análise de principais fatores tem sido aplicada à exploração dos dados analíticos para a compreensão de processos fundamentais que controlam a variabilidade geoquímica dos elementos, seguindo transformações e procedimentos estatísticos adequados aplicados aos dados.

Se utilizados com a devida cautela, os dados apresentados poderão auxiliar (1) na identificação de grandes províncias geoquímicas; (2) na determinação de valores regionais de background para os elementos apresentados; (3) a reconhecer correlações entre os elementos; e (4) selecionar alvos de relevante interesse para estudos mais detalhados.

Este mapeamento geoquímico poderá ser útil em estudos futuros relacionados à compreensão de processos geológicos e distribuição geoquímica dos elementos, dando subsídios para a agricultura, meio-ambiente e saúde na região e em terrenos geologicamente similares.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, D. C. B. G.; ALKMIN, L. A. S. **Estudo geológico da região a leste do Município de Tauá-CE na escala 1:30.000**. Belo Horizonte: UFMG, 2013. Trabalho de conclusão de curso.
- ALMEIDA, A. F.; PARENTE, C. V.; ARTHAUD, M. H. **Geologia da folha Quixeramobim SB.24-V-D-III: escala 1:100.000**. Brasília: CPRM, 2008. Programa Geologia do Brasil - PGB; Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10464>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Science Reviews**, v. 17, n. 1-2. p. 1-29, 1981.
- ANGELIM, L. A. A.; NESI, J. R.; TORRES, H. H. F.; MEDEIROS, V. C.; SANTOS, C. A.; VEIGA JÚNIOR, J. P.; MENDES, V. A. **Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Norte: texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM; FAPERN, 2006. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil - PGB. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10234>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- ARTHAUD, M. H. **Evolução neoproterozóica do grupo Ceará (domínio Ceará central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira**. 2007. 170f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/6606>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- BARBOSA, R. M.; MELFI, A. J.; NAHON, D. Comportamento geoquímico do cromo na alteração das rochas ultramáficas mineralizadas de Campo Formoso, Estado do Bahia. **Geochimica Brasiliensis**, v. 10, n. 1, p. 43-56, 1996.
- BATCHELOR, R. A.; KINNAIRD, J. A. Gahnite compositions compared. **Mineralogical Magazine**, v. 48, p. 425-429, 1984.
- BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG**. Brasília: CPRM, 2003. Escala 1:2.500.000. Sistema de Informações Geográficas - SIG. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/5006>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- CASTRO N. A. **Evolução geológica proterozóica da região entre Madalena e Taparuaba, Domínio Tectônico Ceará Central (Província Borborema)**. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005. 221f. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-31032015-112038/en.php>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- CAVALCANTE, J. C. **Limites e evolução geodinâmica do sistema Jaguaribeano, Província Borborema, Nordeste do Brasil**. 1999. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999. 169p. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/18735>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; MEDEIROS, M. F.; PAIVA, I. G. **Mapa geológico do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2003. Escala 1:500.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/2355>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- CAVALCANTE, R.; LIMA, E. A. M.; FRANZEN, M.; COSTA, S. S. Mapeamento geoquímico preliminar de níquel e cromo em sedimentos de corrente no Estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 13.; SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, 3., 2011, Gramado, RS. **Anais [...]**. Gramado, RS: SBGq, 2011. p. 238-241. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/975>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- CERNÝ, P. Contrasting geochemistry of two pegmatite fields in Manitoba: products of a juvenile Archean crust and polyeyelie Archean evolution. **Precambrian Research**, v. 45, n. 1 – 3, p. 215-234, 1989.
- COSTA, F. G. da; PALHETA, E. S. de M. (org). **Geologia e recursos minerais das folhas Quixadá (SB.24-V-B-IV) e Itapiúna (SB.24-X-A-IV)**. Fortaleza: CPRM, 2017. Escala 1:100.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19029>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **Rocks forming minerals**. Londres: Longman, 1963.
- EBY, G. N. Distributions between A-type granites and petrogenic pathway. In: SYMPOSIUM ON MAGMATISM, METALOGENESIS, AND CRUSTAL EVOLUTION OF DE AMAZONIAN CRATON, 2006, Belém. **Abstracts and Field Trips [...]**. Belém: PRONEX-UFPA/SBG-NO, 2006. p.47. Disponível em: <https://sbg-no.org.br/arquivos/BASES/Annais%20Simposium%20Magmatism%20AmazonianCraton-PRONEX%20Agosto-2016-Belem.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- FETTERA, H. **U/Pb and Sm/Nd geochronological constraints on the crustal framework and geological history of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of Gondwana**. 1999. Tese (Doutorado em Geologia) - Department of Geology, University of Kansas, Lawrence, Kansas-USA, 1999. 164 p.

