

Programa Geologia do Brasil

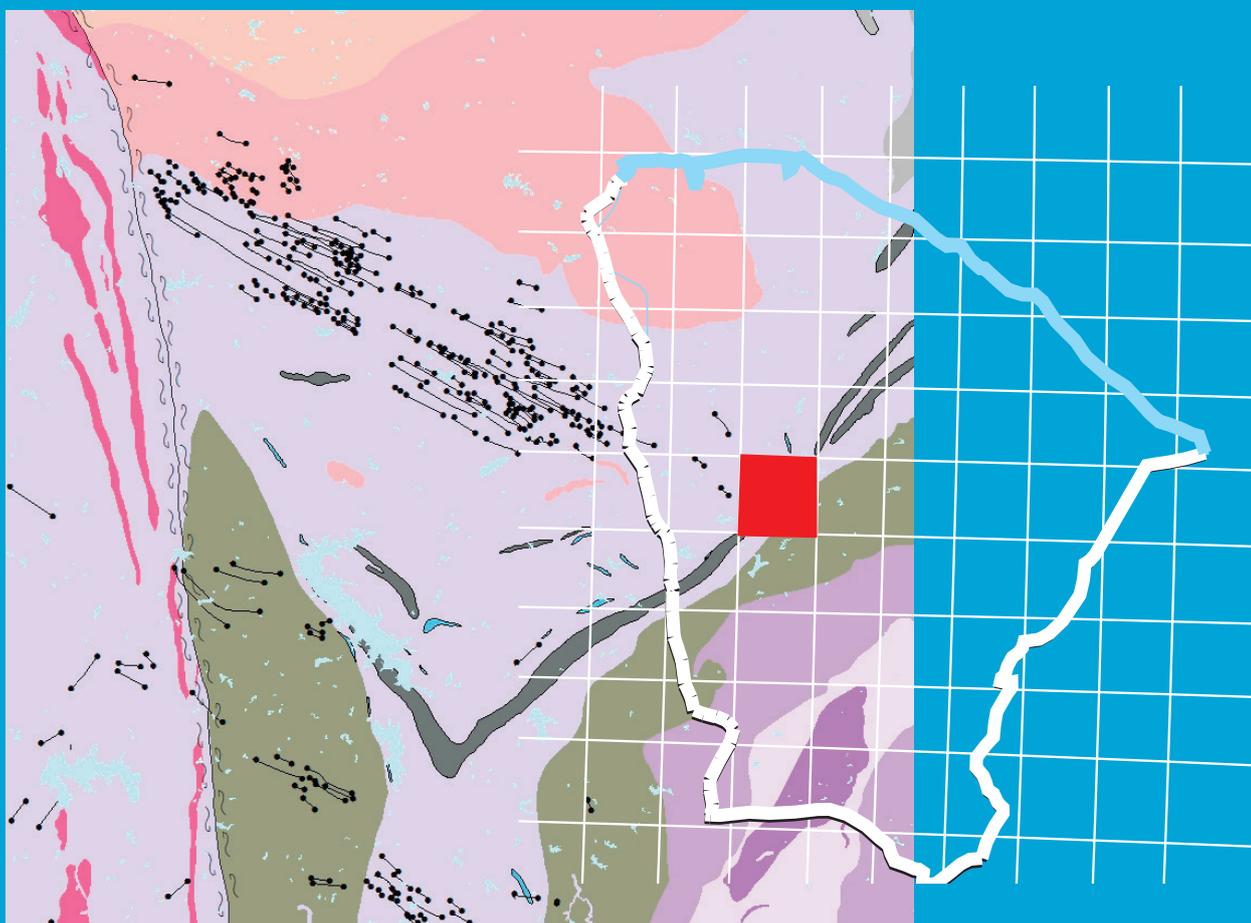
Levantamentos Geológicos Básicos

NOTA EXPLICATIVA

GEOLOGIA

E RECURSOS MINERAIS

FOLHA INDEPENDÊNCIA – SB.24-V-D-I



Fortaleza/2021

 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM**

Escala: 1:100.000

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Costa Lima de Albuquerque Junior

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Pedro Paulo Dias Mesquita

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Márcio José Remédio

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 Geologia

Lúcia Travassos da Rosa Costa

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Vladimir Cruz de Medeiros

Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Geologia Econômica

Felipe Mattos Tavares

Chefe da Divisão de Geoquímica

Silvana de Carvalho Melo

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 Duringer Jacques

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

Washington José Ferreira Santos

Chefe do Departamento de Apoio Técnico

Maria José Cabral Cezar

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Valter Alvarenga Barradas

RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Chefe da Residência

Mickaelon Belchior Vasconcelos

Assistente de Produção da DGM/REFO

Edney Smith de Moraes Palheta

Responsável Técnico do Projeto

Luiz Lobato Forgiarini

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

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA INDEPENDÊNCIA – SB.24-V-D-I

Escala 1:100.000

Estado do Ceará

ORGANIZADORES

Luiz Lobato Forgiarini
Iramaia Furtado Braga
Edney Smith de Moraes Palheta
Sérgio João Frizzo
Felipe Grandjean da Costa
Iaponira Paiva Gomes

NOTA EXPLICATIVA



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM

Fortaleza
2021

REALIZAÇÃO

Residência de Fortaleza

ORGANIZAÇÃO

Luiz Lobato Forgiarini
Iramaia Furtado Braga
Edney Smith de Moraes Palheta
Sérgio João Frizzo
Felipe Grandjean da Costa
Iaponira Paiva Gomes

TEXTO EXPLICATIVO

1. Introdução

Luiz Lobato Forgiarini

2. Contexto Geológico Regional

Luiz Lobato Forgiarini
Iramaia Furtado Braga
Edney Smith de Moraes Palheta

3. Estratigrafia

Luiz Lobato Forgiarini
Iramaia Furtado Braga
Edney Smith de Moraes Palheta
Iaponira Paiva Gomes

4. Litoquímica

Felipe Grandjean da Costa

5. Geologia Estrutural

Iramaia Furtado Braga

6. Prospecção Geoquímica

Sérgio João Frizzo

7. Recursos Minerais

Luiz Lobato Forgiarini
Edney Smith de Moraes Palheta

9. Conclusões e Recomendações

Luiz Lobato Forgiarini
Edney Smith de Moraes Palheta

Referências

Edney Smith de Moraes Palheta
Luiz Lobato Forgiarini
Iramaia Furtado Braga

APOIO TÉCNICO

Antônio Maurílio Vasconcelos
(coordenação técnica regional)
Marcelo de Freitas Medeiros
(recursos minerais – campo)
João Batista de V. Dias Junior (geofísica)
José Farias de Oliveira (geofísica)
Joseneusa Brilhante Rodrigues
(geocronologia)
Antonio Celso Rodrigues de Melo
(levantamento geoquímico)
Vicente Calixto Duarte Neto
(levantamento geoquímico)

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

SIG GEOLÓGICO

Guilherme Marques e Souza

MAPA GEOLÓGICO FOLHA INDEPENDÊNCIA (1:100.000)

Luiz Lobato Forgiarini
Iramaia Furtado Braga

COLABORAÇÃO

Deoclecio Pereira Vale Filho
Iris Pereira Gomes

PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

Capa (DIMARK)

Washington José Ferreira Santos

Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino
Agmar Alves Lopes

Diagramação (DIEDIG)

Andrea Machado de Souza

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Francisca Giovania F. B. do Nascimento

REVISÃO FINAL

Vladimir Cruz de Medeiros
Edney Smith de M. Palheta

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br
seus@cprm.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Serviço Geológico do Brasil – CPRM / DIDOTE - Processamento Técnico

G345

Geologia e recursos minerais da folha Independência – SB.24-V-D-I:
Escala 1:100.000: Estado do Ceará: nota explicativa / Organização Luiz
Lobato Forgiarini et al. [...]. – Fortaleza: CPRM, 2021.

1 recursos eletrônico : PDF. – (Programa Geologia do Brasil.
Levantamentos Geológicos Básicos).

ISBN 978-65-5664-137-9

1. Geologia Regional – Ceará. 2. Estratigrafia. 3. Geologia Estrutural.
4. Geofísica. 5. Prospecção Geoquímica. I. Forgiarini, Luiz Lobato, org.
II. Braga, Iramaia Furtado, org. III. Palheta, Edney Smith de Moraes, org.
IV. Frizzo, Sérgio João, org. V. Costa, Felipe Grandjean da, org. VI. Gomes,
Iaponira Paiva, org. VII. Série.

CDD 558.131

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária Francisca Giovania F. B. do Nascimento – CRB-3/911

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

O Programa Geologia do Brasil – PGB, desenvolvido pelo **Serviço Geológico do Brasil-CPRM**, empresa vinculada à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Ministério de Minas e Energia, é responsável pela retomada dos levantamentos geológicos básicos em todo país. O PGB tem por objetivo a ampliação acelerada do conhecimento geológico do território brasileiro, fornecendo subsídios técnicos para atrair novos investimentos em pesquisa mineral, visando a descoberta de novos depósitos. Adicionalmente, dada importância do conhecimento geológico como fonte primordial de conhecimento do meio físico, os levantamentos geológicos são ferramentas importantes para gestores públicos, federais, estaduais e municipais, no desenvolvimento de projetos de ordenamento e gestão territorial.

O **Projeto Folha Independência – SB.24-V-D-I** foi realizado no âmbito do Programa Geologia do Brasil, financiado pelo Programa de Aceleração do Crescimento-PAC, e executado pela Residência de Fortaleza. Apresenta o estado da arte do conhecimento geológico e de recursos minerais na escala 1:100.000, de uma área de 3.000 km², abrangendo áreas dos municípios de Independência, Tamboril, Monsenhor Tabosa, Crateús, Tauá, Boa Viagem e Pedra Branca, no estado do Ceará.

Os dados obtidos neste projeto estão sintetizados nesta Nota Explicativa e ordenados em ambiente SIG – Sistemas de Informações Geográficas e bases de dados, todos disponíveis para download no GeoSGB (<http://geosgb.cprm.gov.br/>), banco de dados corporativo do Serviço Geológico do Brasil-CPRM, e no Repositório Institucional de Geociências (<http://rigeo.cprm.gov.br/>).

Esteves Pedro Colnago

Diretor-Presidente

Márcio José Remédio

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

A Folha Independência (SA.24-V-D-I) é limitada pelos meridianos 40°30' e 40°00'W e pelos paralelos 5°30' e 5°00'S. Situa-se na região centro-oeste do estado do Ceará e abrange parte dos municípios de Independência, Tamboril, Monsenhor Tabosa, Crateús, Boa Viagem, Pedra Branca e Tauá.

O mapeamento geológico na escala 1:100.000 permitiu aprimorar o entendimento da estratigrafia regional e o refinamento da cartografia das unidades. No contexto geológico regional a área está inserida no Domínio Ceará Central, no setor setentrional da Província Borborema, que tem sua estruturação principal definida pelo Ciclo Orogênico Brasileiro-Pan-Africano.

A litoestratigrafia pré-cambriana proposta compreende as seguintes unidades: (i) Complexo Cruzeta (Arqueano/Paleoproterozoico) composto por ortognaisses indiferenciados e, subordinadamente, paragnaisses, ambos metamorfizados, geralmente, em fácies anfibolitos, migmatizados ou não, e corpos metamáficos/metaultramáficos associados. Inserida no Complexo Cruzeta, individualizou-se a Unidade Tróia constituída por uma sequência metaplutono-vulcano-sedimentar formada de orto- e paragnaisses, xistos e rochas metamáficas e metaultramáficas anfibolitizadas. Em geral, todo este conjunto rochoso está estruturado na direção NNE-SSW; (ii) Granitoide Cedro (Arqueano/Paleoproterozoico) constituído por ortognaisses graníticos a granodiorítico, contendo xenólitos anfibolíticos e de rochas calciossilicáticas; (iii) Unidade Algodões (Paleoproterozoico) composta por paragnaisses, ortognaisses (tonalíticos, granodioríticos a monzograníticos) e rochas metamáfica-metaultramáficas, geralmente, com grau metamórfico da fácies anfibolito; (iv) Complexo Canindé do Ceará (Proterozoico) constituído pela predominância de gnaisses migmatíticos paraderivados, localmente milonitizados, xistos, quartzitos, mármore, rochas calciossilicáticas, rochas metamáficas/ultramáficas, e localmente ortognaisses, geralmente metamorfizados em fácies anfibolito; (v) Complexo Ceará – Unidade Independência (Proterozoico) que compreende um conjunto de rochas paraderivadas representadas por gnaisses e xistos, metamorfizados em geral em fácies anfibolito, com fraca migmatização, além de quartzitos, mármore e anfibolitos; (vi) Complexo Tamboril - Santa Quitéria (Neoproterozoico), de estruturação geral NW-SE a W-E, é dominado por diatexitos e metagranitoides, geralmente porfiríticos, normalmente gnaissificados, além de rochas metatexíticas; (vii) Granitoide Pedra Lisa – Nova Russas (Neoproterozoico/Cambriano) que corresponde a uma unidade plutônica de corpos alongados, de direção NNW-SSE a N-S, associados a zona de cisalhamento Tauá, geralmente compostos por granitos e granodioritos, frequentemente porfiríticos e localmente milonitizado; (viii) Diques Guaribas (Cambriano) representado por subvulcânicas constituídas por riolitos, dacitos e traquitos, geralmente porfiríticos, posicionados principalmente na direção NW-SE; (ix) Diques Máficos Rio Ceará – Mirim (Juro-Cretáceo) formados por diabásios e raramente gabros de direção NE-SW; (x) Depósitos aluvionares e coluvionares (Quaternário) que consistem de areias quartzo-feldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos, argilas e fragmentos de rochas.

Os recursos minerais da Folha Independência compreendem principalmente jazimentos de mármore (calcário cristalino), rutilo, cianita e ouro, além de areia e de rochas para fins ornamentais. O ouro é uma das principais substâncias, e está destacado no estudo de prospecção geoquímica da área.

ABSTRACT

The Independência topographic sheet (SA.24-V-D-I) is limited by the meridians 40°30' and 40°00'W and the parallels 5°30' and 5°00'S. It is located in the central-west region of the Ceará State (NE-Brazil) and covers part of the municipalities of Independência, Tamboril, Monsenhor Tabosa, Crateús, Boa Viagem, Pedra Branca and Tauá.

The geological mapping in the 1: 100.000 scale has improved the understanding of the regional stratigraphy and the cartography of the area. In the regional geological context, the mapped area is inserted in the Ceará Central Domain, in the northern sector of the Borborema Province, which has its main structure defined by the Brasiliano-Pan-African Orogenic Cycle.

The proposed Precambrian lithostratigraphy comprises the following units: (i) Cruzeta Complex (Archean/Paleoproterozoic) is mainly composed of undifferentiated orthogneisses and minor paragneisses, both metamorphosed at amphibolite facies conditions, migmatized or not, and locally associated to metamafic/ultramafic bodies. As part of the Cruzeta Complex the Troia Unit consists of a metaplutono-volcano-sedimentary sequence formed by ortho- and paragneisses, mica schists and amphibolitized mafic to ultramafic rocks. In general, all these lithologies are structured in the NNE-SSW direction; (ii) Cedro Granitoid (Archean/Paleoproterozoic) comprises many granodioritic and granitic orthogneisses, with sheet-like structures, containing xenoliths of amphibolites and calc-silicate rocks; (iii) Algodões Unit (Paleoproterozoic) composed of paragneisses, orthogneisses (tonalitic, granodioritic to monzogranitic) and metamafic/ultramafic rocks, usually with amphibolite facies metamorphic conditions; (iv) Canindé do Ceará Complex (Proterozoic) constituted by the predominance of paraderived migmatitic gneisses, locally milonites, schists, quartzites, marbles, calc-silicatic, metamafic/ultramafic rocks, and local orthogneisses, all under amphibolite facies conditions; (v) Ceará Complex - Independência Unit (Proterozoic) comprising a set of paraderived rocks, mainly represented by gneisses and mica schists, with minor quartzites, marbles and amphibolites, all metamorphosed at amphibolite facies conditions, with little to lack migmatization; (vi) The Tamboril-Santa Quitéria (Neoproterozoic) Complex, structured at the NW-SE to W-E trending, is dominated by diatexites and metagranitoids, usually porphyritic, with gneissic textures, and associated metatexitic rocks; (vii) Pedra Lisa - Nova Nova Russas (Neoproterozoic/Cambrian) which corresponds to a plutonic unit of elongated bodies, with NNW-SSE to NS direction, associated with the Tauá shear zone, usually composed of granites and granodiorites, locally with milonitic and gneissic textures, and often porphyritic; (viii) Guaribas Dykes (Cambrian) represented by subvolcanics consisting mainly of rhyolites, dacites and trachytes, usually porphyritic, positioned mainly in the NW-SE direction; (ix) Rio Ceará - Mirim Mafic Dykes (Jurassic-Cretaceous) formed by diabase that often emplaced in NE-SW trending structures; (x) Alluvial and colluvial deposits (Quaternary) consisting of quartz-feldspar sands, conglomeratic or not, gravel, clays and rock fragments.

The economic mineral potential of Independência topographic sheet is mainly represented by deposits of marble (crystalline limestone), rutile, kyanite and gold, as well as sand and ornamental stones. Gold is one of the main substances that stand out in the prospecting geochemical study of the area.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS	10
1.2. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	10
1.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS E AMBIENTAIS	10
1.4. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	11
1.5. METODOLOGIA DE TRABALHO	12
1.5.1. Etapa preparatória.....	12
1.5.1.1. Cartografia básica digital.....	13
1.5.2. Etapa principal.....	13
1.5.3. Etapa final	14
2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	15
3. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	20
3.1. COMPLEXO CRUZETA	20
3.1.1. Complexo Cruzeta Indiferenciado (APc).....	20
3.1.2. Unidade Troia (APct).....	20
3.2. GRANITOIDE CEDRO (APFC).....	23
3.3. UNIDADE ALGODÕES (PP2al).....	23
3.4. COMPLEXO CANINDÉ DO CEARÁ.....	26
3.5. COMPLEXO CEARÁ - UNIDADE INDEPENDÊNCIA (PRci).....	28
3.6. COMPLEXO TAMBORIL-SANTA QUITÉRIA	29
3.7. GRANITOIDES PEDRA LISA (NP3εγ3pl) E NOVA RUSSAS (NP3εγ3plnr)	30
3.8. DIQUES GUARIBAS (ε3λg)	31
3.9. DIQUES MÁFICOS RIO CEARÁ-MIRIM (JKβc).....	33
3.10. DEPÓSITOS SUPERFICIAIS CLÁSTICOS - ALUVIONARES E COLUVIONARES (Q2a)	33
4. LITOGEOQUÍMICA	35
4.1. ROCHAS METAMÁFICAS E METAULTRAMÁFICAS (COMPLEXO CRUZETA)	35
4.2. ROCHAS METAPLUTÔNICAS.....	35
4.2.1. Ortognaisses do Complexo Cruzeta	35
4.2.2. Ortognaisses da Unidade Troia.....	54
4.2.3. Ortognaisses da Unidade Algodões.....	56
4.2.4. Ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará	59
4.2.5. Granitoide Pedra Lisa	59
4.2.6. Complexo Tamboril – Santa Quitéria.....	59
5. GEOLOGIA ESTRUTURAL	61
5.1. ASPECTOS ESTRUTURAIS GEOMÉTRICOS E CINEMÁTICOS.....	61
5.1.1. Complexo Cruzeta e Unidade Tróia	61
5.1.2. Unidade Algodões.....	61
5.1.3. Complexo Canindé do Ceará	62
5.1.4. Complexo Ceará - Unidade Independência	64
5.1.5. Complexo Tamboril - Santa Quitéria	64
5.1.6. Granitoide Pedra Lisa	64
5.2. ZONA DE CISALHAMENTO TAUÁ.....	66

6. PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA.....	67
6.1. TRABALHOS ANTERIORES	67
6.2. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS ANALÍTICOS	67
6.2.1. Variância de amostragem e analítica	71
6.3. RESULTADOS.....	71
6.3.1. Panorama geoquímico regional.....	71
6.3.2. Associações geoquímicas	77
6.3.3. Resultados elevados e anomalias.....	80
6.3.3.1. Ouro e elementos indicadores	81
6.3.3.2. Rochas máficas.....	85
6.3.3.3. Acessórios comuns de rochas	86
6.3.3.4. Outros.....	87
6.3.3.5. Amostras e elementos isolados	88
7. RECURSOS MINERAIS	90
7.1. MÁRMORE.....	90
7.2. ROCHA ORNAMENTAL.....	90
7.3. RUTILO.....	92
7.4. CIANITA.....	92
7.5. OURO	93
7.6. AREIA	93
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	94
8.1. CONCLUSÕES	94
8.1.1. Cartografia Geológica.....	94
8.1.2. Litoquímica	94
8.1.3. Geologia Estrutural.....	95
8.1.4. Prospecção Geoquímica	95
8.1.5. Recursos Minerais Cadastrados	95
8.2. RECOMENDAÇÕES.....	96
REFERÊNCIAS	97

1. INTRODUÇÃO

O Projeto da Folha Independência (SB.24-V-D-I), na escala 1:100.000, é parte integrante do Programa Geologia do Brasil, inserido na Ação Programa Levantamentos Geológicos Básicos. O mapeamento foi iniciado em agosto de 2005 e concluído em dezembro de 2009, sendo executado pelo corpo técnico do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, no âmbito da Residência de Fortaleza (REFO).

Sua cartografia geológica está fundamentada em bases conceituais e metodológicas modernas, dentre as quais se destacam os diversos recursos de ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas). Estas ferramentas, aliadas às tradicionais técnicas de mapeamento, forneceram subsídios para a melhor compreensão de problemas geológicos ainda vigentes, auxiliando, em muitos casos, na caracterização da real potencialidade metalogenética da área envolvida.

1.1. JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

Os mapeamentos executados pela CPRM representaram sem dúvida, um grande avanço em relação à síntese do conhecimento geológico do estado do Ceará, beneficiando não só a comunidade geológica, como o setor da sociedade que atua na área de extração de bens minerais.

Considerando-se áreas carentes de maior detalhamento cartográfico foi priorizada, juntamente com outras folhas, a área Independência (Folha SB.24-V-D-I), com o objetivo da cartografia geológica em escala de 1:100.000.

Um aspecto importante é que sendo a área localizada em região historicamente caracterizada por um regime pluviométrico irregular ou de escassez de água, este fator compromete atividades agropecuárias. Neste contexto, a exploração de pequenos depósitos minerais consistiria em fator de absorção de mão de obra local, notadamente nesses períodos de estiagem.

A cartografia geológica regional objetiva a compreensão da evolução tectono-geológica, o cadastramento de recursos minerais, e a prospecção geoquímica regional, o que possibilitará a seleção de alvos com maior potencialidade de ocorrência de mineralizações de interesse econômico. De forma mais interativa, a montagem de banco de dados geológicos, geoquímicos, geocronológicos e de recursos minerais são passíveis de atualizações a baixo custo operacional, à medida que novas informações surjam.

1.2. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área estudada abrange cerca de 3.000 Km², é delimitada pelas coordenadas 05° 00' S a 05° 30' S e 40° 00' W a 40° 30' W, e inserida dentro da macrorregião Sertão dos Inhamuns. Cerca de 70% dela pertence ao município de Independência, incluindo parte dos municípios de Tamboril, Monsenhor Tabosa, Crateús, Boa Viagem, Pedra Branca e Tauá.

A principal via de acesso à área se dá através de estradas pavimentadas, BR-020, partindo-se de Fortaleza no sentido SW, até a localidade denominada de Santa Cruz do Banabuiú. A partir deste local, acessa-se a CE-226 no sentido W, em direção à cidade de Independência (Figura 1.1).

1.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS E AMBIENTAIS

O Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2019) fornece as seguintes informações sobre esse tema:

- (i) O clima da região é caracterizado como Tropical Quente Semiárido, com pluviosidade média anual em torno de 600 a 800 mm, tendo o período chuvoso entre os meses de fevereiro e maio. Apresenta temperatura média de 26°C a 28°C;
- (ii) Os principais tipos de solo ocorrentes são o Bruno Não Cálculo, Litólicos, Planossolo Solódico e Podzólico Vermelho-Amarelo;
- (iii) A vegetação que predomina em toda a área é a Caatinga Arbustiva Aberta, secundada pelo tipo Floresta Caducifólia Espinhosa; e
- (iv) Devido à região ser formada basicamente por rochas cristalinas, os solos são pouco espessos e retêm quantidades mínimas das águas decorrentes dos períodos chuvosos. Havendo, desta forma, escoamento quase total dessas águas o que torna rios e riachos secos na maior parte do ano. Portanto, os açudes são um fator de grande importância para a retenção da água.

O relevo na região é caracterizado por dois tipos (Figura 1.2): maciços residuais dissecados em feições de colinas e cristas; e depressões periféricas e interplanálticas submetidas a processos de pedimentação (FUNDAÇÃO IPLANICE, 1997).



Figura 1.1 - Localização e acesso à área.

1.4. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A região apresenta o PIB *per capita*, em 2017, que varia de R\$ 5.000 a R\$ 15.000 de (IPECE, 2019). A geração de renda é baseada, principalmente, em serviços e na produção agropecuária.

Com relação aos recursos minerais, a região tem pouca atividade mineira. Porém, no período de 1940 a 1950 foram explorados rutilos em depósitos aluvionares e de colúvio. Atualmente o potencial imediato para exploração mineral se concentra em alguns corpos granitoides para produção de blocos com fins de

rocha ornamental, como os que ocorrem nos locais denominados Bonsucesso (centro-norte da folha) e Queimadas (sudeste da folha). Também foram determinados corpos com consideráveis volumes de mármores dolomíticos para produção de calcário, com finalidade de uso agrícola como corretivo do solo.

Pode-se citar ainda como potencialmente importante na região, uma pesquisa para ouro realizada pela iniciativa privada no projeto *greenfield* Pedra Branca (JAGUAR MINING INC., 2019) nas áreas denominadas de Coelho e Mirador, as quais alcançam as folhas limítrofes de Boa Viagem e Várzea do Boi.

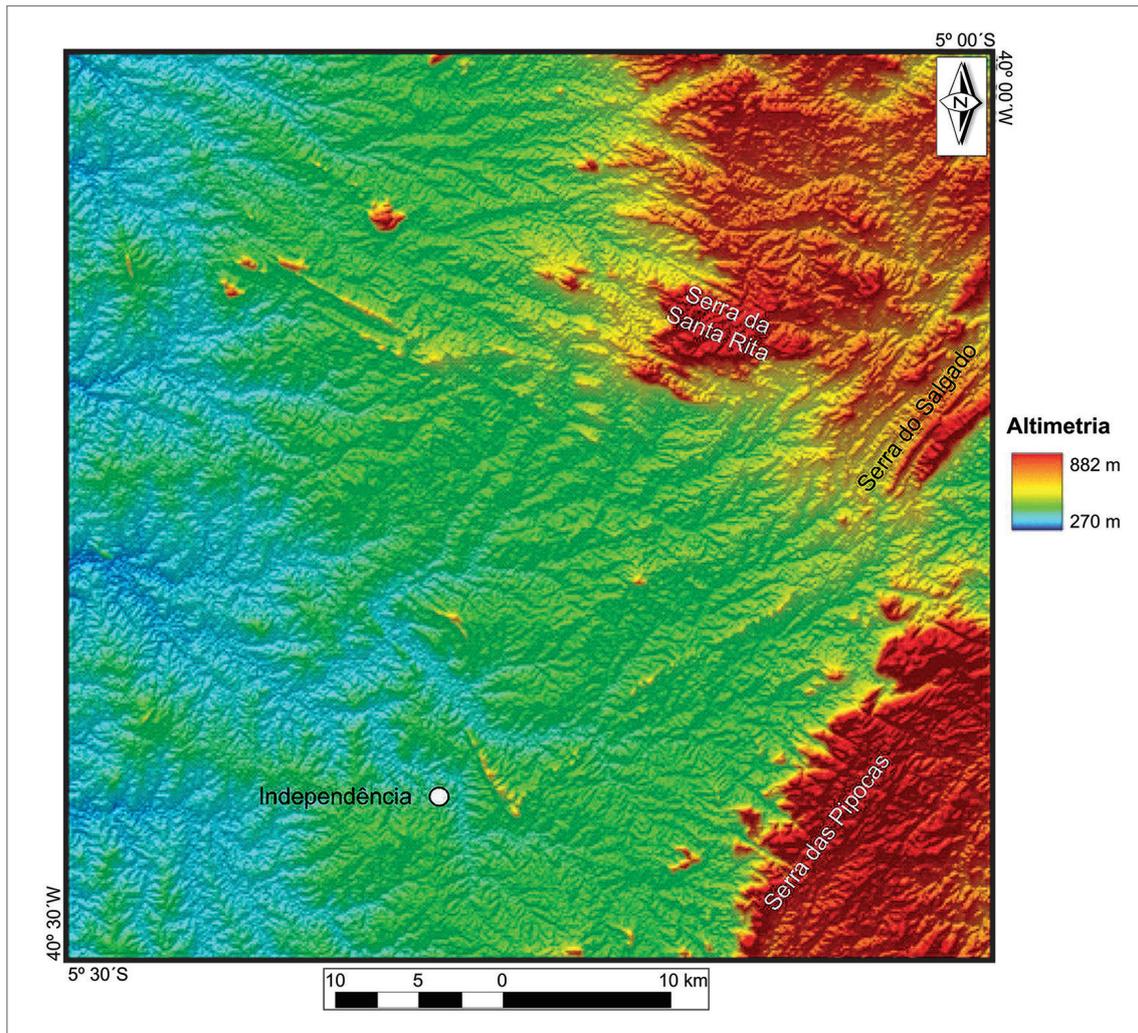


Figura 1.2 - Modelo digital de terreno (MDT) de imagem SRTM, ressaltando as elevações topográficas mais significativas da área relacionadas aos maciços residuais: serras das Pipocas (SE da área), do Salgado e Santa Rita (NE da área). As altitudes mais baixas (em torno de 300 m) são representativas das denominadas Depressões Periféricas.

1.5. METODOLOGIA DE TRABALHO

O procedimento metodológico estabelecido para o projeto de cartografia geológica básica, em escala de 1:100.000, da Folha Independência (SB.24-V-D-I) seguiu a sistemática adotada pelo Programa Geologia do Brasil (PGB), podendo ser subdividido em três etapas principais, conforme discriminadas a seguir:

1.5.1. Etapa preparatória

Para atingir os objetivos propostos o projeto foi desenvolvido com atividades sequenciais e em paralelo.

A etapa preparatória foi iniciada com aquisição e análise de dados bibliográficos, possibilitando uma sinopse de trabalhos de cunho geológico preexistentes utilizados para compor o quadro geológico regional. Dados geoquímicos e geofísicos, mapas temáticos (geológico, geocronológico, de pontos de afloramentos e de ocorrências

minerais), fichas de descrição de afloramentos e boletins analíticos foram analisados e compilados.

Partes deste produto foram digitalizados, compondo *layers* do mapa base, e parte utilizada na alimentação do banco de dados do projeto. A elaboração do mapa geológico incluiu as seguintes fases:

Análises de imagens de satélite LANDSAT 7 (Figura 1.3) permitiram a individualização e o realce de determinadas feições naturais, tais como zona de possível influência de milonitização, grandes alinhamentos, presença de diques, e aspectos antrópicos como novos açudes, crescimento urbano, novas rodovias, nem sempre presentes na carta topográfica da SUDENE (1988) ou nas coberturas por fotografias aéreas.

A fotointerpretação, utilizando fotografias aéreas na escala 1:70.000, permitiu a extração, com mais detalhes, dos principais alinhamentos estruturais (traços de fratura, foliações, etc.), contatos geológicos e possíveis dobras.

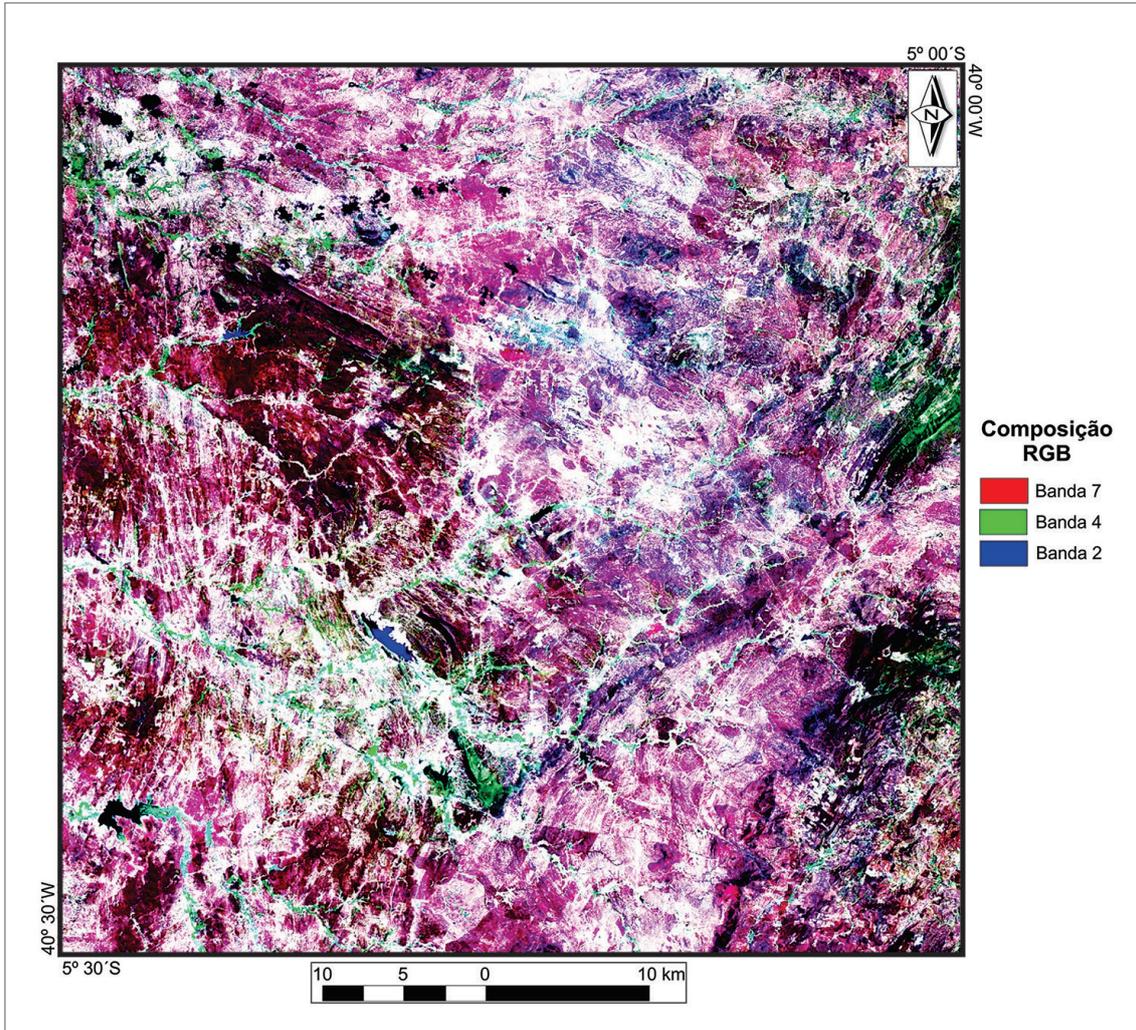


Figura 1.3 - Exemplo de imagem *GeoCover* 2000 (falsa cor - combinação em RGB 742). Utilização de imagens LANDSAT 7 na fase de confecção do mapa preliminar da Folha Independência (SB.24-V-D-I).

Estas fases complementares, juntamente com o produto da integração dos mapas geológicos compilados, culminaram com a elaboração do mapa fotogeológico preliminar, utilizado nas etapas de campo posteriores.

1.5.1.1. Cartografia básica digital

Seguindo o padrão/articulação da Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo – CIM, foi utilizada a Carta/Folha SB.24-V-D-I, com o tamanho do encarte gráfico compatível com a escala de 1:100.000. A manipulação desta carta foi realizada através do processo de rasterização, transformação de um documento analógico em imagem digital (matriz) através de um *scanner*. Após isto, a imagem foi georreferenciada no *ArcGis*, utilizando dados das coordenadas indicadas na própria carta rasterizada.

Outro dado utilizado no processo de vetorização das camadas foi à utilização de cenas do satélite imageador da superfície terrestre *CBERS-2* adquiridas por *download*

no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2005). As cenas que compõem a Folha de Independência são 152/106 e 151/106 (órbita/ponto).

Todos os dados utilizados no auxílio para a geração e atualização da cartografia básica e geológica foram ajustados às coordenadas das cenas do mosaico *GeoCover* (Figura 3.1) – imagens de satélite LANDSAT-7 ortorretificadas.

As camadas que foram geradas e atualizadas pela equipe técnica de cartografia seguiram os padrões apresentados, conforme listados a seguir: drenagem, massas d'água, barragens, localidades, acidentes geográficos, articulação da folha, estradas e áreas urbanas.

1.5.2. Etapa principal

Esta etapa foi subdividida em fases distintas constituídas por cadastramento, atualização e consistência dos dados relativos aos recursos minerais da folha, além de atividades de campo e análises laboratoriais, que serão listadas a seguir:

(i) Mapeamento geológico - dividido em etapas sistemáticas, que totalizaram 94 dias efetivos de campo. A cartografia geológica incluiu execução de perfis geológicos, preferencialmente perpendiculares ao *trend* regional das principais estruturas previamente fotointerpretadas e compiladas da literatura. Este procedimento padrão objetivou a identificação e distribuição das diferentes unidades litológicas. Nesta etapa, foram descritos 481 afloramentos, buscando-se uma distribuição apropriada à escala de mapeamento, e coletadas de 286 amostras, das quais 140 foram selecionadas para análises petrográficas e 75 para análises químicas. A análise estrutural consistiu na descrição de feições de estruturas planares e lineares existentes na área, assinalando suas relações geométricas e cronológicas relativas. As fases de campo foram alternadas com períodos de escritório, necessários à inserção no banco de dados de novas informações obtidas no campo, atualização e ajustes de informações do mapa geológico, consolidação do conhecimento da área e preparação das etapas seguintes;

(ii) Cadastramento de recursos minerais - foram localizadas e identificadas 52 ocorrências; e

(iii) Reconhecimento geoquímico e mineralógico - foi executado a partir de amostragem e análise dos sedimentos de corrente, nos quais os sedimentos ativos foram coletados em 383 estações nos leitos das drenagens, cada qual representando uma bacia de captação do material aluvial entre 5 e 10 km². Procurou-se obter uma cobertura homogênea da amostragem em toda a área da folha, com exceção da região centro sudeste e no extremo sudoeste, onde os açudes Barra Velha e Jaburu cobrem extensas áreas, de aproximadamente 80 km² cada. Estas amostras foram pré-processadas no Laboratório ACME, em Goiânia (GO), onde foram secas, peneiradas a 80 *mesh* e quarteadas. A porção destinada à análise foi pulverizada a menor de 200 *mesh* e, posteriormente, enviadas a Vancouver, no Canadá, onde

foram analisadas para 53 elementos por ICP – MS (espectrometria de massa com indução por plasma). Para a amostragem e análise dos concentrados de bateia foram coletadas 134 amostras, programadas em locais com áreas de captação em torno de 20 km². Cerca de 12 litros de material foram tomados em cada estação pré-definida nos aluviões das drenagens, nos lugares de acúmulo natural de minerais pesados. O material de cada amostra foi concentrado por meio de bateia ainda no campo, e o produto resultante enviado para análise no laboratório da CPRM de Porto Alegre (RS). A preparação e análise constaram de separação das frações granulométricas leves e pesadas por líquido denso, seguido de pesagem e separação por susceptibilidade magnética (imã de mão e eletromagnético). Determinado número dos grãos de cada amostra foram examinados e identificados sob lupa binocular, sendo as quantidades (proporções) de cada mineral estimadas segundo uma escala semiquantitativa, com registros dos percentuais <1%, 1 a 5%, 5 a 25%, 25 a 50%, 50 a 75% e >75%, conforme sua abundância na amostra sob exame.

1.5.3. Etapa final

Esta etapa compreendeu a montagem do SIG e iniciou-se com uma integração de todos os dados obtidos no desenvolver do projeto, bem como a compatibilização de dados de áreas vizinhas, em diferentes estágios de mapeamento.

Consistiu, basicamente, de uma atualização e consolidação de todas as bases de dados componentes do projeto: litoestratigrafia, estrutural, recursos minerais, datações geocronológicas, geoquímica de prospecção, dados de projetos, afloramentos, litogeoquímica e petrografia. Essas bases, juntamente com todos os documentos cartográficos e textuais, compõem o SIG geológico da folha.

A etapa foi concluída com a redação da presente nota explicativa.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Folha Independência, área do presente projeto, está inserida na Província Borborema (ALMEIDA *et al.*, 1977), entidade tectônica que abrange a porção nordeste da Plataforma Sul-americana, e corresponde a uma área com efetiva atuação de fenômenos termais, tectônicos, magmáticos, atuantes no Neoproterozoico e persistindo ao longo do Cambro-Ordoviciano (SANTOS; BRITO NEVES, 1984). Na África seus correlatos geológicos são representados pelos domínios Transsahariano, Nigeriano e pelas faixas orogênicas África Central-Oubanguides, que Trompette *et al.* (1993) designaram de Província Nordeste do Brasil/Centro-Oeste Africano.

Em relação à compartimentação tectônica da Província Borborema, foram utilizadas diversas designações, tais como: Blocos Orogenéticos (KEGEL, 1965); Sistemas de Faixas de Dobramentos e Maciços (BRITO NEVES, 1975; SANTOS; BRITO NEVES, 1984); Terrenos Tectonoestratigráficos (JARDIM DE SÁ *et al.*, 1992; SANTOS, 1996; FERREIRA *et al.*, 1997).

A Província Borborema teve seu arcabouço definido há cerca de 600 Ma, como resultado do processo de convergência dos crátons Amazônico, São Luís-Oeste Africano e São Francisco com a participação do metacrátón Sahariano (ABDELSALAM; LIÉGEOIS; STERN, 2002), no contexto da colagem brasiliana/pan-africana, que culminou com a constituição do Gondwana ocidental (TROMPETTE, 1994; BRITO NEVES; CORDANI, 1991) (Figura 2.1).

Uma área de abrangência em torno de 450.000 km² é atribuída à Província Borborema, sendo que duas megazonas de cisalhamento dúcteis dextrais, de direção variando de NE-SW a ENE-WSW, as zonas de cisalhamento de Patos e de Pernambuco, promovem a sua compartimentação em três subprovíncias: Setentrional, Zona Transversal e Meridional (SANTOS e MEDEIROS, 1999; SANTOS *et al.*, 2000) (Figura 2.2).

Na concepção de Brito Neves, Schmus e Fetter (2001) a Subprovíncia Setentrional, limitada a sul pelo Lineamento de Patos, é dividida, de oeste para leste, nos domínios Médio Coreaú, Ceará Central e Rio Grande do Norte. Para este último é atribuída uma estruturação em quatro domínios estruturais:

- (i) São José do Campestre;
- (ii) Faixa Seridó;
- (iii) Rio Piranhas; e
- (iv) Jaguaribe - Oeste Potiguar.

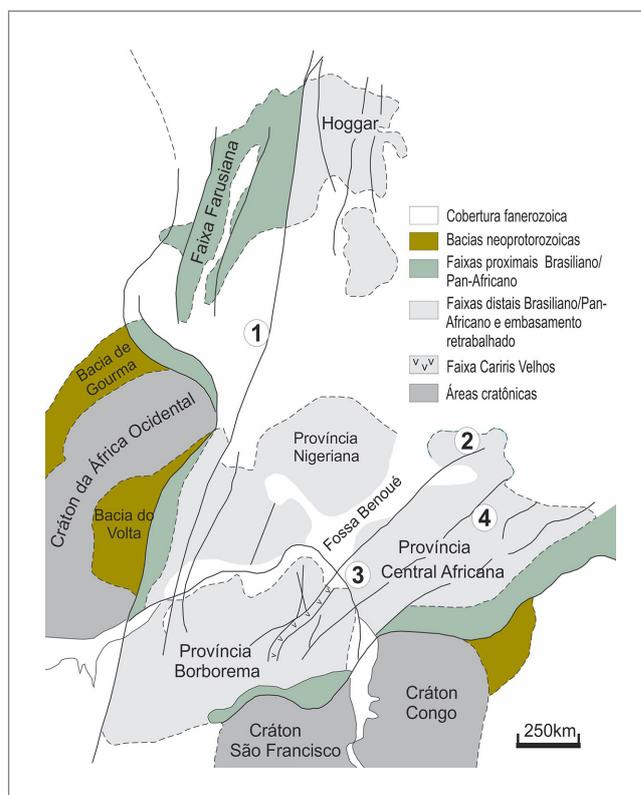


Figura 2.1 - Configuração da África Central/Ocidental e Província Borborema no contexto do Gondwana. (1) Lineamento Kandi-Transbrasiliiano; (2) Lineamento Patos-Garoua; (3) *Median Shear Corridor*; (4) Lineamento Pernambuco-Camarões. Fonte: (BRITO NEVES, SCHMUS e FETTER, 2001).

Neste trabalho é adotada a divisão da província em subprovíncias e, internamente a essas, à designação informal de domínios tectônicos. Desta forma, a Subprovíncia Setentrional encontra-se dividida entre os domínios Médio Coreaú (DMC) ou Noroeste do Ceará, Ceará Central (DCC), e, a leste da zona de cisalhamento Senador Pompeu, pelos domínios Jaguaribeano, Rio Piranhas, Faixa Seridó e Caldas Brandão, designações adaptadas de Cavalcante (1999) (Figura 2.3). Será enfatizado, a seguir, o Domínio Ceará Central, onde está inserida a área da Folha Independência.

O Domínio Ceará Central-DCC (JARDIM DE SÁ, 1994) recebeu diversas denominações como Sistema de Dobramentos Rio Curú-Independência e Maciços Santa Quitéria e Tauá (SANTOS; BRITO NEVES, 1984), Terreno Cearense (SANTOS, 1996) e Terreno Ceará Central – (CAVALCANTE, 1999).

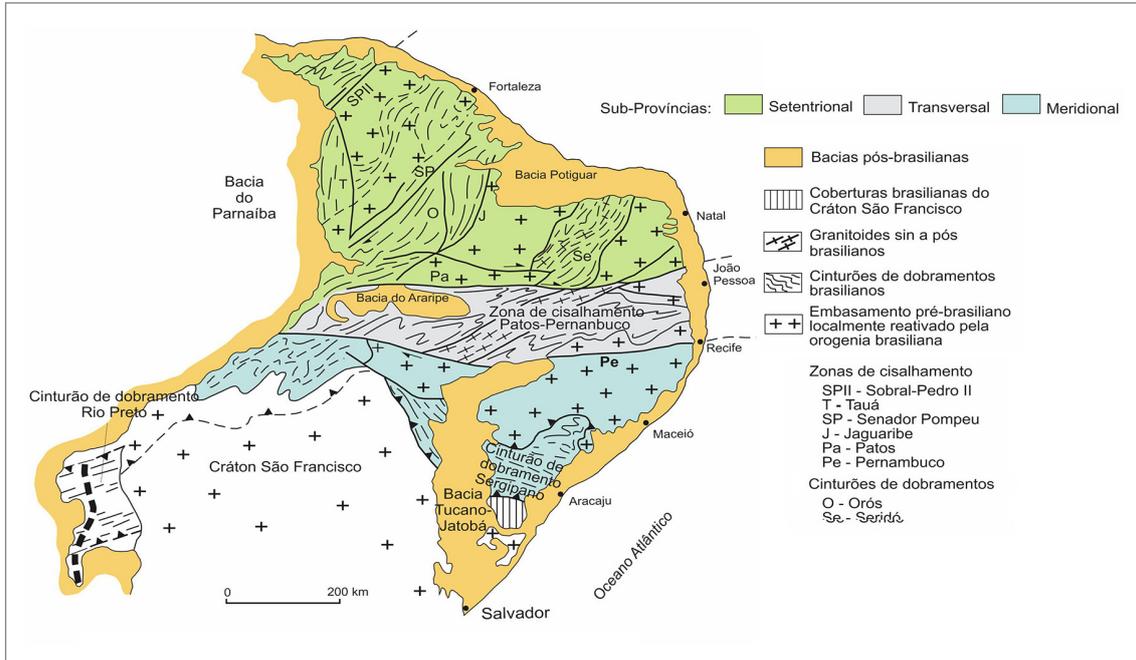


Figura 2.2 - Arcabouço geral da Província Borborema compartimentada em subprovíncias (modificado de TROMPETTE, 1994).

Quanto a sua delimitação, autores diversos são responsáveis por apresentar duas vertentes principais. É consenso que, a noroeste, o seu balizamento é feito através da zona de cisalhamento dextral Sobral-Pedro II (Lineamento Transbrasiliano). Já a oeste, seu limite fica encoberto pelos sedimentos da Bacia do Parnaíba. A sudeste, a zona de cisalhamento de Senador Pompeu constituiria o limite entre os domínios Ceará Central e Jaguaribeano, sendo esta uma configuração com vasta utilização (SANTOS; BRITO NEVES, 1984; CAVALCANTE, 1999; CAVALCANTE *et al.*, 2003, entre outros).

Para estabelecer o limite entre os domínios Ceará Central e o Orós-Jaguaribe utilizou-se das zonas de cisalhamento de Orós, ao leste, e de Aiuaba, ao sul (ARTHAUD *et al.*, 2008), esta com deslocamento dextral e direção ENE-WSW (Figura 2.4).

O Domínio Ceará Central é aqui assumido como o bloco delimitado pelas zonas de cisalhamento Sobral-Pedro II (Lineamento Transbrasiliano) e de Senador Pompeu, ambas extensas zonas transcorrentes dextrais de direção NE-SW, que tem provavelmente como correlativo circum-adjacente, o bloco africano situado entre a zona de cisalhamento transcontinental Hoggar-4°50' e a zona de cisalhamento Ile-Ife no oeste da Nigéria (TROMPETTE, 1994).

Baseados em mapeamento em áreas adjacentes, Almeida, Parente e Arthaud (2008) representaram a litoestratigrafia da região dividida em terrenos arqueanos, paleoproterozoicos, mesoproterozoico e unidades neoproterozoicas:

- (i) Terrenos arqueanos - constituídos por duas unidades, gnaisses cinza derivados de protólitos plutônicos, essencialmente toleíticos/granodioríticos, com idades U-Pb de 2.7-2.8 Ga e idades modelos Sm-Nd de 2.9 e 3.04 Ga, com ϵNd negativo, indicando que a associação sofreu retrabalhamento de rochas mais antigas (FETTER, 1999). As supracrustais representam uma associação do tipo *greenstone*-gnaisses (PESSOA; ARCANJO, 1984; CABY; ARTHAUD, 1986; CABY; ARTHAUD; ARCHANJO, 1995), e diferem da unidade anterior, sobretudo, quanto ao caráter positivo ϵNd . Os granitos cinza seriam terrenos de arco continental desenvolvidos nas margens de um cráton arqueano, que teria colidido com a unidade *greenstone*-gnaiss composta por crosta juvenil, gerada em domínio oceânico isolado (FETTER, 1999); e
- (ii) Terrenos paleoproterozoicos – foram agrupados em terrenos tipo TTG e terrenos granito-gnaisses. Os TTG afloram na borda noroeste do bloco arqueano (FETTER, 1999), com predomínio de rochas meta-plutônicas de composição tonalítica a granodiorítica associadas à faixa supracrustal, composta por metavulcânicas básicas e rochas metassedimentares diversas. Datações U-Pb em zircão nos ortognaisses tonalíticos forneceram idades em torno de 2.1-2.13 Ga (FETTER, 1999; MARTINS, 2000), e para as supracrustais (Sequência Algodões) foi obtida uma idade de ca. 2.23 Ga pelo método Sm-Nd em rocha total (MARTINS; OLIVEIRA; LAFON, 2009). Nos dois casos, valores de ϵNd positivos indicam que tratam-se de material juvenil.

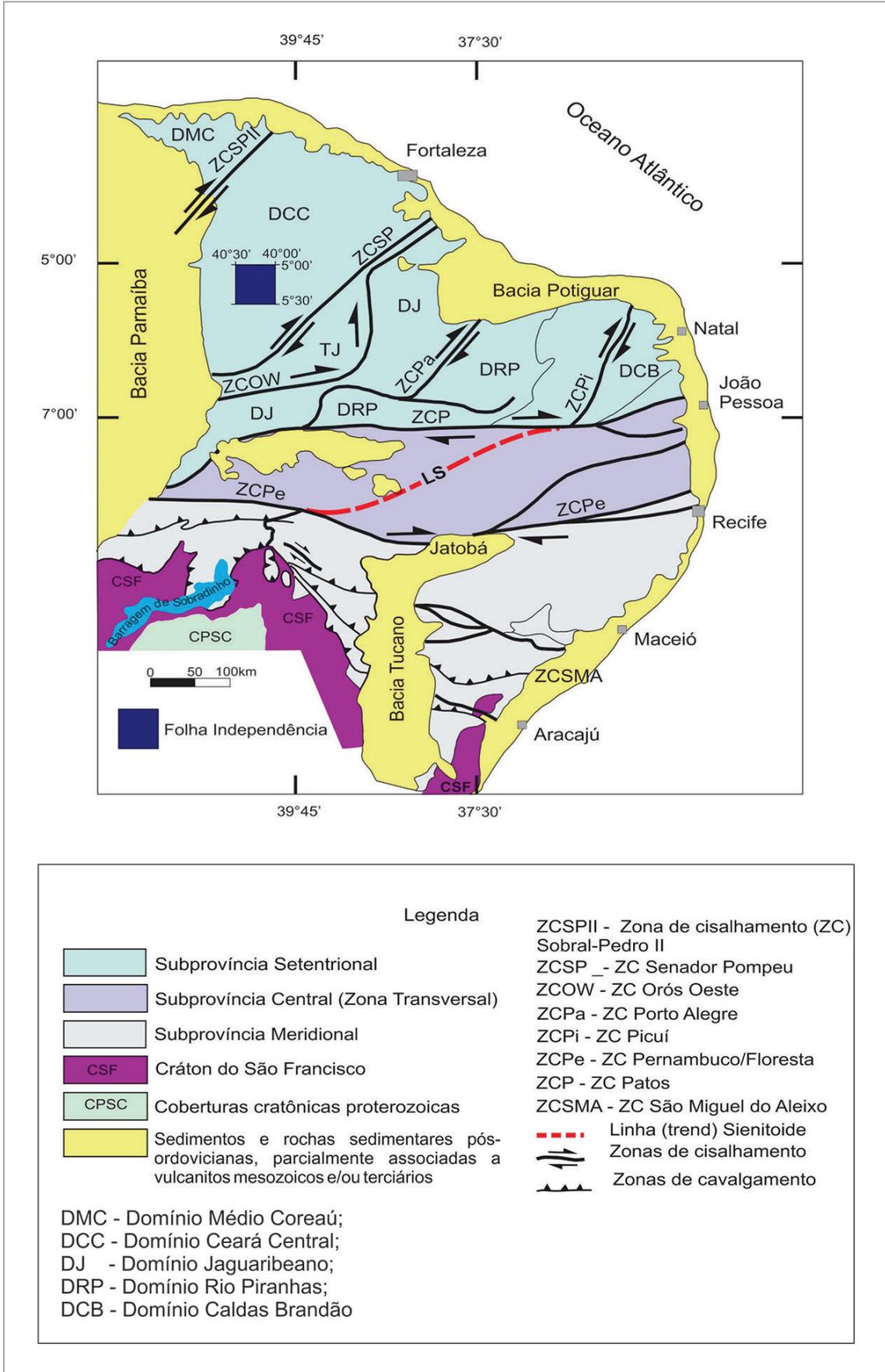


Figura 2.3 - Localização da Folha Independência no Domínio Ceará Central, Subprovincia Setentrional da Província Borborema (modificado de CAVALCANTE, 1999).

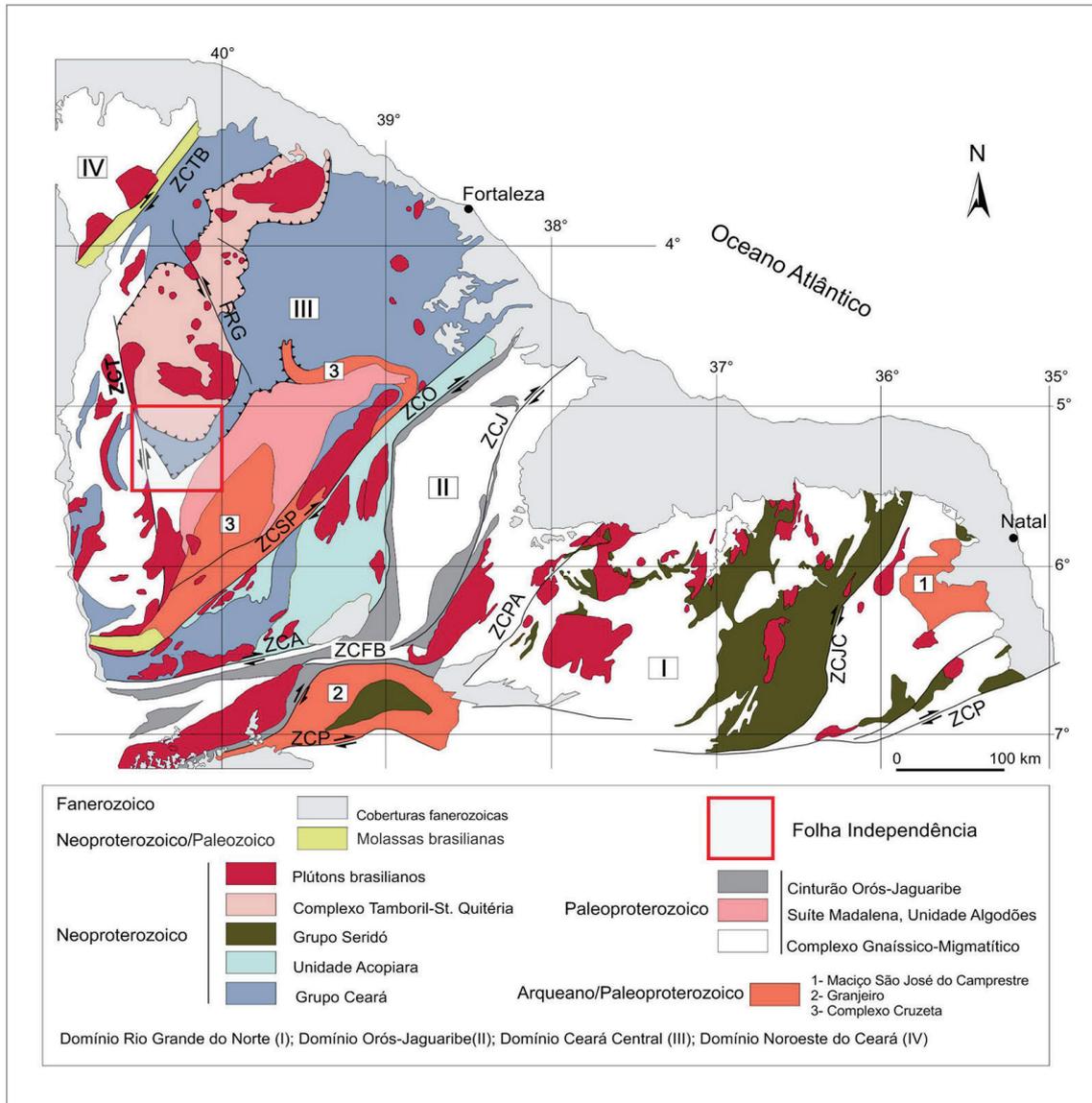


Figura 2.4 - Mapa geológico simplificado da parte setentrional da Província Borborema. Hachura quadriculada indica a área estudada. Modificado de Arthaud *et al.* (2008).

Os terrenos gnaiss-migmatíticos constituem uma unidade com predomínio de rochas de composições granítica, granodiorítica e tonalítica, bem como supracrustais diversas. Com base nos domínios vizinhos, de idades TDM entre 2.5 e 2.7 Ga, Almeida, Parente e Arthaud (2008) sugeriram que estes terrenos podem ser produtos de retrabalhamento de crosta arqueana;

(iii) Terreno meso-neoproterozoico – é representado por coberturas metassedimentares que compõem o Complexo Ceará (Unidade Independência). São associações de rochas essencialmente de protólitos pelíticos ou semipelíticos, contendo secundariamente quartzitos, mármore e rochas calciossilicáticas. Metavulcânicas ácidas ou básicas são raras. A idade de deposição dos sedimentos permanece em discussão. FETTER (1999) datou um

metarriolito da Sequência Independência em 772 ± 31 Ma, interpretada como magmatismo associado à extensão e afinamento crustal que culminou com abertura de uma bacia oceânica, fechada durante a colisão brasileira. As idades-modelo para essa sequência paraderivada variam do Neoproterozoico até o Arqueano, e possuem uma maior concentração no Paleoproterozoico, no intervalo 1.950-2.400 Ma (FETTER, 1999; ARTHAUD, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2012), sugerindo uma idade máxima deposicional no Neoproterozoico. Embora de história deposicional ainda não elucidada, parece que essas rochas constituem o produto de evento metamórfico/deformacional monocíclico, afetadas apenas pelo Ciclo Brasileiro;

(iv) Neoproterozoico – Dois conjuntos litológicos são atribuídos ao Neoproterozoico, o Complexo Tamboril-Santa Quitéria (CTSQ) e granitos brasileiros.

CTSQ é uma unidade já reconhecida desde a década 70 pela CPRM, e, caracteristicamente, exibe intensa migmatização associada à grande volume de granitos anatéticos, restitos de anfibolitos e rochas calciosilicáticas. Idades U-Pb em zircão dos granitoides do CTSQ variam entre ca. 660 e 614 Ma (FETTER *et al.*, 2003; BRITO NEVES *et al.*, 2003) e suas idades TDM são mais comumente meso a neopreoterozoicas, com valores ϵNd (600) levemente negativos a positivos. Com base nisto e em dados petrográficos, (FETTER *et al.*, 2003) sugeriram um ambiente de arco continental para a formação do CTSQ, com zona de sutura localizada, possivelmente, a oeste do Lineamento Transbrasiliano.

Dentre os granitos brasileiros, do Domínio Ceará Central, os granitos pré-colisionais correspondem ao Complexo Santa Quitéria. Já os granitos sin-colisionais podem ser divididos em:

(i) Sin-tangenciais associados ao espessamento da crosta que encontram-se, geralmente, sob a forma de lâminas gnáissicas muito deformadas, de difícil individualização (ex: granitos tipo S que ocorrem entre as zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Orós);

(ii) Granitos sin-transcorrências, relacionados a fase de extrusão lateral consecutiva ao espessamento (ex: granitos de Quixeramobim, Quixadá e Senador Pompeu – NOGUEIRA, 2004) que apresentam idade de alojamento e cristalização U-Pb em torno de 590 Ma; e
(iii) Granitos pós-colisionais que são representados no Ceará Central pelos complexos anelares de Tauá e Taperuaba, associados a enxames de diques ácidos a intermediários (eEnxames de Tauá e Independência) e por *stocks* graníticos do tipo Serra da Barriga, São Paulo, Pajé, Reriutaba, Mucambo e Meruoca. Estes últimos, pertencentes ao Domínio Médio Coreáú, foram intrudidos quando os domínios Ceará Central e Noroeste do Ceará já haviam sido suturados e evoluíram de forma conjunta. Dados Rb-Sr e U-Pb, para estes corpos, forneceram idades entre 470 e 522 Ma (FETTER, 1999; MATTOS; ARTUR; NOGUEIRA NETO, 2003; TEIXEIRA, 2005).

Regionalmente, as coberturas quaternárias são representadas por depósitos aluvionares, de ocorrência bastante restrita e, constituídas por argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzo-feldspáticas, conglomeráticas, cascalhos e argilas orgânicas, de origem fluvial e, em parte, de influência marinha (CAVALCANTE *et al.*, 2003).

3. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

No presente trabalho, a Folha Independência (Figura 3.1), integrante do Domínio Ceará Central é constituída pelas seguintes unidades: complexos Cruzeta, Canindé do Ceará, Ceará (Unidade Independência), Tamboril - Santa Quitéria, Unidade Algodões, granitoides Cedro e Pedra Lisa, diques Guaribas e Máficos Rio Ceará Mirim e Depósitos Superficiais Clásticos. Estas unidades serão descritas a seguir:

3.1. COMPLEXO CRUZETA

Originalmente esta unidade foi designada de “Grupo Cruzeta” por Barreto (1967), sendo formada por espessa sequência de rochas leucocráticas, constituídas por camadas leptiniticas (derivação sedimentar). Oliveira e Cavalcante (1993) redefiniram a unidade como Complexo Cruzeta, de dominação ortoderivada. Estudos geocronológicos de Fetter (1999) evidenciaram idades arqueanas (2.8 Ga) e paleoproterozoicas (2.15 Ga) para as rochas deste complexo. Neste projeto, esta unidade foi individualizada (Figura 3.2) em duas subunidades descritas a seguir:

3.1.1. Complexo Cruzeta Indiferenciado (APc)

O Complexo Cruzeta indiferenciado é restrito à porção sudeste da folha e composto, predominantemente, por gnaisses ortoderivados com paraderivadas subordinadas. Apresenta corpos lenticulares finamente foliados de clorita-tremolita xistos (APcmu) e melanocráticas constituídas por metamáficas anfibolitizadas (APcaf).

As rochas ortoderivadas variam de tonalitos a sienogranitos (Figuras 3.3A e 3.3B) e, a migmatização de incipiente a bem pronunciada. Predominam biotita ortognaisses, subordinadamente, biotita-hornblenda ortognaisses e muscovita ortognaisses. Caracteristicamente, são cinza-claros, mais raramente exibem tons rosados ou esbranquiçados ou são cinza-escuro com tons verde-escuros. São de granulação fina, raramente média, finamente foliadas a bandadas. O bandamento é composto por níveis finos quartzo-feldspáticos alternados com faixas máficas composta, principalmente, por biotita e podendo conter opacos. Em seção delgada os ortognaisses apresentam textura granolepidoblástica a xenoblástica (Figura 3.3C), são compostos essencialmente por plagioclásio, K-feldspato, quartzo, hornblenda, biotita, com muscovita secundária. Como acessórios exibem apatita, titanita, opaco (ilmenita), zircão, epidoto,

allanita e calcita. O metamorfismo é de grau médio (fácies anfibolito) ou médio a baixo (fácies epidoto-anfibolito).

Termos paraderivados são secundários, ocorre como intercalações de hornblenda gnaisses e biotita gnaisses com granada, de granulação fina, com foliação bem desenvolvida e coloração variando de cinza-clara a escura. Em lâminas delgadas os paragnaisses possuem textura granonematoblástica, granoblástica a xenoblástica, são essencialmente formados por plagioclásio, K-feldspato, quartzo e hornblenda, tendo como acessórios titanita, biotita, zircão, granada, apatita e opaco. O metamorfismo é de fácies anfibolito.

3.1.2. Unidade Troia (APct)

Esta unidade está inserida como um núcleo alongado nas rochas do Complexo Cruzeta, na porção sudeste da área. Constitui uma sequência metaplutono-vulcano-sedimentar composta predominantemente por biotita gnaisses paraderivados (Figura 3.4A), com ou sem granada, muscovita e turmalina (APcts) e, subordinadamente, por biotita ortognaisses (\pm anfibólio e \pm epidoto), além de anfibolitos.

Os gnaisses paraderivados são predominantemente de coloração cinza-clara, de granulação fina, finamente foliados a bandados. Em seção delgada apresentam textura granoblástica (Figura 3.4B) a granolepidoblástica, são constituídos por plagioclásio, K-feldspato, quartzo, biotita, epidoto, tendo como acessórios opacos, apatita, titanita, zircão, turmalina, granada e allanita. São rochas metamorizadas em fácies anfibolito, com evidências de retrometamorfismo da biotita para epidoto (fácies epidoto-anfibolito).

Os ortognaisses são cinza claros, foliados e de granulação fina, contendo frequentes veios quartzo-feldspáticos centimétricos. Variam, quanto a composição, de tonalitos a monzogranitos. Em seções delgadas são classificados como biotitas gnaisses, epidoto-biotita gnaisses com hornblenda e biotita gnaisses com hornblenda de textura granoblástica a granolepidoblástica ou granoblástica xenoblástica (Figura 3.4C). Sua petrografia básica é composta por plagioclásio, K-feldspato, quartzo, biotita, epidoto+allanita, hornblenda, tendo como acessórios mais comuns titanita, apatita, zircão e opacos (magnetita-ilmenita). São rochas metamorizadas em fácies anfibolito, com retrometamorfismo para fácies epidoto-anfibolito.

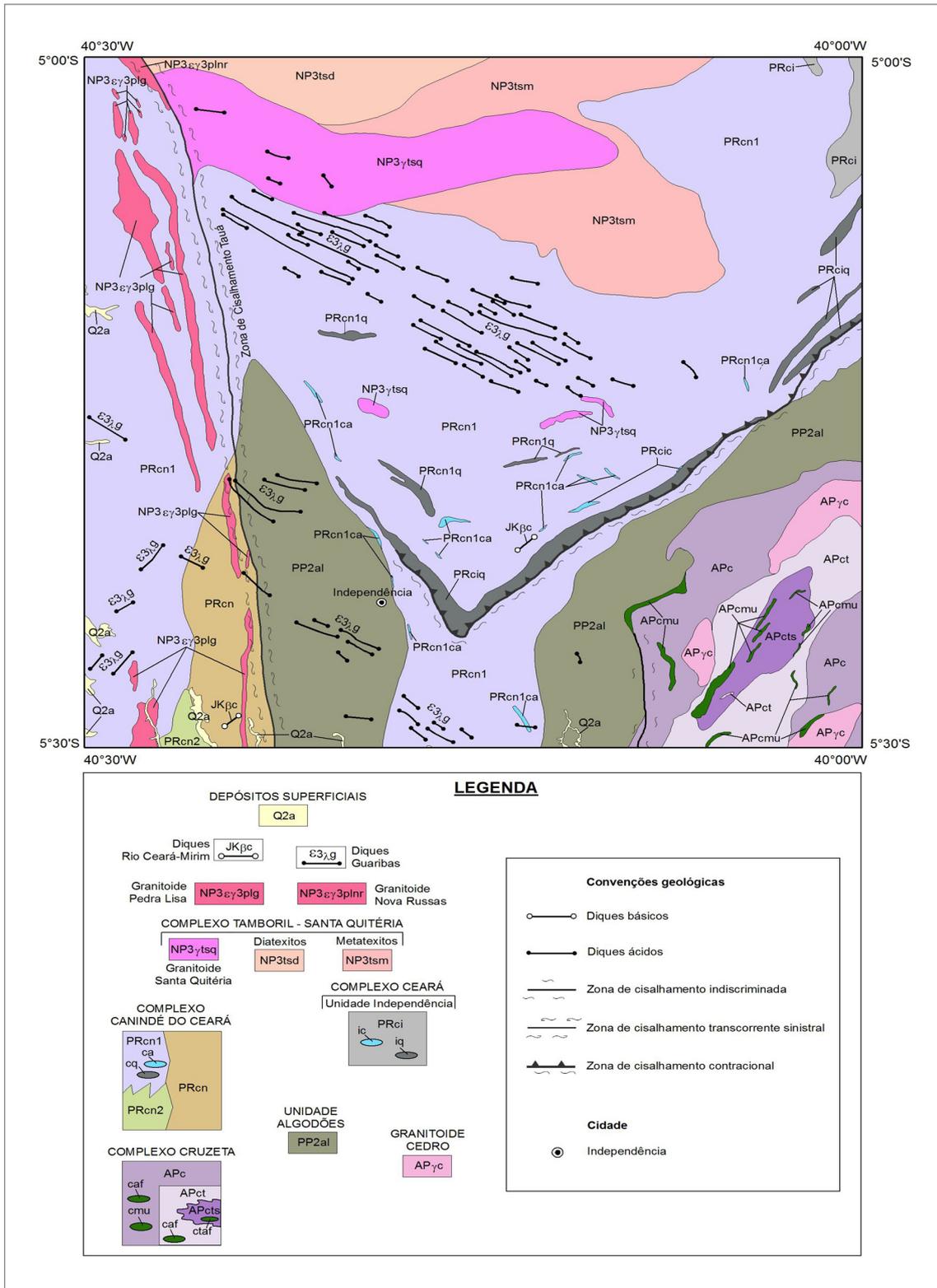


Figura 3.1 - Mapa geológico simplificado da Folha Independência – SB.24-V-D-I.

Corpos anfibolíticos para e ortoderivados (metagabros e metabasaltos) ocorrem sob a forma de lentes com dimensões variadas, orientadas segundo o trend da foliação. Paraderivados são, principalmente, anfibolitos e granada-derivados, de coloração verde-escuro com variegados verde-claro de granulação fina a média.

Ocorrem tanto isotrópicos como foliados, e frequentemente, exibem finos veios esbranquiçados, compostos por quartzo e plagioclásio, com pequenos porfiroblastos de granadas. Em seção delgada exibem textura granoblástica a nematoblástica e xenoblástica, com fraturas irregulares nos principais constituintes.

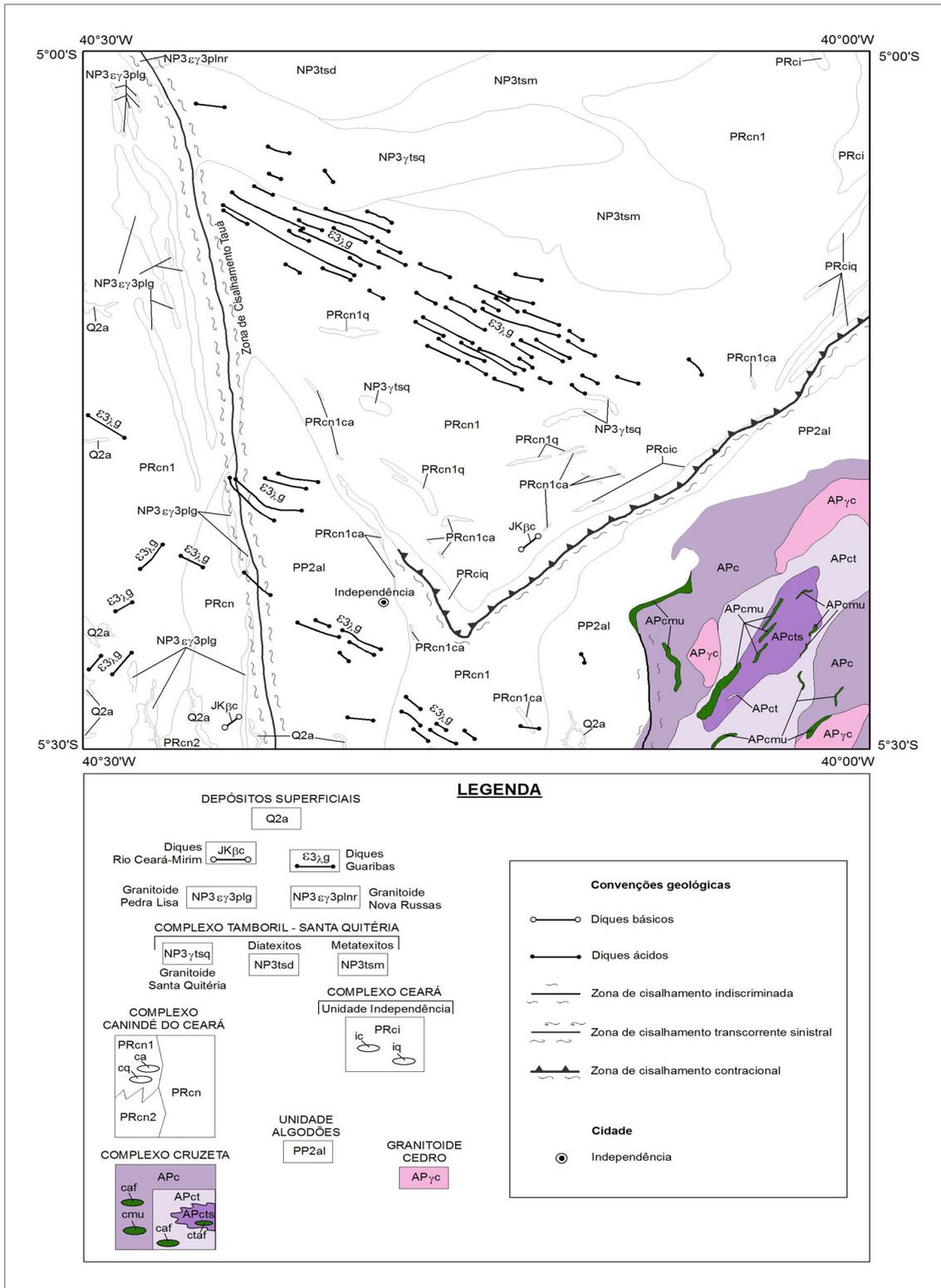


Figura 3.2 - Mapa geológico simplificado com destaque para o Complexo Cruzeta e o Granitoide Cedro.

Como mineralogia básica exibem plagioclásio, quartzo, clinopiroxênio, granada, biotita, e como acessórios ilmenita, titanita, apatita e epidoto. São rochas metamorfizadas fácies anfibolito, com retrometamorfismo do clinopiroxênio para tremolita-actinolita, em um grau mais baixo do fácies anfibolito.

Os orto-anfibolitos (APctaf) são classificados como plagioclásio-epidoto anfibolitos e granada-epidoto anfibolitos, são de coloração cinza-escuro a esverdeada, com pontuações esbranquiçadas, intercaladas com porções mais escuras, onde há maior concentração de anfibólio.

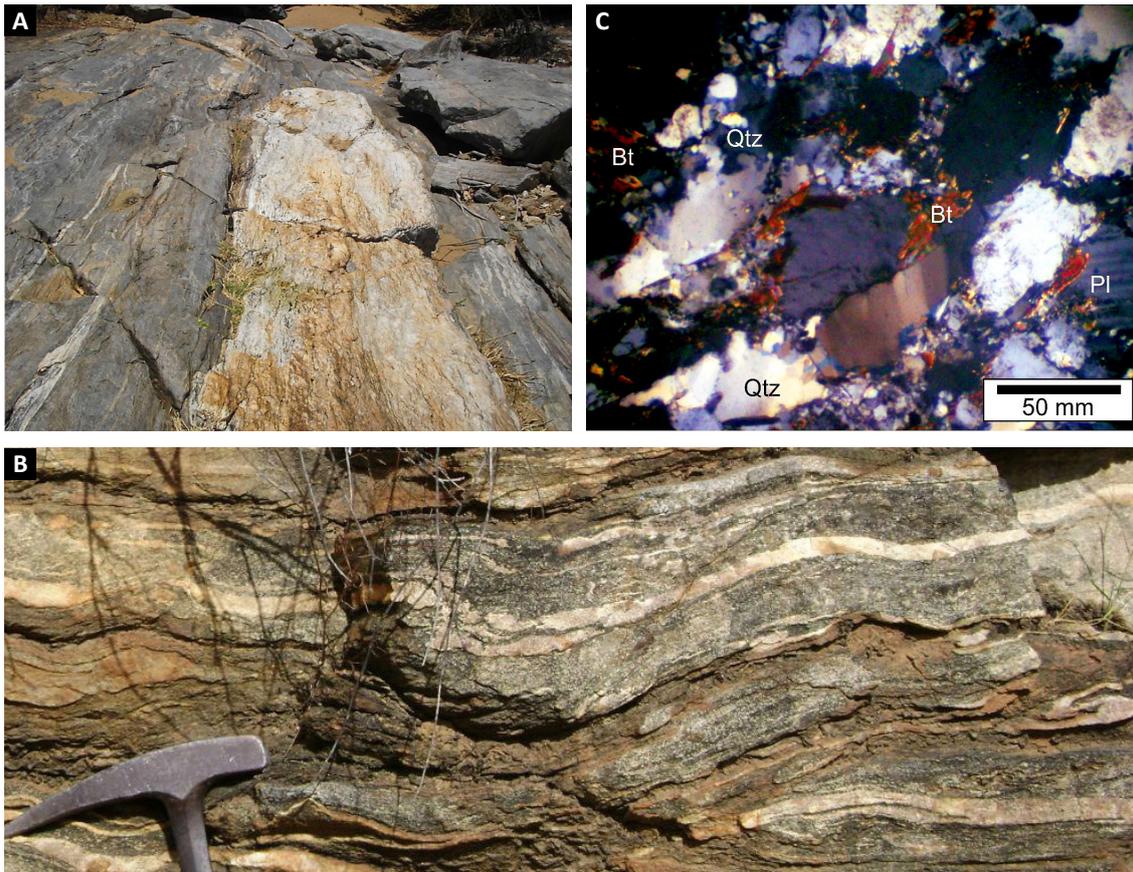


Figura 3.3 - Complexo Cruzeta indifferenciado. (A) Biotita ortognaisse de composição tonalítica deformado (UTM: 9408394, 382644); (B) Anfibólio gnaiss com intercalação de bandas graníticas, intensamente deformados (UTM: 9397924, 376318); (C) Textura granolepidoblástica xenoblástica (nicóis cruzados) em ortognaisse (UTM: 9408394, 382644) - (Qtz – quartzo, Bt – biotita e Pl – Plagioclásio).

Os orto-anfibolitos (APctaf) apresentam granulação fina a muito fina, comumente são foliados e cortados por veios irregulares esbranquiçados, compostos predominantemente por plagioclásio. Em seção delgada apresentam texturas varando de granonematoblástica a nematoblástica, sendo essencialmente compostos por hornblenda, epidoto (pistacita e clinozoisita), plagioclásio, granada e quartzo, contendo opacos (ilmenita – óxido de ferro) e titanita como acessórios. O metamorfismo é de fácies epidoto-anfibolito a fácies anfibolito.

Ocorrem ainda, nesta unidade, corpos lenticulares de leucognaisses de composição variando de granítica, granodiorítica a quartzo monzonítica.

3.2. GRANITOIDE CEDRO (APyc)

Denominado por Pessoa *et al.* (1986) como “Unidade Granítica de Cedro”, este granitoide situa-se na porção sudeste da área, aflorando em meio às rochas do Complexo Cruzeta (Figura 3.2).

São ortognaisses de coloração esbranquiçada a tons de bege, de granulação média a grossa, com porções de aspecto pegmatítico. Quanto a composição, variam de

granítica a granodiorítica, e são constituídos basicamente por K-feldspato, plagioclásio, biotita, muscovita e granada. Geralmente, exibe foliação milonítica bem desenvolvida e xenólitos de anfibolitos e rochas calciossilicáticas, de ocorrências subordinadas.

Conforme dados geocronológicos de Pessoa *et al.* (1986), obtidos pelo método Rb/Sr, a idade do magmatismo seria entre 1,7 – 2,1Ga (idades convencionais). Mas, como este método é sensível a efeitos térmicos, posicionou-se esta unidade entre Arqueano e Paleoproterozoico.

3.3. UNIDADE ALGODÕES (PP2al)

Inicialmente foi descrita nas proximidades de Algodões (região de Quixeramobim) com a denominação de “Sequência Algodões” (ARTHAUD; LANDIN, 1995). Os litotipos da Unidade Algodões afloram em faixas separadas pelas rochas do Complexo Canindé do Ceará (Figura 3.5). As imagens gamaespectrométricas permitem uma clara diferenciação entre as duas porções de predomínio da Unidade Algodões.

A ocorrência a oeste da folha mostra contato tectônico com as rochas do Complexo Canindé do Ceará, delimitada pela zona de cisalhamento Tauá.

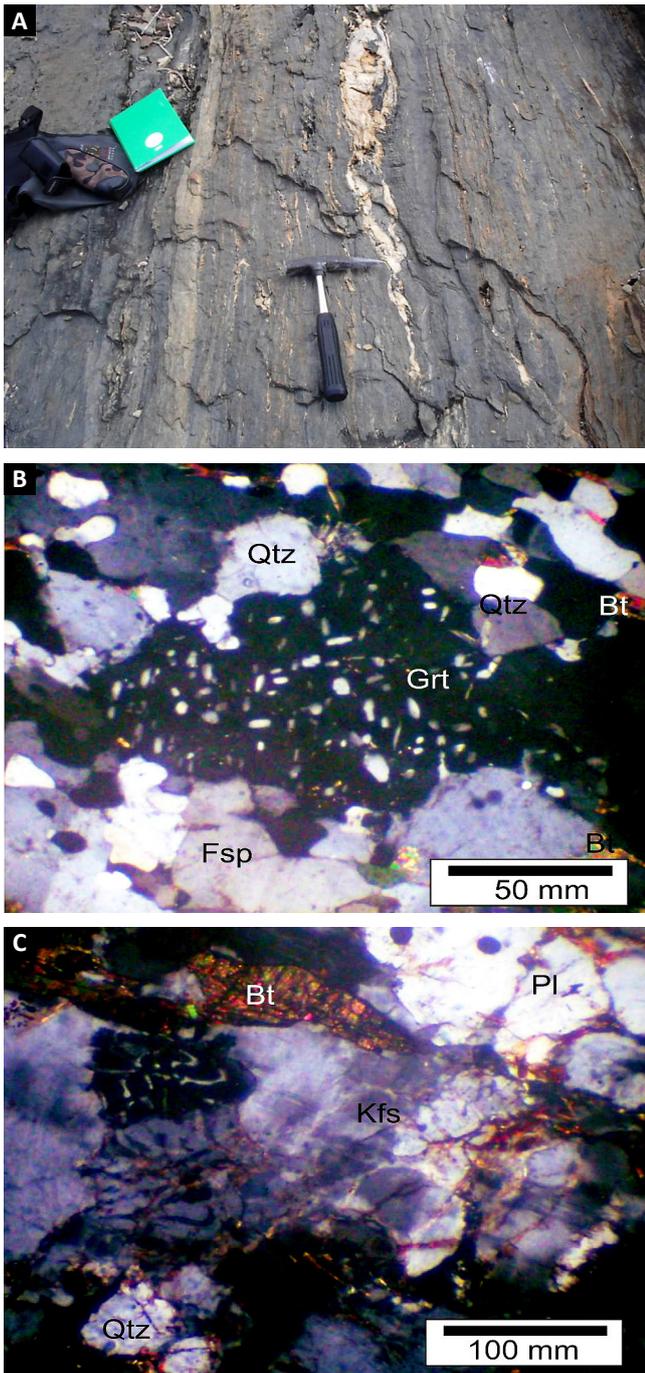


Figura 3.4 - Complexo Cruzeta – Unidade Troia. (A) Biotita paragneisse com turmalina com bandamentos centimétricos (UTM: 9397135, 381086); (B) Aspecto de textura granoblástica (nicóis cruzados) em biotita gnaïsse com granada (UTM: 9397924, 381086); (C) Textura xenoblástica (nicóis cruzados) em biotita ortogneïsse (UTM: 9398994, 378855). (Fsp – Feldspato, Pl – plagioclásio, Qtz – quartzo, Kfs – K-feldspato, Bt – biotita e Grt – granada).

Nesta porção da área, a foliação é caracterizada por direção aproximada N-S, com ângulos de mergulhos médios a subverticais. Rumo a Independência, as camadas adquirem mergulhos suaves, inferiores a 25° para SE, concordante com padrão geométrico apresentado pelas rochas da Unidade Independência.

A segunda área de afloramento das rochas da Unidade Algodões forma uma faixa com cerca 7 km de largura, que margeia o contorno do alto topográfico denominado Serra das Pipocas. Na sua porção sudoeste, exibe contato tectônico com rochas do Complexo Cruzeta, aspecto este não observado ao longo do contato no sentido a nordeste. Nesta porção da área o mergulho é sub-horizontal, geralmente para NW.

A Unidade Algodões apresenta predominância de paragneïsses (Figura 3.6A) arcoseanos e grauvaquianos, com migmatização incipiente e *sheets* de rochas quartzo-feldspáticas. Geralmente, são cinza claros com porções esbranquiçadas, exibem granulação fina e são foliados, metamorfizados em fácies anfibolito. Em seção delgada, apresentam textura granoblástica a xenoblástica e formados, essencialmente, por plagioclásio, K-feldspato, quartzo, biotita, tendo como minerais acessórios titanita, opacos, apatita e zircão.

Os ortogneïsses (Figura 3.6B) da unidade são biotita gnaïsses, hornblenda biotita gnaïsses, muscovita-biotita gnaïsses, epidoto *augen* gnaïsses, em baixo grau de migmatização. Variam, composicionalmente de tonalitos a monzogranitos, são protomilonitizados a milonitizados. Exibem colorações cinza clara a escura, com variações para tons rosados. A granulação é fina, raramente média, com foliação bem desenvolvida. Quando bandado, este é marcado pela alternância de faixas finas de composição quartzo-feldspática e níveis máficos composto por biotitas e ocasionalmente opacos oxidados.

Em seções delgadas os ortogneïsses mostram textura granoblástica, granolepidoblástica (Figura 3.6C) e xenoblástica. São essencialmente formados por plagioclásio, K-feldspato, quartzo, biotita e hornblenda, tendo como minerais acessórios epidoto (pistacita-clinozoisita), titanita, apatita, opacos (hematita e/ou ilmenita) e zircão, e secundariamente muscovita, allanita e calcita. Nas rochas protomilonitizadas a milonitizadas sobressaem-se, na matriz quartzo-feldspática porfiroclastos de feldspatos xenoblásticos, subarredondados, alongados, que podem formar *augens* rotacionados, com sombra de pressão. O metamorfismo é de grau médio a baixo (fácies anfibolito).

Na Unidade Algodões ocorrem, de forma secundária, bolsões de rochas anfibolíticas (plagioclásios anfibolitos) foliadas, e xistos cinza-escuros, estes finamente granulados. Em seções delgadas anfibolitos exibem textura granoblástica a nematoblástica, submetidas a condições metamórficas de fácies anfibolito. Essencialmente são formados por hornblenda, plagioclásio, quartzo, granada e epidoto (clinozoisita), e como mineralogia acessória titanita, zircão, ilmenita e apatita. Actinolita-clorita xistos apresentam textura nematoblástica a lepidoblástica (Figura 3.6D), são constituídas essencialmente por actinolita, clorita e plagioclásio, e exibem opacos como acessórios. São rochas de baixo grau metamórfico (fácies xisto-verde).

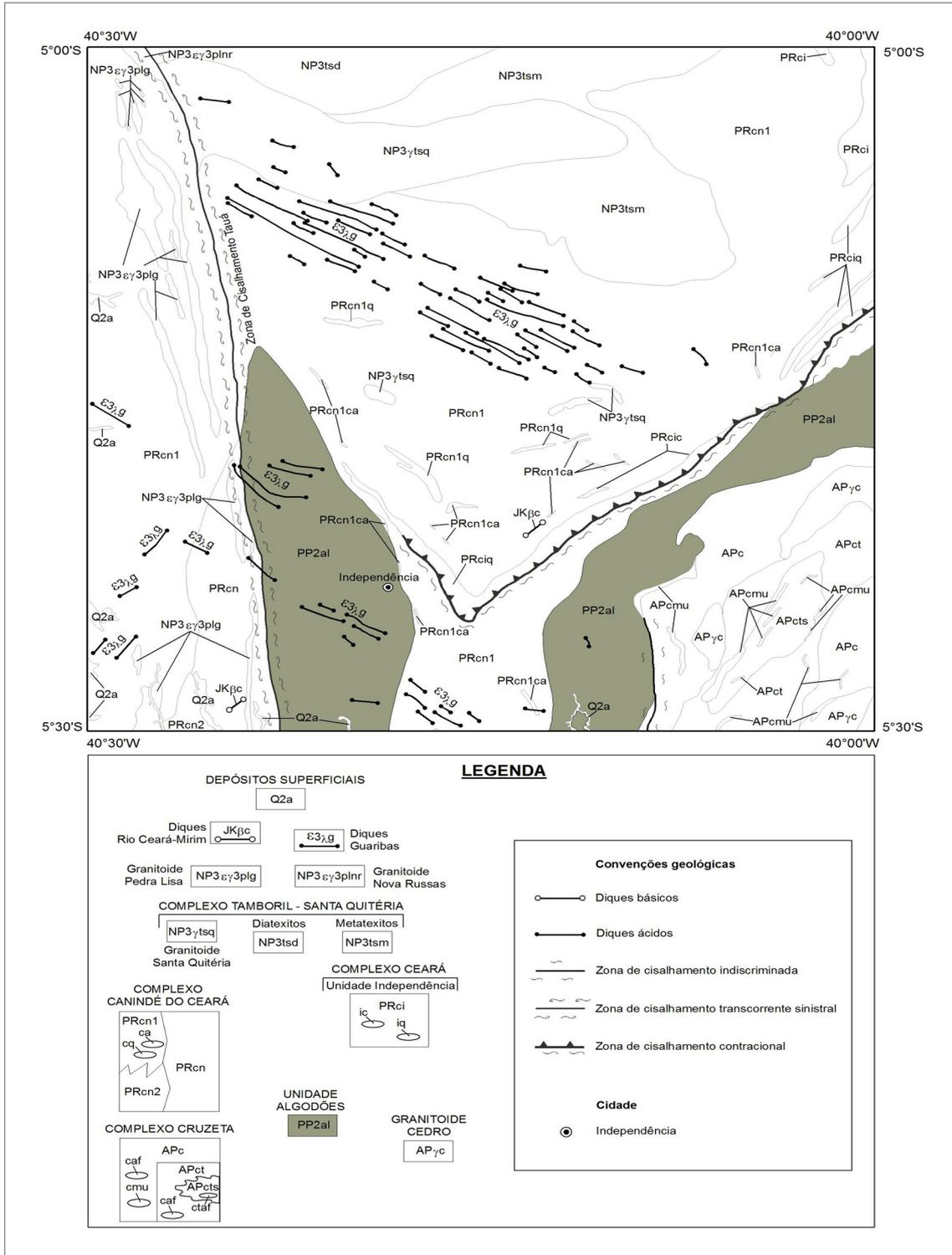


Figura 3.5 - Mapa geológico simplificado com destaque para a Unidade Algodões.

Na região de Madalena e Boa Viagem, Arthaud *et al.* (2008) admitiram que as rochas supracrustais da Unidade Algodões representam a cobertura do Complexo Cruzeta, e composta por alternância de rochas anfíbolíticas e leucognaisses, com pacotes espessos de metarriolitos no topo.

A Unidade Algodões foi diferenciada do Complexo Cruzeta, e principalmente, do Complexo Ceará (Unidade Independência), devido a:

- (i) Os paragneisses da Unidade Algodões apresentam menor percentagem de minerais aluminosos, isto é, possuem características de materiais mais psamíticos, ao contrário do Complexo Ceará, no qual a presença de metassedimentos pelíticos é dominante;
- (ii) Não ocorrem lentes de mármore, como no Complexo Ceará; e

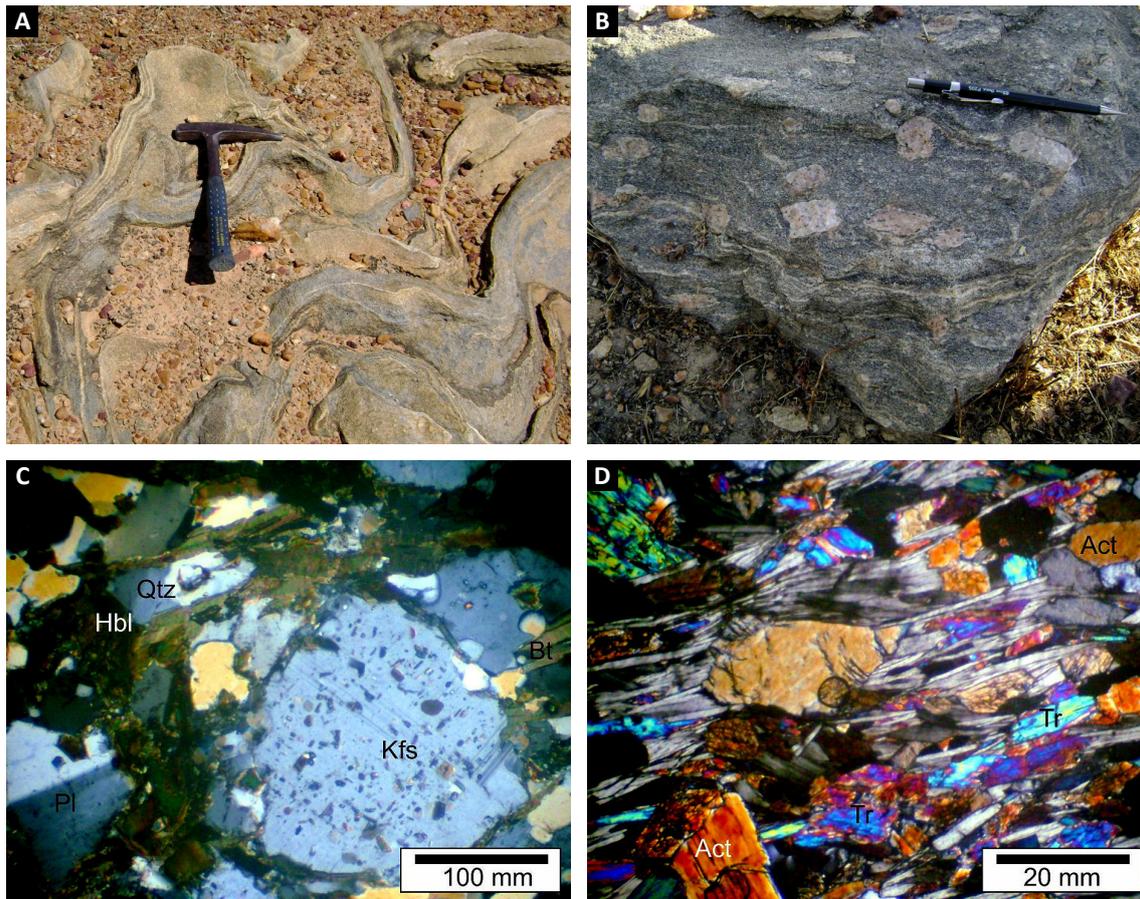


Figura 3.6 - Unidade Algodões. (A) Rocha metassedimentar de composição psamítica dobrada intercalada com sheets de ortogneisse (UTM: 9417279, 382890); (B) Biotita ortogneisse migmatizado, com pórfiros de K-feldspato rotacionados, em matriz deformada (UTM: 9406206, 350004); (C) Hornblenda-biotita ortogneisse de textura granolepidoblástica (UTM: 9416406, 385150); (D) Aspecto do actinolita-tremolita xisto (UTM: 9402788, 372986). Qtz - quartzo, Hbl - hornblenda, Kfs - K- feldspato, Bt - biotita, Act - actinolita, Tr - tremolita (nicóis cruzados)

(iii) Na Unidade Algodões ocorre grande volume de leucogneisses, injetados nos paragneisses.

Na região de Choró-Algodões, Martins, Oliveira e Lafon (2009) obtiveram em anfibolitos, desta unidade, uma idade em torno de 2,23 Ga (Sm/Nd em rocha total).

3.4. COMPLEXO CANINDÉ DO CEARÁ

Cavalcante *et al.* (2003) utilizaram o termo “Unidade Canindé” para representar um conjunto rochoso situado no Domínio Ceará-Central, contendo predomínio de rochas paraderivadas, com subordinação de conteúdo ortoderivado. No presente projeto, adotou-se a designação de Complexo Canindé do Ceará utilizada por Araújo e Pinéo (2011).

Representa a unidade de maior expressão, em termos de área, da folha (Figura 3.7), sendo formada por gnaisses paraderivados (PRcn1) representados por biotita gnaisses e granada-biotita gnaisses, com ou sem sillimanita, migmatizados (Figura 3.8A). São rochas cinza-claras a escuras, foliadas a bandadas, de granulação fina, onde se sobressaem, com frequência, pequenos porfiroblastos de granada.

Ocorrem também níveis de xisto com andaluzita, lentes de quartzitos (PRcnc1q), mármore/metacalcários (PRcnc1c), rochas calciossilicáticas, anfibolitos, gonditos, formações manganíferas, metabásicas e leptinitos. Em seção delgada, gnaisses paraderivados apresentam textura granoblástica, granolepidoblástica a milonítica. São constituídos por plagioclásio, quartzo, biotita e granada, e apresentam como acessórios zircão, apatita, opacos e clorita. Não raro, paramigmatitos do Complexo Canindé do Ceará são cortados por *sheets* graníticos gnaissificados, compostos por biotita-muscovita granitos cinza claros foliados, de granulação fina a média, alguns com granada.

Afloram ainda, biotita gnaisses ortoderivados (PRcn2), cartografados na extremidade da porção sudoeste. Os ortogneisses mostram-se com foliação bem definida, e coloração alternando entre cinza claro a escuro ou com tons rosados. Esporadicamente estão associados à paragneisses migmatíticos e lentes de metaultramáficas. Em seção delgada, os ortogneisses apresentam textura granoblástica xenoblástica (Figura 3.8B), protomilonítica a milonítica.