- FODOR R.V.; MUKASA, S. B.; SIAL, A. N. Isotopic and trace-element indications of lithospheric and asthenospheric components in Tertiary alkalic basalts, northeastern Brazil. **Lithos**, v. 43, n. 4, p. 197-217, 1998.
- FORNARI, A. **Geologia e metalogênese da porção meridional do cráton Luís Alves – SC**. 1998. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1586700> . Acesso em: 22 ago. 2022.
- GOLDSCHMIDT, V. M. Drei vorträge über geochemie. **Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar**, v. 56, n. 3, p. 385-427, 1934.
- GOMES, J. R. C.; VASCONCELOS, A. M. (org.) **Jaguaribe SW: folha SB.24-Y: estados do Ceará, Pernambuco e do Piauí**. Brasília: CPRM, 2000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/5362>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- GOMES, I. P.; PALHETA, E. S. de M.; BRAGA, I. F.; COSTA, F. G. da.; SOUSA, F. R. F. R. O. e.; ROCHA, J. M. A. C.; FREIRE, D. P. C.; HOLANDA, J. L. R. (org.) **Projeto mapeamento geológico e integração geológica-geofísica-geoquímica na região de Granjeiro-Cococi, Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2021. Escala escalas 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18691> . Acesso em: 30 ago. 2022.
- HACKSPACHER, P. C.; VAN SCHMUS, W. R.; DANTAS, E. L. Um embasamento transamazônico na Província Borborema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990. **Anais [...]**. Natal: SBG, 1990. v. 6. p. 2683-2696.
- HAWKES, H. **Principles of Geochemical Prospecting**. [S.l.]: United States Government Printing Office, 1957.
- HOERLLE, G. S. **Gênese e evolução de veios hidrotermais de Vila Nova do Sul, RS (Terreno São Gabriel)**: significado e implicações para metalogenia. 2016. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/197268> . Acesso em: 22 ago. 2022.
- HUHN, S. R. B; JUSTO, A. P.; SOUZA FILHO, C. R.; MONTEIRO, L. V. S. Caracterização geológica do prospecto de óxido de ferro-cobre-ouro (IOCG) Aurora, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 525-538, 2011. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7848>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- JARDIM DE SÁ, E. F. **A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana**. Brasília. 1994. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1994. 803p.
- JARDIM DE SÁ, E. F.; SALIM, J. Reavaliação dos conceitos estratigráficos na região do Seridó (RN-PB). **Mineração e Metalurgia**, v. 80, n. 421, p. 16-28, 1980.
- KLEIN, C.; DUTROW, B. **Manual de ciência dos minerais**. 23. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- LEGRAND, J. M.; DEUTSCH, S.; SOUZA, L. C. Datação U/Pb e granitogênese do maciço de Acari (RN). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14., [S.l.], 1991. **Atas [...]**. [S.l.: s.n.], 1991. p. 172-174.
- LICHT, O. A. B. **Prospecção Geoquímica: princípios, técnicas e métodos**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998. 216 p.
- LINDENMAYER, Z. G; ROCHI, L. H.; LAUX, J. H. Geologia e geoquímica da mineralização de Cu-Au primária da mina de Au do Igarapé Bahia, Serra dos Carajás. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, n. 3, p. 257-268, 1998. Disponível em: <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11221>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- MARQUES, I. P.; MONTEIRO, L. V. S. Alteração hidrotermal e metassomatismo em protólito metalultramáfico: estudo de caso no depósito de óxido de ferro-cobre-ouro de Bacuri, Província de Carajás, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 47., Salvador, 2014. **Anais [...]**, Salvador: SBG, 2014.
- MEDEIROS, V. C. (org.). **Geologia e recursos minerais da folha Sousa SB.24-Z-A: escala 1:250.000: estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará**. Brasília: CPRM, 2008. Programa Geologia do Brasil - PGB; Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10861>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- OLIVEIRA, D. P. S.; LISBOA, J. V.; CARVALHO, J. M. F.; SALGUEIRO, R. M. M.; INVERNO, C. M. C. Lítio em Portugal: enquadramento, geologia e mineralogia. **Boletim de minas**, v. 52, p. 75-93, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349042234_Litio_em_Portugal_Enquadramento_Geologia_e_Mineralogia. Acesso em: 22 ago. 2022.
- PITARELLO, M. Z. **Petrografia e geoquímica das formações ferríferas bandadas do complexo Arqueano Granjeiro (2,54 Ga), NE do Brasil**: implicações tectônicas e paleoambientais. 2015. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14852>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- REIMANN, C; CARITAT, P. **Chemical Elements in the Environment: factsheets for the geochemist and environmental scientist**. Berlin: Springer, 1998. 398p.
- SÁ J. M.; GALINDO A. C.; LEGRAND J. M.; SOUZA L. C.; MAIA, H. N. Os granitos ediacaranos no contexto dos terrenos jaguaribeano e Rio Piranhas-Seridó no oeste do RN, Província Borborema. **Estudos Geológicos**, v. 24, n. 1, p. 3-22, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276530267_Os_Granitos_Ediacaranos_no_Contexto_dos_Terrenos_Jaguaribeano_e_Rio_Piranhas-Serido_no_Oeste_do_RN_Provincia_Borborema. Acesso em: 23 ago. 2022.