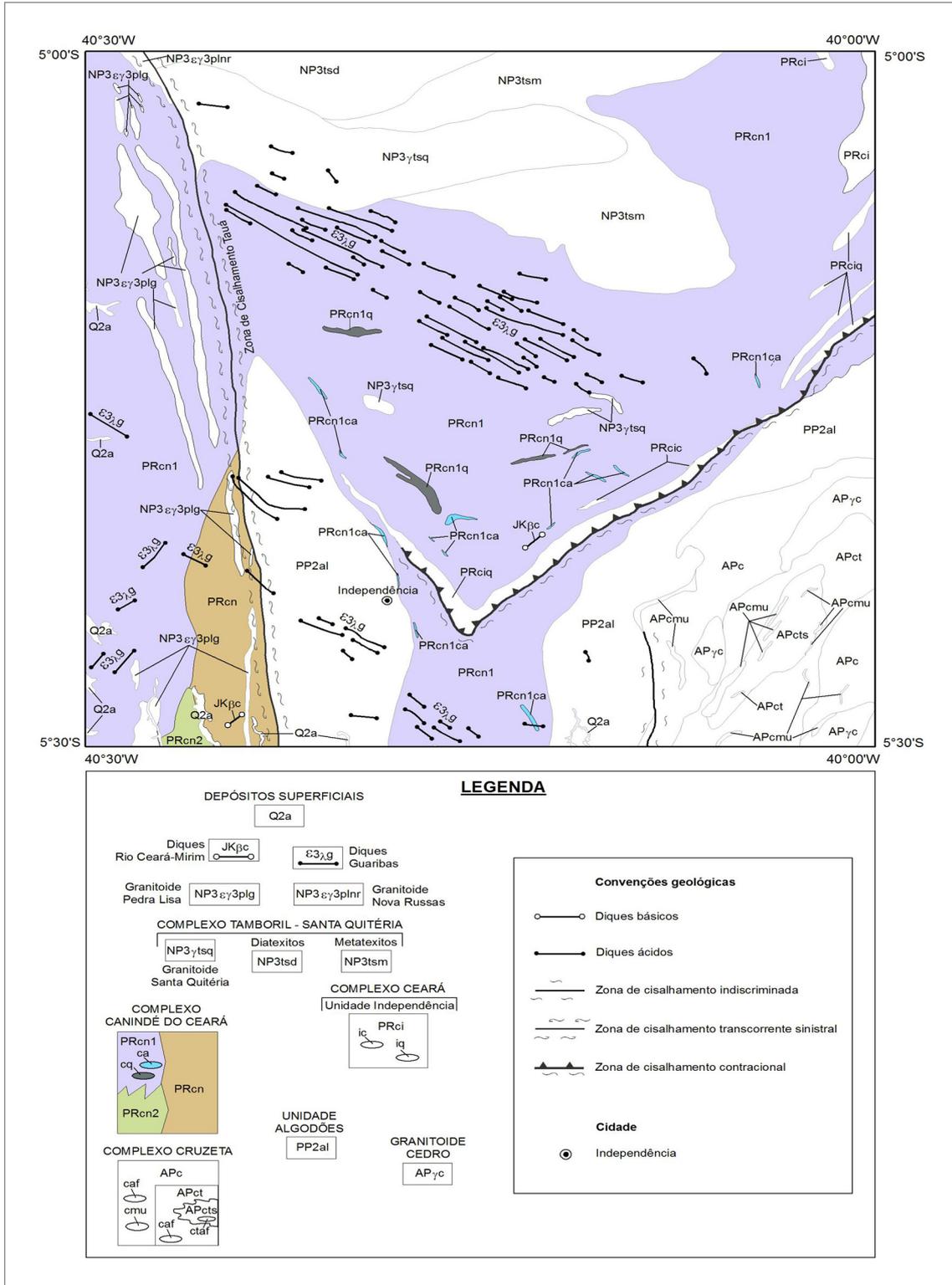


Figura 3.7 - Mapa geológico simplificado com destaque para o Complexo Canindé do Ceará.

São constituídas basicamente por K-feldspato, plagioclásio, quartzo e biotita, e como acessórios por zircão, epidoto (allanita), apatita, titanita, opaco (óxido de ferro e ilmenita) e granada.

Mais raramente foram identificadas rochas calciosilicáticas de coloração verde-clara, metamorfizadas em fácies epidoto-anfibolito, além de mármore e quartzitos

cortados por diques e *stocks* de granitoides, pegmatoides e dioritos, associação individualizada no quadrante sudoeste (PRcn).

Próximo à zona de cisalhamento Tauá as rochas do Complexo Canindé do Ceará estão frequentemente deformadas em diferentes graus, sendo comuns estágios de protomilonitização a milonitização.

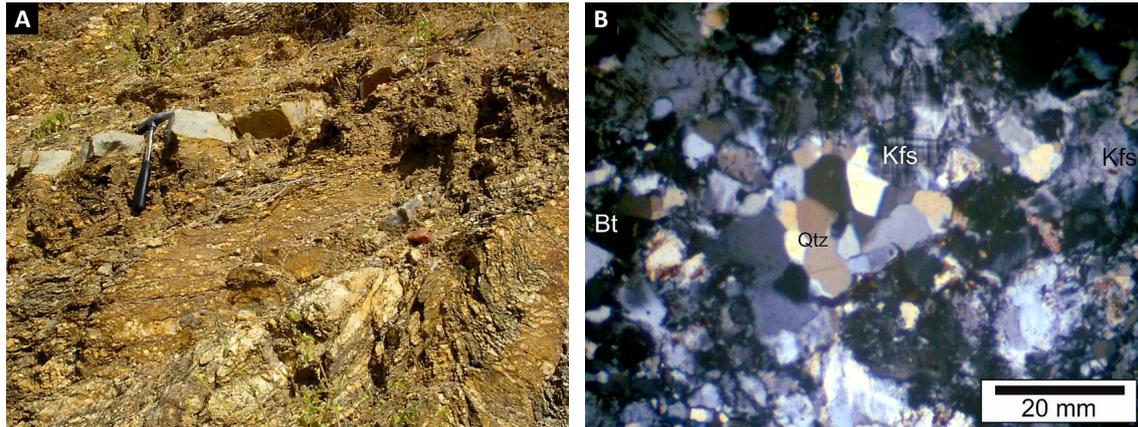


Figura 3.8 - Complexo Canindé do Ceará. (A) Biotita gnaiss migmatizado, deformado, cortado por rocha granítica cinza, foliada (UTM: 940287, 336280); (B) Biotita ortognaiss, de textura granoblástica, com biotita (Bt), quartzo (Qtz) poligonizado em torno de K-feldspatos (Kfs) em nicóis cruzados (UTM: 9403723, 337623).

A foliação milonítica definida pelo alongamento de cristais de plagioclásio e quartzo, presença de granada, que normalmente associam-se à biotita pardavermelhada, típica de alta temperatura metamórfica. Esta associação entre a biotita de alta temperatura e a granada indica metamorfismo de grau médio a alto (fácies anfíbolito).

3.5. COMPLEXO CEARÁ - UNIDADE INDEPENDÊNCIA (PRci)

Barreto (1967) introduziu o nome desta unidade, se referindo como “Grupo” Independência, em projeto executado para pesquisa de rutilo na região centro-oeste do Ceará.

Esta unidade aflora em meio às rochas do Complexo Canindé do Ceará (Figura 3.9). Dominantemente é constituída por rochas metassedimentares, de derivação pelíticas e semipelíticas, representados por gnaisses xistosos com biotita, muscovita, granada, cianita e sillimanita. São comuns intercalações de pequenos corpos lentiformes de anfíbolitos, geralmente de dimensões reduzidas, além de leitos quartzíticos (iq), de dimensões variadas, e de mármores calcíticos e dolomíticos (ica).

Os paragneisses xistosos (Figura 3.10A) apresentam migmatização incipiente, são de granulação fina a média, com foliação bem desenvolvida. São usuais dobras ptigmáticas pouco espessas e a intercalação de níveis félsicos quartzo-feldspáticos, nos quais porfiroclastos de feldspatos oclares de dimensões variadas, com faixas máficas, contendo principalmente biotita.

Em seção delgada, gnaisses paraderivados (Figura 3.10B) apresentam textura granolepidoblástica xenoblástica com porfiroblastos de granada pré a sin-cinemáticas, ou mais raramente, textura granoblástica xenoblástica. Essencialmente são compostos por quartzo, K-feldspato,

plagioclásio, granada, biotita, secundariamente por muscovita, fibrolita e cianita, e como acessórios ocorrem apatita, opacos (óxido de ferro e rutilo), zircão, ilmenita, turmalina e dumortierita. O metamorfismo é médio (fácies anfíbolito) a alto grau (fácies granulito), às vezes com indícios de retrometamorfismo. Ainda no contexto dos termos paraderivados, ocorrem cianita-biotita leptinitos com granada milonitizados e clinopiroxênio-plagioclásio-granada granulitos (metabásicas), que ao microscópio apresentam textura granoblástica bandada a milonítica e textura coronítica simplectítica. Tanto leptinitos como as metabásicas foram submetidos a metamorfismo em fácies granulitos. Clinopiroxênio-plagioclásio-granada granulito evidencia condições de altas temperaturas e pressões.

Na região central da folha aflora uma crista de quartzito (PRciq), quase contínua, que delinea uma forma em grande “V”, em contato tectônico com paragneisses migmatíticos do Complexo Canindé do Ceará. Dispostas de forma quase concordante ao quartzito ocorrem lentes de metacalcários com dimensões variadas.

Os mármores (metacalcários) são compactos e homogêneos, de granulação média. Variam tons claros com pontuações verde-claras, castanhas ou ainda escuras, devido à presença de opacos e finos níveis irregulares de sílica. Alguns são cataclásticos.

Associado aos mármores afloram blocos arredondados de rochas calciossilicáticas homogêneas, metamorfizadas em fácies xisto-verde.

Cavalcante *et al.* (2003) atribuíram idade proterozoica para a Unidade Independência. Uma idade de 772 Ma, obtida por Fetter (1999) em metarriolito, associado a rochas metassedimentares desta unidade, sugere idade deposicional neoproterozoica. Entretanto, neste projeto, atribuiu-se idade proterozoica para a Unidade Independência.

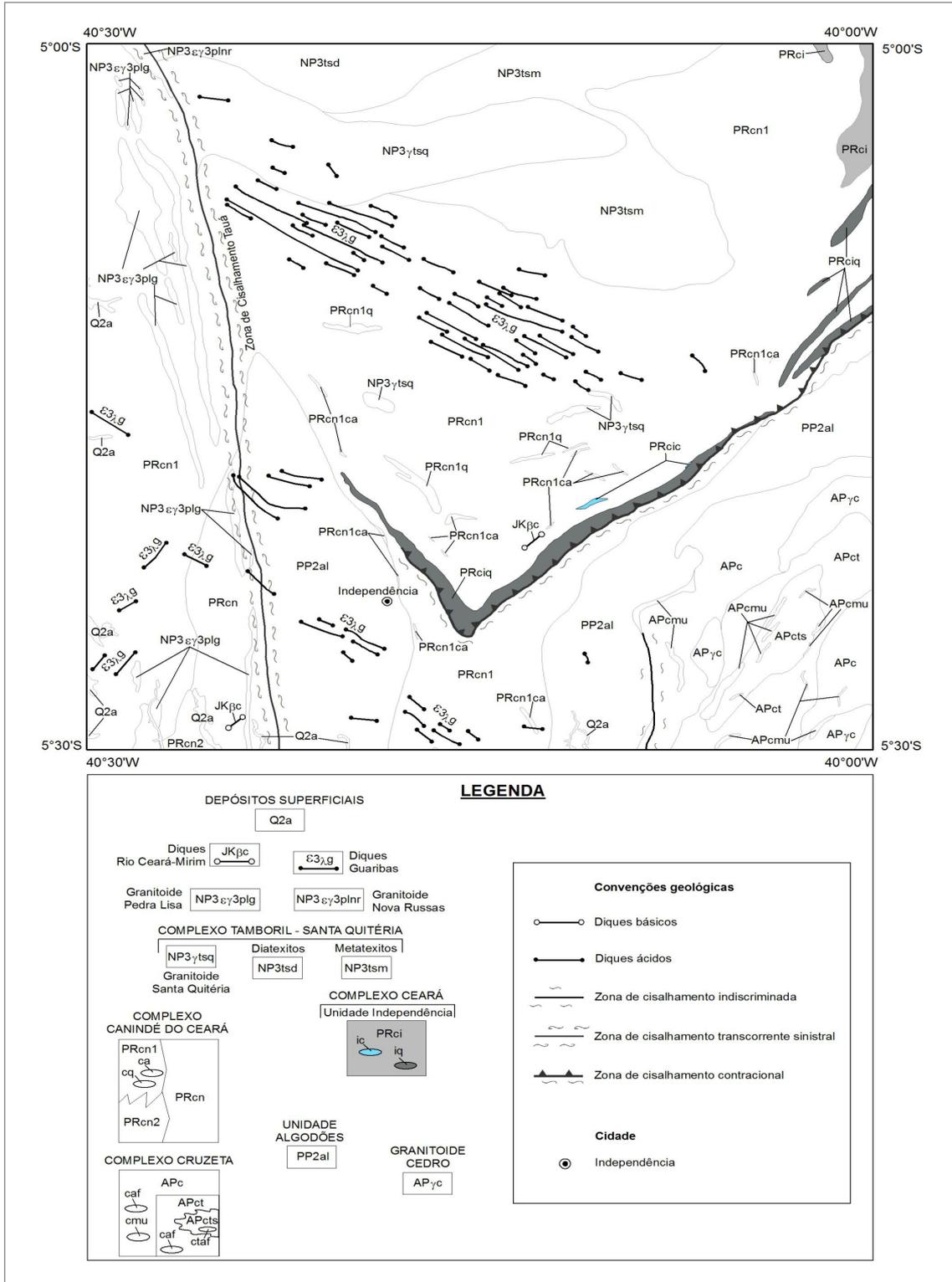


Figura 3.9 - Mapa geológico simplificado com destaque para o Complexo Ceará – Unidade Independência.

3.6. COMPLEXO TAMBORIL-SANTA QUITÉRIA

A denominação de “Complexo” Tamboril-Santa Quitéria se deve a proposta de Campos et al. (1976), que incluiu nesta unidade litotipos gnáissicos migmatíticos e migmatitos de estruturas diversas e granitoides variados, que afloram na localidade de Ematuba para norte.

As rochas deste complexo afloram, principalmente, na porção norte da área (Figura 3.11). O limite com o Complexo Canindé do Ceará é bem marcado pela zona de cisalhamento Tauá.

Seguindo a proposta de Torres et al. (2007), na área do projeto o complexo é representado pelas unidades Metatexitos, Diatexitos e Granitoide Santa Quitéria.

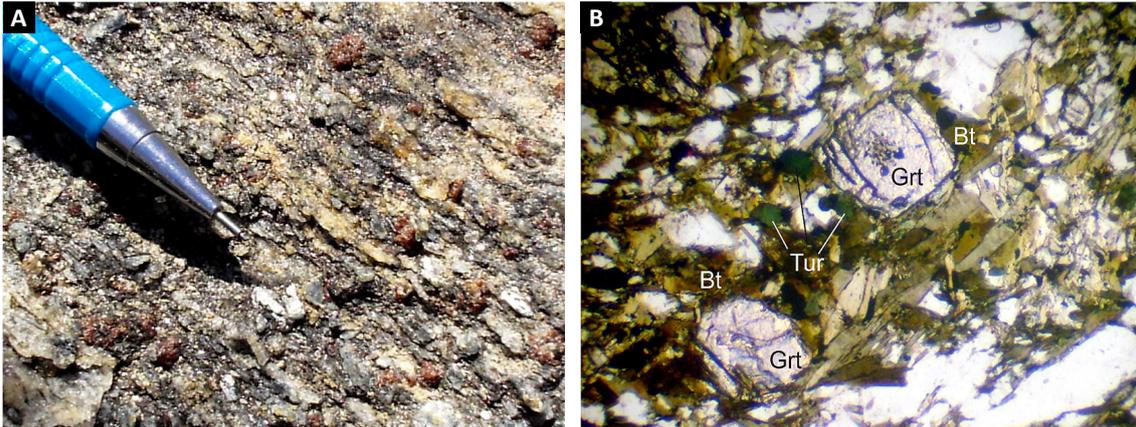


Figura 3.10 - Complexo Ceará – Unidade Independência. (A) Paragneisse com granada e cianita (UTM: 9393247, 362873); (B) Textura granolepidoblástica em gnaiss paraderivado, mostrando porfiroblastos de granada (Grt) associado a biotita (Bt) e turmalina (Tur) em nicóis cruzados (UTM: 9402596, 366270).

(i) Metatexitos (NP3t_{sm}) são rochas migmatíticas, contendo paleossoma ígneos e sedimentares, associados a lentes de quartzitos, mármore, rochas calciossilicáticas e anfibolitos. Localmente ocorrem faixas diatexiticas;

(ii) Diatexitos (NP3t_{sd}) são migmatitos diatexiticos de composições granítica, granodiorítica, quartzo monzonítica e quartzo sienítica, às vezes quartzo-feldspáticas, contendo enclaves de gnaisses com granada, anfibolitos e rochas calciossilicáticas, de formas e dimensões variadas; e

(iii) Granitoide Santa Quitéria (NP3y_{tsq}) são metagranitoides de coloração cinza clara com diversificação para tons rosados, porfiríticos (pórfiros de 5 a 10 cm de eixo maior), e de granulação de média a grossa. Apresentam aspectos de protocataclásicas, protomiloníticas a miloníticas, podendo exibir textura isotrópica. São de composição sienogranítica, monzogranítica, tonalítica, quartzo sienítica e quartzo monzonítica, contendo localmente diques sin-plutônicos e enclaves de composição diorítica. Em seção delgada apresentam textura de granular xenomórfica, granolepidoblástica e milonítica. Essencialmente são formados por K-feldspato, plagioclásio, quartzo e biotita, e minerais opacos (óxido de ferro e/ou magnetita), zircão, titanita, apatita e allanita formam os minerais acessórios mais frequentes. Sobressaem-se na matriz quartzo-feldspática porfiroclastos de K-feldspatos e de plagioclásios. São rochas submetidas a condições de metamorfismo em fácies anfibolito.

As rochas deste complexo estão frequentemente seccionadas por granitos e veios pegmatoides tardios de composição quartzo-feldspática.

A evolução do conjunto litológico do Complexo Tamboril-Santa Quitéria já foi atribuída ao Arqueano (CAMPOS *et al.*, 1976; CAVALCANTE *et al.*, 1983). No trabalho geocronológico de Fetter (1999) a concepção

mudou, indicando geração no Neoproterozoico e sugerindo que poderiam ser raízes de um arco magmático.

3.7. GRANITOIDES PEDRA LISA (NP3εγ3pl) E NOVA RUSSAS (NP3εγ3plnr)

Esta unidade agrupa os diversos corpos granitoides, de evolução intrusiva sin-tectônica, alojados ao longo da zona de cisalhamento Tauá (Figura 3.12), desenvolvida a partir da transição da tectônica tangencial para transcorrente do final do Ciclo Brasileiro (NEVES, 1991).

Ocorrem a cerca de 10 km a oeste de Independência, e geralmente afloram em forma de lajedos (Figura 3.13), formados por corpos alongados, e normalmente estreitos, estruturados em direção quase N-S, sob a influência da zona de cisalhamento Tauá. São metagranitoides de composições sienítica a quartzo diorítica e ortognaisses de composição granítica a granodiorítica, frequentemente porfiríticos, designados no extremo noroeste da área, como tipo Nova Russas (NP3εγ3plnr).

São classificados como metassienitos, metaquartzo dioritos e biotita ortognaisses, finamente foliados e de granulação fina a média. Apresentam coloração cinza clara com variações para tons esbranquiçadas a róseos. Ao microscópio metassienitos e quartzo dioritos apresentam, predominantemente, textura granoblástica a milonítica (Figura 3.14), sendo constituídos, essencialmente, por porfiroclastos de K-feldspato e plagioclásio, envoltos por quartzo e biotita deformados, ocasionalmente com hornblenda. A mineralogia acessória é zircão, opaco (óxido de ferro e/ou magnetita), apatita e titanita. Biotita ortognaisses apresentam textura granoblástica xenoblástica a granolepidoblástica xenoblástica. A mineralogia essencial é plagioclásio, K-feldspato, quartzo, biotita, e como acessórios apresenta titanita, opacos (ilmenita - hematita), apatita, zircão, muscovita, epidoto, monazita e allanita. São rochas metamorizadas em condições de fácies anfibolito.

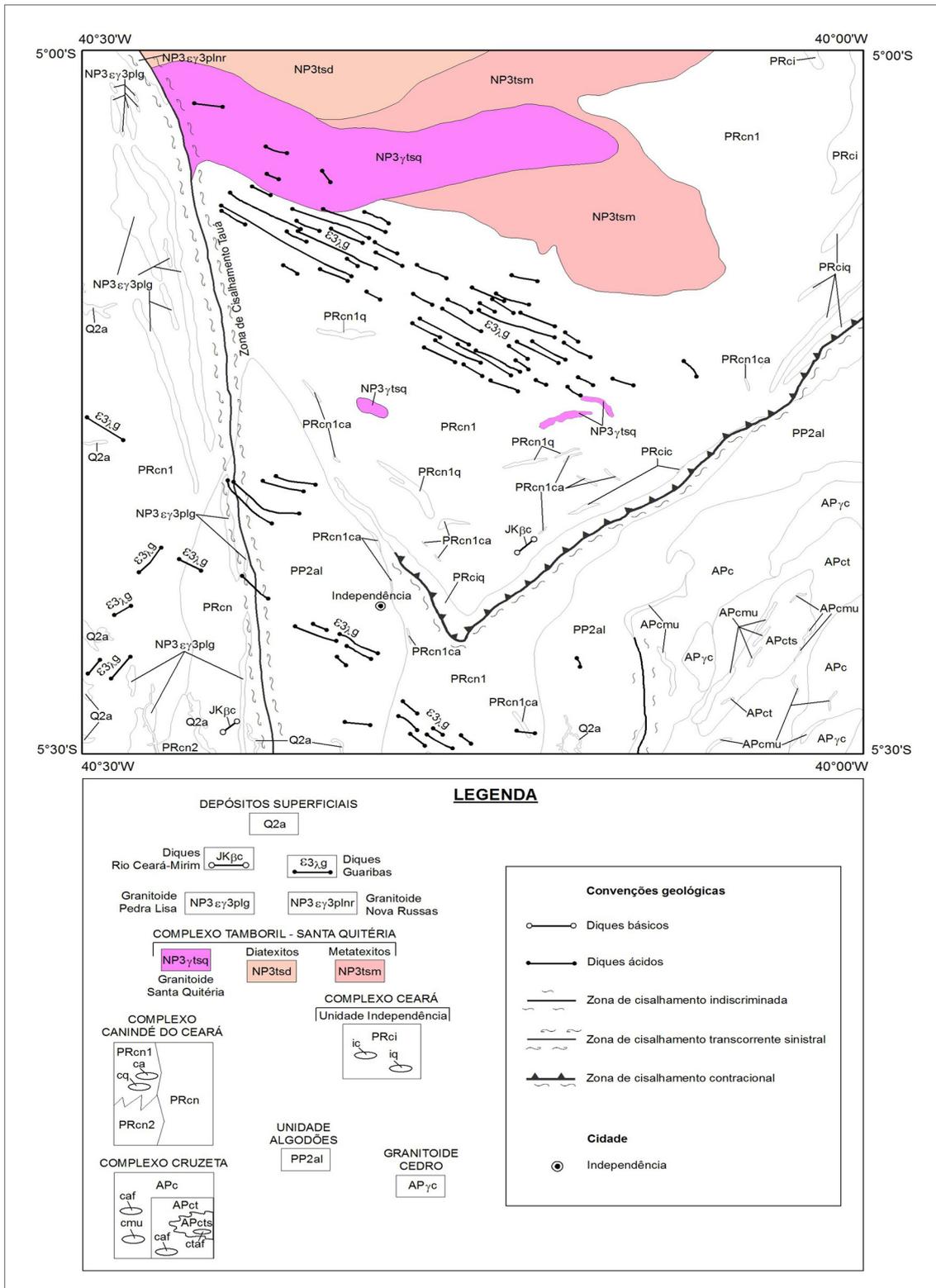


Figura 3.11 - Mapa geológico simplificado com destaque para o Complexo Tamboril-Santa Quitéria.

3.8. DIQUES GUARIBAS (ε3λg)

No mapa geológico do Ceará (CAVALCANTE *et al.*, 2003) estes diques são referenciados como Magmatitos Guaribas. Afloram na região central da folha e também no extremo sul, preferencialmente segundo a direção NW-SE.

Litologicamente são constituídos por riolitos, dacitos e traquitos, com tons rosados, acinzentados e esverdeados. Apresentam textura porfírica com fenocristais, geralmente de formas euédricas e subédricas, de plagioclásio, quartzo, biotita e hornblenda imersos em matriz muito fina formada por microlitos quartzo-feldspática.

3.9. DIQUES MÁFICOS RIO CEARÁ-MIRIM (JKBc)

A definição do termo Rio Ceará-Mirim foi introduzida por Gomes *et al.* (1981) para individualizar rochas de composição máfica toleítica, que ocorrem ao longo de falhas/fraturas de direção leste-oeste, nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, com extensão para o Ceará.

Na área, esta unidade é representada por dois diques, de direção NE-SW, situados a nordeste e a sudoeste de Independência (Figura 3.14). Estes corpos foram dimensionados a partir de imagem aeromagnetométrica e são constituídos por diabásios e, secundariamente, gabros.

Os Diques Máficos Rio Ceará-Mirim são considerados produtos da separação continental das placas sul-americana e africana, a partir do Jurássico. Segundo datações Ar-Ar de Araújo *et al.* (2001), este exame de diques tem uma variação temporal entre 143 – 110 Ma.

3.10. DEPÓSITOS SUPERFICIAIS CLÁSTICOS - ALUVIONARES E COLUVIONARES (Q2a)

São materiais recentes, mapeados nas porções leste e sudoeste da folha compostos por areias quartzo-feldspáticas, conglomeráticas ou não, com fragmentos de rochas como anfibolitos, *metachertes*, gnaisses, formações feríferas, veios de quartzo, além de cascalhos e argilas.

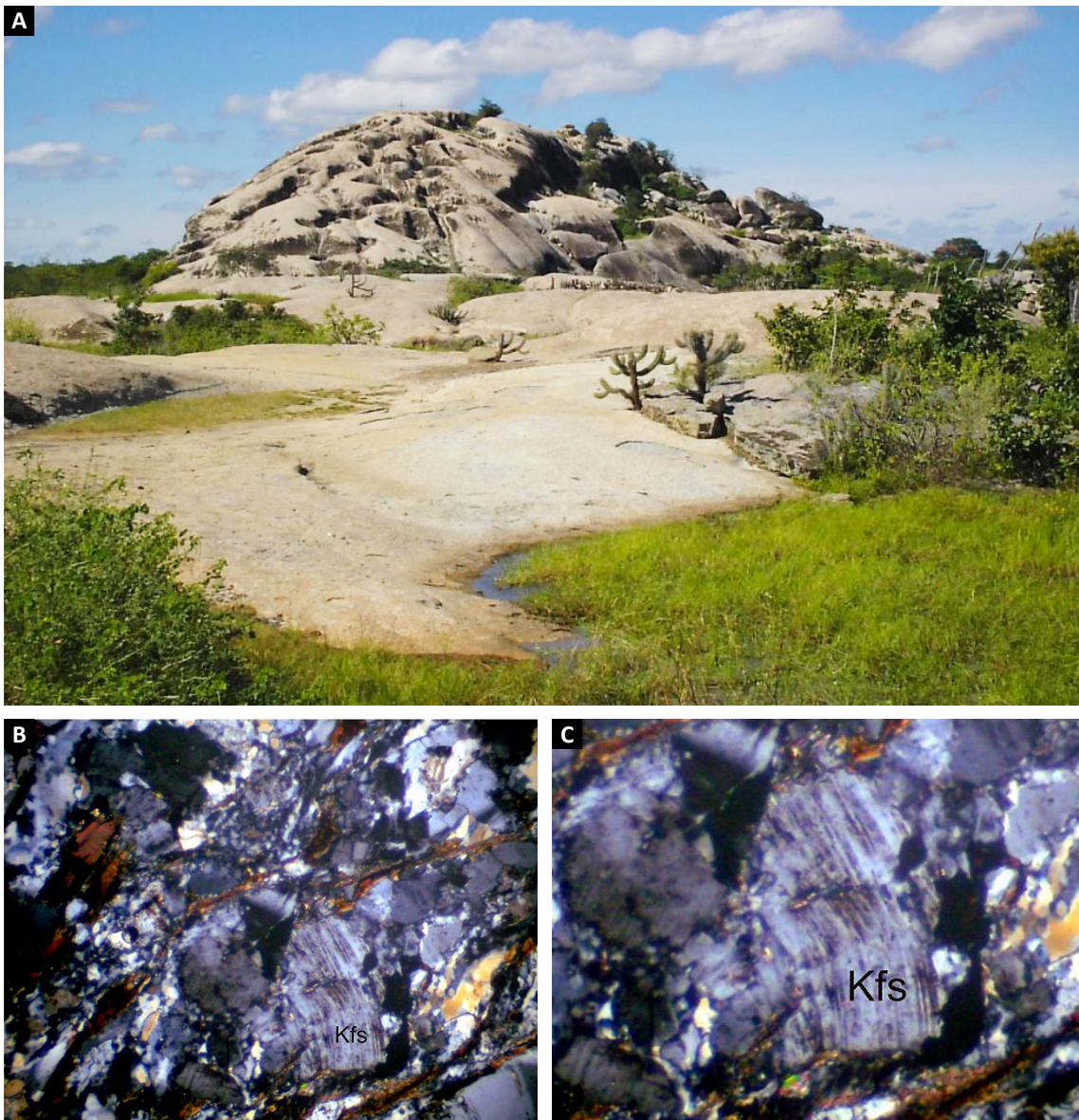


Figura 3.13 - Granitoide Pedra Lisa. (A) Forma de exposição de granitoide (UTM: 941652, 355473); (B) Textura milonítica em metagranitoide, contendo biotita (Bt), quartzo (Qtz), plagioclásio (Pl) e porfiroclasto de K-feldspato (Kfs) de maclas deformadas e com recristalização dinâmica em subgrãos em nicóis cruzados (UTM: 9396824, 345235); (C) Detalhe do porfiroclasto de K-feldspato (Kfs) de maclas deformadas.

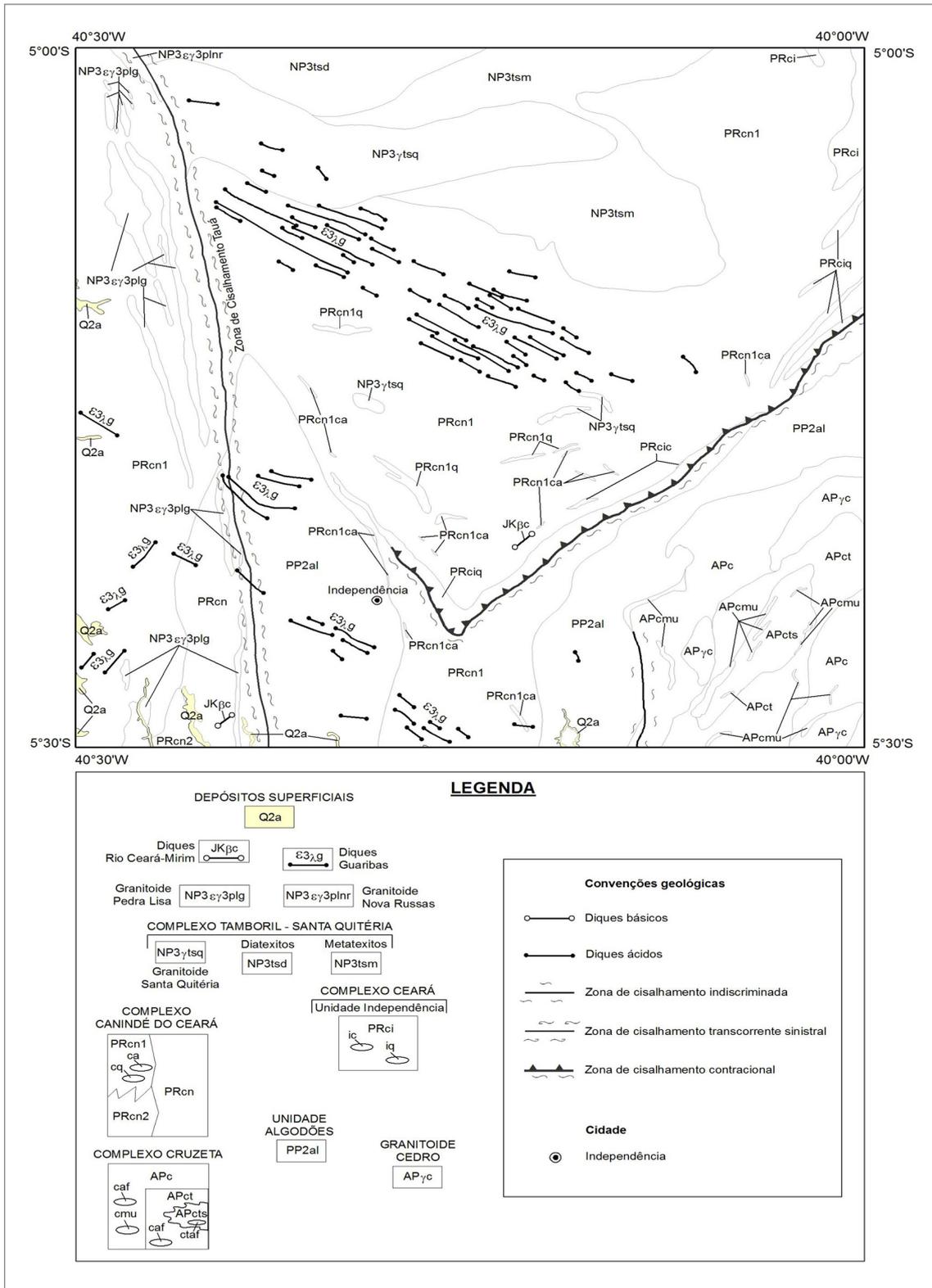


Figura 3.14 - Mapa geológico simplificado com destaque para os Diques Guaribas, Diques Máficos Rio Ceará-Mirim e Depósitos Superficiais Clásticos.

4. LITOGEOQUÍMICA

Para análise litoquímica de elementos maiores, menores e traço foram selecionadas 62 amostras de rochas ígneas, executadas pelo *Acme Analytical Laboratories Ltd* (Vancouver, Canadá). A abertura das amostras foi feita por fusão de tetraborato de Lítio, e posteriormente, os elementos maiores e menores foram medidos por ICP-ES (*Inductively Coupled Plasma-Emission Spectrometry*) e os elementos traço, incluindo elementos terras raras, foram medidos por ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*). Os resultados analíticos foram obtidos para rochas metamáficas/metaultramáficas (arqueanas e paleoproterozoicas), para granitoides/ortognaisses neoproterozoicos e ortognaisses paleoproterozoicos e arqueanos.

4.1. ROCHAS METAMÁFICAS E METAULTRAMÁFICAS (COMPLEXO CRUZETA)

Para o Complexo Cruzeta, as rochas máficas selecionadas para análise química (Tabela 4.1) são representadas por anfíbolitos (LF-339A e LF-03) e rochas metaultramáficas representadas por clorita-tremolita-xistos (LF-10) e actinolita-clorita-xistos (LF-297).

As rochas metaultramáficas apresentam valores de SiO₂ de 40,98 e 43,88 wt%, valores de MgO de 19,23 e 21,64 wt%, Ni (521 - 620 ppm) e Cr (1388 - 2004), enquanto que as rochas metamáficas apresentam variação de SiO₂ entre (48,94 - 54,36 wt%) e MgO de 3,14 a 18,09 wt% (Tabela 4.1).

Utilizando os diagramas de classificação, nota-se que as amostras se classificam como rochas subalcalinas (Figura 4.1A) e apresentam composição de basaltos subalcalinos a basaltos andesíticos, conforme o diagrama de Winchester e Floyd (1977) (Figura 4.1B).

No diagrama para distinção de komatiítos, basaltos de série toleítica e basaltos de série cálcio-alcalina (JENSEN, 1976), uma amostra dos anfíbolitos classifica-se como Fe-toleíticas e a outra com composição de basalto komatiítico, plotando junto com as rochas metaultramáficas (Figura 4.1 C).

No diagrama da Figura 4.1D proposto por Shervais (1982), nota-se que as rochas metamáficas e ultramáficas apresentam composição química semelhante à de basaltos de fundo oceânico (OFB=*Ocean Flood Basalts*).

No diagrama de Elementos Terras Raras normalizados ao condrito (Figura 4.2), as rochas metamáficas/ultramáficas apresentam em geral um padrão com um enriquecimento em ETRs leves. O padrão de inclinação nos

diagramas de ETRs também pode ser analisado quantitativamente pelo valor da razão (La/Yb)_n (Tabela 4.1), sendo que quanto maior o valor, mais inclinada é a curva, e mais fracionada é a rocha. No entanto, para uma amostra de anfíbolito (LF-03) do Complexo Cruzeta, o padrão de ETRs é praticamente plano (Figura 4.2), sem fracionamento entre ETRs leves e pesados, típico do padrão de rochas máficas toleíticas de dorsais meso-oceânicas (N-MORB).

4.2. ROCHAS METAPLUTÔNICAS

Para o estudo litogeoquímico das rochas metaplutônicas foram selecionadas amostras de ortognaisses e granitoides do Complexo Tamboril Santa - Quitéria e Granitoide Pedra Lisa (neoproterozoicos), ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará e da Unidade Algodões (paleoproterozoicos), e ortognaisses do Complexo Cruzeta e da Unidade Tróia (arqueanos/paleoproterozoicos) (Tabelas 4.2 a 4.6).

4.2.1. Ortognaisses do Complexo Cruzeta

No diagrama TAS (*Total Alkalies-Silica diagram*; Na₂O + K₂O wt% versus SiO₂ wt%), utilizando os campos de rochas plutônicas, segundo Wilson (1989) (Figura 4.3A), os ortognaisses do Complexo Cruzeta situam-se no campo para rochas subalcalinas (abaixo da curva em destaque). As amostras em geral apresentam composição granítica a granodiorítica, com maior representatividade no campo dos granodioritos (Figura 4.3A), assim como mostrado pela classificação no diagrama de Streckeisen (1976) (Figura 4.3B).

No diagrama An-Ab-Or (An=anortita, Ab=albita e Or=ortoclásio) (O'CONNOR, 1965) a maioria das amostras se classificam como granitos, enquanto que algumas amostras de ortognaisses do Complexo Cruzeta são classificadas como trondjemitos (Figura 4.3C), revelando uma afinidade do plutonismo arqueano-paleoproterozoico com magmatismo do tipo TTG.

O diagrama Na-K-Ca (Figura 4.3D) mostra tendência para séries cálcio-alcalina (CA) e trondjemítica (linhas em destaque) (BARKER; ARTH, 1976) e o campo dos trondjemitos (Tdh), segundo Martin (1994). Neste diagrama os corpos ígneos investigados apresentam tendência cálcio-alcalina, mostrando um enriquecimento em potássio (K) para seus termos mais evoluídos, ao contrário de uma tendência trondjemítica que evolui para o enriquecimento em sódio (Na).

Tabela 4.1 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para rochas metamáficas e metaultramáficas.

AMOSTRA	LF 297	LF 10	LF 443B	LF 336	LF 339A	LF 407	LF 03	LF 295
ROCHA	METAULTRAMÁFICA	METAULTRAMÁFICA	GRANULITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO
UNIDADE	CRUZETA	CRUZETA	CANINDÉ DO CEARÁ	TRÓIA	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA	ALGODÕES
Elementos Maiores (%)								
SiO ₂	40,98	43,88	48,94	50,15	51,02	52,79	52,99	54,36
TiO ₂	0,55	0,77	1,65	1,36	0,90	0,30	2,02	1,00
Al ₂ O ₃	9,86	8,66	15,09	13,84	8,80	3,10	13,55	15,03
Fe ₂ O ₃	13,44	13,32	14,78	15,02	9,17	11,73	14,41	12,62
MnO	0,20	0,17	0,22	0,21	0,17	0,25	0,16	0,20
MgO	21,64	19,23	6,15	6,45	11,92	18,09	3,14	4,11
CaO	6,35	7,49	10,29	9,07	13,49	10,72	9,08	8,39
Na ₂ O	0,24	0,24	2,27	2,58	1,89	0,59	2,83	2,60
K ₂ O	0,05	0,04	0,14	0,38	0,59	0,08	0,84	0,51
P ₂ O ₅	0,06	0,08	0,09	0,15	0,13	0,05	0,25	0,18
PF	5,90	5,30	0,10	0,50	1,50	1,90	0,50	0,80
Total	99,27	99,18	99,72	99,71	99,58	99,60	99,77	99,80
Elementos Traços (ppm)								
Ba	37,00	98,00	90,00	54,00	114,00	52,00	138,00	156,00
Be	<1	<1	1,00	<1	1,00	<1	1,00	<1
Co	111,60	102,50	44,90	57,20	48,40	72,90	37,40	35,60
Cs	0,30	<0,1	<0,1	0,10	0,20	<0,1	0,30	0,80
Ga	9,50	11,50	18,10	16,20	13,40	5,20	19,40	16,90
Hf	0,60	1,40	2,20	2,20	2,90	0,60	4,50	3,60
Nb	1,90	2,00	5,40	4,40	7,10	0,90	7,00	8,20
Rb	1,60	0,10	4,20	6,30	8,20	1,30	9,70	7,40
Sn	6,00	5,00	1,00	<1	2,00	<1	2,00	<1

Continua

Tabela 4.1 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para rochas metamáficas e metaultramáficas (continuação).

AMOSTRA	LF 297	LF 10	LF 443B	LF 336	LF 339A	LF 407	LF 03	LF 295
ROCHA	METAULTRAMÁFICA	METAULTRAMÁFICA	GRANULITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO
UNIDADE	CRUZETA	CRUZETA	CANINDÉ DO CEARÁ	TRÓIA	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA	ALGODÕES
Sr	35,80	24,20	71,70	232,30	375,10	49,40	267,30	139,90
Ta	<0,1	<0,1	0,40	0,30	0,70	0,10	0,40	0,60
Th	0,20	<0,2	0,40	0,70	3,00	0,50	1,30	0,60
U	<0,1	<0,1	0,10	0,10	0,80	0,10	0,50	0,30
V	155,00	229,00	363,00	333,00	220,00	173,00	363,00	198,00
W	2,30	31,40	<0,5	1,20	2,30	<0,5	0,60	1,00
Zr	22,80	42,80	68,20	84,20	94,40	20,70	163,80	129,00
Y	19,20	17,60	26,70	29,00	20,20	7,70	46,80	38,40
Cr	1388,95	2004,74	225,79	102,63	383,16	499,47	41,05	47,89
Sc	23,00	33,00	39,00	43,00	58,00	68,00	37,00	30,00
Mo	<0,1	<0,1	<0,1	0,20	0,10	<0,1	0,10	0,70
Cu	31,30	15,40	107,40	194,60	41,10	9,10	3,50	25,20
Pb	0,10	<0,1	0,50	0,40	1,20	0,30	0,60	0,40
Zn	37,00	25,00	10,00	32,00	10,00	12,00	25,00	38,00
Ni	521,00	620,60	21,70	45,50	37,20	17,30	15,70	33,50
As	4,30	446,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sb	<0,1	12,70	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bi	0,10	0,30	<0,1	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Au	<0,5	27,70	1,10	24,50	1,00	0,60	<0,5	0,80
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ti	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Se	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
C/total	0,03	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	<0,02	0,11

Continua

Tabela 4.1 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para rochas metamáficas e metaultramáficas (continuação).

AMOSTRA	LF 297	LF 10	LF 443B	LF 336	LF 339A	LF 407	LF 03	LF 295
ROCHA	METAULTRAMÁFICA	METAULTRAMÁFICA	GRANULITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO
UNIDADE	CRUZETA	CRUZETA	CANINDÉ DO CEARÁ	TRÓIA	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA	ALGODÕES
S/total	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02
Elementos Terras Raras (ppm)								
La	22,30	10,70	5,60	5,90	17,90	3,00	10,00	5,30
Ce	24,60	12,30	11,90	16,50	45,50	7,40	25,40	12,60
Pr	5,76	2,23	1,95	2,53	6,16	1,09	3,94	2,22
Nd	21,40	9,10	8,80	12,10	25,90	5,20	18,80	13,10
Sm	3,92	2,21	2,70	3,50	5,62	1,40	5,31	3,80
Eu	1,18	0,76	0,97	1,20	1,55	0,37	1,86	1,61
Gd	3,83	2,67	3,70	4,31	4,88	1,44	6,69	5,12
Tb	0,64	0,50	0,77	0,82	0,73	0,25	1,26	1,02
Dy	3,79	3,00	4,68	4,98	3,85	1,39	7,80	6,34
Ho	0,72	0,60	0,90	1,07	0,70	0,28	1,71	1,41
Er	1,72	1,74	2,79	3,02	1,98	0,74	5,03	4,23
Tm	0,28	0,26	0,42	0,48	0,30	0,12	0,79	0,70
Yb	1,75	1,47	2,58	2,95	1,74	0,79	4,67	4,43
Lu	0,25	0,21	0,38	0,47	0,26	0,11	0,72	0,69
∑ REE	92,14	47,75	48,14	59,83	117,07	23,58	93,98	62,57
(La/Yb) _n	1,37	0,78	0,23	0,21	1,10	0,41	0,23	0,13
Eu/Eu*	0,93	0,96	0,94	0,94	0,90	0,80	0,95	1,12

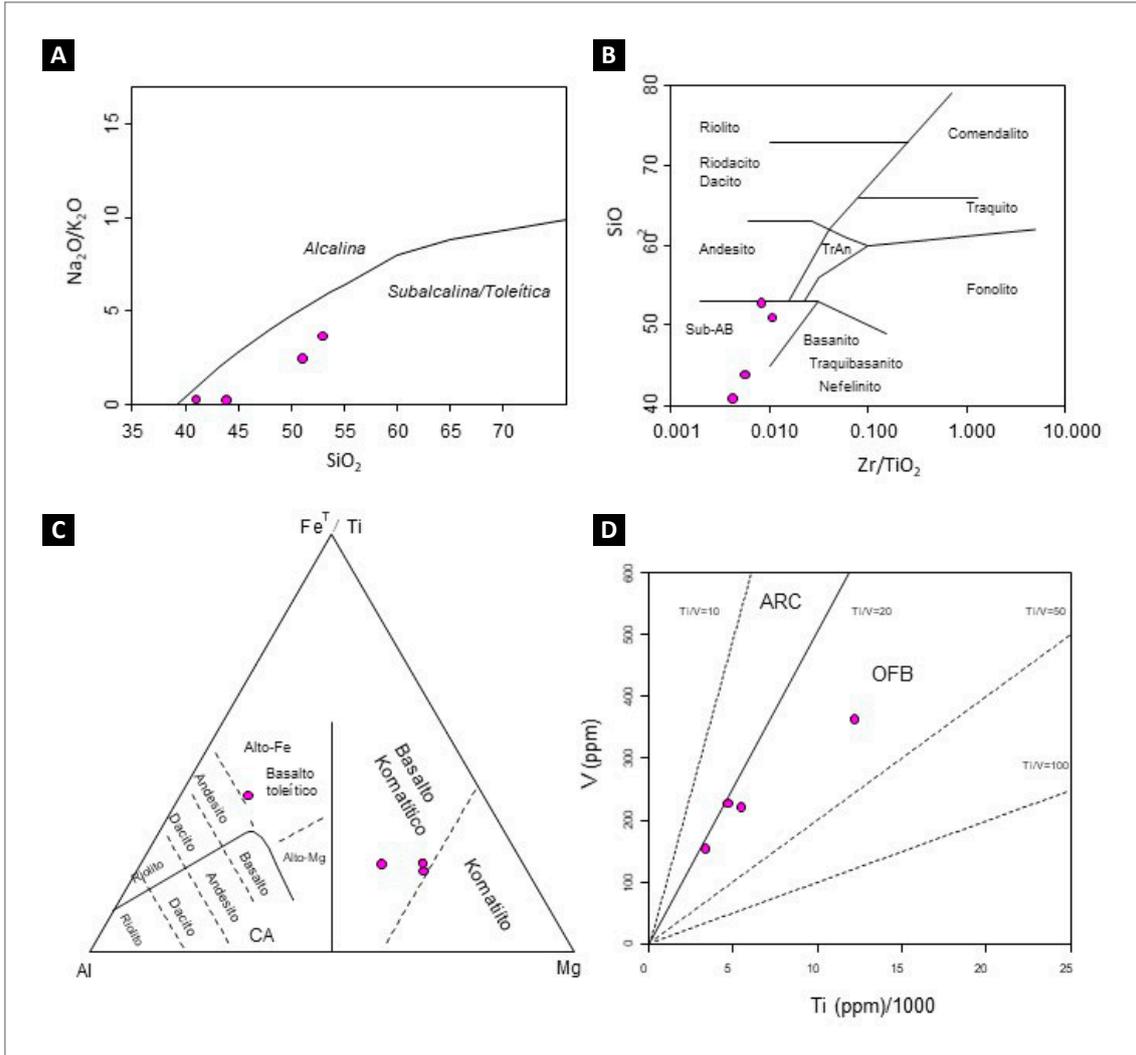


Figura 4.1 - Diagramas para a classificação das rochas metamáficas e metaluminadas do Complexo Cruzeta. (A) Diagrama TAS com curva para classificação de rochas alcalinas e subalcalinas (IRVINE; BARAGAR, 1971); (B) Diagrama para classificação de rochas ígneas (WINCHESTER; FLOYD, 1977); (C) Diagrama para distinção de séries toleíticas e cálcio-alcalinas (JENSEN, 1976); (D) Diagrama para distinção de basaltos de arco (ARC) para basaltos de fundo oceânico (OFB) (SHERVAIS, 1982).

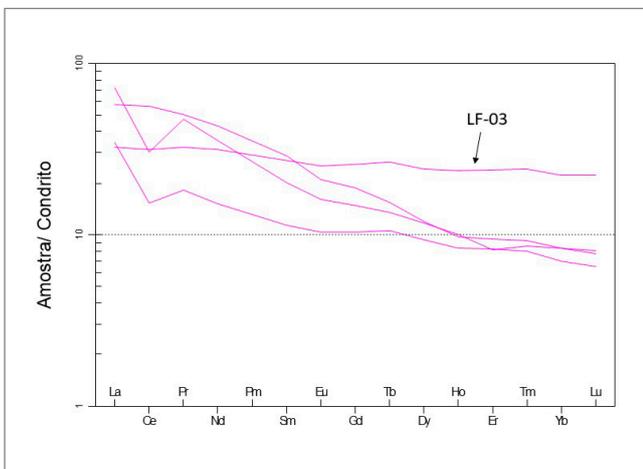


Figura 4.2 - Diagrama de elementos Terras Raras normalizados ao condrito para rochas máficas/ultramáficas do Complexo Cruzeta, segundo valores de normalização de Sun e McDonough (1989).

No entanto, nota-se que algumas amostras de ortogneisses do Complexo Cruzeta inserem-se no campo dos trondhjemitos definido por Martin (1994), evidenciando uma composição mais sódica para este magmatismo.

No diagrama proposto por Frost *et al.* (2001) para classificação de séries magmáticas (Figura 4.4A), as amostras apresentam variações entre os campos de rochas cálcio-alcalinas e álcali-cálcicas, com maior tendência para rochas cálcio-alcalinas. No diagrama K_2O versus SiO_2 (Figura 4.4B) as amostras do Complexo Cruzeta são classificadas na série de rochas cálcio-alcalinas de médio- a alto-K.

No diagrama de K_2O versus Na_2O (Figura 4.4C) para a distinção entre granitos gerados a partir da fusão parcial de fonte ígnea (Tipo-I) ou fonte sedimentar (Tipo-S) (CHAPPEL; WHITE 2001), nota-se que no geral as amostras do Complexo Cruzeta são classificadas como granitoide do tipo-I, com algumas rochas inserindo-se no campo de granitoides Tipo-S.

Tabela 4.2 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para granitoides do Complexo Tamboril – Santa Quitéria (Neoproterozoico).

AMOSTRA	LF 297	LF 10	LF 443B	LF 336	LF 339A	LF 407	LF 03	LF 295
ROCHA	METAULTRAMÁFICA	METAULTRAMÁFICA	GRANULITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO
UNIDADE	CRUZETA	CRUZETA	CANINDÉ DO CEARÁ	TRÓIA	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA	ALGODÕES
ELEMENTOS MAIORES (%)								
SiO ₂	40,98	43,88	48,94	50,15	51,02	52,79	52,99	54,36
TiO ₂	0,55	0,77	1,65	1,36	0,90	0,30	2,02	1,00
Al ₂ O ₃	9,86	8,66	15,09	13,84	8,80	3,10	13,55	15,03
Fe ₂ O ₃	13,44	13,32	14,78	15,02	9,17	11,73	14,41	12,62
MnO	0,20	0,17	0,22	0,21	0,17	0,25	0,16	0,20
MgO	21,64	19,23	6,15	6,45	11,92	18,09	3,14	4,11
CaO	6,35	7,49	10,29	9,07	13,49	10,72	9,08	8,39
Na ₂ O	0,24	0,24	2,27	2,58	1,89	0,59	2,83	2,60
K ₂ O	0,05	0,04	0,14	0,38	0,59	0,08	0,84	0,51
P ₂ O ₅	0,06	0,08	0,09	0,15	0,13	0,05	0,25	0,18
PF	5,90	5,30	0,10	0,50	1,50	1,90	0,50	0,80
Total	99,27	99,18	99,72	99,71	99,58	99,60	99,77	99,80
Elementos Traços (ppm)								
Ba	37,00	98,00	90,00	54,00	114,00	52,00	138,00	156,00
Be	<1	<1	1,00	<1	1,00	<1	1,00	<1
Co	111,60	102,50	44,90	57,20	48,40	72,90	37,40	35,60
Cs	0,30	<0,1	<0,1	0,10	0,20	<0,1	0,30	0,80
Ga	9,50	11,50	18,10	16,20	13,40	5,20	19,40	16,90
Hf	0,60	1,40	2,20	2,20	2,90	0,60	4,50	3,60
Nb	1,90	2,00	5,40	4,40	7,10	0,90	7,00	8,20
Rb	1,60	0,10	4,20	6,30	8,20	1,30	9,70	7,40
Sn	6,00	5,00	1,00	<1	2,00	<1	2,00	<1

Continua

Tabela 4.2 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para granitoides do Complexo Tamboril – Santa Quitéria (Neoproterozoico) (continuação).

AMOSTRA	LF 297	LF 10	LF 443B	LF 336	LF 339A	LF 407	LF 03	LF 295
ROCHA	METAULTRAMÁFICA	METAULTRAMÁFICA	GRANULITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO
UNIDADE	CRUZETA	CRUZETA	CANINDÉ DO CEARÁ	TRÓIA	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA	ALGODÕES
ELEMENTOS MAIORES (%)								
Sr	35,80	24,20	71,70	232,30	375,10	49,40	267,30	139,90
Ta	<0,1	<0,1	0,40	0,30	0,70	0,10	0,40	0,60
Th	0,20	<0,2	0,40	0,70	3,00	0,50	1,30	0,60
U	<0,1	<0,1	0,10	0,10	0,80	0,10	0,50	0,30
V	155,00	229,00	363,00	333,00	220,00	173,00	363,00	198,00
W	2,30	31,40	<0,5	1,20	2,30	<0,5	0,60	1,00
Zr	22,80	42,80	68,20	84,20	94,40	20,70	163,80	129,00
Y	19,20	17,60	26,70	29,00	20,20	7,70	46,80	38,40
Cr	1388,95	2004,74	225,79	102,63	383,16	499,47	41,05	47,89
Sc	23,00	33,00	39,00	43,00	58,00	68,00	37,00	30,00
Mo	<0,1	<0,1	<0,1	0,20	0,10	<0,1	0,10	0,70
Cu	31,30	15,40	107,40	194,60	41,10	9,10	3,50	25,20
Pb	0,10	<0,1	0,50	0,40	1,20	0,30	0,60	0,40
Zn	37,00	25,00	10,00	32,00	10,00	12,00	25,00	38,00
Ni	521,00	620,60	21,70	45,50	37,20	17,30	15,70	33,50
As	4,30	446,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sb	<0,1	12,70	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bi	0,10	0,30	<0,1	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Au	<0,5	27,70	1,10	24,50	1,00	0,60	<0,5	0,80
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ti	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Se	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Continua

Tabela 4.2 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para granitoides do Complexo Tamboril – Santa Quitéria (Neoproterozoico) (continuação).

AMOSTRA	LF 297	LF 10	LF 443B	LF 336	LF 339A	LF 407	LF 03	LF 295
ROCHA	METAULTRAMÁFICA	METAULTRAMÁFICA	GRANULITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO	ANFIBOLITO
UNIDADE	CRUZETA	CRUZETA	CANINDÉ DO CEARÁ	TRÓIA	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA	ALGODÕES
ELEMENTOS MAIORES (%)								
C/total	0,03	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	<0,02	0,11
S/total	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02
Elementos Terras Raras (ppm)								
La	22,30	10,70	5,60	5,90	17,90	3,00	10,00	5,30
Ce	24,60	12,30	11,90	16,50	45,50	7,40	25,40	12,60
Pr	5,76	2,23	1,95	2,53	6,16	1,09	3,94	2,22
Nd	21,40	9,10	8,80	12,10	25,90	5,20	18,80	13,10
Sm	3,92	2,21	2,70	3,50	5,62	1,40	5,31	3,80
Eu	1,18	0,76	0,97	1,20	1,55	0,37	1,86	1,61
Gd	3,83	2,67	3,70	4,31	4,88	1,44	6,69	5,12
Tb	0,64	0,50	0,77	0,82	0,73	0,25	1,26	1,02
Dy	3,79	3,00	4,68	4,98	3,85	1,39	7,80	6,34
Ho	0,72	0,60	0,90	1,07	0,70	0,28	1,71	1,41
Er	1,72	1,74	2,79	3,02	1,98	0,74	5,03	4,23
Tm	0,28	0,26	0,42	0,48	0,30	0,12	0,79	0,70
Yb	1,75	1,47	2,58	2,95	1,74	0,79	4,67	4,43
Lu	0,25	0,21	0,38	0,47	0,26	0,11	0,72	0,69
∑ REE	92,14	47,75	48,14	59,83	117,07	23,58	93,98	62,57
(La/Yb) _n	1,37	0,78	0,23	0,21	1,10	0,41	0,23	0,13
Eu/Eu*	0,93	0,96	0,94	0,94	0,90	0,80	0,95	1,12

Tabela 4.3 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para rochas do Granitoide Pedra Lisa (Neoproterozoico).

AMOSTRA	LF 160A	LF 231	LF 212A	LF 229	LF 157C
ROCHA	GRANITOIDE	GRANITOIDE	GRANITOIDE	GRANITOIDE	GRANITOIDE
UNIDADE	PEDRA LISA				
Elementos Maiores (%)					
SiO ₂	62,72	63,80	71,97	72,02	72,13
TiO ₂	0,62	0,61	0,25	0,31	0,18
Al ₂ O ₃	17,24	16,64	14,27	14,43	14,11
Fe ₂ O ₃	4,12	3,76	1,86	2,17	1,47
MnO	0,06	0,07	0,03	0,04	0,02
MgO	2,07	2,13	0,98	0,49	0,54
CaO	3,94	3,74	1,58	1,66	0,88
Na ₂ O	4,89	4,77	3,41	4,01	2,52
K ₂ O	2,69	2,95	4,80	3,91	6,87
P ₂ O ₅	0,31	0,30	0,10	0,10	0,08
PF	0,80	0,70	0,50	0,50	0,70
Total	99,46	99,47	99,75	99,64	99,50
Elementos Traços (ppm)					
Ba	2442,00	2260,00	1350,00	2031,00	3495,00
Be	2,00	2,00	2,00	2,00	0,90
Co	11,90	11,50	4,20	4,10	3,00
Cs	0,70	1,20	1,60	0,60	0,90
Ga	20,80	20,90	16,00	18,90	14,30
Hf	5,30	3,90	4,10	5,80	3,50
Nb	7,90	9,90	3,90	9,30	4,60
Rb	52,00	59,40	114,90	75,70	99,70
Sn	0,90	1,00	2,00	1,00	0,90
Sr	1538,00	1651,00	494,40	405,00	621,70
Ta	0,50	0,70	0,30	0,70	0,20
Th	4,20	4,00	14,40	5,00	5,50
U	0,80	1,10	3,80	0,90	0,50
V	44,00	48,00	19,00	15,00	20,00
W	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Zr	196,90	160,80	140,30	210,80	133,90
Y	10,70	20,20	6,80	21,00	7,40
Cr	27,37	41,05	13,00	13,00	13,00
Sc	7,00	8,00	4,00	3,00	2,00
Mo	0,09	0,09	0,70	0,09	2,30
Cu	11,90	14,40	10,70	5,70	6,50
Pb	2,80	3,80	8,00	3,90	11,50
Zn	62,00	53,00	34,00	53,00	21,00
Ni	19,40	23,40	7,00	3,30	3,50
As	0,49	0,49	0,49	0,49	1,00
Cd	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Sb	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09

Continua

Tabela 4.3 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para rochas do Granitoide Pedra Lisa (Neoproterozoico) (continuação).

AMOSTRA	LF 160A	LF 231	LF 212A	LF 229	LF 157C
ROCHA	GRANITOIDE	GRANITOIDE	GRANITOIDE	GRANITOIDE	GRANITOIDE
UNIDADE	PEDRA LISA				
Bi	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Ag	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Au	0,60	0,49	0,49	0,49	0,49
Hg	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ti	0,30	0,30	0,40	0,30	0,20
Se	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
C/tot	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
S/tot	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Elementos Terras Raras (ppm)					
La	41,40	39,50	36,80	116,00	25,80
Ce	80,90	79,00	71,40	168,30	54,20
Pr	9,74	9,95	8,18	21,33	6,45
Nd	33,70	39,20	27,20	68,10	21,20
Sm	5,20	7,88	4,29	9,04	2,90
Eu	1,38	1,85	0,92	1,75	1,15
Gd	3,78	6,06	3,12	6,72	2,19
Tb	0,46	0,88	0,34	0,79	0,26
Dy	2,15	4,23	1,52	3,66	1,47
Ho	0,38	0,77	0,23	0,67	0,25
Er	0,89	1,87	0,44	1,54	0,69
Tm	0,13	0,26	0,08	0,22	0,12
Yb	0,83	1,40	0,41	1,28	0,67
Lu	0,13	0,18	0,07	0,16	0,11
∑ REE	181,07	193,03	155,00	399,56	117,46
(La/Yb) _n	5,35	3,02	9,62	9,71	4,13
Eu/Eu*	0,95	0,82	0,77	0,69	1,40

As relações moleculares de $Al_2O_3 / (Na_2O + K_2O)$ versus $Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O)$, conhecidas como ASI (*Alkali Saturation Index* = Índice de Saturação de Álcalis) (Figura 4.4D), classificam as amostras em relação a saturação de álcalis e alumínio (MANIAR; PICCOLI, 1989). Neste diagrama observa-se que as amostras de ortognaisses do Complexo Cruzeta são levemente peraluminosas a metaluminosas.

Nos diagramas de Pearce *et al.* (1984) (Figuras 4.5A e B), que são frequentemente utilizados na literatura para distinção do ambiente tectônico de rochas graníticas, as amostras de ortognaisses do Complexo Cruzeta inserem-se no campo para rochas de arco vulcânico e algumas amostras no campo de granitoides intra-placa (Figuras 4.5A e B), embora também possam representar rochas de ambiente pós-colisional como mostra a Figura 4.5A. No entanto, sabemos que é difícil classificar rochas ígneas de acordo com ambientes tectônicos com base somente

em diagramas geoquímicos, uma vez que a abundância de elementos maiores e traços destas rochas dependem de vários fatores petrogenéticos.

Nos diagramas de Elementos Terras Raras (ETRs) normalizados ao condrito, nota-se que os ortognaisses do Complexo Cruzeta apresentam um padrão fracionado, com enriquecimento em ETRs leves e em geral com anomalia negativa de Eu (Figura 4.6E).

Nos diagramas de multielementos normalizados pelo manto primitivo (Figura 4.7E) os ortognaisses da Unidade Troia mostram anomalias negativa de Nb e Ti, o que é um fato comum para muitos corpos ígneos da crosta continental. O Nb e o Ti provavelmente são retidos na fonte por minerais como rutilo e/ou ilmenita que apresentam coeficiente de partição alto para estes elementos. Anomalias positivas e negativas de Sr também são observadas no diagrama (Figura 4.7).

Tabela 4.4 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para ortognaisses da Complexo Canindé do Ceará (Paleoproterozoico).

AMOSTRA	LF 293C	LF 418	LF 292	LF 449	LF 235	LF 78	LF 327	LF 19	LF 321	LF 286	LF 292A	LF 238	LF 24
ROCHA	GRANIT.	GRANIT.	GRANIT.	ORTOGN.	GRANIT.	GRANIT.	ORTOGN.	GRANIT.	ORTOGN.	ORTOGN.	GRANIT.	GRANIT.	GRANIT.
UNIDADE	CANINDÉ DO CEARÁ												
Elementos Maiores (%)													
SiO ₂	66,75	67,22	67,36	68,00	68,83	68,94	70,05	71,84	72,10	73,51	74,36	74,78	76,69
TiO ₂	0,66	0,38	0,58	0,72	0,36	0,28	0,44	0,31	0,23	0,14	0,33	0,19	0,09
Al ₂ O ₃	14,33	15,97	15,92	14,84	15,42	15,33	14,89	13,77	14,06	14,30	12,18	12,77	11,91
Fe ₂ O ₃	5,52	3,41	4,10	4,18	3,23	2,43	3,12	2,62	3,05	1,17	3,75	1,93	1,84
MnO	0,10	0,04	0,07	0,05	0,06	0,04	0,05	0,03	0,03	0,02	0,06	0,02	0,02
MgO	2,21	1,14	0,94	0,95	1,39	0,56	1,11	0,41	0,59	0,35	0,72	0,28	0,11
CaO	2,39	2,75	2,54	1,97	3,07	1,10	2,06	1,15	0,85	1,07	1,18	0,85	0,27
Na ₂ O	3,38	4,42	4,22	2,89	4,45	3,81	3,90	2,65	1,69	3,68	2,65	3,15	3,20
K ₂ O	3,52	3,27	3,11	5,14	2,36	5,70	3,73	5,91	6,35	5,09	3,85	5,46	5,27
P ₂ O ₅	0,11	0,23	0,24	0,21	0,18	0,20	0,16	0,17	0,07	0,05	0,06	0,03	<0,001
PF	0,80	0,90	0,70	0,70	0,50	1,30	0,30	0,80	0,70	0,50	0,60	0,40	0,50
Total	99,77	99,73	99,78	99,65	99,85	99,69	99,81	99,66	99,72	99,88	99,74	99,86	99,90
Elementos Traços (ppm)													
Ba	632,00	897,00	931,00	1028,00	448,00	1012,00	629,00	1617,00	1695,00	748,00	1600,00	601,00	54,00
Be	3,00	1,00	2,00	2,00	4,00	9,00	8,00	<1	<1	<1	0,90	0,90	4,00
Co	15,50	7,00	8,40	6,60	8,80	3,90	6,90	2,90	5,80	1,90	6,10	2,00	1,90
Cs	4,80	2,90	1,90	2,10	2,90	8,30	8,60	1,30	1,10	2,30	1,60	1,10	0,70
Ga	18,90	17,00	18,50	22,50	18,20	23,60	21,90	15,20	15,10	18,10	13,50	20,00	25,50
Hf	4,90	6,10	5,60	15,20	3,00	8,80	4,40	8,30	3,80	3,30	7,10	7,10	9,40
Nb	16,60	5,90	7,90	23,50	5,90	36,20	10,30	6,70	5,50	4,90	4,80	5,90	132,40
Rb	146,10	100,40	82,30	256,10	65,90	317,70	201,70	162,10	121,00	183,90	68,60	138,70	219,50
Sn	3,00	2,00	0,90	<1	4,00	10,00	5,00	2,00	1,00	<1	2,00	0,90	13,00
Sr	248,40	448,90	352,80	223,90	576,00	449,40	320,90	294,50	327,30	213,80	265,30	89,90	20,70
Ta	0,70	0,40	0,30	1,00	0,60	2,10	0,70	0,20	0,20	0,40	0,20	0,20	9,10

Continua

Tabela 4.4 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para ortognaisses da Complexo Canindé do Ceará (Paleoproterozoico) (continuação).

AMOSTRA	LF 293C	LF 418	LF 292	LF 449	LF 235	LF 78	LF 327	LF 19	LF 321	LF 286	LF 292A	LF 238	LF 24
ROCHA	GRANIT.	GRANIT.	GRANIT.	ORTOGN.	GRANIT.	GRANIT.	ORTOGN.	GRANIT.	ORTOGN.	ORTOGN.	GRANIT.	GRANIT.	GRANIT.
UNIDADE	CANINDÉ DO CEARÁ												
Th	12,90	19,10	8,10	56,20	7,10	55,70	11,40	32,40	35,10	16,50	12,30	11,10	30,50
U	1,00	1,20	1,00	3,20	1,30	8,60	1,20	1,70	2,40	2,50	0,70	0,80	4,20
V	98,00	38,00	36,00	31,00	36,00	25,00	47,00	18,00	25,00	<8	30,00	7,00	<8
W	5,90	0,60	0,49	1,10	0,90	15,80	1,30	3,30	<0,5	<0,5	0,49	0,49	1,40
Zr	169,80	252,10	220,00	570,70	102,70	268,60	160,70	288,50	139,80	99,70	225,00	252,10	200,90
Y	11,80	9,60	11,70	23,20	24,90	18,00	7,80	11,50	13,00	5,80	6,10	23,50	59,60
Cr	75,26	<14,00	34,21	27,37	13,68	20,53	27,37	<14,00	<14,00	<14	13,68	13,00	13,68
Sc			6,00	7,00	6,00	4,00	5,00	3,00	5,00	2,00	6,00	4,00	<1
Mo	1,90	<0,1	0,20	0,40	0,40	0,50	<0,1	0,70	0,20	0,10	0,10	0,40	0,40
Cu	39,70	29,50	6,70	6,50	2,50	5,70	5,10	1,40	3,60	1,80	12,30	7,40	6,00
Pb	3,30	4,80	1,80	8,40	1,50	20,00	5,10	6,50	8,60	7,40	3,50	3,80	5,00
Zn	67,00	50,00	56,00	91,00	51,00	55,00	54,00	35,00	34,00	28,00	60,00	66,00	26,00
Ni	43,80	3,40	2,90	5,70	13,10	7,00	14,30	3,00	6,00	2,60	15,30	4,90	0,90
As	<0,5	<0,5	0,49	<0,5	0,49	<0,5	<0,5	1,40	<0,5	<0,5	0,49	0,49	0,80
Cd	<0,1	<0,1	0,09	<0,1	0,09	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,09	0,09	<0,1
Sb	<0,1	<0,1	0,09	<0,1	0,09	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,09	0,09	<0,1
Bi	<0,1	<0,1	0,09	<0,1	0,09	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,09	0,09	0,20
Ag	<0,1	<0,1	0,09	<0,1	0,09	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,09	0,09	<0,1
Au	<0,5	<0,5	0,49	<0,5	0,60	2,40	0,90	<0,5	1,90	<0,5	0,49	5,80	7,80
Hg	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01
Ti	0,60	0,50	0,20	1,00	0,20	0,80	0,70	0,30	0,20	0,30	0,10	0,40	<0,1
Se	<0,5	<0,5	0,49	<0,5	0,49	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,49	0,49	1,10
C/tot	0,09	0,04	0,02	<0,02	0,02	0,05	0,04	0,04	0,03	<0,02	0,03	0,06	<0,02

Continua

Tabela 4.4 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para ortognaisses da Complexo Canindé do Ceará (Paleoproterozoico) (continuação).

AMOSTRA	LF 293C	LF 418	LF 292	LF 449	LF 235	LF 78	LF 327	LF 19	LF 321	LF 286	LF 292A	LF 238	LF 24
ROCHA	GRANIT.	GRANIT.	GRANIT.	ORTOGN.	GRANIT.	GRANIT.	ORTOGN.	GRANIT.	ORTOGN.	ORTOGN.	GRANIT.	GRANIT.	GRANIT.
UNIDADE	CANINDÉ DO CEARÁ												
S/tot	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,02	<0,02
Elem.Terras Raras (ppm)													
La	35,80	77,20	32,30	132,80	46,30	53,60	37,20	116,70	35,40	34,00	25,10	81,90	39,90
Ce	72,60	139,60	64,60	288,40	78,00	104,80	68,20	232,20	108,60	55,30	50,30	147,20	122,70
Pr	8,00	16,81	8,00	36,38	9,66	11,76	7,80	26,39	10,00	6,92	6,24	17,81	9,89
Nd	29,10	56,30	27,50	130,90	32,50	40,30	27,90	83,90	38,00	21,40	23,70	61,30	32,40
Sm	4,89	6,81	5,06	18,64	4,61	7,05	4,54	11,59	7,02	3,52	4,48	9,43	7,34
Eu	0,98	0,97	1,37	1,29	1,10	1,21	0,85	1,21	0,90	0,64	1,14	0,52	0,13
Gd	3,55	4,78	4,17	12,99	3,76	4,64	3,02	6,02	5,02	2,39	3,62	7,62	7,90
Tb	0,51	0,46	0,53	1,19	0,57	0,71	0,44	0,69	0,67	0,27	0,41	0,89	1,70
Dy	2,45	1,92	2,45	4,98	3,17	3,17	1,83	2,65	2,89	1,18	1,52	4,00	10,75
Ho	0,42	0,31	0,41	0,73	0,67	0,57	0,28	0,38	0,45	0,17	0,23	0,70	2,35
Er	1,08	0,86	1,05	1,94	2,10	1,43	0,61	1,03	1,03	0,43	0,48	1,68	6,45
Tm	0,17	0,12	0,15	0,26	0,38	0,21	0,08	0,15	0,15	0,07	0,08	0,23	1,09
Yb	1,10	0,71	0,87	1,67	2,44	1,14	0,48	0,99	0,87	0,39	0,51	1,19	6,85
Lu	0,17	0,11	0,12	0,22	0,39	0,15	0,07	0,16	0,13	0,06	0,08	0,17	1,01
∑ REE	160,82	306,96	148,58	632,39	185,65	230,74	153,30	484,06	211,13	126,74	117,89	334,64	250,46
(La/Yb) _n	3,49	11,65	3,98	8,52	2,03	5,04	8,31	12,63	4,36	9,34	5,27	7,38	0,62
Eu/Eu*	0,72	0,52	0,91	0,25	0,81	0,65	0,70	0,44	0,46	0,67	0,87	0,19	0,05

Granit.: Granitoide; Ortogn.: Ortognaisse

Tabela 4.5 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para ortognaisses da Unidade Algodões (Paleoproterozoico).

AMOSTRA	LF 352	LF 325	LF 300	LF 12A	LF 348	LF 441B	LF 440	LF 253	LF 261
ROCHA	ORTOGNAISSE	GRANITOIDE	GRANITOIDE						
UNIDADE	ALGODÕES	ALGODÕES	ALGODÕES						
Elementos Maiores (%)									
SiO ₂	58,73	61,56	65,08	65,48	65,76	66,20	69,23	74,23	74,63
TiO ₂	0,71	1,26	0,80	0,88	0,67	0,53	0,57	0,16	0,18
Al ₂ O ₃	15,09	14,65	15,14	14,75	16,09	16,20	14,61	12,83	12,67
Fe ₂ O ₃	6,77	5,78	4,96	4,56	4,12	5,08	3,77	2,33	2,48
MnO	0,11	0,07	0,07	0,06	0,05	0,07	0,06	0,04	0,03
MgO	5,21	2,49	1,72	1,78	1,36	1,57	0,78	0,11	0,13
CaO	5,37	4,15	2,75	3,10	3,53	4,57	2,16	1,03	0,43
Na ₂ O	3,35	3,59	3,83	3,47	3,74	4,33	3,36	3,01	4,21
K ₂ O	2,91	4,22	4,27	4,42	3,03	1,01	4,34	5,67	4,62
P ₂ O ₅	0,36	0,62	0,41	0,42	0,23	0,12	0,14	0,02	0,05
PF	1,00	1,10	0,50	0,60	1,00	0,20	0,60	0,40	0,30
Total	99,61	99,49	99,53	99,52	99,58	99,88	99,62	99,83	99,73
Elementos Traços (ppm)									
Ba	803,00	1637,00	1469,00	1747,00	1873,00	310,00	1744,00	516,00	1448,00
Be	1,00	2,00	2,00	2,00	<1	<1	2,00	7,00	2,00
Co	23,10	15,00	10,30	10,60	7,60	11,60	5,90	1,10	1,70
Cs	3,40	2,10	3,60	2,90	1,20	0,40	0,60	4,60	2,00
Ga	18,20	19,70	19,80	19,90	19,00	18,80	19,60	27,30	24,80
Hf	4,50	10,50	10,80	10,20	5,70	2,80	12,90	8,90	11,00
Nb	7,40	18,90	14,50	15,10	8,70	4,00	15,60	81,20	15,60
Rb	104,30	114,50	145,50	155,30	83,70	25,80	117,70	259,30	90,80
Sn	1,00	3,00	<1	3,00	1,00	<1	2,00	3,00	3,00
Sr	701,80	953,70	661,90	880,50	804,10	437,40	397,10	80,00	78,30

Continua

Tabela 4.5 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para ortogneisses da Unidade Algodões (Paleoproterozoico) (continuação).

AMOSTRA	LF 352	LF 325	LF 300	LF 12A	LF 348	LF 441B	LF 440	LF 253	LF 261
ROCHA	ORTOGNAISSE	GRANITOIDE	GRANITOIDE						
UNIDADE	ALGODÕES	ALGODÕES	ALGODÕES						
Ta	0,50	1,10	0,80	0,90	0,70	0,40	0,80	7,00	1,30
Th	5,10	13,60	46,90	12,10	10,50	1,60	23,40	30,80	8,00
U	1,30	3,10	2,20	2,60	1,10	0,60	1,20	4,50	2,00
V	85,00	71,00	54,00	47,00	44,00	66,00	30,00	7,00	7,00
W	<0,5	1,60	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,10	0,49
Zr	168,40	423,50	421,20	432,90	208,70	92,00	471,40	253,30	369,10
Y	16,90	22,30	25,10	21,90	11,50	11,80	20,70	47,00	87,80
Cr	246,32	75,26	54,74	61,58	<14,00	<14,00	20,53	20,53	13,00
Sc	8,00	10,00	3,00	8,00	10,00	7,00	10,00	8,00	2,00
Mo	0,10	0,20	0,20	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	2,80	0,50
Cu	13,20	27,50	7,20	16,30	4,30	33,80	3,10	3,10	20,50
Pb	1,50	3,20	5,50	2,00	1,50	0,40	3,80	4,60	8,00
Zn	49,00	86,00	82,00	74,00	66,00	47,00	75,00	54,00	120,00
Ni	52,00	32,20	19,10	19,90	3,00	9,20	4,50	0,90	1,30
As	<0,5	<0,5	<0,5	1,10	<0,5	<0,5	<0,5	0,49	0,49
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,09	0,09
Sb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,09	0,09
Bi	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,09	0,09
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,09	0,09
Au	2,40	1,60	<0,5	1,00	0,90	<0,5	0,90	15,00	1,00
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01
Ti	0,50	0,50	0,70	0,70	0,30	0,10	0,40	0,40	0,10
Se	<0,5	<0,5	<0,5	0,60	<0,5	<0,5	<0,5	0,49	0,49
C/tot	0,05	0,16	0,05	0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,02	0,03
S/tot	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	0,02	0,02

Continua

Tabela 4.5 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para ortogneisses da Unidade Algodões (Paleoproterozoico) (continuação).

AMOSTRA	LF 352	LF 325	LF 300	LF 12A	LF 348	LF 441B	LF 440	LF 253	LF 261
ROCHA	ORTOGNAISSE	GRANITOIDE	GRANITOIDE						
UNIDADE	ALGODÕES	ALGODÕES	ALGODÕES						
Elementos Terra Rara (ppm)									
La	28,20	112,30	227,70	83,80	52,00	11,40	110,90	64,00	75,10
Ce	58,60	224,60	391,50	168,70	108,60	22,80	230,20	146,70	137,70
Pr	7,14	27,21	43,30	21,36	11,86	2,87	26,12	15,25	18,87
Nd	27,30	98,20	141,40	75,20	42,50	12,80	90,50	50,10	68,10
Sm	5,02	13,96	17,02	11,60	6,36	2,27	13,28	9,79	13,50
Eu	1,34	2,86	2,16	2,40	1,49	0,74	1,80	0,72	2,65
Gd	3,94	8,51	10,49	7,00	3,92	2,19	10,33	8,24	13,64
Tb	0,60	1,05	1,23	0,89	0,50	0,36	1,09	1,47	2,26
Dy	3,10	4,39	5,35	4,04	2,32	1,84	5,16	8,25	12,90
Ho	0,58	0,71	0,84	0,69	0,36	0,35	0,74	1,78	2,82
Er	1,68	1,75	2,22	1,99	0,98	1,09	1,73	5,32	8,39
Tm	0,26	0,26	0,31	0,29	0,15	0,17	0,22	0,94	1,32
Yb	1,55	1,64	1,66	1,81	0,86	1,08	1,44	6,23	8,07
Lu	0,24	0,23	0,24	0,26	0,13	0,15	0,19	0,96	1,19
∑ REE	139,55	497,67	845,42	380,03	232,03	60,11	493,70	319,75	366,51
(La/Yb) _n	1,95	7,34	14,70	4,96	6,48	1,13	8,25	1,10	1,00
Eu/Eu*	0,92	0,80	0,49	0,81	0,91	1,01	0,47	0,25	0,60

Tabela 4.6 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para ortognaisses do Complexo Cruzeta e Unidade Tróia (Arqueano/Paleoproterozoico).

AMOSTRA	LF 363	LF 372	LF 360	LF 361A	LF 06	LF 422A	LF 380	LF 11	LF 273	LF 381	LF 371	LF 388	LF 360A
ROCHA	ORTOGN.												
UNIDADE	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA	CRUZETA	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA						
Elementos Maiores (%)													
SiO ₂	63,31	65,28	66,95	67,24	67,41	67,69	68,11	68,85	71,06	72,65	73,02	73,34	76,31
TiO ₂	1,24	0,36	0,42	0,56	0,89	0,32	0,31	0,32	0,32	0,20	0,24	0,22	0,18
Al ₂ O ₃	15,78	15,29	15,16	14,91	14,35	15,78	14,95	16,49	14,59	14,35	14,20	13,44	12,33
Fe ₂ O ₃	5,21	4,24	4,28	4,52	5,37	3,34	3,43	2,39	2,38	2,16	2,32	2,74	2,36
MnO	0,05	0,07	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05
MgO	1,94	1,75	1,48	0,94	0,89	1,10	1,42	0,71	0,56	0,23	0,35	0,22	0,27
CaO	3,16	4,65	3,21	2,08	2,67	3,34	2,88	2,93	1,75	1,23	1,00	1,12	1,40
Na ₂ O	4,24	5,12	4,67	3,60	3,40	5,36	4,64	5,60	3,48	3,77	3,86	3,34	4,10
K ₂ O	3,60	1,33	1,59	3,96	3,62	1,89	2,89	1,95	4,79	4,81	4,41	5,03	2,08
P ₂ O ₅	0,60	0,17	0,14	0,39	0,30	0,08	0,13	0,14	0,14	0,08	0,08	0,06	0,04
PF	0,30	1,30	1,90	1,10	0,50	0,80	0,80	0,20	0,60	0,30	0,30	0,30	0,70
Total	99,43	99,56	99,86	99,36	99,47	99,75	99,62	99,60	99,70	99,81	99,81	99,83	99,82
Elementos Traços (ppm)													
Ba	2065,00	1181,00	249,00	2793,00	2161,00	633,00	1581,00	1269,00	1499,00	915,00	859,00	612,00	829,00
Be	0,90	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	1,00	<1
Co	11,10	10,10	9,30	6,60	7,60	6,50	7,90	4,50	3,60	1,60	2,90	2,50	2,30
Cs	0,80	0,90	3,10	4,10	1,10	1,00	3,00	1,60	0,90	1,30	2,90	1,60	1,10
Ga	20,90	16,90	17,70	20,70	22,00	17,50	17,30	21,40	16,10	18,60	17,50	17,20	15,90
Hf	14,50	2,80	3,10	8,70	16,10	3,90	3,00	2,50	5,60	4,00	4,40	6,60	5,80
Nb	19,80	5,20	9,50	17,10	26,20	5,50	4,70	2,10	5,80	10,20	6,50	8,40	12,40
Rb	99,00	25,80	77,60	18,80	75,50	51,40	75,30	40,70	117,60	132,30	138,60	140,60	57,10
Sn	4,00	3,00	4,00	1,00	3,00	<1	0,90	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	2,00
Sr	1047,00	1415,00	330,60	872,10	604,90	1072,00	1092,00	1717,60	525,60	363,10	242,00	129,40	113,80
Ta	1,10	0,40	0,60	0,70	1,20	0,30	0,40	0,10	0,20	0,50	0,40	0,40	0,70

Continua

Tabela 4.6 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para ortognaisses do Complexo Cruzeta e Unidade Tróia (Arqueano/Paleoproterozoico) (continuação).

AMOSTRA	LF 363	LF 372	LF 360	LF 361A	LF 06	LF 422A	LF 380	LF 11	LF 273	LF 381	LF 371	LF 388	LF 360A
ROCHA	ORTOGN.												
UNIDADE	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA	CRUZETA	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA						
Th	19,80	2,20	2,70	31,80	18,10	2,40	4,50	1,20	18,80	18,90	15,00	16,40	4,20
U	1,90	1,20	0,90	7,10	2,20	0,70	1,40	0,70	0,90	2,40	1,80	1,70	0,60
V	50,00	61,00	57,00	44,00	41,00	40,00	47,00	33,00	15,00	7,00	13,00	7,00	9,00
W	0,49	541,30	2,70	6,70	0,90	<0,5	0,49	<0,5	0,49	0,70	2,50	0,49	<0,5
Zr	617,50	108,50	116,00	420,90	711,00	127,60	107,40	100,10	198,20	155,30	145,20	229,40	199,90
Y	17,20	9,20	19,50	43,40	41,40	11,90	7,30	3,10	6,80	7,20	8,50	17,30	46,40
Cr	41,05	68,42	20,53	<14,00	<14,00	27,37	61,58	<14,00	13,00	13,00	13,00	13,00	54,74
Sc	7,00	7,00	10,00	6,00	8,00	6,00	5,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	4,00
Mo	0,30	0,10	<0,1	0,30	0,60	<0,1	0,30	<0,1	0,09	0,30	0,70	0,50	0,30
Cu	16,50	16,10	30,30	24,40	5,80	8,60	7,90	19,80	2,60	3,20	4,10	27,70	4,40
Pb	3,90	1,20	1,00	7,50	4,00	1,20	1,70	0,80	3,20	3,70	7,50	2,60	1,10
Zn	106,00	37,00	69,00	76,00	103,00	57,00	39,00	55,00	44,00	42,00	26,00	42,00	53,00
Ni	19,30	24,30	21,00	2,70	4,90	12,20	23,20	3,30	1,90	3,00	3,20	3,40	2,40
As	0,49	0,49	0,70	0,90	0,60	<0,5	0,49	0,80	0,49	0,49	0,49	0,70	<0,5
Cd	0,09	0,09	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,09	<0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	<0,1
Sb	0,09	0,09	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,09	<0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	<0,1
Bi	0,09	0,09	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	0,09	<0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	<0,1
Ag	0,09	0,09	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,09	<0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	<0,1
Au	0,49	0,49	1,30	3,10	<0,5	<0,5	0,49	<0,5	0,49	0,49	0,49	0,49	1,60
Hg	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01
Ti	0,50	0,10	0,40	0,60	0,40	0,30	0,30	0,20	0,40	0,30	0,40	0,40	0,10
Se	0,49	0,49	<0,5	1,00	<0,5	<0,5	0,49	<0,5	0,49	0,49	0,49	0,49	<0,5
C/tot	0,03	0,21	<0,02	0,03	<0,02	0,09	0,13	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	<0,02
S/tot	0,03	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	<0,02

Continua

Tabela 4.6 - Resultado analítico de elementos maiores e traços para ortognaisses do Complexo Cruzeta e Unidade Tróia (Arqueano/Paleoproterozoico) (continuação).

AMOSTRA	LF 363	LF 372	LF 360	LF 361A	LF 06	LF 422A	LF 380	LF 11	LF 273	LF 381	LF 371	LF 388	LF 360A
ROCHA	ORTOGN.												
UNIDADE	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA	CRUZETA	CRUZETA	TRÓIA	CRUZETA						
Elementos Terras Raras (ppm)													
La	138,50	21,70	15,60	206,30	163,70	17,40	21,70	19,90	43,90	53,20	48,50	62,80	32,40
Ce	263,50	39,70	28,70	432,60	323,70	29,50	37,00	41,50	103,70	115,10	75,50	110,30	69,60
Pr	31,57	5,79	3,98	52,15	39,25	4,03	5,04	5,33	10,15	13,76	8,94	13,87	9,12
Nd	103,10	22,10	14,60	180,10	136,80	15,20	17,20	20,60	33,90	44,30	28,10	43,60	36,10
Sm	13,33	3,66	2,97	26,21	20,54	2,89	3,03	3,24	5,09	6,03	4,06	6,85	7,27
Eu	3,05	1,06	0,80	3,98	3,35	0,72	0,90	0,94	0,83	1,12	0,79	0,71	1,19
Gd	9,82	2,86	2,69	15,51	13,20	2,49	2,39	1,76	3,25	4,14	3,19	6,13	6,89
Tb	0,96	0,39	0,49	2,05	1,77	0,37	0,32	0,19	0,35	0,44	0,38	0,77	1,22
Dy	3,99	1,85	2,89	8,86	8,26	1,91	1,49	0,71	1,48	1,87	1,78	3,82	7,08
Ho	0,59	0,33	0,61	1,44	1,42	0,38	0,27	0,09	0,24	0,27	0,29	0,65	1,55
Er	1,40	0,87	2,00	3,58	3,77	1,17	0,77	0,21	0,64	0,66	0,88	1,78	4,58
Tm	0,22	0,13	0,31	0,51	0,54	0,18	0,12	0,03	0,09	0,10	0,13	0,26	0,75
Yb	1,34	0,92	2,03	2,79	3,13	1,14	0,86	0,24	0,54	0,67	0,89	1,60	4,80
Lu	0,16	0,12	0,31	0,41	0,43	0,18	0,12	0,03	0,09	0,11	0,14	0,23	0,74
∑ REE	571,53	101,48	77,98	936,49	719,86	77,56	91,21	94,77	204,25	241,77	173,57	253,37	183,29
(La/Yb) _n	11,08	2,53	0,82	7,92	5,61	1,64	2,70	8,89	8,71	8,51	5,84	4,21	0,72
Eu/Eu*	0,81	1,00	0,87	0,60	0,62	0,82	1,02	1,20	0,62	0,69	0,67	0,33	0,51

Ortogn.: Ortognaisse

4.2.2. Ortognaisses da Unidade Troia

No diagrama TAS (*Total Alcalis-Silica diagram*; Na₂O + K₂O wt% versus SiO₂ wt%), utilizando os campos de rochas plutônicas, segundo Wilson (1989), os ortognaisses da Unidade Troia situam-se no campo para rochas subalcalinas e apresentam composição granodiorítica (Figura 4.3A), assim como no diagrama de Streckeisen (Figura 4.3B).

No diagrama An-Ab-Or (An=anortita, Ab=albita e Or=ortoclásio) (O'CONNOR, 1965) a maioria das amostras se classificam como trondhjemitos (Figura 4.3C), revelando uma afinidade do plutonismo arqueano-paleoproterozoico com magmatismo do tipo TTG. No diagrama Na-K-Ca, os ortognaisses da Unidade Troia inserem-se próximo ao campo dos trondhjemitos definido por Martin (1994), evidenciando mais uma vez uma composição mais sódica para estas amostras da Unidade Troia (Figura 4.3D).

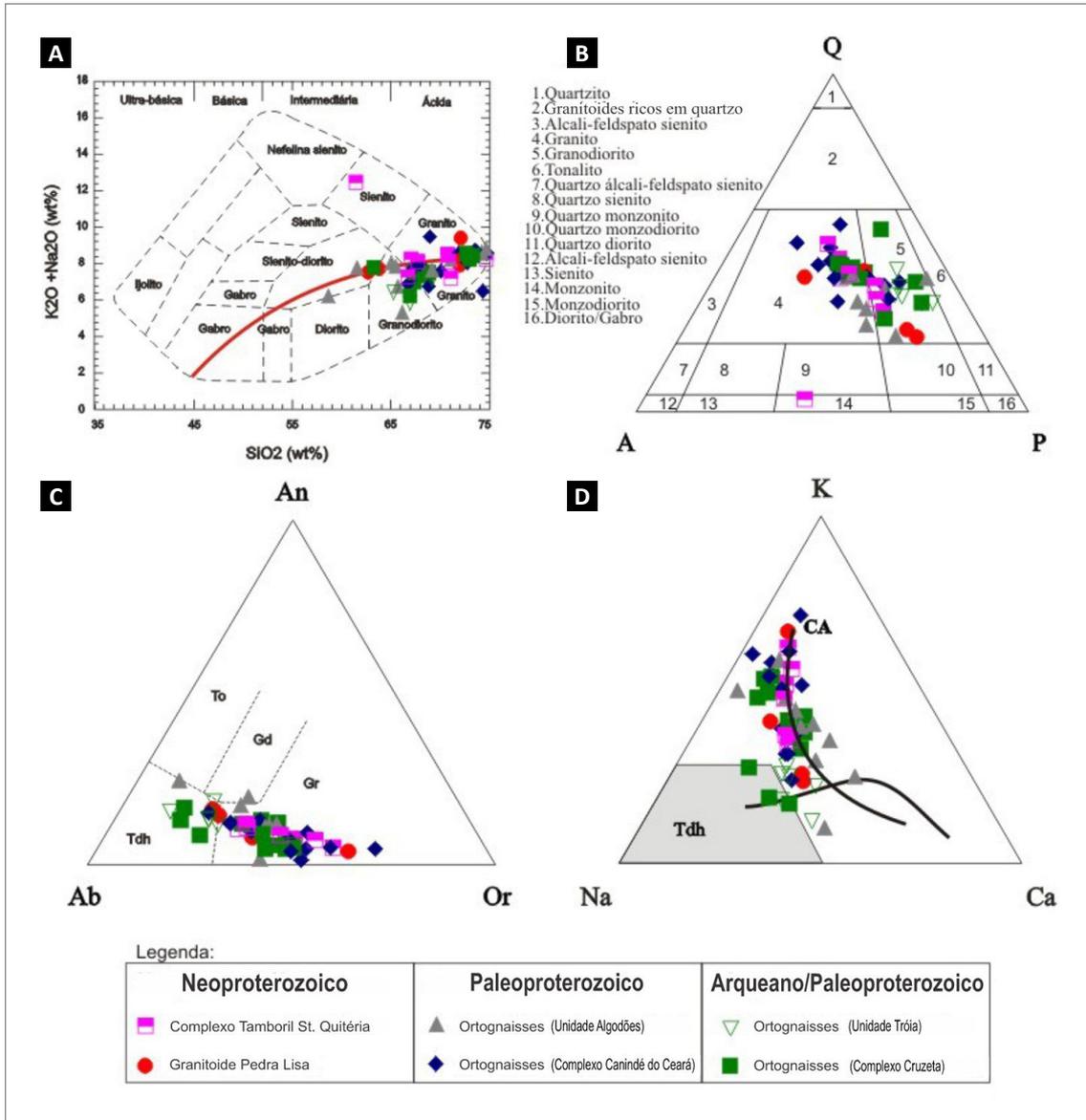


Figura 4.3 - Diagramas para classificação de rocha e séries magmáticas.

(A) Diagrama TAS (*Total Alcalis versus Silica*) com campos classificatórios segundo Wilson (1989) e linha limite (curva em destaque) para distinção entre séries magmáticas Alcalinas (acima) e Subalcalinas (abaixo); (B) Diagrama de Streckeisen (1976) QAP (Quartzo - feldspato Alcalino - Plagioclásio) para classificação de rochas graníticas utilizando minerais normativos (Q=quartzo, A=ortoclásio e P=(albita+anortita)) (*obs.: minerais normativos calculados pelo software Minpet*); (C) Diagrama An-Ab-Or para classificação de rochas utilizando minerais normativos (An=anortita, Ab=albita e Or=ortoclásio) (O'CONNOR, 1965), com campos definidos por Barker (1979), To = Tonalito, Tdh = Trondhjemito, Gd = Granodiorito e Gr = Granito; (D) Diagrama Na-K-Ca em proporção molecular mostrando tendência para séries Cálcio-Alcalina (CA) e Trondhjemítica (curva em destaque) (BARKER; ARTH, 1976) e campo dos Trondhjemitos (Tdh), segundo Martin (1994).

No diagrama proposto por Frost *et al.* (2001) para classificação de séries magmáticas, os ortognaisses da Unidade Troia inserem-se no campo de rochas cálcio-alcalinas (Figura 4.4A), e plotam exclusivamente no campo de médio-K no diagrama K_2O versus SiO_2 (Figura 4.4B).

No diagrama de K_2O versus Na_2O (Figura 4.4C) para a distinção entre granitos de fonte ígnea (Tipo-I) ou fonte sedimentar (Tipo-S) (CHAPPEL; WHITE 2001), as amostras dos ortognaisses da Unidade Troia são classificadas como granitoides do Tipo-I, e classificam-se em relação a saturação de álcalis e alumínio (MANIAR; PICCOLI, 1989) como rochas levemente peraluminosas a metaluminosas (Figura 4.4D). Em relação a ambientes tectônicos nos diagramas de Pearce *et al.* (1984) (Figuras 4.5A e B) as amostras investigadas inserem-se no campo para rochas

de arco vulcânico (Figuras 4.5A e B), embora também possam representar rochas de ambiente pós-colisional como mostra a Figura 4.5A.

Nos diagramas de Elementos Terras Raras (ETRs) normalizados ao condrito, nota-se que os granitoides e ortognaisses apresentam um padrão fracionado, com enriquecimento em ETRs leves, anomalias negativas de Eu, porém com algumas anomalias positivas também (Figura 4.6F). As anomalias negativas e positivas de Eu geralmente são associadas ao mineral plagioclásio, em processos de cristalização fracionada ou retenção deste mineral em resíduo de fusão parcial. Nos diagramas de multielementos normalizados pelo manto primitivo (Figura 4.7F) os ortognaisses da Unidade Troia mostram anomalias negativa de Nb e Ti, e anomalias positivas de Sr.

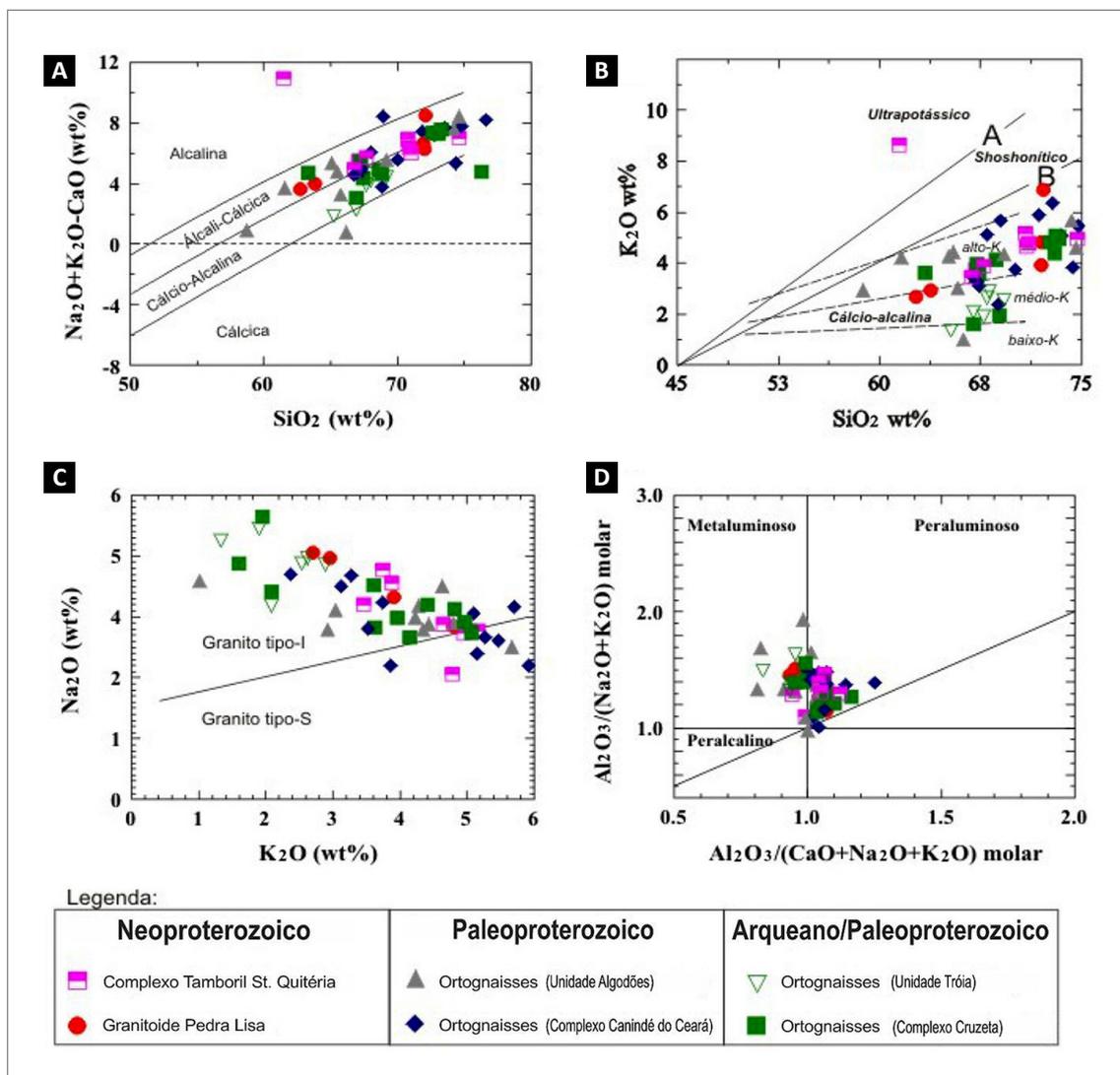


Figura 4.4 - Diagramas para classificação de séries magmáticas. (A) SiO_2 versus Na_2O+K_2O-CaO para distinção entre as series cálcica, cálcio-alcalina, álcali-cálcica e Alcalina (FROST *et al.*, 2001); (B) K_2O versus SiO_2 para classificação das séries cálcio-alcalinas de alto potássio (Alto K), médio potássio (Médio K) e baixo potássio (Baixo K), campos definidos por Le Maitre *et al.* (2002), e distinção das séries cálcio-alcalinas, shoshoníticas e ultrapotássica pelas linhas A e B de Corriveau e Gorton (1993); (C) K_2O versus Na_2O para distinção entre granitos Tipo-I (fonte ígnea) e Tipo-S (fonte sedimentar) (CHAPPEL; WHITE 2001); (D) Diagrama para classificação da rocha em relação a saturação de alumínio (MANIAR; PICCOLI, 1989).