- SÁ, J. M. **Évolution geodynamique de la ceinture proterozóique d'Orós, Nord-est Brésil**. 1991. Tese (Doutorado em Petrologia e Geologia Estrutural) - Faculte de Sciences, Université de Nancy, Nancy. 1991. 177f. Disponível em: <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01747824/document>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- SÁ, J. M.; MCREATH, I.; LETERRIER, J. Petrology, Geochemistry and Geodynamic Setting of Proterozoic Igneous Suites of the Orós fold Belt, Borborema Province, Northeast Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, n. 3, p. 299-314, 1995.
- SCHEEPERS, R. Geology, geochemistry and petrogenesis of Late Precambrian S-, I- and A- type granitoids in the Saldania belt, Western Cape Province, South Africa. **Journal of African Earth Sciences**, v. 21, n. 1, p. 35 – 58, 1995.
- SILVA, L. C.; ARMSTRONG, R.; PIMENTEL, M. M.; SCANDOLARA, G. R.; WILDNER, W.; ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; RIZZOTO, G.; QUADROS, M. L. E. S.; SANDER, A.; ROSA, A. L. Z. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte III: Províncias Borborema, Mantiqueira Meridional e Rio Negro-Juruema. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n. 4, p.529-544, 2002. Disponível em: <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9848>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- SOLODOV, N. A. Geochemistry of rare metal granite pegmatite. **Geochemistry**, v. 7, p. 778-792, 1959.
- TEIXEIRA, L. R. **Folha Itapetinga 1:250.000**: notas sobre a geoquímica de algumas unidades litológicas. Salvador: CPRM; CBPM, 2006. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PGB. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21310>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- TUKEY, J. W. **Exploratory data analysis**. Massachusetts: Addison-Wesley, 1977.
- VAN SCHMUS, W. R.; BRITO NEVES, B. B.; HACKSPACHER, P. C.; BABINSKI, M. U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the eastern Borborema Province, Northeast Brazil: initial conclusions. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, n. 3-4, p. 267-288, 1995.
- VASCONCELOS, A.; GOMES, F. E. M. G. (org.). **Iguatu**: folha SB.24-Y-B: estado do Ceará. Brasília: CPRM, 1998. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/8840>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- WEDEPOHL, K. H. **Handbook of Geochemistry**. Berlin: Springer-Verlag, 1978. 1055 p.
- WEDEPOHL, K. H. The composition of the continental crust. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 59, p. 1217-1232, 1995.
- WORD HEALTH ORGANIZATIONS. **Chromium in Drinking-water**: background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. [S.l.]: WHO, 2020. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/338062/WHO-HEP-ECH-WSH-2020.3-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 ago. 2022.