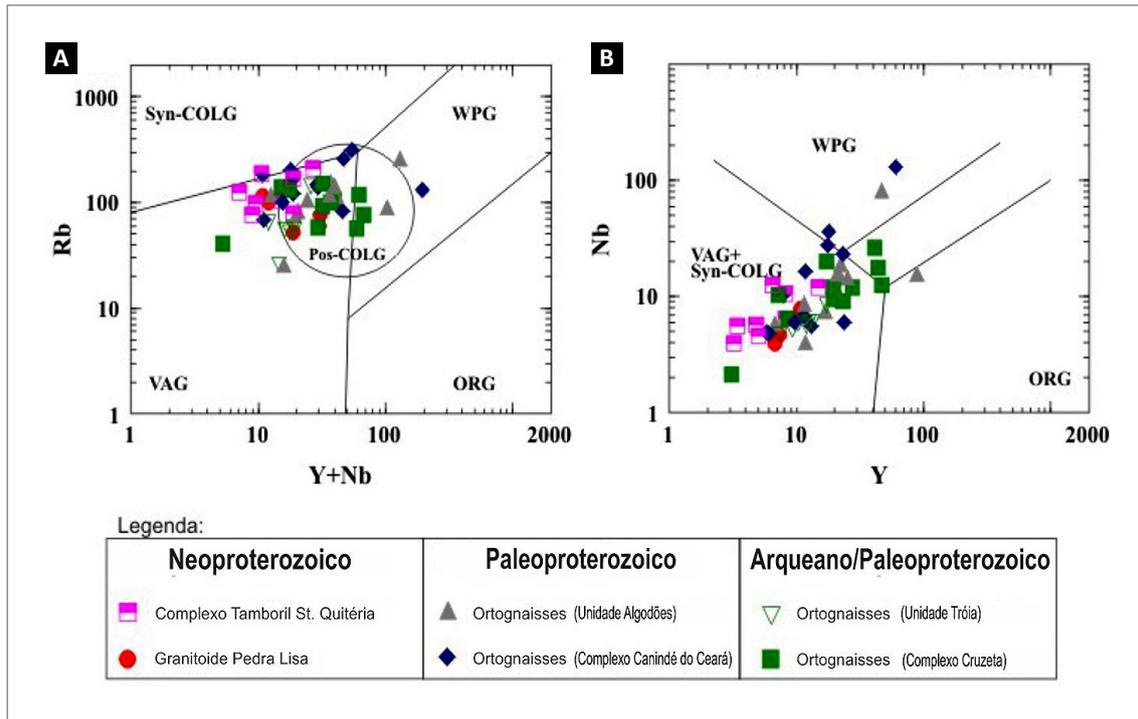


Figura 4.5 - Diagramas de classificação tectônica: (A) e (B) diagramas discriminantes proposto por Pearce *et al.* (1984) onde VAG (*Volcanic Arc Granite*) = granito de arco vulcânico, WPG (*within plate granite*) = granito intraplaca, ORG (*Ocean Ridge Granite*) granito de cadeia meso-oceânica, Syn-COLG (*Syn – Collisional Granite*) granito sin-colisional e Pos-COLG (*Post – Collisional Granite*) granito pós-colisional.

4.2.3. Ortognaisses da Unidade Algodões

No diagrama TAS (*Total Alkalies-Silica diagram*; Na₂O + K₂O wt% versus SiO₂ wt%), segundo Wilson (1989), os ortognaisses da Unidade Algodões situam-se no campo para rochas subcalcinas e são classificadas como composição variando de dioritos/tonalitos a granitos (Figura 4.3A), assim como, mostra o diagrama de Streckeisen (1976) (Figura 4.3B).

No diagrama An-Ab-Or (An=anortita, Ab=albita e Or=ortoclásio) (O’CONNOR, 1965) a maioria das amostras se classificam como granitos (Figura 4.3C), e afinidade trondhjemítica para uma amostra (LF-352), que corresponde a fácies diorítica/tonalítica exposta nos diagramas anteriores. No diagrama Na-K-Ca, os ortognaisses da Unidade Algodões delineiam um *trend* característico de séries cálcio-alcálicas (Figura 4.3D), e, portanto, a amostra LF-352, provavelmente não se trata de uma rocha trondhjemítica clássicas (BARKER; ARTH, 1976).

No diagrama proposto por Frost *et al.* (2001) para classificação de séries magmáticas (Figura 4.4A), os ortognaisses da Unidade Algodões apresentam um *trend* predominantemente no campo de rochas álcali-cálcicas, e predominantemente plotam no campo de alto-K, conforme exposto no diagrama K₂O versus SiO₂ (Figura 4.4B).

No diagrama de K₂O versus Na₂O (Figura 4.4C) para a distinção entre granitos Tipo-I ou Tipo-S (CHAPPEL;

WHITE 2001), nota-se que as amostras dos ortognaisses da Unidade Algodões são classificadas como granitoides do Tipo-I, e classificam-se em relação a saturação de álcalis e alumínio (MANIAR; PICCOLI, 1989) como rochas metaluminosas (Figura 4.4D).

Em relação a ambientes tectônicos, nos diagramas de Pearce *et al.* (1984) (Figuras 4.5A e B) as amostras dos ortognaisses da Unidade Algodões inserem-se predominantemente no campo para rochas de arco vulcânico (Figuras 4.5A e B), embora também possam representar rochas de ambiente pós-colisional como mostra a Figura 4.5A. No entanto, duas amostras (LF 253 e LF 261) com teores mais elevados de SiO₂ (Tabela 4.5) plotam no campo de granitoides intra-placa no diagrama Y+Nb versus Rb (Figura 4.5A).

Nos diagramas de Elementos Terras Raras (ETRs) normalizados ao condrito, nota-se que os granitoides e ortognaisses da Unidade Algodões apresentam (com exceção das duas amostras mais evoluídas) um padrão fracionado, com enriquecimento em ETRs leves, e leves anomalias negativas de Eu, porém com algumas anomalias positivas. Para as duas amostras mais evoluídas, o padrão de ETRs pesados é plano e bem mais enriquecido do que as demais amostras, e apresentam forte anomalia negativa de Eu (Figura 4.6C). Nos diagramas de multielementos normalizados pelo manto primitivo os ortognaisses da Unidade Algodões mostram anomalias negativa de Nb, Sr e Ti (Figura 4.7C).

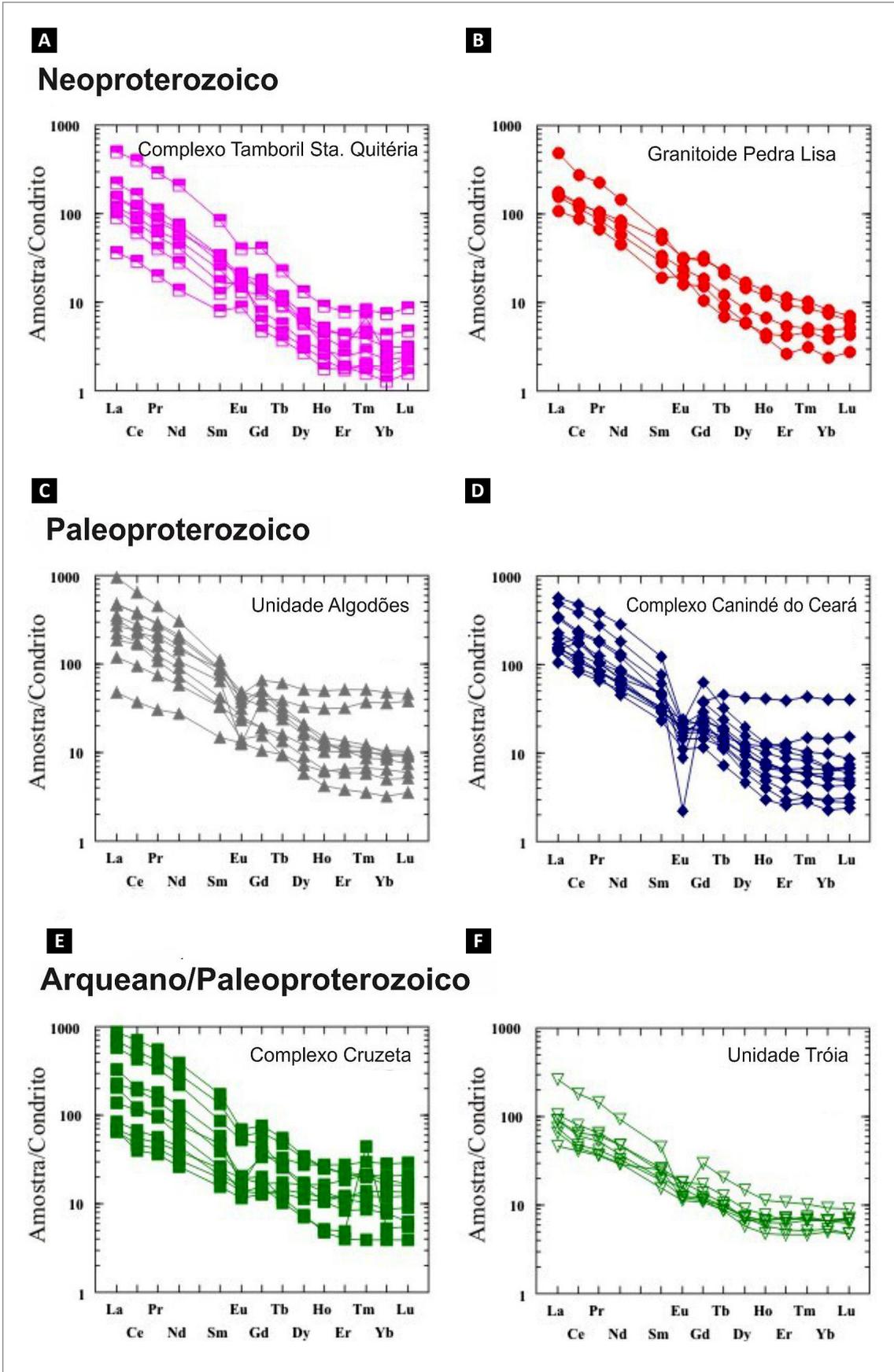


Figura 4.6 - Diagrama de Elementos terras-raras normalizados ao condrito, segundo valores de normalização de Sun e McDonough (1989).

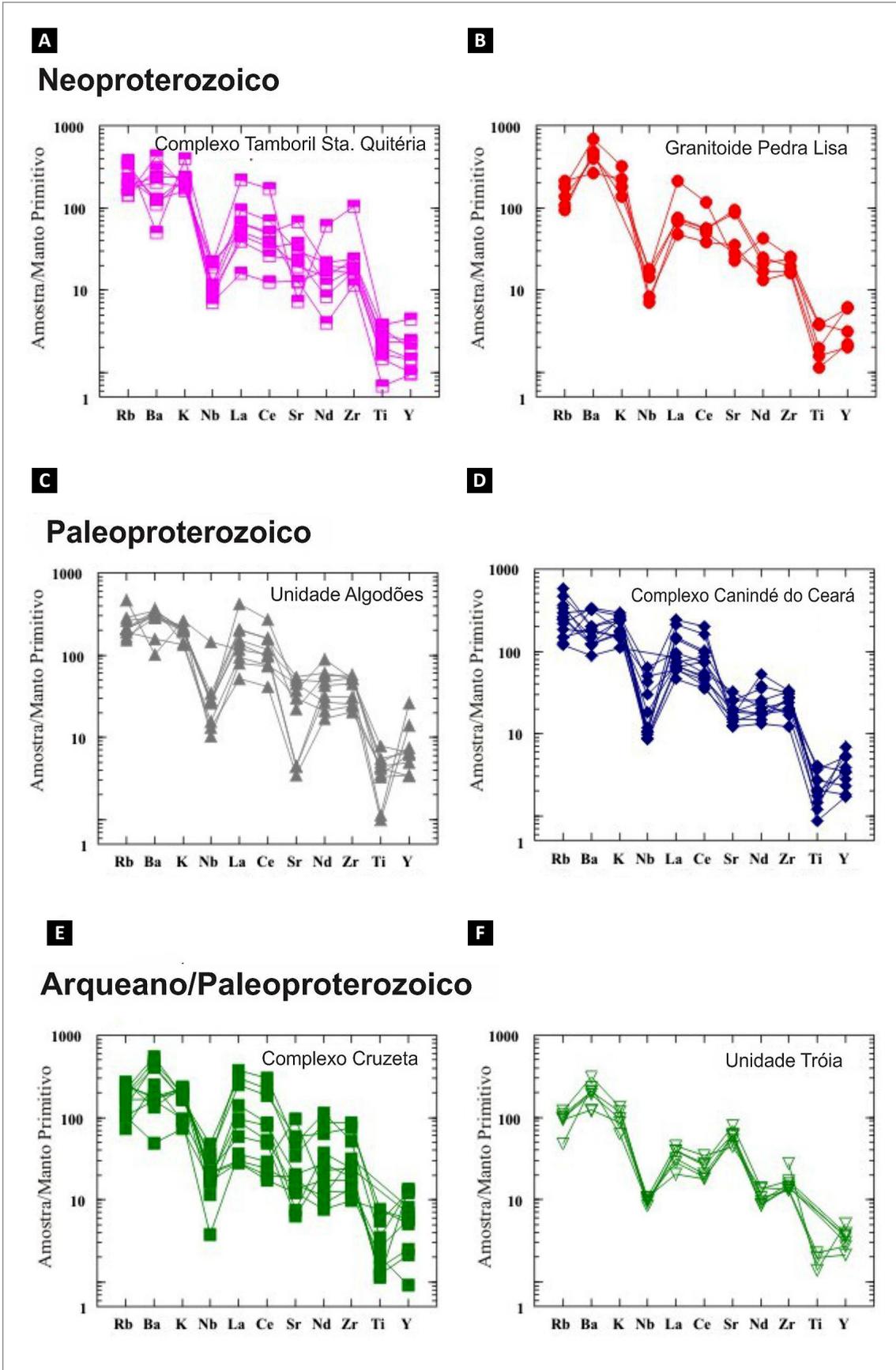


Figura 4.7 - Diagramas de multielementos normalizados ao manto primitivo, segundo valores de normalização de McDonough *et al.* (1992).

4.2.4. Ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará

No diagrama TAS (*Total Alkalies-Silica diagram*; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ wt% versus SiO_2 wt%) com campo de classificação de rocha segundo Wilson (1989), os ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará situam-se no campo para rochas subalcalinas (com exceção de uma amostra) e são classificados como granodioritos e granitos (Figura 4.3A), assim como mostra o diagrama de Streckeisen (1976) (Figura 4.3B) e o diagrama An-Ab-Or (An=anortita, Ab=albita e Or=ortoclásio) (O'CONNOR, 1965) (Figura 4.3C). No diagrama Na-K-Ca, para distinção entre séries trondhjemíticas e séries cálcio-alcalinas, os ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará delimitam um *trend* característico de séries cálcio-alcalinas (Figura 4.3D).

No diagrama proposto por Frost *et al.* (2001) para classificação de séries magmáticas (Figura 4.4A), os ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará apresentam um *trend* variando entre o campo de rochas álcali-cálcicas e cálcio-alcalinas, e uma amostra plota no campo de rocha alcalina (Figura 4.4A). No diagrama K_2O versus SiO_2 as amostras plotam predominantemente no campo de rochas cálcio-alcalinas de alto-K (Figura 4.4B), e no diagrama de K_2O versus Na_2O (Figura 4.4C) nota-se que as amostras variam entre os campos de granitoides do Tipo-I e S (CHAPPEL; WHITE 2001).

Em relação a saturação de álcalis e alumínio (MANIAR; PICCOLI, 1989), observa-se que as amostras de ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará são predominantemente peraluminosas (Figura 4.4D), e nos diagramas de ambientes tectônicos de Pearce *et al.* (1984) (Figuras 4.5A e B) as amostras inserem-se predominantemente no campo para rochas de arco vulcânico (Figuras 4.5A e B), embora também possam representar rochas de ambiente pós-colisional como mostra a Figura 4.5A. Uma amostra (LF 24) com teores mais elevados de SiO_2 e Nb (Tabela 4.4) plotam no campo de granitoides intra-placa no diagrama Y+Nb versus Rb (Figura 4.5A e B).

Nos diagramas de Elementos Terras Raras (ETRs) normalizados ao condrito, nota-se que os granitoides e ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará apresentam (com exceção de uma amostra mais evoluída e SiO_2) um padrão fracionado, com enriquecimento em ETRs leves, e anomalias negativas de Eu (Figura 4.6D). No entanto, para a amostra LF 24 ($\text{SiO}_2 = 76,69$ wt%), o padrão de ETRs pesados é plano e bem mais enriquecido do que as demais amostras, e com forte anomalia negativa de Eu (Figura 4.6D). Nos diagramas de multielementos normalizados pelo manto primitivo os ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará mostram anomalias negativa de Nb, Sr e Ti (Figura 4.7D).

4.2.5. Granitoide Pedra Lisa

No diagrama TAS (*Total Alkalies-Silica diagram*; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ wt% versus SiO_2 wt%), as amostras do Granitoide Pedra Lisa situam-se no limite entre o campo para rochas subalcalinas e alcalinas e são classificadas como granodioritos e granitos, e uma amostra como sienodiorito (Figura 4.3A). No diagrama de Streckeisen (1976) as amostras variam entre granito e granodiorito (Figura 4.3B) e no diagrama An-Ab-Or (An=anortita, Ab=albita e Or=ortoclásio) (O'CONNOR, 1965) são classificadas como granitos (Figura 4.3C). No diagrama Na-K-Ca, as amostras do Granitoide Pedra Lisa delimitam um *trend* característico de séries cálcio-alcalinas (Figura 4.3D).

No diagrama proposto por Frost *et al.* (2001) para classificação de séries magmáticas (Figura 4.4A), as amostras do Granitoide Pedra Lisa apresentam um *trend* predominante no campo de rochas álcali-cálcicas (Figura 4.4A), e no diagrama K_2O versus SiO_2 as amostras plotam predominantemente no campo de rochas cálcio-alcalinas de alto-K, com uma amostra no campo de rochas shoshoníticas (Figura 4.4B). No diagrama de K_2O versus Na_2O (Figura 4.4C) nota-se que as amostras plotam exclusivamente no campo de granitoides do Tipo-I (CHAPPEL; WHITE 2001).

Em relação a saturação de álcalis e alumínio (MANIAR; PICCOLI, 1989), as amostras do Granitoide Pedra Lisa variam entre peraluminosas a levemente metaluminosas (Figura 4.4D), e nos diagramas de ambientes tectônicos de Pearce *et al.* (1984) (Figuras 4.5A e B) inserem-se predominantemente no campo para rochas de arco vulcânico (Figuras 4.5A e B).

Nos diagramas de Elementos Terras Raras (ETRs) normalizados ao condrito, nota-se que as amostras do Granitoide Pedra Lisa apresentam um padrão fracionado, com enriquecimento em ETRs leves, e leves anomalia negativa ou positiva de Eu (Figura 4.6B). Nos diagramas de multielementos normalizados pelo manto primitivo os ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará mostram anomalias negativa de Nb e Ti (Figura 4.7B).

4.2.6. Complexo Tamboril - Santa Quitéria

No diagrama TAS (*Total Alkalies-Silica diagram*; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ wt% versus SiO_2 wt%), utilizando os campos de rochas plutônicas, segundo Wilson (1989) (Figura 4.3A), as amostras do Complexo Tamboril – Santa Quitéria situam-se predominantemente no campo para rochas subalcalinas (abaixo da curva em destaque), com exceção de uma amostra (LF-119, Tabela 4.2) que se classifica como rocha alcalina, e plota no campo do sienito. Neste diagrama, as amostras em geral são classificadas de composição granítica a granodiorítica (Figura 4.3A).

No diagrama de Streckeisen (1976) (Figura 4.3B), as rochas do Complexo Tamboril - Santa Quitéria classificam-se no campo de granitos e granodioritos, enquanto que a amostra LF-119 classifica-se no campo do monzonito (Figura 4.3B).

No diagrama An-Ab-Or (An=anortita, Ab=albita e Or=ortoclásio) (O'CONNOR, 1965) as amostras do Complexo Tamboril – Santa Quitéria se classificam como granitos (Figura 4.3C), e no diagrama Na-K-Ca mostram tendência para séries cálcio-alcálica (CA) (Figura 4.3D).

No diagrama proposto por Frost *et al.* (2001) para classificação de séries magmáticas (Figura 4.4A), as amostras do do Complexo Tamboril – Santa Quitéria apresentam um *trend* predominante no campo de rochas álcali-cálcicas (Figura 4.4A), e no diagrama K_2O versus SiO_2 , as amostras são classificadas na série de rochas cálcio-alcálicas de alto-K, com exceção de uma amostra (LF-119) que se classifica como rocha ultrapotássica, segundo a classificação de rochas cálcio-alcálicas, shoshoníticas e ultrapotássica definida pelas retas (A) e (B) de Corriveau e Gorton (1993) (Figura 4.4B).

No diagrama de K_2O versus Na_2O para a distinção entre granitos gerados a partir da fusão parcial de fonte ígnea (tipo-I) ou fonte sedimentar (Tipo-S) (CHAPPEL; WHITE 2001), nota-se que no geral as amostras são classificadas como granitoide do tipo-I, e uma amostra plota no campo de granitos Tipo-S (Figura 4.4C). A amostra LF-119 também plota no campo de granitos Tipo-S, porém não aparece no diagrama exposto (Figura 4.4C) devido ao seu alto conteúdo em K_2O (8,65 wt%, Tabela 4.2). No entanto, o baixo conteúdo de SiO_2 (61,45 wt%, Tabela 4.2) desta amostra não é compatível com granitos Tipo-S. As relações moleculares de $Al_2O_3 / (Na_2O + K_2O)$ versus $Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O)$, classificam as amostras em

relação a saturação de álcalis e alumínio (MANIAR; PICCOLI, 1989) como levemente peraluminosas (Figura 4.4D).

É difícil classificar rochas graníticas de acordo com ambientes tectônicos com base somente em diagramas geoquímicos, uma vez que a abundância de elementos maiores e traços destas rochas dependem de vários fatores petrogenéticos. No entanto, muitos diagramas são encontrados na literatura para a distinção de rochas ígneas de diferentes ambientes tectônicos. Os diagramas de Pearce *et al.* (1984) (Figuras 4.5A e B) são frequentemente utilizados na literatura para distinção do ambiente tectônico de rochas graníticas, e nestes diagramas, as amostras do Complexo Tamboril – Santa Quitéria inserem-se no campo para rochas de arco vulcânico (Figuras 4.5A e B), embora também possam representar rochas de ambiente pós-colisional como mostra a Figura 4.5A.

Nos diagramas de Elementos Terras Raras (ETRs) normalizados ao condrito, nota-se que os granitoides do Complexo Tamboril – Santa Quitéria apresentam um padrão fracionado, com enriquecimento em ETRs leves, característico para rochas graníticas (Figura 4.6A). No espectro de Terras Raras observa-se o predomínio de anomalias positivas de Eu, porém com algumas anomalias negativas (Figura 4.6A).

Nos diagramas de multielementos normalizados pelo manto primitivo as rochas do Complexo Tamboril – Santa Quitéria mostram anomalias negativa de Nb e Ti (Figura 4.7A). Anomalias positivas e negativas de Sr também são observadas no diagrama de multielementos (Figura 4.7), sendo que estas anomalias, assim como as anomalias de Ba, são geralmente relacionadas ao fracionamento deste elemento pelo mineral feldspato, tanto por cristalização fracionada ou pela retenção deste na fonte.

5. GEOLOGIA ESTRUTURAL

A Análise estrutural geométrica consistiu na descrição das estruturas planares e lineares presentes na área (foliação, zona de cisalhamento e lineação) a partir das quais procurou-se entender seu arranjo espacial e sua interação com feições adjacentes. A análise cinemática objetivou compreender o modelo de movimentação das massas rochosas predominante na área.

5.1. ASPECTOS ESTRUTURAIS GEOMÉTRICOS E CINEMÁTICOS

Para caracterização estrutural da presente área foram analisadas um total de 473 atitudes de foliação e 209 de lineação. As medidas foram plotadas em rede de *Schmidt-Lambert*, com projeção no hemisfério inferior, utilizando-se do programa *StereoNet (Geological Software - versão 3.03)*. Os resultados obtidos, separados por unidades litológicas, são apresentados nos itens seguintes.

5.1.1. Complexo Cruzeta e Unidade Tróia

O embasamento da área é composto pelo Complexo Cruzeta, e aflora na porção leste desta. São ortognaisses cinzentos com foliação (S_n) de direção NNE-SSW. Apresentam baixo ângulo de mergulho (18°), predominantemente, para o quadrante SE (polo de concentração máxima em $283Az/72^\circ$, Figura 5.1A). O diagrama indica variações quanto ao ângulo de mergulho de até 40° , e um polo de concentração secundário sugere mergulhos sub-horizontais ($<5^\circ$) para SW. A lineação de estiramento (L_x) associada é marcada pela orientação de cristais ou agregados de quartzo, bem como pelo alinhamento do eixo maior de porfiroclastos de feldspato. São lineações direcionais com caimento médio de 10° para ESE, e de forma restrita são frontais (Figuras 5.1B e C).

A Unidade Tróia ocorre em um segmento alongado, encaixado no Complexo Cruzeta, contendo lentes de rochas metamáficas-metaultramáficas, ortognaisses e rochas metavulcanossedimentares. Os litotipos são caracterizados por bandamento gnáissico e/ou xistosidade de direção NE-SW, mergulhando 40° , preferencialmente para SE (Figura 5.2A). A lineação de estiramento (L_x) apresenta caráter direcional e oblíquo/frontal, e quanto ao caimento varia de sub-horizonta ($<10^\circ$) a médio ângulo (em torno de 35°) (Figura 5.2B). Estes aspectos do comportamento da lineação são melhores visualizados no diagrama de roseta (Figura 5.2C).

Feições cinemáticas nas rochas do Complexo Cruzeta como vergência de dobras intrafoliais centimétricas a métricas (Figura 5.3A) e *boudins* rotacionados (Figura 5.3B) apontam, com frequência, movimentação de massas para NW.

5.1.2. Unidade Algodões

Gnaisses da Unidade Algodões, predominantemente paraderivados, afloram na porção leste da área em contato com litotipos do Complexo Cruzeta. A oeste, aflora um segundo corpo ao longo da zona de cisalhamento de Tauá, em contato tectônico com os migmatitos paraderivados do Complexo Canindé do Ceará.

Na faixa leste, o bandamento gnáissico (S_n) é caracterizado por planos milimétricos a centimétricos, suavemente ondulados e com baixo ângulo de mergulho ($<20^\circ$) para NW (Figura 5.4A). Na faixa oeste seu sentido principal de mergulho é contrário, para o quadrante SE, com ângulo médio de 22° (Figura 5.5A).

Diagramas representativos da lineação de estiramento (L_x) dessas duas faixas estão expressos nas Figuras 5.4B (leste) e 5.5B (oeste). A lineação de estiramento é caracterizada pela deformação de cristais de quartzo e de feldspato, sendo comum o paralelismo entre a lineação (L_x) e a mineral (L_m), esta última definida pelo alinhamento de agregados de biotita.

Para as duas faixas aflorantes da unidade a lineação apresenta caimento sub-horizonta ($<10^\circ$), com predomínio de lineações direcionais sobre oblíquas. A leste a direção preferencial NNE-SSW (Figura 5.4B) e a oeste NNW-SSE (Figura 5.5B). Estas direções gerais, em torno de N-S, para as duas áreas de exposição, são melhores visualizadas nos diagramas de rosetas (Figuras 5.4C e 5.5C).

No limite sul da área, de modo contrário a foliação predominante de baixo ângulo de mergulho (Figura 5.6A), os planos exibem valores mais elevados, superiores a 40° (Figura 5.6B) e são associados a lineações oblíquas. Deste ponto até cerca de 4 km a norte da CE 226, o contato entre a Unidade Algodões e o Complexo Cruzeta é tectônico, marcado pela presença de zona milonítica restrita a poucos metros de espessura, a partir daí cartografado como contato litológico. Na área adjacente, Folha Boa Viagem (ALMEIDA *et al.*, 2008) admitiram que o limite entre estas unidades ocorre através de zona de cavalgamento com movimentação para SE.

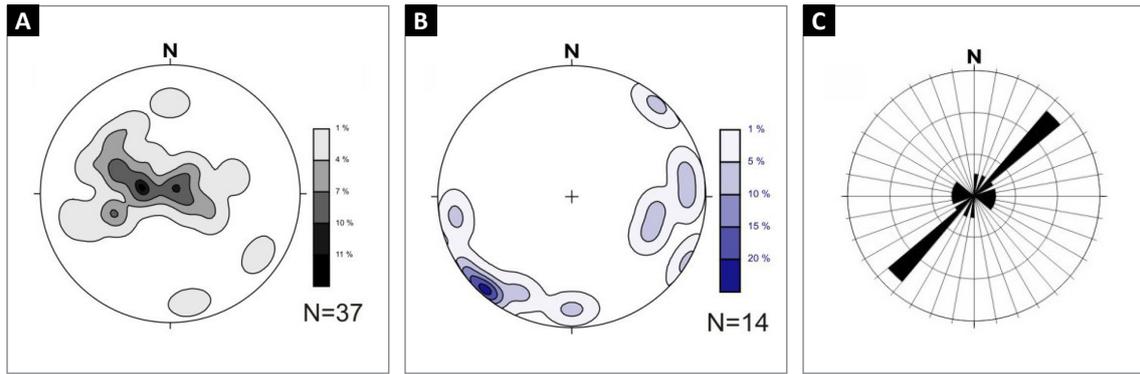


Figura 5.1 - Complexo Cruzeta. (A) Diagrama de polos de foliação (S_n); (B) Estereograma de atitudes de lineação (L_x); (C) Representação em diagrama de roseta de L_x (N=número de medidas).

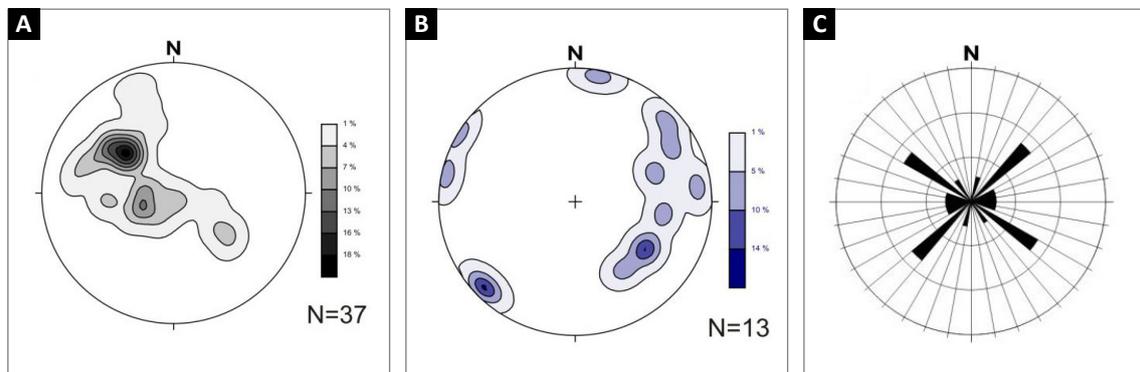


Figura 5.2 - Unidade Tróia. (A) Diagrama de polos de foliação (S_n); (B) Estereograma de atitudes de lineação (L_x); (C) Diagrama de rosetas representativo de L_x (N= número de medidas).

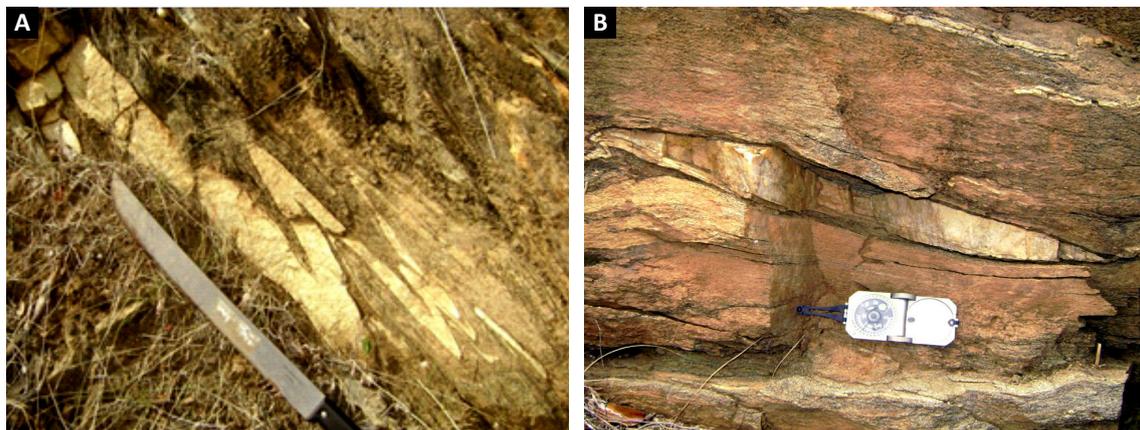


Figura 5.3 - Complexo Cruzeta. (A) Dobras intrafoliais apertadas com vergência para NW (UTM: 9398342, 385834); (B) *Boudin* de quartzo indicando movimentação de topo para NW (UTM: 93989213, 375073).

Os critérios cinemáticos observados nas rochas da Unidade Algodões (na faixa leste da área) não são conclusivos. Próximo ao contato com o Complexo Cruzeta foram observadas indicações de movimentação tanto para NNE, em porfiroclastos de feldspatos assimétricos, quanto para SW, em veios que sofreram encurtamento (Figura 5.7A). Já dobras assimétricas associadas a pequenos porfiroclastos rotacionados indicam sentido de transporte para NW (Figura 5.7B), coerente com o

sentido de movimentação observados em rochas do Complexo Cruzeta.

5.1.3. Complexo Canindé do Ceará

O Complexo Canindé do Ceará é a unidade litoestratigráfica de maior representatividade na Folha Independência, sendo composta por paramigmatitos, e secundariamente por ortomigmatitos.

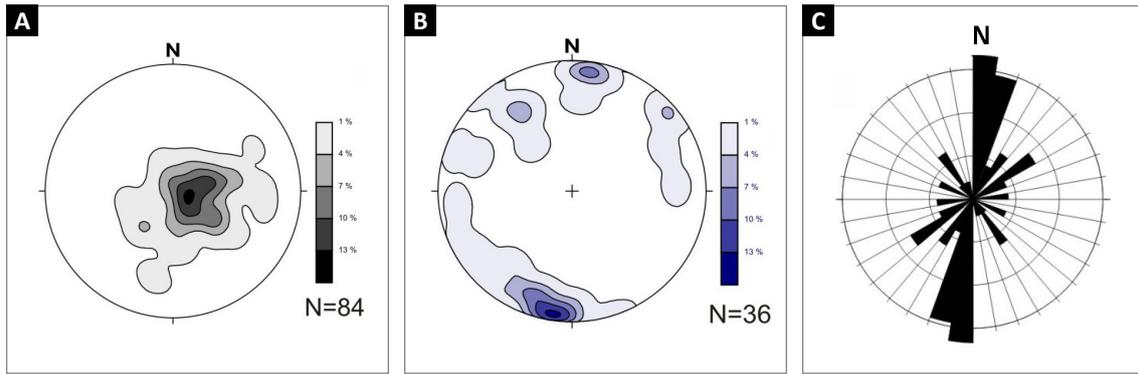


Figura 5.4 - Unidade Algodões – faixa a leste da zona de cisalhamento de Tauá. (A) Diagrama de polos de foliação (S_n); (B) Estereograma de atitudes de lineação (L_x); (C) Diagrama de rosetas indicativo da direção preferencial de L_x (N = número de medidas).

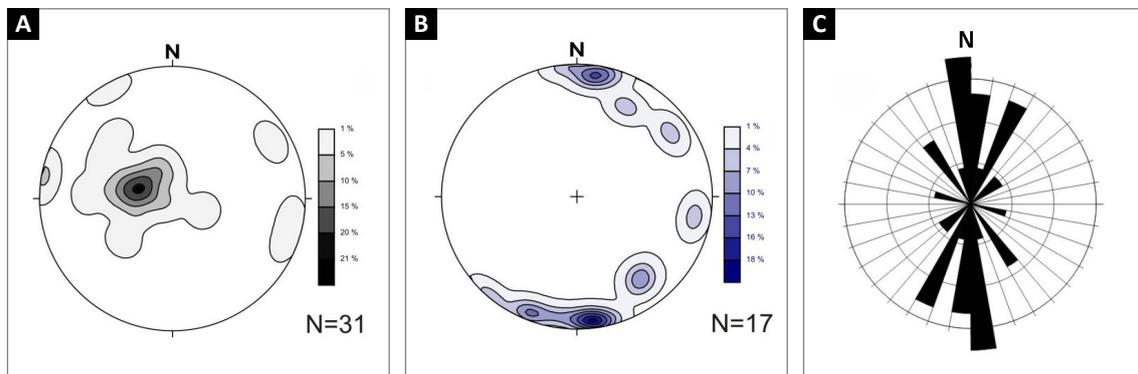


Figura 5.5 - Unidade Algodões – faixa a oeste do contato com as rochas do Complexo Cruzeta. (A) Diagrama de polos de foliação (S_n); (B) Estereograma de atitudes de lineação (L_x); (C) Diagrama de rosetas para os dados de lineação (N = número de medidas).

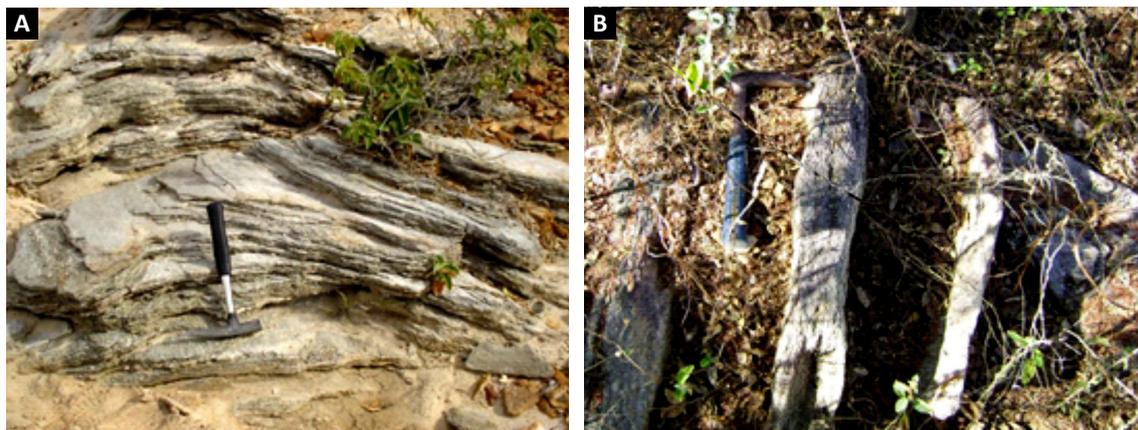


Figura 5.6 - Unidade Algodões. (A) Rochas metassedimentares com baixo ângulo de mergulho, conferindo a foliação um aspecto de suaves ondulações (UTM: 9397396, 368986); (B) Verticalização da foliação nas proximidades da zona de contato entre Complexo Cruzeta e a Unidade Algodões (UTM: 93989213, 375073).

Apesar dos paragneisses migmatíticos (PRcn1) constituir, em termos de área, os litotipos de maior abrangência, não foram coletados dados suficientes para confecção de estereogramas. Para esta unidade observou-se ampla variação tanto na direção do traço de foliação, quanto no ângulo de mergulho dos planos. Provavelmente, as rochas apresentam dobramentos.

Para os migmatitos estromáticos que afloram ao longo da zona de cisalhamento Tauá (Figura 5.8), predomina foliação (S_n+1) de direção N-S, com mergulhos subverticais (polo de concentração máxima em $270Az/03^\circ$, Figura 5.9A). A lineação de estiramento (L_x) associada ao conjunto é sub-horizontal, com caimento principal para SSW (Figura 5.9B), e é direcional (Figura 5.9C).

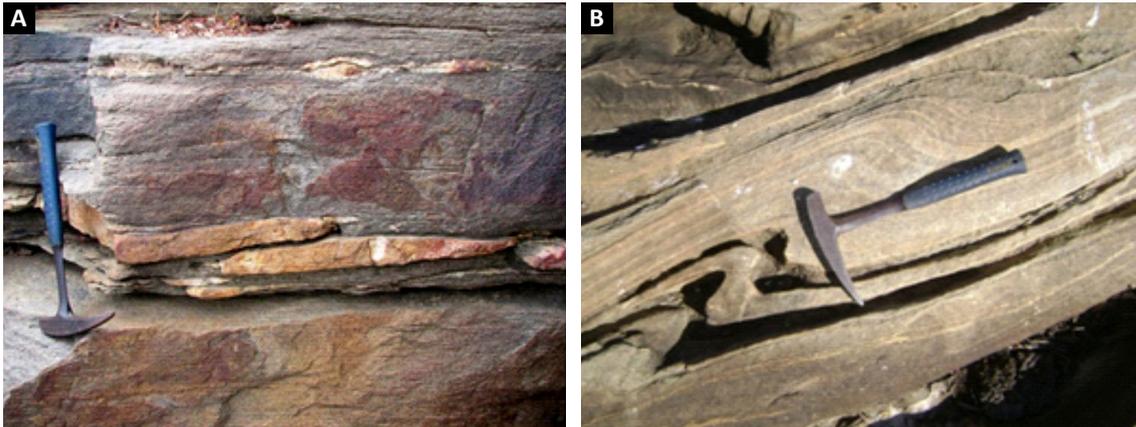


Figura 5.7 - Unidade Algodões. (A) Ortognaisse tonalítico milonítico com veios leucocráticos. Vista perpendicular a lineação (190Az/05°) com indicação de movimentação para SW em corte de estrada (UTM: 9399363, 3707751); (B) Rocha metassedimentar da Unidade Algodões com dobra intrafolial, indicando movimentação para NW, em afloramento em planta (UTM: 375073, 93989213).



Figura 5.8 - Complexo Canindé do Ceará. Foliação verticalizada em paramigmatitos bandados (UTM: 9411820, 343220).

5.1.4. Complexo Ceará - Unidade Independência

A Unidade Independência aflora na porção central da área, em formato em V, em contato com os paramigmatitos do Complexo Canindé do Ceará (PRcn1) por zona cisalhante contracional. Os litotipos paraderivados da Unidade Independência exibem foliação com mergulho médio inferior a 20°, predominantemente para WNW (Figura 5.10A). A presença de polo secundário, indica mergulhos para o quadrante NE, sendo considerado coerente com a configuração espacial da unidade. O estereograma da lineação de estiramento (L_x) (Figura 5.10B), indica linhas com caimento suave (<20°), com ampla variação quanto a direção, ressaltando as direções WNW e NNE (Figura 5.10C), provavelmente tratando-se de lineações frontais e/ou oblíquas as foliações.

Critérios como rotação de cristais e vergência de dobras em diversas escalas (Figuras 5.11A e 5.11B) em rochas da Unidade Independência, são consideradas insuficientes para compor um quadro elucidativo.

Na porção central do “V”, que delinea a principal área da unidade, são observadas movimentações de topo para N e NW, e mais raramente para SE. Esta última sendo considerada a mais coerente com o modelo assumido de zona compressiva.

5.1.5. Complexo Tamboril - Santa Quitéria

O Complexo Tamboril-Santa Quitéria aflora no limite norte da área, sendo afetado a oeste pela zona de cisalhamento transcorrente sinistral Tauá. De forma geral, atitudes medidas neste complexo referem-se à foliação caracterizada por bandas de composição quartzo-feldspática, alternadas com níveis enriquecidos em máficos, normalmente de espessura centimétricas. A depender do litotipo predominante, a foliação é incipiente, muito raramente com uma lineação associada.

As rochas graníticas-gnáissicas migmatíticas aflorante nesta porção da folha são caracterizadas por planos com mergulho médio de 21° para o quadrante NW (Figura 5.12A). Foliações de alto mergulho obtidas, que aparecem com pouca representatividade, possivelmente são atitudes coletadas na área de influência da zona de cisalhamento Tauá.

O diagrama de lineação indica caimento de 13° para WNW, e secundariamente 19° para NE (Figura 5.12B). As variações existentes em torno desses máximos, NW-SE e NE-SW, são visualizadas no diagrama de rose-tas (Figura 5.12C).

5.1.6. Granitoide Pedra Lisa

Os ortognaisses e metagranitoides da unidade Granitoide Pedra Lisa formam estreitos corpos alongados, vezes descontínuos, estruturados segundo a direção da zona de cisalhamento de Tauá. São rochas proto a milonitizadas, frequentemente porfiríticas.

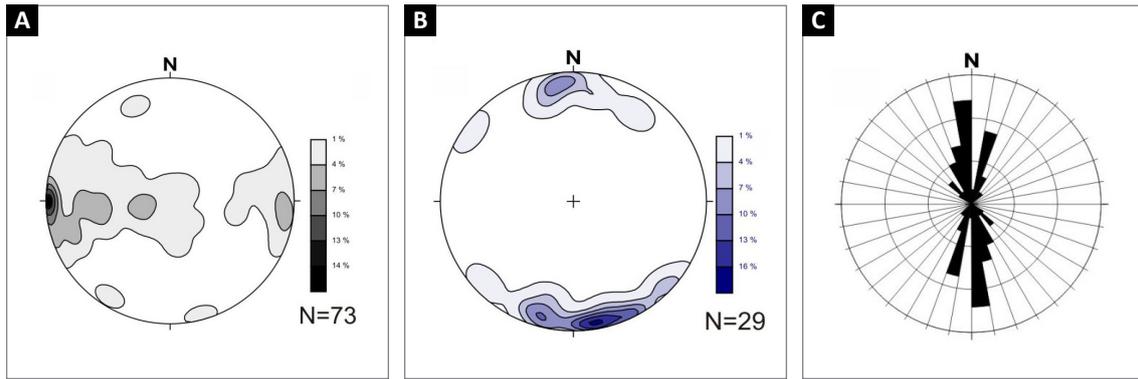


Figura 5.9 - Complexo Canindé do Ceará. (A) Diagrama de polos de foliação (S_n); (B) Estereograma de atitudes de lineação (L_x); (C) Diagrama de rosetas representativo de L_x (N=número de medidas).

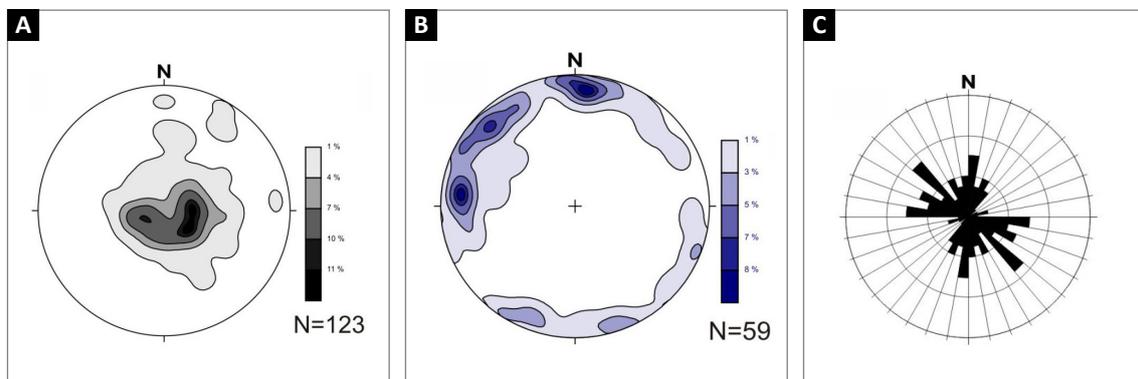


Figura 5.10 - Complexo Ceará – Unidade Independência. (A) Diagrama de polos de foliação (S_n), indicando predomínio de mergulhos médios inferiores a 20° para WNW, e secundariamente para NE; (B) Estereograma de atitudes de lineação (L_x), com predomínio de caimento sub-horizontal NW e NNE; (C) Diagrama de rosetas evidenciando a ampla variação quanto a direção de L_x (N = número de medidas).

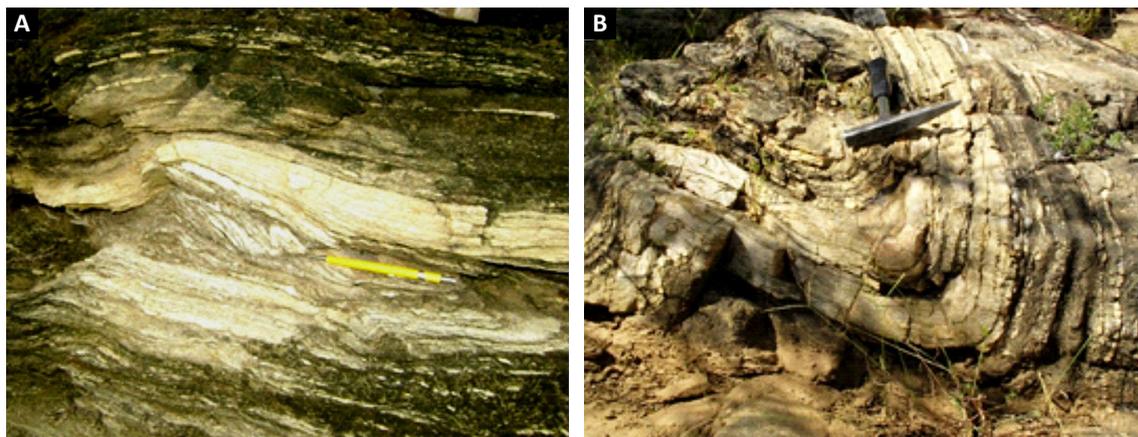


Figura 5.11 - Complexo Ceará – Unidade Independência. (A) Vergência de microdobras indicando movimentação de topo para NW (UTM: 9405355, 360394); (B) Dobramento assimétrico com vergência para NW (UTM: 9405355, 360394).

As rochas desta unidade apresentam foliação ($S_n + 1$) de direção aproximada N-S, com mergulhos subverticalizados a verticalizados (polo de concentração máximo em 270AZ/04°) (Figura 5.13). Atitudes de lineação coletadas são insuficientes para um tratamento estatístico.

No entanto, aspectos de campo sugerem um caráter direcional para as mesmas. Quanto à cinemática, rotação de porfiroclastos (Figuras 5.14A e B) e foliação S/C exibem estatisticamente movimentação sinistral, comportamento amplamente retratado em trabalhos anteriores.

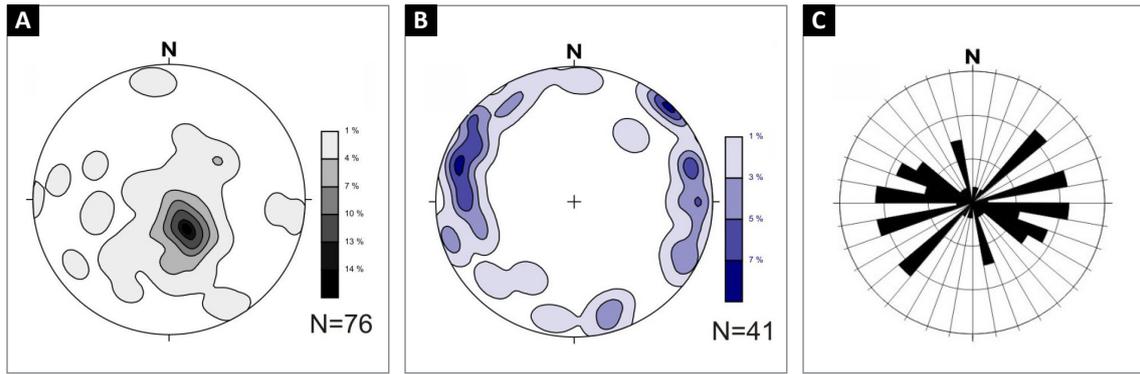


Figura 5.12 - Complexo Tamboril - Santa Quitéria. (A) Diagrama de polos de foliação (S_n), mostrando mergulhos médios de 21° para o quadrante NW; (B) Estereograma de atitudes de lineação (L_x), com predomínio de caimento inferiores a 20° para NW, e secundariamente para NE; (C) Diagrama de rosetas indicando variação de L_x nas direções de NE-SW a NW-SE (N=número de medidas).

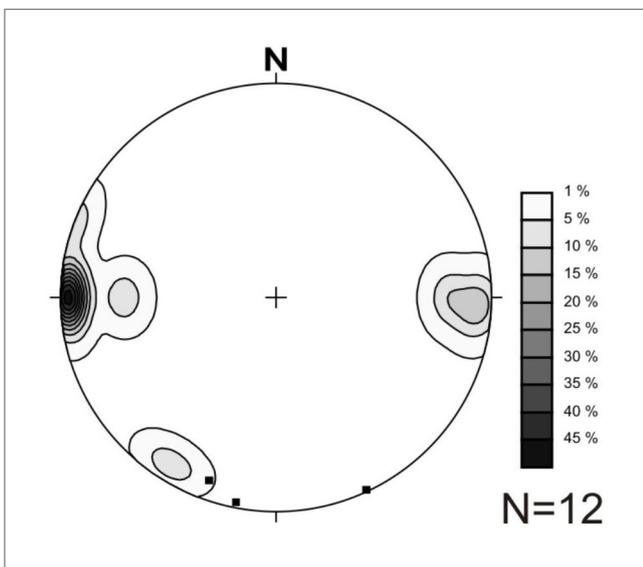


Figura 5.13 - Granitoide Pedra Lisa: Foliação (S_{n+1}) aproximadamente N-S, subverticalizada dos metagranitoides (N = número de medidas e pontos escuros = atitudes de lineação).

5.2. ZONA DE CISALHAMENTO TAUÁ

A zona de cisalhamento de Tauá secciona de norte a sul toda a área da folha, com continuidade para áreas contínuas. A estrutura apresenta traçado sinuoso, segundo a direção aproximada NNW. Marca o contato tectônico entre a Unidade Algodões e o Complexo Canindé do Ceará, e mais a norte afeta as rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria.

Esta estruturação é bem marcada pelas foliações e lineações associadas aos *sheets* graníticos brasileiros tipo Pedra Lisa e nos migmatitos do Complexo Canindé do Ceará, estruturados de modo subvertical a vertical. Estatisticamente predomina movimentação sinistral, identificada principalmente em rotação de porfiroclastos. Em últimos estágios da deformação dúctil-rúptil do Evento Brasileiro, fraturas extensionais, ligadas às

movimentações sinistrais da zona de cisalhamento Tauá, estão associadas ao alojamento das subvulcânicas do enxame dos Diques Guaribas.

A zona de cisalhamento Tauá corresponde a um domínio no qual a deformação é concentrada em relação as unidades adjacentes, com intensidade variadas, delimitando uma área de influência em torno de 4 km.

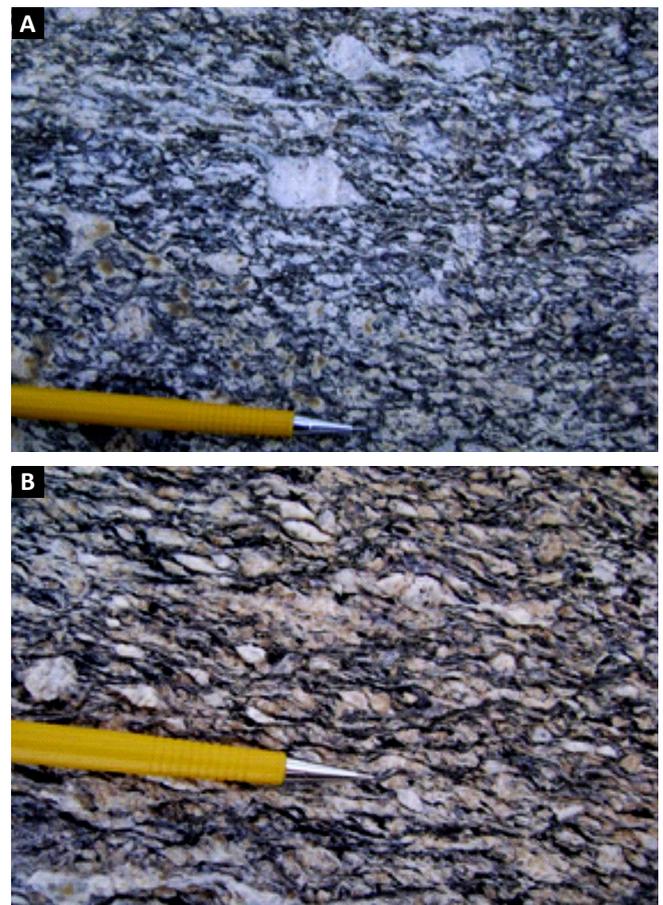


Figura 5.14 - Granitoide Pedra Lisa. (A) Indicação de movimentação sinistral em porfiroclastos de feldspato em metagranitoide porfirítico (UTM: 9440418, 336311); (B) Em detalhe, rotação sinistral em cristais da matriz do metagranitoide.

6. PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

Reconhecimentos geoquímicos em escala 1:100.000 têm, ao longo dos anos e em âmbito mundial, comprovado sua eficácia como ferramenta auxiliar para a investigação geológica regional. Tais levantamentos, realizados por meio da amostragem e análise de materiais secundários como os sedimentos transportados pelas drenagens, tornam possível apontar as diversidades na composição em elementos-traço das litologias ocorrentes em determinada área e nelas localizar indícios de eventuais enriquecimentos, principalmente, de minerais metálicos. Podem ainda indicar a presença de elementos tóxicos à saúde que promovem a degradação do meio ambiente e que, quase sempre, são introduzidos ou disponibilizados na natureza por atividades antrópicas.

6.1. TRABALHOS ANTERIORES

O primeiro trabalho de reconhecimento geoquímico que englobou a Folha Independência foi o Projeto Rio Jaguaribe, em escala 1:500.000 (CAMPOS *et al.*, 1976), envolvendo extensa área, limitada pelas coordenadas 05° a 07° sul e 37° 30' a 40°30' oeste. Neste estudo, foi coletado um total de 1559 amostras de sedimentos ativos de corrente, com área de captação em torno de 30 km², e 924 de concentrados de bateia de material aluvionar, com captações pouco maiores, objetivando identificar províncias geoquímicas e distritos metalíferos. Em toda a área foram delimitados vários compartimentos geoquímicos, possivelmente relacionados a eventos hidrotermais (tactitos, pegmatitos, veios), rochas ultramáficas e sulfetos, sugeridos para pesquisas em maior detalhe.

Por ocasião da realização do Projeto Mapas Metalogênicos e de Previsão de Recursos Minerais da Folha Quixeramobim, escala 1:250.000 (BENEVIDES, 1983), os resultados geoquímicos existentes dessa ampla região foram reinterpretados, dando origem a um mapa temático denominado Carta de Anomalia Geoquímica.

A porção sul da Folha Independência foi coberta ainda pelo Projeto Tauá, em escala 1:100.000 (GOMES; SANTOS; MEDEIROS, 1984), que se estendeu numa área irregular delimitada pelos paralelos 05°25' a 05°45' S e meridianos 39°50' a 40°05' W. Foram coletadas, numa primeira fase desse projeto, 113 amostras de sedimentos com densidade de 1am/3 km² e 45 concentrados de bateia, com densidade de 1am/60 km². Numa segunda fase foram obtidas mais 23 amostras de sedimento de corrente e 22 amostras de concentrado

de bateia em 4 subáreas, totalizando cerca de 200 km². Este projeto teve como objetivo a prospecção e o posterior detalhamento para a verificação da existência de mineralizações de sulfetos de metais base, ouro e elementos do grupo da platina. Dispersões aparentemente significativas de Cr, Ni, Cu, Zn e V detectadas na primeira fase, não foram comprovadas na realização da segunda fase do projeto. Uma área pequena foi recomendada para pesquisa detalhada de ouro, e alguns resultados de metais do grupo da platina não mostraram padrões de distribuição definidos. Foram obtidos também valores altos para cromo, mas o único mineral de minério detectado nos concentrados de bateia foi o de tungstênio (*scheelita*).

As anomalias delineadas pelos projetos acima mencionados na área de abrangência da Folha Independência foram consideradas na interpretação dos resultados deste levantamento geoquímico, sendo mencionadas neste relatório quando relevantes ou efetivamente comprovadas.

6.2. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS ANALÍTICOS

Para o tratamento estatístico dos dados de sedimentos de corrente, os resultados analíticos inferiores ao limite de detecção do método analítico (<menor do que), foram multiplicados pela constante 0,7. Um resultado acima do limite de detecção de cério (>2000) foi substituído pelo valor 3.000. Com o auxílio dos *softwares* GGOBI e SURFER foram examinadas em detalhe as curvas de frequência dos elementos mais importantes, objetivando individualizar eventuais populações de valores com distintas ascendências, e gerar os respectivos mapas de distribuição.

A Tabela 6.1 contém o número de resultados definidos, os resultados mínimos e máximos e os valores correspondentes aos quartis 25%, 50% (mediana) e 75% da frequência acumulada, para cada elemento analisado nos sedimentos de corrente. Nela também constam os valores do percentil 97,5% que podem ser considerados como sendo limiar de possíveis anomalias, as discontinuidades (*gap*) observadas no extremo do ramo das maiores concentrações de cada uma das distribuições (tomadas como limiar de anomalias prováveis), e o número de resultados analíticos encontrados acima delas. A Figura 6.1 ilustra, na forma de gráficos *box-whiskers*, as distribuições dos resultados de todos os elementos analisados.

Tabela 6.1 - Resultados analíticos e parâmetros da distribuição das análises.

DETECÇÃO		VALOR		VALOR	PERCENTIL	MEDIANA	PERCENTIL	PERCENTIL	GAP	VALORES
		MÍNIMO	MÁXIMO	25%	50%	75%	97,50%	VISUAL	> GAP	
Ag	ppb	383	4	66	10	13	16	26	40	3
Al	%	383	0,22	3,71	0,8	1,01	1,26	2,08	3,5	1
As	ppm	232	< 0,1	16,7	< 0,1	0,1	0,4	4,1	7	3
Au	ppb	316	< 0,2	27,3	0,3	0,5	1	4,3	10	2
B	ppm	349	< 1	18	2	3	4	9	15	1
Ba	ppm	383	39,7	337,7	80	108,5	138,8	231,4		
Be	ppm	383	0,1	1,3	0,3	0,4	0,6	1		
Bi	ppm	377	< 0,02	0,54	0,04	0,05	0,07	0,2	0,4	1
Ca	%	383	0,03	2,67	0,15	0,22	0,31	0,85	2	3
Cd	ppm	329	< 0,01	0,08	0,01	0,02	0,02	0,05	0,07	1
Ce	ppm	382	10,6	> 2000	67,3	134,1	276,2	1202,8	1600	5
Co	ppm	383	1,2	26,9	5,5	7,5	9,4	16,6	25	1
Cr	ppm	383	3,9	118,7	18,9	25,9	37,4	77,9		
Cs	ppm	383	0,16	4,79	0,71	1,05	1,44	3,22		
Cu	ppm	383	5,81	54,41	12,06	15,02	18,66	34,14	50	1
Fe	%	383	0,37	6,92	1,14	1,46	1,81	3,09	6	1
Ga	ppm	381	< 0,1	14	2,8	3,7	4,7	7,7	10	3
Ge	ppm	109	< 0,1	1,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,5	1	1
Hf	ppm	383	0,02	0,18	0,04	0,05	0,07	0,13	0,17	3
Hg	ppb	127	< 5	30	< 5	< 5	5	12	20	1
In	ppm	236	< 0,02	0,07	< 0,02	0,02	0,02	0,04		
K	%	383	0,07	1,29	0,2	0,27	0,36	0,72	1,2	1
La	ppm	383	4,9	1434,7	33,1	67,5	134,5	554,5	700	5
Li	ppm	383	1,5	33,2	5,6	7,6	10,4	20	32	1
Mg	%	383	0,02	1,32	0,21	0,29	0,39	0,68	0,9	5
Mn	ppm	383	83	2591	243	321	432	976	1500	3
Mo	ppm	383	0,07	1,25	0,16	0,19	0,24	0,42	0,7	1
Na	%	383	0,006	1,565	0,018	0,026	0,036	0,161	0,7	1
Nb	ppm	383	0,11	4,51	0,74	1	1,34	2,92		
Ni	ppm	383	1,6	58,7	8,2	11,6	16,5	34,5		
P	%	383	0,008	0,226	0,027	0,039	0,057	0,169		
Pb	ppm	383	1,41	45,95	5,43	7,87	9,87	19,21	40	1
Pd	ppb	0	< 10	< 10						
Pt	ppb	20	< 2	3					3	1
Rb	ppm	383	5,1	99,4	18,5	25,4	34,3	72,1		
Re	ppb	46	< 1	2					2	2
S	%	111	< 0,01	0,24	< 0,01	< 0,01	0,01	0,05	0,2	1
Sb	ppm	339	< 0,02	0,75	0,02	0,02	0,03	0,08	0,2	2
Sc	ppm	383	0,6	11,3	2,3	3,1	4	7	10	1
Se	ppm	371	< 0,1	0,7	0,1	0,2	0,3	0,5		
Sn	ppm	383	0,2	2,5	0,5	0,7	1	1,8		
Sr	ppm	383	5,6	144,8	15,5	21,6	29,6	69,9	120	3
Ta	ppm	0	< 0,05	< 0,05						

Continua

Tabela 6.1 - Resultados analíticos e parâmetros da distribuição das análises (continuação).

DETECÇÃO		VALOR		PERCENTIL		MEDIANA	PERCENTIL	PERCENTIL	GAP	VALORES
		MÍNIMO	MÁXIMO	25%	50%	75%	97,50%	VISUAL	> GAP	
Te	ppm	29	< 0,02	0,05					0,05	1
Th	ppm	383	1	686	9,9	24,9	53,6	223,4	340	3
Ti	%	383	0,009	0,246	0,057	0,08	0,1	0,192	0,24	1
Tl	ppm	383	0,04	0,58	0,1	0,14	0,18	0,4		
U	ppm	383	0,2	69	1	2,2	5,1	21,6	50	1
V	ppm	383	5	192	19	27	36	76	100	3
W	ppm	4	< 0,1	1,3					1	1
Y	ppm	383	3,47	157,54	8,88	13,11	19,69	55,45	100	1
Zn	ppm	383	4,2	86,2	17,5	23,2	29,7	53,4	70	3
Zr	ppm	388	0,5	6,6	1,2	1,5	2,1	4,1		

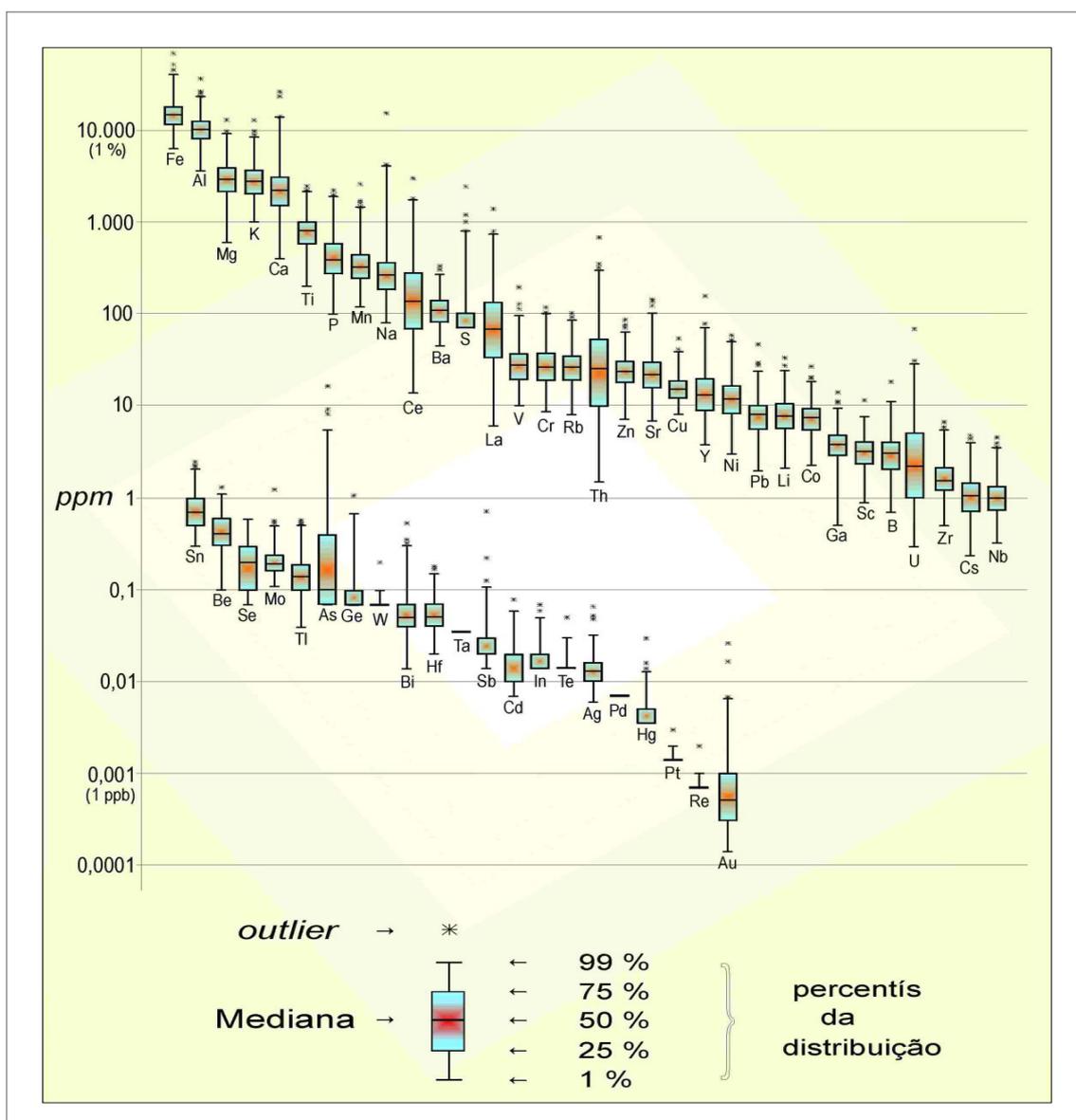


Figura 6.1 - Distribuição (*box – whiskers*) dos resultados analíticos de elementos químicos em sedimentos de corrente da Folha Independência.

As relações entre os elementos químicos foram averiguadas com o *software Statistica*, por meio de matrizes de correlações paramétricas e não-paramétricas, culminando com a realização de análise de fatores – principais componentes (PCA).

Os resultados das análises mineralógicas dos concentrados de bateia não foram submetidos a tratamento estatístico. Foram identificados 24 minerais pesados, que são listados e têm suas abundâncias graficamente representadas por histogramas na Figura 6.2.

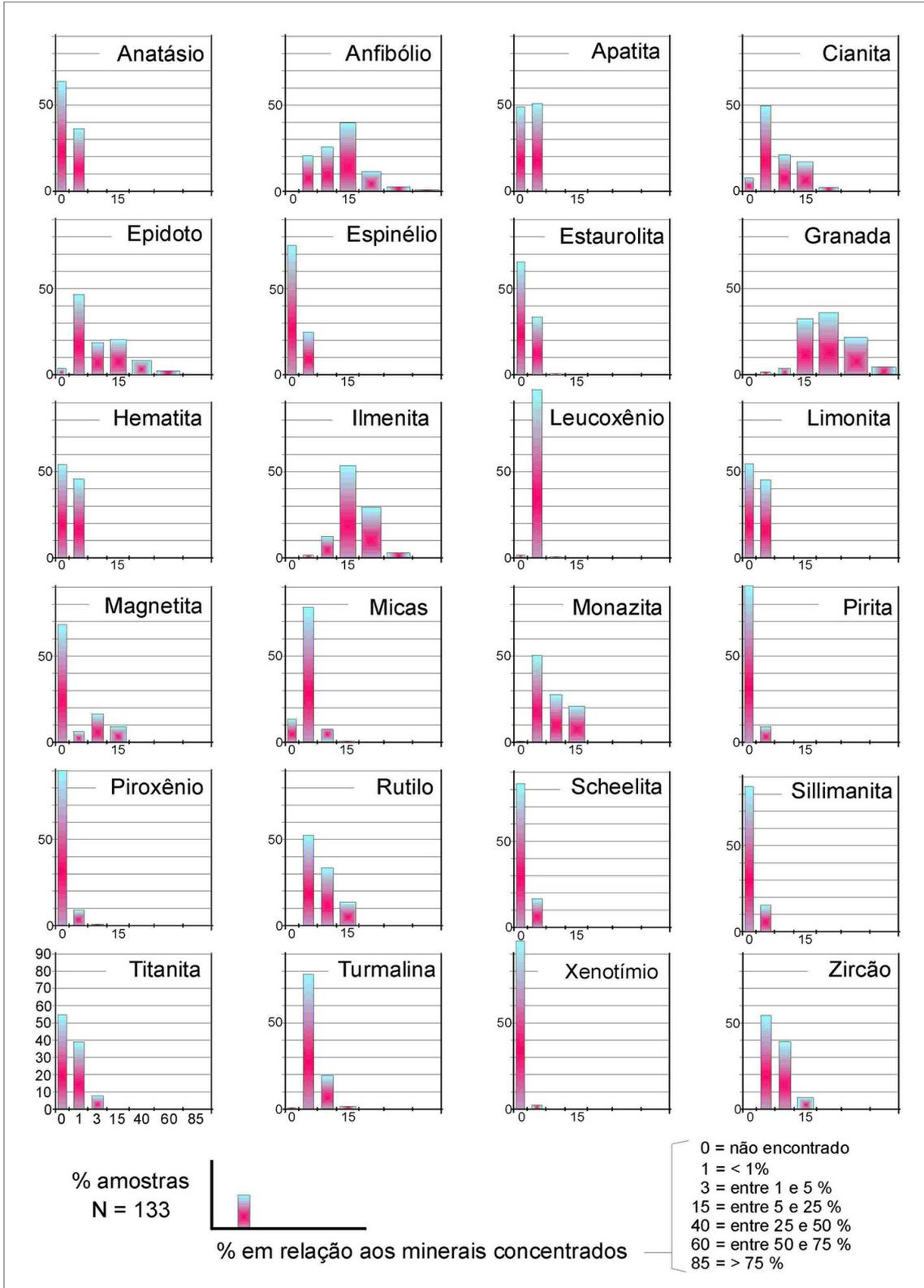


Figura 6.2 - Frequência e proporção de minerais pesados em concentrados de bateia de material aluvionar.

6.2.1. Variância de amostragem e analítica

A verificação da variabilidade de dados devida aos procedimentos de amostragem e os de análise, combinadas, foi realizada a partir dos resultados de 36 amostras de sedimentos e de suas respectivas réplicas de campo, a distâncias inferiores a 100 metros ao longo do curso dos rios e riachos.

A variação nos resultados entre os indivíduos desses pares de amostras pode ser atribuída a um fator natural, representado pela diferença de material nas drenagens no intervalo de distância mencionado. Também pode ser atribuído a fatores introduzidos como a influência/preferência do profissional na coleta, acrescido dos procedimentos de preparação e análise geoquímica de cada uma das amostras.

Os resultados analíticos dos 36 pares de amostras, tendo substituídos seus eventuais qualificadores, foram submetidos ao teste estatístico *t* entre pares dependentes e aos testes não paramétricos “*Sign test*” e Wilcoxon “*matched pairs test*”, realizados com o *software Statistica*. Não foram verificados os elementos Pd, Pt, Re, Ta, Te e W que apresentaram a quase totalidade dos resultados inferiores aos respectivos níveis de detecção.

Os resultados desses testes, para todos os elementos examinados, comprovaram não haver diferença significativa entre as amostras de rotina e as respectivas réplicas de campo ao nível de significância de 0,05. Dessa forma, a variância de amostragem mais análise é considerada muito pequena em relação à variação natural dos teores dos elementos nas amostras, e os resultados analíticos das amostras colhidas são, portanto, confiáveis e aptos para o processamento estatístico.

6.3. RESULTADOS

Neste item serão abordados o panorama geoquímica regional, as associações geoquímicas, os resultados elevados e as anomalias mais significantes.

6.3.1. Panorama geoquímico regional

O exame visual de histogramas dos elementos químicos avaliados (não são aqui apresentados) sugere que os resultados analíticos da grande maioria deles tendem a ajustar-se a modelos de população única, normais, com apenas alguns teores mais altos, isolados. Constituem exceção os elementos B, Ba, Cr, Cs, Mg, Ni e Ti, que mostram a provável presença de duas ou mais populações, denunciadas por irregularidades bastante acentuadas nas suas respectivas curvas de frequência.

Essa relativa homogeneidade e normalidade de distribuições de valores encontrada nos gráficos dos sedimentos de corrente são, contrastantes, com a expectativa de amplas diferenças, devido à diversidade litológica aflorante na região, bem como à extensa área levantada.

Tal fato pode ser explicado pelo arranjo e recortes na distribuição geográfica dessas rochas, pois, com exceção dos metassedimentos da unidade Complexo Canindé do Ceará que cobrem mais de 50% da folha, esta situação permite a mescla de diferentes influências nas amostras de sedimentos aluviais, mesmo que estes sejam derivados de pequenas áreas de captação. Outro fator importante a ser considerado é que a análise das amostras foi com extração química por água régia, que por não ser total para muitos dos minerais formadores de rochas, mostra-se inadequada para levantamentos regionais multielementares em áreas de pouco ou nenhum intemperismo químico e quase total ausência de dispersão hidromórfica (caso da área da folha estudada).

A comparação das distribuições dos resultados analíticos dos sedimentos de corrente com as unidades litológicas cartografadas (mapa geológico simplificado, Figura 6.3) é apresentada, em escala reduzida, nas Figuras 6.4, 6.5 e 6.6. As concentrações dos elementos são simbolizadas por intervalos de frequência, tornando-os comparáveis entre si. Ressalta-se que o mapa de referência se encontra bastante simplificado, apresentando somente as principais unidades litológicas. Deve-se considerar que os sedimentos aluviais representados por pontos nos mapas são, na realidade, materiais compostos provenientes das respectivas bacias ou áreas de captação, situadas a montante de cada um desses locais sinalizados.

Na primeira inspeção já se constata que, em geral, às grandes feições geológicas não correspondem faixas bem definidas de teores em elementos-traço, ou seja, os valores assemelham-se e as variações detectadas no quimismo dos sedimentos aluviais coletados no domínio de cada unidade influente são geralmente mais expressivas do que as variações observadas entre essas mesmas unidades.

O exemplo notável e marcante é a diversidade composicional entre os sedimentos de corrente coletados na porção nordeste da folha e os obtidos no restante da área, sob domínio das rochas metassedimentares do Complexo Canindé do Ceará, tendo como limite entre essas zonas uma larga faixa intensamente cortada por diques ácidos de direção NW-SW (Diques Guaribas).

A carta geológica indica que a diferença existente entre as rochas deste complexo, não é a composição mineralógica essencial, sendo exclusivamente devida ao grau metamórfico regional, maior no sentido NE. Sob esta ótica, os resultados geoquímicos dos sedimentos podem representar, alternativa ou conjuntamente, diferentes proporções dos litotipos que compõem essa unidade estratigráfica ou diferentes graus de facilidade à alteração intempérica. É lícito supor que os minerais submetidos a maiores pressões e temperaturas pelo metamorfismo regional, em rochas agora à superfície, são mais facilmente alteráveis sob uma mesma condição intempérica e, conseqüentemente, mais fortemente atacados por ácidos.

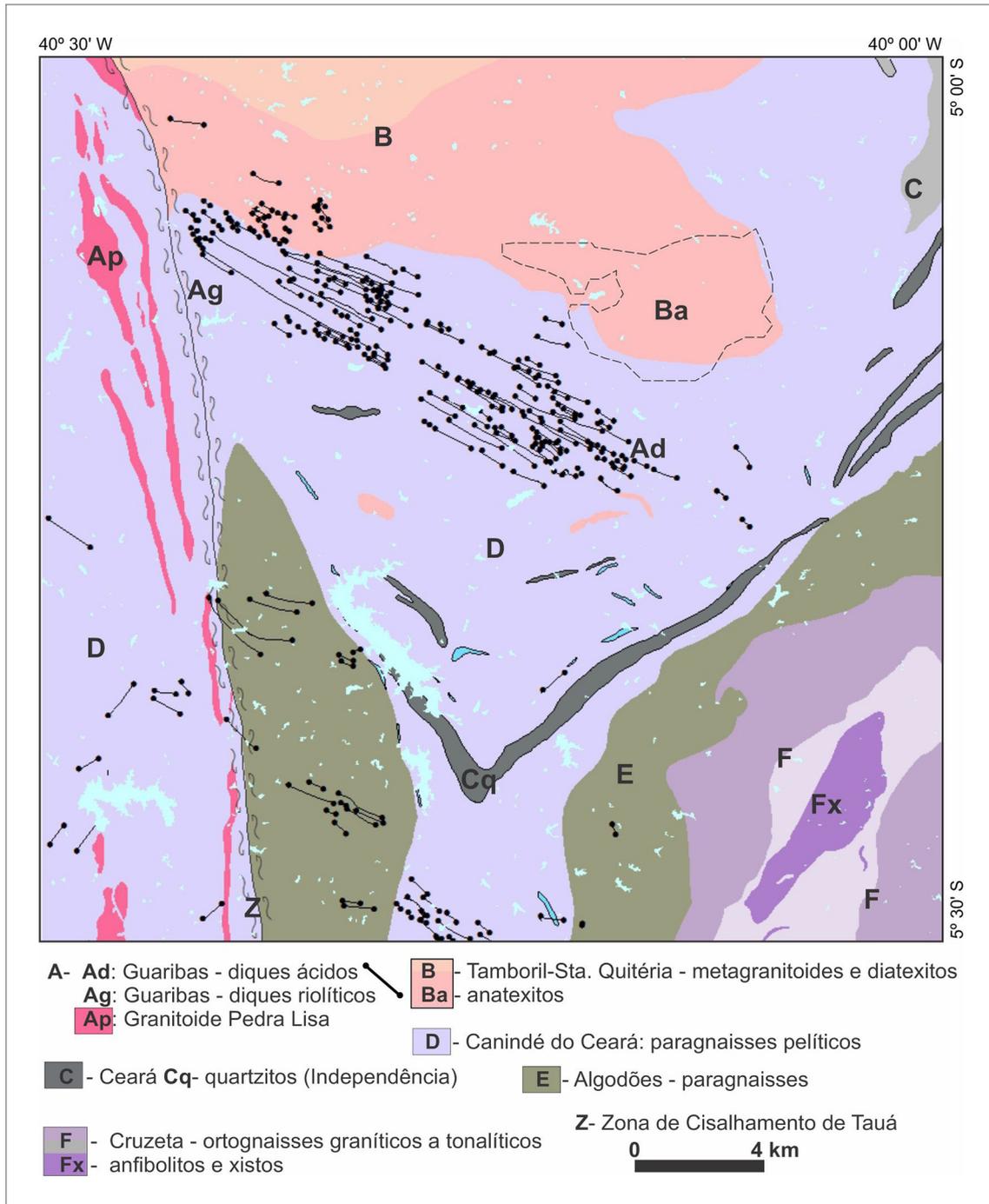


Figura 6.3 - Mapa geológico simplificado da Folha Independência

O caráter parcial seletivo do ataque químico por água régia em minerais formadores de rochas, com maior extração quanto maior a alteração de um mesmo mineral foi bem demonstrado por Foster (1973).

Com a ressalva dos aspectos acima salientados, a distribuição dos teores dos elementos nos sedimentos aluviais permite a montagem de um quadro de abundâncias e deficiências relativas, contendo as unidades geológicas simplificadas consideradas (em negrito a simbologia usada no mapa) e os elementos químicos analisados (Quadro 6.1). Os elementos que aparentam

melhor caracterizar as unidades estão anotados em negrito, exceto aqueles relacionados nas regiões de ocorrência do Complexo Canindé do Ceará não diferenciado. Acreditar-se razoável a discriminação obtida, fundamentada na afinidade primária dos elementos traço analisados.

A unidade **A** é bem caracterizada nos sedimentos aluviais, que apresentam maiores concentrações de elementos afins a minerais essenciais e acessórios constituintes de rochas ácidas e deficiência naqueles de rochas máficas.

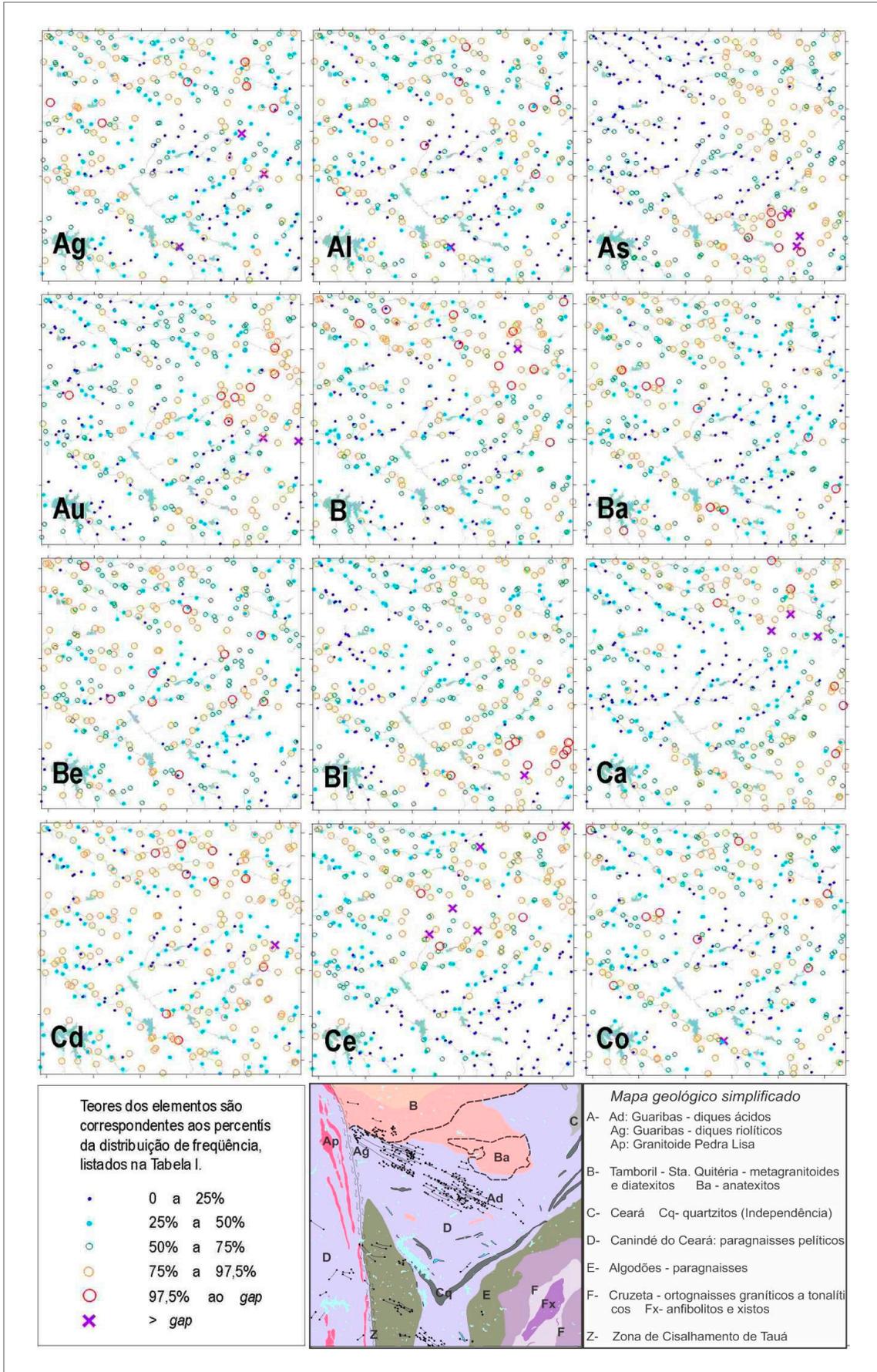


Figura 6.4 - Distribuição geográfica dos resultados analíticos de Ag a Co de amostras de sedimentos de corrente. Porção inferior, Folha Independência, contendo mapa geológico simplificado da Figura 6.3.

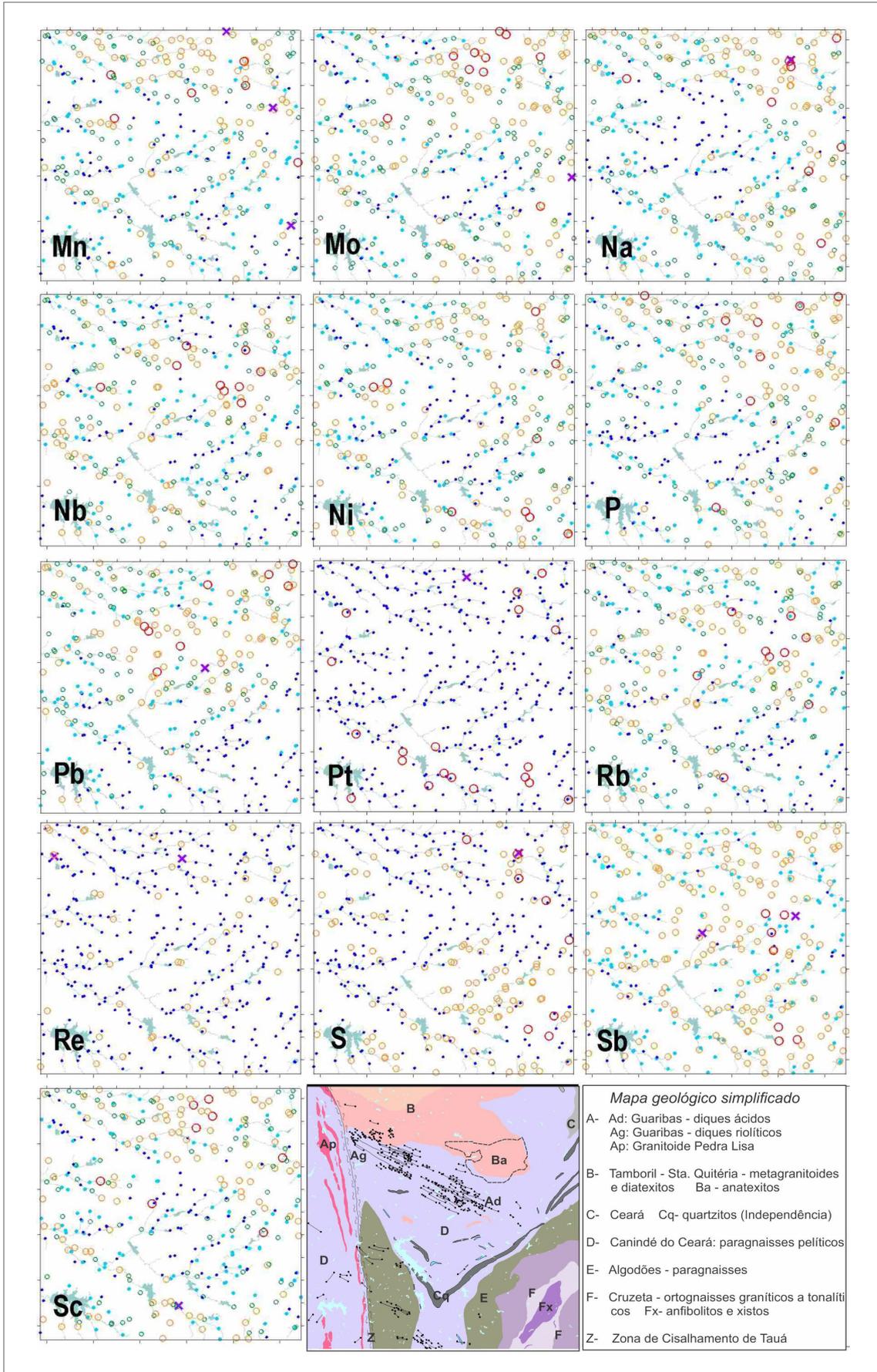


Figura 6.5 - Distribuição geográfica dos resultados analíticos de Mn a Sc de amostras de sedimentos de corrente. Teores como na Figura 6.3. Porção inferior, Folha Independência, contendo mapa geológico simplificado da Figura 6.3.

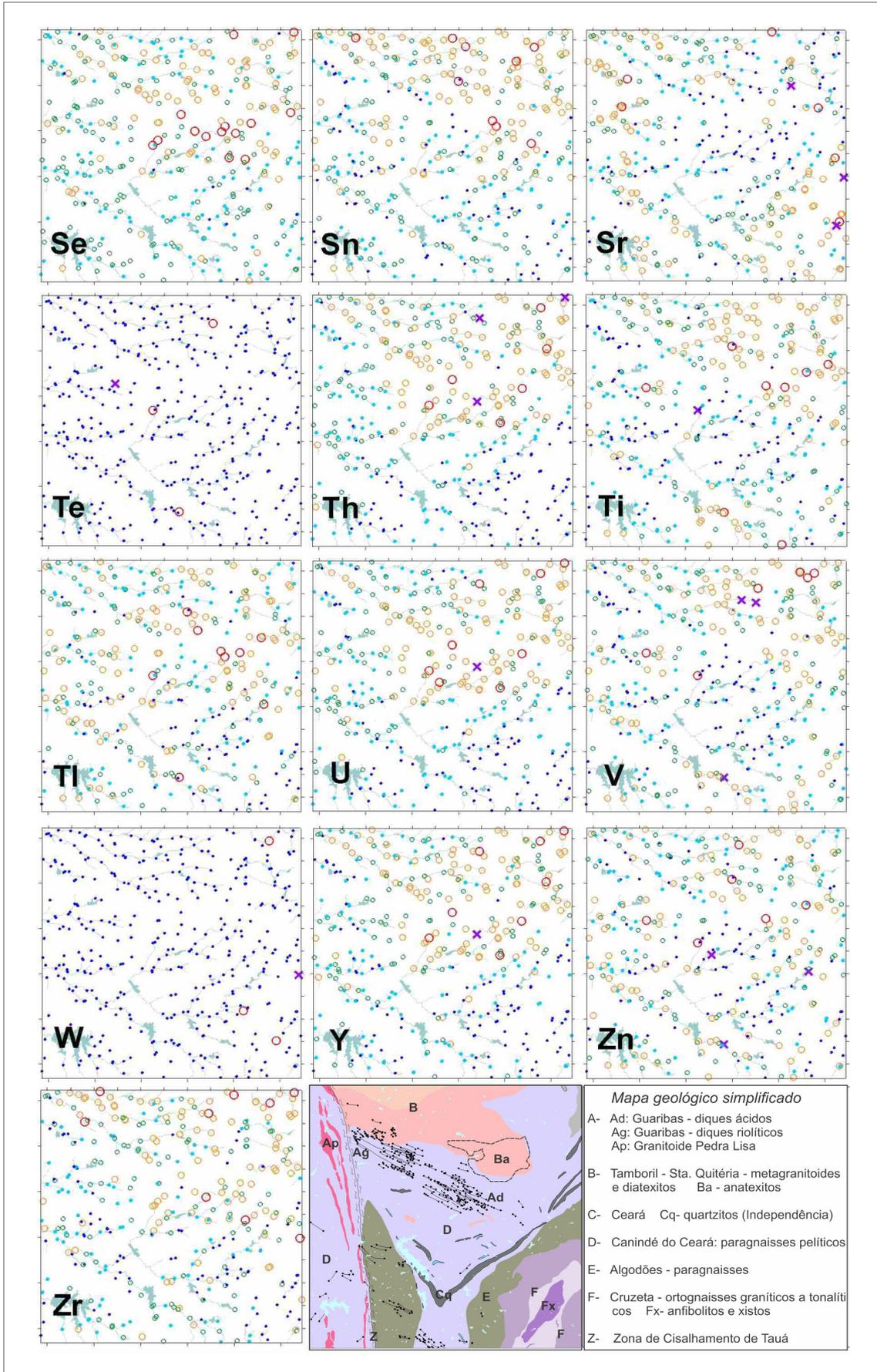


Figura 6.6 - Distribuição geográfica dos resultados analíticos de Se a Zr de amostras de sedimentos de corrente. Teores como na Figura 6.3. Porção inferior, Folha Independência, contendo mapa geológico simplificado da Figura 6.3.

Quadro 6.1 - Abundâncias e deficiências relativas, contendo as unidades geológicas simplificadas consideradas e os elementos químicos analisados.

UNIDADE GEOLÓGICA SIMPLIFICADA (LITOTIPOS OU REGIÕES)		ABUNDANTES	DEFICIENTES	
A	Ad - Guaribas (diques ácidos)	Ce, Ge, Hg, La, Pb, Th, U, Y	Ca, Cr, Cu, Fe, Mg, Na, Ni	
	Ag - Guaribas (diques riolíticos)	B, Sr	Ca	
	Ap - Granitoide Pedra Lisa	Nb		
B	Complexo Tamboril-Sta. Quitéria	Cd, Hf , Mn, Sc, Sn, Zr	As , Au, Mo	
	Ba – anatexitos	Al, As , B, Be, Bi, Ca, Cd, Cs, Ga, In, K, Li, Nb, P, Pb, Rb, Se, Sn, Ti, Tl, Zn	Hg	
C	Complexo Ceará (Independência) Cq – quartzitos			
D	Complexo Canindé do Ceará	Região nordeste da folha		
		Região leste da folha	Au, B, Ce, Fe, Ge, La, Mo, Ni, P, Pb, S, Sc, Th, Ti, U, V, Y	
		Região oeste da folha	Ba, Be, Co, Cr, Mn, Ni	
		Região central da folha		Ag, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Li, Mg, P, Sc, Sr
		Região sul da folha	Co, Fe, Pt	B
E	Unidade Algodões - paragneisses		Ag, Al, Be, Ce , Fe, Hg, In , Ca, Mn, Mo, Nb, Pb , Rb, Sn, Th, Tl, U, Y , Zn, Zr	
F	Complexo Cruzeta	(Ca, Sr)	Ba, Be, Ce , Hg, In, K, La, Mn, Nb, Pb, Rb , Se, Sn, Th, Tl, U, Y , Zn, Zr	
	Fx - anfibolitos e cianita xistos	As, Au, B, Bi, Co, Cr, Cs , Cu, Li, Na, Ni, Pt, S	Ba, Be, Ce , Hg, In, La, Nb, Pb , Rb, Se, Sn, Th, U, V, Y, Zr	
Z	Zona de cisalhamento de Tauá		Au, Bi , Cs, In, P, Ti, U, Y	
Distribuição indefinida: Re, Sb, Te, W				

Nesse quadro, os acessórios monazita e allanita podem propiciar as altas concentrações dos elementos de terras raras observados nos materiais provenientes dos diques ácidos (**Ad**), os elementos componentes de micas com origem nos diques riolíticos (**Ag**) e o litófilo nióbio, típico de fases ácidas residuais, no Granitoide Pedra Lisa (**Ap**).

O Complexo Tamboril - Santa Quitéria (unidade **B**) destaca-se por apresentar nos sedimentos maior abundância do par de elementos Hf – Zr, típicos constituintes do mineral zircão, enriquecidos nas porções leste e oeste da sua área de abrangência. Os demais elementos ressaltados distribuem-se na região leste, mostrando continuidade e se estendendo avançando sobre o domínio do Complexo Canindé do Ceará (**C**), não sendo discernível o limite entre as unidades envolvidas. Já os sedimentos derivados da região que ocorrem os anatexitos (**Ba**) do Complexo Tamboril – Santa Quitéria, na porção centro-nordeste, revelaram-se em ampla gama de elementos químicos predominantemente ligados a minerais típicos de litologias ácidas.

Os sedimentos de corrente coletados no domínio do Complexo Canindé do Ceará (unidade **D**) sobressaem por conter maiores concentrações de quase todos os

elementos computados. No extremo norte-nordeste da folha é observado o maior número deles, muitas vezes encontrados nas amostras do material aluvionar colhido nas drenagens que correm já no âmbito da unidade **B**, a jusante. A fronteira é difusa e a listagem junta elementos de múltiplas ascendências. Na região leste o número é menor e a reunião que predomina parece derivar principalmente de minerais acessórios comuns em rochas ácidas a intermediárias, com algum sulfeto e indício de metais preciosos, enquanto que a oeste prevalecem elementos de afinidade a rochas máficas. Na porção central da folha os sedimentos de corrente são relativamente deficitários em vários elementos-traço e finalmente a sul, sempre no domínio do Complexo Canindé do Ceará não diferenciado, há abundância de três elementos característicos de estirpe máfica. Os sedimentos de corrente coletados na faixa do Complexo Canindé do Ceará afetada tectonicamente, denominada zona de cisalhamento de Tauá (**Z**), são caracterizados apenas pela deficiência relativa de alguns dos elementos analisados.

Na Unidade Independência (**Cq**), do Complexo Ceará, registra normalidade nas concentrações relativas dos elementos-traço no material aluvionar.

Na porção sudeste da folha, onde ocorre a Unidade Algodões, são observadas menores proporções de vários elementos componentes de minerais de rochas ácidas, comportamento este que é igualmente verificado nos sedimentos colhidos na zona de paragneisses diversos e ortogneisses que ocorrem na região **E**, onde não há registro de teores relativos elevados.

Quanto à região do domínio do Complexo Cruzeta (unidade **F**), aparentemente possui nos sedimentos maior proporção de Ca e Sr e depleção em vários elementos, sendo que na unidade **Fx** é fortemente marcada por maiores concentrações relativas de elementos de afinidades a metais preciosos, minerais fêmicos e sulfetos, ligados aos anfibólitos e xistos que ali ocorrem com certo predomínio.

As distribuições dos minerais pesados resistidos apurados nos concentrados de bateia é menos marcada em comparação aos elementos-traço de sedimentos de corrente. Isto ocorre pela menor quantidade de amostras e à inferior categoria de seus resultados analíticos, obtidos por meio de identificação visual de baixa resolução por investigar pequeno número de grãos em cada amostra.

Como consequência deste último aspecto, resultados < 1% (que pode significar apenas um grão na amostra) devem ser considerados pouco discriminatórios em relação à ausência dos mesmos minerais nas amostras, especialmente aqueles menos comuns. Por esse motivo, não são aqui comentadas as regiões e unidades geológicas com aparente ausência ou não-detecção daqueles minerais com baixo contraste de resultados.

Nos histogramas da Figura 6.2 vistos anteriormente observam-se que poucos minerais foram encontrados em abundância maior do que 1%, e os mapas de distribuição (Figuras 6.7 e 6.8) mostram as concentrações de todos os minerais pesados obtidas nas amostras coletadas. Ressalva-se que, igual aos sedimentos, os pontos representam áreas de contribuição a montante.

Anfibólitos e epidotos são mais abundantes na faixa de ocorrência da Unidade Algodões (**E**), podendo eventualmente ter contribuição do Complexo Cruzeta (**F**), que se situa a montante na maior parte das drenagens que a percorre. A Monazita mostra uma zona de enriquecimento na porção central da folha, centrada no enxame de diques ácidos (**Ad**) e rutilo predomina logo a oeste, em domínio do Complexo Canindé do Ceará (**D**). Por fim, *scheelita* parece marcar o Complexo Cruzeta (**F**), no extremo sudeste da folha, com teores < 1%, embora não se tenha indícios de minério de tungstênio nessa região. Devem-se citar ainda os minerais acessórios granada e ilmenita por apresentar altas concentrações na porção setentrional da folha e, o mineral cianita na porção meridional, sem aparente ligação preferencial com alguma unidade geológica. Os outros minerais determinados nos concentrados de bateia encontram-se espalhados irregularmente, não sendo restritos a quaisquer das unidades referenciadas.