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 Baciado 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, Caracaraí, 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 Caripará - 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/Çaçapava 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/Çaçapava do Sul, Subárea Ibaré – Rio Grande do Sul, 2000.
Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Çaçapava 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.
Nº 18 – Províncias e Distritos Auríferos do Brasil, Goiânia, 2022.
-

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, 2016.
- 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 Agrominerais da Região de Irecê -Jaguarari, Salvador, 2016.
- Nº 20 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III - Bacia dos Parecis, Porto Velho, 2017.
- Nº 21 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Bacia Sergipe-Alagoas, Sub-bacia Sergipe, Recife, 2017.
- Nº 22 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Salvador, 2018.
- Nº 23 – Avaliação do Potencial do Potássio no Brasil: Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, Estados do Amazonas e Pará, Manaus, 2020.
- Nº 24 – Investigação de Anomalias Geofísicas no Escudo Sul-Rio-Grandense com Enfoque em Insumos Agrícolas, Porto Alegre, 2020.
- Nº 25 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Borda Norte da Bacia do Amazonas, região de Monte Alegre e Monte Dourado, Estado do Pará, Belém, 2020.
- Nº 26 – Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021
- Nº 27 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Bacia Potiguar – Um estudo a partir de testemunhos de sondagem, Estado do Rio Grande do Norte, Salvador, 2021

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, 2016.
- Nº 10 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais, Brasília, 2017
- Nº 11 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Rondônia, Brasília, 2017
-

Nº 12 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado do Mato Grosso, Brasília, 2017

Nº 13 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado da Bahia, Brasília, 2017

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, 1999.

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.

Nº 26 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Polimetálicos de Palmeirópolis, Estado do Tocantins, Brasília, 2020.

Nº 27 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão Sul Catarinense, Estado de Santa Catarina, Brasília, 2021.

Nº 28 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Fosfato de Miriri, Estado de Pernambuco e Paraíba, Brasília, 2022.

Nº 29 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão Iruí-Butiá, Estado do Rio Grande do Sul, Brasília, 2021.

Nº 30 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Caulim do Rio Capim, Estado do Pará, Brasília, 2021.

Nº 31 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Gipsita do Rio Cupari, Estado do Pará, Brasília, 2022.

Nº 34 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Calcário de Aveiro, Estado do Pará, Brasília, 2022.

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.

Nº 05 – Terras Indígenas do Noroeste do Amazonas: Geologia, Geoquímica e Cadastramento Mineral na região do Tunuí-Caparro, Estado do Amazonas, Manaus, 2020

SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS

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

Nº 02 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental do Rio Grande do Norte, setor Touros, Recife, 2021.

Nº 03 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental rasa de Pernambuco, Recife, 2020.

Nº 04 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Oeste do Ceará, setor Bitupitá, Recife, 2022

Nº 05 – Prospecção e Exploração de Depósitos de Fosforitas Marinhas na Plataforma Continental Jurídica Brasileira, Rio de Janeiro, 2021.

Nº 06 - Prospecção e Exploração de Sulfetos Polimetálicos Maciços na Cordilheira Mesoatlântica Equatorial, Rio de Janeiro, 2022

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 Quartzito 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 – Natal, 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.

Nº 23 – Panorama do Segmento de Rochas Ornamentais do Estado da Bahia, Salvador, 2019

Nº 24 – Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Paulo - Estado de São Paulo, São Paulo, 2019.

Nº 25 – Gipsita no sudoeste da Bacia sedimentar do Araripe - Estado de Pernambuco, Recife, 2019.

Nº 26 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Belo Horizonte - Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

Nº 27 – Rochas Ornamentais do Estado do Rio Grande do Norte: Mapa de Potencialidades, Natal, 2020.

Nº 28 – Materiais de Construção da Região Metropolitana de Palmas - Estado do Tocantins, Goiânia, 2020.

Nº 29 – Estudos dos granitoides da região Nordeste do Pará para produção de brita, Belém, 2020.

Nº 30 – Materiais de Construção da Região de Capitão Poço-Ourém - Estado do Pará, Belém, 2020.

Nº 31 - Calcários da Bahia: Faixas Rio Pardo e Ouro-lândia-Campo Formoso, Salvador, 2021

Nº 32 – Rochas Ornamentais do Espírito Santo: Mapa de Potencialidade, Belo Horizonte, 2021

Nº 33 - Argilas dos vales dos rios Doce e Jequitinhonha (MG), Belo Horizonte, 2021

Nº 34 - Materiais de Construção Civil da Região Rio Grande-Pelotas e entorno (RS), Porto Alegre, 2021

Nº 35 - Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de João Pessoa (PB), Recife, 2021

SÉRIE ATLAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Atlas de Rochas Ornamentais de Roraima, Manaus, 2009

Atlas de Rochas Ornamentais da Amazônia Brasileira, São Paulo, 2011

Atlas de Rochas Ornamentais do Espírito Santo, Brasília, 2013

Atlas of Dimension Stones of the Espírito Santo State, Brasília, 2015

Atlas de Rochas Ornamentais dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, Recife, 2017
Atlas de Rochas Ornamentais da Bahia, Salvador, 2022
Atlas of Dimension Stones of the Bahia State, Salvador, 2022

SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS

Nº 01 – Projeto BANEIO – 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 BANEIO – 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 Zircífero 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, 2019
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 Panelas”) 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.
Nº 16 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Província Mineral de Carajás, PA - Estratigrafia e análise do Minério de Mn de Carajás - áreas Azul, Sereno, Buritirama e Antônio Vicente, PA, 2018.
Nº 17 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Troia-Pedra Branca - Geologia e mineralização aurífera da sequência metavulcanossedimentar da Serra das Pipocas, Maciço de Troia, Ceará, Estado do Ceará, CE, 2018
Nº 18 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Reavaliação da Província Estanífera de Rondônia, RO, 2019.
Nº 19 – Áreas de Relevante interesse Mineral: Evolução Crustal e Metalogenia da Faixa Nova Brasilândia, RO, 2019.
Nº 20 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Batólito Pelotas–Terreno Tijucas, Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2019.
Nº 21 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Vale do Ribeira: mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas a Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Estado do Paraná, São Paulo, 2019.
Nº 22 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Evolução crustal e metalogenia da Província Mineral Juruena–Teles-Pires, MT, Goiânia, 2019.
Nº 23 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Projeto evolução crustal e metalogenia da Faixa Brasília setor centro-norte, GO-TO, Goiânia, 2019
Nº 24 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral do NW do Ceará, Fortaleza, 2019.
Nº 25 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Riacho do Pontal), PI, Teresina, 2019.
Nº 26 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Rio Preto), PI, Teresina, 2019.

Nº 27 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral do Vale do Ribeira (Área Castro), SP, São Paulo, 2019.

Nº 28 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Evolução crustal e Metalogenia da região de Aripuanã, MT, Goiânia, 2020.

Nº 29 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Modelo Prospectivo para Ametista e Ágata na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul, RS, Porto Alegre, 2020.