6.3.2. Associações geoquímicas

As correlações entre os elementos químicos analisados, calculadas pelo método paramétrico (*Pearson r*) são praticamente idênticas àquelas obtidas pelo método de ordenação (*Spearman Rank*), excetuando-se inexpressivas variações dos coeficientes e por apresentar valores menores, o que assegura fidelidade na montagem dos agrupamentos elementares que ocorrem nos sedimentos das drenagens da Folha Independência.

No mais alto nível de relacionamento, com coeficientes de correlação maior do que 0,9 e de determinação r^2 maior do que 0,8, pode-se distinguir 5 famílias, cuja distribuição geográfica preferencial foi averiguada por meio da extração dos escores na análise de principais componentes:

(i) Associação Al-Ga-K-Rb-Tl-Zn - Corresponde a K-feldspatos, minerais constituintes essenciais da maioria das rochas que ocorre na região e também seus produtos de alteração, especialmente argilas do tipo illita. Os elementos Ag, Ba, Be, Co, In e Nb, de afinidade a rochas de caráter ácido com exceção do cobalto, são a ela ligados secundariamente. Os elementos Al, Ga e Zn, ligados às argilas, possuem relações bastante fortes com a família fêmica, que será descrita no item c. Tem ênfase no centro leste da folha, em ampla faixa que abrange o Complexo Canindé do Ceará (**D**) (Figura 6.3) e a porção sudeste do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (**Ba**) (Figura 6.3), da vila de Ematuba para leste, atingindo os lugarejos de Azevedo, Santana e para norte até próximo do povoado de Barreiros, e também na parte noroeste desse corpo geológico, na região de Cacimba Nova e Riacho Verde. Outros locais onde se destaca, com menor expressividade, são nas regiões de Contendas (leste) e Brilhante (sul da folha), em substrato de paragneisses da Unidade Algodões (**E**) (Figura 6.3), no centro-oeste próximo a Jericó e a sudoeste na região de Santa Maria, ambos no domínio do Complexo Canindé do Ceará;

(ii) Associação Cs-Li - Encontra-se ligada à família descrita acima, sendo constituída por elementos-traço característicos das micas muscovita e biotita; o elemento estanho possui fraca afinidade com esse par e também, no mesmo nível, com a família a seguir descrita. Os valores maiores dos escores são encontrados em dois núcleos restritos no extremo sudeste da folha, nas localidades de Tecelão e Queimadas, ambas sob influência dos anfibólitos e cianita xistos do Complexo Cruzeta (**Fx**) (Figura 6.3) e outro núcleo logo a norte da vila de Ematuba em terrenos do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (**Ba**) (Figura 6.3), onde coincide com a primeira associação comentada;

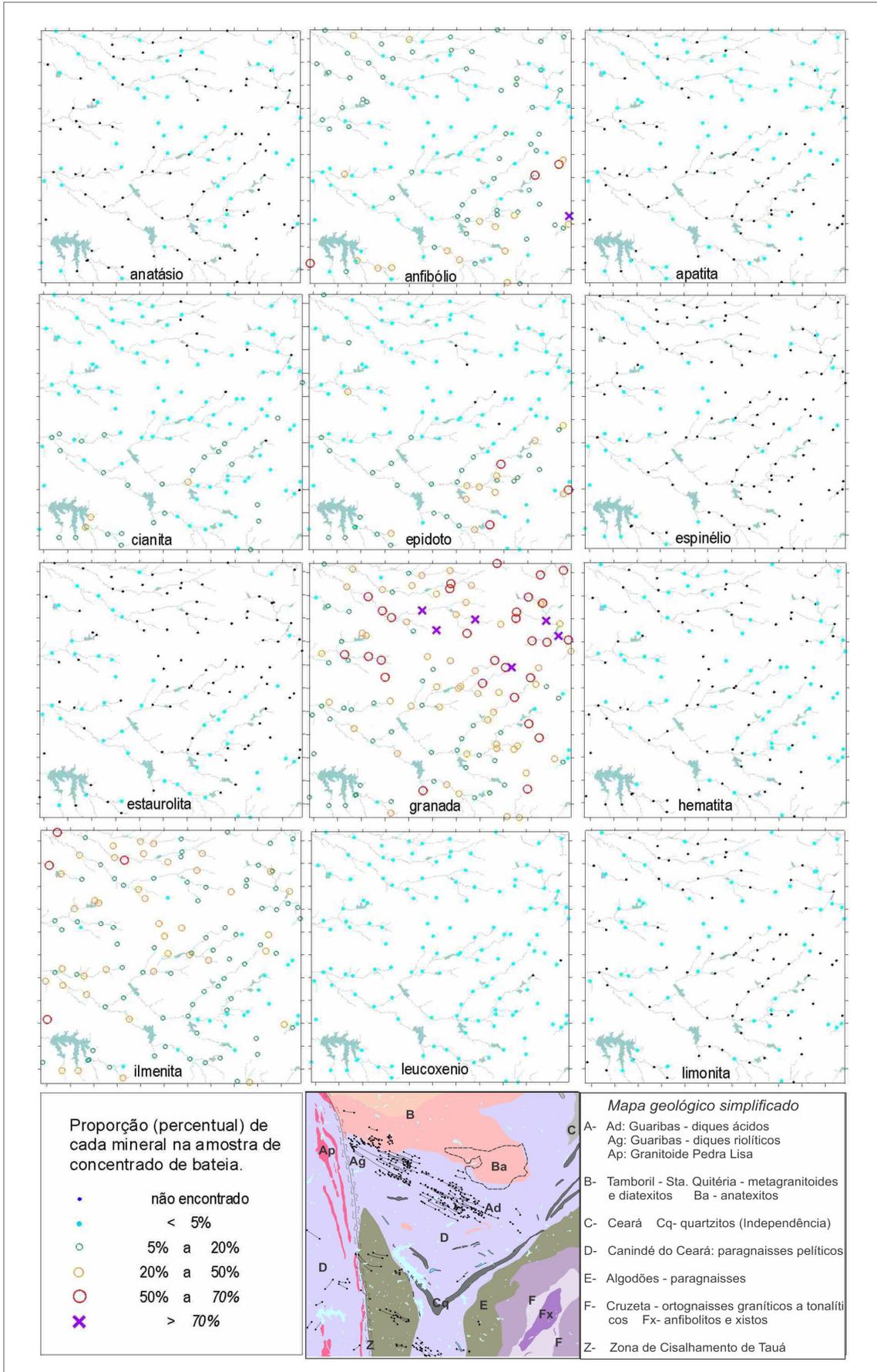


Figura 6.7 - Distribuição geográfica dos resultados mineralógicos de anatásio a limonita de amostras de concentrados de bateia. Porção inferior, Folha Independência, contendo mapa geológico simplificado da Figura 6.3.

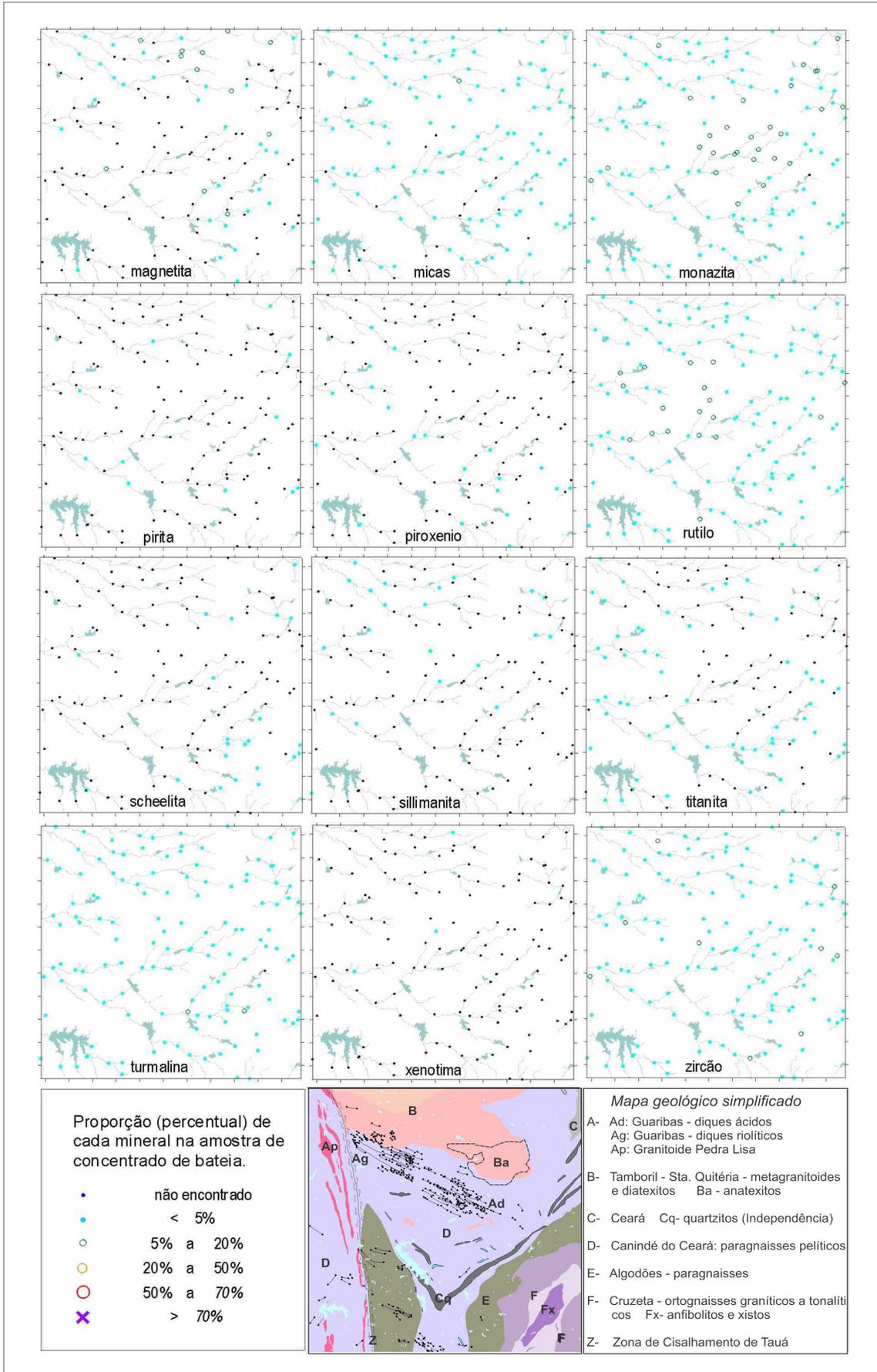


Figura 6.8 - Distribuição geográfica dos resultados mineralógicos de magnetita a zircão de amostras de concentrados de bateia. Porção inferior, Folha Independência, contendo mapa geológico simplificado da Figura 6.3.

(iii) Associação Cu-Fe-Mg-Sc-V - Contém subsidiário o elemento cobalto e representa os minerais ferromagnesianos como anfibólios e piroxênios, componentes das rochas de caráter básico e deficientes em sílica. Pertencem a este grupo os elementos Ca, Cd, Mn, Mo e Ti com variáveis coeficientes da relação entre si. O elemento sódio aparece subsidiário e forma um par com cálcio, indicando presença de plagioclásios. Os sedimentos nos quais há predominância desta associação ocorrem em especial na porção nordeste da folha, tendo como limite a sul o enxame de diques ácidos (**Ad**) (Figura 6.3) e, também na porção extrema sul e sudeste do mapa, domínio de litotipos da Unidade Algodões. Sua presença é bem ressaltada, a norte, na região dos lugarejos Cachoeira, Oranjo e Santa Luzia, diminuindo rumo ao limite da folha e acontecendo pequeno núcleo nas cercanias do lugar João Lopes de Baixo, no extremo nordeste. As rochas que ali ocorrem são atribuídas ao Complexo Canindé do Ceará (**D**) (Figura 6.3). No sul, a associação tem realce na área dos lugares Belém de Baixo, Poço Comprido e Parelhas, onde ocorrem anfibolitos e cianita xistos do Complexo Cruzeta (**Fx**) (Figura 6.3) e nos lugarejos Várzea do Meio e Lagoa das Pedras, em paragnaisses da mesma unidade (**F**) (Figura 6.3). Merece citação também uma pequena área no centro-oeste da folha, cercanias do local Jericó, em substrato definido como do Complexo Canindé do Ceará (**D**) (Figura 6.3). Na porção sudeste da folha os locais descritos da associação conformam apenas parcialmente com as maiores concentrações de anfibólios em concentrados de bateia. Na zona da associação máfica da região nordeste os anfibólios pouco abundam, havendo, entretanto, predomínio do óxido magnetita, muito comum acessório disseminado em quase todos os tipos de rochas e que composicionalmente pode conter, na estrutura, os elementos definidores desta família química;

(iv) Associação Cr-Ni - É fortemente ligada à família anterior, embora em menor nível de correlação. Talvez derivada de piroxênios, fato não confirmado em função da inexpressiva distribuição desse mineral nos concentrados de bateia. Podendo, assim, indicar composições de rochas em direção a um corpo ultramáfico. Não houve registro, nos concentrados de bateia coletados, do mineral de minério cromita, característico de ultramáficas, com ocorrências na região de Tróia, poucos quilômetros além do limite sudeste da área objeto deste estudo. Os maiores escores do fator Cr-Ni foram obtidos exatamente nas mesmas locações descritas acima para a associação máfica, embora em geral com menor extensão em área e excetuando o canto sudeste da folha ora mapeada, próximo a Belém, Belém de Baixo e a Oiticica, onde aparenta ser mais expressivo; e

(v) Associação Ce-La-Th-U-Y - É a melhor caracterizada e isolada das demais. Tem origem nos minerais resistentes que são comuns acessórios nas rochas da região, monazita, apatita, etc. São conexas a este grupo os elementos Ge, Pb, Se e ainda Zr e Hf. Os valores mais elevados para esta família foram obtidos em amostras coletadas cerca de 2 km ao sul da vila de Ematuba, que, juntamente com outras situadas a noroeste, parecem constituir uma zona que se estende até o lugarejo Várzea d'Água, coincidente com o flanco setentrional do enxame de diques ácidos (**Ad**) (Figura 6.3) que corta o Complexo Canindé do Ceará. Pequena manifestação a sul, na localidade de Ipueira Cercada, corresponde ao lado meridional do enxame. Várias amostras isoladas com relativamente altos escores desta associação ocorrem até o extremo nordeste da folha, onde culmina formando uma zona de regular extensão, sempre no domínio do Complexo Canindé do Ceará (**D**). A monazita em concentrados de bateia dá veracidade à distribuição dessa família nos sedimentos de corrente, enquanto que a apatita também a confirma, embora já no limite de resolução da análise de concentrados. A relação de zircônio com o háfnio nos sedimentos é registro seguro do mineral resistato zircão. Seus escores mais elevados provêm de amostras da região de Inharé de Cima, extremo noroeste da folha em domínio do Complexo Tamboril-Sant. Quitéria (**B**) (Figura 6.3) e de ampla faixa que acompanha o limite nordeste do mapa, de Cacimba do Meio a Cacimba Nova, tendo como substrato litotipos do Complexo Canindé do Ceará (**D**) (Figura 6.3). Os teores deste mineral nos concentrados de bateia têm pouca resolução, mas em geral concordam com a distribuição determinada via química nos sedimentos.

Fora desses agrupamentos familiares bem estabelecidos, nota-se ainda uma fraca ligação do elemento fósforo com o titânio, sugerindo ser de motivação secundária por suas ocorrências em minerais normalmente concentrados em *placers* aluvionares. Os elementos As, Au, B, Hg, S e Sb apresentam-se, no quadro geral de correlações, individualmente isolados com muito baixos coeficientes entre si e com os demais. Todavia, são compatíveis e o grupo ou parte dele pode coexistir localmente em certos tipos de jazimentos minerais epigenéticos.

6.3.3. Resultados elevados e anomalias

Sendo circunstância muito comum em levantamentos geoquímicos regionais, já mencionados anteriormente, às grandes unidades geológicas não correspondem faixas características de concentrações em elementos-traço.

São, portanto, mais expressivas as variações no quimismo dos sedimentos aluviais intraunidade do que entre as unidades estratigráficas, o que torna inadequada a separação a priori de populações e o estabelecimento dos tradicionais parâmetros *background* e limiar para cada elemento analisado. Por isso, neste capítulo é aplicado o termo “anomalia” somente para os teores mais altos de algum elemento, encontrados acima de alguma quebra de continuidade (gap) da curva de frequência de sua distribuição de valores, as quais se encontram listadas da Tabela 6.1. As respectivas estações de amostragem encontram-se assinaladas no mapa geoquímico e mineralométrico da Figura 6.8. As amostras mais importantes são identificadas neste capítulo pelos respectivos números de laboratório, sem a codificação alfabética inicial QAV.

Também foram considerados na interpretação e na construção do referido mapa aqueles elementos que foram detectados nas amostras em teores significativos ou relevantes quando acima dos 97,5% de suas respectivas distribuições de frequência acumulada (probabilidade de ocorrência <2,5%) e altos, quando valores acima dos 75% das distribuições (probabilidade <25%). A posição geográfica dessas amostras em drenagens adjacentes e próximas permite o desenho de contornos que abrangem várias bacias de captação nas quais provavelmente há continuidade espacial da fonte dos elementos-traço considerados, sejam enriquecimentos normais em certas fácies litológicas, mineralizações ou litotipos em contraste com seus arredores. Tais perímetros, aqui denominados de “zonas de favorabilidade”, podem ser considerados patamares ou platôs de alto *background*, nos quais muito frequentemente são localizadas as ocorrências e jazimentos minerais.

Para os concentrados de bateia, considera-se como anomalia somente a presença do mineral de tungstênio (*scheelita*) na amostra, pois foi o único mineral de minério encontrado que não é comum acessório de rochas, embora alguns dos minerais pesados identificados possam formar acumulações secundárias (*placeres*) de exploração econômica. As zonas de relativo enriquecimento de alguns deles em relação ao restante da área estudada, bem definidas geograficamente, foram também delineadas no mapa de reconhecimento geoquímico e mineralógico (Figura 6.9).

As várias zonas de favorabilidade delineadas distribuem-se com predominância na porção oriental da Folha Independência, como se antevia do exame dos mapas individuais de distribuição dos elementos-traço comentados anteriormente, e algumas delas exemplificam as associações encontradas por meios estatísticos já descritos.

6.3.3.1. Ouro e elementos indicadores

O ouro é o mais importante dos elementos detectados por este trabalho e o recurso potencial que se destaca na área. Sua ocorrência é conhecida na região

limítrofe sudeste da folha, onde empresas privadas detêm os direitos minerários e realizaram pesquisas inclusive com sondagem a diamante. Os resultados obtidos nos sedimentos de corrente para o metal, em grande proporção definidos graças à análise com extração por água régia, estatisticamente apresentam uma distribuição de frequência com típico formato lognormal, com 18% de dados censurados na extremidade de baixos valores (< 0,1 ppb). Apresenta mediana de 0,5 ppb e 2,5% dos teores obtidos são superiores a 4,3 ppb, que poderia ser considerado como limiar de anomalias.

O metal não foi encontrado em nenhuma das amostras de material aluvial, submetido à concentração por meio de execução do processo de bateia, ressaltando que Pitcairn (2011) apresentou média nas rochas terrestres entre 0,5 – 5 ppb Au.

As zonas (A1, A2, A3, A4, A5 e A6) delineadas na Figura 6.9, estando ou não presente o metal precioso em teores significativos devido a sua característica de dispersão, juntam elementos em famílias compatíveis à sua paragenese de ocorrência, dentro de um propício ambiente metalogênico edificado pelos litotipos da área. São especialmente elementos calcófilos componentes de sulfetos, aliados a poucos litófilos que podem eventualmente ter sido concentrados nos minerais de ganga.

Em larga escala, chama atenção no sudeste da área o zoneamento do epidoto (aluminossilicato de Ca, Na, Fe tipicamente metamórfico e hidrotermal), em teores maiores de 40% numa longa e curva banda acompanhando a Unidade Algodões em toda sua extensão. Observa-se a superposição a uma zona em que *scheelita* (tungstato de cálcio característicos de jazimentos em veios) foi identificada nos concentrados de bateia, e que se estende sobre terrenos do Complexo Cruzeta. As zonas de favorabilidade geoquímica A4 e A6 encontram-se incluídas nesse anel de *scheelita* e a zona A1 situa-se logo a norte, ainda no interior da faixa de epidoto, mas agora na região enriquecida em anfibólios.

A associação paragenética de ouro com sulfetos polimetálicos em escarnitos com *scheelita*, resultante de um pulso final de mineralização é bastante conhecida, sendo exemplificada no Rio Grande do Norte pela mina de Bonfim, (SOUZA NETO *et al.*, 2008). O zoneamento dos minerais pesados descrito tem evidente controle litológico, sendo necessário confrontar esse arranjo com a presença de mineralizações para caracterizar sua efetiva contribuição ao desenho de províncias metalíferas.

Já as zonas A3 e A5, muito semelhantes geoquimicamente, encontram-se numa larga faixa de domínio da granada em teores maiores de 50% nos concentrados de bateia. São separadas por mais de 10 km pelo extenso corpo de granito de anatexia (Ba) (Figura 6.3), cuja formação é responsável pelos processos mineralizantes que provavelmente o circunscrevem.

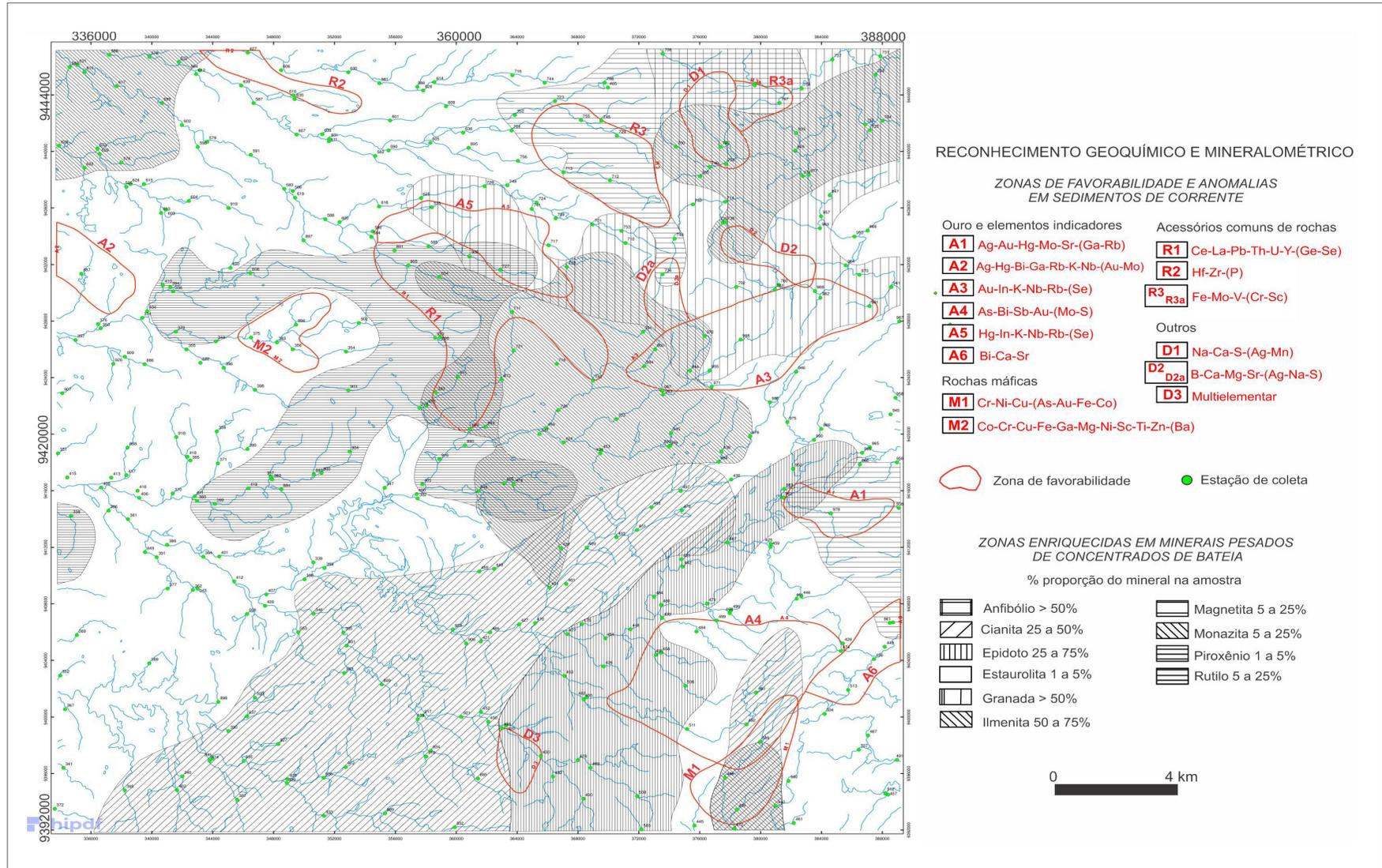


Figura 6.9 - Mapa geoquímico e mineralométrico da Folha Independência.

Neste caso, a associação do ouro é também com calcófilos e litófilos, agora talvez concentrado em veios de quartzo mesotermiais ligados a processos como a introdução de potássio, comuns na Província Borborema (COUTINHO, 1994). A distribuição da granada nos concentrados de bateia parece não influenciar essa mineralização. As zonas anômalas serão descritas e caracterizadas as seguir:

- Zona A1: Ag-Au-Hg-Mo-Sr-(Ga-Rb) - Pelos critérios anteriormente expostos, são consideradas anômalas para ouro duas amostras de sedimentos de corrente que apresentaram resultados de 16 e 66 ppb Ag e 27,5 e 17 ppb Au (amostras 938 e 962 respectivamente), coletadas nas cabeceiras dos formadores do rio Salgado e do riacho da Palha, respectivamente, que transportam material da encosta norte da serra das Pipocas na região dos vilarejos de Logradouro e Saco, leste da folha. São os mais altos resultados obtidos no levantamento e formam uma zona de alta favorabilidade que conta ainda com anomalias de Hf, Mo, Sr, W (respectivamente 0,18, 1,25, 144,5 e 1,3 ppm) e relevantes valores dos elementos Ca e Zr a primeira, e anomalias de Ag e Hg (66 e 30 ppb), Ga e Zn (10,7 e 75,4 ppm) e Mg (0,90 %), secundados por Al, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Ti, Ni, Rb, Sc, Tl a segunda amostra mencionada. Na região central desta zona a amostra intermediária 978 tem valores de 21 ppb Ag, 1 ppb Au, teores destacados de Hg e Be, para os demais elementos da associação, resultados acima do correspondente aos 75% da frequência acumulada, o que pode ser devido à diluição por material estéril proveniente de outras porções de sua área captante.

Seu traçado abrange principalmente paragnaisses da Unidade Algodões (**E**) (Figura 6.3), com as amostras sob sua influência sensivelmente mais ricas em Hg, Ag, Ga, Mg, Rb e K. Naquelas, no domínio do Complexo Cruzeta (podendo, no entanto, haver participação da primeira), são vistos maiores valores para Au, Ca, Mo e Sr.

- Zona A2: Ag-Hg-Bi-Ga-Rb-K-Nb-(Au-Mo) - No extremo oeste da folha em estudo a amostra 887, coletada logo a montante do açude do vilarejo Riacho Fechado, no riacho de mesmo nome, aparenta similar constituição geoquímica, com pequena mudança na presença e nas relações de abundância entre os elementos-traço. Há indícios também na amostra 376, coletada em aflente pela margem esquerda da drenagem mencionada, o que possibilita o traçado de uma pequena zona de favorabilidade, com possível continuidade para além do limite da área. Naquele exemplar foram encontrados resultados relevantes de Ag e Hg (26 e 12 ppb) e valores altos (acima de 75% da distribuição) de Ga, Mo, Rb e ainda Be, Bi, Cs, K, Li, Nb e Sn. Ouro forneceu apenas 0,6 ppb, pouco acima da mediana regional. Sua presença, todavia,

não é determinante, considerando suas características de dispersão. Na segunda das amostras os teores relativamente altos são de Ag, Be, Bi, Co, Cs, Ga, Hg, K, Li, Nb, Rb, com igual teor de 0,6 ppb para Au.

Esta zona insere-se em uma faixa anômala para o elemento cobalto identificada por Campos *et al.* (1976) e por Benevides (1983). Abrange terrenos de paragnaisses e micaxistos do Complexo Canindé do Ceará, sendo cortada por extenso dique de composição ácida em seu extremo leste.

- Zona A3: Au-In-K-Nb-Rb-(Se) - Treze amostras colhidas nos formadores dos riachos da Piedade, Bom Princípio e Contendas na porção centro-nordeste da folha permitem o traçado de extensa zona de direção ENE, com cerca de 17 km no comprimento e largura em torno de 6,5 km, abrangendo as localidades de Paraíso, Conceição, Guritiba, Massangana e Aniceto. O metal precioso foi detectado em 4 amostras com teores significativos de 4,4 a 6,1 ppb, estando presente nas demais em concentrações de 1,3 a 3,9 ppb, consideradas altas por ficarem além dos 75% da distribuição de frequência. Os teores importantes para os outros elementos nas amostras desta zona favorável a mineralizações são de índio em 5 amostras (0,04 ppm, com pequena amplitude dos valores), potássio em uma (0,72 %), nióbio em três (2,94, 3,50 e 3,52 ppm) e rubídio em duas amostras (76,7 e 76,9 ppm). Os teores para estes elementos e para o selênio são, em grande parte, considerados altos, nos 13 exemplares colhidos, devendo-se destacar ainda dois resultados de 29 e 48 ppb para a prata em amostras desta zona. Sua porção nordeste abarca parte de área anômala em Cr, Ni e Pb delimitadas por Benevides (1983).

A sua porção central encontra-se estabelecida no domínio do Complexo Canindé do Ceará e abrange pequenas partes do domínio dos anatexitos (**Ba**) (Figura 6.3) do Complexo Tamboril-Santa Quitéria nas partes leste e noroeste. No exame dos resultados pode-se verificar que os maiores teores de ouro estão ligados aos litotipos do Complexo Canindé do Ceará e do nióbio aos anatexitos, num alerta para a provável variação composicional dentro desta zona de favorabilidade.

- Zona A4: As-Bi-Sb-Au-(Mo-S) - Representa uma ampla faixa cobrindo mais de 80 km² situada quase no extremo sudeste da folha. Resultados obtidos em cerca de 11 amostras coletadas no alto curso do riacho Tamandu e cabeceiras dos riachos da Carrapeira, da Palha e em um de seus afluentes, e os indícios observados em espécimes coletados em drenagens vizinhas permitem demarcá-la, abrangendo as pequenas serras Chata e da Lagoa Seca e parte medial da serra das Pipocas, extremando nas localidades de Boi Pintado (sudoeste) e Cacimbinha (leste).

O elemento que a caracteriza, arsênio, apresenta três anomalias de 8,3 - 9,3 - 16,7 ppm, respectivamente, nas amostras 460, 492 e 499, principais da zona. Ocorrem outros (6) resultados significantes entre 4,1 e 5,6 ppm, além de valores considerados altos, entre 1,8 e 3,3 (75 - 97,5% da frequência). Bismuto expõe uma anomalia de 0,54 ppm na amostra 492, valores importantes de 0,33 e 0,24 ppm nas outras duas amostras mencionadas e resultados altos entre 0,08 e 0,20 ppm nas demais. Antimônio tem resultado relevante de 0,11 ppm no exemplar 492, em 8 amostras teores de 0,03 a 0,08 ppm, acima do valor aos 75% da frequência de sua distribuição e mais baixos nas duas restantes. Os valores registrados para ouro são relativamente altos, de 1,3 a 2,7 ppb em 7 das amostras da área, encontradas em algumas das drenagens na vizinhança, ficando outras em torno da mediana estatística como aquela coletada no afluente do riacho da Palha, em mesma estação de um concentrado de bateia com presença de pirita (<1%). Os elementos molibdênio e enxofre são compatíveis e ocorrem acessoriamente. Seus valores altos variam de 0,28 a 0,40 ppm Mo em 5 amostras, e de 0,01 a 0,06% S em também 5 das amostras que compõem esta faixa.

O maior valor de arsênio foi determinado na amostra sob influência do Complexo Cruzeta (gnaisses), e os maiores para bismuto também são de amostras coletadas neste complexo, porém do domínio dos cianita xistos e anfibolitos (**Fx**) (Figura 6.3).

- Zona A5: Hg-In-K-Nb-Rb-(Se) - Esta zona de favorabilidade apresenta características geoquímicas bastante semelhantes à Zona A3, descrita anteriormente. Trata-se de faixa alongada abrangendo o interflúvio entre os riachos do Borgado e seu tributário Verde, representados por uma amostra na cabeceira deste, uma segunda num afluente pela margem esquerda do primeiro e outra amostra em pequeno tributário do riacho do Meio, também afluente do Borgado, além de influências que são percebidas em outras amostras vizinhas. Circunda as localidades de Riacho Verde, Saquinho, Parati e Cazé na região centro-norte do mapa. A combinação de elementos que a distingue da Zona A3 é que não contém ouro em concentrações consideráveis (valores de 0,30 a 0,80 ppb, em torno da mediana), substituído por mercúrio em teores significativos de 12 a 16 ppb em 4 amostras. Concentrações relevantes de índio (0,04 a 0,06 ppm) e nióbio (2,92 e 4,51 ppm) foram encontradas, respectivamente, em três e duas amostras. Além de potássio (0,81%) e rubídio (91,1 ppm) em uma das amostras, com teores geralmente elevados nos outros exemplares. Selênio continua igualmente subsidiário com valores altos.

Os terrenos na região de ocorrência desta anomalia são pertencentes ao Complexo Canindé do Ceará na porção oeste, e ao domínio dos anateixitos do Complexo Tamboril-Santa Quitéria a leste, sob cuja influência foi coletada a amostra que apresenta os maiores valores. Alguns diques ácidos são encontrados nos seus limites sudeste e oeste. Em comum com a Zona A3, situam-se em ampla faixa com abundante granada (mais de 50 % em peso) nos concentrados de bateia.

- Zona A6: Bi-Ca-Sr - Trata-se de uma restrita área com 5 amostras tomadas no riacho Bananeiros, desde a localidade de Queimadas passando por Cachoeira e aparentemente avançando para além do limite ESE da área mapeada. É adjacente a leste da Zona A5, e pode ser até sua continuidade, com mudanças na concentração e relações dos elementos-traço com a subordinação de As e Sb e surgimento de Ca e Sr como essenciais. O ouro tem papel secundário, com apenas dois valores altos de 1,1 e 2,6 ppb. O bismuto exibe em 4 das amostras concentrações significativas de 0,27 a 0,36 ppm, e na última o valor relativamente elevado de 0,16 ppm. Para estrôncio os teores relevantes obtidos foram de 84 e 138,4 ppm em duas amostras, encontrando-se nesta última o elemento Ca na significativa concentração de 1,21%. Nas demais amostras, os resultados para estes dois elementos da associação são considerados altos, variando de 58,4 a 68,3 ppm Sr e 0,30 a 0,80% Ca. Dois concentrados de bateia coletados nesse riacho apresentaram o sulfeto pirita em concentração <1%.

A maior porção desta zona situa-se no Complexo Cruzeta sobre os paragnaisses e migmatitos, com um pequeno corpo de anfibolito, e em contato a sul com paragnaisses, micaxistos cianíferos e rochas anfibolíticas da sequência metavulcanossedimentar (**Fx**) (Figura 6.3). Sua borda sul acompanha extenso falhamento de direção NE.

Deve ainda ser mencionada a ocorrência de ouro em valores significativos (iguais ou maiores do que 4,3 ppb, com probabilidade de ocorrência < 2,5%) em três amostras isoladas, que não integram as zonas de favorabilidade já descritas. A amostra 979, coletada num afluente pela margem esquerda do riacho Bom Princípio entre as localidades de Cacimbinha e Arapué (centro-leste da folha), apresentou 6,9 ppb Au juntamente com valores relevantes de Ge, Sb, Se, Th, U e Y. Os elementos Ge, Th e Y também acompanham a amostra 957, com 6,7 ppb Au, proveniente do riacho Barreiros bem próximo da vila de mesmo nome, a nordeste. Ambas se encontram sob influência direta de paragnaisses e micaxistos do Complexo Canindé do Ceará. A última amostra, 886 com 4,3 ppb Au, vem da Grota dos Tanques, próximo do local Carnaúba, a oeste da área, sem qualquer destaque de outros elementos.

É constituída por materiais do mesmo complexo e na sua captação abrange pequena fração do delgado corpo do Granitoide Pedra Lisa, que acompanha quase norte-sul as extensas zonas de cisalhamento que cortam a área. Aparentemente são associações casuais de ambientes localizados em armadilhas nas drenagens, que juntam minerais densos independentemente de suas paragêneses primárias.

6.3.3.2. Rochas máficas

O fato da presença de ocorrências de cromo (no mineral de minério cromita) em rochas metaltramáficas, já bastante investigadas por empresas privadas na localidade de Tróia, cerca de 6 km a sudeste da área em estudo, faz deste elemento e também da platina, metal precioso geneticamente ligado a este tipo de rocha e serem recursos possíveis da Folha Independência. Cromo tem uma distribuição de resultados que tende para a lognormalidade, embora as irregularidades da curva de frequência, possibilitem a separação de 4 populações, com intervalos de valores correspondentes a < 35, 35-56, 57-76 e >76 ppm. Estas últimas duas ajustam-se perfeitamente às posições do fator Cr-Ni descritas anteriormente (item 6.3.2d). Sua mediana é 26 ppm e os valores significativos são superiores a 76 ppm, atingindo o máximo de 118,7 ppm na amostra 420, componente da Zona D3 (será descrita adiante). O teor médio na crosta terrestre é de 100 a 140 ppm, aumentando em rochas máficas. Os resultados obtidos não suplantaram essa marca, devido talvez, à resistência de seu principal mineral a cromita, ao ataque por água régia na extração analítica. Outra possibilidade é a inexistência deste mineral na área, uma vez não foram identificados grãos nas amostras de concentrados de bateia, o cromo estaria, portanto, hospedado na estrutura de piroxênios, magnetitas ou até micas e granadas.

A distribuição estatística dos resultados de platina não pôde ser definida, prejudicada pela falta de sensibilidade da análise geoquímica. Quase a totalidade dos resultados é inferior à detecção (< 2 ppb) e os 20 restantes estão nesse limite (2 ppb), não sendo totalmente confiáveis, com exceção de um único valor de 3 ppb (mesma grandeza que os teores normais para a crosta terrestre) na amostra 723, componente da zona de favorabilidade R3 (será descrita adiante). Como o ouro, a platina também é sujeita ao transporte detrítico nas drenagens, não sendo localizado nenhum grão de platina nos concentrados de bateia coletados neste trabalho. Esses teores de platina são observados principalmente em amostras do riacho Independência no sul da folha e ainda na zona favorável M1, cerca de 12 km a leste dessa drenagem. As zonas de favorabilidade das rochas máficas (Figura 6.8) serão descritas a seguir:

- Zona M1: Cr-Ni-Cu-(As-Au-Fe-Co) - Zona situada quase na fronteira SSE do mapa, sendo definida

pela captação de 4 amostras de sedimentos coletadas nas cabeceiras do riacho da Carrapateira, na região das localidades de Belém, Belém de Baixo e Poço Comprido. Foram obtidos resultados relevantes (probabilidade de ocorrência menor do que 2,5%) de cromo (77,9 e 81,6 ppm), níquel, cobre e arsênio (respectivamente 34,5, 38,79 e 4,3 ppm) e valores elevados, com probabilidade de ocorrer menor de 25%, ainda para Cr, Ni, Cu, As (nas amostras em que não são destaque), Au, Fe e Co, fazendo uma única exceção para estes 4 últimos elementos, em concentrações menores na amostra colhida em pequeno tributário pela margem esquerda da mencionada drenagem. Esta zona engloba e confirma boa porção de uma faixa anômala para cobre e cobalto definida por Benevides (1983).

Encontra-se, sobretudo, em área da sequência metalvulcanossedimentar do Complexo Cruzeta (**Fx**) (Figura 6.3) que cobre todo seu eixo principal, com pequena parcela de domínio de ortognaisses nos limites sudoeste e sudeste. Os componentes desta associação também são encontrados na amostra 512, coletada em pequena drenagem próximo do local Oiticica, no limite sudeste do mapa, cujos resultados de cromo e níquel (88,8 e 45,5 ppm) são significativos, aparecendo também valores altos de Cu, Co e Fe. O material aluvionar desta estação tem origem no Complexo Cruzeta, que ali encerra várias lentes de anfíbolitos.

- Zona M2: Co-Cr-Cu-Fe-Ga-Mg-Ni-Sc-Ti-Zn-(Ba) - Constitui pequena área cordiforme na porção centro-oeste da folha, definida por 4 amostras coletadas em dois formadores e no próprio riacho Tourão, cujo centro aproximado situa-se na localidade de Jericó. A amostra principal da zona tem número 375 e apresentou resultados significativos de Fe, Mg, Ti (3,05, 0,92 e 0,223 %), Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Ni, Sc e Zn (respectivamente 303, 20,1, 105,3, 41,3, 8, 58,7, 7,6 e 62,9). Nos demais exemplares, teores relevantes de Co, Cu, Ni e Ba em um deles e valores relativamente altos (> 75 % da distribuição) na maior parte. A amostra intermediária desta zona teve os menores registros, alguns próximos da mediana, o que sugere certa descontinuidade na litologia ou processo geoquímico que lhe deu origem.

Encontra-se nos complexos Ceará e Canindé do Ceará, conjunto de litologias metamórficas, juntando paragnaisses e micaxistos em parte migmatizados, incluindo quartzitos, metacalcários e mais raramente anfíbolitos. Este último litotipo pode ser a fonte da associação encontrada, provavelmente com ocorrência de mais de um corpo, haja vista a provável interrupção descrita. Bário é um elemento estranho a esta associação, podendo nela encontrar-se acidentalmente, retido e acumulado na fração argilosa das amostras, proveniente de K-feldspatos ou micas.

6.3.3.3. Acessórios comuns de rochas

As zonas de favorabilidade para os acessórios comuns de rochas (Figura 6.8) serão descritas abaixo:

- Zona R1: Ce-La-Pb-Th-U-Y-(Ge-Se) - Importante faixa de formato irregular, adjacente à Zona A5 (item 6.3.3.1e), que se situa na porção central da Folha Independência. É desenhada pela captação de 11 amostras que colhem material aluvionar em quase todo o curso de um afluente pela margem esquerda do riacho do Meio, cabeceiras dos riachos do Boi e Paraíso e ainda amostras do médio riacho Verde. Tem eixo maior de 17 km de direção WNW, entre a vila de Ematuba, passando por Cachoeirinha e Queimadas, até o lugarejo Várzea d'Água e um ramo de 8 km, desde o centro desse eixo em direção sul até as proximidades dos locais Ipueira Cercada e Juazeiro. A pequena serra das Queimadas encontra-se na parte central desta zona. A amostra que se destaca nesta zona é a 742, coletada na região da nascente do riacho Paraíso a cerca de 1,2 km a sudoeste da vila de Ematuba. Seus resultados são anômalos e os mais altos analisados, anotando-se >2000 ppm Ce, 1434,7 ppm La, 45,95 ppm Pb, 686 ppm Th, 69 ppm U, 157,54 ppm Y, 1,10 ppm Ge, relevante 0,7 ppm de Se e, adicionalmente, resultados significativos de P e Zr e relativamente alto de ouro (2,1 ppb). Nas outras amostras, anomalias de cério (1818,7 e 1687,9 ppm) e lantânio (804,7 e 730,9 ppm), resultados significativos (em torno de 1200 ppm Ce e 550 ppm La) e altos para esses elementos principais da zona juntam-se a resultados significativos para chumbo (19 a 29 ppm em 4 amostras), tório (299,3 e 288,6 ppm), urânio (21 a 30 em três amostras), ítrio (67,64 e 64,93 ppm), germânio (0,50 ppm em três amostras) e selênio (5 e 6 ppm), além de outros teores, menores mas ainda altos segundo o critério de superiores ao nível 75 % das respectivas distribuições de frequência.

Uma pequena anomalia de chumbo, detectada por Benevides (1983), é parcialmente coberta por esta zona no extremo sul.

As rochas que ocorrem em sua circunscrição pertencem principalmente ao Complexo Canindé do Ceará, sendo observados inúmeros diques ácidos NW-SE (Diques Guaribas) em seu ramo sul e, em menor número, no ramo sudeste, na porção central e na extremidade oeste. Em suas partes central e leste ocorrem corpos consideráveis de granitos anatéticos (Complexo Tamboril-Santa Quitéria). A estação da amostra com maiores valores de Ce, La, Y e Th tem captação no Complexo Canindé do Ceará, com participação de dique ácido e de granitoide.

Na região nordeste da Folha Independência foram coletadas três amostras, isoladas, que possuem altas concentrações dos elementos característicos desta zona.

O exemplar 745, tomado em um pequeno afluente pela margem direita do riacho da Jiboia entre as localidades de Bom Jardim e Santa Luzia, teve resultados anômalos de cério, lantânio e tório (1737,2 - 756,6 - 351,3 ppm), significantes de Pb, U, Y, Ge (27,61 - 28,9 - 80,09 - 0,50 ppm) e alto de selênio. As amostras 731 e 754 foram colhidas respectivamente no médio riacho Antônio Ferreira próximo ao local Cacimba Nova e no seu alto curso, no local João Lopes de Baixo. Para a primeira há registro de anomalias de Ce, La e Th (1772,1 - 790,1 - 343,3) e resultados importantes para os demais (22,76 ppm Pb, 28,7 ppm U, 71,31 ppm Y, 0,70 ppm Ge e 0,60 ppm Se) e para a segunda amostra os valores são algo inferior, significativos para Ce, La, Th, Pb, U, Y (1276,2 - 562,4 - 267,2 - 20,51 - 21,9 - 71,84 ppm respectivamente) e altos para germânio e selênio.

- Zona R2: Hf-Zr-(P) - Trata-se de pequena e estreita zona no extremo NNW da área, que é possível delinear, abrangendo uma amostra do riacho do Baixo e outra do riacho Arvoredo, próximo da localidade de Inharé de Cima. Esta apresenta uma anomalia de 0,17 ppm de háfnio, acompanhada por valores significativos de zircônio (5,8 ppm) e fósforo (0,193 %). A primeira tem resultado significativo 0,14 ppm Hf e teores considerados altos para Zr e P. Os elementos Th, Sn e Na que ocorrem em valores relativamente elevados são compatíveis e podem estar ligados a esta zona.

Encontra-se numa região constituída essencialmente por metagranitoides neoproterozoicos, de granulação variável, e para e ortognaisses migmatíticos com eventuais enclaves de calciossilicáticas e anfibolitos (Complexo Tamboril - Santa Quitéria).

Esta associação geoquímica é característica do mineral zircão, acessório de rochas plutônicas principalmente aquelas ricas em sódio, em granitos, pegmatitos e nefelina sienitos. Sendo resistato, dessas rochas se dispersa somente por transporte clástico no ambiente exógeno, podendo então ser enriquecido nos canais de drenagem sob condições hidrodinâmicas favoráveis. Parece ser o caso desta zona, no interior da qual um concentrado de bateia teve registro de abundantes 5 a 20% do mineral em peso.

Quatro outras amostras isoladas revelaram esta assinatura típica com os elementos Hf e Zr em teores significativos (0,13 a 0,18 ppm Hf e de 4,1 a 6,6 ppm Zr). Os valores mais altos foram determinados na amostra 938 (componente da Zona A1) nas cabeceiras do rio Salgado (limite leste da folha), sob influência do Complexo Cruzeta, e as outras se situam num afluente do alto riacho Contendas (10 km a WNW da primeira), quase no extremo nordeste próximo ao sítio Areias e num afluente do médio riacho do Borgado, a noroeste, em domínio principalmente de litotipos do Complexo Ceará (Unidade Independência).

Cerca de 4 km a noroeste da amostra 938, já referida, foram obtidos dois concentrados de bateia com resultados de 5 a 20% de zircão. Em comum, provêm de drenagens influenciadas pelo extenso corpo quartzítico da serra do Salgado, pertencente ao Complexo Ceará. Os outros 6 resultados 5 a 20% vistos nos concentrados foram observados em amostras espalhadas e sob diferentes influências litológicas.

- Zona R3: Fe-Mo-V-(Cr-Sc) - Abrange as cabeceiras dos riachos do Borgado e da Jiboia, desde os arredores dos vilarejos Santa Luzia, passando por Oranjo e Cachoeira até Bom Jardim, na porção centro norte da folha. É bem caracterizada em quatro amostras e influente em várias outras, o que se procura representar por meio de traçado enlaçando parcialmente as bacias de captação de algumas dessas amostras vizinhas. São registradas duas anomalias para vanádio (127 e 192 ppm na amostra 713 – o maior resultado obtido no conjunto dos dados) e uma para ferro (6,92 % - também o mais alto teor, na mesma amostra). Valores significativos, com baixa probabilidade de ocorrência, foram determinados para ferro (3,95 e 4,62 %), vanádio (94 ppm), molibdênio (0,42 a 0,56 ppm), cromo (89,6 ppm) e escândio (7 e 7,5 ppm), observando-se que são altos os demais registros desses elementos nas amostras desta zona como também são nas amostras das imediações. Encontra-se inserida em terrenos dos complexos Canindé do Ceará e Tamboril-Santa Quitéria. Os resultados mais altos foram obtidos em duas amostras, mais próximas aos granitoides.

Dos projetos anteriores, o sul desta zona cobre parte de anomalia de chumbo demarcada por Benevides (1983) e, o norte, pequena parte de extensa anomalia com direção E-W de chumbo e cobalto, assinalada por Campos *et al.* (1976) e Benevides (1983). Os registros ora disponíveis revelaram números próximos da mediana para o chumbo e algo elevado (em torno do percentil 75% da distribuição) para cobalto, o que de certa forma corrobora os resultados antigos, obtidos por análise total do material.

Cerca de 6 km em direção NE foi marcada uma restrita zona (R3a) subsidiária a esta nas cabeceiras do riacho Antônio Ferreira, circundando as localidades de João Lopes de Cima e João Lopes de Baixo. Abraça duas amostras que contém valores destacados de 3,25 e 3,48 % Fe, 0,40 e 0,54 ppm Mo, 78 e 85 ppm V e valores altos para Cr (um deles significativo de 103,8 ppm) e Sc. Também no domínio do Complexo Canindé do Ceará.

Esta junção de elementos é característica do mineral acessório magnetita, podendo-se ver no mapa da Figura 6.9 que esta zona se encontra quase totalmente incluída na faixa de enriquecimento relativo deste mineral nos concentrados de bateia.

6.3.3.4. Outros

Neste item serão abordadas diversas zonas, designadas como Outros (Figura 6.9), que serão descritas abaixo:

- Zona D1: Na-Ca-S-(Ag-Mn) - Trata-se de restrita zona quase no extremo nordeste do mapa, compreendendo três amostras coletadas no riacho Ramadilha e em pequeno afluente pela margem esquerda do riacho Barreiros, próximo da localidade de Santana. A amostra 715 registra anomalias de sódio e enxofre (1,565% e 0,24 ppm respectivamente, sendo os valores mais elevados obtidos para esses elementos) que compõem a zona junto com outros resultados significativos (Na com 0,258 e 0,203%, 0,85% Ca, 32 ppm Ag e 1103 ppm Mn) e também altos para seus elementos. É notada alguma influência nas amostras coletadas em drenagens vizinhas ao norte.