Nº 30 - Áreas de Relevante Interesse Mineral:- Reavaliação das sequências metavulcanossedimentares a Sudoeste do Quadrilátero Ferrífero – Área de Nazareno, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

Nº 31 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético da Serra de Jacobina e dos Greenstone Belt Mundo Novo, Estado da Bahia, Salvador, 2021

Nº 32 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético das Sequências Metavulcanossedimentares tipo Greenstone Belts e/ou similares da região de Remanso-Sobradinho, Estado da Bahia, Salvador, 2021

Nº 33 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Província Mineral de Carajás, Controles Críticos das Mineralizações de Cobre e Ouro do Lineamento Cinzento, Estado do Pará, Belém, 2021

Nº 34 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Evolução Crustal e Metalogenia do Sudeste do Amazonas, Estado do Amazonas, Manaus, 2021

Nº 36- Áreas de Relevante Interesse Mineral – Avaliação do Potencial Mineral da região de São Raimundo Nonato, Estado de Pernambuco, Recife, 2022

Nº 37 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Quadrilátero Ferrífero, Setor Central: Mapa de Favorabilidade para Ouro Orogênico, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022

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.

Nº 04 – Projeto Avaliação do Potencial de Terras Raras No Brasil - Área Morro dos Seis Lagos, Noroeste do Amazonas, Brasília, 2019.

Nº 05 – Projeto Avaliação do Potencial da Grafita no Brasil – Fase I, São Paulo, 2020.

SÉRIE GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

Nº 01 – Informe Geoquímico Bacia do Araripe, Estados de Pernambuco, Piauí e Ceará, Recife, 2018.

Nº 02 – Informe Geoquímico das Folhas Quixadá-Itapiúna, Estado do Ceará, Fortaleza, 2020.

Nº 03 – Informe Geoquímico São José do Campestre, Província Borborema, Estado do Rio Grande do Norte, Recife, 2021.

SÉRIE MAPEAMENTO GEOQUÍMICO

Nº 01 – Levantamento geoquímico do Escudo do Rio Grande do Sul, Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO **GEOCIÊNCIAS**

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO **SERVIÇOS COMPARTILHADOS**

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO **PROGRAMAS INTERNOS**

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE GEOQUÍMICA PROSPECTIVA, nº 4

INFORME GEOQUÍMICO
GRANJEIRO-COCOCI

Este informe apresenta os resultados do levantamento geoquímico regional realizado na Folha Assaré, Folha Cedro e Folha Cajazeiras, na escala 1:100.000, localizadas nos Domínios Jaguaribeano e Rio Piranhas-Seridó da Província Borborema. Estes resultados foram utilizados para dar suporte ao Projeto Granjeiro-Cococi. Tal Projeto contempla as Folhas Parambu, Tauá, Catarina, Iguatu, Orós, Pio IX, Aiuaba, Assaré, Cedro, Cajazeiras, Campos Sales e Santana do Cariri, sendo que apenas as Folhas Assaré, Cedro e Cajazeiras possuem dados geoquímicos disponíveis. Neste projeto foram coletadas 675 estações de sedimentos de corrente nos leitos das drenagens, e 686 estações de concentrado de bateia. Executado pela Residência de Fortaleza em parceria com a Superintendência de Recife, o projeto apresenta integração de dados e informações geológicas e geoquímicas e de recursos minerais da área abrangida por 3 folhas em escala 1:100.000, Cedro (SB.24-Y-B-VI), Cajazeiras (SB.24-Z-A-IV), Assaré (SB.24-Y-B-V). A área trabalhada está situada na região sul do estado do Ceará, incluindo também porções reduzidas do território do estado da Paraíba, sendo esta área selecionada por conter um diversificado arcabouço geológico. Este mapeamento geoquímico poderá ser útil em estudos futuros relacionados à compreensão de processos geológicos e distribuição geoquímica dos elementos, dando subsídios para a agricultura, meio-ambiente na região e em terrenos geologicamente similares.

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 Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

Departamento de Geologia

Tel: 91 3182-1326

Departamento de Recursos Minerais

Tel: 21 2295-4992

Diretoria de Infraestrutura Geocientífica

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

Núcleo de Comunicação

Tel: 61 2108-8468
E-mail: comunicacao@sgb.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2541-6344
E-mail: ouvidoria@sgb.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário - SEUS

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

WWW.SGB.GOV.BR