Paragneisses e micaxistos do Complexo Canindé do Ceará, que inclui ainda quartzitos, mármore e rochas calciossilicáticas são as litologias que compõem o substrato geológico desta zona. Esta junção de elementos litófilos com calcófilos é provavelmente representativa de membros carbonáticos, metacalcários comuns integrantes do Complexo Canindé do Ceará, de possível origem evaporítica, que possuam fácies ou variações com gipsita e halita.

Prata é geralmente acompanhada por chumbo e outros elementos em bolsões mineralizados epigenéticos nesse tipo de rocha (em mineralização tipo estratiforme), mas os resultados para esse metal foram apenas em torno da mediana, o que poderia significar diferentes características de mobilidade supergênica nesse restrito ambiente local. Uma hipótese alternativa é ser uma associação casual dos elementos maiores provenientes de granadas (é uma região enriquecida neste mineral) e plagioclásios com sulfetos eventuais, verificando-se que os resultados para cobre são relativamente altos (probabilidade de ocorrência menor de 25%) e zinco aparece acima da mediana. Faltam informações para melhor caracterizar a proveniência desta associação.

- Zona D2: B-Ca-Mg-Sr-(Ag-Na-S) - Corresponde a duas pequenas zonas que ocorrem no centro nordeste da folha Independência, separadas por cerca de 4 km, de similar identidade geoquímica. O material aluvionar foi obtido em pequenos afluentes do riacho da Piedade e Barreiros, próximo das localidades de Tira-Teima e Borgado. A primeira faixa abrange a captação de duas amostras (uma delas componente da Zona A3) cuja análise atestou anomalias de 2,38 e 2,49% do cálcio, 18 ppm de boro (o maior teor determinado) e 124,7 ppm de estrôncio, valores significativos de prata (32 e 29 ppm) e estrôncio e altos (acima do percentil 75% de frequência) de B, Mg, Na, S e ainda rubídio e manganês (uma anomalia de 1598 ppm).

Seu extremo leste cobre parcialmente anomalias de Cr, Ni e Pb marcadas por Benevides (1983).

A maior proporção de seu desenho abrange litologias do Complexo Canindé do Ceará, tendo pequena contribuição do extenso corpo de granitoide de origem anatética (Complexo Tamboril-Santa Quitéria) no extremo oeste. Separada desta zona de favorabilidade por pequenos tributários dos riachos mencionados, em cujo material não há indício da associação, a captação da amostra 736 forma uma zona satélite àquela descrita (D2a). Sua análise mostrou anomalias de cálcio e magnésio (2,67 e 0,99 %), teores significativos de B, Na e S (11 ppm, 0,161 % e 0,06 %) e relativamente elevados de estrôncio e prata. A captação desta amostra encontra-se totalmente inserida no domínio de granitos anatéticos.

Têm evidente semelhança geoquímica com a Zona D2 descrita acima, aparecendo agora o elemento boro com maior destaque do que a anterior (que o contém em teores logo acima da mediana). Em diferente contexto geológico, embora ainda na zona preferencial da granada delineada pelos concentrados de bateia, pode-se propor produtos residuais de soluções salinas provenientes do corpo granitoide terem sido mobilizados e adsorvidos em argilas no ambiente exógeno, atualmente enfrentando o ciclo de dispersão e transporte pela drenagem.

- Zona D3: Zona Multielementar - Uma pequena área é merecedora de interesse no sul da folha, abrangida pela captação da amostra 420, coletada no riacho Independência cerca de 2 km a jusante do vilarejo de São João até a estação 430, situada a montante desse lugar. Os resultados para os elementos Al, K, Mg (respectivamente 3,71, 1,29 e 1,32 %), Co, Cu, Ga, Li, Sc, V, Zn (26,9, 54,41, 14, 33,2, 11,3, 112 e 86,2 ppm) e Ag (52 ppb) são considerados anômalos e, excetuando prata e vanádio, os mais altos determinados em todo o conjunto de amostras. Adicionalmente, são significativos os valores de Ba, Be, Bi, Cd, Cr, Cs, Fe, In, Ni, Rb, Ti e Tl e também elevados os de As, Au (4 ppb), Hf, Mo e Pt (2 ppb). Campos *et al.* (1976) detectaram uma bacia anômala para o elemento cobalto, adjacente a sudoeste desta zona. O material aluvial de que é constituída tem origem principalmente nos gnaisses paraderivados e outros litotipos da Unidade Algodões, com pequena contribuição de rochas do Complexo Canindé do Ceará na porção sudoeste e a montante de sua captação.

6.3.3.5. Amostras e elementos isolados

Merecem comentários três resultados significativos para o elemento estanho, obtidos em distintas drenagens no norte e centro-leste da folha. O maior teor, 2,1 ppm, foi encontrado na amostra 612 coletada em pequeno braço do riacho do Baixio próximo ao lugarejo Estreito no extremo

NNW da área, que drena rochas granitoides. Tem associado berílio também significativo em concentração de 1,1 ppm e valores altos de Al, Ba, Fe, K, Li, Nb e Rb. Os dois outros exemplares, do alto riacho do Arvoredo, local Boa Vista no extremo norte do mapa e do afluente do riacho Contendas, local Azevedo no centro leste, têm respectivamente 1,9 e 1,8 ppm de estanho, também junto a valores altos do berílio (0,7 e 0,6 ppm), e dos demais elementos mencionados, cuja assinatura é de ascendência de rochas ácidas. Estas amostras estão sob influências das rochas do Complexo Tamboril - Santa Quitéria. Não foi encontrada cassiterita, resistato mineral de minério de estanho, nos concentrados de bateia e a pouca magnitude dos resultados nos sedimentos de corrente (que poderia ser devida à pouca efetividade da extração química desse mineral resistente), favorece a hipótese da inexistência de pegmatitos ou graissens mineralizados nas localidades descritas.

Uma anomalia com 70,8 ppm de zinco, acompanhada por valores relativamente altos de manganês e sódio, foi determinada na amostra 890 proveniente do riacho Bom Princípio, localidade Ipueira Cercada, no centro da Folha Independência. As litologias ali ocorrentes são paragnaisse do Complexo Canindé do Ceará, mas a fonte dessa manifestação provavelmente é poluição antrópica, haja vista a estação de amostragem estar situada em um cruzamento da rodovia que liga as cidades de Boa Viagem a Crateús com aquela que vai de Independência até Oliveiras, distrito de Tamboril.

Em franco contraste com os resultados do material aluvionar concentrado por bateia que marcam a região da serra das Pipocas, no sudeste da folha, com a presença de *scheelita* em vários pontos, sempre com teores menores de 1% em peso do concentrado, apenas uma única amostra de sedimento apresenta anomalia para o elemento tungstênio, de 1,3 ppm W; trata-se da amostra 938 colhida no limite ESE da área, que contém ainda teores altos e anômalos para outros elementos, inclusive metais preciosos, que já foi descrita como componente da zona de favorabilidade A1. Como não há ocorrência conhecida do mineral-minério na região, pode-se especular que sua distribuição seja disseminada na área e com baixos teores locais e que sua não-detecção nos sedimentos seja devido ao ataque químico fraco. Tal modelo se ajustaria ao esperado quando parceiro do Au em finas vênulas, não formando concentrações maiores ao nível atual do terreno, pois não é plausível que sua granulometria, para um tipo de dispersão essencialmente detrítico, seja maior que a malha 80 mesh, abertura utilizada na separação da fração a ser analisada dos sedimentos.

Merecem comentários também as distribuições contrastantes do elemento titânio nos sedimentos de corrente e dos minerais rutilo e ilmenita nos concentrados de bateia. Nos sedimentos, tem uma distribuição lognormal algo irregular com mediana de 0,08%.

Foi encontrado somente um valor anômalo, de 0,246%, na amostra 373 colhida num afluente do riacho do Boi próximo do local Poço da Onça, que também contém valores significativos de Al, Ba, Co, Cs, Fe, Ga (anomalia), In, K, Li, Rb, Sc, Se, Tl, V e Zn, em domínio de litologias do Complexo Canindé do Ceará. Um pequeno ajuntamento de amostras com valores significativos (0,195 e 0,214 %) e altos (três resultados de 0,170 a 0,181 %) pode ser visto na região cerca de 4 km a nordeste da vila de Ematuba, com proveniência de material das serras de Santa Rita e Bom Princípio, em território de rocha granítica formada pelo processo anatético que leva aquela denominação. As distribuições dos minerais pesados de titânio rutilo e

ilmenita (em teores de 2 a 20% e 20 a 50% respectivamente), como podem ser observadas nos mapas das figuras 6.6 e 6.7 estão centralizadas em ampla área na porção centro-oeste da folha (domínio do Complexo Canindé do Ceará), e ilmenita ainda a noroeste em áreas do Complexo Tamboril - Santa Quitéria. Seu produto de alteração também pesado, o mineral leucoxênio, tem distribuição homogênea em toda a área. Feldspatos e minerais máficos silicáticos contêm titânio na estrutura e provavelmente são a fonte da distribuição de valores altos detectada nos sedimentos de corrente, em divergência aos concentrados de bateia, óxidos sob forma de grãos minerais que resistem ao ataque do ácido empregado na análise química.

7. RECURSOS MINERAIS

Os recursos minerais encontrados da Folha Independência correspondem a mármore, rocha ornamental, rutilo, cianita, ouro e areia, os quais serão descritos a seguir:

7.1. MÁRMORE

Os mármore ocorrem em vários pontos da folha e constituem lentes isoladas dentro do domínio dos metacalcopelitos, as quais se apresentam com porte e compleição bastante variadas, em consequência da tectônica ruptural imposta à área.

Apresenta em cores, variando de branco leitoso, cinza claro e alaranjado (*hornfels*), com textura sacaroidal de granulação fina a média e, geralmente, com foliação tectônica.

Nos arredores da cidade de Independência, a sudoeste do alinhamento serra do Vinagre – serrote da Bola, onde a foliação tectônica é mais proeminente, essas lentes de mármore assumem posturas longilíneas, resultando em lentes alongadas e estreitas. Já a nordeste desse alinhamento, na região compreendida entre o serrote Inxuí e Ematuba, devido ao maior alívio dos esforços compressivos, os jazimentos carbonáticos ocupam áreas geográficas mais expressivas, com calhas das dobras mais abertas, chegando a constituir faixas com mais de 200 m de largura por 5 km de comprimento.

Contudo, nesse último setor supracitado, as rochas sofreram um processo de metamorfismo mais acentuado, chegando a estágio de anatexia. Consequentemente, as rochas metacarbonáticas foram migmatizadas mais intensamente, o que possibilitou a formação de contatos termais (*hornfels*) entre os mármore e os granitos anatóticos, conforme pode ser observado na localidade de Santa Rita (ponto 44 na Tabela 7.1), localizada 6km a NNE de Ematuba. Esta lente metacarbonática constitui um fragmento de *roof pendant* contido em metagranito (Complexo Tamboril-Santa Quitéria).

No domínio geográfico onde está situada a cidade de Independência, os mármore apresentam vergência e mergulho dos eixos de dobras para sul. Em consequência deste comportamento estrutural da foliação, a extremidade norte desses corpos metacarbonáticos apresentam calhas mais abertas e, consequentemente, uma área maior de exposição.

A presença de mármore, em praticamente toda a folha, principalmente encontradas no Complexo Canindé do Ceará, sugere a existência pretérita de um horizonte carbonático bastante amplo, o qual após sofrer o processo de espessamento pelos esforços tectônicos

NW-SE, tiveram os topos das estruturas antiformes erodidas, restando preservadas apenas as calhas das estruturas sinformes.

Os falhamentos transversais (NW-SE e E-W) também modelaram e segmentaram esses jazimentos de metacarbonatos, delimitando-os longitudinalmente. Por exemplo, os mármore das fazendas Nova América (ponto 39 na Tabela 7.1) e Jandragueira (ponto 14 na Tabela 7.1) fazem parte de uma mesma lente que foi truncada por falhamento NW-SE.

Apesar do número relativamente elevado de lentes de mármore contidas na Folha Independência, observa-se que poucas delas foram de fato garimpadas. Dentre elas, estão aquelas mais próximas à cidade municipal, tais como Pelo Sinal, Betânia, Várzea do Corda, etc.

A lavra de “calcário” ocorreu de forma intermitente na maioria dos garimpos, e em épocas diferentes. A mina Betânia constitui um caso à parte, a qual teve lavra intermitente a partir de 1920 e se mantém até a atualidade. As demais lentes estão todas paralisadas. Alguns garimpos da região de Várzea da Cacimba foram ativados em 1980 e 2000. O garimpo de Novo Oriente ficou ativo no período 1968-1970, e o garimpo de Barra Nova entre 1950-1960. Em Massapé dos Patus a atividade garimpeira desenvolveu-se no período 1950 a 1970.

Campos *et al.* (1976) realizaram análise químicas em amostras de metacalcário da região de Independência (localidades de Nicácio, Tugão, Barra Nova, Fazenda Betânia e Oiticquinha) e concluíram que se prestam principalmente para fabricação de cal virgem, podendo ainda alguns deles ser aplicados como corretivos de solo. E, dependendo de análises complementares, poderão também ser empregados como adubo orgânico.

7.2. ROCHA ORNAMENTAL

Foram cadastradas quatro ocorrências de granito (pontos 38, 41, 45 e 46 na Tabela 7.1), sendo duas delas (pontos 41 e 46 na Tabela 7.1) com status de mina, estando a primeira citada em atividade, para fabricação de piso e revestimento, e a segunda situada na localidade Queimadas que se encontra paralisada.

A área ainda apresenta vários outros corpos graníticos com potencialidade para rocha ornamental, dado pelas características estruturais e de tonalidades das rochas, dependendo apenas de amostragem sistemática de campo e de análises laboratoriais, além do fácil acesso ao jazimento.

Tabela 7.1 - Localização das ocorrências cadastradas na Folha Independência.

PONTOS	LONGITUDE	LATITUDE	SUBSTÂNCIA	LOCALIDADE	MUNICÍPIO
1	353883	9395019	Rutilo	Boa Dádiva	Independência
2	365429	9393398	Mármore	Faz. Jandragueira	Independência
3	356903	9401577	Mármore	Faz. Betânia	Independência
4	355706	9404948	Mármore	Pelo Sinal	Independência
5	355700	9406800	Rutilo	Várzea do Corda	Independência
6	337266	9417154	Mármore	Serrote dos Tabosas	Independência
7	338349	9419180	Rutilo	Serrote dos Tabosas	Independência
8	335847	9425962	Mármore	Faz. Cacimba do Meio	Crateús
9	359927	9404532	Mármore	Faz. Santa Cruz (Rutilândia)	Independência
10	359511	9404515	Rutilo	Faz. Santa Cruz (Rutilândia)	Independência
11	359017	9407273	Mármore	Regalia	Independência
12	359485	9409993	Mármore	Faz. Nicácio 1	Independência
13	358109	9408389	Mármore	Faz. Nicácio 2	Independência
14	364126	9416419	Mármore	Flor Branca	Independência
15	365089	9414236	Mármore	Ass. Várzea da Cacimba	Independência
16	361603	9406705	Mármore	Faz. Santa Cruz	Independência
17	366294	9409340	Mármore	Várzea da Cacimbinha	Independência
18	369904	9413171	Mármore	Várzea da Cacimba	Independência
19	369700	9409203	Rutilo	Várzea Grande	Independência
20	376880	9413782	Rutilo	Ass. São Joaquim II	Independência
21	376154	9414321	Mármore	Ass. São Joaquim II	Independência
22	376972	9413755	Mármore	Caieira	Independência
23	381013	9420964	Mármore	Oriente	Independência
24	384268	9432511	Mármore	Massapê dos Patus	Boa Viagem
25	380500	9426500	Rutilo	Balança	Independência
26	351655	9415352	Mármore	Barra Nova 1	Independência
27	351331	9414630	Mármore	Barra Nova 2	Independência
28	351584	9414810	Rutilo	Barra Nova 3	Independência
29	349094	9421704	Mármore	Oiticiquinha (Ass. Palestina)	Independência
30	346708	9421966	Mármore	Morrinhos	Independência
31	347694	9420231	Rutilo	Oiticiquinha (Ass. Palestina)	Independência
32	356560	9402330	Mármore	Faz. Boa Nova	Independência
33	358628	9402808	Rutilo	Faz. Boa Nova	Independência
34	359122	9402532	Areia	Faz. Boa Nova	Independência
35	358651	9402709	Mármore	Faz. Boa Nova	Independência
36	359859	9401490	Areia	Faz. Vargem do Meio	Independência
37	343514	9404223	Mármore	Pedra Lisa	Independência
38	345289	9404925	Granito	Pedra Lisa	Independência
39	356811	9396658	Rutilo	Fazenda Machado	Independência
40	364687	9394829	Mármore	Faz. Nova América	Tamboril
41	366330	9433615	Granito	Bom Sucesso	Tamboril
42	364118	9440375	Mármore	Serrote do Bode	Tamboril
43	364000	9436600	Rutilo	Faz. Nova	Tamboril
44	372631	9430277	Mármore	Santa Rita	Tamboril

Continua

Tabela 7.1 - Localização das ocorrências cadastradas na Folha Independência (continuação).

PONTOS	LONGITUDE	LATITUDE	SUBSTÂNCIA	LOCALIDADE	MUNICÍPIO
45	353524	9437958	Granito	Ponta da Serra	Tamboril
46	383454	9401839	Granito	Queimadas	Independência
47	355100	9394000	Ouro	Lindeza	Independência
48	355500	9393100	Ouro	Lindeza	Independência
49	355100	9393050	Ouro	Lindeza	Independência
50	366500	9393300	Ouro	Serrote do Milho	Independência
51	367080	9408670	Rutilo	Inxuí	Independência
52	383001	9398715	Cianita	Faz. Coelho	Independência

Por outro lado, apesar da ocorrência de um grande número de lentes de mármore, ainda não foi localizado nenhum corpo dessa rocha que apresentasse um padrão de resistência compatível com os índices técnicos exigidos para uso como rocha ornamental. Os jazimentos de mármore, de modo geral, apresentam lentes estreitas e/ou são fissuradas.

7.3. RUTILO

O rutilo ocorre nas porções nordeste e leste da cidade de Independência, na região situada entre os quartzitos da Unidade Independência e as rochas gnáissicas/metacarbonáticas do Complexo Canindé do Ceará. Geralmente está presente nos colúvios e elúvios (Figura 7.1), bem como nos aluviões dos riachos intermitentes.

Devido ao seu peso específico elevado, os cristais de rutilo são facilmente carregados pelas águas pluviais para o fundo dos vales conhecidos como grotões. Assim sendo, esse processo seletivo natural favoreceu uma maior concentração mineral nos grotões, onde foi cadastrada a grande maioria dos garimpos conhecidos. É digno notar o fato de que a coleta do rutilo se dá de forma mais produtiva logo após as chuvas do inverno, quando a superfície do mineral brilha com mais intensidade se tornando mais evidente.

O auge da mineração do rutilo somente ocorreu na década de 1940 e início da década de 1950. Desde então, logo após a capitulação da Segunda Guerra Mundial, os preços caíram no mercado internacional, acarretando o fechamento e abandono dos garimpos visitados. Em 1943, a mineração do rutilo foi à única alternativa de trabalho para o homem do campo, em face da grande seca que assolava a região. Nas fazendas Boa Nova (ponto 10 na Tabela 7.1) e Santa Cruz (ponto 4 na Tabela 7.1), respectivamente, a SW e SE da serra do Vinagre, foram implantados sistemas para lavra mecanizada de rutilo, administradas por empresa americana. Nos demais garimpos a lavra foi manual, com a participação de mão-de-obra adulta e infantil.

Apesar do abandono e paralisação dos garimpos, ainda há fortes indícios da existência de expressiva reserva de rutilo. Em cerca de 40% dos locais visitados houve “cata” de rutilo na superfície do solo. Os cristais amostrados têm comprimentos variáveis entre 1,0 e 2,5 cm e ocorrem dispersos na superfície dos tabuleiros. Eventualmente, encontram-se um cristal com cerca de 3 cm. Mas, esse fato já era esperado, pois as ocorrências de cristais maiores são mais frequentes nos grotões sob as areias aluviais.

Ficou constatado que as áreas de maior concentração de rutilo estão relacionadas com a presença de rochas metacarbonáticas ou metacalcopelíticas e quartzíticas.

7.4. CIANITA

A cianita foi cadastrada na área em um único ponto (53 na Tabela 7.1), mas, se faz presente numa faixa xistosa relativamente extensa, com cerca de 500 m de largura e comprimento superior a 10 km, localizada na porção sudeste da folha (Unidade Tróia). Sua presença é também marcante nos *placers* dos riachos que drenam essa faixa xistosa.

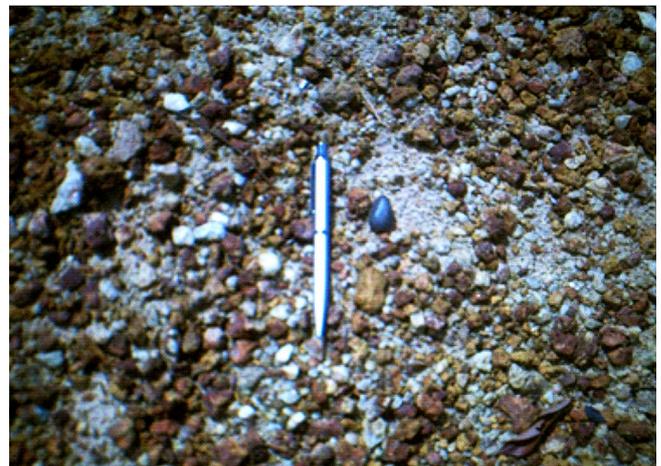


Figura 7.1 - Cristal de rutilo (cor cinza) em superfície de elúvio. Localidade de Várzea do Corda (garimpo: 2Ti).

No ponto visitado, a cianita se apresenta em cristais ripidiformes de até 3 cm de comprimento por 1 cm de largura, estando bastante intemperizada. Os cristais são concordantes com a xistosidade da rocha matriz. A rocha xistosa, descrita como xisto com cianita, mergulha para SE (30° a 50°), e apresenta associação mineral quartzo - K feldspato – biotita – muscovita – grana da - cianita.

Campos *et al.* (1976) também encontraram cristais de cianita em um outro ponto desta mesma faixa xistosa, ao longo de 600m do corte de estrada, na localidade de Belém. Estes autores descreveram assim: “A cianita apresenta-se em prismas alongados de até 5cm de comprimento, translúcidos, de cores azul clara e cinza, dispersos aleatoriamente no xisto e ocorre disseminada dentro de um biotita-xisto-granatífero com plano de xistosidade medindo 30°/120°Az”. Segundo esses autores, a porcentagem em volume de cianita no xisto é da ordem de 10 a 15% da rocha.

Em análise de concentrado de bateia, realizada em areia aluvionar procedente da fazenda Coelho, localizada em domínio desta mesma faixa, também foi assinalada a presença de magnetita, além da cianita.

7.5. OURO

O ouro está presente no setor sul da folha, nas localidades de Lindeza e serrote do Milho, nos colúvios e alúvios proximais. De fato, as ocorrências aqui relatadas procedem do registro das cinco anomalias de ouro (pintas) de concentrados de bateia definidas pelo Projeto Independência (MELO *et al.*, 1984).

As ocorrências de ouro ocorrem no limite entre as unidades Algodões e Complexo Canindé do Ceará, em sulfetos (piritas) contidos em veios de quartzo. Assim sendo, sugere-se concentrar a pesquisa deste metal nas áreas limítrofes das duas unidades nas localidades supracitadas, o proprietário da fazenda Jandragueira – Sr. Flávio Rodrigues Bezerra – informou que seu pai encontrou pepitas milimétricas de ouro no riacho local, que passa em frente à casa da fazenda.

7.6. AREIA

São ocorrências cadastradas de areias quartzosas situadas a sudeste da cidade de Independência, em leito de drenagem, próximo ao açude Cupim (serra do Vinagre).

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1. CONCLUSÕES

A seguir, serão enfatizadas as principais informações obtidas na área estudada (Folha Independência).

8.1.1. Cartografia Geológica

O mapeamento deste projeto permitiu a individualização, da base para o topo, das seguintes unidades:

- (i) Complexo Cruzeta - Indiferenciado domínio constituído, principalmente, por gnaisses ortoderivados, e, subordinadamente, por gnaisses paraderivados, metamorfizados em fácies anfibolito ou epidoto-anfibolito, alguns geralmente migmatizados, além de corpos lenticulares, de dimensões variadas, de rochas metaultramáficas representadas por xistos verdes e tremolita xistos, e metamáficas anfibolitizadas;
- (ii) Unidade Tróia - Constitui uma sequência metaplutono-vulcanossedimentar composta por gnaisses orto (graníticos, granodioríticos, monzoníticos e tonalíticos) e paraderivados, ambos de fácies anfibolito, associados a metaplutônicas máficas e ultramáficas, além de metatufos máficos. Sob a forma de lentes ocorrem corpos anfibolitizados de metamáficas e xistificados de metaultramáficas;
- (iii) Granitoide Cedro - Formado por ortognaisses (granítico e granodiorítico), de aspecto pegmatítico, contendo biotita, muscovita, granada e xenólitos anfibolíticos e de rochas calciossilicáticas;
- (iv) Unidade Algodões - Composta por paragnaisses arcoseanos e grauvaquianos, de fácies anfibolito, localmente com migmatização incipiente, sheets de rochas quartzo-feldspáticas, além de ortognaisses (tonalíticos, granodioríticos a monzograníticos), também de fácies anfibolito, as vezes migmatizados, e rochas metamáfica-metaultramáficas anfibolitizadas;
- (v) Complexo Canindé do Ceará - Caracterizado, predominantemente, por gnaisses migmatíticos paraderivados (biotita gnaisses, granada-biotita gnaisses), comumente proto a milonitizados, além de xistos com andaluzita, quartzitos, mármore, rochas calciossilicáticas e metabásicas. A unidade apresenta ainda biotita gnaisses ortoderivados, metamorfizados, geralmente, em fácies anfibolito, associados a paragnaisses migmatíticos e metaultramáficas;
- (vi) Complexo Ceará/Unidade Independência - Constituída predominantemente por rochas paraderivadas

representadas por gnaisses e xistos, metamorfizados em fácies anfibolito, com migmatização incipiente, além de quartzitos e lentes de mármore e anfibolitos;

(vii) Complexo Tamboril - Santa Quitéria - composto por migmatitos (diatexitos e metatexitos) e granitoides (sienogranitos, monzogranitos, quartzo sienitos e quartzo monzonitos), geralmente porfirítico, normalmente gnaissificados, alcançando fácies anfibolito. Ocorrem também paragnaisses, quartzitos, mármore, rochas calciossilicáticas e anfibolitos, associados ao domínio dos metatexitos;

(viii) Granitoides Pedra Lisa - Dominantemente constituído por granitos a granodioritos, proto a milonitizados, frequentemente porfiríticos. A estruturação desses (meta) granitoides é controlada pela zona de cisalhamento Tauá, cujo arranjo são sheets que afloram de forma quase contínua;

(ix) Diques Guaribas - Representam subvulcânicas litologicamente constituídas por riolitos, dacitos e traquitos porfiríticos, posicionados nas direções NW-SE e NE-SW;

(x) Diques Máficos Rio Ceará - Mirim - Formados por diabásios e, raramente, gabros de direção NE-SW; e

(xi) Depósitos aluvionares e coluvionares - Correspondem as areias quartzo-feldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos, argilas e fragmentos de rochas.

8.1.2. Litoquímica

Os resultados de litogeoquímica da Folha Independência classificam os metagranitoides neoproterozoicos (Granitoide Pedra Lisa e Complexo Tamboril - Santa Quitéria), paleoproterozoicos (Unidade Algodões e Complexo Canindé do Ceará) e arqueanos/paleoproterozoicos (Complexo Cruzeta e Unidade Tróia) em rochas que predominam caráter que variam de metaluminoso a peraluminoso, de séries cálcio-alcálicas, de composições graníticas a granodioríticas, sendo que alguns termos são tonalíticos (trondhjemiticos) relacionados aos ortognaisses do Complexo Cruzeta.

A litoquímica das rochas metamáficas e metaultramáficas do Complexo Cruzeta e das unidades Tróia e Algodões tem como características rochas subalcalinas, classificadas como basaltos e basaltos andesíticos, sendo as metamáficas de composição komatiítica.

8.1.3. Geologia Estrutural

As estruturas dúcteis da área delineiam o seguinte arcabouço:

(i) As rochas do Complexo Cruzeta e da Unidade Tróia apresentam foliação (S_n), caracterizadas por bandamento gnáissico ou por xistosidade de direção geral em torno NNE-SSW. No Complexo Cruzeta as foliações exibem mergulhos médios de 18° para SE, e são associadas a lineação de estiramento (L_x), preferencialmente direcional. Para este domínio os indicadores cinemáticos mais consistentes, indicam movimentação de massas para NW. As rochas da Unidade Tróia apresentam mergulhos mais altos (40°) para SE. A lineação oscila entre oblíqua a frontal, com caimento de sub-horizontal a médio ângulo (em torno de 35°);

(ii) A Unidade Algodões, em sua ocorrência a leste, apresenta bandamento gnáissico (S_n) com baixo ângulo mergulho ($<20^\circ$) para NW, em oposição a geometria das unidades anteriores (Complexo Cruzeta e Unidade Tróia). Próximo a zona de cisalhamento Tauá, seu sentido principal de mergulho é para SE, com ângulo médio de 22° , configurando, provavelmente, uma sinformal. A lineação de estiramento (L_x), nas duas faixas, tem direção geral em torno de N-S, com caimento de sub-horizontais, para N ou para S. Critérios cinemáticos na faixa Unidade Algodões (a leste da área) não foram conclusivos. Ocorrem indicação de movimentação para NNE, SW, e mais raramente para NW. Na faixa a oeste, feições cinemáticas são indicativas de movimentação sinistral, provavelmente, em função da movimentação da zona de cisalhamento Tauá;

(iii) As rochas metassedimentares da Unidade Independência (Complexo Ceará), que afloram entre as duas faixas da Unidade Algodões, são caracterizados por foliação S_n com mergulhos inferiores a 20° , predominantemente para WNW. A lineação associada apresenta ampla variação quanto à direção, mantendo, no entanto, mergulhos sub-horizontais ($<20^\circ$), principalmente, para NW e ENE. Essa variação na direção da lineação pode ser produto da migmatização que afetou grande parte das rochas dessa unidade, sobretudo na porção a norte da crista quartzítica na área centro-sul da folha. As feições cinemáticas observadas em rochas da Unidade Independência são consideradas, no âmbito da Folha Independência, insuficientes para compor um elucidativo. Na porção central da crista quartzítica predominam movimentação de topo para N e NW e mais raramente para SE;

(iv) O Complexo Tamboril Santa Quitéria é caracterizado pelo incremento da migmatização na área.

A foliação (S_n) apresenta mergulho médio de 21° para o quadrante NW. Os dados de lineação, com caimento inferior a 20° , desenham guirlandas em torno dos máximos, variando quanto a direção, de NE-SW a NW-SE. O limite entre o Complexo Tamboril - Santa Quitéria e a Unidade Independência (Complexo Ceará) é tectônico e marcado por uma frente com forma abaulada, podendo trata-se de uma frente de uma *nappe*; e

(v) Na porção oeste da área, a estrutura mais marcante é a zona de cisalhamento Tauá, de direção aproximada NNW, que marca o limite entre a Unidade Algodões, o Complexo Canindé do Ceará juntamente com o Granitoide Pedra Lisa e, mais a norte, trunca as rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria. Neste contexto, no Complexo Canindé do Ceará e no Granitoide Pedra Lisa prevalecem foliações (S_{n+1}), aproximadamente N-S, sub-verticalizadas. O conjunto é associado à lineações (L_{n+1}), direcionais, com caimento sub-horizontal, predominantemente para SSW. Quanto à cinemática, nesta região, estatisticamente predomina indicação de movimentação sinistral, identificadas principalmente em rotação de porfiroclastos e em superfícies S/C.

8.1.4. Prospecção Geoquímica

A pesquisa favorecida pela análise geoquímica prospectiva, com extração por água régia, adequada também para a detecção de sulfetos, sugere potencialidade para área na existência de mineralizações auríferas.

Sob o aspecto desfavorável, alguns silicatos primários, constituintes essenciais de rochas como piroxênios e anfibólios, e óxidos refratários como cassiterita, wolframita e cromita têm pequena extractabilidade, que é em função do variável grau de alteração do mineral. Embora a análise utilizada não propiciou a solubilização total do material, requerida em região semiárida onde predominam processos intempéricos físicos sobre os químicos, o reconhecimento geoquímico associado ao mineralógico, como auxiliares ao mapeamento geológico, conseguiu delinear zonas de variação, especialmente dos minerais de ascendência máfica e daqueles acessórios de rochas.

8.1.5. Recursos Minerais Cadastrados

Quanto aos recursos minerais, os mármore e rutilos foram os mais abundantes encontrados da área. Contudo, se destacam tanto o ouro (ocorrências situadas no extremo centro-sul da folha) como a cianita (quadrante sudeste da área) como substâncias secundárias.

Em termos de rocha para fins ornamentais foram cadastradas quatro ocorrências de granito, sendo uma em atividade para fabricação de piso e revestimento. A área ainda apresenta vários outros corpos graníticos com potencialidade para rocha ornamental, dado pelas características estruturais e de tonalidades das rochas, dependendo apenas de amostragem sistemática de campo e de análises laboratoriais, além do fácil acesso ao jazimento.

8.2. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se estudar e cartografar em detalhe a região com favorabilidade para ouro, tendo como orientação as anomalias geoquímicas identificadas, principalmente, na região sul-sudeste da folha, associada aos veios quartzosos e as rochas metavulcanossedimentares da Unidade Algodões e Complexo Cruzeta/Unidade Tróia.

REFERÊNCIAS

- ABDELSALAM, M. G.; LIÉGEAIS, J. P.; STERN, R. J. The saharan metacraton. **Journal of African Earth Sciences**, v. 34, p. 119–136, april-may. 2002.
- ALMEIDA, A. R. **Petrologia da província subvulcânica de Tauá e Independência - CE**. 1987. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1987.
- ALMEIDA, A. R.; PARENTE, C. V.; ARTHAUD, M. H. **Quixeramobim - SB.24-V-D-III, Boa Viagem - SB.24-V-D-II e Itatira - SB.24-V-B-V, escala 1:100.000**: nota explicativa integrada. Fortaleza: UFC/CPRM, 2008. 196p. Programa de Geologia do Brasil – PGB.
- ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. de; FUCK, R. A. As províncias estruturais do Brasil. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. **Boletim especial** [...] Campina Grande: SBG, 1977. p. 12 – 13.
- ARAÚJO, C. E. G. de; PINÉO, T. R. G. **Mapa geológico. Folha Novo Oriente - SB.24-V-C-VI**. Fortaleza: CPRM, 2011. 1 mapa, color. Escala 1:100.000. Programa de Geologia do Brasil - PGB.
- ARAÚJO, C. E. G.; CORDANI, U. G.; BASEI, M. A. S.; CASTRO, N. A.; SATO, K.; SPROESSER, W. M. U–Pb detrital zircon provenance of metasedimentary rocks from the Ceará Central and Médio Coreaú Domains, Borborema Province, NE-Brazil: tectonic implications for a long-lived Neoproterozoic active continental margin. **Precambrian Research**, v. 206-207, p. 36-51, june, 2012.
- ARAÚJO, M. G. S.; BRITO NEVES, B. B.; ARCHANJO, C. J. Idades ⁴⁰Ar/³⁹Ar do magmatismo básico Meso-Cenozóico da Província Borborema Oriental, Nordeste do Brasil. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 19., Natal, **Resumos**. Natal: SBG/Núcleo Nordeste, n. 17. 2001. p. 260- 261.
- ARTHAUD, M. H.; CABY, R.; FUCK, R. A.; DANTAS, E. L.; PARENTE, C. V. Geology of the northern Borborema Province, NE Brazil and its correlation with Nigeria, NW Africa. *In*: PANKHURST, R.J. et al (Eds.). **West Gondwana: Pre-Cenozoic correlation across the South Atlantic region**. London: Geological Society - Special Publication, n. 294, p. 49-67, 2008.
- ARTHAUD, M. H. **Evolução neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil), da sedimentação à colisão continental brasileira**. 2007. 170p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- ARTHAUD, M. H.; LANDIN, D. F. Relações da sequência metassedimentar de Quixeramobim com seu embasamento. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 16., Recife, **Boletim**. Recife: SBG/Núcleo Nordeste, n. 14, v. 1. 1995. p. 125-128.
- BARKER, F. Trondhjemite: definition, environment and hypotheses of origin. *In*: BARKER, F. **Trondhjemites, dacites and related rocks**. Amsterdam: Elsevier, 1979. p. 1-12.
- BARRETO, A. **Sumário geológico da região rutilífera de Independência-CE**. Recife: SUDENE, 1967. p. 39-47. (Série Geologia Econômica).
- BENEVIDES, H. C. **Projeto Mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais: folha SB.24-V-D Quixeramobim**. Fortaleza: DNPM/CPRM, 1983. 19p. v.1. Escala 1:250.000.
- BRITO NEVES, B. B.; PASSARELLI, C. R.; BASEI, M. A. S.; SANTOS, E. J. dos. Idades U–Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, v. 3, p.25 –38, agosto, 2003.
- BRITO NEVES, B. B. de. **Regionalização geotectônica do Pré-Cambriano Nordestino**. 1975. 198p. Tese de Doutorado– Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.
- BRITO NEVES, B. B.; CORDANI, U. G. Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic. **Precambrian Research**, v. 53, n. 1-2, p. 23-40, oct. 1991.
- BRITO NEVES, B. B.; SCHMUS, W. R. V.; FETTER, A. H. Noroeste da África – Nordeste do Brasil (Província Borborema). Ensaio comparativo e problemas de correlação. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, v.1, p. 59-78, nov. 2001.
- CABY, R.; ARTHAUD, M. H. Major Precambrian nappes of the Brazilian belt, Ceará, northeast Brazil. **Geology**. v.14, n 10, p.871-874, oct. 1986.
- CABY, R.; ARTHAUD, M. H.; ARCHANJO, C. J. Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustal units in the Brasiliano belt of Northeast Brazil: geodynamic implications. **Journal of South American Earth Sciences**. v.8, n 3-4. p.235-246, july-oct.1995.
- CAMPOS, M. de; BRAGA, A. de P. G.; SOUSA, E. M. de; SILVA, F. A. F. de; FRANÇA, J. B. de. **Projeto Rio Jaguaribe: relatório final**. Recife: DNPM/CPRM, 1976. 15v.
- CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; MEDEIROS, M de F.; PAIVA, I. G. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2003. Escala 1:500.000. 1 CD-Rom.

- CAVALCANTE, J. C.; FERREIRA, C. A.; ARNESTO, R. C. G.; MEDEIROS, M de F.; RAMALHO, R.; BRAUN, O. P. G.; BAPTISTA, M. B.; CUNHA, H. C. da S. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM/DNPM, 1983. 1 mapa, color. Escala 1: 500.000.
- CAVALCANTE, J. C. **Limites e evolução geodinâmica do sistema Jaguaribeano, Província Borborema, Nordeste do Brasil**. 1999. 177p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999.
- CHAPPEL, B. W.; WHITE, J. R. Two contrasting granite types: 25 years later. **Australian Journal of Earth Sciences**, v. 48, p. 489-499, ago. 2001.
- CORRIVEAU, L.; GORTON, M. P. Coexisting K-rich alkaline and shoshonitic magmatism of arc affinities in the Proterozoic: a reassessment of syenitic stocks in the southwestern Grenville Province. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 113, p. 262-279, fev. 1993.
- COUTINHO, M. G. N. **The geology of shear zone hosted gold deposits in Northeast Brazil**. 1994. 359p. PHD Thesis - Department of Geology, University of London, London, 1994.
- FERREIRA, V. P.; SIAL, A. N.; SANTOS, E. J. dos; SÁ, E. J.; MEDEIROS, V. C. de. Granitoids in the characterization of terranes: the Borborema province, northeastern Brazil. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS, 2., 1997, Salvador, Brazil. **Abstracts**. Salvador: SGB, 1997. p. 197-201.
- FETTER, A. H.; SANTOS, T. J. S. dos; VAN SCHMUS, W. R.; HACKSPACHER, P. C.; BRITO NEVES, B. B. de; ARTHAUD, M. H.; NOGUEIRA NETO, J. A.; WERNICK, E. Evidence for Neoproterozoic continental arc magmatism in the Santa Quitéria batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of West Gondwana, **Gondwana research**, v. 6, n. 1, p. 265-273, apr. 2003.
- FETTER, A. 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. 164p. PhD Thesis - Department of Geology, Kansas University, Lawrence, 1999.
- FOSTER, J. R. The efficiency of various digestion procedures on the extraction of metals from rocks and rock-forming minerals. **Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum Bulletin**, v. 66, p. 85 - 92, jan. 1973.
- FROST, B. R.; BARNES, C. G.; COLLINS, W. J.; ARCULUS, R. J.; ELLIS, D. J.; FROST, C. D. A geochemical classification for granitic rocks. **Journal of Petrology**, v. 42, p. 2033 - 2048, nov. 2001.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DO CEARÁ. **Atlas do Ceará**. Fortaleza: IPLANCE, 1997.
- GOMES, F. E. M.; SANTOS, J. C.; MEDEIROS, M. F. **Projeto Tauá**: relatório preliminar de pesquisa de cromo e níquel nos municípios de Tauá, Pedra Branca e Mombaça, estado do Ceará. Fortaleza: DNPM/CPRM . 1984. 70p.
- GOMES, J. R. C.; GATTO, C. M. P. P.; SOUZA, G. M. C. de; LUZ, D. S. da; PIRES, J. de L.; TEIXEIRA, W. Mapeamento regional. *In*: BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeto RADAM-BRASIL - Folhas Jaguaribe/Natal (SB.24/25)**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia. 1981. v. 23, p. 27-176.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/>. Acesso em 07 de fev. 2005.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br>. Acesso em: 12 fev. 2019.
- IRVINE, T. N.; BARAGAR, W. R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. **Canadian Journal of Earth Sciences**, v. 8, n. 5, p. 523-548, maio. 1971.
- JAGUAR MINING INC. Disponível em: <https://www.jaguarmining.com/>. Acesso em: 12 de fev. 2019.
- JARDIM DE SÁ, E. F. **A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana**. 1994. 803p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1994.
- JARDIM DE SÁ, E. F.; MACEDO, M.H.F.; FUCK, R. A.; KAWASHITA, K. Terrenos Proterozóicos na Província Borborema e a margem norte do cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n. 4, p. 472-480, dez. 1992.
- JENSEN, L. S. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. **Ontario Geological Survey**, 1976. (Miscellaneous paper - Ontario Division of Mines, 66).
- KEGEL, W. **A estrutura geológica do Nordeste do Brasil**. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia - DNPM, Rio de Janeiro, v. 227, p. 1-47. 1965.
- LE MAITRE, R. W.; STRECKEISEN, A.; ZANETTIN, B.; LE BAS, M. J.; BONIN, B.; BATEMAN, P. **A classification of igneous rocks and glossary of terms**: recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the systematics of igneous rocks. New York: Cambridge University Press, 2002. 236p.
- MANIAR, P. D.; PICCOLI, P. M. Tectonics discrimination of granitoids. **The Geology Society of America Bulletin**, v. 101, n. 5, p. 635-643, maio. 1989.
- MARTIN, H. Archean gray gneisses and the genesis of continental crust. *In*: CONDIE, K. C. **Archean crustal evolution**. Amsterdam: Elsevier. p. 205 - 259. 1994.
- MARTINS, G. **Litogeoquímica e controles geocronológicos da Suíte Metamórfica Algodões - Choró**. 2000. 218p. Tese (Dotorado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- MARTINS, G.; OLIVEIRA, E. P.; LAFON, J. M. The Algodões amphibolite-tonalite gneiss sequence, Borborema Province, NE Brazil: geochemical and geochronological evidence for paleoproterozoic accretion of oceanic plateau/back-arc basalts and adakitic plutons. **Gondwana Research**, v. 15, p. 71-85, 2009.

- MATTOS, I. C.; ARTUR, A. C.; NOGUEIRA NETO, J. A. Caracterização físico-mecânica do granito ornamental Serra do Barriga, Sobral/CE: Resultados preliminares. *In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE*, 4., 2003, Fortaleza. **Anais** [...] Rio de Janeiro: CETEM/SBG, 2003. p. 86-93.
- MCDONOUGH, W. F.; SUN, S. S.; RINGWOOD, A. E.; JAGOUTZ, E.; HOFMANN, A. W. Potassium, rubidium, and cesium in the Earth and Moon and the evolution of the mantle of the Earth. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 56, p. 1001-1012, mar. 1992.
- MELO, F.; ARAÚJO NETO, H.; LEITE, G. C. **Projeto Independência: relatório preliminar de pesquisa de rutilo nos municípios de Independência e Boa Viagem, estado do Ceará**. Fortaleza: DNPM/CPRM, 1984. 31p.
- NEVES, S. P. A zona de cisalhamento Tauá, Ceará: sentido e estimativa do deslocamento, evolução estrutural e granitogênese associada. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n. 2, 161-173, jun. 1991.
- NOGUEIRA, J. F. **Estrutura, geocronologia e alojamento dos batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu – Ceará Central**. 2004. p. 123. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- O’CONNOR, J. T. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. **U. S. Geological Survey Professional Paper**, v.525-B, p. 79-84. 1965.
- OLIVEIRA, J. F.; CAVALCANTE, J. C. **Mombaça SB.24-V-D-V: estado do Ceará**. Texto explicativo. Brasília: CPRM, 1993. 195p. Escala 1:100.000. Inclui 2 mapas. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.
- PARENTE, C. V., FILHO, W. F. S., ALMEIDA, A. R. Bacias do estágio de transição do Domínio Setentrional da Província Borborema. *In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. de. (Org.). Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, São Paulo: Beca. 2004. p. 525-536.
- PEARCE, J. A.; HARRIS, N.; TINDLE, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. **Journal of Petrology**, v. 25, p. 956-983, nov. 1984.
- PESSOA, R. R.; BRITO NEVES, B. B de; KAWASHITA, K.; PESSOA, D. R.; FUCK, R. A. Contribuição ao estudo da evolução geocronológica do Maciço de Tróia - CE. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE*, 12., João Pessoa. **Atas** [...]. João Pessoa: SBG/Núcleo Nordeste, 1986. p. 75-88.
- PESSOA, R. R.; ARCHANJO, C. J. Tectônica de empurrões na região de Troia-CE. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33., 1984, Rio de Janeiro - RJ. **Anais** [...] Rio de Janeiro: SBG, 1984. p. 1721-1728.
- PITCAIRN, I. K. Background concentrations of gold in different rocks types. **Journal Applied Earth Science**, v. 120, p. 31-38, nov. 2011.
- SANTOS, E. J. dos. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 39., 1996, Salvador. **Anais** [...] Salvador: SBG, 1996. v. 6, p. 47-50.
- SANTOS, E. J. dos; BRITO NEVES, B. B de. Província Borborema. *In: ALMEIDA, F. F. M de; HASUI, Y. O Pré-cambriano do Brasil*. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. 378 p. il. p.123-186.
- SANTOS, E. J. dos; BRITO NEVES, B. B. de. Província Borborema. *In: ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y. O Pré-cambriano do Brasil*. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. p.123-186.
- SHERVAIS, J. W. Ti-V plots and petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 59, p. 101-118, jun.1982.
- SOUZA NETO, J. A.; LEGRAND, J. M.; VOLFFINGER, M. W-Au Skarns in the NeoProterozoic Seridó Mobile Belt, Borborema Province in northeastern Brazil: an overview with emphasis on the Bonfim deposit. **Mineralium Deposita**, v. 43, n. 2, p. 185-205. 2008.
- STRECKEISEN, A. To each plutonic rocks its proper name. **Earth-Science Reviews**, v. 12, p. 1 – 33, mar. 1976.
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE; DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO. **Independência - folha SB.24-V-D-I**. Brasília: SUDENE; DSG, 1988. 1 mapa,color. Escala1: 100.000.
- SUN, S. S.; MCDONOUGH, W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes. *In: SAUNDERS, A. D.; NORRY, M. J. Magmatism in the ocean basins*. London: Geological Society - Special Publication, v. 42, p. 313-345, jan. 1989.
- TEIXEIRA, M. L. A. **Integração de dados aerogeofísicos, geológicos e isotópicos do limite norte do Complexo Tamboril – Santa Quitéria – CE (Província Borborema)**. 2005. 91p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- TORRES, P. F. M.; CAVALCANTE, J. C.; PALHETA, E. S. de M.; VASCONCELOS, A. M.; OLIVEIRA, F. V. de O.; FORGIARINI, L. L. **Mapa geológico da folha Quixadá - SB-24-V-B**. Fortaleza: CPRM, 2007. 1 mapa, color. Escala 1: 250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB.
- TROMPETTE, R.; SILVA, M. E.; TOMMASI, A.; VAUCHEZ, A.; UHLEIN, A. Amalgamação do Gondwana Ocidental no Panafricano-Brasíliano e o papel da geometria do Cráton do São Francisco na arquitetura da Faixa Ribeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 23, n. 3,p. 187-193, set. 1993.
- TROMPETTE, R. **Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma)**: Pan African - Brasiliano aggregation of South America and Africa. Rotterdam: A. A. Balkema, 1994.
- WILSON, M. **Igneous petrogenesis**. London: Unwin Hyman, 1989.
- WINCHESTER, J. A; FLOYD, P. A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. **Chemical Geology**, v. 20, p. 325-343. 1977.

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 do Brasil

Levantamentos Geológicos Básicos

ISBN
978-65-5664-137-9

GEOLOGIA

E RECURSOS MINERAIS

FOLHA INDEPENDÊNCIA – SB.24-V-D-I

O Projeto Geologia e Recursos Minerais Folha Independência – SB.24-V-D-I, resulta de uma ação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, empresa pública vinculada à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Ministério de Minas e Energia.

Este projeto foi realizado no âmbito do Programa Geologia do Brasil e executado pela Residência de Fortaleza.

Apresenta o estado da arte do conhecimento geológico e de recursos minerais na escala 1:100.000, de uma área de 3.000 km², abrangendo áreas dos municípios de Independência, Tamboril, Monsenhor Tabosa, Crateús, Tauá, Boa Viagem e Pedra Branca, no estado do Ceará.

Os produtos deste projeto deverão auxiliar os órgãos de planejamento das esferas de governo federal, estadual e municipal, em especial ao governo do estado do Ceará e seus respectivos municípios, no estabelecimento de políticas públicas de desenvolvimento regional, assim como a iniciativa privada, na medida em que serve de base para pesquisa mineral, além de subsidiar estudos de zoneamento ecológico-econômico e de gestão ambiental do território.

ESTADO DO CEARÁ



Escala: 1:100.000

www.cprm.gov.br

SERVIÇO DE ATENDIMENTO AO USUÁRIO - SEUS
Tel: 21 2295-5997 – Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

OUVIDORIA
Tel: 21 2295-4697 – Fax: 21 2295-0495
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL