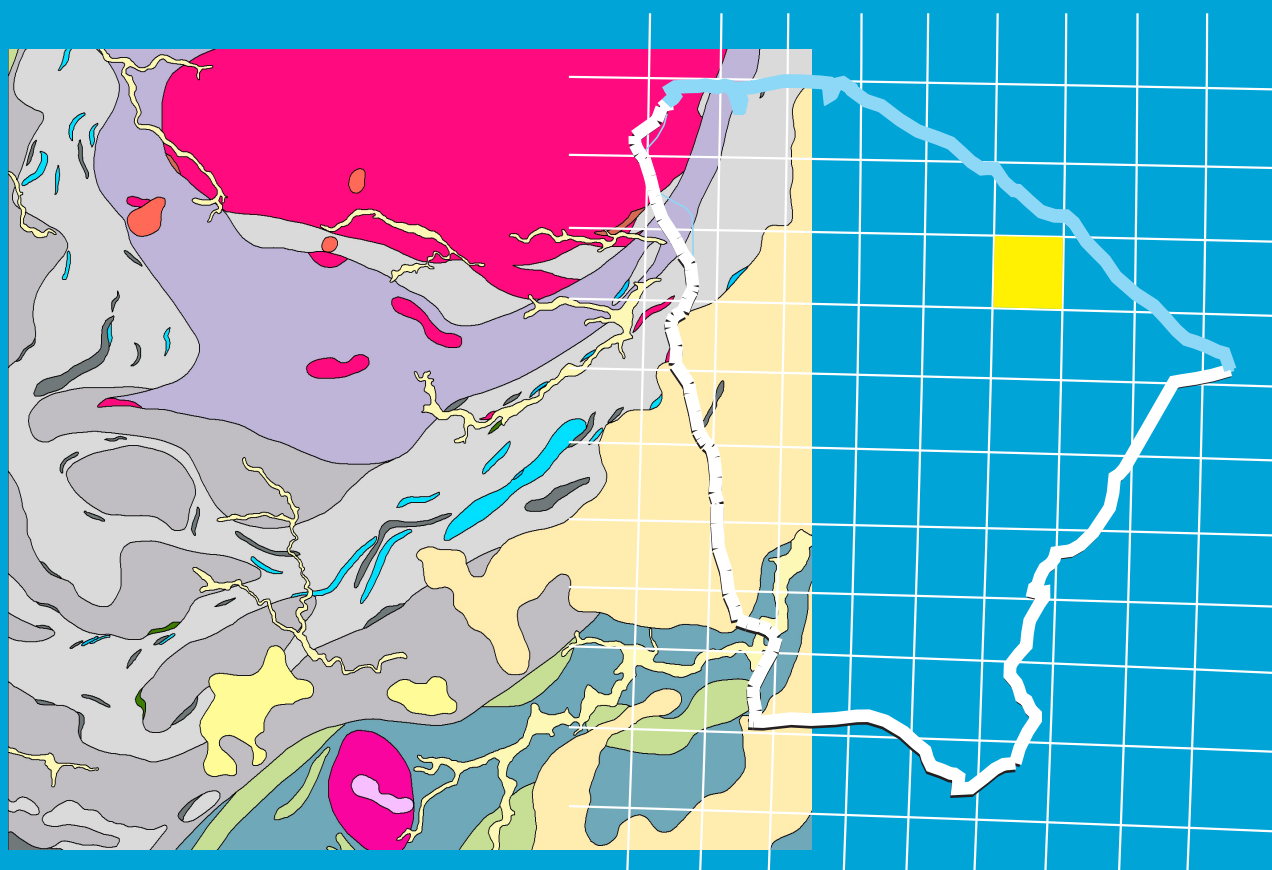


Programa Geologia do Brasil
Levantamentos Geológicos Básicos

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA BATURITÉ – SB.24-X-A-I



Escala: 1:100.000
2017

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

Programa Geologia do Brasil

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA
FOLHA BATURITÉ
SB.24-X-A-I

Escala 1:100.000

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo (Org.)

ESTADO DO CEARÁ



PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL - PGB
INTEGRAÇÃO, ATUALIZAÇÃO E DIFUSÃO DE DADOS DA GEOLOGIA DO BRASIL

CPRM – RESIDÊNCIA DE FORTALEZA
AV. ANTÔNIO SALES, 1418 – JOAQUIM TÁVORA
FORTALEZA – CE – 60135-101
FAX: (85) 3878.0240
TEL: (85) 3878.0200
HTTP://WWW.CPRM.GOV.BR

P651g Pinéo, Tércyo Rinaldo Gonçalves.
Geologia e recursos minerais da folha Baturité – SB.24-X-A-I: estado do Ceará. Escala 1:100.000. / Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo, Simone Zwirtes, Bruno de Oliveira Calado --- Fortaleza: CPRM, 2017.
93p.: il.; + mapa (disponível em meio digital)
Programa Geologia do Brasil - PGB. Integração e Difusão de Dados da Geologia do Brasil. ISBN 978-85-7499-331-7
1 Geologia Regional - Ceará. 2. Recursos Minerais. 3. Estratigrafia. 4. Geotectônica. 5. Petrologia. 6. Prospecção Geoquímica. I. Zwirtes, Simone. II. Calado, Bruno de Oliveira. III. Título.

CDD 558.131

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

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Programa Geologia do Brasil

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA BANABUIÚ
ESTADO DO CEARÁ

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
FERNANDO BEZERRA COELHO
Ministro de Estado

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
VICENTE HUMBERTO LÔBO CRUZ
Secretário

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
ESTEVES PEDRO COLNAGO
Diretor Presidente

JOSÉ LEONARDO SILVA ANDRIOTTI
Diretor de Geologia e Recursos Minerais
ANTONIO CARLOS BACELAR NUNES
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial
ESTEVES PEDRO COLNAGO

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento
JULIANO DE SOUZA OLIVEIRA

Diretor de Administração e Finanças
LÚCIA TRAVASSOS DA ROSA COSTA
Chefe do Departamento de Geologia
MARCELO ESTEVES ALMEIDA

Chefe do Departamento de Recursos Minerais
MARCO TÚLIO NAVES DE CARVALHO

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação
EDILTON JOSÉ DOS SANTOS

Chefe da Divisão de Geologia Básica
HIRAN SILVA DIAS

Chefe da Divisão de Geoprocessamento
DENISE PIMENTEL ASSIS

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

RESIDÊNCIA DE FORTALEZA
DARLAN FILGUEIRA MACIEL
Chefe da Residência

ANTÔNIO MAURÍLIO VASCONCELOS
Coordenador Executivo da DGM

EDNEY SMITH DE MORAES PALHETA
Assistente de Produção do DGM

FRANCISCO EDSON M. GOMES
Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

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

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA BATURITÉ
ESTADO DO CEARÁ

CRÉDITOS DE AUTORIA DA CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

Tércyo Rinaldo Gonçalves Pinéo e Simone Zwites.

CRÉDITOS DE AUTORIA DO RELATÓRIO

1. Introdução

Simone Zwites

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo

2. Geologia Regional

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo

3. Unidades Estratigráficas

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo

Iaponira Paiva Gomes

4. Litogeoquímica

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo

5. Geologia Estrutural

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo

6. Aerogeofísica

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo

7. Geoquímica Prospectiva

Bruno de Oliveira Calado

8. Recursos Minerais

Simone Zwites

9. Conclusões e Recomendações

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo

Bruno de Oliveira Calado

Mapa Geológico

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo

Simone Zwites

SIG Geológico

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo

Simone Zwites

COORDENADOR EXECUTIVO DA DGM

Antônio Maurílio Vasconcelos

APOIO TÉCNICO

Iaponira Paiva Gomes (Petrografia)

Vicente Calixto Duarte Neto (Técnico em Mineração)

Antônio Celso R. de Melo (Técnico em Mineração)

Raimundo Anunciato de Carvalho (Técnico em Mineração)

EDIÇÃO DO PRODUTO DIGITAL

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Departamento de Relações Institucionais e Divulgação – DERID – Marco Túlio Naves de Carvalho

Divisão de Marketing e Divulgação – DIMARK – Denise Pimentel Assis

Divisão de Geoprocessamento – DIGEOP - Hiran Silva Dias

Editoração - Eriveldo da Silva Mendonça - REFO

APRESENTAÇÃO

O conhecimento geológico do território brasileiro constitui um instrumento indispensável para o planejamento e a implementação das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável dos recursos minerais, petrolíferos e hídricos subterrâneos do país e, simultaneamente, fonte de dados imprescindível para o conhecimento do meio físico tendo em vista a execução de estudos de zoneamento ecológico-econômico e de gestão ambiental do território nacional. É com esta premissa que a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, através da CPRM - Serviço Geológico do Brasil têm a grata satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral os resultados alcançados pelo PROJETO FOLHA BATURITÉ - SB.24-X-A-I. Executado pela Residência Fortaleza da CPRM - Serviço Geológico do Brasil, o projeto 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 Baturité, Aracoiaba, Redenção, Pacoti, Palmácia, Guaramiranga, Barreira, Acarape e Guaiúba, no estado do Ceará.

Na preparação deste produto foram compilados e integrados todos os dados e informações geológicas, tectônicas, geoquímicas, geofísicas e de recursos minerais disponíveis na região abrangida pela folha. Estes dados foram complementados com a interpretação de fotografias aéreas e de imagens de satélite, seguida de intensa programação de trabalhos de coleta de dados de campo e da elaboração de um texto explicativo. Todos estes dados estão hospedados em robusto e moderno banco de dados (GEOBANK) da CPRM.

Este produto é mais uma ação do PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL que vem desenvolvendo trabalhos em todas as regiões do país e cujo objetivo é proporcionar o incremento do conhecimento geológico e hidrogeológico do território brasileiro, como parte do PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO - PAC.

Com mais este lançamento, a CPRM - Serviço Geológico do Brasil dá continuidade à política governamental de atualizar o conhecimento geológico do país, seja através dos levantamentos geológicos básicos nas escalas 1:250.000 e 1:100.000 e dos levantamentos aerogeofísicos de alta resolução, com linhas de vôo espaçadas de 500m, ou ainda pela integração da geologia e dos recursos minerais em mapas dos Estados da Federação nas escalas 1:500.000 e 1:1.000.000, contribuindo desta forma com o resgate e a caracterização do conhecimento geológico como uma obra de infra-estrutura de fundamental importância para o desenvolvimento regional e importante subsídio básico à formulação de políticas públicas e de apoio à tomada de decisão dos investimentos.

ESTEVES PEDRO COLNAGO
Diretor-Presidente
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

JOSÉ LEONARDO SILVA ANDRIOTTI
Diretor de Geologia e Recursos Minerais
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

RESUMO

A Folha Baturité (SB. 24-X-A-I) localiza-se na porção nordeste do Estado do Ceará, entre os paralelos 04°00'S e 04°30'S e entre os meridianos 38°30'W e 39°00'W. O contexto geológico regional é representado pelo Domínio Ceará Central da Província Borborema, caracterizado por um embasamento Arqueano/Paleoproterozoico, com rochas supracrustais Meso/Neoproterozoicas e granitogênese Neoproterozoica, de consolidação no Orógeno Brasileiro/Pan-Africano durante a aglutinação do supercontinente Gondwana. Os litotipos cartografados foram individualizados em oito unidades litoestratigráficas. A unidade mais antiga corresponde ao Complexo Canindé do Ceará de idade Paleoproterozoica em torno de 2,1 Ga (e.g. Hackspacher et al. 1990; Fetter, 1999 e Castro, 2004, Torres et al., 2007) sendo composta por paragneisses, paramigmatitos e ortogneisses de composição granodirítica a tonalítica. Esta unidade corresponde ao embasamento do Complexo Ceará, formado pela Unidade Independência. A Unidade Independência, de idade Neoproterozoica (Fetter, 1999; Castro, 2004 e Arthaud, 2007), é composta por paragneisses, xistos aluminosos, quartzitos, mármore, rochas de composição cálcio-silicática e metabásicas. Na porção norte da Folha Baturité há um domínio granítico-migmatítico, sin- a pós-colisional e de idade Neoproterozoica, denominado de Complexo Tamboril-Santa Quitéria, que foi dividido em três unidades neste projeto: (1) Migmatitos, representado por diatexitos e por metatexitos com paleossoma de protólito ígneo. (2) Granitoide Santa Quitéria, representados por granitoides róseos, deformados, de textura porfirítica a augen, com quimismo peraluminoso a metaluminoso e cálcio-alcálico de alto potássio. (3) Metadiorito Serrote do Bolo, representado por metadiorito e metatonalito metaluminoso e cálcio-alcálico de médio a alto potássio. O Magmatismo pós-colisional de idade Ediacariano/Cambriano é representado por duas unidades: (1) Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda, composta por diorito e biotita-gabro de natureza cálcio-alcálica de médio potássio, além de granitoide leucocrático no centro da intrusão. (2) Granitoide Tanques, representado por granodiorito, granito e quartzo-monzonito equigranular, metaluminoso a peraluminoso e cálcio-alcálico de alto potássio, intrusivo no domínio do Complexo Tamboril-Santa Quitéria. As coberturas sedimentares cenozoicas cartografadas são representadas pelo Grupo Barreiras, pelos Depósitos colúvio-eluviais e pelos Depósitos aluvionares. Os elementos estruturais indicam tectônica tangencial com vergência para S-SW e W (porção NW da área), responsável pelo espessamento crustal identificado principalmente na Unidade Independência do Complexo Ceará, seguido de uma tectônica transcorrente desenvolvida nos estágios finais do Orógeno Brasileiro/Pan-Africano e materializada em zonas de cisalhamento de direção NE-SW. Os bens minerais identificados na área são representados por minerais industriais e minerais de uso na construção civil. No âmbito deste projeto foram cadastradas 59 ocorrências minerais entre depósitos, minas, ocorrências e indícios, sendo 31 de carbonato (mármore), 10 de caulim, 09 de manganês, 02 de rocha para fins ornamentais, 02 de talco, 02 de amianto, 01 de vermiculita, 01 de barita e 01 de areia. Além do mais, há xistos grafitosos na Unidade Independência. A análise de sedimentos de corrente e concentrado de bateia, referente à prospecção geoquímica, possibilitou a caracterização de elementos maiores e menores de alto *background* para cada unidade litoestratigráfica cartografada, bem como a individualização de zonas anômalas, compondo elementos individuais ou grupos de elementos.

ABSTRACT

The Baturité Sheet (SB. 24-X-A-I) is located in Ceará Central Domain of the Borborema Province, which was formed in Brazilian/Pan-African Orogen during the assemblage of the Gondwana supercontinent. The mapped rocks were individualized in eight lithostratigraphic units. The oldest unit corresponds to Canindé do Ceará Complex of Paleoproterozoic age around 2.1 Ga (e.g. Hackspacher et al. 1990; Fetter, 1999 e Castro, 2004, Torres et al., 2007). The Canindé do Ceará Complex is formed by paragneiss, migmatites and orthogneiss of granodioritic to tonalitic composition, and correspond the basement of the Ceará Complex. The Independence Unit of the Ceará Complex has Neoproterozoic age (Fetter, 1999; Castro, 2004 e Arthaud, 2007), consisting of paragneisses, aluminous schists, quartzites, marbles, calcissilicate and metabasics rocks. In the northern portion of the Baturité Sheet there is a Neoproterozoic granitic-migmatitic domain, called Tamboril-Santa Quitéria Complex, which was divided into three units in this project: (1) Migmatites, represented by diatexites and metatexites with paleosome of igneous protolith. (2) Santa Quitéria Granitoid, represented by deformed pink granites, which are peraluminous to metaluminous and calc-alkaline of high potassium. (3) Serrote do Bolo Metadiorite, represented by metadiorite and metatonalite, which are metaluminous and calc-alkalic medium to high potassium. The post-collisional magmatism of Ediacariano/Cambrian age is represented by two units: (1) Mafic to Intermediate Pedra Aguda Suite, composed of diorite and biotite gabbro of calc-alkaline nature of medium potassium. (2) Tanques Granitoid, represented by granodiorite, equigranular granite and quartz-monzonite, which are metaluminous to peraluminous and calc-alkaline high-potassium. The mapped Cenozoic sedimentary covers are represented by Barreiras Group, Colluvial Deposits and Alluvial Deposits. The structural elements indicate a tangential tectonic with S-SW and W (NW portion of the study area) vergence, which resulted in a crustal thickening identified mainly in Independence Unit of the Ceará Complex, followed by a strike-slip tectonics developed in the late stages of the Brazilian Orogen, materialized in shear zones of NE-SW direction. Were registered 59 mineral resources formed by carbonate (marble), kaolin, manganese, ornamental granites, talc, asbestos, vermiculite, barite and sand. Moreover, there are graphitic schists in Independência Unit.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	11
1.1 - JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO	11
1.3 - MÉTODOS.....	12
1.3.1 - Etapa Preparatória	12
1.3.2 - Etapa Principal	12
1.3.3 - Etapa Final.....	12
2 – GEOLOGIA REGIONAL.....	13
3 – UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	15
3.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
3.2 - COMPLEXO CANINDÉ DO CEARÁ (PRcn)	17
3.2.1 - Paragneisses (PRcn1).....	17
3.2.2 - Ortogneisses (PRcn2)	19
3.3 - COMPLEXO CEARÁ	20
3.3.1.1 - Gnaisses (NP2ci).....	20
3.3.1.2 - Xistos e Quartzitos (NP2ciqx)	22
3.3.1.3 - Quartzito (NP2ciq)	24
3.3.1.4 - Mármore (NP2cica) e Rocha Cálcio-Silicática (NP2cics)	24
3.3.1.5 - Anfibolitos (NP2ciaf)	25
3.3.1 - Unidade Independência (NP2ci)	20
3.4 - COMPLEXO TAMBORIL-SANTA QUITÉRIA (NP3γtsq, NP3δtsms E NP3tsm)	27
3.4.1 - Granitoide Santa Quitéria (NP3γtsq).....	27
3.4.2 - Metadiorito Serrote do Bolo (NP3δtsms)	29
3.4.3 - Migmatitos (NP3tsm)	30
3.5 - SUÍTE MÁFICA A INTERMEDIÁRIA PEDRA AGUDA (NP3δ2pag, NP3γ2pag).....	31
3.5.1 - Gabro Pedra Aguda (NP3δ2pag)	31
3.5.2 - Leucogranito Pedra Aguda (NP3γ2pag).....	31
3.6 - GRANITOIDE TANQUES (εγ4pt)	32
3.7 - COBERTURAS SEDIMENTATES CENOZOICAS.....	33
4 – LITOGEOQUÍMICA	35
4.1 - COMPLEXO CANINDÉ DO CEARÁ (PRcn2)	36
4.2 - COMPLEXO TAMBORIL-SANTA QUITÉRIA	36
4.2.1 - Granitoide Santa Quitéria (NP3δtsq)	36
4.2.2 - Migmatitos (NP3tsm)	39
4.2.3 - Metadiorito Serrote do Bolo (NP3δtsms)	40
4.3 - SUÍTE MÁFICA A INTERMEDIÁRIA PEDRA AGUDA	40
4.3.1 - Gabro Pedra Aguda (NP3δ2pag)	40
4.3.2 - Leucogranito Pedra Aguda (NP3γ2pag).....	45
4.4 - GRANITOIDE TANQUES (εγ4pt)	46

5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	50
5.1 - DOMÍNIO ESTRUTURAL 1.....	51
5.2 - DOMÍNIO ESTRUTURAL 2.....	51
5.3 - DOMÍNIO ESTRUTURAL 3.....	52
5.4 - EVOLUÇÃO TECTÔNICA	52
6 – AEROGEOFÍSICA	56
6.1 - AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	56
6.2 - INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	56
6.2.1 - Domínio A	56
6.2.2 - Domínio B	57
6.2.3 - Domínio C.....	57
6.2.4 - Lineamentos Magnéticos	59
7 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA.....	60
7.1 - OBJETIVO.....	60
7.2 - METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM, ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS	60
7.2.1 - Amostragem e Análise dos Sedimentos de Corrente.....	60
7.2.2 - Amostragem e Análise dos Concentrados de Bateia.....	60
7.2.4 - Variância de Amostragem e Análise dos Sedimentos de Corrente	61
7.3 - RESULTADOS OBTIDOS.....	63
7.3.1 - Domínios Geoquímicos	63
7.3.2 - Associações Geoquímicas	70
7.3.3 - Resultados Elevados e Anomalias	71
8 – RECURSOS MINERAIS	76
8.1 - MÁRMORE	77
8.2 - MANGANÊS.....	79
8.2.1 - Ocorrências de Baixa do Miguel e Serragem.....	80
8.2.2 - Ocorrências de Itacima	80
8.3 - CAULIM	82
8.4 - BARITA	83
8.5 - TALCO.....	83
8.6 - AMIANTO	84
8.7 - VERMICULITA	85
8.8 - AREIA	85
8.9 - ROCHA ORNAMENTAL	85
8.9.1 - Pedra Aguda.....	85
8.9.2 - Pedreira ao sul de Maranguape	86
9 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	87
9.1 - GEOLOGIA	87
9.2 - RECURSOS MINERAIS.....	88
9.3 - GEOQUÍMICA PROSPECTIVA	88

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 90

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA BATURITÉ

ESTADO DO CEARÁ

1 – INTRODUÇÃO

O projeto Folha Baturité envolveu mapeamento geológico e prospecção geoquímica, realizados em escala de 1:100.000, com ênfase à identificação de recursos minerais. Foi executado entre maio de 2009 e julho de 2011, pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Residência de Fortaleza (REFO), dentro do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB), integrante do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal.

1.1 - JUSTIFICATIVA

A área do projeto ainda se apresenta pouco conhecida do ponto de vista geológico e metalogenético. Assim, a sua seleção para realização das atividades aqui propostas se justifica pelo fato de que a melhoria no seu conhecimento proporcionará um avanço na compreensão da evolução tectônica da Província Borborema, na qual esta inserida. Além do que, os

produtos finais a serem gerados proporcionarão benefícios à comunidade regional, como um todo, uma vez que constituirão subsídios para o desenvolvimento do setor mineral do Ceará, importante gerador de empregos.

1.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Folha Baturité localiza-se na porção nordeste do estado do Ceará, compreende uma superfície de cerca de 3.000 km², sendo limitada pelos paralelos 4° 00' S e 4° 30' S e meridianos 38° 30' W e 39° 00' W. Envolve os municípios de Baturité, Aracoiaba, Redenção, Pacoti, Palmácia, Guaramiranga, Barreira, Acarape, Guaiúba, e parte dos municípios de Mulungu, Aratuba, Capistrano, Ocara, Chorozinho, Pacajús, Horizonte, Aquiraz, Itaitinga, Pacatuba, Maranguape e Caridade. O acesso, partindo da capital Fortaleza, pode ser feito pelas rodovias CE-60, CE-65 e BR-116 no sentido sul (Figura 1.1).



Figura 1.1 – Mapa simplificado do Estado do Ceará com a localização da Folha Baturité.

1.3 - MÉTODOS

O método de trabalho seguiu a sistemática do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB) que corresponde a três etapas principais.

1.3.1 - Etapa Preparatória

Correspondeu a análise do acervo disponível, compreendendo a aquisição de material técnico (mapas geológicos pré-existent, bases cartográficas, imagens de satélite, fotografias aéreas, dados aerogeofísicos, bases de dados do GEOBANK/CPRM, dados geocronológicos e litogeoquímicos, etc.) e compilação de dados da bibliografia. A seguir foram realizados os tratamentos, interpretações e integrações dos dados obtidos, resultando em um mapa geológico de serviço na escala de 1:100.000.

1.3.2 - Etapa Principal

Esta etapa refere-se às atividades de campo, às análises laboratoriais e ao preenchimento do banco de dados GEOBANK da CPRM. Desta forma, foram realizadas sete etapas de campo (93 dias) referente ao mapeamento geológico, duas etapas de campo (20 dias) para o cadastramento mineral, e cinco etapas de campo (90 dias) referente ao levantamento geoquímico de prospecção. As etapas de campo se alternaram com períodos de escritório, onde foram realizados ajustes e revisões da fotointerpretação, bem como a alimentação do banco de dados, com base nas informações obtidas no campo.

O mapeamento geológico foi realizado

ao longo de seções perpendiculares ao *trend* estrutural da região. Foram visitados 773 afloramentos de rocha, dos quais foram selecionadas 185 amostras para análise petrográfica, 96 amostras para análise de litogeoquímica, 5 amostras para análise geocronológica pelo método Sm-Nd e 2 amostras para análise geocronológica pelo método U-Pb em zircão, no entanto, as análises geocronológicas não foram realizadas.

Concomitante com o mapeamento geológico foi executada a prospecção geoquímica regional, que resultou na coleta de 265 amostras de sedimento de corrente para análises geoquímicas multi-elementares e 78 amostras de concentrado de bateia para estudos mineralógicos, ao longo de drenagens previamente selecionadas.

Os trabalhos de campo para o cadastramento de recursos minerais foram divididos em duas etapas e objetivaram e reavaliação de ocorrências previamente cadastradas e o cadastramento de novas ocorrências. Assim, foram visitadas e cadastradas 54 ocorrências minerais, das quais foram selecionadas 10 amostras para confecção e análise de seção polida.

1.3.3 - Etapa Final

A etapa final consistiu na elaboração do mapa geológico, do mapa de recursos minerais e do relatório final. Todos os dados de campo, como descrições de afloramentos e cadastramento de recursos minerais, foram lançados nas suas respectivas bases (Aflora e Recursos Minerais) que constituem o banco de dados GEOBANK da CPRM, que pode ser acessado através dos sites: www.cprm.gov.br ou [HTTP://geobank.sa.cprm.gov.br](http://geobank.sa.cprm.gov.br).

2 – GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo está inserida no Domínio Ceará Central da Província Borborema (Figura 2.1), formada na Orogênese Brasileira/Pan-Africana durante a aglutinação entre os cratons São Luis - Oeste Africano e São Francisco – Congo em torno de 600 Ma, que resultou na geração do supercontinente Oeste-Gondwana (Almeida et al., 1981).

Vários autores, dentre eles Delgado et al. (2003) compartimentam a Província Borborema em três segmentos: Subprovíncia Setentrional, Subprovíncia da Zona Transversal e Subprovíncia Meridional. A Subprovíncia Setentrional situa-se a norte do Lineamento Patos, sendo formada, de oeste para leste, pelos Domínios Médio Coreaú, Ceará Central e Rio Grande do Norte.

O Domínio Ceará Central limita-se a norte pelo Lineamento Transbrasiliano, a oeste pela Bacia do Parnaíba e a leste e sul, faz fronteira com a Faixa Orós-Jaguaribe por meio da Zona de Cisalhamento Aiuaba-Orós (Figura 2.1). Rochas arqueanas deste domínio compõem o Complexo Cruzeta (Cavalcante et al., 2003) constituído por gnaisses de composição TTG, corpos máficos, ultramáficos e metassedimentos, agrupados nas Unidades Tróia, Pedra Branca e Mombaça. Fetter (1999) destaca o Complexo Cruzeta, com idade U-Pb de 2,7 Ga e idade modelo Nd TDM entre 2,7 e 2,8 Ga, e o Complexo Mombaça com idade U-Pb de 2,8 Ga e 3,27 Ga (Silva et al., 2002) com TDM entre 2,9 e 3,0 Ga. Registro de colagem paleoproterozoica ao núcleo arqueano, corresponde a Unidade Algodões, sequência metavulcanosedimentar com idade U-Pb entre 2,13 e 2,23 Ga e idade modelo Nd TDM entre 2,24 e 2,44 Ga (Martins, 2000).

Grande parte do Domínio Ceará Central é constituída por litotipos proterozoicos. Assim, há o Complexo Canindé do Ceará (Torres et al., 2007) que corresponde a uma sequência metaplutono-sedimentar com idades U-Pb em ortognaisses entre 2,11 e 2,19 Ga (Fetter et al., 2000; Castro, 2004) e o Complexo Ceará que compreende uma sequência metavulcanosedimentar formada por xisto, quartzito, mármore, metariolito e anfíbolito, onde através de estudos geocronológicos U-Pb em zircão oriundos de metavulcânicas e zircão detrítico,

foi definida uma idade neoproterozoica para a sedimentação, em torno de 750 Ma (Fetter, 1999; Castro, 2004; Arthaud, 2007). Outras sequências sedimentares tipo QPC de idade proterozoica correspondem o Complexo Acopiara e o Grupo Novo Oriente (Cavalcante et al., 2003). Neste, a idade máxima de deposição foi definida como mesoproterozoica, baseada em idades modelos TDM entre 1,36 e 1,69 Ga, obtidas em sills de rocha metabásica (Araújo et al., 2010).

Na porção oeste do Domínio Ceará Central há um extenso contexto metaígneo/anatético com enclaves de rochas cálcio-silicáticas e anfíbolitos, denominado de Complexo Tamboril-Santa Quitéria, de idade neoproterozoica (Fetter, 1999). Fetter et al. (2003) interpretam este complexo como um arco magmático continental desenvolvido entre 660 e 590 Ma. Há ainda granitos sin a tardi Brasileiro associados ao desenvolvimento de extensas zonas de cisalhamento predominantemente dextrais (e.g. Granito Banabuiú, Granito Nova Russas, Suíte Tauá, Granito Quixadá-Quixeramobim) com idade U-Pb entre 560 e 590 Ma (Nogueira, 2004) e granitos pós-Brasileiros (e.g. Pajé, Serrote São Paulo, Barriga, Complexo Anelar Quintas) com idade U-Pb variando de 530 a 480 Ma (Fetter, 1999; Teixeira, 2005; Castro, 2009).

A reativação extensional de zonas de cisalhamento durante a estabilização da Plataforma Sul-Americana propiciou a formação de riftes no Cambro-ordoviciano, tendo como exemplo a Bacia do Cococi no Domínio Ceará Central, que é constituída por conglomerados, ardóseas e filitos do Grupo Rio Jucá (Cavalcante et al., 2003). Sobre este sistema de riftes foi desenvolvida a Bacia do Parnaíba (Oliveira e Mohriak, 2003) com o Grupo Serra Grande (conglomerados e arenitos) de idade siluriana aflorando em grande parte do extremo oeste do estado do Ceará (Góes e Feijó, 1994).

Movimentos extensionais, agora associados ao rifteamento do supercontinente Gondwana e abertura do Oceano Atlântico no Mesozoico, possibilitou a reativação de estruturas geológicas antigas com o desenvolvimento de bacias sedimentares interiores, com destaque para as Bacias de Iguatu (Bacia de Iguatu, Lima

Campos e Malhada Vermelha) e os diques máficos da Suíte Magmática Ceará-Mirim. Estas bacias são compostas por conglomerados, brechas e arenitos próximos às zonas de cisalhamento que as limitam e por siltitos, folhelhos, argilitos, calcários e margas nas áreas centrais, compondo o Grupo Iguatu (Silva et al., 2003; Cavalcante et al., 2003).

As coberturas sedimentares cenozoicas compreendem o Grupo Barreiras, composto em geral por arenitos e arenitos conglomeráticos aflorantes e os Depósitos Aluviais, Coluviais, Tálus e Eólicos litorâneos, caracterizados por argilas, areias, areias argilosas conglomeráticas ou não e cascalhos (Cavalcante et al., 2003).

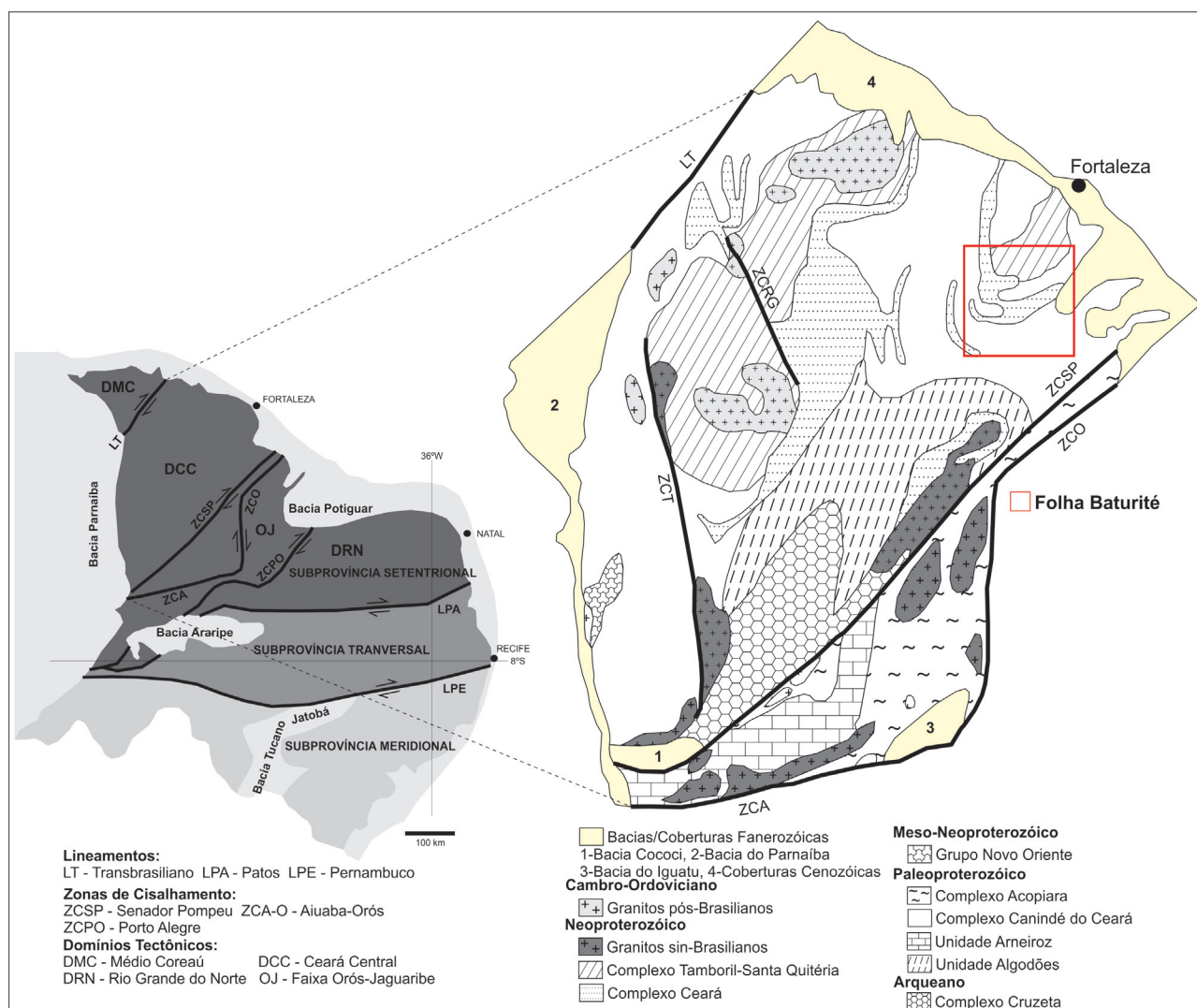


Figura 2.1 – Província Borborema (modificado de Delgado et al., 2003) com destaque para o Domínio Ceará Central (modificado de Cavalcante et al., 2003) onde localiza-se a Folha Baturité.

3 – UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

3.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A evolução do conhecimento geológico da região que abrange a Folha Baturité está bem registrada em trabalhos de mapeamento geológico regional que remontam à década de 1970, alguns destes oportunamente aqui apresentados. Iniciamos com o trabalho de Braga et al. (1977) que envolveu mapeamento geológico e compilação de dados. Conforme estes autores a Folha Baturité é composta por cinco unidades estratigráficas: (1) Grupo Barreiras Indiviso, constituído por conglomerados e arenitos; (2) Grupo Ceará, composto por quartzitos, gnaisses, xistos, filitos e carbonatos; (3) Complexo Caicó, composto por gnaisses, metarcóseos, anfíbolitos, quartzitos e calcários; (4) Complexo Tamboril-Santa Quitéria, constituído por gnaisses migmatíticos, migmatitos e granitoides; (5) Rochas Plutônicas Granulares, caracterizadas por gabros e dioritos. Destas, a primeira unidade é do Cenozoico e, as demais, são do Pré-cambriano.

Cavalcante et al. (2003), no domínio da folha Baturité, uniu o Complexo Caicó e o Grupo Ceará de Braga et al. (1977) e denominou de Complexo Ceará de idade Paleoproterozoica, sendo composta pela Unidade Canindé (paragnaisses, ortognaisses e metabásicas) e

Unidade Independência (paragnaisses, xistos, quartzitos, mármore e rocha cálcio-silicática). Com base em dados geocronológicos o Complexo Tamboril-Santa Quitéria foi definido como Neoproterozoico e a Suíte Gabroide (referente à Unidade Rochas Plutônicas Granulares de Braga et al., 1977) do período Cambriano.

Com base em trabalhos recentes que envolveram cartografia geológica e estudo geocronológico, o Complexo Ceará foi definido como Neoproterozoico (e.g. Fetter, 1999; Castro, 2004, Arthaud, 2007 e Torres et al., 2007).

Seguindo a evolução do conhecimento geológico, propomos neste projeto para a folha Baturité que o embasamento Paleoproterozoico é formado por ortognaisses e paragnaisses agrupados no Complexo Canindé do Ceará. Sotoposto a esta unidade há rochas predominantemente paraderivadas, que formam a Unidade Independência pertencente ao Complexo Ceará de idade Neoproterozoica. Completando a coluna estratigráfica da área há o Complexo Tamboril-Santa Quitéria, a Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda (referente à Suíte Gabroide de Cavalcante et al., 2003), o Granitoide Tanques (magmatismo pós-colisional), o Grupo Barreiras, os Depósitos Colúvio-eluviais e os Depósitos Aluvionares (Figura 3.1 e Figura 3.2).

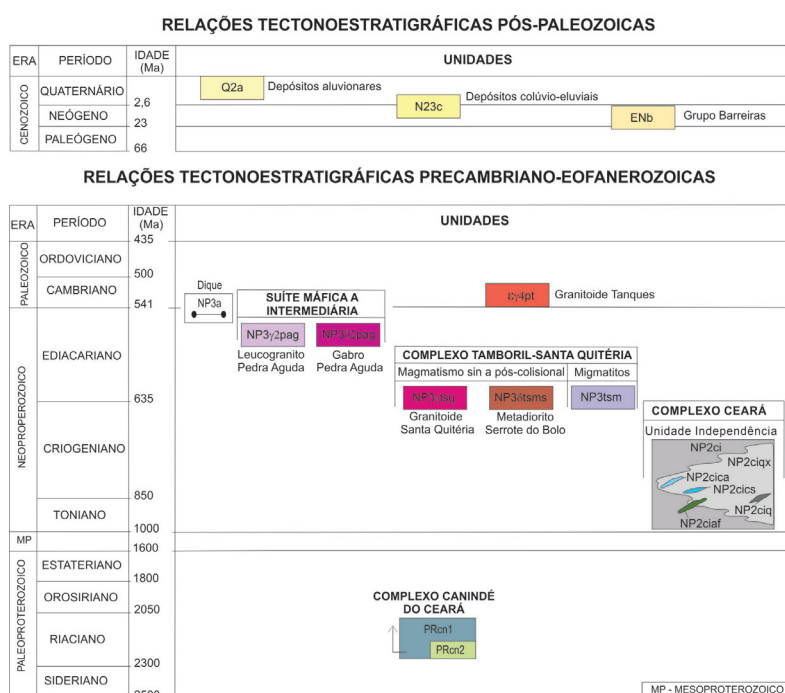


Figura 3.1 – Quadro estratigráfico proposto para a Folha Baturité.

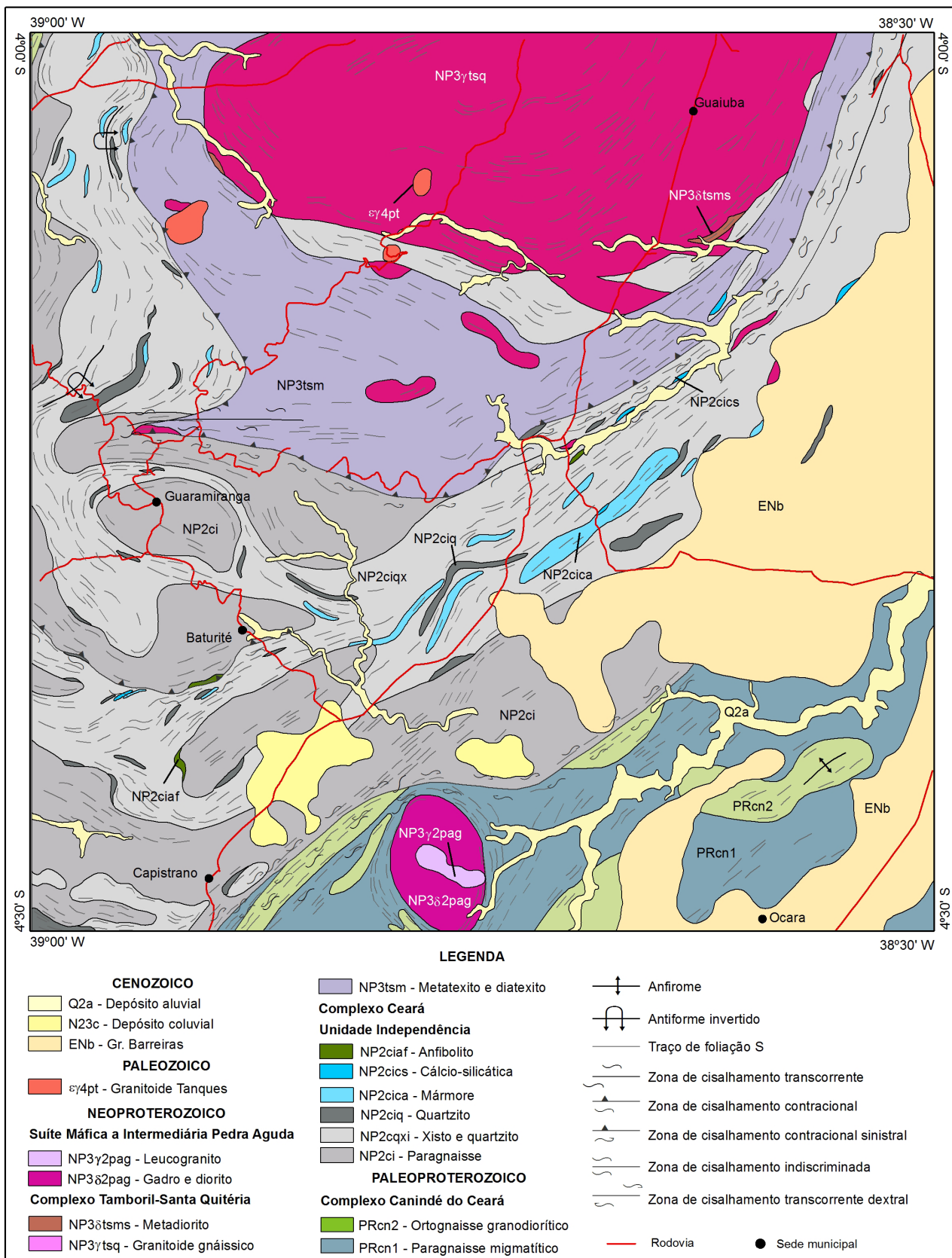


Figura 3.2 – Mapa Geológico simplificado da Folha Baturité.

3.2 - COMPLEXO CANINDÉ DO CEARÁ (PRcn)

Torres et al. (2007) individualizaram a Unidade Canindé do Complexo Ceará de Cavalcante et al. 2003, definindo-a como Complexo Canindé do Ceará de idade Paleoproterozoica, sendo composta por migmatitos diversos, paragneisses e ortogneisses.

3.2.1 - Paragneisses (PRcn1)

Na Folha Baturité esta unidade litoestratigráfica é formada por uma associação de migmatitos predominantemente paraderivados (metatexitos), paragneisses e, subordinadamente, por ortogneisses não individualizados na escala de trabalho. Aflora no extremo noroeste e principalmente na porção sudeste da área, a leste da Zona de Cisalhamento Vazantes, onde está parcialmente encoberta por sedimentos do Grupo Barreiras (Figura 3.2).

Os migmatitos paraderivados são representados por biotita metatexitos e granada biotita metatexitos predominantemente estromáticos, por vezes com cristais de granada no leucossoma quartzo-feldspático. Ocorrem também com estrutura migmatítica do tipo *schlieren* marcado por maiores taxas de anatexia, conforme observado no Distrito Ideal (afloramento TP-36). Os paragneisses apresentam bandamento milimétrico preservado e mineralogia semelhante à dos metatexitos, caracterizada por biotita, granada, quartzo e feldspato. Em meio a este contexto há afloramentos de biotita gnaïsse e de biotita migmatito onde é difícil a definição do protólito, quanto uma origem paraderivada ou ortoderivada (Figura 3.3A e B).

Na localidade Vazantes, foi individualizada uma zona de cisalhamento de direção nordeste-sudoeste, onde o metatexito regional apresenta uma trama milonítica, com geração de ribbons de quartzo, feldspatos com sombra de recristalização e leucossoma transposto com geração de dobras intrafoliais assimétricas indicando cinemática dextral, observa-se ainda um

bandamento caracterizado por níveis com predomínio de quartzo e outros com mais biotita. Nesta zona ocorrem também lentes boudinadas de anfíbolito. Na localidade Várzea da Serra (afloramento TP-40 e TP-41), a leste da Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda, afloram diatexitos aluminosos com granada que gradam lateralmente para os biotita-metatexitos (Figura 3.3C).

No extremo sudeste da área, próximo a localidade Serragem há blocos e solos lateríticos de manganês em meio aos sedimentos cenozoicos inconsolidados do Grupo Barreiras. Souza e Ribeiro Filho (1983) descrevem o protominério como lentes de gondoito associadas a um migmatito gnaïsse com granada. Neste projeto, o afloramento de rocha mais próximo das ocorrências de manganês dista aproximadamente 10 km a oeste, próximo a cidade Ocara, e corresponde a um Granada-biotita gnaïsse pouco migmatítico que sustenta o Serrote da Ocara. Desta forma, associamos as ocorrências de manganês da localidade Serragem aos litotipos paraderivados do Complexo Canindé do Ceará (PRcn1).

A análise petrográfica do paragneisses revela uma textura granoblástica e granolepidoblástica, estrutura bandada e os seguintes minerais essenciais: plagioclásio (34% a 42%), quartzo (18% a 25%), biotita (25%), anfíbolio (8%), granada (8%). Já os minerais acessórios são: apatita, zircão, titanita e opacos. Os plagioclásios formam cristais hipidioblásticos a xenoblásticos, por vezes alongados e exibem geminação segundo a Lei da Albita e Albita-Carlsbad e Periclina, por vezes antipertíticos. Os cristais de quartzo são anédricos e alongados com extinção ondulante, as biotitas formam cristais tabulares definindo a foliação, contem inclusões de zircão formando halo pleocroíco. O anfíbolio (hornblenda) encontra-se em cristais anédricos, com pleocroísmo verde a verde-claro, associados à biotita e à granada. As granadas são porfiroblastos subarredondados pré-cinemática a foliação, o zircão apresenta-se como diminutos cristais prismáticos e subarredondados, detríticos e metamíticos, formando halo pleocroíco, a apatita e a titanita são cristais anédricos associados à biotita

(Figura 3.4A e B). A paragênese mineral Plagioclásio+Biotita+Quartzo+Granada indica que o grau metamórfico ao qual estas rochas foram submetidas correspondem ao Fácies Anfíbolito alto, corroborado ainda pelas fusão parcial ao qual este contexto litológico foi submetido.

Em meio ao contexto de rochas paraderivadas há ortognaisses não mapeáveis nesta escala de trabalho. Estes litotipos são de cor cinza, mesocráticos e de granulação média, estão migmatizados com taxas variadas de fusão chegando a metatexito estromático, no entanto, próximo a Fazenda Jucá (afloramento SZ-136) o bandamento gnáissico está bem preservado (Figura 3.3D).

Em seção delgada observa-se que estes ortognaisses têm textura granolepidoblástica a nematoblástica e composição tonalítica: Plagioclásio (34%), Quartzo (20%), Biotita (23)

e Anfibólio (18), tendo Apatita, Titanita e Zircão como minerais acessórios. O plagioclásio forma cristais hipi e xenoblásticos, por vezes geminados segundo a Lei da Albita e Albita-Carlsbad. O quartzo apresenta-se em cristais anédricos e alongados, com extinção ondulante. A biotita mostra-se em cristais tabulares, alongados e orientados com inclusões diminutas de grãos de titanita. Alguns dos cristais de biotita podem ser secundários, formados a partir do anfibólio. O anfibólio (hornblenda) encontra-se em cristais prismáticos e colunares com pleocroísmo verde a verde-escuro. A apatita apresenta-se em cristais anédricos, inclusos e associados ao anfibólio e biotita. O zircão ocorre em diminutos cristais prismáticos finos inclusos em biotita. A titanita mostra-se em diminutos grãos neoformados a partir da biotita (Figura 3.4C e D).

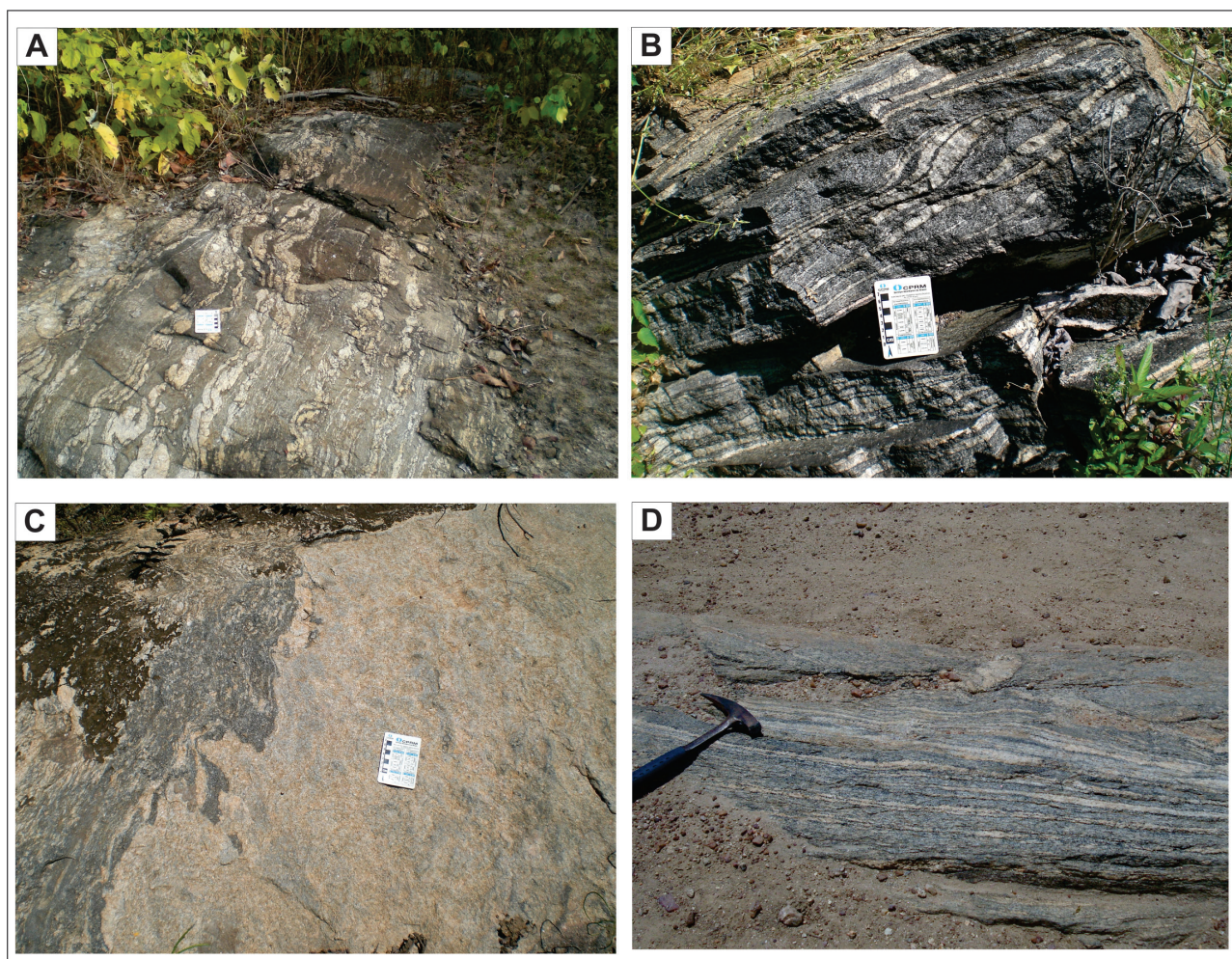


Figura 3.3 – Litotipos do Complexo Canindé do Ceará – PRCn1. (A) Granada biotita metatexito estromático com leucossoma quartzo-feldspático (TP-53: 533885, 9507458). (B) Biotita gnaiss (TP-44: 529233, 9504257). (C) Diatexitos aluminosos em contato com biotita metatexito, nas proximidades da Suíte Máfia a Intermediária Pedra Aguda (TP-41: 527737, 9505863) Migmatitos com alta taxa de anatexia até a segregação restrita de diatexitos de composição granítica. (D) Hornblenda biotita gnaiss cinza de composição granodiorítica e bandamento gnáissico preservado (SZ-137: 518419, 9505471).

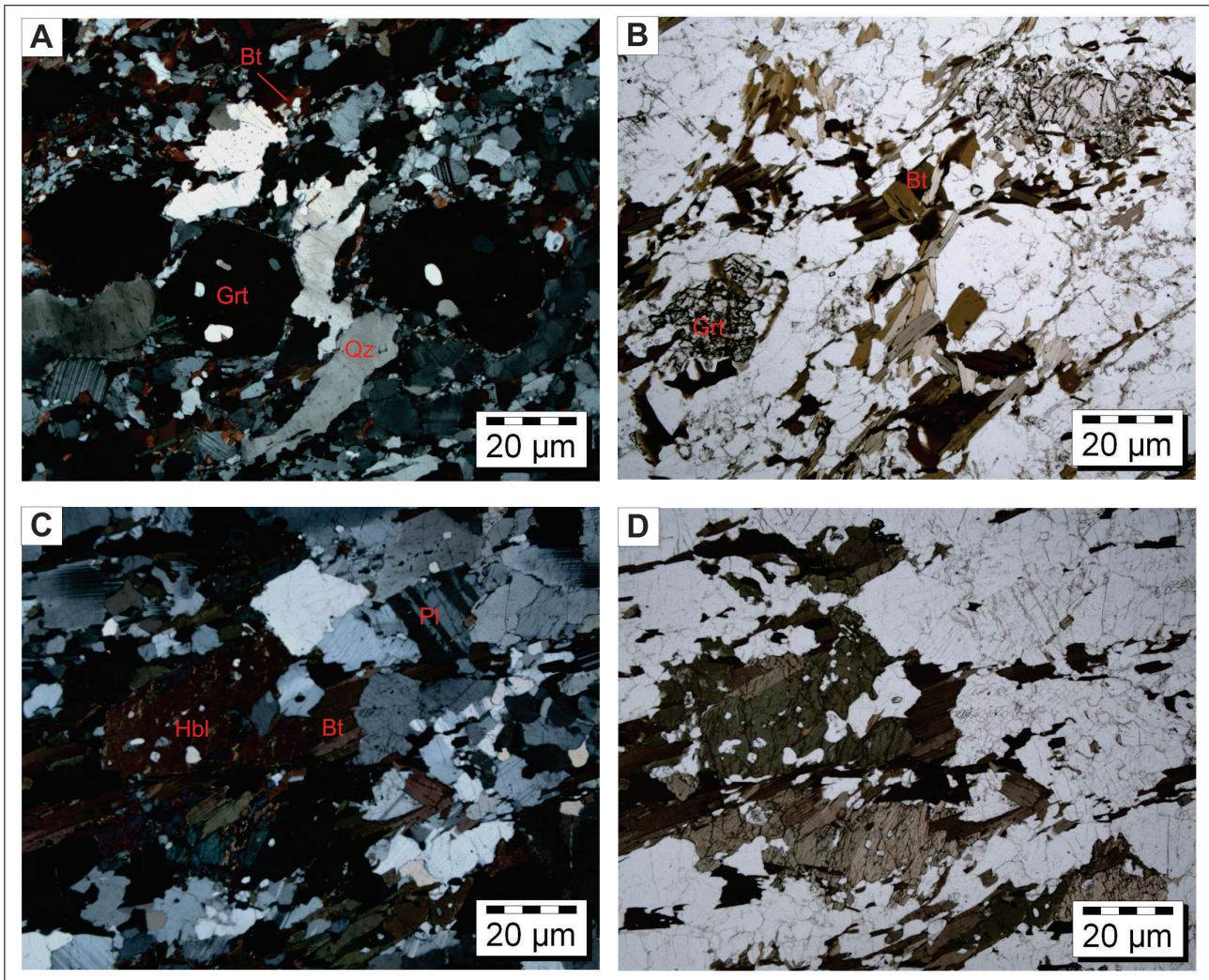


Figura 3.4 – Fotomicrografias dos metatexitos paraderivados do Complexo Canindé do Ceará – PRcn1: (A) Textura granoblástica e mineralogia marcada por biotita, granada, quartzo e plagioclásio; notar inclusões de quartzo na granada e (B) Textura granolepidoblástica bandada, com destaque para os cristais de granada e biotita (luz natural). (C) Fotomicrografia de ortogneisse com textura granoblástica, composto por hornblenda, biotita, plagioclásio e quartzo, apresentado também em luz natural (D).

3.2.2 - Ortogneisses (PRcn2)

Os ortogneisses do Complexo Canindé do Ceará afloram no extremo noroeste e no sudeste da área, sendo composta por Biotita Hornblenda Plagioclásio Gnaiss, de composição variando de granodiorito a tonalito, de cor cinza claro e granulação fina a média, com foliação de baixo ângulo marcada pela orientação dos minerais máficos e bandamento gnáissico preservado (Figura 3.5A). Nos pontos de afloramento TP-31 e SZ-40, próximo à localidade Borges, os litotipos são ortomigmatitos com leucossoma de composição sienogranítica e formato irregular, com trama gnáissica pouco preservada, sendo ainda cortado por veios ácidos (quartzo-feldspato potássico). Comum é a presença de enclaves máficos, de composição diorítica e de

granulação muito fina, tanto no ortogneisse como no ortomigmatito.

Em seção delgada observa-se uma textura granoblástica a xenoblástica, sendo os minerais essenciais constituintes: plagioclásio (32% a 63%), feldspato potássico (4%), quartzo (14% a 35%), anfibólio (10% a 20%) e biotita (5% a 20%). Os minerais acessórios compreendem a apatita, o zircão, a titanita e opacos. O plagioclásio (oligoclásio) forma cristais hipi e xenoblásticos, geralmente geminados segundo a Lei da Albita e Albita-Carlsbad. O quartzo encontra-se em cristais anédricos com extinção ondulante e ainda recristalizados em subgrãos. A biotita apresenta-se em cristais lamelares, exibindo pleocroísmo castanho-escuro. O anfibólio (hornblenda) mostra-se em cristais prismáticos anédricos, alongados e orientados

paralelamente, definindo assim a foliação e estão quase sempre associados à biotita. A apatita ocorre em cristais anédricos, associados à biotita e anfibólio. A titanita mostra-se em diminutos cristais inclusos em anfibólio. O zircão ocorre em grãos arredondados, geralmente associados ao anfibólio e biotita (Figura 3.5B).

A paragênese mineral definida por Plagioclásio+Feldspato Potássico+Biotita+Hornblenda é característica do fácies metamórfico anfibolito. Ademais, a mineralogia identificada em seção delgada indica protólito ígneo, conforme já definido em trabalho de campo, cuja composição varia de granodiorito a tonalito.

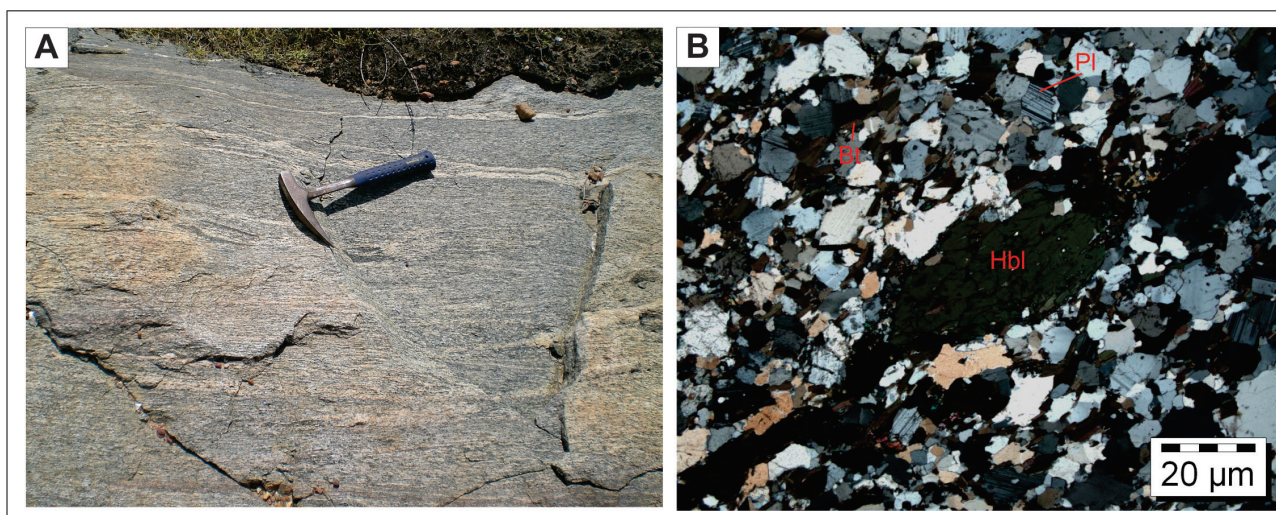


Figura 3.5 – (A) Ortognaisse cinza de composição tonalítica (SZ-45: 534601, 9504394). (B) Fotomicrografia do ortognaisse. Aspecto geral mostrando textura granoblástica e mineralogia: quartzo, plagioclásio, biotita e hornblenda.

3.3 - COMPLEXO CEARÁ

Inicialmente definido por Crandall (1910) como Série Ceará, uma sequência de xistos, quartzitos e mármore, foi posteriormente denominado de Grupo Ceará no Mapa Geológico do Brasil, publicado em 1971 pelo DNPM e, atualmente, como Complexo Ceará por Cavalcante et al. (2003).

De acordo com Cavalcante et al. (2003) o Complexo Ceará representa uma sequência Paleoproterozoica de rochas supracrustais, no entanto, idades modelo Sm-Nd TDM entre 2,4 Ga e 1,09 Ga (Fetter, 1999; Castro, 2004 e Arthaud, 2007) sugerem uma idade Mesoproterozoica para o limite superior de deposição. Ademais, idade U-Pb de 770 Ma obtida em meta-riolito associado a supracrustais (Fetter, 1999) e idade em zircão detrítico de 800 Ma em metapelitos (Arthaud, 2007) foram interpretadas por estes autores como o registro da abertura da bacia que propiciou a deposição dos sedimentos constituintes do Complexo Ceará. Idade modelo Sm-Nd TDM de 940 Ma em gnaiss calcio-silicático localizado na folha Baturité corrobora com a idade Neoproterozoica para esta unidade (Torres, 2004).

Na Folha Baturité o Complexo Ceará é constituído pela Unidade Independência (NP2ci), de idade Neoproterozoica (Fetter, 1999; Castro, 2004; Torres, 2004 e Arthaud, 2007).

3.3.1 - Unidade Independência (NP2ci)

3.3.1.1 - Gnaisses (NP2ci)

Compreendem rochas de estrutura gnáissica, de filiação predominantemente paraderivada e subordinadamente ortoderivada, sendo que há afloramentos onde é difícil esta caracterização. Os litotipos paraderivados são representados por biotita gnaiss, granada-biotita gnaiss e granada-muscovita-biotita gnaiss, podendo ainda conter sillimanita e apresentando, por vezes, uma trama milonítica. Estes litotipos estão comumente migmatizados em diferentes graus de anatexia, tendo como resultado metatexitos estromáticos (Figura 3.6A e B).

No extremo oeste da folha, mais precisamente nas localidades Boqueirão, Fazenda Bonsucesso e Serrote Branco, os litotipos apresentam uma trama xistosa com

muita biotita seguido de granada e sillimanita, no entanto, o efeito da migmatização também é marcante e evidenciado por leucossoma quartzo-feldspático de formato lenticular de até 20 cm de comprimento. Nas proximidades da cidade Capistrano, estendendo para oeste desta, os paragneisses foram submetidos a condições mais severas de anatexia, marcado por maiores proporções de leucossoma, também quartzo-feldspato potássico, em relação ao paleossoma abundante em biotita, individualizado localmente em faixas diatexíticas de composição sienogranítica, não mapeáveis na escala deste trabalho.

Em seções delgadas destes paragneisses observa-se uma textura granolepidoblástica, com estrutura bandada e profiroblastos de granada pré-cinemáticos a foliação (Figura 3.6C). Os minerais essenciais são formados por quartzo (20% a 34%), feldspato potássico (12% a 20%), plagioclásio (12%

a 20%), biotita (25%), muscovita (5% a 18%) e granada (5%). O quartzo apresenta-se em cristais anédricos e alongados com extinção ondulante. O Feldspato potássico forma cristais xenoblásticos, por vezes alongados, geralmente com maclas da Albite-Periclínio. Os plagioclásios encontram-se em cristais xenoblásticos, exibindo maclas segundo a Lei da Albite e Albite-Carlsbad. A biotita forma cristais tabulares, orientados paralelamente, exibindo diminutas inclusões de zircão. A muscovita forma cristais tabulares alongados associados à biotita e localmente com passagem gradativa para sillimanita. A granada encontra-se sob a forma de porfiroblastos anédricos, fraturados, associados à biotita e a muscovita. Os minerais acessórios compreendem: sillimanita, zircão, monazita, opacos, apatita, titanita e coríndon. A presença de granada e a passagem de muscovita para sillimanita marca o início do metamorfismo de alto grau, no fácies Anfibolito alto (Figura 3.6D).

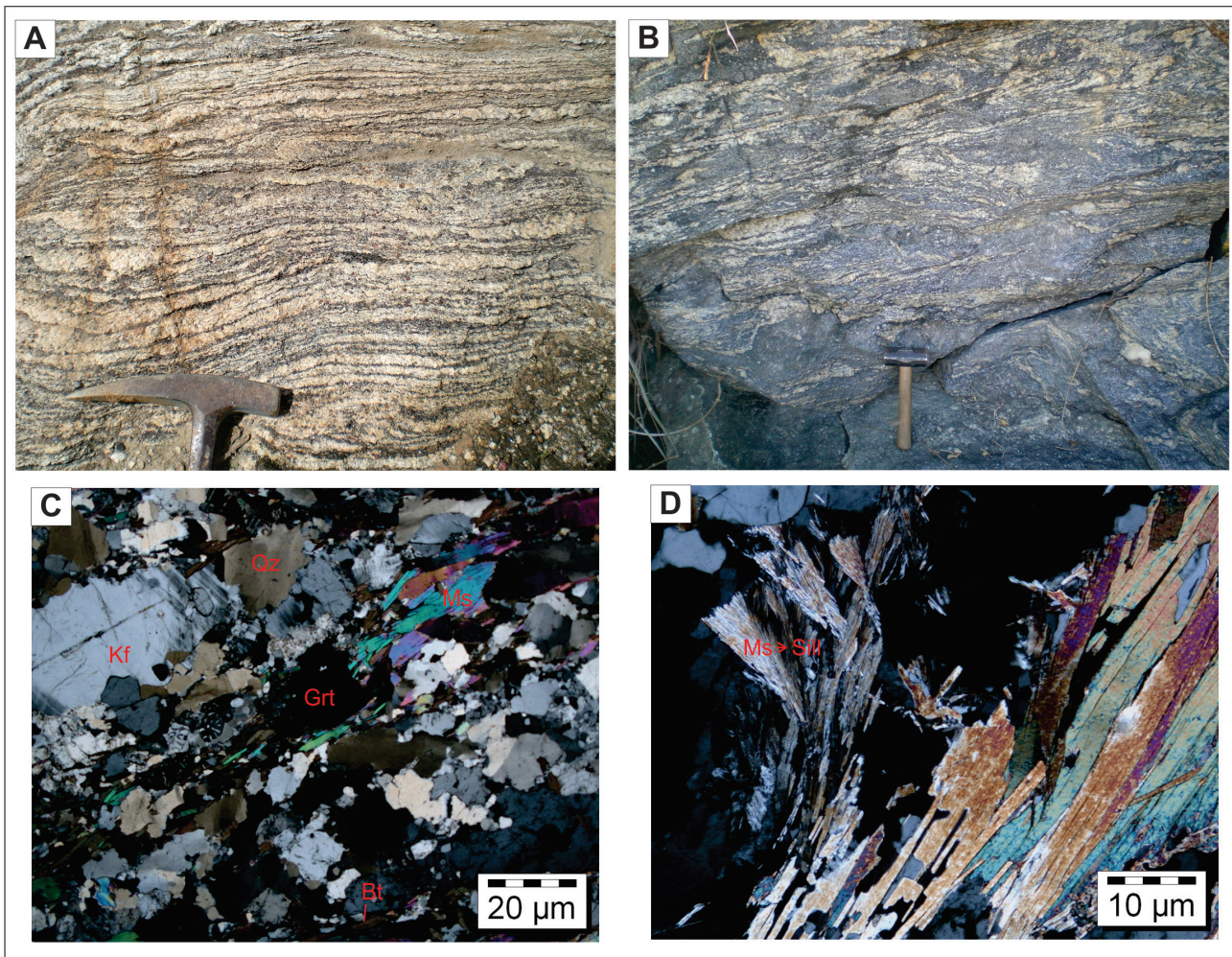


Figura 3.6 – (A) Granada-biotita metatexito estromático (TP-20: 521881, 9512132). (B) Muscovita-biotita gnaiss com granada, pouco migmatítico com leucossoma quartzo-feldspático lenticular (TP-312: 502418, 9553156) e respectiva fotomicrografia evidenciando textura granoblástica, foliação marcada pela orientação da muscovita e presença de porfiroblastos de granada (C). (D) Fotomicrografia de paragneisse destacando a passagem de muscovita para sillimanita, devido início de metamorfismo no fácies anfibolito alto (amostra TP-289: 512691, 9531842).

Os ortogneisses ocorrem principalmente no extremo sudoeste da folha. Compreendem rochas de composição granítica, são leucocráticas de cor cinza e apresentam bandamento gnássico em geral bem preservado (Figura 3.7A). Em seção delgada observa-se uma textura granoblástica e estrutura bandada, sendo os minerais essenciais: feldspato Potássico (30% a 45%), plagioclásio (15% a 30%), quartzo (25%), biotita (10% e 28%) e muscovita (3%). O feldspato potássico ocorre em cristais xenoblásticos, alongados, por vezes geminados em Albita-Periclina (xadrez) e comumente

perfiticos, deformados. O plagioclásio encontra-se em cristais xenoblásticos, exibindo por vezes geminação segundo a Lei da Albita-Carlsbad e intercrescimento mirmequítico nas bordas de alguns dos cristais de feldspato potássico. O quartzo apresenta-se em cristais anédricos e alongados, exibindo extinção ondulante. A biotita forma cristais tabulares e lamelares e exibe inclusões de apatita, de titanita e de zircão. A muscovita mostra-se em cristais tabulares associados à biotita. Os minerais acessórios são: zircão, apatita, titanita, monazita, alanita e opacos (Figura 3.7B).

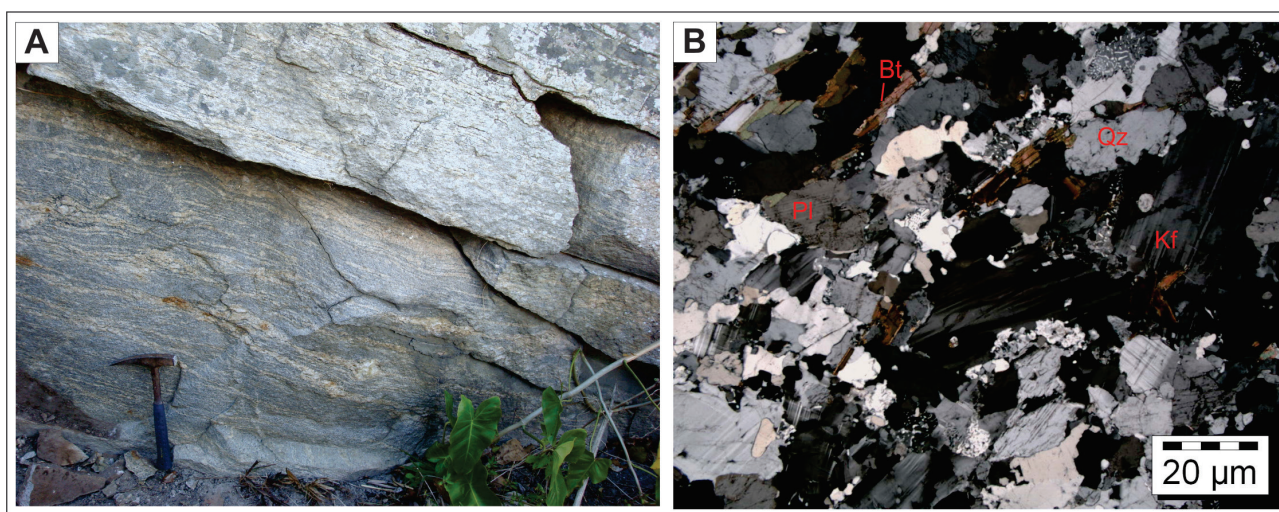


Figura 3.7 – (A) Ortogneisse cinza (TP-177: 503398, 9503829). (B) Fotomicrografia do referido ortogneisse, onde se observa textura granoblástica, orientação dos cristais de biotita marcando a foliação e composição mineralógica de protólito quartzo-monzonito.

3.3.1.2 - Xistos e Quartzitos (NP2ciqx)

Corresponde a uma associação litológica composta predominantemente por xistos aluminosos e quartzo xistos, seguido por quartzitos não cartografados na escala de trabalho (Figura 3.8A, B e C). No geral os minerais aluminosos constituintes dos xistos são biotita, muscovita, granada e sillimanita, sendo a cianita subordinada e observada apenas na porção noroeste da área. Ademais, os cristais de quartzo estão bem recristalizados na forma de *ribbons*. Na localidade Pedra Aguda o xisto é grafitoso (ponto de afloramento SZ-285) e contém ainda biotita e sillimanita. Há ainda paragneisses de granulação muito fina, composto por biotita, granada, sillimanita, muscovita, quartzo e feldspato, com geração de leucossomas quartzosos, concordantes à foliação e de formato lenticular com até 10 cm de comprimento, além

de trama milonítica com baixo ângulo de foliação tectonometamórfica.

Em seção delgada se observa texturas lepidoblásticas para os litotipos de trama xistosa e granolepidoblástica para os gnaisses. Os minerais essenciais são: quartzo (25% a 30%), plagioclásio (10%), feldspato potássico (<10%), biotita (20%), muscovita (26% a 45%), granada (5% a 13%), sillimanita (2%) e cianita (2% a 18%). Os minerais acessórios são: opacos (grafita), zircão e turmalina. Os Plagioclásios formam cristais hipidioblástico e xenoblásticos, por vezes geminados segundo a lei da Albita e Albita-Carlsbad e Periclina. O Feldspato Potássico apresenta-se em cristais xenoblásticos geminados segundo a Albita-Periclina. O Quartzo constitui de cristais anédricos e alongados com extinção ondulante. A Biotita encontra-se em cristais tabulares e lamelares, orientados paralelamente contendo geralmente inclusões

de zircão e de grafita, apatita e agulhas de rutilo. A Granada ocorre sob a forma de porfiroblastos pré-tectônicos a foliação. A Muscovita forma cristais tabulares e lamelares formando *kinks*. A Sillimanita (fibrolita) apresenta-se em cristais fibrosos, alongados e orientados, associados ao plagioclásio e quase sempre ao longo de biotita e da muscovita. A Cianita encontra-se em cristais subédricos e anédricos orientados, associados e inclusos principalmente em muscovita e biotita. O Zircão ocorre em diminutos cristais anédricos, metamícticos e inclusos em biotita formando halos pleocroícos. Opaco (grafita) encontra-se em cristais anédricos, inclusos e associados principalmente a biotita (Figura 3.8D e E). Quanto ao grau metamórfico a paragénese Quartzo+Biotita+Muscovita+Granada+Cianita+Sillimanita+Plagioclásio+K-Feldspato indica um metamorfismo de grau médio a alto, no Fácies Anfíbolito.

Associado aos xistos, mais especificamente na localidade Garapa de Cima,

há ocorrências de vermiculita na forma de cristais desagregados, além de anfíbolio (tremolita-actinolita), sendo que a gênese da vermiculita está associada principalmente a alteração de rochas máfico-ultramáficas (Deer et al., 2008). Ademais, próximo à localidade Baú (ponto de afloramento TP-98) onde aflora um Granada Biotita Xisto, há fragmentos centimétricos de rocha de cor verde e granulação fina que, após análise de seção delgada, é classificada como um Clorita-Tremolita Xisto de textura nematoblástica composta por Anfíbolio (tremolita-actinolita) e Clorita, tendo como minerais acessórios Talco e Opacos, cujo protólito foi uma rocha ultramáfica retrometamorfizada em Fácies Xisto Verde (Figura 3.8F).

Próximo ao Serrote Bú há blocos e concreções de manganês que ocorrem associados aos xistos e paragneisses aluminosos, tendo como protominério lentes de gondito.

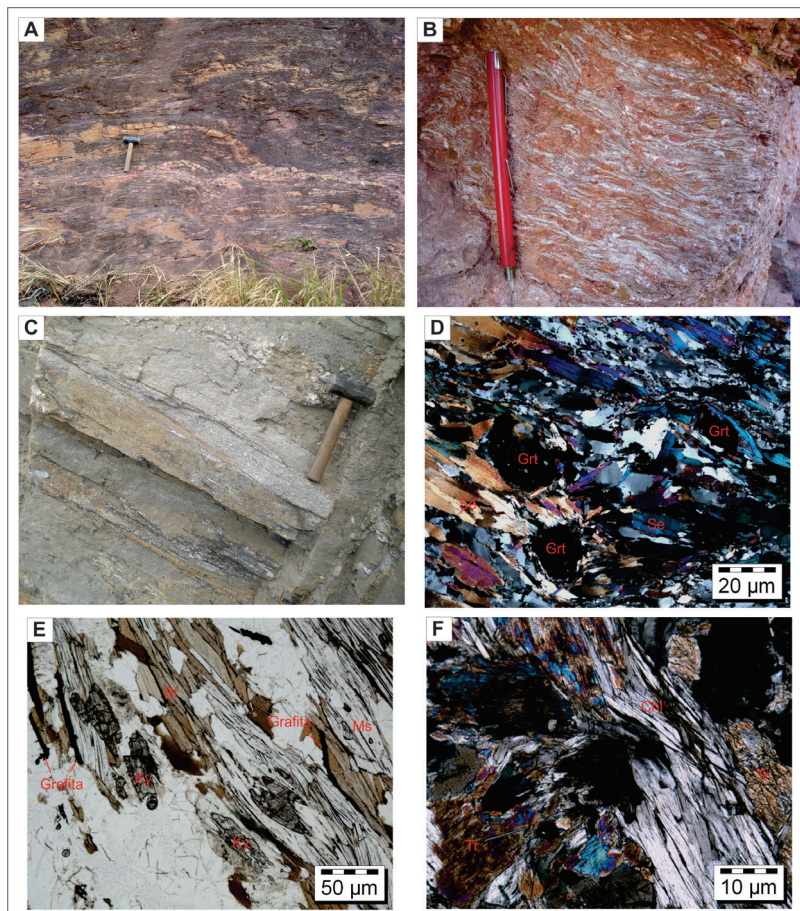


Figura 3.8 – (A) Associação de xisto aluminoso com níveis de quartzito e (B) detalhe do xisto com destaque para os cristais de sillimanita e porfiroblastos de granada (TP-275: 500984, 9554381). (C) Detalhe de um biotita gnaisse de granulação fina com trama milonítica (TP-349: 502270, 9536286). (D) Fotomicrografia de um granada-sericita xisto com textura granolepidoblástica (amostra TP-228: 506686, 9524718). (E) Fotomicrografia em luz natural de xisto aluminoso de textura lepidoblástica, com destaque para os cristais de cianita e lamelas de grafita (amostra SZ-282: 505193, 9550187). (F) Fotomicrografia do Clorita-Tremolita Xisto (amostra TP-98: 539456, 9544210).

3.3.1.3 - Quartzito (NP2ciq)

Os quartzitos ocorrem como lentes, são de cor bege e branca, granulação média e além do quartzo contêm muscovita, turmalina, feldspato e por vezes biotita. Em geral as lentes de quartzito sustentam cristas de serra, como a Serra da Barreira com quase 500 metros de altitude e o Pico Alto com 1.115 metros de altitude (Figura 3.9A). Em análise de seção delgada observa-se que a rocha

mostra uma textura em mosaico granoblástico formado por cristais anédricos de quartzo com leve extinção ondulante e por pequenas lamelas de sericita e algumas raras de biotita. Por vezes observa-se textura milonítica levemente dobrada e constituída por quartzo totalmente recrystalizado com finas lamelas de *mica-fish* acompanhando ao longo da foliação. Os minerais constituintes são: quartzo (85%), muscovita (15%), sericita (15%) e biotita (1%) (Figura 3.9B).

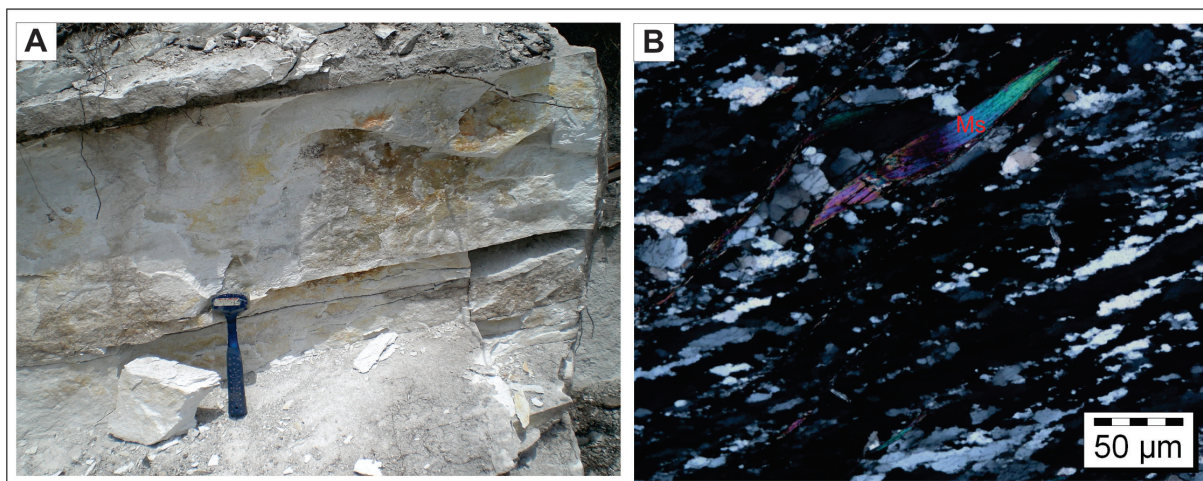


Figura 3.9 – (A) Muscovita-sericita Quartzito com turmalina (TP-369: 506561, 9537133). (B) Fotomicrografia do Muscovita Quartzito, exibindo textura milonítica com cristais de quartzo totalmente recrystalizados e lamelas de muscovita configurando *mica-fish*.

3.3.1.4 - Mármore (NP2cica) e Rocha Cálcio-Silicática (NP2cics)

Os litotipos de composição carbonática também estão dispostos em formato lenticular concordante aos metapelitos-psamitos (xistos e paragnaisses). Os mármore ocorrem ao longo de toda a sequência metasedimentar, são impuros, de granulação média, predominantemente calcíticos, com sulfetos, micas (margarita) e outros (wollastonita e tremolita). A Serra do Frade corresponde a exposição mais expressiva deste litotipo na área, com um desnível máximo de aproximadamente 400 metros e com extensão em torno de 12 Km (Figura 3.10A). Mármore com pirita foi mapeado na localidade Gameleira (afloramento SZ-308) entre as cidades Pacoti e Palmácia.

Em análise petrográfica se observa uma textura granoblástica e uma mineralogia representada por calcita (85% a 92%), tremolita (12%), plagioclásio (<2%), quartzo (<2%), muscovita (<2%) e clinopiroxênio (traço), tendo como minerais acessórios: opacos, apatita e zircão. A calcita encontra-se em cristais euédricos e subédricos

com inclusões de opaco e grãos subarredondados de zircão metamórfico. A tremolita forma grandes cristais euédricos e subédricos, exibindo uma forma colunar e prismática. Em um dos cristais de tremolita têm-se restos de clinopiroxênio, indicando uma origem a partir deste por processos retrometamórficos. Localmente, entre cristais de calcita, têm-se plagioclásio subédricos geminados em Albita e Albita-Carlsbad, grãos de quartzo recrystalizados e placas de muscovita (Figura 3.10B).

Quanto ao grau metamórfico dos mármore aflorantes na área, a paragênese mineral Calcita+Tremolita é característica do Fácies Anfibolito, concordante com o registrado nos paragnaisses e xistos desta unidade.

As rochas de composição cálcio-silicática predominam na porção nordeste da área, podem ocorrer sotopostos aos mármore, conforme observado na Serra do Frade (ponto de afloramento TP-60), em níveis centimétricos concordantes aos xistos, bem como formando lentes de maior dimensão, como ocorre na localidade Pau Branco. São rochas maciças a levemente bandadas, de cor verde claro e cinza, composta em geral por

actinolita, granada, anfibólio, quartzo, feldspato, mica e sulfeto (Figura 3.10C).

Em seção delgada se observa uma textura granoblástica a granonematoblástica e estrutura bandada. Os minerais essenciais correspondem: anfibólios (tremolita-actinolita) (15% a 50%), clinopiroxênio (10% a 34%), plagioclásio (15%), feldspato potássico (12% a 20%), quartzo (5%), escapolita (10%) e flogopita (5%). Os minerais acessórios são: calcita, titanita, opaco, monazita, zircão, apatita e turmalina. Os anfibólios ocorrem em cristais prismáticos e fibrosos. O clinopiroxênio forma cristais anédricos. O plagioclásio ocorre em cristais hipi e xenoblásticos, preenchendo espaços vazios entre anfibólios e clinopiroxênio. O feldspato potássico apresenta-se em cristais xenoblásticos,

também preenchendo espaços vazios entre aos anfibólios e clinopiroxênio. O quartzo encontra-se em cristais anédricos e alongados com extinção ondulante. A escapolita mostra-se em cristais subédricos e anédricos, associados comumente ao clinopiroxênio. A flogopita ocorre localmente em faixa ou banda em cristais tabulares e lamelares, associados ao anfibólio e aos feldspatos. O zircão ocorre em diminutos grãos anédricos, associados e inclusos em flogopita, formando halos pleocroícos. A calcita é produto de alteração dos anfibólios e do clinopiroxênio, mas também ocorre em cristais subédricos associados ao clinopiroxênio e escapolita (Figura 3.10D). A paragênese mineral apresentada representa um metamorfismo de grau médio no Fácies Anfibolito.

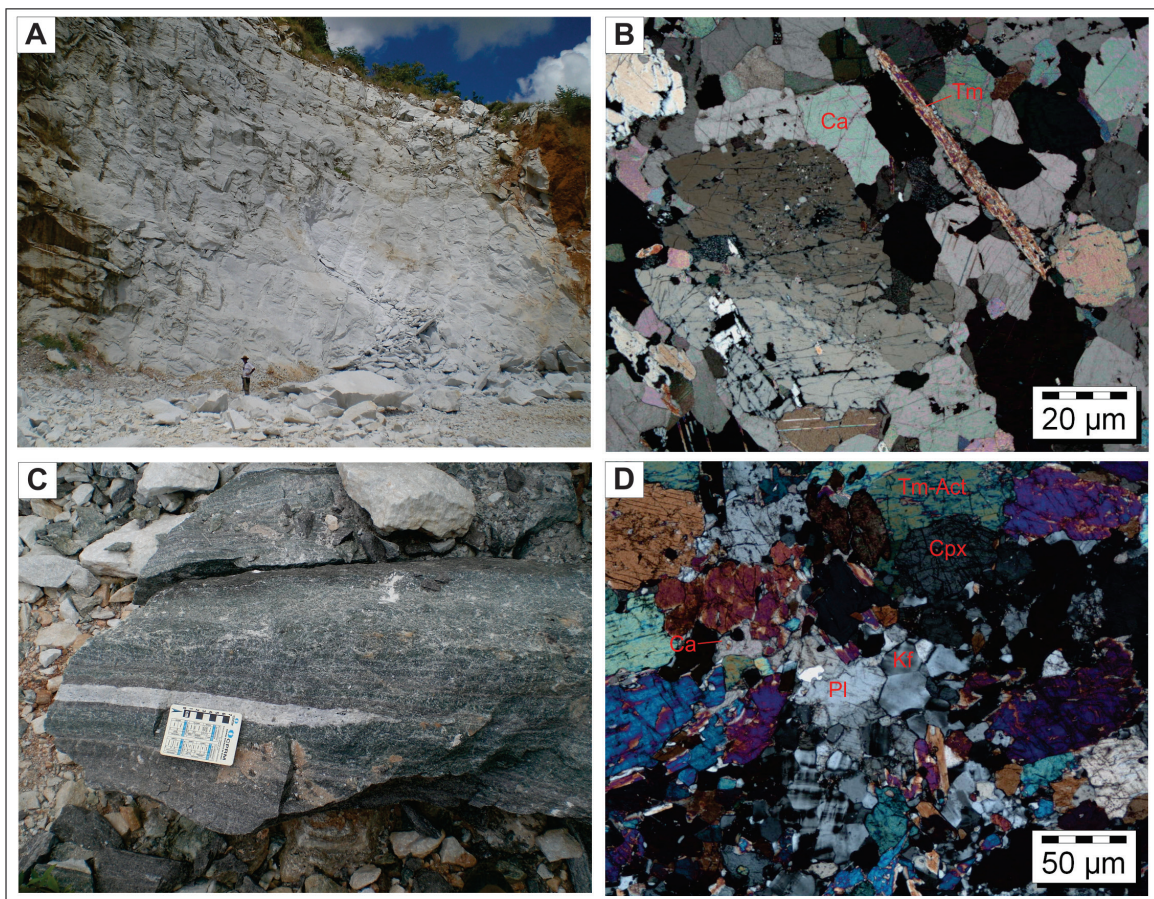


Figura 3.10 – (A) Vista geral de uma lente de mármore em local onde ocorre sua extração (TP-60: 535515, 9528795) e (B) Fotomicrografia de amostra deste ponto, onde se observa textura granoblástica, o predomínio de calcita e um cristal de tremolita. (C) Gnaiss de composição cálcio-silicática e estrutura bandada, sotoposto a lente de mármore (TP-60). (D) Fotomicrografia do Gnaiss cálcio-silicático exibindo textura granoblástica, com destaque para os cristais de clinopiroxênio, tremolita-actinolita, calcita, plagioclásio e feldspato potássico.

3.3.1.5 - Anfibolitos (NP2ciaf)

Neste trabalho foram identificadas poucas ocorrências de rochas metavulcânicas básicas associadas aos metasedimentos do Complexo

Ceará. Uma lente de anfibolito muito alterado foi individualizada a sudeste da cidade Acarape, concordante a um Sillimanita-granada-biotita Xisto. Trata-se de uma rocha de cor verde escuro, de granulação fina, textura granoblástica e estrutura

marcada pela orientação dos minerais prismáticos, sendo composta por hornblenda, piroxênio, mica e plagioclásio.

Concordante estruturalmente com os paragneisses migmatíticos (NP2ci), há níveis de rocha metabásica (metagabro) caracterizada por um Granada Plagioclásio Anfibolito bandado, que aflora principalmente a sudeste da localidade Jordão. Trata-se de uma rocha cinza escuro a esverdeado, de granulação fina a grossa, composta por anfibólio e porfiroblastos de granada rotacionados com bordas de plagioclásio, caracterizando textura coronas de descompressão e estrutura de cisalhamento (Figura 3.11A e B).

Em seção delgada observa-se que o Granada anfibolito possui uma textura nematoblástica, dada pelo alongamento e orientação dos cristais de anfibólio. Os minerais essenciais constituintes são o anfibólio (hornblenda) (60% a 66%), plagioclásio (12% a 18%), quartzo (10% a 15%), granada (3%) e biotita (traço). Os minerais acessórios correspondem

a opacos, apatita, titanita e zircão. A hornblenda encontra-se em cristais prismáticos alongados e orientados paralelamente. O plagioclásio ocorre em cristais hipidioblásticos a xenoblásticos, geralmente formando porções localizadas em torno dos cristais de granada ou infiltrando-se neste, indicando respectivamente uma descompressão e intercrescimento simplectítico. O quartzo forma pequenos leitos entre os cristais de hornblenda, são anédricos, alongados e com extinção ondulante. A granada encontra-se sob a forma de porfiroblastos, envoltos por plagioclásio, indicando textura coronas de descompressão. O zircão encontra-se em diminutos grãos subarredondados e com bordas alteradas para opaco. Os minerais opacos, a titanita e a apatita encontram-se como cristais anédricos inclusos em anfibólio (Figura 3.11C e D).

Com base na paragênese mineral identificada em seção delgada atribui-se o Fácies Anfibolito como grau metamórfico, conforme o identificado nos paragneisses (metatexitos) associados.

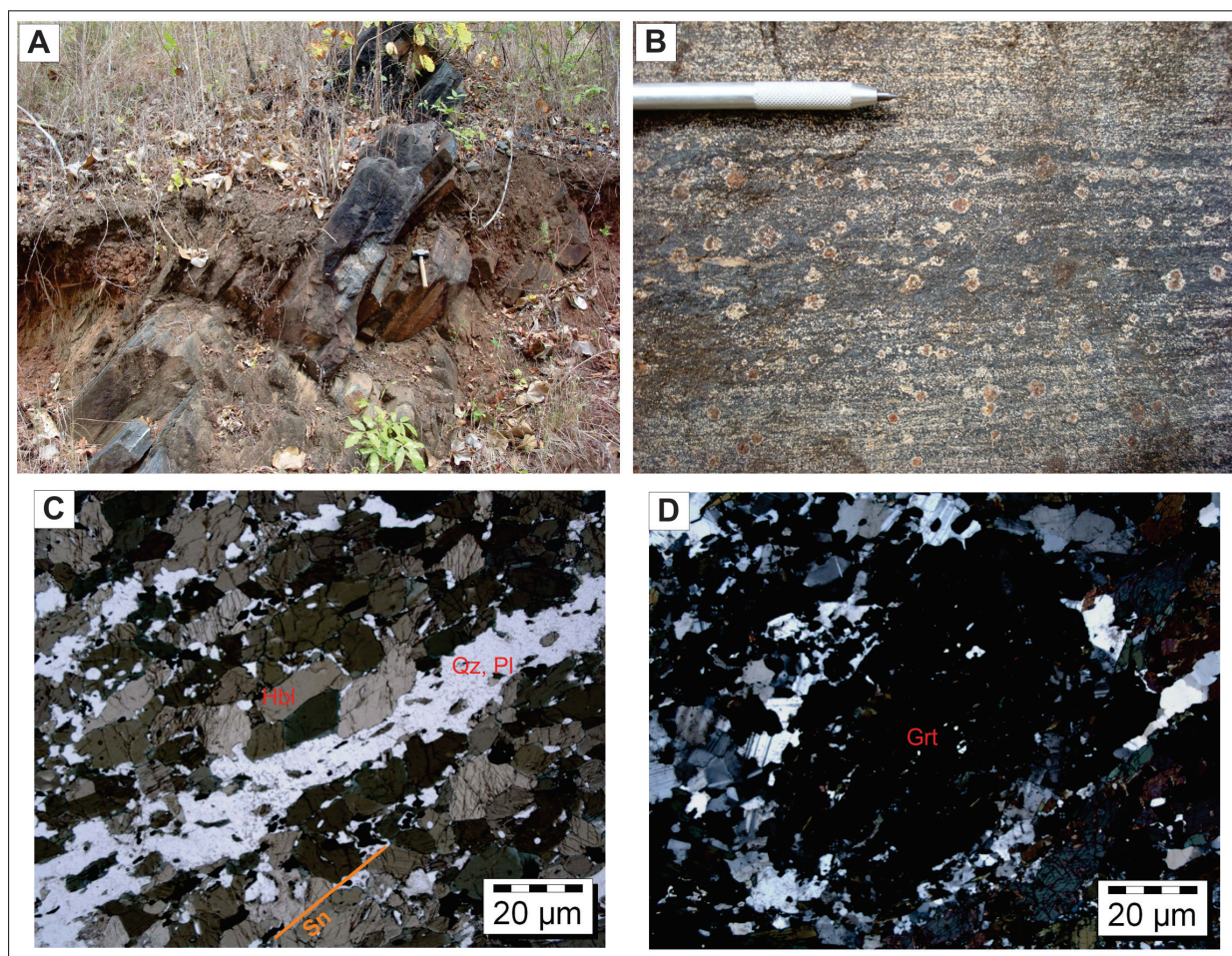


Figura 3.11 – (A) Granada anfibolito associado aos metatexitos do Complexo Ceará (PRci) e (B) Detalhe do anfibolito com destaque para as bordas de descompressão formada por plagioclásio em torno das granadas. (C) Fotomicrografia do Granada anfibolito, mostrando textura nematoblástica, estrutura marcada pela orientação dos cristais prismáticos de hornblenda, bandamento composicional e a seguinte mineralogia: hornblenda, plagioclásio e quartzo. (D) Textura corona de descompressão caracterizada por porfiroblasto de granada bordejado por cristais de plagioclásio.

3.4 - COMPLEXO TAMBORIL-SANTA QUITÉRIA (NP3γtsq, NP3δtsms E NP3tsm)

Os primeiros trabalhos de definição e caracterização do Complexo Tamboril-Santa Quitéria foram desenvolvidos por Kegel (1965), Barreto (1971) e Brito Neves (1975) dentre outros. De acordo com Cavalcante et al. (2003) esta unidade é formada por uma associação granito-migmatítica com enclaves de anfibolitos, rocha cálcio-silicática e paragneisses, de idade Neoproterozoica, conforme idades de cristalização U-Pb em zircão (Fetter et al. 2003 e Castro, 2004).

Na folha Baturité, este complexo aflora no extremo norte da área e foi individualizado em três unidades: Granitoide Santa Quitéria (NP3γtsq), Metadiorito Serrote do Bolo (NP3δtsms) e Migmatitos (NP3tsm). Dista aproximadamente 70 km a leste da ocorrência principal do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, mas são correlatos, pois apresentam características litológicas e isotópicas (Sm-Nd e U-Pb) similares; portanto, foi adotado a mesma nomenclatura.

3.4.1 - Granitoide Santa Quitéria (NP3γtsq)

Esta unidade é formada por uma associação de granitoides sin a pós-deformacionais de composição sienogranítica a granodiorítica. Compreendem no geral dois tipos litológicos, granitoide porfirítico gnáissico róseo e granitoide gnáissico cinza, que exibem relações de contato sugestivas de contemporaneidade. Associado a estes litotipos há ainda corpos de granito isotrópico equigranular, de cor rósea, leucocráticos, textura equigranular e de granulação fina a média (Figura 3.12C).

Os granitoides porfiríticos gnáissicos além da cor rósea característica, possuem matriz de granulação fina a média, são leucocráticos a mesocráticos e os porfiroclastos de feldspato potássico chegam a atingir 4 cm de comprimento (Figura 3.12A). Estes litotipos apresentam-se em taxas distinta de deformação, variando de granito porfirítico com deformação incipiente, augen-gnaisse até tectonito L, em função de zonas de cisalhamento localizadas (Figura 3.12B). Observa-se também a recristalização

total dos feldspatos, resultando em bandamento composicional.

Os granitoides gnáissicos de cor cinza não são porfiríticos, possuem granulação fina e são compostos por plagioclásio, quartzo, biotita e feldspato potássico, sendo que entre as localidades Riachão e Serra Santa Helena (pontos de afloramentos SZ-09 e TP-110) estes litotipos contêm cristais de granada (Figura 3.12D).

Veios pegmatoides oriundos da ação pneumatolítica tardia e de composição ácida (quartzo, feldspato potássico e muscovita) são intrusivos tanto nos referidos granitoides, como nos litotipos paraderivados do Complexo Ceará, como observado próximo a localidade Pernambuco e próximo à cidade Pacoti.

A análise petrográfica dos granitoides porfiríticos gnáissicos róseos revela textura inequigranular porfirítica, sendo constituída por feldspato potássico (22% a 28%), plagioclásio (17% a 25%), quartzo (22%), biotita (20%) e muscovita (2%), sendo os minerais acessórios: titanita, opaco, apatita, alanita e zircão (Figura 3.12E). O feldspato potássico ocorre sob a forma de megacristais hipidiomórficos, exibe maclas em Albita-Periclina (xadrez), microperítica e pertitas em barras deformadas, inclusões de quartzo e de plagioclásio e bordas totalmente recristalizadas e albitizadas e ainda com reentrâncias de mirmequita. Os plagioclásios (albita-oligoclásio) formam geralmente megacristais hipidiomórficos e exibem geminados segundo a Lei da Albita e Albita-Carlsbad. O quartzo apresenta-se em cristais anédricos com extinção ondulante. A biotita mostra-se em cristais tabulares e lamelares, com alteração para muscovita e localmente para clorita e com inclusões de zircão e de apatita. A muscovita forma cristais tabulares e lamelares, associados a biotita. Os opacos (magnetita e ilmenita) apresentam-se em cristais subédricos e anédricos. A apatita ocorre em cristais anédricos associados e inclusos em opaco e biotita. A titanita forma cristais anédricos com restos de opaco em seu núcleo. O zircão mostra-se em diminutos cristais prismáticos, inclusos em biotita e formando halo pleocroico.

A análise petrográfica dos granitoides gnáissicos cinza revela textura granoblástica e composição mais primitiva que a dos granitoides porfiríticos gnáissicos róseos: plagioclásio

(35%), feldspato potássico (3%), quartzo (22%), biotita (20%) e muscovita (5%) além de titanita, epidoto, opacos, apatita, alanita e zircão como minerais acessórios (Figura 3.12F). O plagioclásio (oligoclásio – andesina) encontra-se em cristais hipi e xenomórficos, mais ou menos equidimensionais e geralmente geminados segundo a Lei da Albita polissintética e Albita-Carlsbad. O feldspato potássico ocorre em raros cristais xenomórficos, micropertíticos, com bordas albitizadas e com mirmequita. O quartzo apresenta-se em cristais anédricos, intersticiais, e com leve extinção ondulante. A biotita forma cristais tabulares e lamelares,

exibindo pleocroísmo castanho-escuro a clara e leve alteração para muscovita. A muscovita é formada a partir dos feldspatos e da biotita. O epidoto ocorre em cristais subédricos e anédricos, quase sempre associados á biotita. A titanita apresenta-se em cristais anédricos, por vezes aglomerados e comumente com núcleo de opaco (ilmenita). Os opacos formam cristais anédricos e quase sempre com bordas de titanita. A apatita mostra-se em cristais euédricos (hexagonais) e anédricos, associados à biotita e a titanita e ao epidoto. O zircão encontra-se em diminutos cristais inclusos em biotita, formando halos pleocroícos.

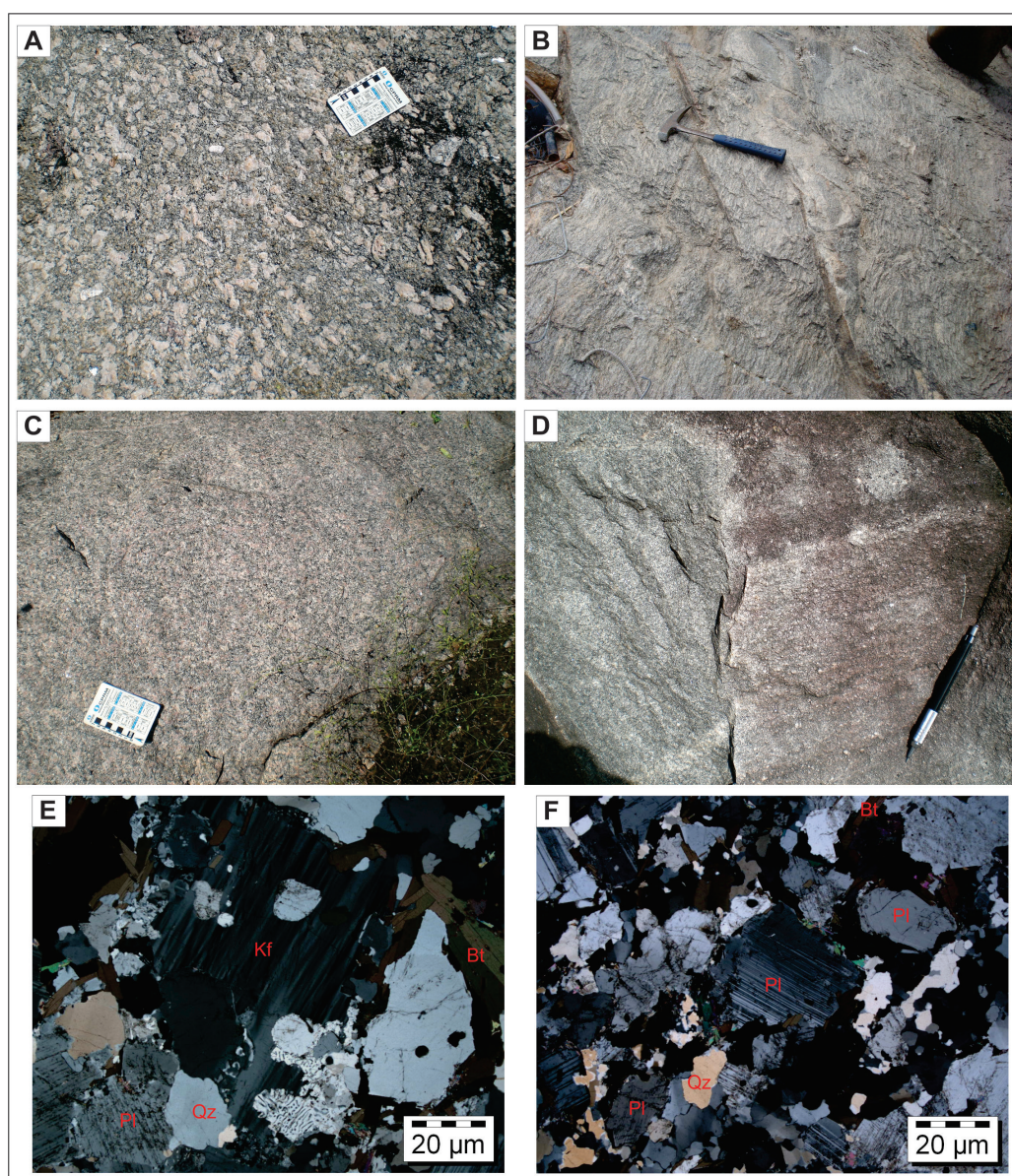


Figura 3.12 – Fotografias representativas do Granitoide Santa Quitéria. (A) Granito porfirítico pouco deformado de cor róseo (SZ-03: 539173, 9547549). (B) Tectonito-L a partir do granito porfirítico róseo (SZ-261: 519437, 9543513). (C) Granito róseo, equigranular e isotrópico (SZ-07: 536070, 9541496). (D) Aspecto geral do granitoide gnássico cinza (TP-80: 542649, 9550086). (E) Fotomicrografia do granito porfirítico róseo, com destaque para os megacristais de feldspato potássico (SZ-03). (F) Fotomicrografia do granito gnássico cinza, onde se observa o predomínio de plagioclásio em relação ao feldspato potássico (TP-80).

3.4.2 - Metadiorito Serrote do Bolo (NP3δtsms)

Nas localidades Serrote do Bolo e Alto Grande foram individualizados corpos de metadiorito e metatonalito mesocrático, de cor cinza escuro, granulação fina a média e foliação tectono metamórfica definida pela orientação da biotita e do anfibólio, tendo ainda apenas o plagioclásio como feldspato constituinte (Figura 3.13A).

Os metadioritos e metatonalitos estão associados aos granitos porfíricos gnássicos da unidade Granitoide Santa Quitéria (NP3γtsq), pois comumente ocorrem como enclaves máficos e como diques sin-plutônicos (Figura 3.13B). Na localidade Vassouras, o metadiorito está sotoposto ao augen-gnáisse róseo (NP3γtsq) em contato tectônico de baixo ângulo.

Em seção delgada observam-se texturas granonematoblásticas, miloníticas e granolepidoblásticas. Os minerais essenciais são: plagioclásio (28%), quartzo (10% a 15%),

biotita (23%), anfibólio (29%) e epidoto (8% a 12%). O plagioclásio forma cristais xenoblásticos, geralmente alongados, recristalizados em subgrãos e subarredondados nas faixas mais deformadas. Exibe geminação segundo a Lei da Albita e Albita-Carlsbad e Carlsbad. O quartzo encontra-se em cristais anédricos e intersticiais, com extinção ondulante e recristalizados em subgrãos. A biotita encontra-se em cristais tabulares e em agregados lamelares, orientados. Nas faixas onde se tem deformação mais acentuada a biotita forma agregados recristalizados e orientados, os quais às vezes contornam alguns dos porfiroclastos de anfibólio. O anfibólio (hornblenda) apresenta-se em cristais tabulares e colunares, alongados e orientados paralelamente. Desestabilizam para formação de epidoto. O epidoto ocorre em cristais subédricos e anédricos, associados quase sempre à biotita e ao anfibólio. Os minerais acessórios são: titanita, apatita, carbonatos, opacos e zircão (Figura 3.13C e D).

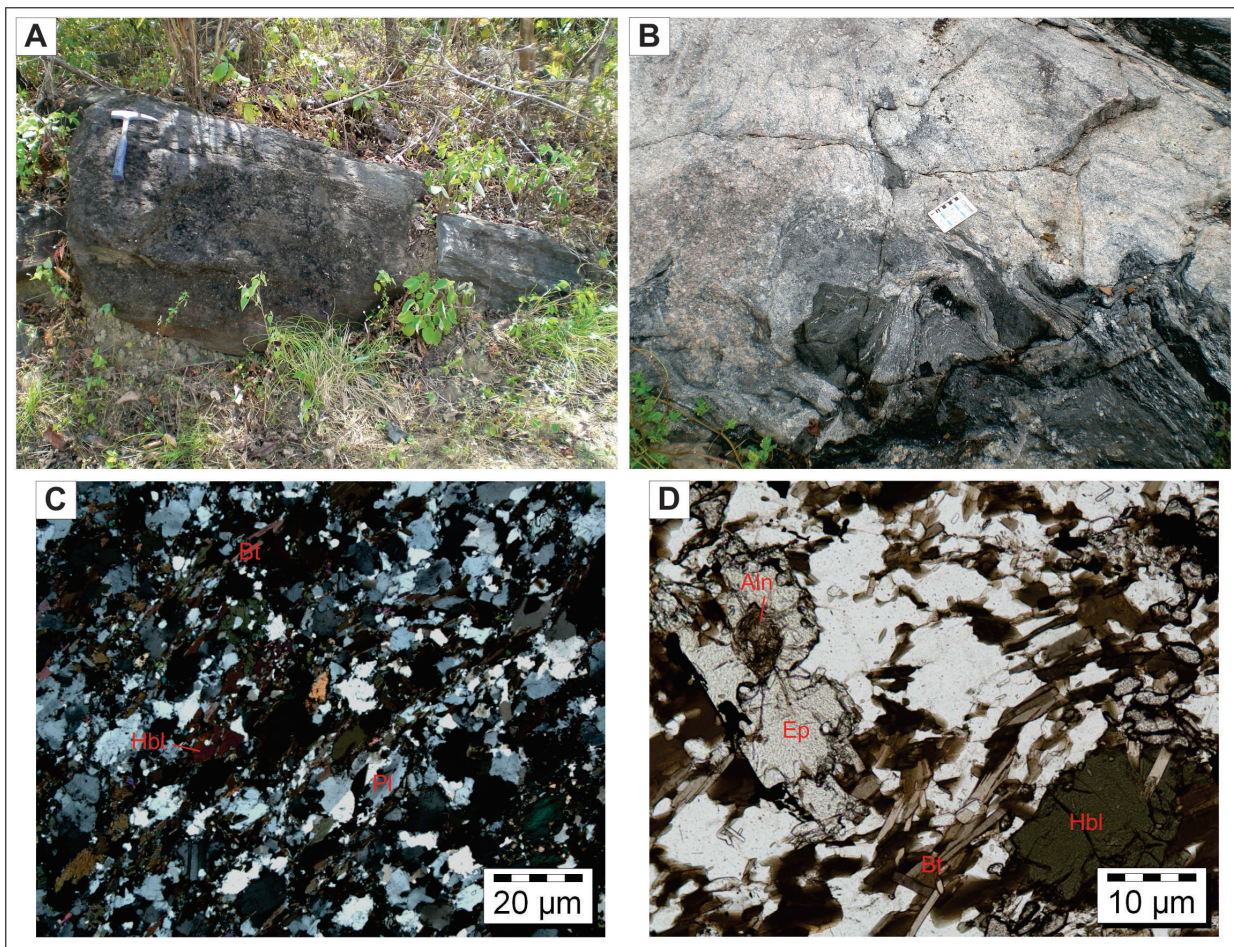


Figura 3.13 – (A) Metadiorito Serrote do Bolo (SZ-123: 540531, 9545073). (B) Dique sin-plutônico do metadiorito em granito gnássico (SZ-01: 540672, 9554089). (C) Fotomicrografia do metadiorito mostrando textura granonematoblástica e composição diorítica (plagioclásio, biotita e hornblenda). (D) Fotomicrografia em luz natural destacando os cristais de hornblenda, biotita e epidoto, este com núcleo de alanita.

3.4.3 - Migmatitos (NP3tsm)

Bordejando toda a unidade Granitoide Santa Quitéria há uma associação de migmatitos predominantemente ortoderivados com taxa de fusão variada, onde se reconhece metatexitos e diatexitos.

Os metatexitos são representados no geral por Hornblenda-biotita migmatito estromático, de cor cinza, granulação média, por vezes com geração de duas fases de leucossoma, contendo enclaves máficos de rocha gabroica e de paragneisses com granada da sequência supracrustal (Complexo Ceará) (Figura 3.14A). Na porção noroeste, próximo a cidade Itapebussu, predominam metatexitos de injeção, caracterizados por injeção sin a pós-colisional, de fluidos magmáticos nos xistos e paragneisses do Complexo Ceará que afloram nesta região.

Os diatexitos são provenientes da alta taxa de anatexia a qual seus protólitos foram submetidos. Os diatexitos são em geral de composição sienogranítica, de cor cinza claro a bege, composição mineral aluminosa caracterizada pela presença de granada e muscovita, de granulação fina a média e com estruturas migmatíticas do tipo schlieren representativa do paleossoma rico em biotita (Figura 3.14B).

Análise petrográfica do paleossoma dos

metatexitos revela textura granoblástica e estrutura bandada, sendo os minerais essenciais formados por plagioclásio (20%), feldspato potássico (26%), quartzo (18%), anfibólio (15%) e biotita (13%). O plagioclásio (andesina) mostra-se em cristais xenoblásticos, alongados e recristalizados em subgrãos. É comum nos leucossomas o intercrescimento com quartzo formando mirmequita. O feldspato potássico está presente em cristais xenoblásticos, exibem geminação Albita-Periclina (xadrez), pertíticos e micropertíticos, e raras vezes associado à geminação Carlsbad. O quartzo é anédrico e alongado, com extinção ondulante. O anfibólio (hornblenda) encontra-se presente nas bandas de composição básica à intermediária em cristais tabulares. Pode conter inclusões de quartzo formando textura poiquiloblástica e altera-se para carbonato (calcita). A biotita apresenta-se em cristais lamelares e tabulares, alongados e orientados paralelamente. Os minerais acessórios correspondem: titanita, epidoto, apatita, zircão, calcita e alanita. O epidoto, a titanita e a calcita são cristais subédricos e anédricos, associados à hornblenda e a biotita. O zircão encontra-se em cristais anédricos inclusos em biotita e em hornblenda. A paragênese mineral identificada associada à fusão parcial indicam grau metamórfico do fácies Anfíbolito (Figura 3.14C e D).

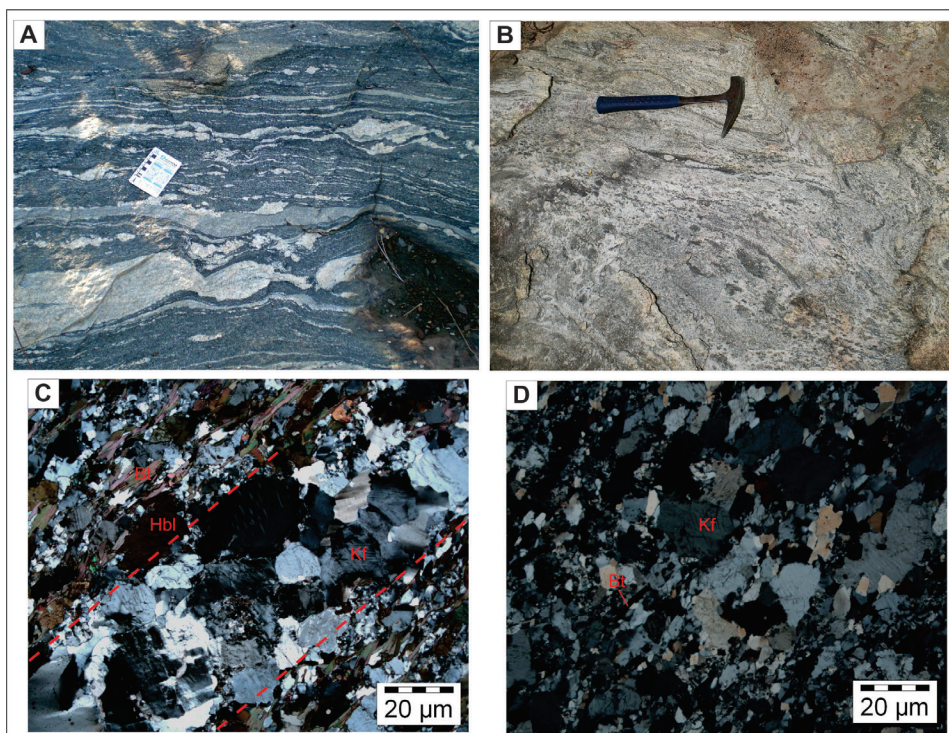


Figura 3.14 – (A) Metatexito representado por um Hornblenda-biotita migmatito estromático com duas fases de leucossoma (SZ-11: 534086, 9538307). (B) Diatexitos com schlieren do paleossoma (TP-117: 529571, 9534755). (C) Fotomicrografia do metatexito mostrando textura granoblástica e nível leucossomático quartzo-feldspático concordante com a foliação. (D) Fotomicrografia de um leucossoma (diatexito) mostrando composição ácida marcada por quartzo e feldspato-potássico, com poucas lamelas de biotita.

3.5 - SUÍTE MÁFICA A INTERMEDIÁRIA PEDRA AGUDA (NP3δ2pag, NP3γ2pag)

A Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda é formada por litotipos básicos e ácidos tardi a pós-colisionais, representados respectivamente por gabros e leucogranitos. Apresenta formato elipsoidal com diâmetro maior na direção norte-sul e está intrusivo nos litotipos do Complexo Canindé do Ceará, no extremo sul da área. Esta suíte foi colocada na unidade denominada de Rochas Plutônicas Granulares e definida como de idade Precambriana por Campos et al. (1976). Bessa (2000) definiu como Complexo Pedra Aguda e obteve idade Pb-Pb por evaporação de 594 e 595 Ma para os litotipos básicos.

3.5.1 - Gabro Pedra Aguda (NP3δ2pag)

Os litotipos básicos, referidos genericamente como gabros, são na realidade uma associação de biotita-gabro, gabro-norito, quartzo-diorito e diorito. Estes litotipos são mesocráticos, de granulação fina a média, estão levemente deformados e possuem enclaves máficos microgranulares de composição diorítica (Figura 3.15A e B). Bessa (2000) menciona a existência de enclaves de paragneisses.

Em seção delgada se observa uma textura alotrimórfica a hipidiomórfica e uma mineralogia representada por: plagioclásio (26% a 52%), biotita (18% a 28%), ortopiroxênio (8% a 18%), hornblenda (12% a 37%), clinopiroxênio (14% a 20%), quartzo (1% a 10%) e olivina (3%), tendo como minerais acessórios opacos, apatita e zircão. O plagioclásio encontra-se em cristais euédricos e subédricos, geminados em Albita-Carlsbad e por vezes em Periclina. O clinopiroxênio (augita-diopsídio) encontra-se em cristais prismáticos, subédricos e anédricos, localmente intercrescido com ortopiroxênio de forma lamelar. O ortopiroxênio (enstatita) encontra-se em cristais prismáticos subédricos e anédricos. Associa-se a biotita e geralmente esta incluso em hornblenda. O quartzo ocorre localmente de forma intersticial aos minerais máficos. O anfibólio (hornblenda) encontra-se em cristais prismáticos, formada a partir da reação magmática do ortopiroxênio com o

magma residual, pois é comum conter restos de ortopiroxênio como inclusão. A biotita forma grandes cristais tabulares, por vezes com inclusões de ortopiroxênio, opaco, zircão e apatita. A olivina ocorre localmente em pequenos cristais anédricos, associados à biotita e de difícil distinção entre o clinopiroxênio. Localmente intercresce simpleticamente com plagioclásio e com hornblenda. Opacos, apatita e zircão encontram-se em diminutos cristais inclusos nos minerais máficos (Figura 3.15E).

3.5.2 - Leucogranito Pedra Aguda (NP3γ2pag)

O fácies de composição ácida aflora no centro da referida suíte magmática, sustentando o serrote denominado de Pedra Aguda. Corresponde a um álcali-feldspato granito hololeucocrático, de granulação fina, de cor cinza claro a branco e está também sutilmente deformado (Figura 3.15C). O referido granitoide contém enclaves do gabro (NP3δpa) parcialmente digeridos (Figura 3.15D).

Em análise petrográfica os granitoides possuem textura granular xenomórfica, formada por grandes cristais de quartzo (30% a 37%) anédricos envolvendo porções constituídas de feldspatos alcalinos (42% a 48%), os quais estão representados por microclínio com maclas em albita-periclina (xadrez) e pertíticos, mesopertíticos e micropertíticos, muitas vezes totalmente albitizados. Os cristais de plagioclásio (<5%), quando presentes, mostram-se desprovidos de geminação. Os minerais máficos em quase todos os exemplares são de biotita (<5%) simplectita, as quais exibem um pleocroísmo que variam de castanho-escuro a pardo-escuro e verde a pardo-esverdeado. Contém geralmente inclusões de opaco e de zircão metamórfico. A fluorita é um mineral acessório que ocorre em cristais anédricos e de forma intersticial entre os cristais de feldspato alcalino. Os opacos (pirita e óxido de ferro) são anédricos e do sistema cúbico, associados e inclusos em biotita. Em um dos exemplares têm-se grãos de titanita metamórfica, anédrica e alterada para opaco. O zircão ocorre em grãos metamórficos inclusos em biotita, onde forma halos pleocroícos. Em um dos exemplares tem-se localmente turmalina simplectita associada ao opaco (Figura 3.15F).

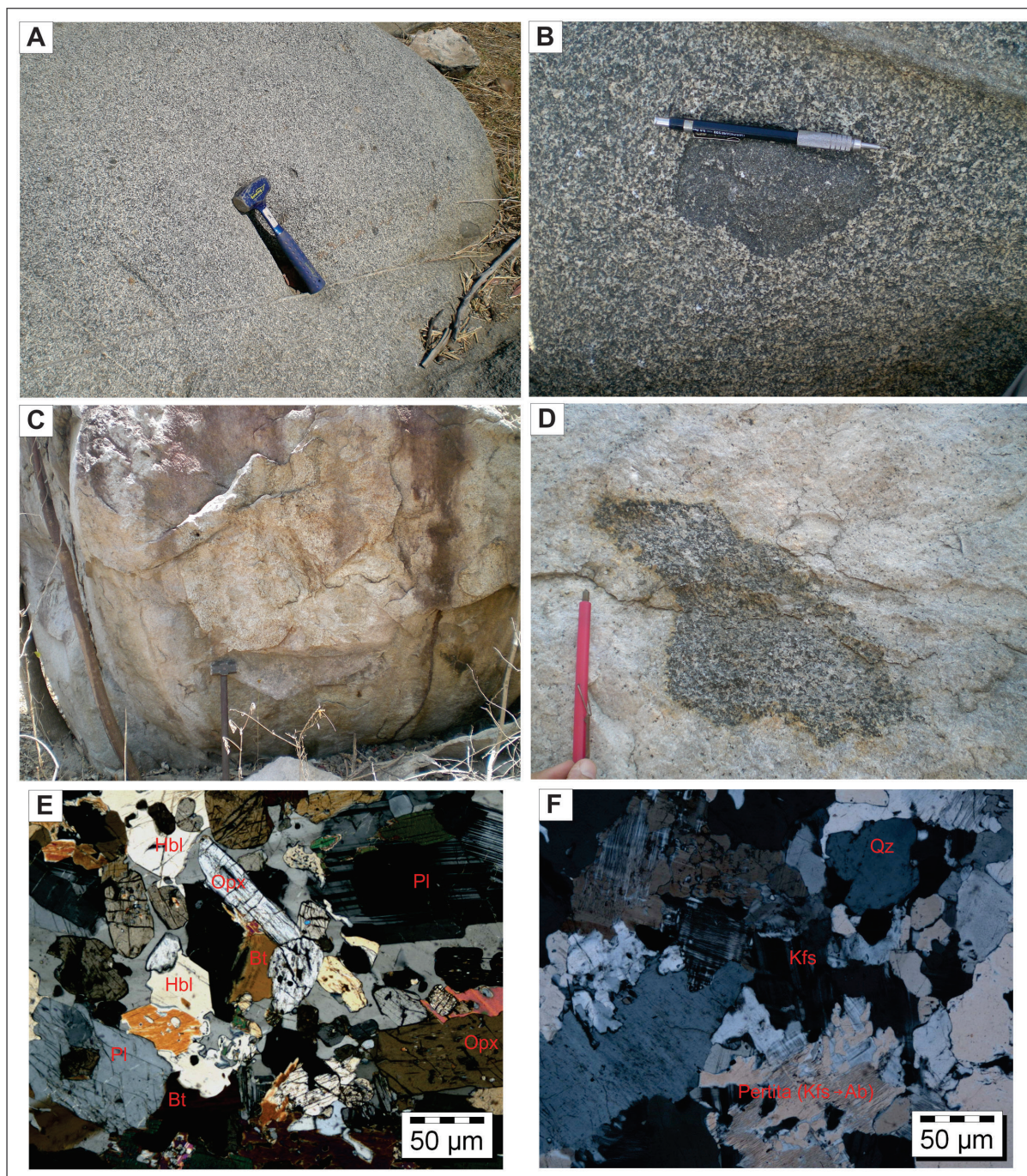


Figura 3.15 – (A) Vista geral do biotita-gabro e (B) detalhe do biotita-gabro com enclave máfico microgranular diorítico (TP-373: 523472, 9504615). (C) Bloco do álcali-feldspato granito e (D) detalhe deste litotipo ácido com enclave do gabro (TP-374: 523601, 9507084). (E) Fotomicrografia do biotita-gabro mostrando textura hipidiomórfica e destacando os cristais de biotita, hornblenda, ortopiroxênio e plagioclásio. (F) Fotomicrografia do álcali-feldspato granito destacando mineralogia ácida.

3.6 - GRANITOIDE TANQUES (εγ4pt)

O Granitoide Tanques foi definido neste projeto com referência aos granitoides isotrópicos que ocorrem apenas na Folha Baturité, mas que são correlatos a outros granitoides isotrópicos comuns na Província Borborema. Compreende corpos plutônicos pós-colisionais de composição granodiorítica a tonalítica, mesocráticos, com

textura equigranular, de granulação média e de cor cinza claro, composto macroscopicamente por Plagioclásio, Biotita e Quartzo (Figura 3.16A). Foram individualizados próximos as localidades Tanques, Pilões e Serrote Bú. Exemplares desta unidade foram submetidos a análise litogeoquímica, conforme apresentado no capítulo 04.

A análise petrográfica revela textura

equigranular hipidiomórfica, sendo formada por cristais de plagioclásio (30% a 34%), feldspato potássico (10%), quartzo (26%) e biotita (20% a 24%). Os minerais acessórios são titanita, epidoto, zircão e apatita. O plagioclásio (andesina) forma cristais hipi e xenomórficos e exibe geminação em albita-carlsbad, carlsbad e periclina. Em um dos exemplares tem-se um cristal de plagioclásio zonado com inclusão de outro plagioclásio zonado, provavelmente aprisionamento durante o resfriamento do magma. Tem-se comumente intercrescimento mirmequítico nas bordas dos cristais de feldspato potássico. O

feldspato potássico encontra-se em cristais hipi e xenomórficos, exibindo geralmente geminação em albita-periclínio típica do microclínio e pertíticos em barras deformadas. Há exemplares sem feldspato potássico. O quartzo apresenta-se em cristais subédricos e anédricos, com extinção ondulante. A biotita mostra-se em cristais tabulares, exibindo pleocroísmo castanho-avermelhado. A titanita, o epidoto e a apatita encontram-se em grãos anédricos inclusos em biotita. O zircão encontra-se em cristais prismáticos inclusos em plagioclásio e em biotita, formando halo pleocroico (Figura 3.16B).

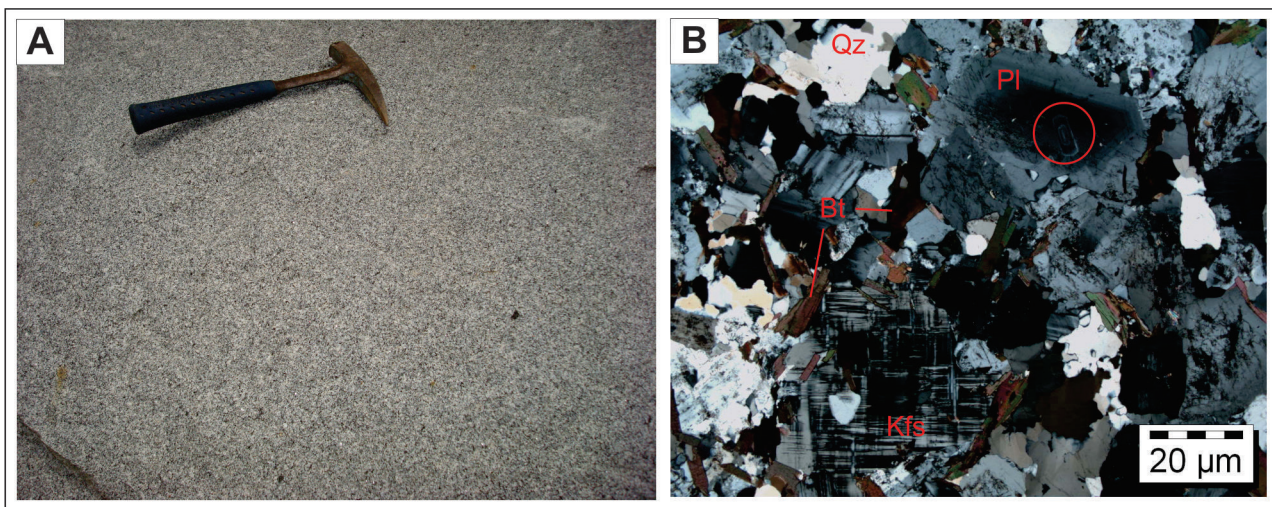


Figura 3.16 – Granitoide Tanques. (A) Fotografia mostrando aspecto geral do granodiorito (TP-279: 523602, 9548799). (B) Fotomicrografia do granodiorito mostrando textura equigranular hipidiomórfica e os seguintes minerais: plagioclásio, biotita, quartzo e feldspato potássico. O círculo em vermelho destaca inclusão de plagioclásio zonado em plagioclásio.

3.7 - COBERTURAS SEDIMENTARES CENOZOICAS

As coberturas sedimentares inconsolidadas do Cenozoico foram agrupadas em três unidades: Grupo Barreiras Indiviso (ENb), Depósitos Colúvio-Eluviais (N23c) e Depósitos Aluvionares (Q2a).

O Grupo Barreiras Indiviso (ENb) aflora na porção leste da área e forma um relevo plano, o que limita a exposição em afloramentos desta unidade. Corresponde a sedimentos areno-argilosos a argilo-arenosos inconsolidados, de cor bege a vermelho claro, granulometria fina, bem selecionado, com arredondamento e esfericidade dos grãos de quartzo moderados e com matriz argilosa (Figura 3.17A).

Os Depósitos Colúvio-Eluviais (N23c) apresentam características similares aos

sedimentos do Grupo Barreiras, porém não ou pouco transportados. Trata-se de sedimentos areno-argilosos vermelhos onde em alguns pontos é possível observar uma transição para o nível de solo saprolítico. As melhores exposições desta unidade foram individualizadas a sul e leste da cidade Aracoíaba (Figura 3.17B).

Os Depósitos Aluviais (Q2a) são constituídos por argilas, areias argilosas, areias quartzosas e quartzo-feldspáticas além de porções com sedimentos de granulometria entre seixos e calhaus, composto predominantemente por quartzo e com maturidade textural moderada (bem arredondado com esfericidade e seleção moderada). Estes depósitos ocorrem ao longo dos principais cursos de drenagens, tais como o rio Pacoti, Choró, São Gonçalo e alguns de seus afluentes.

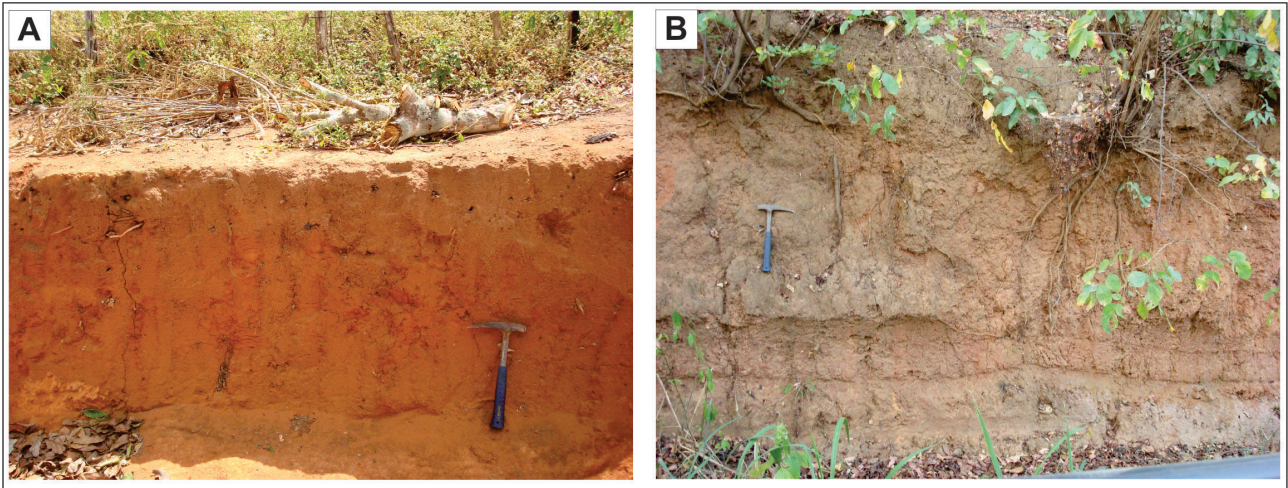


Figura 3.17 – Fotografias das coberturas sedimentares inconsolidadas. (A) Grupo Barreiras. (B) Depósito Colúvio-Eluvial.

4 – LITOGEOQUÍMICA

As análises litogeoquímicas foram realizadas em amostras de rocha de filiação magmática representativas do Complexo Canindé do Ceará, do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, da Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda e dos granitos pós-colisionais denominados de Granitoide Tanques, totalizando 82 amostras obtidas em 66 afloramentos (Figura 4.1).

A empresa SGS-GEOSOL Laboratórios LTDA foi responsável pela elaboração da análise das

amostras. Conforme relatório técnico, os óxidos maiores (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, MnO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, Cr₂O₃) e LOI (Perda ao Fogo) foram analisados por ICP-ES por fusão de metaborato de lítio, os elementos Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, W, Zr, Y e ETR foram determinados por ICP-MS, após abertura por fusão de metaborato de lítio; já os elementos Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg e Se foram determinados por ICP-MS, após abertura por água régia.

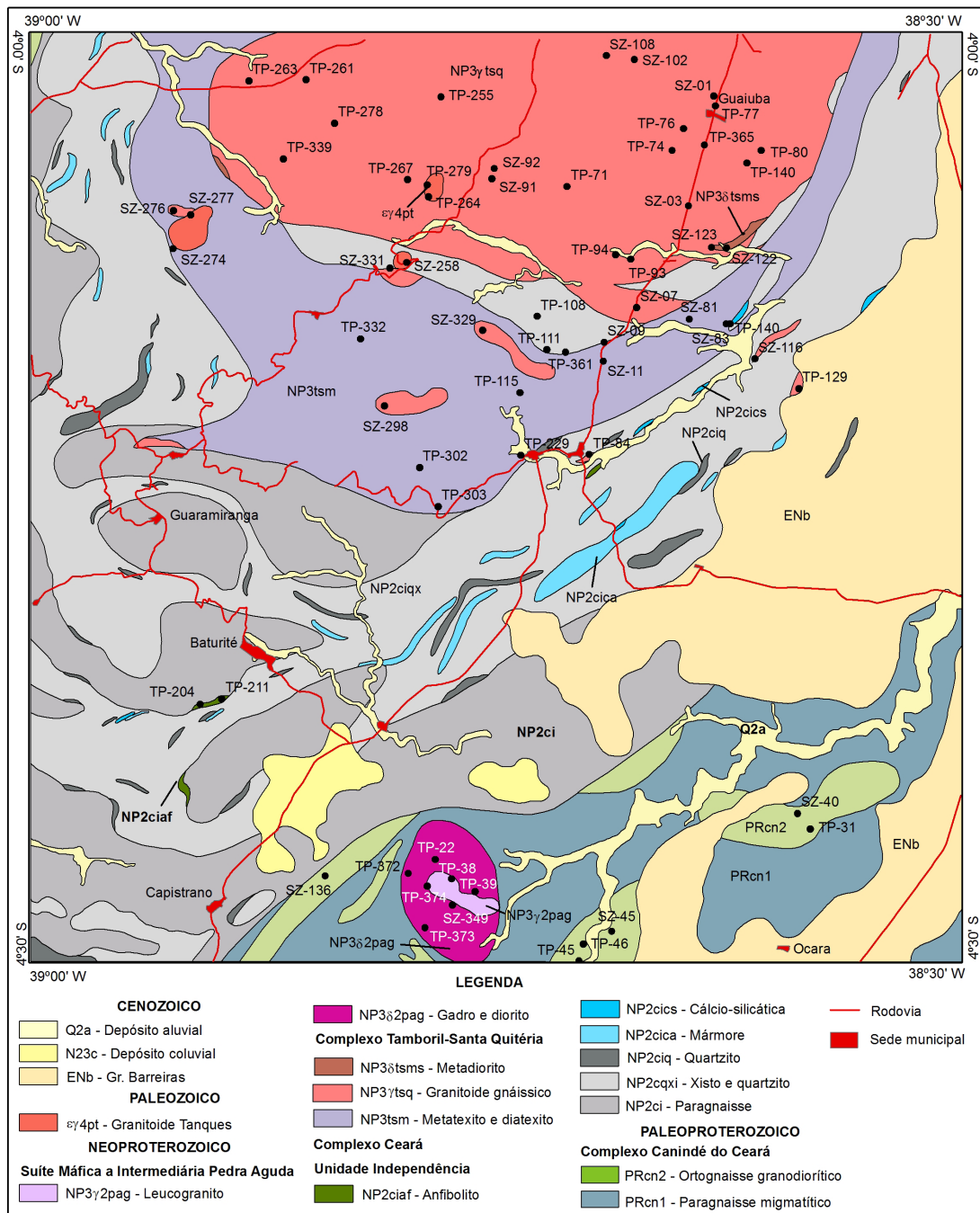


Figura 4.1 – Mapa geológico simplificado da Folha Baturité com a indicação dos afloramentos amostrados para análise litogeoquímica.

4.1 - COMPLEXO CANINDÉ DO CEARÁ (PRcn2)

Para esta unidade foram analisadas nove amostras, sendo seis do ortognaisse cinza e três de um ortomigmatito associado, onde destas, uma representa o leucossoma e as demais o paleossoma (Tabela 4.1).

Com base nos dados apresentados na Tabela 4.1 se observa que são rochas de composição intermediária, com teor de SiO₂ entre 60-66% e não potássicas, onde a razão K₂O/Na₂O é em média 0,4. A amostra TP-31D, representativa de leucossoma, é ácida e potássica com razão K₂O/Na₂O igual a 2.

Os ortognaissees são de composição granodiorítica, metaluminosos e cálcio-alcinos de médio potássio, conforme demonstrado nos diagramas de Cox et al. (1979), Shand (1943), Irvine e Baragar (1971) e Paccerrillo e Taylor (1976), respectivamente. A amostra SZ-40 é composicionalmente mais primitiva, sendo representado por um diorito extremamente metaluminoso e cálcio alcalino de baixo potássio, onde se observa na tabela 4.1 percentuais relativamente altos de CaO e MgO e baixo de K₂O. Já a amostra TP-31D está plotada nos campos referente a um granito peraluminoso e shoshonítico, conforme os mesmos diagramas (Figura 4.2).

No diagrama multielementar há uma concordância entre as amostras analisadas, com destaque para anomalias negativas de Nb, P e Ti. A amostra SZ-40 apresenta, para os elementos LFS, uma disposição diferenciada das demais amostras, mantendo em seguida um comportamento semelhante. Já a amostra TP-31D é bem distinta das demais, com valores altos para os elementos LFS (Rb, Ba, K) e anomalia positiva em Zr (Figura 4.3A).

Os Elementos Terras Raras (ETR) apresentam um forte fracionamento entre os leves e pesados, onde (La/Yb)_N varia de 7 a 70. A razão Eu/Eu* varia de 0,5 a 1,1, onde apenas uma amostra apresenta esta razão >1, confirmando o domínio de anomalias negativas de Eu. O padrão dos ETR leves é bem ordenado, já considerando os ETR médios e pesados, o padrão é relativamente caótico (Figura 4.3B).

A classificação geotectônica desta unidade foi realizada com base nos diagramas de

Pearce et al. (1984), que são os mais utilizados para esta finalidade. Desta forma, no diagrama Nb vs. Y as amostras estão dispostas no campo de arco vulcânico e/ou sin-colisional, já no diagrama Rb vs. Y+Nb estas amostras estão plotadas na superposição dos campos de arco vulcânico e pós-colisional (Figura 4.4). Segundo Pearce (1996), granitoides em ambiente pós-colisional podem derivar da mesma fonte de granitos de arco vulcânico, resultando na sobreposição destes campos no diagrama.

4.2 - COMPLEXO TAMBORIL-SANTA QUITÉRIA

Todos os litotipos constituintes desta unidade foram analisados do ponto de vista geoquímico, totalizando 48 amostras de rocha, sendo 35 representativas da subunidade Granitoide Santa Quitéria (NP3γtsq), envolvendo granitos porfiríticos gnáissicos róseos e cinzas, granito equigranular róseo e granada ortognaisse cinza. Da subunidade Migmatitos (NP3tsm) foram analisadas 6 amostras e da subunidade Metadiorito Serrote do Bolo (NP3δtsms) foram analisadas 7 amostras (Tabela 4.2, Figura 4.1).

4.2.1 - Granitoide Santa Quitéria (NP3δtsq)

Os litotipos da subunidade Granitoide Santa Quitéria analisados são predominantemente ácidos, com teor de SiO₂ entre 65% e 75%. A razão K₂O/Na₂O é superior a 1 para os granitos porfiríticos gnáissicos róseos e granitos equigranulares e inferior a 1 para os granitos porfiríticos gnáissicos cinzas, diferenciando-as em potássicas e não potássicas, respectivamente (Tabela 4.2).

No diagrama de Shand (1943) se observa que os granitos porfiríticos gnáissicos róseos são peraluminosos e que os de cor cinza são peraluminosos a metaluminosos. Este conjunto corresponde a rochas de composição granítica a granodiorítica, com tendência cálcio-alcina de alto potássio, conforme apresentado nos diagramas de De la Roche et al. (1980), Irvine e Baragar (1971) e Paccerrillo e Taylor (1976) (Figura 4.5). A amostra TP-263 merece destaque, pois apresenta teor de SiO₂ de 54% (intermediária), teor de MgO superior a 3% e tendência shoshonítica, embora a razão K₂O/Na₂O seja inferior a 1.

Rocha	Ortognaisse						Ortomigmatito		
	Paleossoma		Leucossoma						
Amostra	SZ-136	SZ-40	TP-46	TP-31	SZ-45	TP-45	TP-31B	TP-31C	TP-31D
SiO₂ (%)	60,59	63,33	64,06	65,02	65,40	66,44	64,04	66,32	73,32
TiO₂	0,75	0,22	0,40	0,38	0,41	0,53	0,44	0,49	0,15
Al₂O₃	16,03	10,68	14,70	14,96	14,63	16,97	14,47	14,18	13,90
Fe₂O₃t	6,40	5,44	4,02	4,10	4,18	5,29	4,43	4,20	1,31
MnO	0,09	0,18	0,06	0,05	0,07	0,08	0,06	0,04	0,02
MgO	3,08	4,90	2,27	1,91	2,59	2,66	2,42	2,03	0,47
CaO	5,55	8,53	3,72	3,69	3,94	4,32	4,01	3,28	1,65
Na₂O	3,70	3,07	3,94	3,95	3,56	4,60	3,87	3,78	2,67
K₂O	1,97	0,62	1,50	1,73	1,63	1,95	1,61	1,72	5,70
P₂O₅	0,21	0,09	0,15	0,16	0,14	0,19	0,14	0,14	0,11
Cr₂O₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	98,79	97,55	95,16	96,37	96,79	103,53	95,84	96,69	99,47
LOI	0,41	0,49	0,33	0,42	0,24	0,50	0,33	0,50	0,18
Ni (ppm)	20,50	5,80	31,00	25,00	41,10	34,00	30,90	28,80	7,60
Co	14,50	2,60	9,50	8,40	10,70	11,00	8,40	11,20	2,60
Cu	11,20	4,40	3,70	6,90	2,50	9,90	11,00	28,50	9,20
Pb	1,30	1,80	1,10	0,90	1,10	1,20	1,10	1,10	1,00
Zn	59,00	15,00	48,00	55,00	43,00	60,00	45,00	62,00	16,00
Rb	80,80	32,20	129,00	90,60	112,00	109,00	77,20	121,00	211,00
Cs	1,26	0,19	1,83	0,83	2,47	2,24	0,86	1,10	0,63
Ba	711,00	111,00	519,00	474,00	431,00	384,00	571,00	528,00	2402,00
Sr	500,90	398,00	645,00	553,00	586,00	567,00	604,00	530,00	563,00
Ga	23,40	15,70	19,40	21,00	19,40	20,50	19,40	20,20	13,50
Ta	0,35	1,05	0,95	0,27	0,51	0,31	0,33	0,29	0,51
Nb	7,96	4,44	4,69	4,13	3,77	4,31	5,32	4,62	4,45
Hf	4,59	4,00	3,26	3,21	2,84	3,19	3,07	4,94	10,87
Zr	176,90	113,00	110,00	118,00	83,10	101,00	104,00	173,00	390,00
Y	24,50	10,81	8,06	5,70	7,36	9,03	7,05	4,10	1,31
Th	3,90	18,60	3,60	1,40	4,30	3,10	1,10	3,80	1,00
U	0,48	0,89	0,30	0,14	0,35	0,44	0,15	0,26	0,47
La	22,20	18,30	34,30	26,50	17,30	28,40	26,10	43,70	12,20
Ce	43,60	61,40	46,20	56,10	40,70	48,00	54,40	82,70	21,50
Pr	6,08	8,69	6,19	7,40	5,45	6,79	7,10	9,20	2,48
Nd	25,40	31,80	20,50	28,90	21,60	24,50	27,40	30,60	8,00
Sm	5,30	6,00	4,10	5,50	3,50	4,50	4,70	4,50	1,40
Eu	1,08	0,86	1,47	0,98	0,66	1,37	1,15	0,88	0,32
Gd	5,13	4,21	3,82	3,93	3,09	4,19	3,71	2,87	0,84
Tb	0,70	0,34	0,98	0,65	0,15	0,70	0,60	0,39	0,08
Dy	3,78	3,00	2,49	1,79	1,87	2,35	2,05	1,33	0,38
Ho	0,81	0,29	0,80	0,40	0,16	0,55	0,48	0,29	0,06
Er	2,30	1,24	1,15	0,79	0,62	1,17	0,96	0,56	0,20
Tm	0,25	0,05	0,49	0,19	0,05	0,33	0,25	0,11	0,05
Yb	2,10	1,10	1,20	0,60	0,80	1,10	0,90	0,40	0,20
Lu	0,31	0,60	0,68	0,24	1,85	0,39	0,29	0,16	0,05
K₂O/Na₂O	0,53	0,20	0,38	0,44	0,46	0,42	0,42	0,46	2,13
Eu/Eu*	0,90	0,96	0,75	0,64	0,61	0,84	1,14	0,52	0,63
(La/Yb)_N	41,13	17,41	73,66	29,78	14,58	19,55	19,27	11,22	7,13
Mg#									

Tabela 4.1 – Análise litogeoquímica para elementos maiores e menores de amostras de rocha do Complexo Canindé do Ceará.

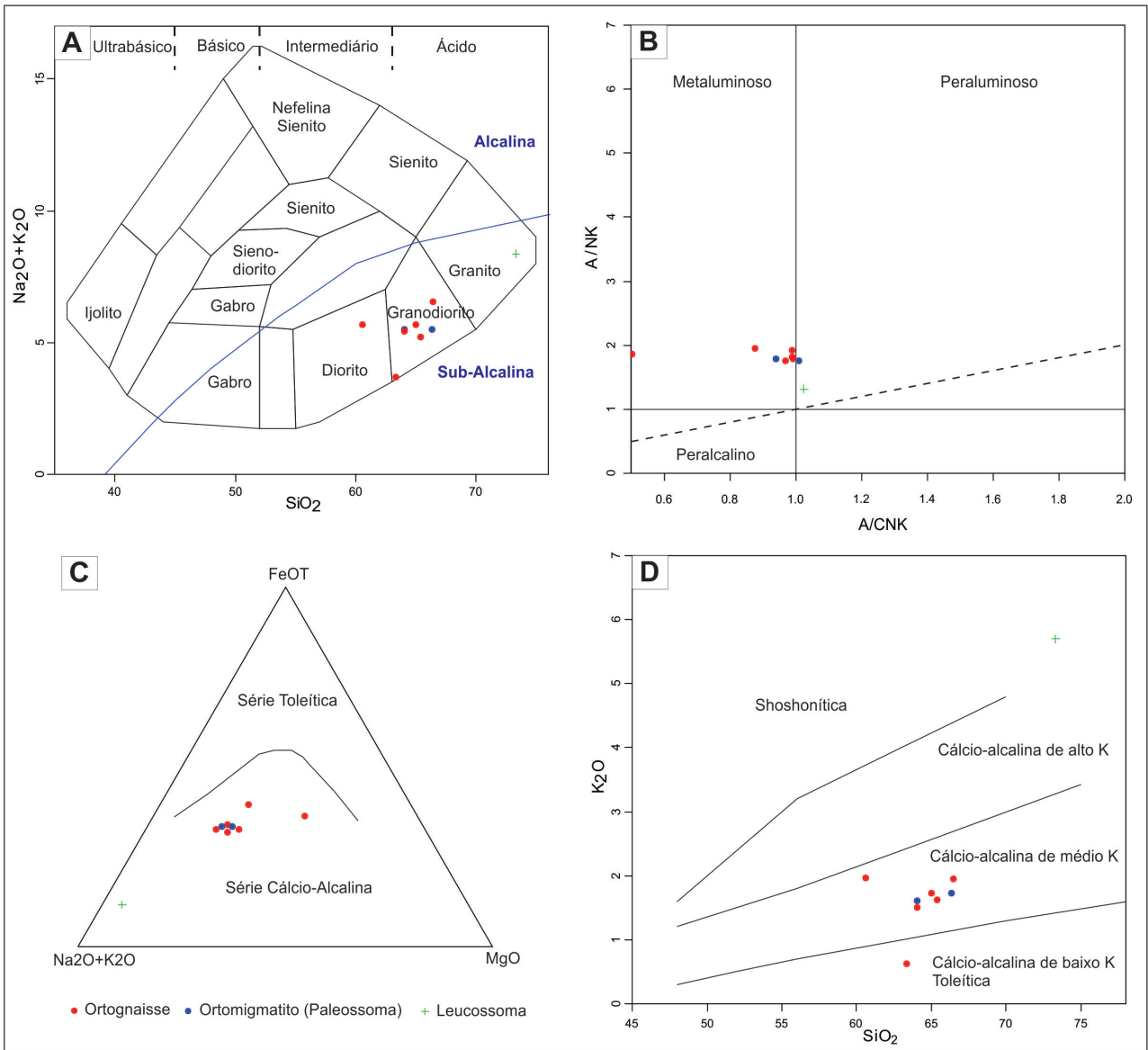


Figura 4.2 – Diagramas discriminantes para rochas do Complexo Canindé do Ceará. (A) Diagrama TAS (Total Álcalis vs Sílica) com campos classificatórios de rocha (Middlemost, 1985) e campos para distinção entre séries magmáticas Alcalinas e Subalcalinas segundo a curva de Irvine e Baragar (1971) reunidos em Cox et al. (1979). (B) Diagrama A/CNK vs. A/NK ($Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ vs. $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ (mol. %)) de Shand (1943). (C) Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971). (D) K_2O vs. SiO_2 para classificação das séries cálcio-alcalinas de alto potássio, médio potássio e baixo potássio (Peccerillo e Taylor, 1976).

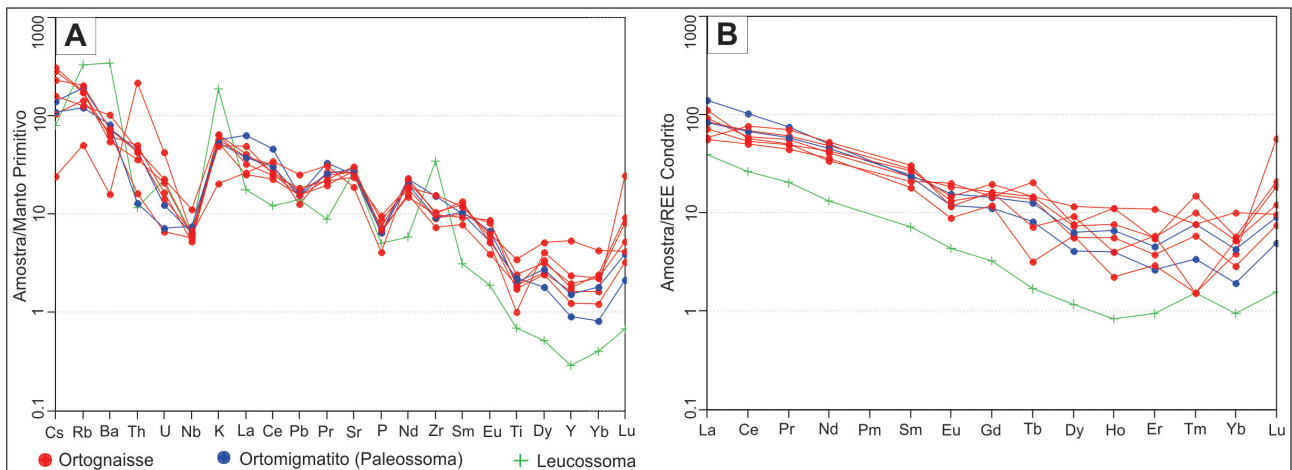


Figura 4.3 – (A) Diagrama multielementar normalizado pelo manto primitivo segundo Sun & McDonough (1989). (B) Diagrama para os Elementos Terras Raras normalizados pelo condrito conforme Boynton (1984).

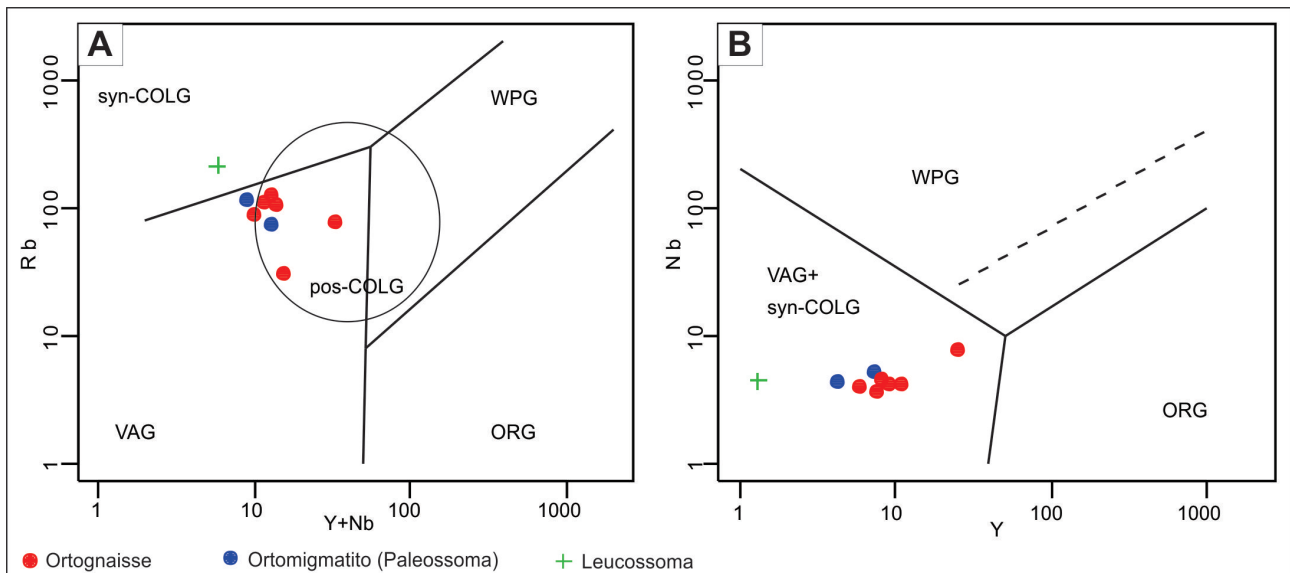


Figura 4.4 – (A) (B) Diagramas de classificação tectônica proposto por Pearce et al. (1984). VAG = granito de arco vulcânico, WPG = granito intra-placa, ORG = granito de cadeia meso-oceânica, syn-COLG = granito sin-colisional e post-COLG = granito pós-colisional (campo post-COLG segundo Pearce (1996)).

Os ortognaisses cinza com granada são intermediários, com teor de SiO₂ entre 61% e 66%, e não potássicos onde a razão K₂O/Na₂O é inferior a 1. São rochas de composição granodiorítica a tonalítica, peraluminosas e cálcio-alcalinas de médio potássio, segundo demonstração nos diagramas de De la Roche et al. (1980), Shand (1943), Irvine e Baragar (1971) e Paccerrillo e Taylor (1976) (Figura 4.5).

Os elementos menores apresentam um padrão característico de rochas cálcio-alcalinas, com anomalias em Nb, Sr, P e Ti (Figura 4.6A). Os elementos terras raras apresentam fracionamento distinto em função do grupo de rocha considerado; assim o conjunto representado por granito porfirítico gnáissico róseo apresenta um fracionamento moderado a forte, com (La/Yb)_N entre 2 e 160, considerando que os maiores valores são de amostras que apresentam anomalia negativa em Yb. Já os dois conjuntos representados por granito porfirítico gnáissico cinza e granada ortognaisse cinza apresentam um fracionamento moderado entre os ETR leves e ETR pesados, onde (La/Yb)_N é de 20 e 15, respectivamente. Todas as amostras apresenta anomalia negativa de Eu, com razão Eu/Eu* inferior a 1 (um) (Figura 4.6B).

Rochas submetidas a processos de fusão parcial ou cristalização fracionada são dispostas de forma retilínea, passando pela origem, em diagramas de ETR incompatíveis com Kd semelhante (Rollinson, 1993). Desta forma, no

diagrama La vs. Ce, se observa um trend para todo o conjunto analisado, sendo que os granada ortognaisse cinza tem uma distribuição mais retilínea (Figura 4.7A).

A razão La/Ce vs. Ce pode caracterizar a atuação de cristalização fracionada, quando não há variação nesta razão. Como as amostras não apresentam um alinhamento no referido diagrama, conclui-se que a cristalização fracionada não foi o processo dominante na evolução destas rochas, as quais podem ter sido submetidas à mistura de magma e/ou assimilação (Figura 4.7B).

Conforme Pearce et al. (1984) as amostras estão dispostas no campo de arco vulcânico e/ou sin-colisional no diagrama Nb vs. Y, sendo que algumas amostras estão no campo de granito intra-placa, e no campo pós-colisional considerando o diagrama Rb vs. Y+Nb (Figura 4.7C e D).

4.2.2 - Migmatitos (NP3tsm)

Somente os metatexitos de composição granodiorítica foram analisados e apesar do cuidado em amostrar apenas o paleossoma, inevitavelmente níveis de leucossoma também foram analisados. Desta forma, são rochas de natureza intermediária a ácida (SiO₂ entre 62% e 71%) com razão K₂O/Na₂O entre 0,5 e 1,4 (Tabela 4.2). Trata-se de metagranodioritos a metatonalitos metaluminosos, com tendência

cálcio-alcálica de médio a alto potássio, conforme diagramas discriminantes (Figura 4.5).

O padrão dos elementos menores é bem ordenado com destaque para as anomalias negativas de Ba, Nb, Sr, P e Ti, semelhante ao padrão representativo das rochas da subunidade Granitoide Santa Quitéria (item 4.2.1). O mesmo ocorre para os ETR, que apresenta um padrão de fracionamento moderado entre os leves e pesados com $(La/Yb)_N$ entre 10 e 30, além de anomalia negativa de Eu (Figura 4.6C e D). No diagrama La vs. Ce, apesar de poucas amostras analisadas, é sugestivo dois trends evolutivos (Figura 4.7A), no entanto, não há um alinhamento no diagrama La/Ce vs. La, sugerindo que a cristalização fracionada não foi o único processo que atuou na evolução destas rochas (Figura 4.7B).

Nos diagramas de classificação de ambiente geotectônico (Pearce et al. 1984) os metatexitos também plotam nos campos de arco vulcânico e/ou sin-colisional (diagrama Nb vs. Y) e no campo pós-colisional (diagrama Rb vs. Y+Nb) (Figura 4.7C e D).

4.2.3 - Metadiorito Serrote do Bolo (NP3δtsms)

Os metadioritos são de composição intermediária, onde o teor de SiO₂ varia de 52 a 60% e não potássicos com razão K₂O/Na₂O inferior a 1. O valor de mg# varia de 26 e 55, caracterizando magmas diferenciados (Tabela 4.3). No diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971) há amostras plotadas no campo da série cálcio-alcálica e no campo da série toleítica, os da primeira série estão distribuídos nos campos de médio potássio e alto potássio, conforme o diagrama de K₂O vs. SiO₂ de Paccerrillo e Taylor (1976). Quanto ao teor de alumina-saturação, são rochas metaluminosas (Figura 4.5).

Os metadioritos apresentam um padrão caótico para os elementos menores, mas todas as amostras apontam anomalia negativa em Nb e fracamente negativa em Ti. O padrão de fracionamento entre os ETR leves e ETR pesados é fraco, com $(La/Yb)_N$ em torno de 10; considerando o Eu as amostras apresenta uma anomalia fracamente negativa com razão Eu/Eu* próximo ou igual a 1 (um)

(Figura 4.6E e F). No diagrama La vs. Ce há um trend bem marcado, porém estas rochas não estão alinhadas no diagrama La/Ce vs. La (Figura 4.7A e B).

Utilizando os diagramas de Pearce et al. (1984) para a classificação do ambiente geotectônico, se observa que estas rochas estão nos campos de arco vulcânico e/ou sin-colisional (diagrama Nb vs. Y) e no campo pós-colisional (diagrama Rb vs. Y+Nb) (Figura 4.7C e D).

4.3 - SUÍTE MÁFICA A INTERMEDIÁRIA PEDRA AGUDA

Foram analisadas 13 amostras de rocha representativas desta unidade, sendo 8 do gabro (NP3δpa) e 5 amostras de um granitoide leucocrático (NP3γpa) (Figura 4.1).

4.3.1 - Gabro Pedra Aguda (NP3δ2pag)

São rochas de composição intermediária com teor de SiO₂ de 53% a 60% e pouco diferenciadas com valores de mg# entre 61 e 69. Os teores aproximados dos principais óxidos básicos são: MgO = 10%, Fe₂O₃ = 7% e CaO = 6% (Tabela 4.3).

No diagrama R1-R2 (De la Roche et al., 1980) as amostras são classificadas como gabro-diorito, sendo que a amostra de um enclave (TP-372B) tem composição de gabro (Figura 4.8A). São rochas metaluminosas e de natureza cálcio-alcálica de médio potássio, com exceção do referido enclave que é de alto potássio, conforme demonstrado nos diagramas de Shand (1943), Irvine e Baragar (1971) e de Paccerrillo e Taylor (1976), respectivamente (Figura 4.8B, C e D). Nos diagramas de Harker (não mostrados) as amostras formam um alinhamento sugerindo um trend evolutivo.

As principais características, considerando os elementos menores, são anomalias negativas em Ba e Sr, anomalias positivas em Th e U e fracamente positivas em P, Zr e Ti (Figura 4.9A). O padrão de fracionamento entre os ETR leves e ETR pesados é fraco, sendo representado pela razão $(La/Yb)_N$ cujos valores calculados variam de 11 a 24. Observa-se ainda a ausência de anomalias no elemento Eu (Figura 4.9B).

A classificação geotectônica foi realizada com base nos diagramas de Pearce et al. (1984).

Rocha Amostra	Subunidade Granitoide Santa Quitéria																	Granito Equigranular Róseo			Granada Ortognasse Cinza		
	TP-74	TP-84A	TP-129	TP-140A	TP-267	TP-278	SZ-01	SZ-03A	SZ-91	SZ-102	SZ-108	SZ-298	SZ-329	SZ-331	TP-94	SZ-07	TP-108	TP-111	TP-361	SZ-09			
SiO ₂ (%)	76,2	73,35	68,36	68,59	71,12	64,25	67,43	67,8	71,13	66,53	72,82	69,42	73,16	72,53	70,38	73,93	66,62	62,14	64,03	61,7			
TiO ₂	0,29	0,48	0,58	0,39	0,37	0,62	0,61	0,49	0,38	0,77	0,38	0,81	0,41	0,39	0,47	0,25	0,8	0,95	0,84	0,8			
Al ₂ O ₃	13,9	15,52	16,34	16,17	13,79	14,43	15,98	14,17	13,23	14,44	13,94	16,84	15,5	15,46	15,61	11,9	16,87	18,05	17,95	17,72			
Fe ₂ O ₃ t	2,07	2,54	2,58	2,54	2,83	3,78	3,93	3,69	3,17	3,44	3,05	4,37	3,34	3,56	2,73	2,04	5,56	6,44	5,62	5,57			
MnO	0,05	0,03	0,03	0,04	0,06	0,06	0,07	0,08	0,05	0,04	0,08	0,05	0,09	0,07	0,05	0,04	0,09	0,14	0,12	0,12			
MgO	0,51	0,44	0,71	0,88	0,71	1,52	1,07	0,8	0,45	0,83	0,88	1,16	0,9	1	0,81	0,36	1,56	1,96	1,71	1,73			
CaO	1,44	1,72	2,06	1,71	1,86	2,53	2,52	1,73	1,64	2	1,75	2,35	2,56	2,4	1,7	0,85	3,09	4,07	4,17	3,87			
Na ₂ O	3,57	2,45	4,26	3,47	4,02	3,77	4,07	2,87	2,74	2,93	3,66	3,71	3,99	4,08	4,48	3,02	4,41	4,27	4,27	3,97			
K ₂ O	4,2	6,95	5,13	6,2	3,24	3,6	3,34	5,24	4,89	5,49	4,37	5,34	3,11	3,26	3,77	3,81	2,25	2,24	2,16	2,28			
P ₂ O ₅	0,05	0,08	0,15	0,13	0,11	0,2	0,21	0,13	0,1	0,26	0,11	0,34	0,12	0,17	0,12	0,05	0,34	0,36	0,27	0,29			
Cr ₂ O ₃	<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	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			
Total	102,74	104,05	100,53	100,79	98,47	95,34	99,45	97,12	97,96	97,12	101,19	104,81	103,49	103,08	100,68	96,39	102,19	101,23	101,79	98,52			
LOI	0,47	0,47	0,34	0,65	0,36	0,58	0,23	0,12	0,17	0,38	0,15	0,42	0,34	0,16	0,57	0,15	0,58	0,59	0,65	0,46			
Ni (ppm)	3	1,4	3,8	7,9	5,6	17	4,6	8,4	4,6	2,8	7,1	3,5	5,4	6,2	5	3	9,1	13	11,2	11,2			
Co	2,4	1,8	3,9	3,7	4	9,9	6,1	5,3	3,5	4,2	5	6	4,5	5	5,1	1,5	8	10,5	9,4	9			
Cu	2,6	4,6	3,7	5,3	11,9	18,1	14	8	7,6	14,2	46,2	8,6	11,1	15,7	9,4	7,1	34,4	18,8	6,1	14,8			
Pb	2,5	4,3	9,3	5,7	1,6	3,1	2,9	2,6	2,5	7,6	62,3	2,8	1,7	2	3,7	4	1,8	1,3	1,3	2			
Zn	46	42	58	57	44	54	60	41	34	91	796	68	44	44	42	28	82	93	80	74			
Rb	183	413	242	397	150	113	136	243	153	213	303	246	132	136	141	88,6	106	121	98,1	96,5			
Cs	1,95	9,47	3,93	8,15	1,64	0,95	4,01	4,4	1,71	4,44	6,8	4,55	2,69	5,36	4,95	1,51	4,07	3,56	3,54	2,76			
Ba	745	228	1686	692	783	1765	1560	769	923	1706	427	1359	930	1104	1514	4233	897	889	980	940			
Sr	255	258	1155	298	301	1022	285	136	116	848	211	778	248	251	685	157	352	419	440	379			
Ga	17,9	19,2	22,2	25,8	16,6	16,4	17,3	17,6	16,7	21,6	17	23,7	15,3	17,8	20,6	11,5	19,2	19,3	19,3	20,2			
Ta	0,71	3	1,14	0,86	0,76	0,51	0,63	0,77	0,5	1,22	1,93	0,63	1,01	0,95	0,39	0,49	0,83	0,66	0,62	0,79			
Nb	9,35	28,31	12,74	12,34	16,93	6,32	9,34	15,17	9,28	20,07	18,38	18,68	7,42	18,97	6,22	5,24	11,97	9,9	12,66	10,3			
Hf	4,34	11,75	5,59	5,32	4,17	3,32	8,6	6,4	8,1	9,78	5,76	7,53	5,44	5,9	5,84	5,22	7,55	7,57	8,25	8,62			
Zr	128	425	217	194	161	140	352	213	266	355	171	278	191	194	256	152	290	317	359	312			
Y	17,93	6,09	4,99	11,09	13,03	8,42	13,43	19,53	20,27	7,56	17,01	8,76	31,73	18,28	6,02	77	20,32	13,6	20,84	20,68			
Th	11,5	74,4	14,6	38	9,6	4,8	2,1	8,2	16,1	36,4	30,3	18,6	7,8	6,8	8,1	10,4	5,9	6	11,7	4,5			
U	1,78	11,97	4,11	3,39	1,05	0,55	0,79	1,19	1,33	3,27	8,97	1,27	1,35	1	1,55	0,91	1,03	0,82	1,03	0,63			
La	36,1	123,2	52	74,5	33,2	42,3	7,1	36,5	56,3	123	42,3	82,2	40,5	31,2	62,1	33	35,7	35,2	66,7	19,6			
Ce	75,2	252,7	99,9	148,4	68,6	79,9	28,2	90,6	135,8	226,6	76,7	150,3	66	58,5	85,7	87,7	66,3	71,8	134,9	47,6			
Pr	9,27	30,05	12,19	17,26	7,95	9,87	3,75	11,92	16,69	25,89	8,55	18,36	8,89	7,73	12,95	11,37	8,72	9,09	17,26	6,2			
Nd	33,7	98,4	43,2	58,1	28,5	35,8	14,7	44,5	63,3	87,2	29,4	64,3	33,4	29,6	40,1	44	32,2	35,4	64,4	24,5			
Sm	6,6	15,3	7	10,2	5,1	6,3	2,9	8,5	10,5	12,8	5,1	9,8	7,1	6,3	6,3	11	7,7	6,1	11,8	5			
Eu	0,73	2,28	1,28	1,61	0,83	1,31	0,74	1,03	1,18	1,73	0,53	1,71	1,73	1,14	1,46	1,75	1,88	2,05	2,79	1,28			
Gd	5,42	8,35	4,5	6,8	4,69	4,26	3,04	6,54	8,67	7,26	4,37	6,85	7,58	5,83	3,81	13,55	7,25	6,32	10,45	5,07			
Tb	1	0,99	0,76	1,08	0,63	0,81	0,29	0,79	0,78	0,64	0,72	0,65	1,31	1,06	0,64	2,09	1,31	0,91	1,46	0,42			
Dy	4,43	2,7	1,67	3,5	3,18	2,43	3,71	5,6	5,09	2,56	3,87	2,99	7,09	5,32	1,72	14,72	5,44	3,97	6,3	4,5			
Ho	0,92	0,54	0,43	0,76	0,66	0,64	0,53	0,71	0,9	0,43	0,74	0,44	1,62	0,98	0,48	3,3	1,2	0,85	1,26	0,73			
Er	2,25	0,67	0,63	1,48	1,69	1,19	1,6	2,22	2,67	0,83	2,11	1,03	4,63	2,48	0,91	10,37	2,93	2,17	2,76	2,1			
Tm	0,52	0,31	0,27	0,38	0,21	0,39	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	0,3	0,11	0,73	0,34	0,28	1,11	0,57	0,36	0,56	0,13			
Yb	2,4	0,5	0,5	1	1,6	1,2	1,4	1,4	2,4	0,8	2,3	0,8	4	1,7	0,9	8,6	2,2	2	2	1,8			
Lu	0,32	0,52	0,47	0,49	0,09	0,51	0,73	1,12	0,79	1,07	<0,05	1,26	1,44	0,38	0,42	2,01	0,55	0,33	0,52	1,96			
K ₂ O/Na ₂ O	1,18	2,84	1,20	1,79	0,81	0,95	0,82	1,83	1,78	1,87	1,19	1,44	0,78	0,80	0,84	1,26	0,51	0,52	0,51	0,57			
Eu/Eu*	0,37	0,62	0,70	0,59	0,52	0,77	0,76	0,42	0,38	0,55	0,34	0,64	0,72	0,07	0,91	0,44	0,77	1,01	0,77	0,78			
(La/Yb)	10,14	166,12	70,12	50,23	13,99	23,77	3,42	17,58	15,82	103,66	12,40	69,27	6,83	12,37	46,52	2,59	10,94	11,87	22,48	7,34			

Tabela 4.2 - Análise litogeoquímica para elementos maiores e menores de amostras de rocha do Complexo Tamboril-Santa Quitéria.

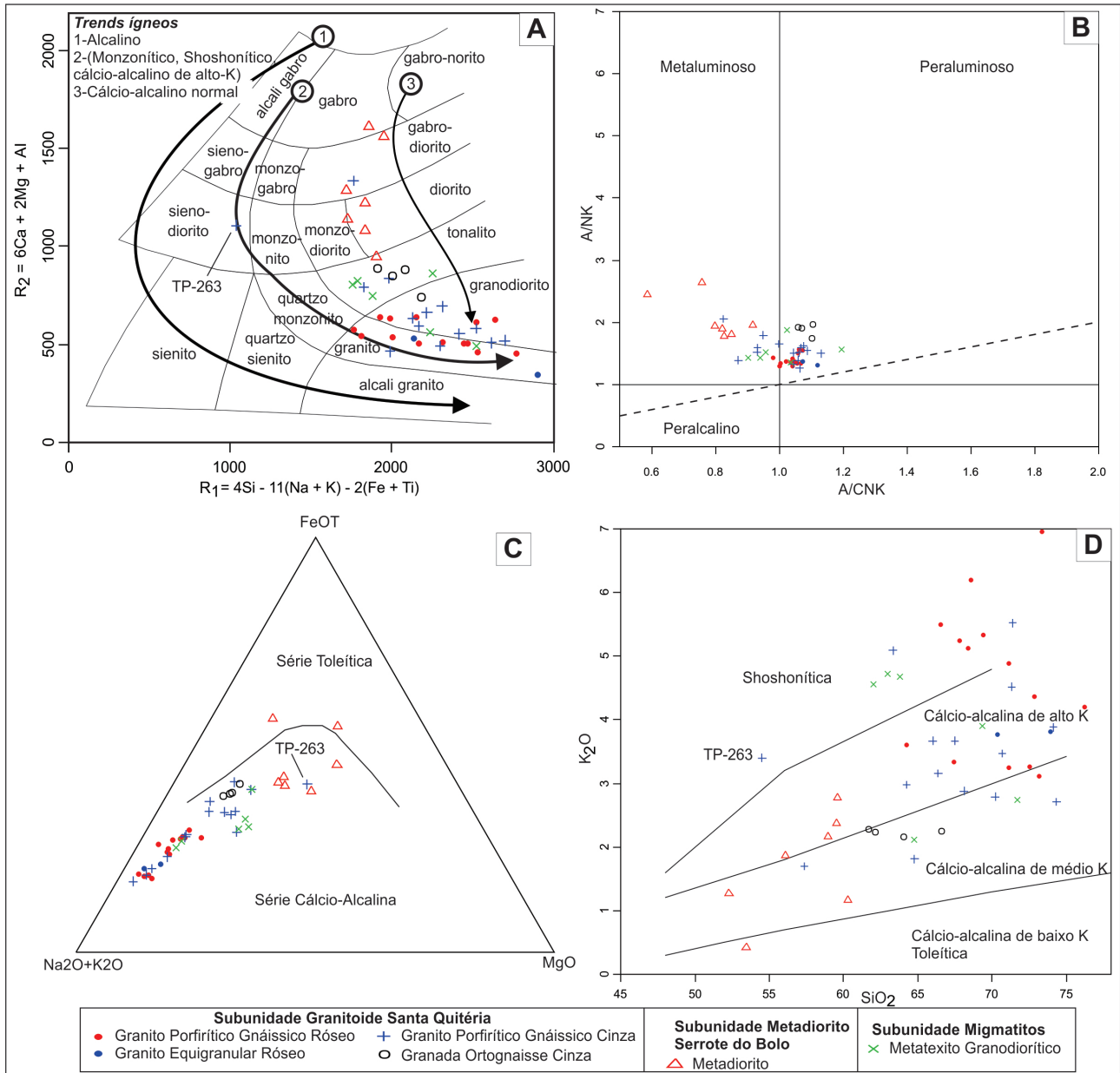


Figura 4.5 – Diagramas discriminantes para os litotipos do Complexo Tamboril-Santa Quitéria. (A) Diagrama de classificação de rocha R1-R2 (De la Roche, 1980) com trends evolutivos. (B) Diagrama A/NK vs. A/CNK ($Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ vs. $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ (mol. %) de Shand (1943). (C) Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971). (D) K_2O vs. SiO_2 para classificação das séries cálcio-alcálicas de alto potássio, médio potássio e baixo potássio (Peccerillo e Taylor, 1976).

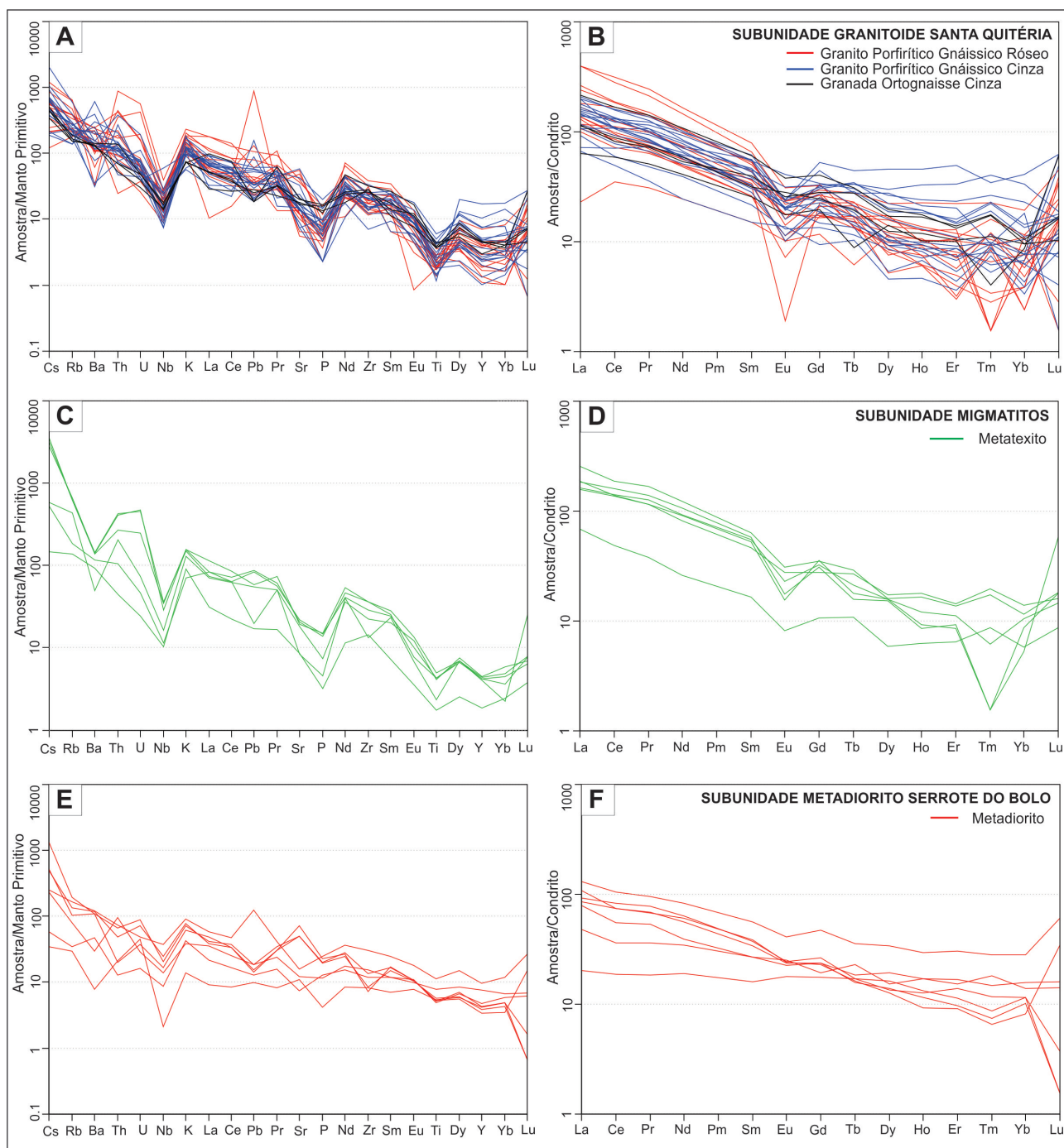


Figura 4.6 – Diagrama multielementar normalizado pelo manto primitivo (Sun & McDonough, 1989): (A) Rochas da subunidade Granitoide Santa Quitéria, (C) Rochas da subunidade Migmatitos e (E) Rochas da subunidade Metadiorito Serrote do Bolo. Diagrama para os Elementos Terras Raras normalizados pelo condrito (Boynton, 1984): (B) Rochas da subunidade Granitoide Santa Quitéria, (D) Rochas da subunidade Migmatitos e (F) Rochas da subunidade Metadiorito Serrote do Bolo.

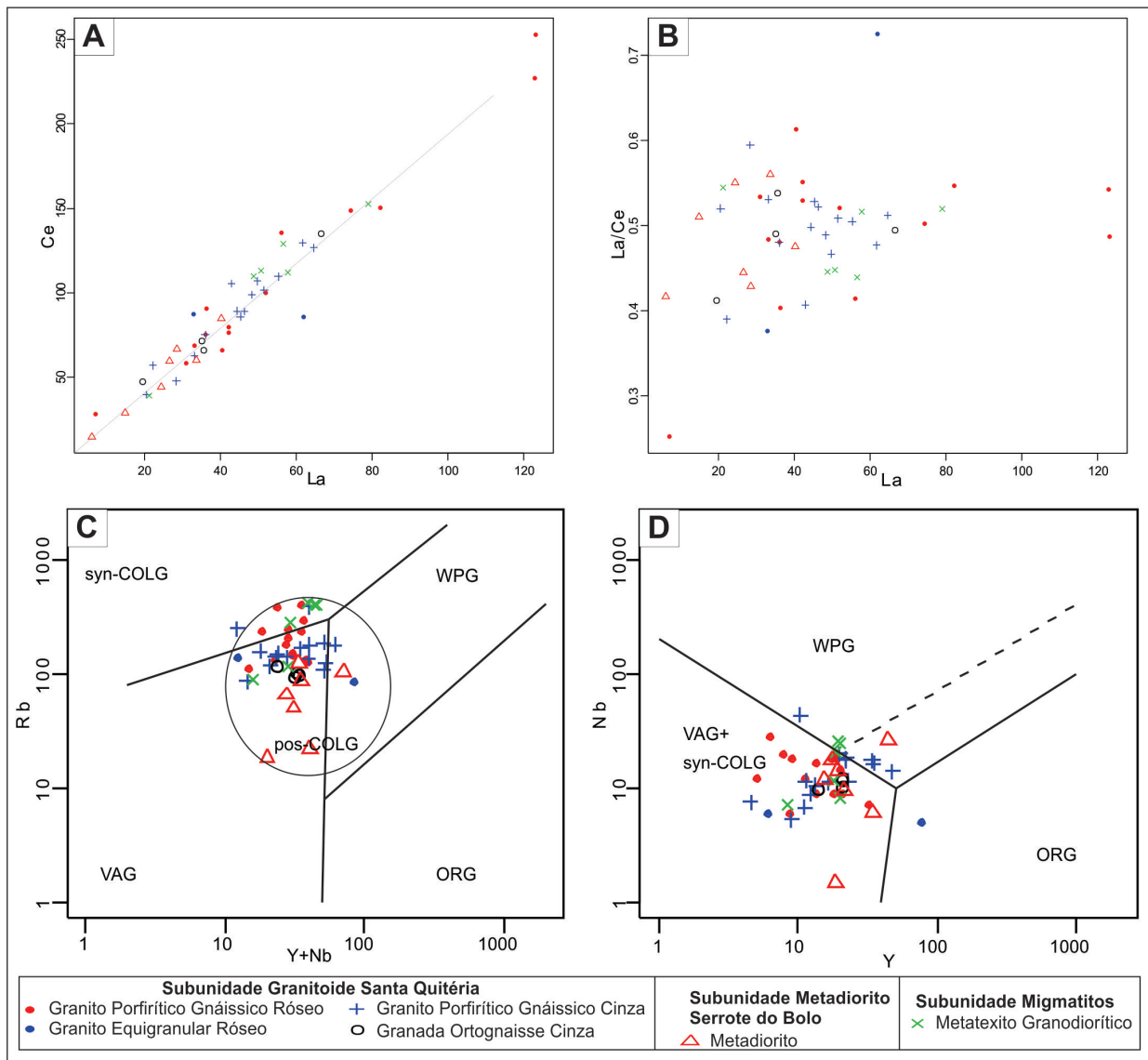


Figura 4.7 – Diagramas com elementos incompatíveis para visualização de processos magmáticos: (A) Diagrama La vs. Ce, (B) Diagrama La/Ce vs. Ce. (C) (D) Diagramas de classificação tectônica proposto por Pearce et al. (1984). VAG = granito de arco vulcânico, WPG = granito intra-placa, ORG = granito de cadeia meso-oceânica, syn-COLG = granito sin-colisional e post-COLG = granito pós-colisional (campo post-COLG segundo Pearce (1996)).

Desta forma, no diagrama Nb vs. Y as amostras estão dispostas no campo de arco vulcânico e/ou sin-colisional, já no diagrama Rb vs. Y+Nb estas amostras estão plotadas no campo pós-colisional (Figura 4.9C e D).

4.3.2 - Leucogranito Pedra Aguda (NP3y2pag)

Este conjunto de rochas apresenta elevada acidez com teor de SiO₂ de 73% a 80% e não são potássicas, conforme razão K₂O/Na₂O apresentar valores inferior a 1 (um) (Tabela 4.3). São rochas de composição variando de álcali-granito a granito de natureza cálcio-alcalina de médio potássio, segundo demonstrado nos diagramas de classificação de De la Roche et al. (1980) e Peccerillo e Taylor (1976),

respectivamente (Figura 4.8A e D).

No diagrama de identificação do índice de alumina-saturação (Shand, 1943) as amostras estão no campo de rochas metaluminosas, porém próximas ao campo de rochas peralcalinas (Figura 4.8B). Já No diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971) as amostras estão dispostas onde há uma sobreposição entre campos discriminantes de séries cálcio-alcalina e de magmatismo tipo A (Figura 4.8C).

O padrão de distribuição dos elementos menores é marcado por anomalia negativa em Ba e Nb e fortemente negativa em Sr, P e Ti (Figura 4.9A). Este padrão, adicionado a altos teores de Y e Yb, são típicos de granitoide tipo A. O padrão dos elementos terras raras corrobora com esta análise, pois é um típico padrão conhecido como “asa de andorinha” característicos dos granitos

tipo A (Figura 4.9B). O fracionamento entre os ETR leves e ETR pesado é fraco, onde a razão (La/Yb)N varia de 0,2 a 2,5.

Nos diagramas Nb vs. Y e Rb vs. Y+Nb para a classificação de ambiente geotectônico (Pearce et al. 1984), todas as amostras estão no campo de granito intra-placa (Figura 4.9C e D).

4.4 - GRANITOIDE TANQUES (εy4pt)

Correspondem a intrusões pós-colisionais, de textura equigranular, granulação fina a média e de cor cinza, das quais 8 amostras foram analisadas. São rochas ácidas, com teor de SiO₂ variando de 64% a 70% e em geral potássicas, com razão K₂O/Na₂O superior a 1 (um), com exceção da amostra SZ-258 (Tabela 4.4).

Conforme o diagrama R1-R2 (De la Roche et at., 1980) as rochas desta unidade são predominantemente de composição granodiorítica, com uma amostra de granito (SZ-276), uma de tonalito (SZ-274) e uma de quartzo-monzonito (SZ-92B) (Figura 4.12A).

Quanto ao índice de alumina-saturação três amostras são metaluminosas (SZ-274, SZ-92B e TP-264A) e as demais peraluminosas, segundo o diagrama de Shand (1943) (Figura 4.10B). Ademais, são rochas de natureza cálcio-alcálica de alto potássio (Figura 4.10C e D).

A distribuição dos elementos menores é bem homogênea com destaque para anomalias negativas em Nb, P e Ti (Figura 4.11A). Já o padrão de fracionamento entre os ETR leves e ETR pesados é forte, com razão (La/Yb)N variando de 15 a 46 e a razão Eu/Eu* é inferior a 1 (um) evidenciando anomalia negativa para o elemento Eu em todas as amostras. As amostras TP-255B e TP-264 exibem anomalia positiva em Tm e a amostra SZ-92B possui um padrão diferenciado para os ETR pesados em relação as demais (Figura 4.11B).

A classificação do ambiente geotectônico foi realizada com base em Pearce et al. (1984). Desta forma, no diagrama Nb vs. Y as amostras estão no campo de arco vulcânico e/ou sin-colisional, já no diagrama Rb vs. Y+Nb estas amostras estão plotadas no campo pós-colisional (Figura 4.11C e D).

Rocha Amostra	Gabro Pedra Aguda								Leucogranito Pedra Aguda				
	TP-22	TP-38	TP-39	TP-372A	TP-373	TP-374A	SZ-349	TP-372B	TP-374B	TP-374C	TP-374D	TP-374E	TP-374F
SiO ₂ (%)	55,03	54,81	53,81	60,65	55,24	54,62	53,15	53,8	80,53	78,93	78,64	73,89	79,17
TiO ₂	0,83	0,76	0,69	0,58	0,73	0,65	0,76	0,78	0,03	0,07	0,04	0,04	0,04
Al ₂ O ₃	14,96	14,78	13,25	14,55	15,21	13,03	13,31	14,61	12,2	11,6	12,03	15,49	12,16
Fe ₂ O _{3t}	7,98	7,39	7,87	5,98	8,27	7,84	8,67	8,16	0,92	0,9	0,95	0,69	0,95
MnO	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
MgO	8,67	7,68	9,91	5,21	7,98	9,38	10,48	9,61	0,07	0,16	0,04	0,07	0,09
CaO	6,11	5,69	6,38	4,6	6,56	6,51	7,97	7,8	0,52	1	0,7	0,66	1,12
Na ₂ O	3,09	3,14	2,57	3,79	3,28	2,76	2,28	3,32	5,44	4,67	5,89	7,04	5,3
K ₂ O	1,44	1,36	1,02	2,75	1,41	1,22	1,3	1,98	2,59	2,73	1,87	3,21	2,79
P ₂ O ₅	0,28	0,29	0,25	0,24	0,35	0,29	0,48	0,34	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02
Cr ₂ O ₃	0,07	0,05	0,08	0,04	0,05	0,07	0,08	0,07	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Total	98,58	96,19	96,37	99,12	100,11	97,15	99,05	101,53	102,5	100,24	100,29	101,23	101,9
LOI	0,01	0,11	0,39	0,6	0,9	0,64	0,43	0,91	0,13	0,14	0,09	0,11	0,25
Ni (ppm)	109	108	132	97,3	111,1	115,4	113	91	1,7	2	1,8	0,7	1,4
Co	14,4	13,2	12,4	17,8	18,8	16,7	17,2	20,4	0,5	0,7	0,5	0,3	0,5
Cu	30,5	25,1	26,5	13,2	34,1	36,7	39,6	53,2	2,5	9,5	2,1	2,3	3,4
Pb	1,3	1,3	1,8	4,7	1,9	1,4	1,7	2,2	2,4	2,4	1,6	3,9	2,5
Zn	27	30	24	71	38	27	25	47	7	9	5	5	6
Rb	49,2	49,4	30,2	154,1	39,3	43	49,6	76,2	66,8	74,4	43,9	91,3	74,7
Cs	0,87	1,22	0,49	3,46	0,59	3,46	0,84	1,15	0,31	0,72	0,34	1,36	0,65
Ba	1307	1229	1034	468	1205	932	1276	1474	299	121	152	74	97
Sr	1415	1423	1207	740,4	1409	1231,9	1520	1316	125,8	96,8	71,9	95,1	73,2
Ga	17,6	19,2	17,7	23,7	20,7	18	15,9	21,7	33,1	27,7	32,1	46,7	34,9
Ta	0,11	0,3	0,21	0,88	0,23	0,22	0,4	0,25	0,47	1,61	0,97	6,87	1,93
Nb	3,12	8,21	2,53	15,96	5,07	4,97	4,2	5,82	13,92	15,61	15,52	104,16	29,51
Hf	1,84	2,98	1,74	4,82	3,07	1,43	2,69	4,11	3,78	4,68	5,02	9,63	6,45
Zr	74,9	117	67,5	206	134,3	63	113	182,9	67,5	85,2	97,3	131,7	105,1
Y	10,35	11,72	11,51	18,09	11,87	11,28	14,19	22,13	42,06	57,78	43,8	108,54	91,52
Th	2,5	2,1	1,3	35,1	2	1,2	2,4	1,7	4,5	4,8	7,6	23,2	10,8
U	0,58	0,6	0,28	1,13	0,51	0,43	0,52	0,55	1,57	1,44	1,92	6,7	2,41
La	24,2	31,2	24	57,3	26,2	21,7	38,3	29,7	9,7	10,7	1,8	39,6	18
Ce	55,8	61,9	52	94,6	48,2	41,5	86,8	60	22,7	27,8	22,8	86,6	44,8
Pr	7,15	8,2	7,2	11,44	6,31	5,88	12,86	8,97	3,51	4,74	0,76	12,35	6,79
Nd	31	32,2	29,9	41,4	25,2	25	54,6	39,4	14,3	22,4	3,3	47,9	28,7
Sm	5,4	5,5	5,2	6,9	5,1	4,3	9,9	8,1	4,5	9	1,5	14,8	9,7
Eu	1,53	1,77	1,45	1,3	1,43	1,2	2,45	1,15	0,05	0,22	0,05	0,16	0,05
Gd	4,16	5,01	4,39	5,26	3,31	3,2	7,52	6,3	4,88	11,15	3,06	16,74	9,92
Tb	0,5	0,66	0,63	0,61	0,39	0,41	0,85	0,78	0,89	1,87	0,71	2,84	1,83
Dy	2,53	3,05	3,26	3,58	2,35	2,31	4,33	4,38	6,45	12,27	5,73	18,99	13,16
Ho	0,53	0,61	0,61	0,61	0,43	0,44	0,77	0,86	1,38	2,35	1,38	3,92	2,62
Er	1,28	1,52	1,63	1,84	1,15	1	1,85	2,27	4,24	6,04	5,1	11,26	8,58
Tm	0,18	0,3	0,3	0,21	0,12	0,15	0,22	0,27	0,62	0,72	0,67	1,65	1,1
Yb	1,1	1,4	1,4	1,6	1	1	1,6	1,8	4,5	4,3	5	10,5	7,5
Lu	0,2	0,2	0,17	0,21	0,35	0,26	0,61	0,29	0,6	0,52	0,67	1,39	1,01
K ₂ O/Na ₂ O	0,47	0,43	0,40	0,73	0,43	0,44	0,57	0,60	0,48	0,58	0,32	0,46	0,53
Eu/Eu*	0,99	1,03	0,93	0,66	1,06	0,99	0,87	0,49	0,03	0,07	0,07	0,03	0,02
(La/Yb) _N	14,83	15,02	11,56	24,14	17,66	14,63	16,14	11,12	1,45	1,68	0,24	2,54	1,62
Mg#	66,17	65,16	69,39	61,06	63,46	68,29	68,51	67,95					

Tabela 4.3 – Análise litogeoquímica para elementos maiores e menores de amostras de rocha da Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda.

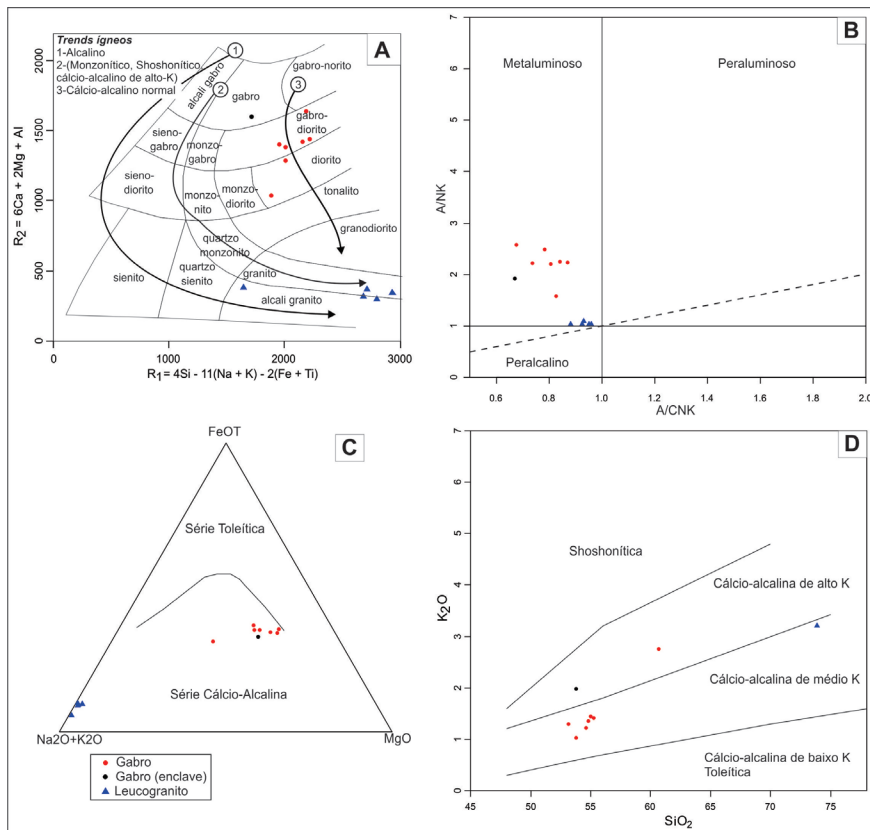


Figura 4.8 – Diagramas discriminantes para os litotipos da Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda. (A) Diagrama de classificação de rocha R1-R2 (De la Roche, 1980) com trends evolutivos. (B) Diagrama A/CNK vs. A/NK ($\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ vs. $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (mol. %)) de Shand (1943). (C) Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971). (D) K_2O vs. SiO_2 para classificação das séries cálcio-alcalinas de alto potássio, médio potássio e baixo potássio (Peccerillo e Taylor, 1976).

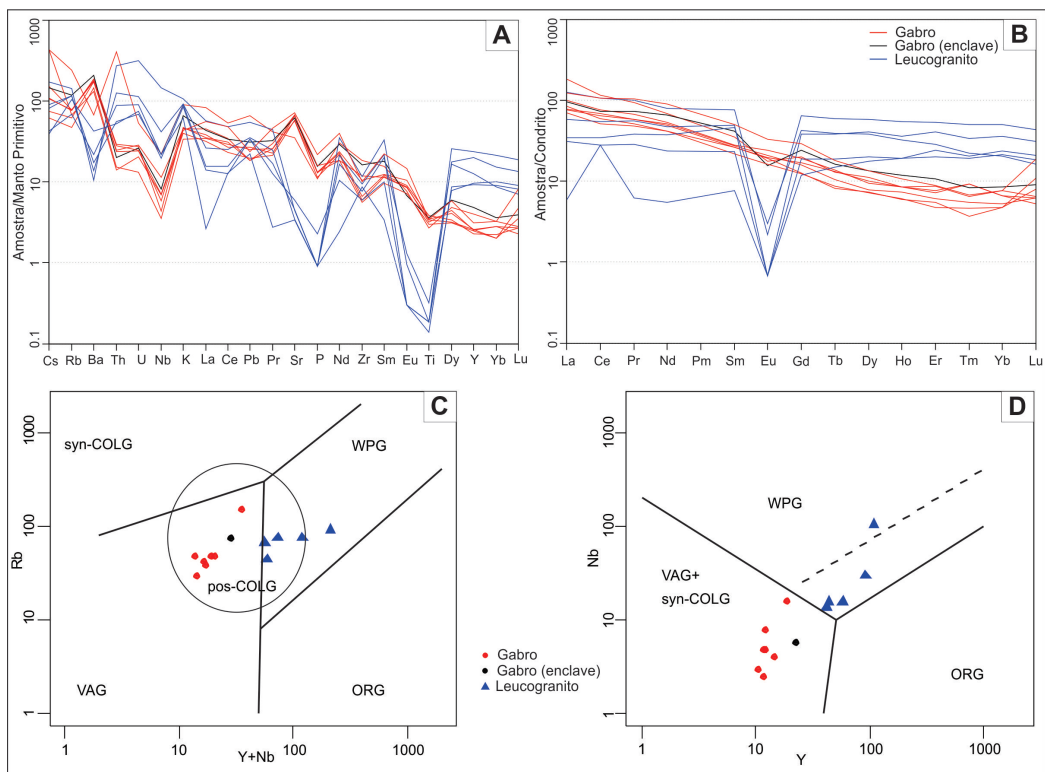
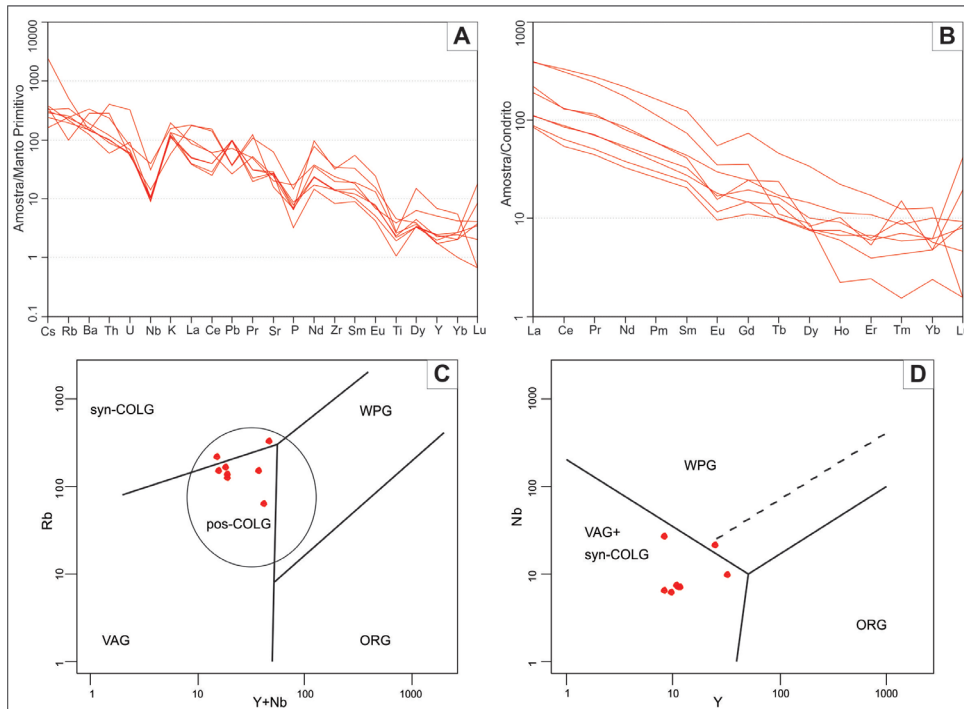
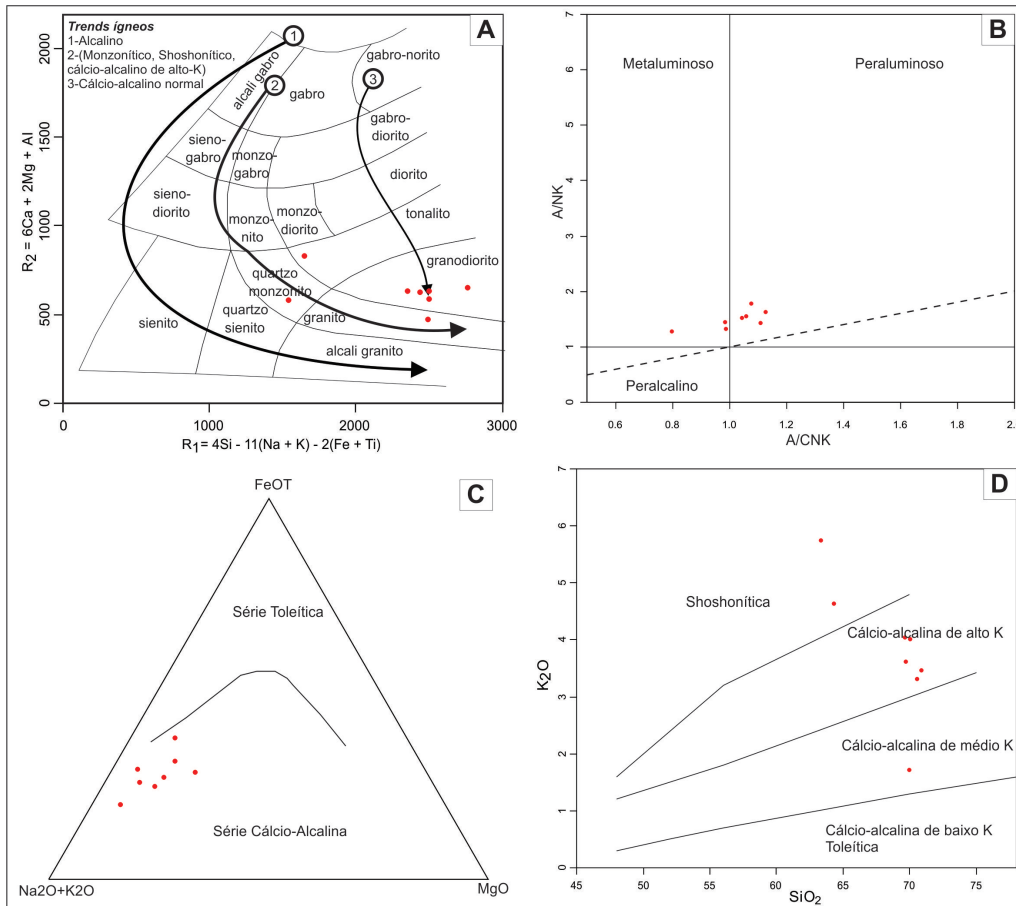


Figura 4.9 – Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda. (A) Diagrama multielementar normalizado pelo manto primitivo (Sun & McDonough, 1989). (B) Diagrama para os Elementos Terras Raras normalizados pelo condrito (Boynton, 1984). (C) (D) Diagramas de classificação tectônica proposto por Pearce et al. (1984). VAG = granito de arco vulcânico, WPG = granito intra-placa, ORG = granito de cadeia meso-oceânica, syn-COLG = granito sin-colisional e post-COLG = granito pós-colisional (campo post-COLG segundo Pearce (1996)).

Rocha Amostra	Granitoide							
	TP-255B	TP-264	TP-279	TP-264A	SZ-92B	SZ-258	SZ-276	SZ-274
SiO₂ (%)	69,79	70,72	69,87	70,21	64,46	70,17	71,07	63,49
TiO₂	0,57	0,51	0,48	0,42	1	0,59	0,23	0,84
Al₂O₃	15,39	14,82	14,77	14,71	15,81	14,54	14,2	14,19
Fe₂O₃t	3,07	4,34	3,57	3,26	4,43	4,4	2,17	5,21
MnO	0,04	0,07	0,06	0,06	0,05	0,09	0,04	0,09
MgO	0,85	1,64	1,5	1,41	0,78	1,08	0,63	3,21
CaO	2,29	2,4	2,41	2,54	2,17	2,89	1,49	3,66
Na₂O	3,11	3,67	3,55	3,62	4,27	3,88	3,84	3,01
K₂O	4,08	3,35	3,66	4,06	4,69	1,74	3,5	5,8
P₂O₅	0,14	0,17	0,15	0,19	0,32	0,15	0,07	0,37
Cr₂O₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Total	99,72	102,15	100,36	100,85	98,61	99,56	97,85	100,33
LOI	0,39	0,44	0,32	0,37	0,63	0,04	0,61	0,46
Ni (ppm)	8	24,5	19,6	18,4	3,6	6,5	7,4	48,8
Co	6	9	8,1	7,8	4,7	5,2	3,5	14,3
Cu	14,1	11,1	9,1	8	15,9	8	2	23,9
Pb	1,9	7,1	6,8	6,8	2,6	2,7	6,8	5,1
Zn	78	69	65	61	84	58	42	51
Rb	218	164	150	125	153	62,3	138	326,7
Cs	2,56	2,33	2,41	1,93	1,29	2,87	3,02	19,26
Ba	1341	1026	1114	1050	2330	2012	868	1013
Sr	516	558	612	576,8	1318	335	561	431,6
Ga	23,7	22,9	21	23,4	23,8	16,6	20,1	20,9
Ta	0,88	0,78	0,42	0,59	1,6	0,96	0,56	1,57
Nb	6,69	7,65	6,45	7,41	28,35	10,08	7,52	22,26
Hf	6,1	4,37	4,1	4,35	10,03	10,71	3,09	7,44
Zr	220	158	154	157,2	386	354	91,6	264,6
Y	7,98	10,31	9,1	10,85	8	31,22	11,05	23,33
Th	10,3	8,6	7,5	8,4	20,2	24,3	5	34,2
U	1,42	1,18	1,3	1,26	1,68	1,11	1,94	6,91
La	69,1	34,2	35,1	27,5	123,6	121	26,6	59,8
Ce	106,1	70,8	69,5	51,6	251,1	268,4	44,2	107,3
Pr	14,2	8,55	8,7	6,23	29,79	34,02	5,49	13,52
Nd	47,7	32,4	31,2	23	105	132,3	19,7	51,3
Sm	8,6	6,4	5,4	4,6	14,5	24,3	4	8
Eu	2,2	1,25	1,32	0,85	2,56	4,06	0,7	1,15
Gd	6,31	5,07	3,78	3,82	9,16	19,14	2,87	6,41
Tb	1,12	0,78	0,66	0,47	0,53	2,18	0,48	0,82
Dy	2,68	3,24	2,43	2,42	2,86	10,93	2,51	4,64
Ho	0,74	0,66	0,54	0,43	0,16	1,59	0,48	0,82
Er	1,13	1,33	1,25	0,83	0,51	3,63	1,4	2,31
Tm	0,49	0,31	0,23	0,14	0,05	0,4	0,19	0,28
Yb	1	1,2	1,3	1	0,5	2,7	1,3	2,1
Lu	0,63	0,15	0,26	0,28	0,05	0,05	1,34	0,3
K₂O/Na₂O	1,31	0,91	1,03	1,12	1,10	0,45	0,91	1,93
Eu/Eu*	0,91	0,67	0,89	0,62	0,68	0,58	0,63	0,49
(La/Yb)	46,59	19,21	18,20	18,54	166,66	30,21	13,80	19,20

Tabela 4.4 – Análise litogeoquímica para elementos maiores e menores de amostras de rocha do Granitoide Tanques.



5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL

As estruturas geológicas identificadas e medidas em campo correspondem principalmente as de natureza dúctil, representadas por foliações tectonometamórficas (xistosidade, bandamento gnáissico e foliação milonítica) e lineações de estiramento mineral. O traçado espacial das foliações é bem destacado em imagens de sensores remotos (imagens de satélite, fotografias aéreas e imagens aeromagnetométricas) corroborando com a interpretação da origem e desenvolvimento destas estruturas.

Com o intuito de facilitar a compreensão dos dados estruturais medidos em campo, a área foi dividida em três domínios estruturais que são coincidentes com as três unidades estratigráficas principais, embora estes domínios não estejam associados a eventos tectônicos distintos. Desta forma tem-se o Domínio 1 que corresponde as rochas paleoproterozoicas do Complexo Canindé do Ceará, o Domínio 2 referente a Unidade Independência do Complexo Ceará e o Domínio 3 que abrange o Complexo Tamboril-Santa Quitéria (Figura 5.1).

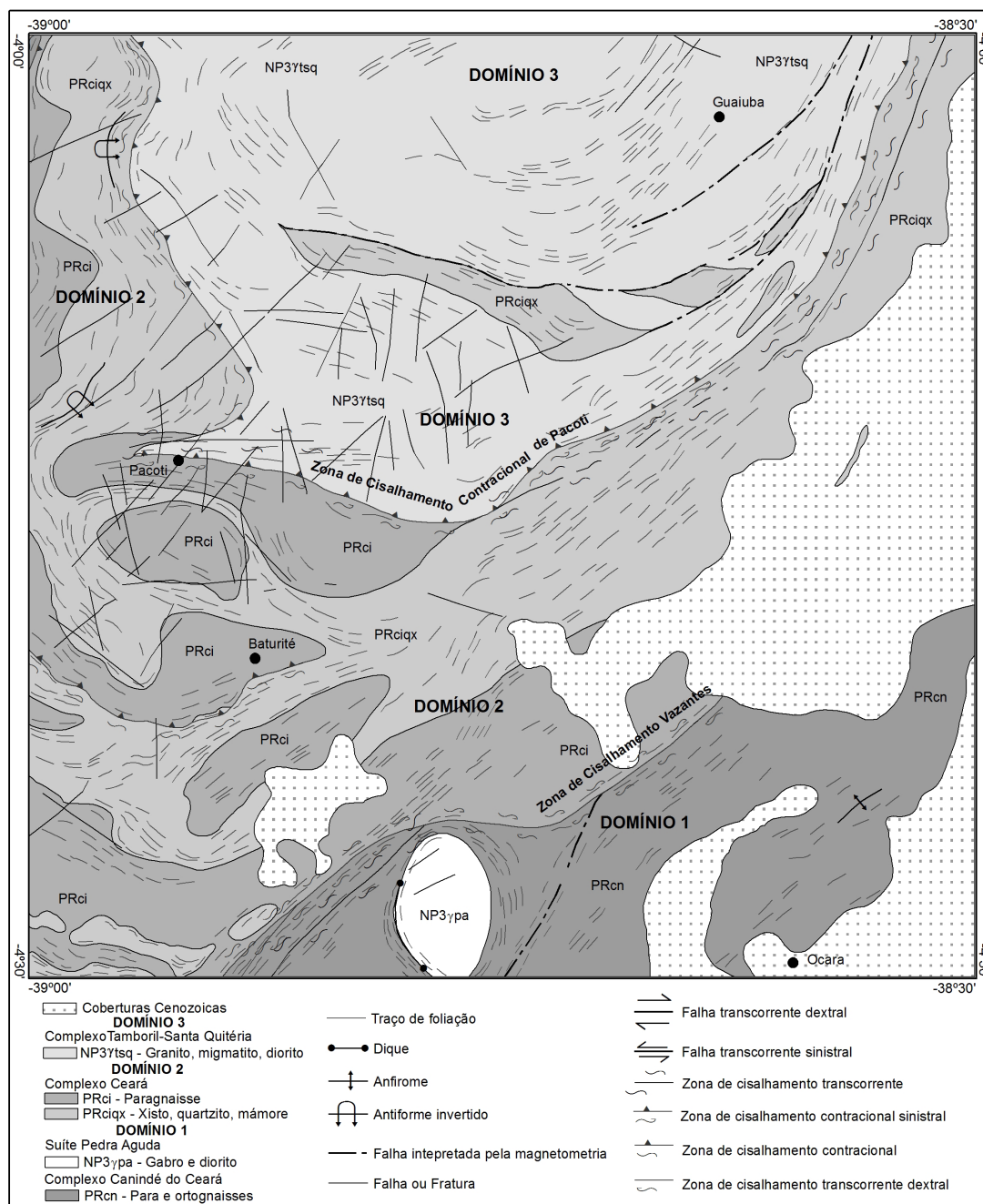


Figura 5.1 – Mapa geológico simplificado da folha Baturité dividido em três domínios estruturais.

5.1 - DOMÍNIO ESTRUTURAL 1

Este domínio está limitado a noroeste pela Zona de Cisalhamento Vazantes e corresponde às rochas paraderivadas e ortoderivadas do Complexo Canindé do Ceará, bem como a Suíte Pedra Aguda.

As foliações tectonometamórficas são predominantemente de baixo ângulo, com planos mergulhando para sentidos opostos e com o máximo das medidas de foliação em torno de N30/30NW e N50/50SE (Figura 5.2A), ou seja, plano paralelas a Zona de Cisalhamento Vazantes. Em alguns afloramentos, principalmente de rochas migmatíticas, observa-se que o plano de foliação tem direção variando de sutilmente discordante a ortogonal, com baixo ângulo de

caimento (N15/15SE, N170/10SW), em relação à orientação preferencial que é NE-SW. Em torno da Suíte Pedra Aguda as foliações têm uma orientação diferente da regional, sendo caracterizado por um encurvamento em torno desta suíte intrusiva.

As lineações de estiramento mineral, obtidas principalmente em cristais de quartzo e biotita estirados, apresentam direção preferencial NW-SE, no entanto podem ser divididas em dois grupos, cuja diferença angular é de 60°. O primeiro grupo de lineações minerais tem a média das medidas de N110/30SE e N110/20NW. O segundo grupo de lineações minerais tem a média das medidas de N165/20SE e N165/15NW (Figura 5.2B).

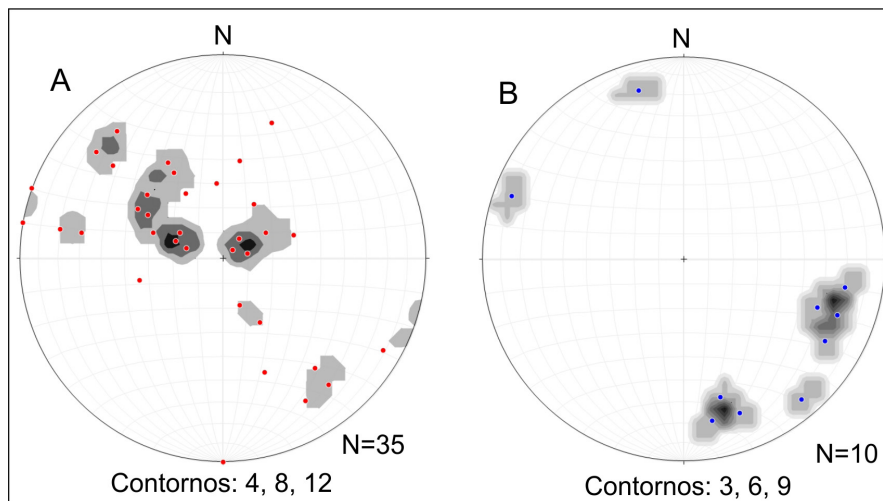


Figura 5.2 – Domínio Estrutural 1. A) Diagrama de contorno para polos de foliação. B) Diagrama de contorno para polos de lineação.

5.2 - DOMÍNIO ESTRUTURAL 2

Este domínio está situado entre a Zona de Cisalhamento Vazantes a sudeste e a Zona de Cisalhamento Contracional de Pacoti a norte/nordeste. Corresponde à área onde afloram as rochas supracrustais do Complexo Ceará (Unidade Independência).

Neste domínio observa-se que as foliações são em geral de baixo ângulo e que sua disposição superficial mostra dois pontos de inflexão. Na porção leste deste domínio as foliações têm direção aproximada NE-SW, com a máxima das medidas em torno de N50/20SE e N50/35NW. Na porção central há a primeira inflexão, cuja direção da foliação se torna E-W, com média das medidas em torno de N90/20N e N90/20S. Já no extremo noroeste deste domínio estrutural as foliações

tem direção aproximada N-S, com média das medidas de N170/25ENE, indicando a segunda inflexão registrada em campo e corroborada por imagens de sensores remotos (Figura 5.3A).

As lineações de estiramento mineral estão orientadas em quatro direções diferentes. Desta forma há lineações com trend E-W, com média das medidas em torno de N90/15E, obtidas no extremo noroeste deste domínio e associadas com as foliações de direção N-S. Há lineações de trend N-S, com média das medidas de N175/10SSE, associada com as foliações E-W obtidas principalmente na porção central deste domínio. Já na porção leste e associada com as foliações de direção NE-SW, predominam lineações com trend paralelo a direção das foliações, cuja média das medidas é de N215/10SE. Há ainda lineações com trend NW-SE, com medida média de N140/15SE (Figura 5.3B).

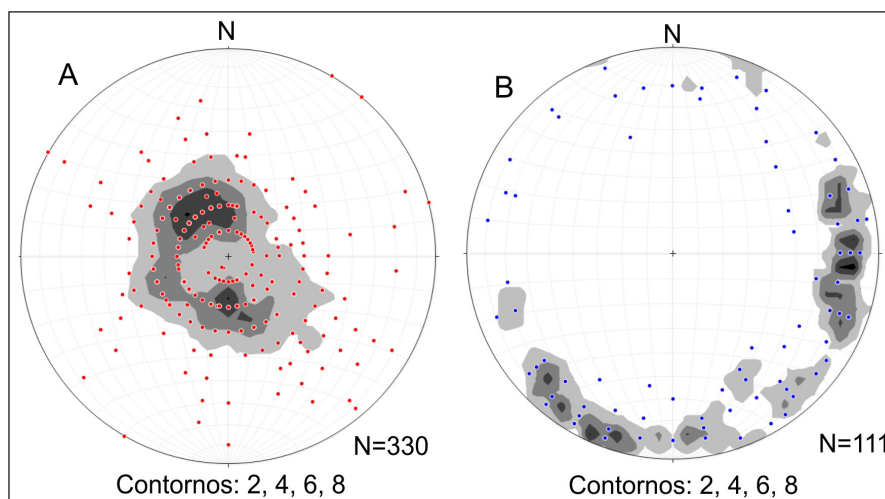


Figura 5.3 – Domínio Estrutural 2. A) Diagrama de contorno para polos de foliação. B) Diagrama de contorno para polos de lineação.

5.3 - DOMÍNIO ESTRUTURAL 3

O domínio estrutural 3 está localizado a norte da Zona de Cisalhamento Contracional de Pacoti e corresponde ao domínio geológico formado por rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria. Tem padrão estrutural (foliação e lineação) similar ao do domínio estrutural 2, no entanto com predomínio de foliação com direção NE-SW.

As foliações tectonometamórficas podem ser divididas em três grupos principais. Desta forma, há foliações com direção NE-SW, cuja média das medidas é de N30/40NW e N30/40SE, seguido das foliações de direção N-S com média das medidas de N10/35E e N10/35W. De modo subordinado há foliações de

direção aproximada E-W, cuja média das medidas é de N110/15ENE. Conforme ocorre no Domínio 2, as direções NE-SW predominam na porção leste, as direções N-S predominam da porção central e as direções E-W ocorrem na porção oeste, materializando duas inflexões nos planos de foliação (Figura 5.4A).

As lineações de estiramento mineral estão orientadas em duas direções preferenciais. Predominam as lineações com trend E-W, com medidas variando de N80/5ENE a N110/10ESE, associadas às foliações medidas nas porções centro e oeste deste domínio estrutural. Subordinadamente e medidas na porção leste deste domínio há lineações com trend NE-SW, com média das medidas de N20/15NNE (Figura 5.4B).

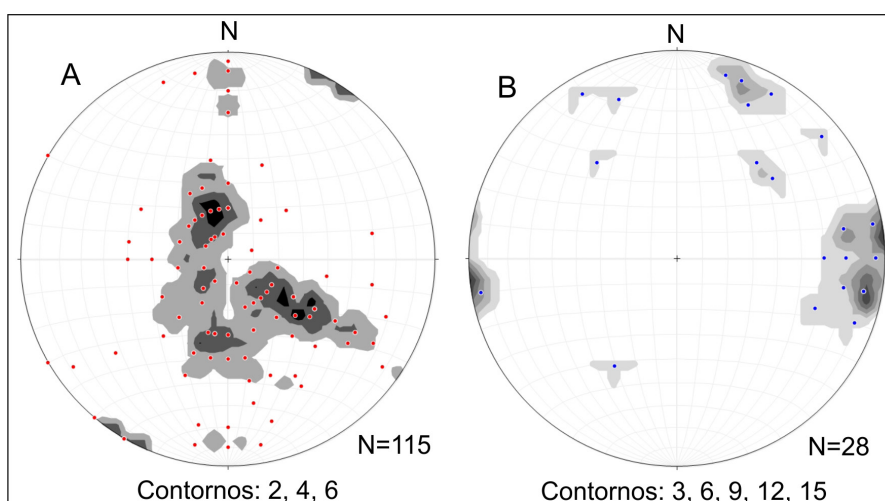


Figura 5.4 – Domínio Estrutural 3. A) Diagrama de contorno para polos de foliação. B) Diagrama de contorno para polos de lineação.

5.4 - EVOLUÇÃO TECTÔNICA

Por meio da análise dos elementos estruturais pertinentes à folha Baturité,

considerando principalmente os dados adquiridos em atividades de campo e informações oriundas de sensores remotos (imagens do Landsat ETM7, fotografias

aéreas e dados aeromagnetométricos) foi possível determinar pelo menos duas fases de deformação que atuaram nos litotipos cartografados. Desta forma, há o registro de uma tectônica tangencial (D_n) que gerou as foliações tectonometamórficas de baixo a médio ângulo (S_n), seguido de uma tectônica também tangencial contemporânea a uma transcorrente (D_{n+1}) que foi responsável pela inflexão e verticalização de S_n , com desenvolvimento de uma foliação S_{n+1} e de zonas de cisalhamento transcorrente (S_{n+2}), respectivamente.

Propomos para a evolução tectônica da área que houve inicialmente uma tectônica de compressão (D_n) com os esforços máximos (σ_1) de direção aproximada NW-SE, responsável pelo desenvolvimento das foliações tectonometamórficas de baixo a médio ângulo (S_n) com direção preferencial NE-SW e lineações de estiramento mineral com trend aproximado NW-SE. Dobras abertas do tipo antiformal e sinformal também foram desenvolvidas neste regime tectônico, conforme observado em escala de afloramento (Figura 5.5A), porém de difícil representação na escala do mapa.

Com o incremento da deformação (D_n), houve um escape lateral de direção aproximada NNE-SSW, corroborado pelos planos de foliação (S_n). Neste novo regime (D_{n+1}) a compressão máxima passa a ter direção NE-SW (novo σ_1). Como resultado desta compressão as rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria foram comprimidas no sentido de NE para SW e de E para W, resultando num cavalgamento (porção sul e oeste) e cisalhamento compressional sinistral (porção leste) com as rochas da Unidade Independência, representado por foliações S_{n+1} , que são resultantes da inflexão das foliações S_n . Para esta estrutura, que marca o contato entre duas unidades litológicas, foi dado o nome de Zona de Cisalhamento Compressional de Pacoti.

Na porção noroeste da folha, a oeste de Pacoti, a disposição das foliações tectonometamórficas (S_{n+1}) e das lineações de estiramento mineral, associada a análise da cinemática e com as cotas das lentes de quartzito e de mármore, corroboram na caracterização de dobras de escala regional, caracterizadas por anticlinais invertidos onde, regionalmente, apresentam vergência em geral para W e

caimento do plano axial aproximadamente para E. Neste domínio a direção da foliação é em geral N-S com caimento de baixo ângulo para E, sendo as lineações minerais em geral down-dip; dobras intrafoliais indicam compressão com transporte tectônico para W (Figura 5.5C) e lentes de quartzito e de mármore são cartografados em cotas com desnível de até 500 m, sugerindo serem camadas que foram dobradas em isoclinais recumbentes, resultando em espessamento crustal. Estas feições e estruturas são resultantes do cavalgamento do Complexo Tamboril-Santa Quitéria em D_{n+1} . No entanto, também há dobras intrafoliais sugerindo movimento extensional para o sentido oposto, provavelmente associado ao relaxamento dos esforços tectônicos seguido de reajuste da trama estrutural (Figura 5.5C).

No extremo sudoeste da folha, mais especificamente no afloramento TP-173 (localidade Vazantes), há um indicador cinemático representado por dobras assimétricas em Z (Figura 5.5B) e no afloramento TP-181 (localidade Cajueiro de Cima) há porfiroblastos assimétricos de feldspato potássico que, associado com lineação mineral N20/10NE, indicam transporte tectônico compressional para sul-sudoeste.

A tectônica transcorrente (também associada a D_{n+1}) registrada na área é representada principalmente por uma zona de cisalhamento de direção NE-SW que afetou os metatexitos da Unidade Canindé do Ceará e se estende a nordeste sob a cobertura sedimentar do Grupo Barreiras, sendo que sua disposição é perfeitamente visualizada no mapa aeromagnetométrico (Figura 5.1 e Figura 6.3).

A melhor exposição desta estrutura encontra-se próximo ao distrito Vazantes, portanto foi convenientemente denominada de Zona de Cisalhamento Vazantes (Figura 5.1). O contexto litológico afetado por esta deformação apresenta uma trama milonítica, com geração de ribbons de quartzito, feldspatos com sombra de recristalização e leucossoma/foliação transpostos com geração de dobras intrafoliais assimétricas, além de boudinagem registrada em lentes de anfibolito (Figura 5.5A e B). O caimento da foliação milonítica é de alto ângulo e em sentidos opostos, com medidas máximas: N30/75NW e N45/70SE, sendo as lineações

minerais do tipo strike slip. A cinemática identificada a partir da transposição da foliação é dextral, concordante com as grandes transcorrências de direção NE-SW identificadas no estado do Ceará, como por exemplo, a Zona de Cisalhamento Senador Pompeu que é paralela e está a aproximadamente 35 km a leste da Zona de Cisalhamento Vazantes. Neste segmento do mapa as foliações S_n , desenvolvidas em D_n , são paralelas a S_{n+2} . Portanto, devem ter corroborado no desenvolvimento da transcorrência.

Próximo ao contato da Unidade Independência com o Complexo Tamboril-Santa Quitéria (porção leste da área) foi cartografada outra zona de cisalhamento de direção NE-SW, corroborada por dados aeromagnetométricos, que afeta litotipos

diversos, como metapelitos e rochas cálcio-silicáticas. Esta estrutura causou boudinagem de leucossoma e a relação entre plano S-C indicam cinemática sinistral (Figura 5.6), concordante com a Zona de Cisalhamento Contracional Sinistral que marca o canto entre o Complexo Tamboril-Santa Quitéria e a Unidade Independência.

As estruturas identificadas na folha Baturité estão associadas à colagem Brasiliana-Pan Africana, inclusive em unidades litológicas Paleoproterozoica. Porém uma fase deformacional pretérita (D_{n-1}) à orogênese Brasiliana pode ainda estar discretamente impressa nas unidades litológicas mais antigas, contudo são de difícil identificação ou foram totalmente obliteradas pela deformação D_n e D_{n+1} e/ou migmatização.



Figura 5.5 – (A) Mármore dobrado em uma sinforme aberta (TP-55: 528018, 9526857). (B) Foliação transposta em dobras assimétricas em Z indicando transporte tectônico compressional para sul-sudoeste (TP-173: 503585, 9507064). (C) Paragneisse associado com mármore e com *sheet* granítico aflorante no Domínio Noroeste, com destaque para dobra assimétrica em Z indicando vergência para oeste (TP-343: 504064, 9557331).

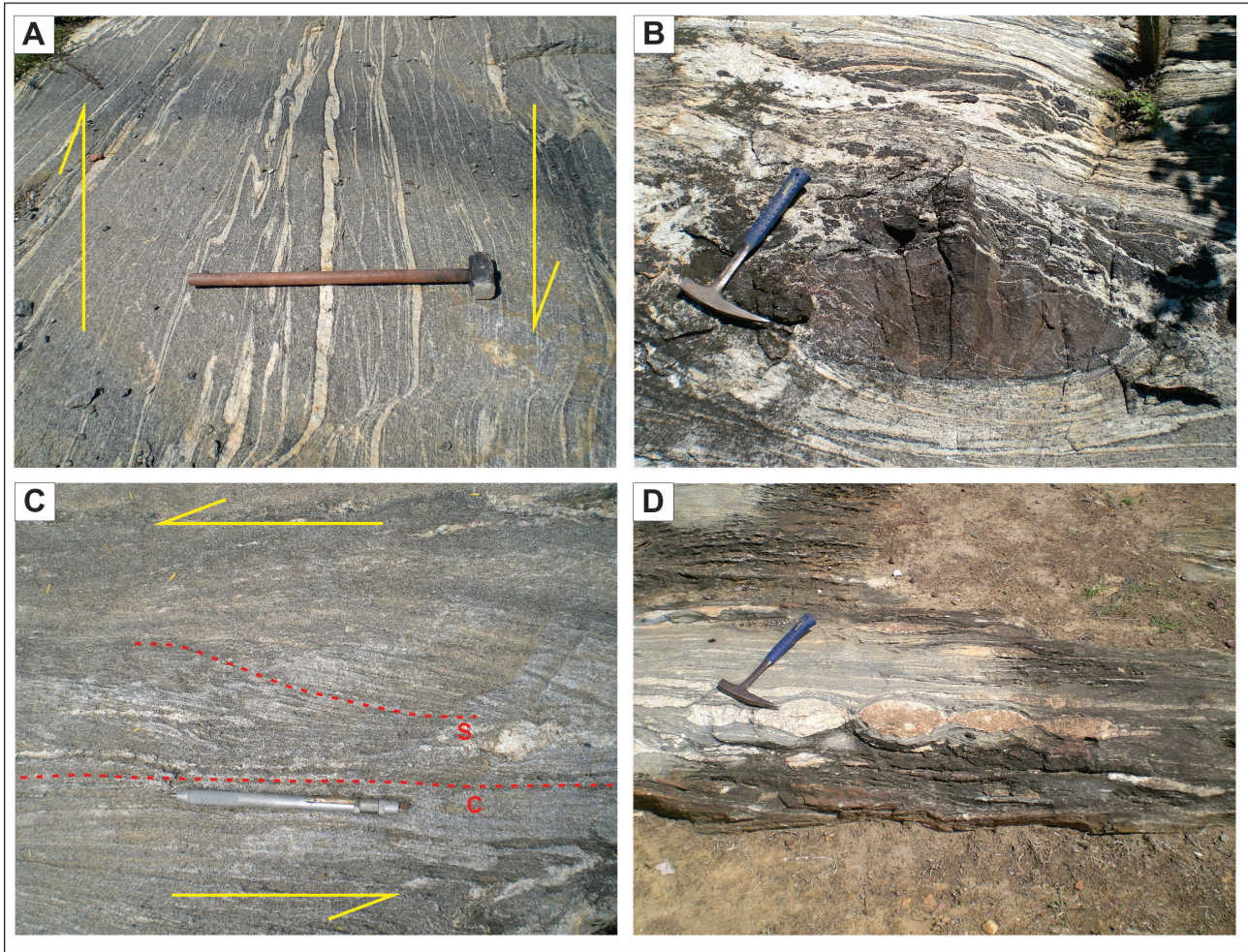


Figura 5.6 – (A) Zona de Cisalhamento Vazantes. Milonito com dobras intrafoliais indicando movimento dextral para a estrutura (SZ-23: 534395, 9512860) e (B) anfibolito concordante ao metatexito milonítico e boudinado (TP-25: 536088, 9513610). (C) Rocha cálcio-silicática milonítica com plano S-C indicando cinemática sinistral (TP-92: 536505, 9534507). (D) Paragneisse milonítico com leucossoma boudinado (SZ-111: 538100, 9535971).

6 – AEROGEOFÍSICA

6.1 - AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os dados aerogeofísicos trabalhados (magnetométrico e gamaespectométrico) são provenientes do projeto Aerogeofísica Norte do Ceará, que teve início em 2008 e término em 2009, totalizando 111.080 km de perfis levantados em uma área de 52.181 km². As linhas de vôo foram orientadas na direção N-S com espaçamento de 500 m e as linhas de controle na direção E-W com espaçamento de 10 km, sendo a altura do vôo de 100 m (+ 15 metros) e a medição dos dados a cada 0,1 segundo.

O processamento dos dados aerogeofísicos teve início com o corte da área de interesse, seguido de uma análise da qualidade dos mesmos. Posteriormente foi realizada a interpolação dos dados aeromagnetométricos e aerogamaespectométricos através dos métodos bidirecional e mínima curvatura, respectivamente, utilizando uma malha regular de 125x125 m. Os dados foram micronivelados com base na rotina de Blum (1999) de modo a remover os ruídos gerados ao longo das linhas de vôo, resultando numa homogeneização dos mesmos. Por fim, foram elaborados os temas a partir dos dados magnetométricos (campo magnético total, amplitude do sinal analítico e primeira derivada vertical do campo magnético total) e as imagens do canal de potássio (K), canal do equivalente tório (eTh), canal do equivalente urânio (eU) e composição ternária RGB entre estes três radioelementos.

6.2 - INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Os dados aeromagnetométricos foram utilizados para a caracterização da compartimentação tectônica e do arcabouço estrutural da área, com base nas diferenças entre os padrões de amplitudes, comprimentos de onda e direção dos lineamentos magnéticos. Já os dados

aerogamaespectométricos possibilitou a individualização de domínios geofísicos correlatos as unidades litoestratigráficas mapeadas, com base nos padrões de distribuição dos radioelementos, bem como na relação entre os mesmos. A integração entre estas duas técnicas geofísicas permitiu a individualização de três domínios geofísicos (A, B e C), conforme apresentado a seguir.

6.2.1 - Domínio A

Geologicamente, abrange uma área onde afloram rochas das unidades: Complexo Canindé do Ceará e Grupo Barreiras. O Domínio A mostra, em geral, um padrão homogêneo em relação aos dados magnéticos, com amplitudes em torno de 50 nT, com algumas anomalias pouco expressivas associadas a ortognaisses composto por minerais magnéticos (Figura 6.1). A imagem radiométrica exhibe em geral, enriquecimento em Th (tons mais esverdeados) (Figura 6.2).

A imagem do campo magnético total mostra uma anomalia magnética linear (a1) de direção NE-SW com inflexão para WNW-ESE, interpretada inicialmente como uma zona de cisalhamento e posteriormente confirmada em campo. Além disso, uma anomalia magnética pouco expressiva (a2) cujo padrão radiométrico é marcado por um enriquecimento em K ao longo de um trend de direção NE-SW (tons em vermelho) corresponde a uma unidade composta por ortognaisse de composição granodiorítica a tonalítica com minerais magnéticos (Figura 6.1 e 6.2).

A porção onde ocorrem os sedimentos do Grupo Barreiras, localizada no extremo leste da área, apresenta assinatura radiométrica que indica empobrecimento em potássio, tório e urânio (a3). Este mesmo padrão radiométrico acontece com a Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda (a4), localizada no centro do Domínio

A, que é composta predominantemente por um biotita-gabro, porém com núcleo de composição granítica, apresentando enriquecimento em K (tons em vermelho). Este corpo intrusivo apresenta baixo valor de susceptibilidade magnética, com amplitudes em torno de 25 nT. Os litotipos localizados no extremo sudoeste deste domínio foram submetidos a alta taxa de anatexia, resultando em domínios de diatexitos ricos nos três radioelementos (a5 - tons esbranquiçados) (Figura 6.1 e 6.2).

6.2.2 - Domínio B

A imagem do campo magnético total mostra que a susceptibilidade magnética das rochas diminuem sutilmente de leste para oeste neste domínio, com amplitudes de 50 nT e 20 nT respectivamente, sugerindo um espessamento crustal, dos litotipos da Unidade Independência, neste sentido (Figura 6.1).

Anomalias magnéticas alongadas e orientadas na direção NE-SW, associadas com zonas de enriquecimento em K (tons em vermelho), correspondem a *sheets* de ortogneiss ácido do Complexo Tamboril-Santa Quitéria intrudidos nos xistos da Unidade Independência (b1) (Figura 6.1 e 6.2). Há ainda casos onde estas anomalias magnéticas estão associadas a corpos ricos em minerais máficos, corroborados pela presença de lentes de anfíbolito, em meio aos xistos e paragneisses da Unidade Independência.

O padrão radiométrico do Domínio B é caracterizado por um enriquecimento em U e Th, com predomínio de U (tons azul-esverdeado) e a existência de zonas alongadas na direção NE-SW com alta contagem nos três radioelementos (K, Th e U), sendo que uma destas (b2) é concordante a lente de mármore com dimensão quilométrica, porém podem estar associadas a rochas migmatíticas com alta taxa de leucossoma. Na porção centro-oeste deste domínio (b3) o enriquecimento em K deve-se provavelmente a diversos

veios pegmatoides, de dimensões métricas, provenientes do magmatismo Tamboril-Santa Quitéria localizado ligeiramente a norte, que intrude os litotipos da Unidade Independência. No extremo noroeste das figuras 6.1 e 6.2, já fora da folha Baturité, os elevados valores em K (tons em vermelho) associado com anomalias magnéticas pouco expressivas, correspondem aos ortogneisses do Complexo Canindé do Ceará; estas rochas foram cartografadas e individualizadas no extremo noroeste da Folha Baturité (Figura 3.2). Conforme observado no Domínio A (a3), o empobrecimento em potássio, tório e urânio, no extremo leste do Domínio B, deve-se à presença dos sedimentos inconsolidados do Grupo Barreiras (Figura 6.2).

6.2.3 - Domínio C

Corresponde a uma área onde afloram, predominantemente, rochas metaígneas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria. A imagem do campo magnético total mostra anomalias magnéticas alongadas na direção NE-SW com inflexão para E-W associadas a litotipos magnéticos cisalhados (c1) (Figura 6.1).

Em relação aos dados radiométricos, o extremo norte deste domínio é marcado por um forte enriquecimento em K, relacionado à presença de monzogranitos porfiríticos gnáissicos. O centro do Domínio C é caracterizado por baixa contagem em K e alta contagem em Th e U (c2). Esta feição deve-se a existência de metasedimentos de trama xistosa, interpretado como um possível enclave da Unidade Independência em meio ao contexto magmático. Já no seu extremo sul, além de alta contagem em K, ocorrem faixas com enriquecimento nos três radioelementos (K, Th e U) associado a rochas migmatíticas ortoderivadas (metatexitos e diatexitos). Granitos pós-orogênicos apresentam um padrão radiométrico caracterizado por enriquecimento em K, Th e U (tons claros), disposto em um formato circular (c3) (Figura 6.2).

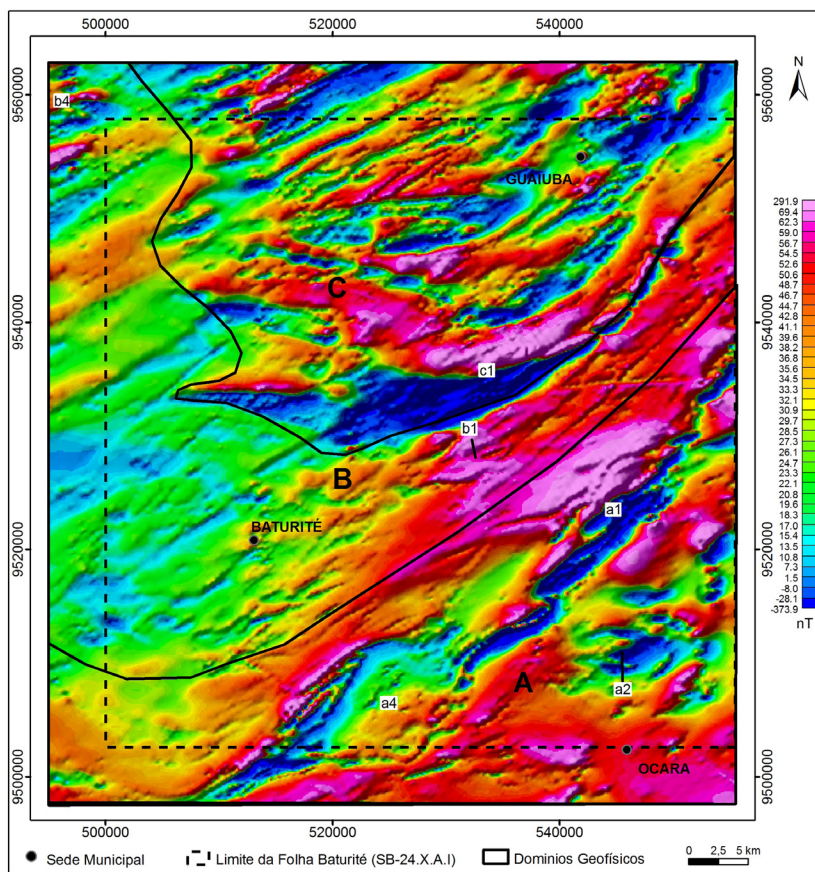


Figura 6.1 – Imagem do campo magnético anômalo, com sobreposição dos domínios geofísicos interpretados.

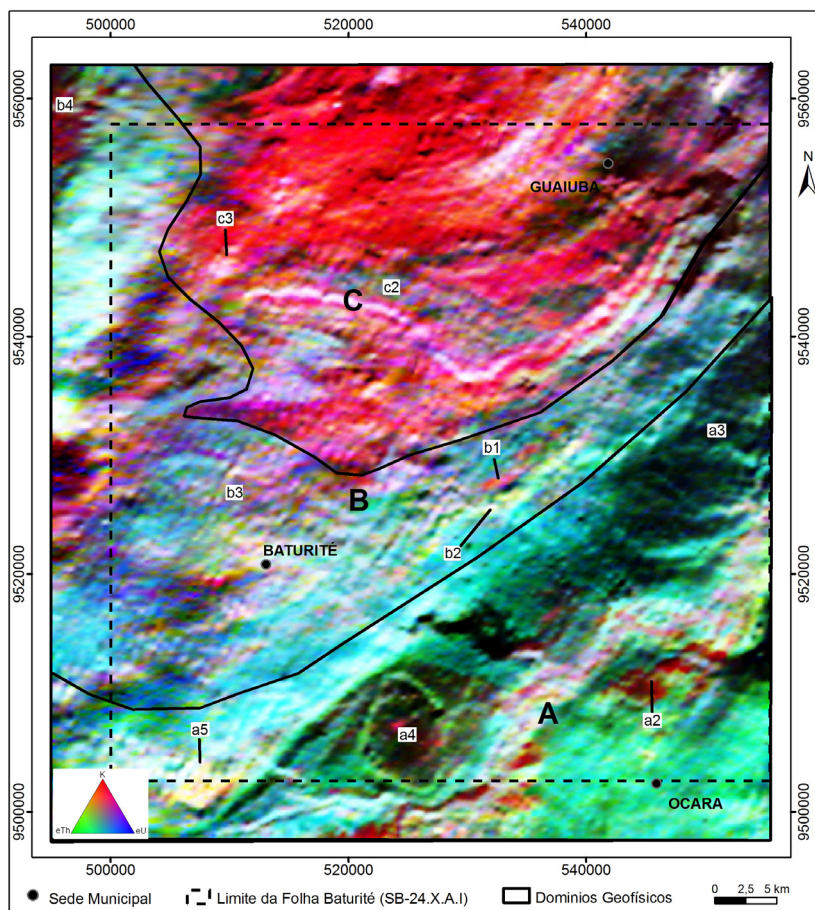


Figura 6.2 – Imagem da composição colorida RGB (K:Th:U), com sobreposição dos domínios geofísicos interpretados.

6.2.4 - Lineamentos Magnéticos

O realce dos lineamentos magnéticos de fontes mais rasas foi possível através da aplicação da primeira derivada vertical ao campo magnético total (Figura 6.3).

Os lineamentos magnéticos mais extensos e sinuosos, que estão orientados na direção NE-SW com inflexão para E-W, correspondem a zonas de cisalhamento. No Domínio A, um destes lineamentos magnéticos (I1) refere-se a Zona de Cisalhamento Vazantes, faixa milonítica de movimento dextral. O Domínio C contém a maior ocorrência destes lineamentos, evidenciando um contexto magmático extremamente cisalhado, inclusive seu limite com o Domínio B é marcado por uma destas

descontinuidades geológicas, representada pelos dados aeromagnéticos (I2).

Lineamentos magnéticos menores e retilíneos, também orientados na direção NE-SW, ocorrem nos Domínios B e C. Estes truncam os lineamentos magnéticos referentes a zonas de cisalhamento com orientação E-W, indicando que correspondem a estruturas mais jovens. Tais lineamentos correspondem a falhas/fraturas geológicas, perfeitamente identificadas em imagens de satélite.

Em menor frequência, há lineamentos magnéticos retilíneos e mais curtos, orientados na direção E-W. Estes correspondem às estruturas mais jovens, pois cortam, quase ortogonalmente, as demais, e algumas correspondem a diques portadores de minerais magnéticos (I3).

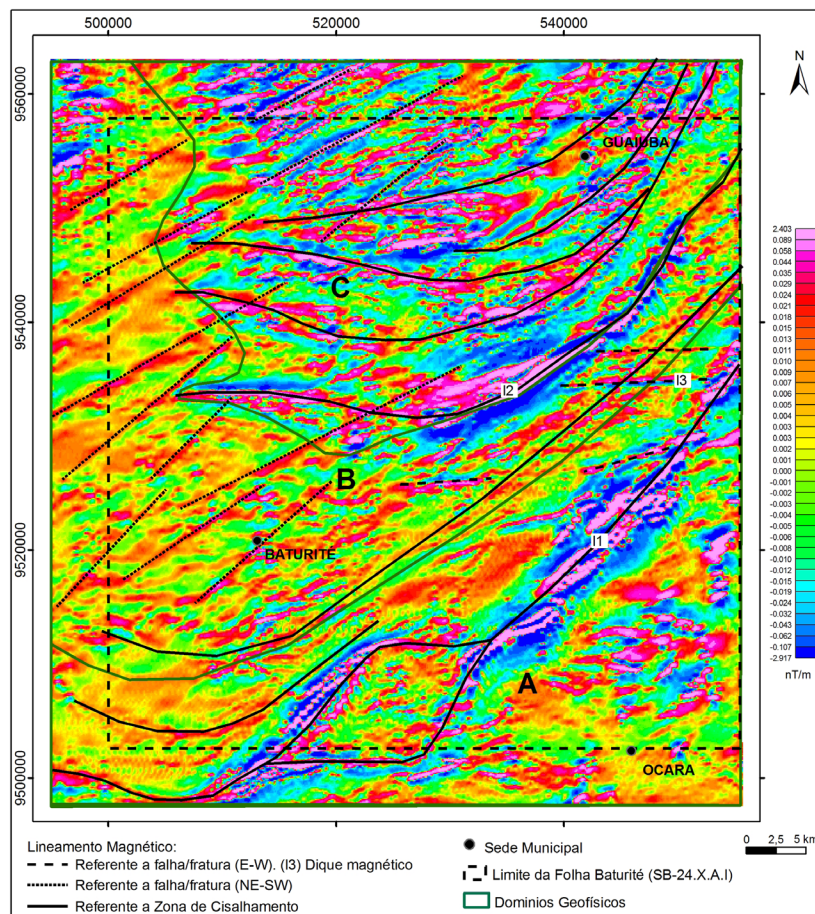


Figura 6.3 – Imagem da derivada vertical de primeira ordem, com sobreposição da interpretação das estruturas geológicas e dos domínios geofísicos.

7 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

7.1 - OBJETIVO

As atividades de geoquímica prospectiva nos mapeamentos geológicos regionais têm como objetivo identificar padrões discerníveis de distribuição de elementos químicos e de minerais pesados em sedimentos de corrente, e correlacioná-los com objetos geológicos ou ambientais, de forma a gerar informações quantitativas, visando mapas metalogenéticos ou simplesmente de recursos minerais.

O Projeto Fortaleza (CPRM, 1978), em escala 1:500.000, foi o primeiro trabalho histórico que englobou a folha Baturité. Neste trabalho foram coletadas 615 amostras de sedimento de corrente e 301 amostras de concentrado de bateia, em uma densidade de amostragem média de 1 amostra por 94 km² para sedimento e 172 km² para bateia. As amostras de sedimento foram analisadas por espectrografia de emissão semiquantitativa para 30 elementos e Cu e Zn por espectrofotometria de absorção atômica. Deste total, 37 amostras de sedimentos de corrente e 20 concentrados de bateia foram coletadas na folha Baturité, e apenas o concentrado de bateia foi incorporado neste estudo. O Projeto Fortaleza delimitou três compartimentos geoquímicos na região compreendida pela folha Baturité, a saber: (a) Ba-Sr na região norte da folha, como reflexo da presença de rochas ricas em potássio e cálcio, como granitos de composição alcalina; (b) Fe-Mn-Co-Cr-Mg-Ni na região centro-sul da folha, ligadas ao corpo de diorito de Aracoiaba; e (c) Cu-Zn, sem explicação geológica aparente, localizado na região oeste da folha.

7.2 - METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM, ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS

7.2.1 - Amostragem e Análise dos Sedimentos de Corrente

A distribuição das estações de amostragem obedeceu aos critérios determinados pela metodologia de mapeamento geoquímico do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2008).

As amostras de sedimento ativo de corrente foram coletadas em 289 estações nos leitos das drenagens, de forma composta no canal ativo da drenagem, em 5 a 10 porções e peneiradas aproximadamente um quilo de material com malha regular de 1 mm. Em 28 estações, aleatoriamente distribuídas, foram coletadas duplicatas de campo para teste de variância, com distâncias inferiores a 50 m entre as estações. Em seguida, as amostras de sedimentos de corrente foram enviadas para análise na SGS GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA e obedeceu ao seguinte processo analítico: (i) secadas a 60°C e peneiradas a 80 mesh; (ii) pulverizadas as frações <80 mesh; (iii) digeridas com água régia; e (iv) analisadas para 53 elementos traços por ICP-MS e ICP-OES.

7.2.2 - Amostragem e Análise dos Concentrados de Bateia

As amostras de concentrados de bateia foram coletadas em 77 estações, também de forma composta, porém, diferentemente dos sedimentos de corrente, nos trechos da drenagem com concentradores naturais (curvas, corredeiras, etc.) e programada em locais com áreas de captação em torno de 40 km². As amostras de concentrado de bateia, com aproximadamente 12 litros de material, foram concentrado por meio de bateia ainda no campo, e o produto resultante enviado para análise no SGS GEOSOL LABORATÓRIO LTDA. A preparação e análise das amostras constaram de separação das frações leves e pesadas por líquido denso, seguida de pesagem e separação por susceptibilidade magnética (ímã de mão). 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 semi-quantitativa, 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.

7.2.3 - 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. Na definição de limiares foi adotado o Diagrama de Juntas, proposto por Germano (2010). Para isto, os dados foram ordenados do menor para o maior, e obtidos a mediana (M), primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3) e amplitude interquartil

(Q3-Q1). Os limiares de primeira e segunda ordem representam, respectivamente, os limites superiores externos (Q3+3[Q3-Q1]) e os limites superiores internos (Q3+1,5[Q3-Q1]). A Tabela 7.1 apresenta o resultado destes estimadores. As relações entre os elementos químicos foram averiguadas com o software Statistica 7, por meio de uma matriz de correlações r de Pearson e da análise de principais componentes.

Elemento	Unidade	Detecção (%)	Média	Mínimo	Máximo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Limiar 1º ordem (Q3+3[Q3-Q1])	Limiar 2º ordem (Q3+1,5[Q3-Q1])
Ag	ppm	58,99	0,03	0,007	0,97	0,007	0,01	0,03	0,099	0,0645
Al	%	100,00	1,14	0,09	5,43	0,73	1,06	1,44	3,57	2,505
As	ppm	6,62	1,17	0,7	125	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Au	ppm	0,95	0,07	0,07	0,2	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
B	ppm	0,32	0,73	7	11	7	7	7	7	7
Ba	ppm	100,00	123,72	21	502	74	107	151	382	266,5
Be	ppm	93,69	0,45	0,07	3,4	0,2	0,4	0,6	1,8	1,2
Bi	ppm	87,07	0,10	0,014	1,09	0,04	0,09	0,13	0,4	0,265
Ca	%	100,00	0,32	0,02	4,39	0,11	0,21	0,36	1,11	0,735
Cd	ppm	56,47	0,04	0,007	1,1	0,007	0,02	0,04	0,139	0,0895
Ce	ppm	97,16	210,74	10,8	983,02	72,17	148,81	289,23	940,41	614,82
Co	ppm	100,00	5,84	0,3	30,8	3,4	5	7,2	18,6	12,9
Cr	ppm	100,00	22,94	2	106	14	20	28	70	49
Cs	ppm	100,00	1,43	0,06	7,02	0,54	1,17	1,99	6,34	4,165
Cu	ppm	100,00	11,42	0,8	44,7	7	10,2	14,7	37,8	26,25
Fe	%	100,00	2,48	0,22	9,47	1,61	2,29	3,1	7,57	5,335
Ga	ppm	100,00	5,03	0,4	42,6	3	4,5	6,2	15,8	11
Ge	ppm	39,75	0,20	0,07	5,4	0,07	0,07	0,2	0,59	0,395
Hf	ppm	77,92	0,18	0,035	2,41	0,06	0,12	0,23	0,74	0,485
Hg	ppm	33,12	0,02	0,007	0,12	0,007	0,007	0,02	0,059	0,0395
In	ppm	35,96	0,02	0,014	0,1	0,014	0,014	0,02	0,038	0,029
K	%	99,05	0,30	0,007	0,98	0,16	0,28	0,41	1,16	0,785
La	ppm	100,00	148,23	5,3	3039	37,6	84	173,1	579,6	376,35
Li	ppm	93,69	7,82	0,7	35	4	7	11	32	21,5
Mg	%	100,00	0,30	0,01	1,98	0,17	0,26	0,35	0,89	0,62
Mn	ppm	99,68	577,99	35	9756	277	403	585	1509	1047
Mo	ppm	98,11	0,74	0,035	7,14	0,29	0,56	0,9	2,73	1,815
Na	%	96,21	0,10	0,007	1,3	0,03	0,06	0,11	0,35	0,23
Nb	ppm	100,00	1,33	0,05	6,94	0,69	1,2	1,76	4,97	3,365
Ni	ppm	100,00	11,19	0,6	43,5	6	9,4	13,9	37,6	25,75
P	ppm	97,48	462,99	35	5103	230	355	553	1522	1037,5
Pb	ppm	100,00	7,99	1,8	26,3	5,4	7,3	9,6	22,2	15,9
Rb	ppm	100,00	29,24	0,7	135	14,5	25,9	38,3	109,7	74
Re	ppm	0,00	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
S	%	55,84	0,02	0,007	0,4	0,007	0,01	0,02	0,059	0,0395
Sb	ppm	70,03	0,11	0,035	0,8	0,035	0,09	0,15	0,495	0,3225
Sc	ppm	99,37	2,91	0,07	12,2	1,6	2,5	3,8	10,4	7,1
Se	ppm	22,71	0,94	0,7	12	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Sn	ppm	97,79	1,83	0,21	21,5	1,1	1,5	2,1	5,1	3,6
Sr	ppm	100,00	29,07	1,9	200	12,7	20,7	36,7	108,7	72,7
Ta	ppm	6,94	0,04	0,035	0,72	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Te	ppm	30,60	0,07	0,035	1,3	0,035	0,035	0,06	0,135	0,0975
Th	ppm	100,00	51,83	1,4	984,6	11,9	27,4	58,1	196,7	127,4
Ti	%	99,68	0,14	0,007	0,99	0,07	0,12	0,17	0,47	0,32
U	ppm	100,00	4,95	0,05	126,1	0,97	2,5	5,98	21,01	13,495
V	ppm	99,68	26,42	0,7	135	16	24	33	84	58,5
W	ppm	64,98	0,19	0,07	9,3	0,07	0,1	0,2	0,59	0,395
Y	ppm	100,00	24,44	0,78	474,32	9,32	15,85	26,35	77,44	51,895
Zn	ppm	100,00	46,53	3	665	19	32	53	155	104
Zr	ppm	82,97	4,10	0,35	59,8	1	2,2	5	17	11

Tabela 7.1 – Sumário dos estimadores da folha Baturité.

7.2.4 - Variância de Amostragem e Análise dos Sedimentos de Corrente

A verificação da variabilidade de dados devida aos procedimentos de amostragem e os de análise, combinadas, foi realizada por meio do estudo dos resultados de 28 amostras de sedimentos coletadas durante o levantamento

geoquímico e suas respectivas duplicatas de campo, obtidas com esse objetivo a distâncias inferiores a 100m ao longo do curso dos rios e riachos, e 13 replicatas de laboratório. 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 e aos fatores introduzidos como a influência ou preferência do coletor na coleta acrescido dos procedimentos de preparação e da análise geoquímica de cada uma das amostras.

Os resultados analíticos dos 82 pares de amostras, tendo substituídos seus eventuais qualificadores, foram submetidos ao teste estatístico t-student. Os resultados desses testes, com exceção dos elementos Au, B e Re, comprovaram não haver diferença significativa entre as amostras de rotina e as respectivas duplicatas de campo e laboratório ao nível de

significância de 0,05. Dessa forma a variância de amostragem e análise pode ser 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.

Além deste teste, podem ser analisados os diagramas binários entre os pares de amostras que constituem as duplicatas de campo, com uma tolerância de 50%. A figura 7.1 ilustra os diagramas binários para os elementos analisados nos sedimentos de corrente da folha Baturité.

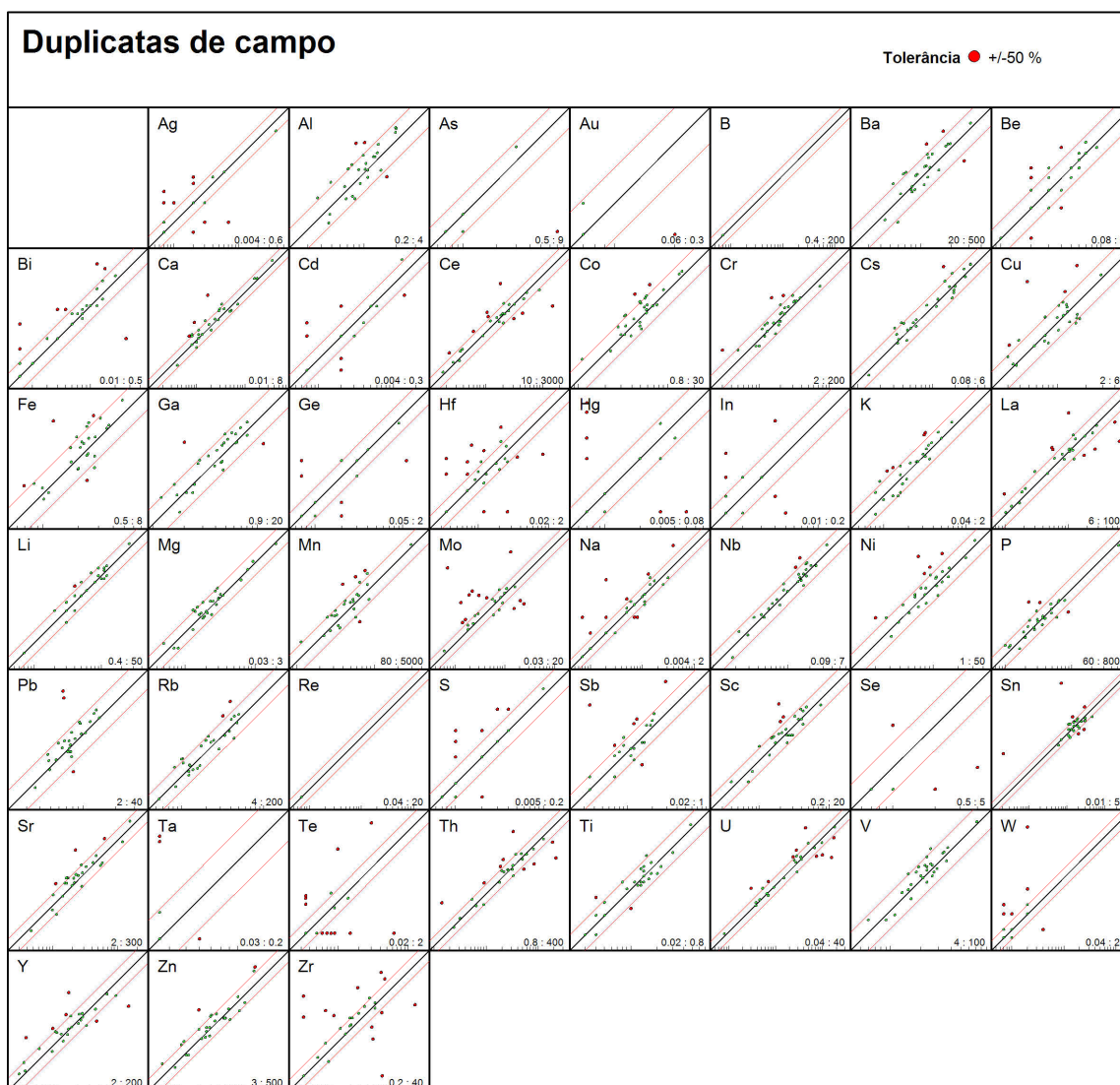


Figura 7.1 – Diagramas binários das duplicatas de campo dos sedimentos de corrente da folha Baturité.

Os resultados de branco de laboratório reportados pela SGS GEOSOL LABORATÓRIO LTDA demonstraram a presença dos elementos Ag, Bi, Mo, Te e W com teores significativos quando comparados com os limiares de anomalias destes elementos nos sedimentos de corrente. Deste modo, estes elementos

devem ser analisados com cautela, uma vez que estes teores podem representar contaminação pelo laboratório na etapa de pulverização das amostras. Conforme Moon et al. (2009) o procedimento de análise de sílica (brancos de laboratório) serve para checar o procedimento de limpeza dos equipamentos para moer as

amostras. Neste caso, os elementos detectados podem ser provenientes dos materiais utilizados para moer os sedimentos (moinhos de bolas de tungstênio), como também, contaminação de outras amostras devido a uma má limpeza dos equipamentos. Para evitar os dados duvidosos, deveriam ser excluídos os procedimentos de pulverização das amostras de sedimento de corrente, conforme metodologia proposta pela coordenação nacional (FAXn°002/2009 – DIGEOQ/CPRM).

7.3 - RESULTADOS OBTIDOS

7.3.1 - Domínios Geoquímicos

A extração por água régia não é total para vários elementos existentes nas estruturas cristalinas de alguns óxidos

e silicatos presentes nos sedimentos de corrente, entretanto, tem sido freqüentemente utilizada quando os metais de interesse estão adsorvidos em argilo-minerais ou em fases minerais decompostas (Darnley, et al., 1995). Nesta ótica, as composições dos elementos nos sedimentos de corrente refletem uma composição incorporada por processos de adsorção ou disponíveis apenas nas fases minerais solúveis em água régia.

Apenas para efeito comparativo, a figura 7.2 ilustra a normalização dos limiares de anomalias dos elementos analisados em sedimentos de corrente com a composição média da crosta terrestre de Levinson (1974). Nesta análise, os elementos U, P, Se, Ce, La e Th apresentaram-se enriquecidos; Ta, Zr, Hf, Nb e Sr empobrecidos, e os demais elementos com composições semelhantes à composição média da crosta terrestre.

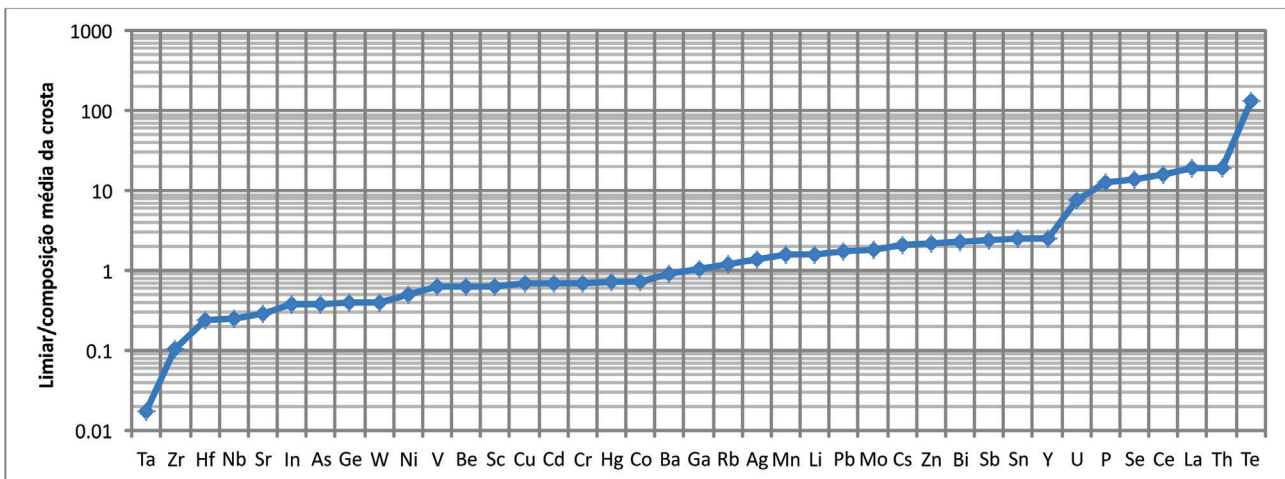


Figura 7.2 – Normalização dos limiares com a composição média da crosta terrestre

As rochas são as fontes primárias dos elementos traços presentes nos sedimentos de corrente, embora estes elementos também possam ocorrer secundariamente associados a fontes antrópicas (Cocker, 1999). Além disto, as frações granulométricas produzidas pelos processos geológicos superficiais podem concentrar ou diluir os minerais com base no seu tamanho, densidade e resistência, entre outras propriedades físicas, e devido este particionamento, as concentrações de elementos-traço diferem entre os tamanhos de grãos, com enriquecimentos geoquímicos característicos da fração < 0,002 mm, como

reflexo de um enriquecimento preferencial de argilas e minerais filossilicatos nesta fração (Klassen, 2009).

Os elementos foram distribuídos em ordem crescente de abundância nos sedimentos de corrente, segundo os valores de mediana, e foram comparados entre os principais compartimentos geológicos por meio de gráficos *box-plots*, ilustrados nas figuras 7.3 a 7.7. Nesta análise, algumas considerações em relação aos elementos de alto *background* entre as diferentes unidades geológicas são pertinentes, conforme sumarizado na tabela 7.2.

Compartimento Geológico	Alto background	
	Elementos Maiores	Elementos Menores
Grupo Barreiras	Fe, Na	Ce, Ba, La, Th, Zn, Rb, Y, Ga, U, Zr, Cs, Cd, Hg
Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda	Mg, Na	Sr, Cr, Ni, Co
Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (granitoides)		Ba, Zn, Pb, Cd
Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (migmatitos)	Fe, K, Ca, Ti	Mn, P, Ba, Rb, V, Sr, Cu, Ni, Li, Ga, Sc, Nb, Cs, Be, Cd
Unidade Independência	Fe, Al, K, Ca, Na, S	Mn, Ce, P, Ba, La, Th, Zn, Rb, V, Y, Cu, Ni, Pb, Li, Co, Ga, Sc, U, Sn, Nb, Cs, As, Be, Sd, Cd, In, Hg
Complexo Canindé do Ceará	Fe, Na	Mn, Cr, Ni, Pb, Co, Zr, Sn

Tabela 7.2 – Elementos de alto *background* em função dos compartimentos geológicos.

Os sedimentos de corrente inseridos na Unidade Independência apresentaram a maior variabilidade e alto *background* para os elementos maiores e menores em relação às demais unidades. Esta unidade também apresenta a maior diversidade litológica, como xistos, paragnaisses, migmatitos, mármore, calciossilicáticas, anfíbolitos, etc. Além disto, apresentou nos concentrados de bateia destaques para apatita, turmalina, cromita, anatásio, espinélio, hematita, monazita, xenotímio, ilmenita, limonita, pirita limonitizada, zircão, calcita, scheelita e sillimanita.

Os gabros e quartzo dioritos da Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda imprimiram nos sedimentos de corrente alto *background* para Mg, Na, Sr, Cr, Ni e Co, como reflexo da predominância de minerais máficos, o que é corroborado com os destaques para os minerais de anfíbólio e piroxênio nos concentrados de bateia.

O Complexo Tamboril-Santa Quitéria na região é constituído predominantemente por granitoides e migmatitos. Os migmatitos produzem nos sedimentos de corrente alto *background* para os elementos Ba, Rb e Sr, típicos elementos traços constituintes de feldspatos potássicos e plagioclásios. Os migmatitos, que representam a fusão parcial de crostas pretéritas, com bolsões pegmatíticos, são fontes potenciais nos sedimentos de corrente dos elementos Be, Li, Cs e Nb, associados a fases mais evoluídas ou pegmatitos da fusão parcial.

Os sedimentos do Grupo Barreiras apresentaram-se com alto *background* para os elementos terras raras, como Ce, La, Th, U e Zr, provavelmente como reflexo da presença de minerais resistatos. É necessário então compreender quais as fases minerais presentes nos sedimentos serão dissolvidos em água régia. A hipótese destes elementos associado a minerais resistatos é puramente especulativa.

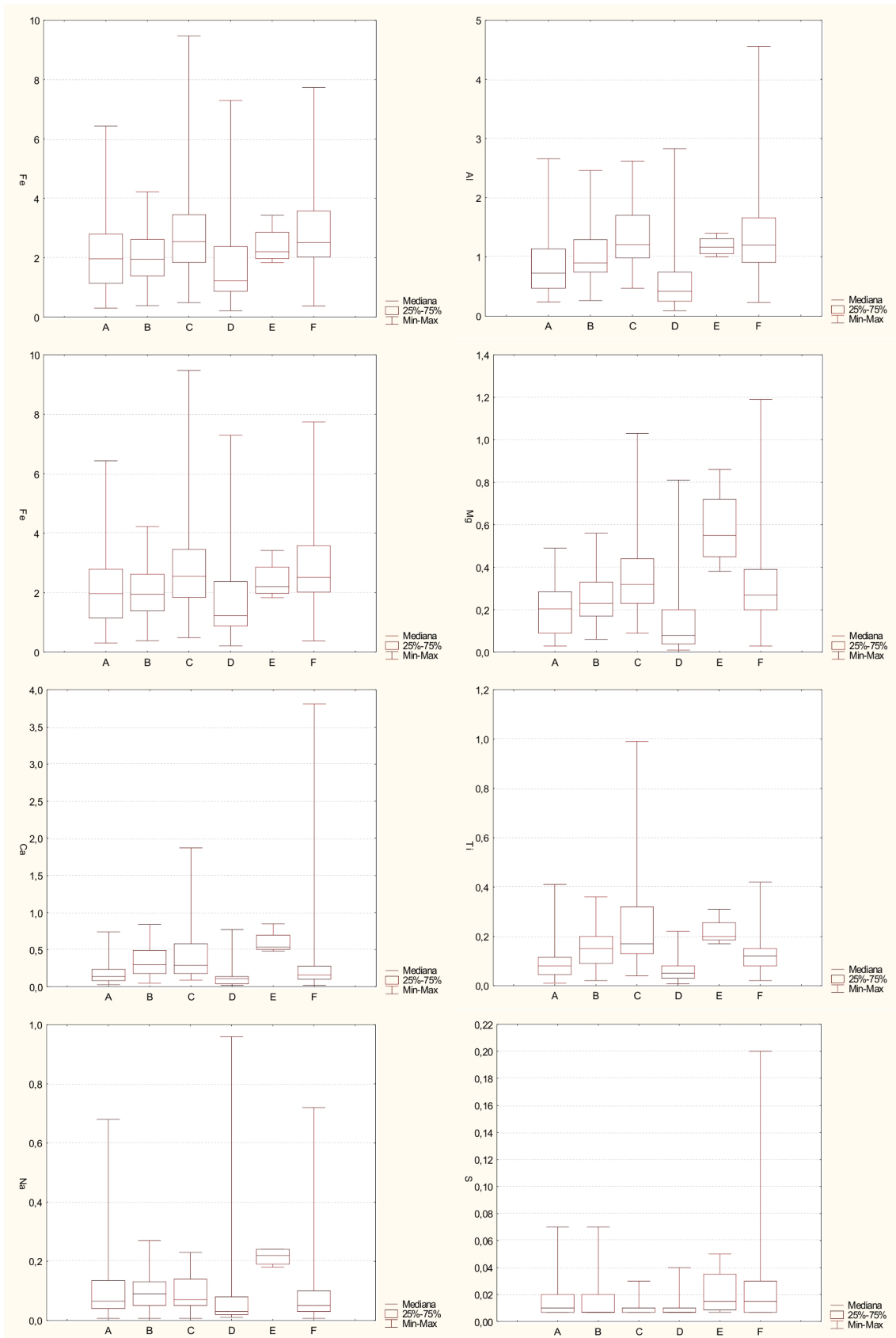


Figura 7.3 – Box-plots dos elementos maiores para as unidades geológicas da folha Baturité. No eixo da abscissa: A: Complexo Canindé do Ceará; B: Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (granitoides); C: Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (migmatitos); D: Gr. Barreiras; E: Suíte Máfica Pedra Aguda; F: Unidade Independência.

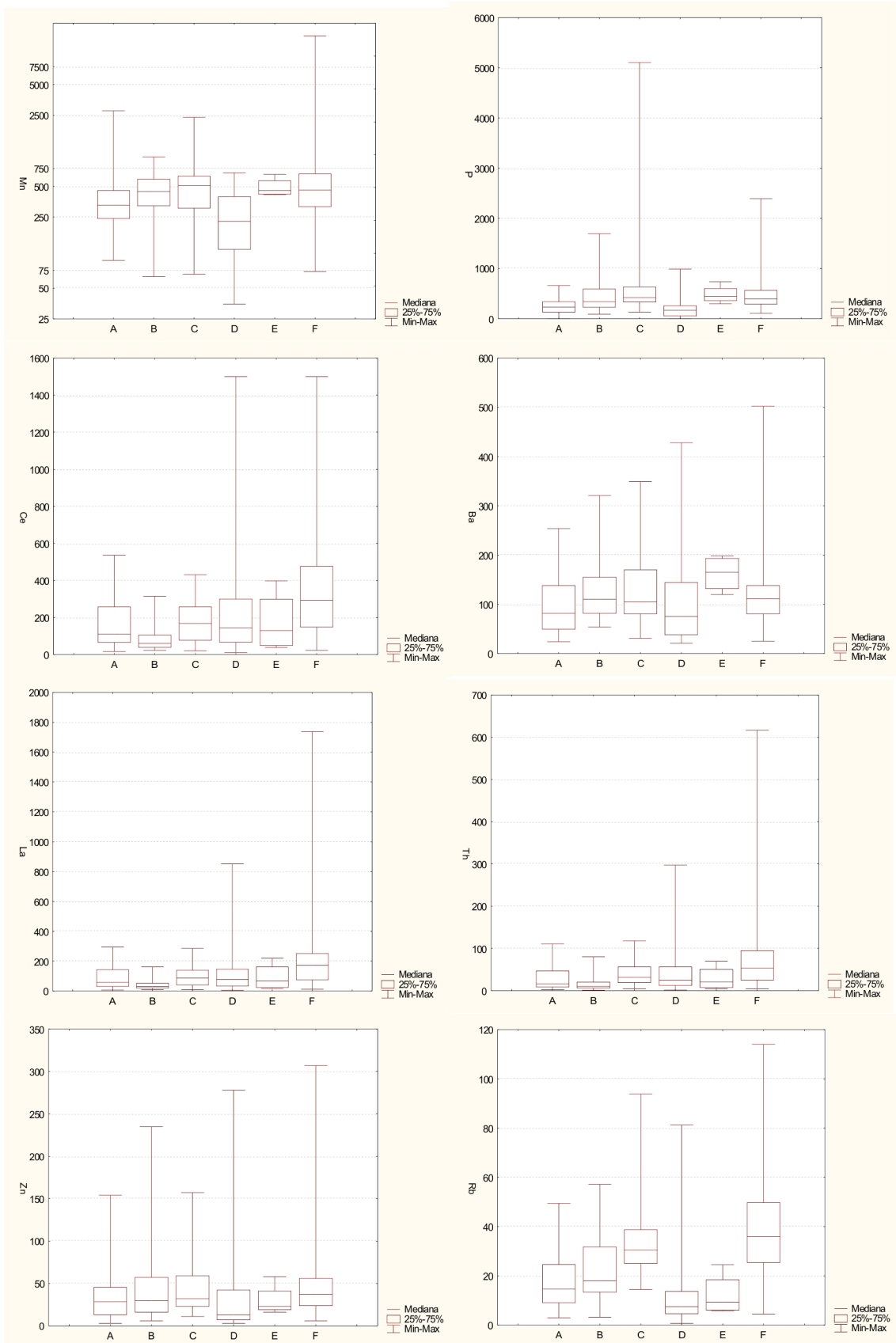


Figura 7.4 – Box-plots dos elementos menores para as unidades geológicas da folha Baturité. No eixo da abscissa: A: Complexo Canindé do Ceará; B: Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (granitoides); C: Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (migmatitos); D: Gr. Barreiras; E: Suíte Máfica Pedra Aguda; F: Unidade Independência.

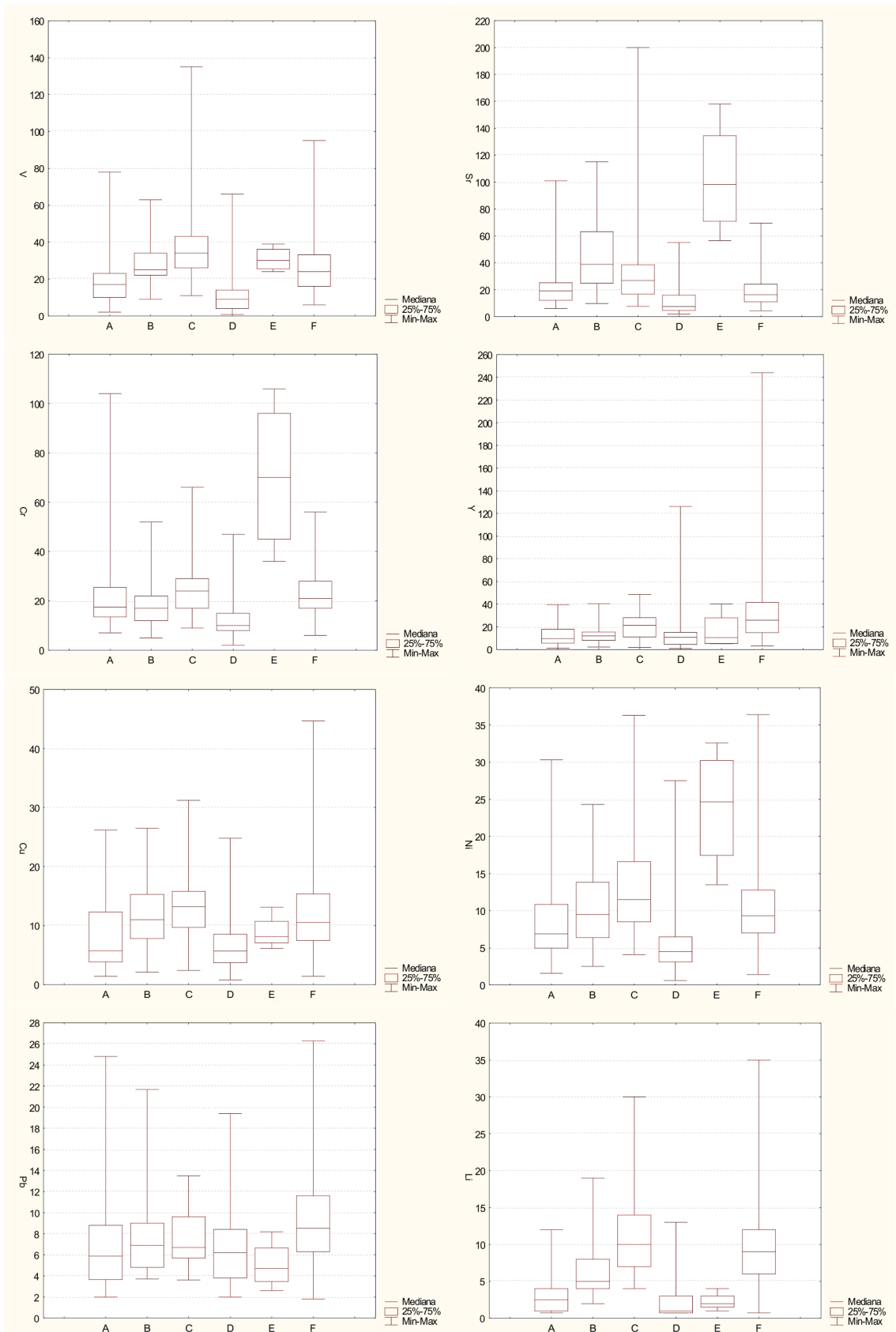


Figura 7.5 – Box-plots dos elementos menores para as unidades geológicas da folha Baturité. No eixo da abcissa: A: Complexo Canindé do Ceará; B: Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (granitoides); C: Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (migmatitos); D: Gr Barreiras; E: Suíte Máfica Pedra Aguda; F: Unidade Independência.

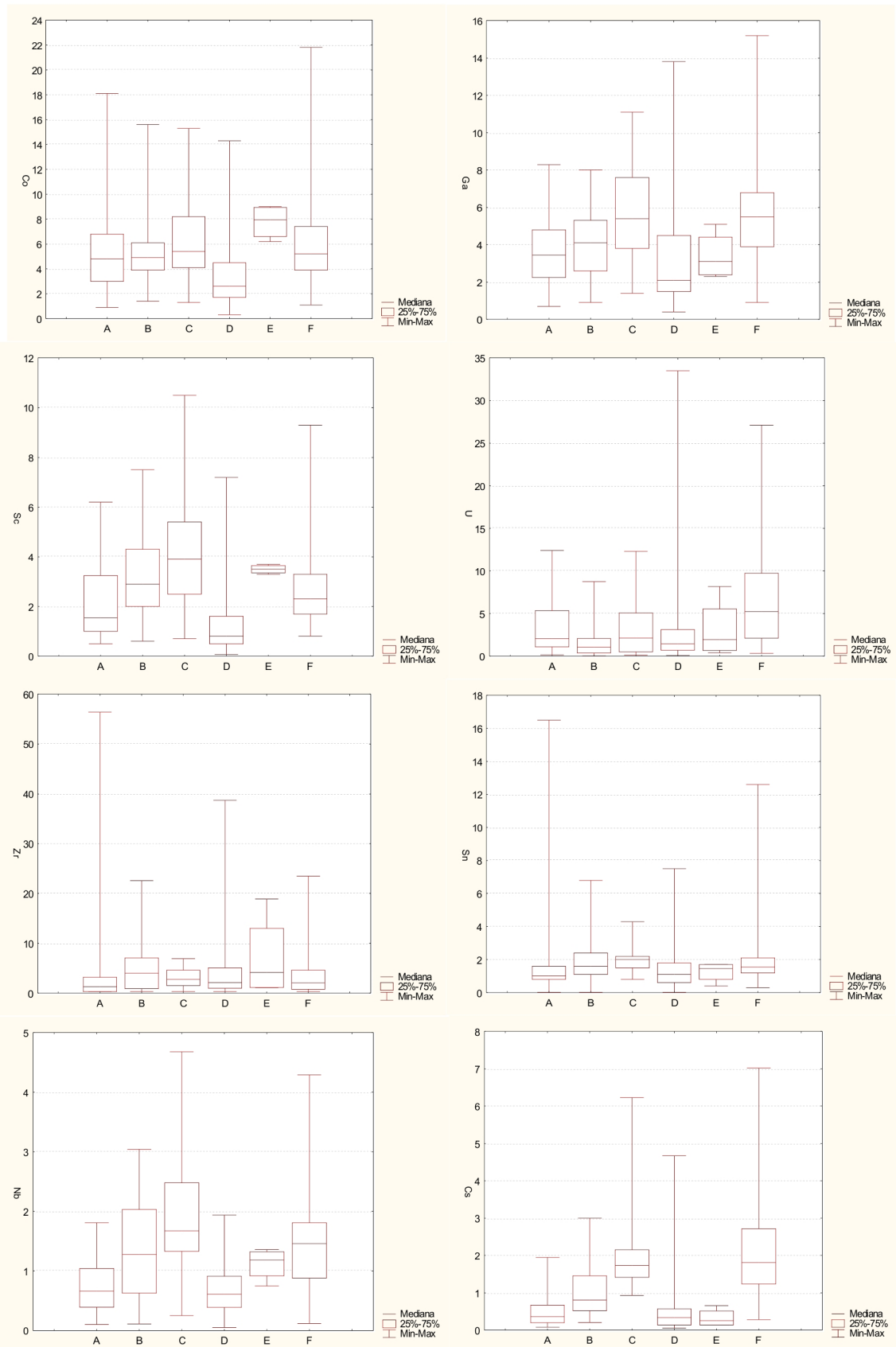


Figura 7.6 – Box-plots dos elementos menores para as unidades geológicas da folha Baturité. No eixo da abcissa: A: Complexo Canindé do Ceará; B: Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (granitoides); C: Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (migmatitos); D: Gr. Barreiras; E: Suíte Máfica Pedra Aguda; F: Unidade Independência.

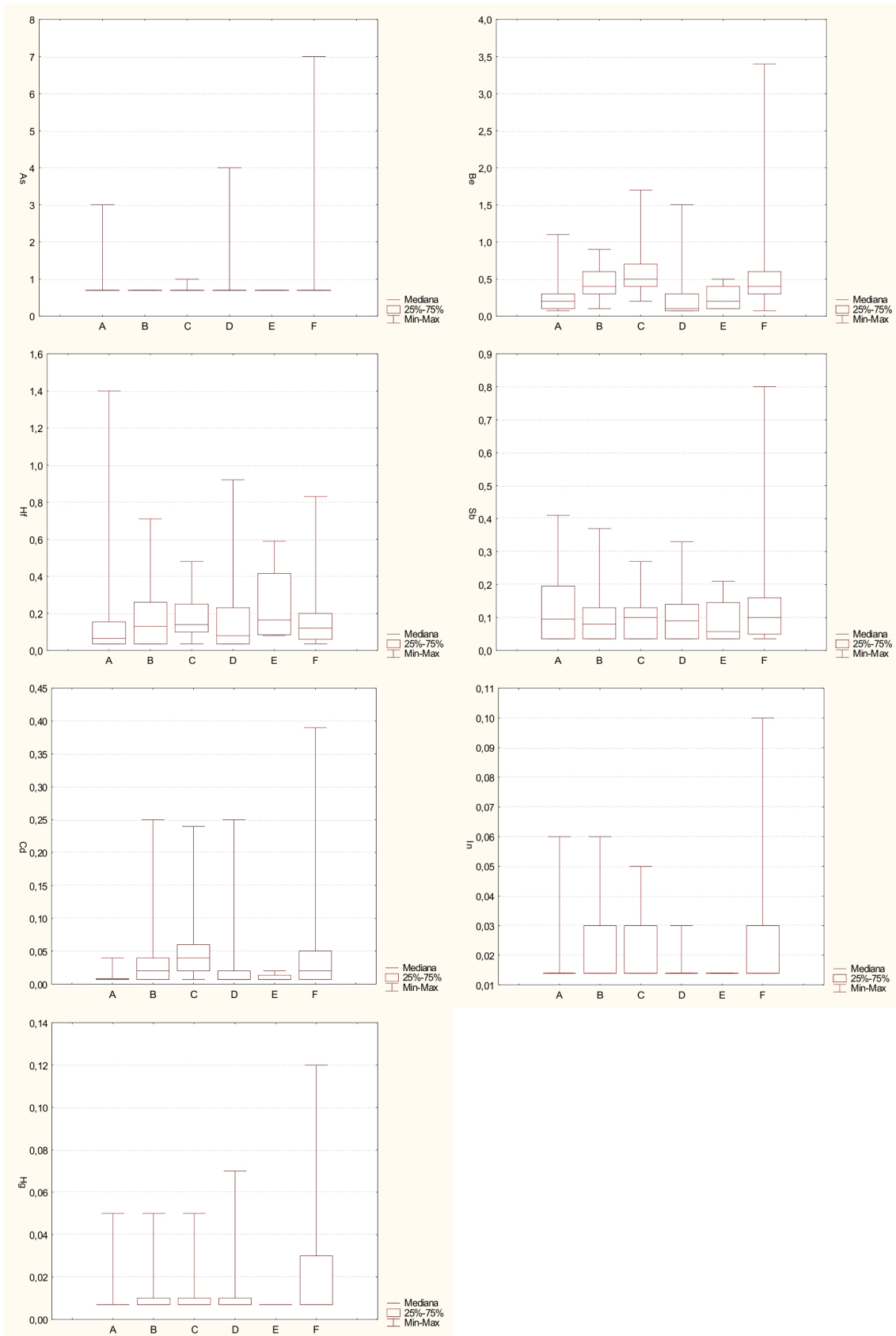


Figura 7.7 – Box-plots dos elementos menores para as unidades geológicas da folha Baturité. No eixo da abscissa: A: Complexo Canindé do Ceará; B: Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (granitoides); C: Cpx. Tamboril-Santa Quitéria (migmatitos); D: Gr. Barreiras; E: Suíte Máfica Pedra Aguda; F: Unidade Independência.

7.3.2 - Associações Geoquímicas

Análise de Componentes Principais (ACP) foi executada com o objetivo de simplificar a descrição de um conjunto de variáveis inter-relacionadas. Esta análise consiste essencialmente em reescrever as coordenadas das amostras em outro sistema de eixo mais conveniente para a análise dos dados. Em outras palavras, as n-variáveis originais geram, através de suas combinações lineares, n-componentes principais, cuja principal característica, além da ortogonalidade, é que são obtidos em ordem decrescente de máxima variância, ou seja, a componente principal 1 detém mais informação estatística que a componente principal 2, que por sua vez tem mais informação estatística que a componente principal 3 e assim por diante (Neto e Moita, 1998).

A figura 7.8 ilustra o peso de cada variável nos fatores 1, 2 e 3 da análise de componentes principais. Andriotti (2010) sugere o uso de mapas com os escores obtidos para representar o processo geológico associado à componente principal (ou ao fator) retido.

Neste estudo, foram gerados mapas de interpolação dos escores de cada amostra para os três primeiros fatores, ilustrado na figura 7.9. O método de interpolação foi o inverso da distância ponderada, que é um interpolador determinístico rápido, exato, com poucas decisões a tomar em relação aos parâmetros do modelo, e pode ser um primeiro olhar da superfície interpolada. No entanto, não há uma avaliação de erros de previsão, e pode produzir

"olhos" em torno das posições dos dados.

No fator 1 os elementos Cu, Al, Ga, Ni, Fe, K, Rb, Sc e Co podem representar a composição dos principais silicatos presentes nos sedimentos. As correlações $>0,8$ entre os elementos Al, Rb e K, reforçam a hipótese de sua presença associada aos feldspatos, como um dos principais minerais constituintes dos sedimentos e rochas parentais. Estes elementos estiveram associados a todos os domínios geológicos da folha, com exceção do Grupo Barreiras, que apresentou empobrecimento destes elementos em relação às demais unidades.

No fator 2 existem dois domínios característicos: o primeiro, composto pelos elementos La, Th, Ge, U e Y, estiveram associados às amostras de sedimentos da Unidade Independência e Formação Barreiras; e o segundo, representado pelo Co, V, Ba, Al, Mg, Sr e Sc, estiveram associados as amostras situadas no Complexo Tamboril - Santa Quitéria (granitoides e migmatitos) e no Complexo Canindé do Ceará e sua relação com a Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda (diorito).

O fator 3 também apresentou dois domínios característicos. O primeiro, os elementos Na, Sr e Ca, estiveram associados às amostras de sedimentos do Complexo Canindé do Ceará, da Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda (diorito), mármores da Unidade Independência e Complexo Tamboril-Santa Quitéria (granitoides félsicos). O segundo, os elementos Cs, Li, Rb, Be e K, presentes nos sedimentos da Unidade Independência.

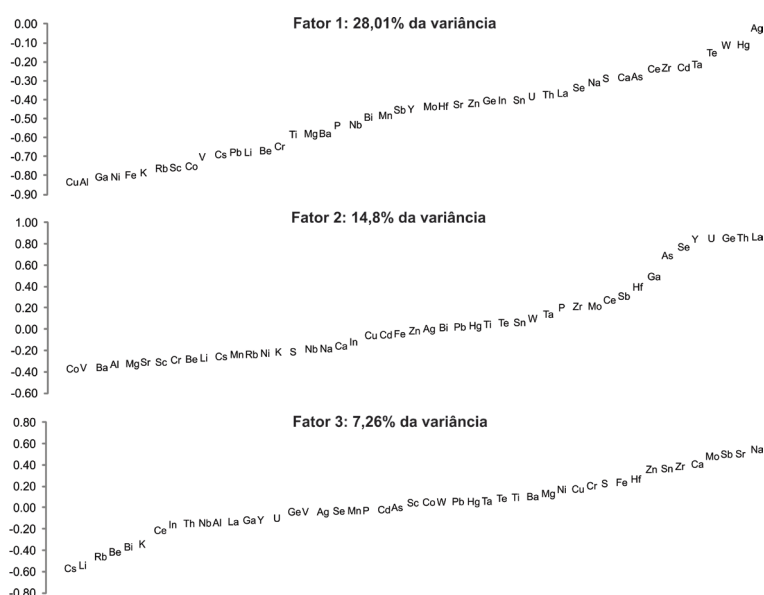


Figura 7.8 – Peso das variáveis nos fatores 1, 2 e 3 da análise de principais componentes.

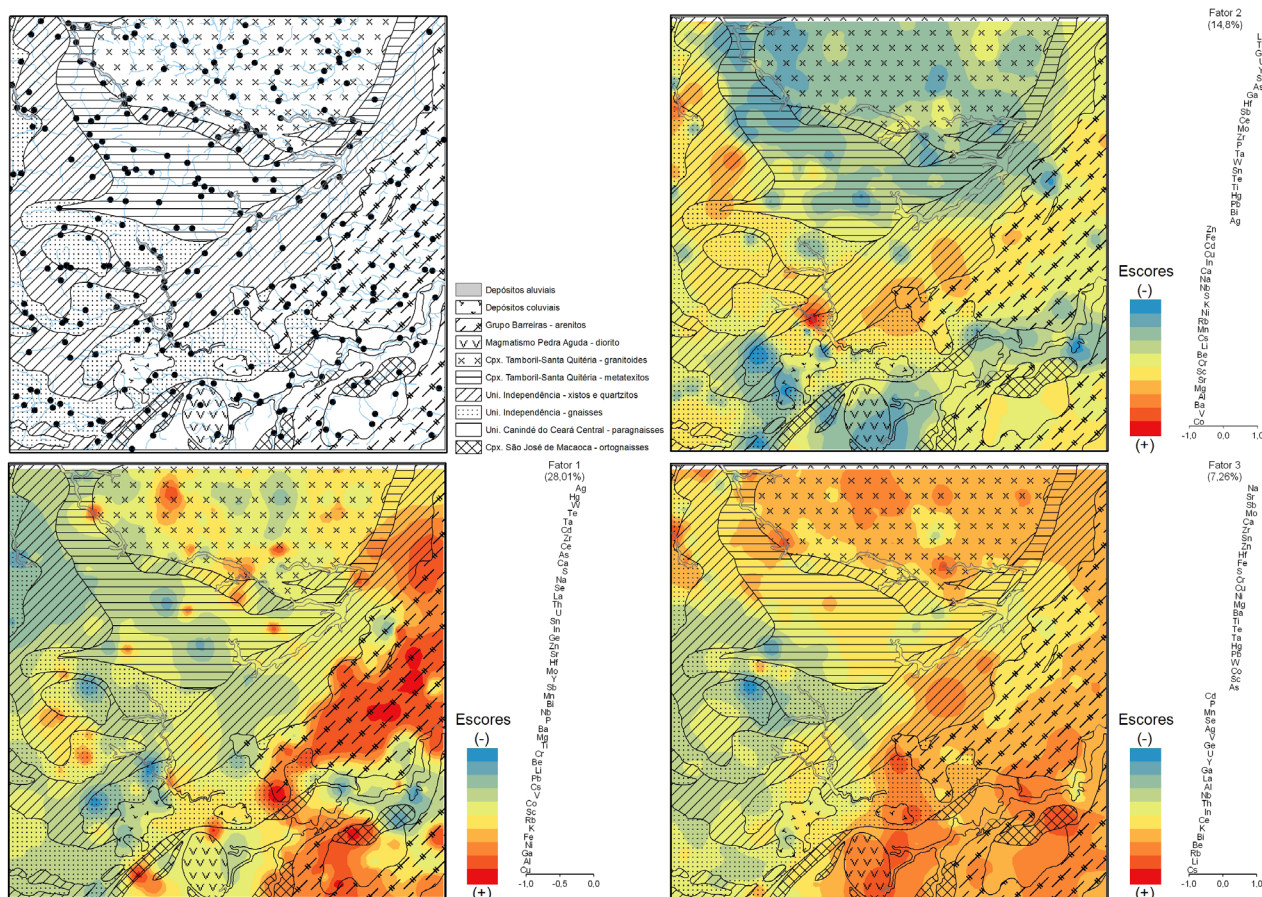


Figura 7.9 – Mapas de interpolação dos escores das amostras nos fatores 1, 2 e 3 da análise de componentes principais.

7.3.3 - Resultados Elevados e Anomalias

Neste trabalho, o termo anomalia foi utilizado para os elementos com teores acima do limiar de 1° e teores de alto *background* para aqueles acima do limiar de 2° ordem, conforme sumário dos estimadores (Tabela 7.1). A posição geográfica dessas amostras em drenagens adjacentes e próximas, provavelmente se deve à continuidade espacial da fonte dos elementos-traços 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 freqüentemente, estão localizadas as ocorrências e jazimentos minerais.

Para os concentrados de bateia foram considerados destaques minerais as amostras que apresentaram alta proporção relativa de um dado mineral em relação ao número total de amostras. Além disto, foram delineadas no mapa geoquímico as zonas relativamente enriquecidas de alguns dos principais minerais pesados

identificados na análise, quando encontradas em bacias hidrográficas contíguas.

A seguir serão discutidas as zonas de anomalias geoquímicas e mineralométrica da folha Baturité. A figura 8.1 (Capítulo 8: Recursos Minerais) corresponde o mapa geológico simplificado da folha Baturité, com a integração das zonas geoquímicas, mineralógicas e ocorrências minerais cadastradas.

Zona I – Ag

Esta zona foi delimitada com base em quatro estações de sedimento de corrente com anomalias de Ag com teores de 0,21 a 0,38 ppm, situadas em drenagens de primeira ordem afluentes do Rio Pesqueiro, região sudoeste da folha. Estes teores representam um enriquecimento relativo ao limiar de 2,1 a 3,8 vezes e de 3 a 4,8 vezes acima das composições médias da crosta terrestre. Em uma destas amostras, em drenagem de primeira ordem, foi medido teor de Au de 0,2 ppm (QCZ649) enquanto sua duplicata de campo (QCZ648) não detectou ouro e apresentou anomalias de S (0,07%) e alto *background* para Ce, La,

Mn, Th e U. A comparação entre as duplicatas de campo demonstraram que os elementos Ca, S, Ce, Ge, Hf, La, Mn, P, Th, U, W, Zn e Zr apresentaram diferença superior a 100% entre os seus resultados, o que resulta em uma variação significativa das concentrações destes elementos em distâncias inferiores a 50 metros. Estas amostras de sedimentos drenam rochas da Unidade Independência, onde foram descritos na área de influência paragneisses migmatizados com granada, muscovita e biotita.

Em concentrado de bateia foi identificado scheelita. Este mineral pertence ao grupo dos tungstatos, de composição CaWO_4 , e pode ser formado em veios hidrotermais, contatos metamórficos e pegmatitos (Pellant & Pellant, 2000). A presença deste mineral nos concentrados de bateia pode ser a provável fonte de alto *background* de W e Ca nos sedimentos de corrente.

Zona II – Be, Bi e Li

Esta zona foi delimitada com base em duas amostras de sedimentos de corrente situados a montante e jusante do Riacho Candeia, região oeste da folha. A montante, os sedimentos apresentaram anomalias para Be, Bi, Li, Te e alto *background* para Al, Cd, Co, Cs, Ga, Ni, Pb, Rb, Sc, Se, Sn, U e Y. A jusante, anomalia de Bi e alto *background* de Be e Li sugerem processos de dispersão destes elementos. Na área de influência foram descritos xistos e quartzitos da Unidade Independência e uma ocorrência mineral de caulim, descrito como veio pegmatoide rico em feldspato potássico e bolsões de caulinita criptocristalina sin e pós-sn, o que podem representar uma origem associada a fluidos hidrotermais atuante nas rochas encaixantes. Em concentrado de bateia foram destaques ilmenita, scheelita, xenotímio e apatita.

Zona III – Cd

Foram delimitadas três zonas de anomalia para Cd em sedimentos de corrente de drenagens de primeira ordem do Rio São Gonçalo e Riacho Amanari, região noroeste da folha. Os teores de cádmio variaram de 0,14 a 0,25 ppm e alto *background* de Ba, Ca, P, S, Sr, Ti e Zr nos sedimentos. Fairbridge (1972) cita o elemento Cd confinado nos principais minerais formadores

de rochas ígneas, restritos a biotita e apatita no caso de ígneas félsicas. Além disto, apesar do elemento cádmio em sedimentos de corrente ser um farejador para depósitos de zinco, os resultados na folha mostraram Zn correlacionado com Zr, Nb, Ti e Hf. Os elementos Ba e Sr presentes nestas zonas com alto *background* nos sedimentos de corrente corroboraram com o Projeto Fortaleza que delimitou uma zona de anomalia de Ba-Sr nesta região.

Zona IV – Cr e Sr

Esta zona foi delimitada com base em quatro estações de sedimentos de corrente de drenagens de 1º ordem do riacho do Jaguarão e rio Choró, situados na região sul da folha, localidade de Jaguarão. Os teores de cromo variaram de 57 a 106 ppm e Sr de 95 a 158 ppm, o que não são muito superiores a composição média da crosta terrestre. Estes sedimentos também apresentaram alto *background* para Ca, Co, Mg, Mn, Na, Ni, S e W. Na área de influência foram descritos migmatito, diorito, gabro e hbl-gnaiss, e destaque para os minerais pesados de anfibólio, com 50 a 75% do concentrado de bateia, e apatita.

Zona V – Hf, La, Th, Y e Zr

Esta zona foi delimitada na região setentrional da folha com base em duas estações de sedimento de corrente de bacia contíguas, uma como afluente do Rio Pacoti e outra compreendendo as cabeceiras do Riacho Simeão. Individualmente os sedimentos de drenagem de 1º ordem do Rio Pacoti apresentaram anomalias de Au, Ca, Ge, Hf, La, Mo, Sb, Se, Ta, Te, Th, W, Zn, Y e Zr, e alto *background* para Bi, Fe, Ga, Mg, Sn e U. As duplicatas de campo apresentaram variações acima de 100% entre os pares para Ag, Bi, Ce, Co, Cr, Cu, Ge, Hf, La, Mo, Ni, Sb, Sn, Ta, Te, Th, U, W, Zn e Zr, indicando variabilidade significativa em distâncias não superiores a 50 m. Na área de influência foram descritos mármore e gnaisses calciossilicáticos com sulfetos e diques de basalto, todos inseridos na Unidade Independência. Os destaques minerais de ilmenita, anatásio, scheelita e calcita em concentrado de bateia estiveram presentes nesta zona. Os minerais de calcita são as prováveis fontes dos elementos Ca, Mg, Fe, Co e Zn, assim como scheelita para W e Ca, e os elementos

Fe, Mg, Cr, Zn, Co e Sb na ilmenita. O elemento Hf é o principal constituinte do mineral zircão (Levinson, 1974), apoiado pelo coeficiente de correlação alto ($r=0,74$) entre Hf-Zr. O elemento La apresentou correlação elevada com Th e Y ($r>0,98$) e alta com U, Ge, Se e Ga, e pode ser proveniente de monazitas.

Zona VI – Mn

Duas zonas foram delimitadas com anomalias de manganês. Uma delas, situada a sudoeste da folha, compreende cinco estações de sedimento de corrente com variações de 1943 a 6338 ppm, o equivalente a duas a seis vezes a composição média da crosta terrestre. Além deste, os sedimentos apresentaram anomalias de Al, Co, Cs, Fe, Hg, In, Mn, Mo, Pb, Rb e Te, e alto *background* para Ba, Cr, Cu, Ga, K, Li, Mg, Na, Ni, S, Sc, Sn e V. Na área de influência foram descritos xistos, quartzitos, paragnaisses e metatexitos da Unidade Independência.

A outra zona, situada na região sudeste da folha, foi delimitada com base em duas estações de sedimento de corrente dos riachos Cachoeira e Lages, e apresentaram teores de manganês de 1721 e 2128 ppm, respectivamente. Em conjunto estiveram os elementos Ag, Al, As, Co, Cr, Ga, Hf, Na, Ni, Pb, Rb, Sc, Sn, Zn e Zr com teores anômalos e alto *background* para Ba, Be, Cs, Cu, Fe, Li, Mg, V, Se, Mo, S, Sb, Sr, Te, Ti e W nos sedimentos. Estes riachos drenam rochas pertencentes ao Complexo Canindé do Ceará e aproximadamente a 2,5 km para leste desta zona foram descritos rochas manganíferas.

A presença de rochas manganíferas nas seqüências metassedimentares na região de Aracoíaba-Pacajus foi bem estudada por Souza & Ribeiro Filho (1983). Segundo os autores o minério é de baixa qualidade, normal para depósitos oxidados formados a partir de protominérios silicáticos intemperizados e de enriquecimento supérgeno. Como consequência, o minério não se enquadra como do "tipo metalúrgico de baixo grau", por ter baixos teores de Mn e altos teores de $Al_2O_3 + SiO_2$; nem se enquadra como do "tipo químico ou eletrolítico", que exige teores de MnO_2 entre 75% e 85%.

Embora as anomalias de Mn possam ser indicativas da presença de rochas manganíferas, não se descarta sua predominância associada aos processos naturais de enriquecimento

supérgeno. O manganês presentes nas rochas é dissolvido pelos agentes do intemperismo, principalmente pela lixiviação ácida, reações de óxido-redução e agentes quelantes, como ácidos húmicos (Ehrlich, 1972).

Zona VII – P

A maior concentração de fósforo nos sedimentos se deve ao riacho da Solidão, região central da folha, localidade Serrote do Diamante, com teores de 5103 ppm, o equivalente a cinco vezes a composição média da crosta terrestre. A montante deste riacho, os sedimentos apresentaram anomalias de Ca, Mg, P, Sr e Ti e alto *background* para Ba, Co, Cu, K, Li, Nb, Ni e V, e numa distância de 1,5 km para jusante, os sedimentos apresentaram apenas anomalia de P e alto *background* para Bi, Ca, Nb, Sr e Ti. Nesta região foram descritos ortognaisses migmatíticos intercalados com rochas metabásicas e diques ácidos cortando as rochas, pertencentes aos metatexitos do Complexo Tamboril-Santa Quitéria. Em concentrado de bateia foram destaques pirita limonitizada, cromita, scheelita, xenotímio e espinélio.

O fósforo em sua fase primária é proveniente das rochas ígneas, primeiramente como apatita, que dissolvidos pelos processos do intemperismo são fontes primárias para sistemas biológicos e/ou redepósitos como argilo-minerais associados a Ca, Fe e Al (Fuller, 1972). Salieta Fuller (1972) o importante papel na redistribuição de fósforo provocado pela esfera humana, como segmento da biosfera. Por exemplo, o desmatamento provoca aporte de solo orgânico e seu acúmulo nos sedimentos de fundo dos rios, o uso de fertilizantes, pesticidas, e descarga de esgotos domésticos e industriais, são fontes antrópicas modernas e potenciais na distribuição de fósforo no ecossistema.

Zona VIII - S

O elemento enxofre foi detectado em apenas 55,8% das amostras e seus teores nos sedimentos estiveram empobrecidos em relação à composição média da crosta terrestre. Entretanto, foram delimitadas duas zonas de anomalias em sedimentos de corrente. A primeira, situada na região noroeste da folha, compreende quatro estações de sedimentos de corrente de bacias contíguas, de drenagens dos

riachos Bom Sucesso, Capitão Mor e Carneiro.

No riacho Bom Sucesso os sedimentos apresentaram anomalias de Na, S e Sn e alto *background* para Cu, Mo, Nb, Ni e Rb. Na área de influência foram descritos veios de barita em Grt-Sill-Bt-Qz xisto, paragnaisses e mármore com sulfetos, inseridos na Unidade Independência. O mineral gahnita foi reconhecido no concentrado de bateia e, segundo Machado (2011), ocorre em rochas metamórficas, tais como margas, escarnitos, gnaisses e/ou pegmatitos graníticos, como também em filões de substituição metassomática.

No riacho Capitão Mor os sedimentos apresentaram anomalias para Ce, Ge, La, S, Th e Y e alto *background* para Cd, Ce, Ga e Se. As altas razões Al/Ca sugerem sedimentos predominantemente micáceos. Na área de influência foram descritos paragnaisses, xistos e quartzitos da Unidade Independência, e os minerais pesados destaques foram pirita limonitizada, turmalina e calcita em concentrado de bateia. A calcita indica a presença de mármore que não foram cartografados, embora seja comum sua ocorrência nesta unidade. A presença de pirita limonitizada indica sulfetos que podem estar associados ao metamorfismo dos mármore desta unidade. O riacho Carneiro, afluente do Capitão Mor, apresentou anomalias de S e Te que reforçam esta hipótese.

Zona IX – Te

O elemento telúrio apresentou apenas 30% das amostras qualificadas pelo método analítico. Este elemento também esteve correlacionado com In, Bi, Mo, Sb, Hg e Ta e, na folha, foram delimitadas cinco zonas de anomalias para Te. Uma zona ocorreu no Complexo Canindé do Ceará, embora as cabeceiras sejam provenientes da Unidade Independência, onde predominaram as demais zonas.

O maior teor de telúrio ocorreu em amostra proveniente do riacho Boa Esperança, região centro-norte da folha, com teores cinco vezes acima do limiar adotado e com Bi em alto *background* nos sedimentos. Este riacho, de 1º ordem, drena rochas pertencentes à unidade Independência, e foram descritos em sua área de influência rochas manganêsíferas com fraturas preenchidas com quartzo.

No Riacho afluente do Rio Aracoiaba, a

montante da cidade de Baturité, os sedimentos também apresentaram teores de telúrio cinco vezes acima do limiar adotado, como também anomalias de Hg, In e Ta e alto *background* para Rb. Os sedimentos também são provenientes da Unidade Independência, predominantemente xistos, e foram descritos veios de leucossoma com textura pegmatóide sub-concordante com a foliação. Isto evidencia processos magmáticos que afetaram as rochas da Unidade Independência. Os minerais pesados desta estação de amostragem apresentou destaques para hematita, cromita, monazita e xenotímio. A cromita é sugestiva da presença de rochas máficas a ultramáficas cumuláticas, que não foram identificadas pelo mapeamento geológico, onde predominaram as rochas metassedimentares. Cabe ressaltar que na amostra de concentrado de bateia do Projeto Fortaleza desta região não identificou a cromita.

A uma distância de 3,5 km para leste, em riacho de 1º ordem afluente do Rio Aracoiaba, os sedimentos apresentaram anomalias de Te e alto *background* de Ag, S e W. Este riacho drena rochas paraderivadas da unidade Independência e foram descritos ocorrência de mármore calcíticos. A prata apresentou certa correlação com ouro ($r=0,23$) e, portanto, pode ser utilizada como farejador deste mineral precioso. A presença de W nos sedimentos pode sugerir a ocorrência de scheelita associada ao metamorfismo dos mármore desta seqüência metassedimentar.

Em riacho de 1º ordem do Rio Pacoti, região centro-noroeste da folha, os sedimentos apresentaram anomalias de Te, As, Cd e In, e alto *background* para Bi, Ta e W. A presença de mármore com sulfetos disseminados reforça a hipótese da proveniência destes elementos nos sedimentos associado aos minerais de sulfetos como produtos do metamorfismo da Unidade Independência, principalmente nos mármore. Destaque para pirita limonitizada e xenotímio no concentrado de bateia do Rio Pacoti.

Zona X – Th e U

Uma zona foi delimitada com base em duas estações de sedimentos de bacias contíguas da região centro-oeste da folha. Uma amostra proveniente do Riacho Pilar, afluente do riacho Candéia, apresentou anomalias de La, Th e U

e alto *background* para Y e Se, e distante cerca de 2 km, no riacho Candéia, os sedimentos apresentaram anomalias de Ce, Ge, Th, U, W e Y e alto *background* para Bi, Ga, La e Se. Na área de influência foram descritos xistos, paragnaisses, ms-quartzitos e pegmatitos. No riacho Candéia foram destaques os minerais de cromita, anatásio e xenotímio nos concentrados de bateia.

O elemento tório se concentra em estágios finais da cristalização magmática, principalmente em monazita, zircão, apatita e titanita (Moore & Swami, 1972) e apresentou correlação elevada com urânio ($r=0,88$) nos sedimentos, o que se deve a semelhança no estado de oxidação e raio iônico entre eles (Haglund, 1972).

Assim como tório, o urânio é encontrado em pegmatitos, granitos, veios de sulfetos hidrotermais ou intemperismo de minerais acessórios. Em magmas graníticos intermediários o urânio pode substituir Zr em zircão e Ca em apatitas e titanitas. Em condições de clima árido o urânio se encontra complexado como óxidos, hidróxidos, sulfatos, carbonatos, fosfatos, vanadatos e arsenatos (Haglund, 1972).

Zona XI – Zn

Esta zona foi delimitada com base em duas estações de sedimento de corrente de

bacias contíguas da região norte da folha. Em afluente de primeira ordem do riacho Forquilha os sedimentos apresentaram anomalias de S, Zn e Zr e alto *background* para Ba, Hf, Mo, Na e Sr. Nesta estação foi coletada duplicata de campo que apresentou diferença superior a 100% entre os pares de amostras para os elementos Na, Ag, Hf e Zr em distâncias inferiores a 50m entre as amostras. Distintamente, no riacho Papara, os sedimentos apresentaram anomalias de Sr e Zn, e alto *background* para Ca. Na área de influência desta zona foram descritos granitos porfiríticos, por vezes deformados e cortados por veios de pegmatito, inseridos no domínio dos granitoides do Complexo Tamboril-Santa Quitéria. A jusante foram destaques pirita limonitizada e epidoto em concentrado de bateia. Nesta unidade geológica foi medido teor de 796 ppm de Zn em granitoide com pórfiros de K-feldspatos (Amostra SZ-108), sugestivo da gênese deste elemento nos sedimentos associado ao feldspato potássico, embora o Zn tenha apresentado correlações com Cu, Sb, Ni e Mo. As anomalias encontradas nesta região corroboram com o Projeto Fortaleza (CPRM, 1978) que identificou zona de anomalia de Ba-Sr para esta região, correlacionado aos granitoides do Complexo Tamboril-Santa Quitéria.

8 – RECURSOS MINERAIS

Este capítulo descreve e quantifica as ocorrências minerais da Folha Baturité, de forma a contribuir e abrir caminhos a investidores e à comunidade científica, além de incentivar a pesquisa de novas descobertas e reconhecer sua importância econômica no âmbito da mineração do Estado do Ceará.

Foram cadastrados 59 ocorrências minerais de diferentes classes utilitárias, constituindo depósitos, minas, ocorrências e indícios, dos quais 54 foram cadastrados durante os trabalhos de campo e 5 são inéditos (Tabela 8.1, Figura 8.1). As ocorrências cadastradas foram descritas em projetos anteriores, correspondendo ao Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais, Folha Aracati 1:250.000 (1984); e

Projeto Fortaleza (1977); ambos realizados pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Algumas ocorrências, cadastradas em projetos anteriores, não foram localizadas em virtude da ausência de vestígios da extração ou da falta de precisão na tomada das coordenadas geográficas.

Na área da Folha Baturité, apesar da relativa diversidade de recursos minerais, a atividade extrativa ainda se apresenta bastante incipiente, restringindo-se à lavra de calcário na região de Acarape para fabricação de cal, de manganês na região de Ocara como matéria prima para exportação, de granitos na região de Acarape e Maranguape para uso como rocha ornamental e de areia na região de Itaitinga para a construção civil.

CÓDIGO	PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	TOPONÍMIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	TIPO
0	SZ-66	-4.297776	-38.721082	Redenção	Antônio Diogo	mármore	frente de lavra	depósito
1	SZ-165	-4.322341	-38.819855	Aracoiaba	Jenipapeiro	mármore	rasteiro e blocos	indício
2	SZ-196	-4.369458	-38.947717	Capistrano	Serra do Evaristo	mármore	corde de estrada	indício
3	TP-55	-4.280552	-38.747511	Redenção	Sítio Oitizeiro	mármore	mina desativada	depósito
4	TP-56	-4.284212	-38.711787	Acarape	Sítio Frade/Caieira São José	mármore	frente de lavra	depósito
5	TP-57	-4.277549	-38.701129	Acarape	Cantagalo	mármore	frente de lavra	depósito
6	TP-59	-4.275049	-38.692208	Acarape	Cantagalo	mármore	frente de lavra	depósito
7	TP-60	-4.262994	-38.679958	Acarape	Cantagalo	mármore	frente de lavra	depósito
8	TP-67	-4.252279	-38.693876	Acarape	Sítio Pau Branco	mármore	frente de lavra	ocorrência
9	TP-120	-4.220718	-38.599517	Acarape	Ereru	mármore	rasteiro	ocorrência
10	TP-343	-4.004899	-38.963389	Maranguape	Cedro	mármore	corde de estrada	ocorrência
11	TP-358	-4.257076	-38.699965	Acarape	Sítio Pau Branco	mármore	leito de rio	ocorrência
12	SZ-347	-4.365084	-38.898986	Baturité	Sítio Castelo/Serra do Evaristo	mármore	lajeados e blocos in situ	ocorrência
13	SZ-387	-4.337617	-38.805702	Aracoiaba	Jenipapeiro	mármore	mina desativada	depósito
14	SZ-388	-4.339539	-38.820590	Aracoiaba	Jenipapeiro	mármore	mina desativada	indício
15	SZ-389	-4.322201	-38.840863	Baturité	Umari - Mata Fresca	mármore	mina desativada	ocorrência
16	SZ-391	-4.307691	-38.774348	Baturité	Sítio Olho d'Água da bananeira	mármore	lajeado e blocos	ocorrência
17	SZ-379	-4.341211	-38.780602	Aracoiaba	Aracoiaba	mármore	pedreira desativada	depósito
18	SZ-363	-4.241389	-38.635398	Acarape	Olho dagua/Pedreira	mármore	lajeados e blocos	depósito
19	SZ-364	-4.231154	-38.648387	Acarape	Garapa 1	mármore	lajeado	ocorrência
20	SZ-365	-4.240087	-38.656466	Acarape	Garapa 1	mármore	lajeados e blocos	ocorrência
21	SZ-286	-4.053398	-38.948369	Maranguape	Sítio São José	mármore	corde de estrada	ocorrência
22	SZ-308	-4.181271	-38.901271	Pacoti	Gemeleira	mármore	corde de estrada	ocorrência
23	TP-324	-4.130297	-38.961951	Caridade	Faz. Ilha Grande	mármore	rasteiro	ocorrência
24	TP-345	-4.047157	-38.959279	Maranguape	Lagoa do Juvenal	mármore	leito de rio	ocorrência
25	SZ-351	-4.143189	-38.964842	Caridade	Carnaubinha	mármore	lajeados e blocos	ocorrência
26	SZ-362	-4.178099	-38.937224	Pacoti	Distrito de Fátima/Sítio Piloes	mármore	lajeados e blocos	ocorrência
27	SZ-367	-4.080911	-38.970008	Caridade	Fazenda Formosa	mármore	lajeados e blocos	ocorrência
28	SZ-368	-4.082513	-38.989567	Caridade	Fazenda Formosa	mármore	garimpo a céu aberto desativado	ocorrência
29	SZ-369	-4.069141	-38.977891	Caridade	Fazenda Formosa	mármore	garimpo a céu aberto desativado	depósito
30	SZ-350	-4.147722	-38.967086	Caridade	Carnaubinha	barita	garimpo a céu aberto desativado	ocorrência
31	SZ-349	-4.469681	-38.773759	Aracoiaba	Pedra Aguda	diorito	mina ativa	depósito
32	TP-279	-4.082059	-38.787359	Maranguape	Tanques	Monzogranito	mina ativa	depósito
33	TP-356	-4.226225	-38.671295	Acarape	Garapa de Cima	vermiculita	poço pra pesquisa	ocorrência
34	SZ-375	-4.042012	-38.583896	Guaiuba	colégio agricola - açude pacoti	talco	mina desativada	ocorrência
35	SZ-87	-4.040902	-38.589581	Guaiuba	Rio Novo	talco	garimpo a céu aberto desativado	ocorrência
36	SZ-346	-4.321044	-38.808383	Baturité	Jenipapeiro	amianto	garimpo a céu aberto desativado	ocorrência
37	SZ-342	-4.330498	-38.904524	Baturité	Sítio Serra Preta	amianto	garimpo a céu aberto desativado	ocorrência
38	TP-354	-4.202373	-38.946151	Pacoti	Pernambuquinho	caulim	mina desativada	ocorrência
39	TP-355	-4.196953	-38.933347	Pacoti	Sítio Vazantes	caulim	garimpo a céu aberto desativado	ocorrência
40	SZ-343	-4.274069	-38.871350	Baturité	Olho dagua da Bilinha	caulim	garimpo a céu aberto desativado	ocorrência
41	SZ-352	-4.240984	-38.935957	Pacoti	Remanso Hotel de Serra	caulim	corde de estrada/rasteiro	depósito
42	SZ-353	-4.233954	-38.931434	Pacoti	limite Guaramiranga - Pacoti	caulim	corde de estrada	ocorrência
43	SZ-354	-4.195713	-38.935393	Pacoti	Sítio Vazantes	caulim	garimpo a céu aberto desativado	depósito
44	SZ-355	-4.196437	-38.932185	Pacoti	Sítio Vazantes	caulim	garimpo a céu aberto desativado	depósito
45	SZ-356	-4.196491	-38.931473	Pacoti	Sítio Vazantes	caulim	garimpo a céu aberto desativado	depósito
46	SZ-357	-4.200101	-38.940015	Pacoti	Sítio Vazantes	caulim	garimpo a céu aberto desativado	depósito
47	SZ-358	-4.200346	-38.941214	Pacoti	Sítio Vazantes	caulim	garimpo a céu aberto desativado	depósito
48	SZ-360	-4.188501	-38.917066	Pacoti	Sítio Petrópolis	caulim	garimpo a céu aberto desativado	depósito
49	SZ-361	-4.187307	-38.917174	Pacoti	Sítio Petrópolis	caulim	garimpo a céu aberto desativado	depósito
50	SZ-366	-4.080332	-38.970900	Caridade	Fazenda Formosa	caulim	garimpo a céu aberto desativado	ocorrência
51	SZ-377	-4.034318	-38.526983	Ocara	parede do açude pacoti	areia	material disperso em superfície	depósito
52	SZ-372	-4.122769	-38.784042	Palmácia	Fazenda Bú	manganês	blocos	ocorrência
53	SZ-373	-4.127697	-38.774364	Palmácia	Fazenda Bú	manganês	lajeado e blocos	ocorrência
54	SZ-393	-4.131045	-38.775543	Palmácia	Baixa Funda	manganês	poço pra pesquisa	ocorrência
55	SZ-381	-4.437724	-38.505989	Ocara	Serragem	manganês	poço pra pesquisa	depósito
56	SZ-382	-4.449014	-38.505333	Ocara	Serragem	manganês	poço pra pesquisa	depósito
57	SZ-383	-4.442284	-38.507014	Ocara	Baixa do Miguel	manganês	poço pra pesquisa	depósito
58	SZ-384	-4.470644	-38.505733	Ocara	Fazenda Canafístula	manganês	poço pra pesquisa	depósito
59	SZ-385	-4.492924	-38.517076	Ocara	Lagoa dos Porcos	manganês	trincheira pra pesquisa	depósito
60	SZ-386	-4.486460	-38.509391	Ocara	Lagoa do Velho	manganês	trincheira pra pesquisa	depósito

Tabela 8.1 – Substâncias minerais identificadas na Folha Baturité. O campo código faz referência aos pontos de ocorrências minerais apresentadas na figura 8.1.

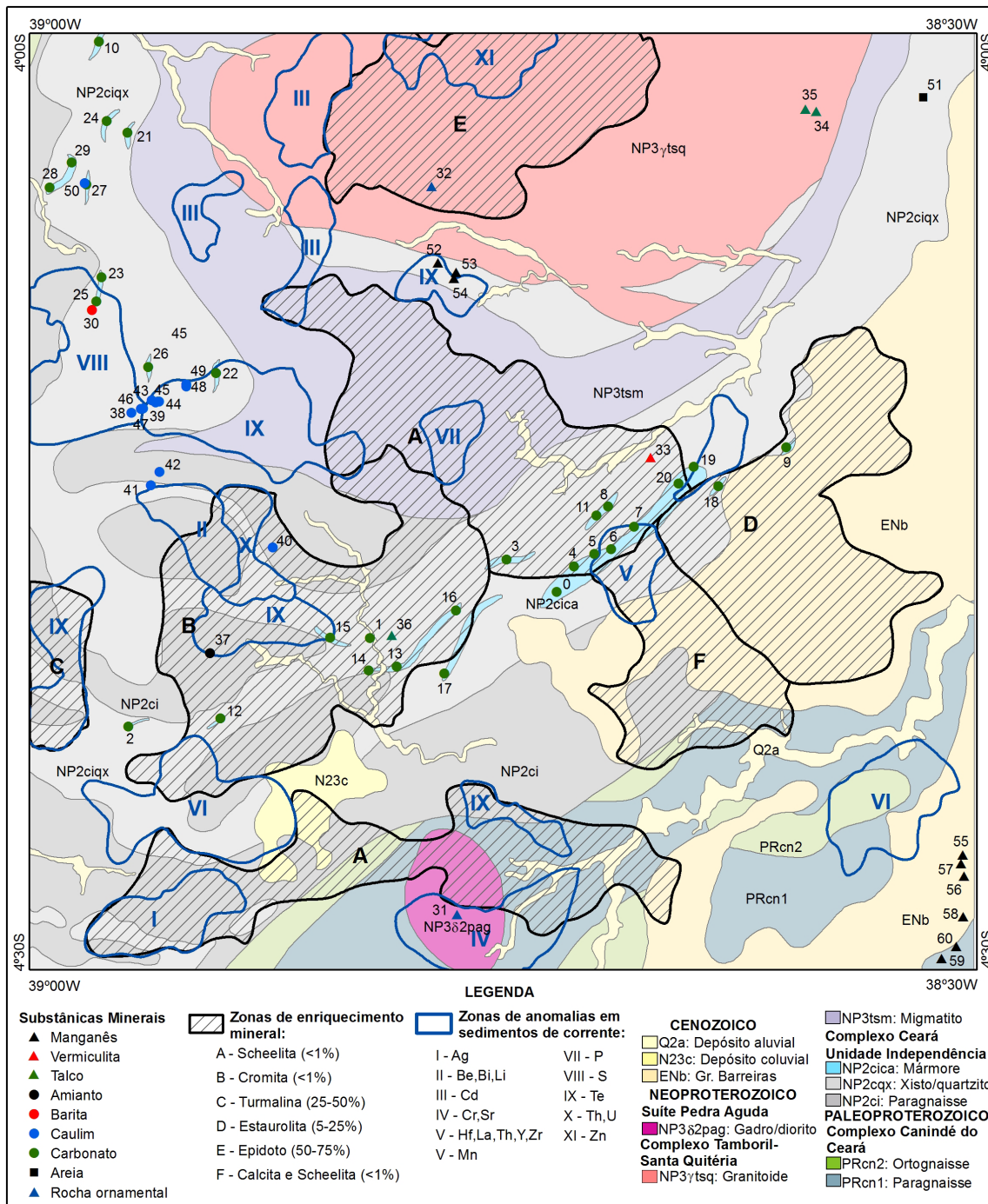


Figura 8.1 – Mapa geológico simplificado da folha Baturité, integrando as ocorrências minerais, as zonas geoquímicas e as zonas mineralógicas. Estas duas últimas detalhadas no capítulo 7 (Geoquímica Prospectiva). Detalhes das ocorrências minerais estão na tabela 8.1, tendo o campo código como referência.

8.1 - MÁRMORE

O calcário metamórfico representa o principal bem mineral da região (Figura 8.2), sendo conhecidas 31 ocorrências, algumas vezes concentradas em determinadas áreas, muitas delas fazendo parte de um mesmo jazimento (lente), como pode ser visto na carta de recursos minerais.

Correspondem a antigos horizontes carbonáticos sedimentares, recristalizados por

processos metamórficos regionais, limitado a zonas de metamorfismo de fácies anfibolito. Ocorrem preferencialmente intercaladas nas sequências metapelíticas que constituem a Unidade Independência, em sua maioria, como um alinhamento de corpos lenticulares que se estendem, de maneira descontínua, concordantes com a estruturação regional NE-SW. Na Serra do Cantagalo, onde ocorre a maior concentração de ocorrências de calcário metamórfico, destaca-se uma grande lente

descontínua, com extensão de mais de 10 Km e largura de aproximadamente 1 Km. Algumas ocorrências e antigos garimpos estão fora desse trend, situados a noroeste da folha (Caridade), correspondendo a garimpos inativos há mais de 50 anos.

Essas rochas geralmente apresentam granulometria fina a média e textura metamórfica granoblástica, às vezes poligonal, que vão de tipos relativamente puros a impuros, compostos essencialmente de calcita (60%), e dolomita (38%), normalmente contendo tremolita, diopsídio, quartzo, mica branca, clorita, pirita, magnetita e relíquias de sulfatos como minerais acessórios e/ou secundários. A rocha apresenta-se maciça em amostra de mão e foliada em escala de afloramento, marcada pela concentração de minerais fibrosos, como tremolita.

Na ocorrência localizada na Serra do Cantagalo (TP-60), observa-se um mármore puro com intercalações de rochas calcissilicáticas de espessura métrica, cortado verticalmente por um dique de diabásio.

Segundo Torres (2004), em alguns locais os mármore apresentam concentrações de quartzo autigênico ao

longo dos planos de foliação, sublinhando ou não a estratificação primária da rocha. Essas tipologias representam, provavelmente, paleoestruturas evaporíticas, marcada pela substituição de sulfatos por sílica, desenvolvidas em ambiente evaporítico.

Grande parte dos depósitos desta região encontra-se em exploração, cujas lavras se processam a céu aberto. A produção é destinada principalmente à produção de cal, sendo lavrados pelas empresas Geolux Mineradora Indústria e Comércio LTDA, Midol Mineração Dolomita LTDA e Tintas Hidracor.

Foi registrada uma mina de mármore para rocha ornamental (SZ-365), a qual estava em fase de inicial de extração. A rocha apresenta-se bastante fraturada, diminuindo sua qualidade para o fim destinado.

Além da fabricação de cal, o calcário metamórfico pode ser aplicado a outras finalidades industriais, como por exemplo, na produção de cimento, cal, corretivo de solos, fundente em metalurgia, brita, produtos químicos, fabricação de vidro, tintas e papel. No setor de rocha ornamental, é crescente a sua procura para pisos, revestimentos e esculturas.

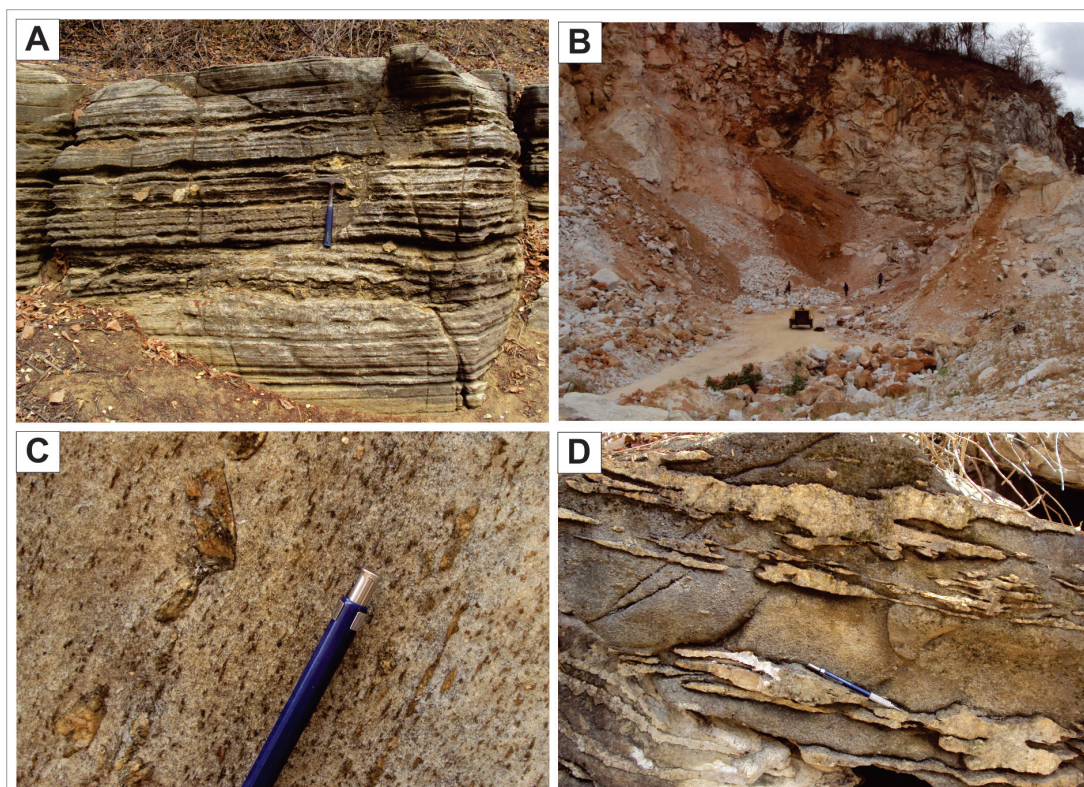


Figura 8.2 – (A) Antigo garimpo de extrações de calcário metamórfico em Faz. Formosa (SZ-368). (B) Mina de extração de calcário metamórfico da empresa Tintas Hidracor S.A. em Acarape (TP-59). (C) Foliação dada pelo alinhamento de tremolita (SZ-387). (D) Ocorrência de calcário metamórfico no Sítio Olho d’água da Bananeira (SZ-391).

8.2 - MANGANÊS

Foram recadastradas 9 ocorrências de manganês na Folha Baturité. A maioria dessas ocorrências concentra-se porção SE da área, no município de Ocara, e em menor na região de Itacima, município de Palmácia. Algumas ocorrências de manganês registradas em trabalhos anteriores não foram encontradas, como a ocorrência de Deserto, no município de Aracoiaba, próximo a Vila de Pau Branco II e a ocorrência de Altos das Madeiras, a SE do açude Pentecoste, no sul Maranguape.

Afloramentos de minério são raros, pois ocorrem sempre sob a forma de seixos, blocos e matacões alinhados *in situ*, e grande parte encontram-se cobertos por sedimentos arenosos. A maioria dos afloramentos é artificial, correspondendo a trincheiras e poços (Figuras 8.3A e 8.3C).

Segundo Veríssimo et al. (2001), as principais ocorrências de manganês do Estado do Ceará localizam-se a cerca de 70 Km a sul de Fortaleza e distribuem-se de uma forma contínua, segundo uma faixa com orientação NNE-SSW, com aproximadamente 60 Km de extensão por 15 Km de largura, estendendo-se desde a localidade de Curupira até a cidade de Pacajus. Entre as ocorrências mais importantes está a de Serragem, parcialmente lavrada na década de 70 pela empresa CRUZUL.

Os corpos lenticulares de protominério de manganês ocorrem intercalados em sequências de quartzitos e de gnaisses, em áreas aplainadas e em pequenos serrotes com altura máxima de 100 metros e se encontram sempre intemperizados. Estes afloramentos são indicados no campo por blocos rolados e/ou cangas de óxido de manganês que recobrem o solo nas proximidades. São rochas metassedimentares em geral finas, constituídos, predominantemente por espessartita, com quantidades variáveis de quartzo, clinopiroxênio (ou o piroxenoide rodonita), clinofibrolito, óxidos de manganês e de ferro e acessoriamente de grafita, titanita, pirita e pirrotita. Manganês de derivação secundária (intempérica) ocorre preenchendo fraturas. As rochas manganíferas são classificadas como gonditos e estão cobertas por uma crosta manganífera preta, provavelmente de pirolusita ou psilomelano, pulverulenta, mostrando-se bastante alterado.

A presença do gondito é importante, pois indica a incidência de atividade exalativa submarina

durante a deposição das rochas desta unidade (Veríssimo et al. 2001). Para Slack et al. (2000), sua origem é em geral atribuída a uma reação entre fluidos hidrotermais exalativos e sedimento clástico depositado no fundo do mar.

Para Souza & Ribeiro Filho (1983) minerais secundários de manganês resultaram da ação do intemperismo em protominério óxido-silicático. Este protominério é de textura granoblástica e mostra cristais de espessartita e de rodonita parcialmente substituídos por óxidos de manganês. Segundo esses autores, os protominérios localizados em Serragem são silicáticos com quartzo (20%), espessartita (75%), rodonita, mangano-cumingtonita, pirita e pirrotita. O minério é composto por criptomelano, pirolusita, litioforita e mangano-nsutita. Possuem texturas variadas: reliquiar, com cristais de espessartita alterados e/ou substituídos; zonada, onde cristais alterados de espessartita são zonados por goethita e criptomelano; pós-deposicional (em retalhos) com partículas de quartzo englobadas por cristais de pirolusita pseudomorfa segundo groutita ou manganita; pós-deposicional, na qual litioforita associada à espessartita aparece alterada em pirolusita; e coliforme, com minerais supergênicos de manganês, sílica e óxidos de ferro; e ainda em mosaico, bandada (deposicional), de borda, nodular concêntrica, brechada e filiforme.

Em função das texturas foram configurados três processos de formação do minério: substituição, preenchimento e laterização. Os minerais de manganês foram formados na seguinte sequência: espessartita, litioforita e/ou criptomelano, manganita, pirolusita e mangano-nsutita. Evidenciam-se três tipos de minérios secundários: o primeiro consiste de óxidos de ferro e manganês formados principalmente por processos de substituição parcial da granada, formando aproximadamente 60% do total (litioforita, pirolusita, criptomelano e mangano-nsutita); o segundo tipo é característico de preenchimento de cavidades e consiste de óxidos de manganês e ferro que se depositaram e fraturas e fendas da rocha (pirolusita e criptomelano); o terceiro tipo é o laterítico, insignificante na área (nódulos concêntricos de pirolusita e criptomelano). A canga é constituída essencialmente de quartzo, granada e óxidos de ferro. Os minerais que se alteram e contribuem para a formação do minério são espessartita, rodonita e mangano-cumingtonita (Souza, 1979).

8.2.1 - Ocorrências de Baixa do Miguel e Serragem

As ocorrências de Baixa do Miguel e Serragem distam cerca de 1 km da BR-122. Nestes locais têm-se elevações com altitude máxima de 100 m e desnível de 5 m, alinhadas concordantemente com a estrutura regional. Observam-se inúmeros matacões de aspecto poroso, de cor castanho-escuro, englobados parcial ou totalmente por material argiloso, laranja-avermelhado, rico em pequenas concreções de óxidos de manganês. Nas elevações verificam-se pequenos blocos de minério negro, maciço, com hábito terroso, deixando nas mãos a cor negra característica dos óxidos de manganês. Matacões ocorrem próximo das elevações, revelando um minério maciço com brilho submetálico de densidade média, aparentemente mais pobre em sílica que os blocos descritos anteriormente.

Esta área foi pesquisada pela ICOMI em 1974, através de uma rede de poços para pesquisa. Verificaram que o minério ocorre em blocos angulosos, de cor castanho-escuros a negros, maciços, de brilho semi-metálico, apresentando densidade média a elevada, com aparente predominância de pirolusita e silicatos de manganês, dispersos no material argilosos de intemperismo.

Em Serragem foram visitadas duas ocorrências de manganês. No ponto SZ-381 foram perfurados cerca de 8 poços para pesquisa de manganês (2 a 6 m profundidade; Figura 8.3A), do qual foram extraídos blocos de pirolusita-clinopiroxênio-granada gondito de cor cinza escuro (melanocrática), bastante fraturado, afanítico, compacto, com pequenas porções de cor creme clara, contendo espessartita (60%), quartzo (15%), clinopiroxênio (10%), óxidos de manganês e pirolusita (15%). Em seção delgada possui uma textura granoblástica com bandamento dado por faixas enriquecidas em granada e clinopiroxênio e por faixas ou bandas ricas em granada e quartzo. Nas bandas onde se tem a presença de clinopiroxênio tem-se a oxidação destes e conseqüentemente a formação de óxido de manganês e pirolusita, moldando a maioria dos cristais e ao longo dos planos de clivagens e fraturas. Espessartita é o mineral predominante e ocorre em pequenos cristais anédricos (subarredondados) e raramente euédricos (dodecaedros). O quartzo está presente em uma das bandas, onde se associa

a granada; mostra-se em cristais anédricos, com extinção ondulante.

Ainda em Serragem, no ponto SZ-382 foi registrado um poço para pesquisa no qual foram extraídos blocos de rocha gondítica de coloração cinza-escuro a preta. Em seção delgada observa-se textura granoblástica fina, bastante fraturada, composta de minerais opacos, diminutos cristais de espessartita e quartzo na forma de sílica criptocristalina tipo calcedônia rica em ferro, os quais são cimentados ou moldurados por óxidos de manganês.

Na ocorrência de Serragem foram computadas 370.000 t de minério bruto a 27%, com reserva medida (CRUZUL, 1975). O minério de manganês é de baixa qualidade e os depósitos são de baixo teor, variando de 15 a 43% de manganês, apresentando uma média de 27%. No entanto, em face à alta demanda da indústria siderúrgica na atualidade, alguns desses depósitos estão sendo lavrados e exportados. A má qualidade do minério é compensada pela posição geográfica privilegiada, aliada a boas condições de infra-estrutura.

8.2.2 - Ocorrências de Itacima

Na região de Itacima, na Serra do Araticum, município de Palmácia, foram verificados alguns poços para pesquisa, onde ocorrem pequenos afloramentos de gonditos intercalados em rochas metassedimentares migmatizadas. Estes depósitos revelam-se análogos aos depósitos gondíticos descritos anteriormente.

Segundo Souza & Ribeiro Filho (1983), o minério ocorre em matacões envolvidos por material argiloso de intemperismo in situ e pó talus provenientes do serrote que se ergue algumas centenas de metros ao norte. Existem outras ocorrências no serrote, havendo a possibilidade de tratar-se de um único corpo mineralizado, o qual teria extensão superior a 500 m. O minério apresenta-se compacto, maciço, em geral, castanho-escuro, com abundantes leitos de enriquecimento negro-azulados, cuja espessura é da ordem de algumas dezenas de milímetros. Pirolusita é provavelmente o óxido essencial, enquanto rodonita e espessartita parecem ser os silicatos mais abundantes. A ocorrência de jacobsita no protominério constitui mais um forte argumento a favor das condições de alto grau metamórfico.

No ponto SZ-372, na localidade

de Maracajá, ocorrem blocos de granada-clinopiroxênio (ou o piroxenoide rodonita) gondito de coloração cinza-clara com máculas em tons rosadas com aspecto brechado, compacto e com fraturas irregulares preenchidas por óxidos de ferro e/ou manganês, encaixado em mica xisto migmatítico bastante alterado. Em seção delgada observa-se textura granoblástica em mosaico formado por clinopiroxênio (77%), espessartita (15%), apatita (3%) e óxidos de ferro e/ou manganês (5%). Espessartita ocorrem em pequenos cristais anédricos, intersticiais ao clinopiroxênio, exibindo cor em tons amarelo bem claro a pálido e com um pouco de oxidação, quando próximo a fraturas. Apatita encontra-se em pequenos cristais anédricos, associados ao clinopiroxênio. Óxidos de ferro são comuns em cristais anédricos, precipitando-se ao longo de pequenas fraturas.

No ponto SZ-373, na localidade de Baixa Funda, ocorrem blocos rolados de grunerita-clinopiroxênio-granada gondito de fácies anfibolito alto, de coloração cinza-clara aspecto brechado, compacto, composto por espessartita (35%), anfibólio (grunerita) (2%), clinopiroxênio (diopsídio-Mn ou o piroxenoide rodonita?) (43%), apatita (8%) e óxidos de ferro e/ou manganês (12%). Em seção tem-se um grande cristal de granada poiquiloblástica, com inclusões de grunerita e restos de clinopiroxênio, ambos

exibindo ao longo das clivagens e fraturas processo de oxidação e infiltração de opaco, dando um aspecto de oxidação (Figuras 8.4A e 8.4B).

No ponto SZ-393, também na localidade de Baixa Funda, ocorre um poço para pesquisa de manganês do qual foram extraídos blocos de quartzo-clinopiroxênio (ou rodonita) - granada gondito melanocrático com pequenas porções de cor cinza-clara a tons róseo-claros, granulação fina, aspecto brechado e sensível ao imã. A mineralogia é composta por espessartita (61%), clinopiroxênio (15%), quartzo (12%), anfibólio fibroso (2%), magnetita e óxidos de ferro e/ou manganês (10%). Em seção delgada observa-se granada formando grandes cristais anédricos, exibindo uma leve cor em tons amarelo-claros e inclusões ou restos de clinopiroxênio e anfibólio fibroso, com oxidação e precipitação de óxidos de ferro e/ou magnetita ao longo de fraturas irregulares. Clinopiroxênio (diopsídio-Fe) encontra-se em cristais prismáticos geralmente oxidados e com precipitação de óxidos de ferro e/ou manganês e magnetita, localmente substituído por anfibólio fibroso. O quartzo encontra-se em grandes cristais anédricos nas bordas ou cortando os cristais de granada, em associação com o clinopiroxênio, exibindo extinção ondulante e fraturas preenchidas por óxidos de ferro e/ou manganês. Grunerita ocorre em cristais fibrosos inclusos em granada (Figuras 8.4C e 8.4D).

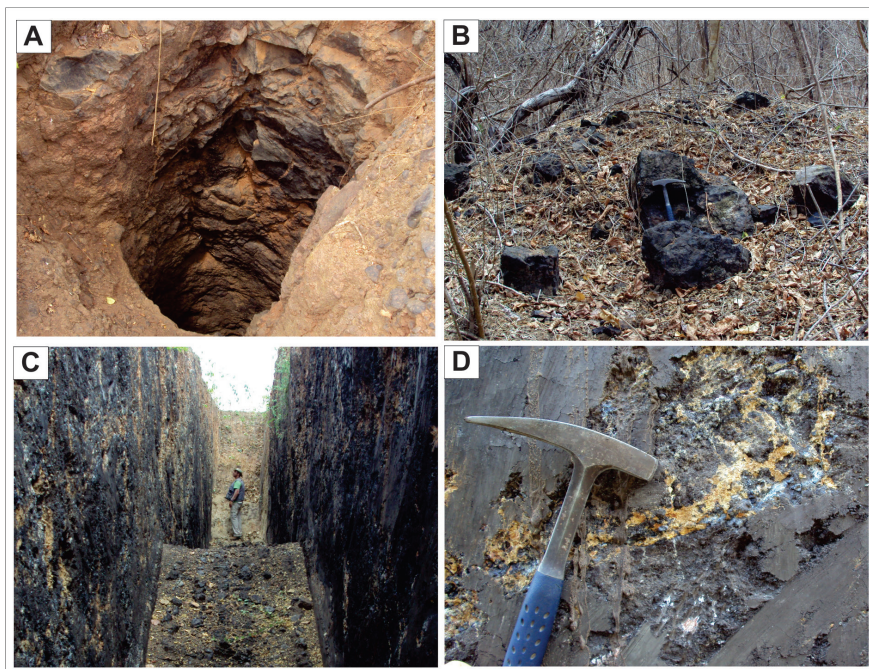


Figura 8.3 – (A) Poço para pesquisa de Mn na localidade de Serragem, Ocara (SZ-381). (B) Blocos de gondito removidos na Faz. Canafístula, Ocara (SZ-384). (C) Trincheira escavada para pesquisa de Mn e (D) Aspecto maciço do Mn na parede da trincheira na localidade Lagoa dos Porcos, Ocara (SZ-385).

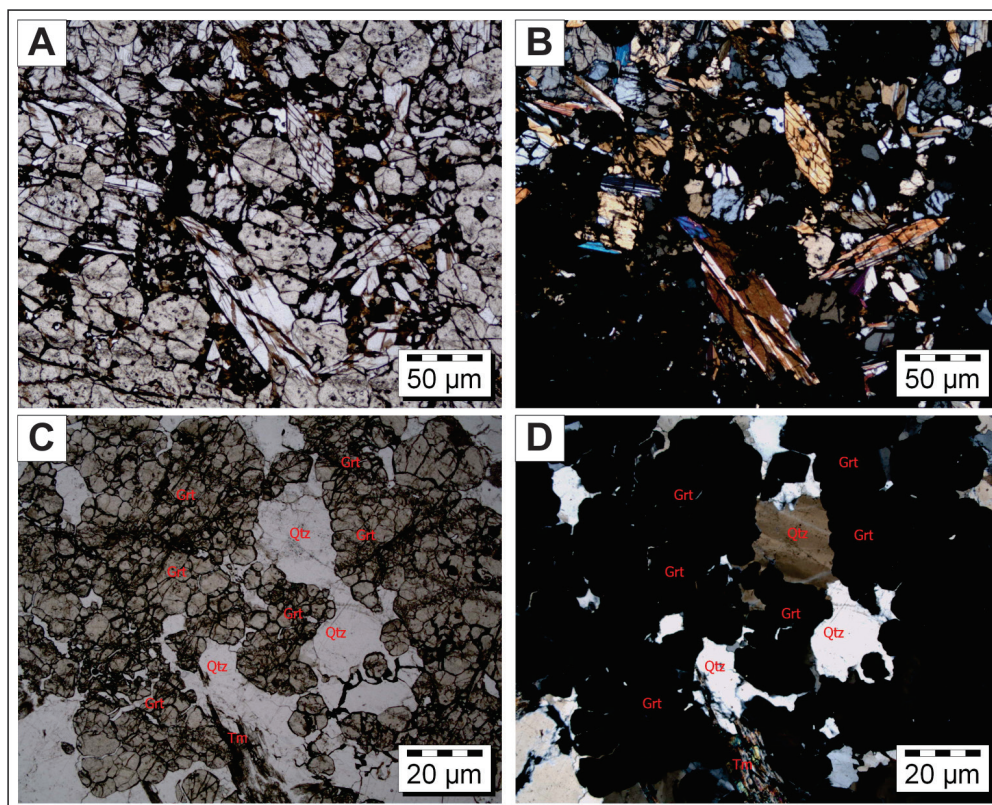


Figura 8.4 - Fotomicrografias de gonditos. Clinopiroxênio-grunerita-granada gondito (SZ-373A) em luz natural (A) e em luz polarizada (B). Quartzo-granada gondito (SZ-393B) em luz natural (C) e em luz polarizada (D).

8.3 - CAULIM

O caulim é um minério composto de silicatos hidratados de alumínio, principalmente caulinita e haloisita e apresenta características especiais que permitem sua utilização no fabrico de papel, cerâmica, tintas, etc. Tem sua principal área de ocorrência na serra de Baturité, nos municípios de Guaramiranga e Pacoti, localizadas dentro da APA – Área de Proteção Ambiental.

Os depósitos residuais de caulim possuem origem ígnea hidrotermal-residual e são derivados do intemperismo químico dos núcleos de feldspato alcalino de origem pegmatítica, relacionados ao intemperismo meteórico das rochas cujo processo se desenvolve em climas úmidos ou em áreas cobertas por solos arenosos armazenadores de água.

O caulim na Serra de Baturité encontra-se encaixado discordantemente em quartzitos e paragneisses da Unidade Independência e apresenta-se como uma argila branca. É friável e geralmente apresenta macroscopicamente impurezas em sílica e palhetas de muscovita e feldspato. A presença de grão de feldspato

mostra que tais jazidas não foram ainda completamente intemperizadas, o que constitui um fator restritivo ao seu uso.

Nas ocorrências de Pernambuco, Correntinho e Brejinho, o minério é resultado de uma mistura de caulim primário, de origem hidrotermal, e caulim secundário, proveniente da alteração do quartzito arcoseano local. Por esse motivo nessas jazidas o material é impuro, rico em grãos de quartzo e palhetas de muscovita. Por outro lado, estes depósitos podem constituir grandes jazidas, apesar do minério ser impuro.

No Sítio Vazantes, distrito de Pernambuco, foram exploradas diversas minas de caulim, que se encontram alinhadas segundo a direção NE-SW. Estas minas estão paralisadas há mais de 50 anos e entulhadas.

No Remanso Hotel de Serra, na estrada que liga Guaramiranga a Pacoti, existem algumas ocorrências de caulim nunca exploradas. Ocorre em forma de bolsões irregulares de caulim de cor branca, criptocristalino, relativamente puro (Figura 8.5A) e na forma de veios de 1 metro de espessura (Figura 8.5B), encaixado em muscovita-biotita-silimanita xisto bastante alterado, concordante com a foliação: 75°Az.

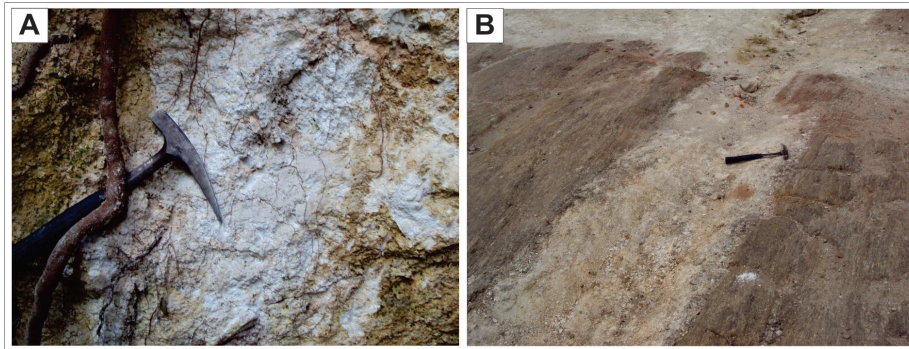


Figura 8.5 – (A) Ocorrência de caulim no Município de Pacoti na forma de bolsões. (B) Veio de caulim cortando um xisto aluminoso (ponto SZ-352).

8.4 - BARITA

Apenas uma ocorrência de barita se faz presente na área do projeto, no município de Caridade, localidade de Carnaubinha, porção NW da Folha de Baturité.

O depósito é do tipo filoneano e a mineralização de origem hidrotermal. A barita ocorre associada a veios verticalizados de quartzo, preenchendo fraturas, encaixados em granada-biotita-silimanita xisto. Constitui-se de um veio de forma grosseiramente tabular, estando orientado segundo a direção aproximada N-S, com largura de 2,5 metros e extensão

longitudinal da ordem de 2 km. Regionalmente dominam rochas gnáissicas, com evidências de intensa movimentação tectônica.

A barita é de cor branco-leitoso, e ocorre sob a forma de agregados granulares em meio à massa quartzosa (Figura 8.6). Observa-se também barita de cor amarronzada, impregnada de óxido de ferro. Segundo Pouchin, 1962 (in: Moraes et al., 1973), técnicos do DNPM concluíram, através de dados de furo de sonda, que o veio não apresenta continuidade em profundidade. O garimpo a céu aberto encontra-se paralisado há cerca de 50 anos e as escavações parcialmente soterradas.

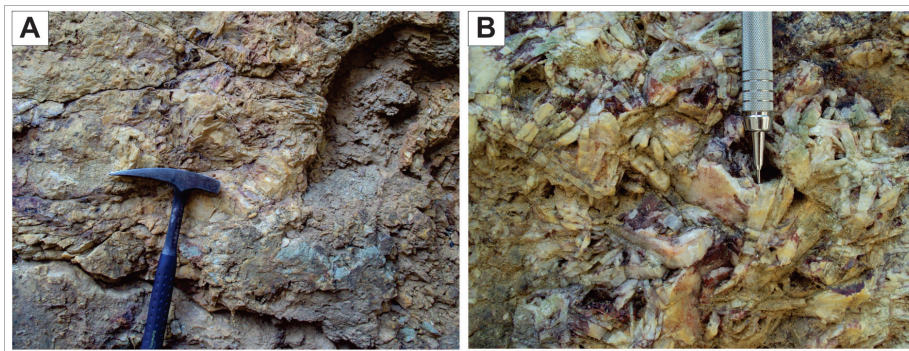


Figura 8.6 – (A) Antigo garimpo de barita na localidade de Carnaubinha, Caridade (SZ-350). (B) Detalhe dos cristais de barita.

8.5 - TALCO

As ocorrências de talco localizam-se porção NE da folha e constituem-se de minas a céu aberto abandonadas há cerca de 30 anos, parcialmente entulhadas (Figura 8.7A). São blocos de talco-actinolita xisto (actinolita 85%, talco 15%) com textura lamelar a fibrosa encaixada concordantemente em sequência metapelítica associada à Unidade Independência do Complexo Ceará, ambos muito alterados.

O talco exibe coloração em tons verde-claro a pálido, com aspecto sedoso ao tato (Figura 8.7B).

Apresenta textura variando de fibrosa a maciça, contendo grandes cristais de actinolita de textura fibro-radial, cujos interstícios são preenchidos por cristais tabulares de talco, indicando que este é produto de alteração da actinolita.

Os depósitos aparentemente constituem pequenas lentes anfibolitizadas geradas a partir da alteração hidrotermal de mármore dolomíticos, não sendo descartada a possibilidade de constituírem depósitos gerados a partir da serpentinização de rochas relacionadas à ação do metamorfismo regional sobre basitos e ultrabasitos.

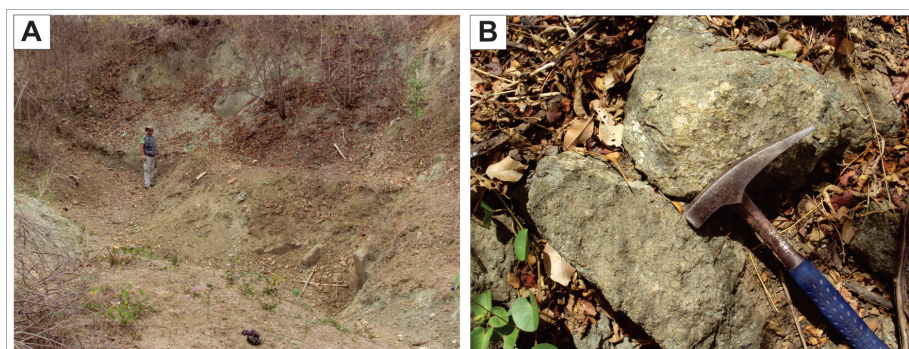


Figura 8.7 – (A) Antigo garimpo de talco na borda oeste do açude Pacoti, em Guaiúba (SZ-85 e SZ-375). (B) Detalhe dos blocos de minério de talco.

8.6 - AMIANTO

As ocorrências de amianto na Folha Baturité constituem depósitos lenticulares economicamente pouco significativos, já que predomina na área o tipo antofílitico, de pouca aceitação no mercado consumidor.

As rochas asbestiformes parecem constituir lentes estratiformes encaixadas concordantemente em anfibólio-gnaisses, migmatitos e dentro de calcários, neste caso, fazendo parte da Unidade Independência ou mesmo bordejando esses parametamorfitos. Em todas as ocorrências estudadas encontram-se agregadas às fibras do amianto muitas impurezas, das quais as mais comuns são quartzo, talco, calcedônia e micas. Devido ao espesso regolito não se observam, com clareza, as relações e características do minério.

Na localidade de Serra Preta, município de Baturité, foi recadastrada uma mina a céu aberto entulhada, abandonada há mais de dez anos (Figura 8.8A). O amianto tem cor branca a cinza-esverdeada, é sedoso ao tato, fibrosos com fibras curtas (2-5cm) e apresenta hábito radial. As fibras pertencem à série tremolita-actinolita. Localmente, na massa mineralizada, aparecem

pequenos cristais alongados de epidoto.

A ocorrência de Jenipapeiro situa-se a 7 km NE de Baturité e nunca foi explorada. O minério pertence à série tremolita-actinolita a qual se apresenta com hábito fibroso e fibroradial, de cor branco e esverdeado (Figura 8.8B).

Estas mineralizações estão associadas a rochas anfibolitizadas e/ou serpentinizadas e a rochas carbonatadas ricas em magnésio. Geneticamente, as rochas anfibolitizadas/serpentinizadas estão relacionadas à ação do metamorfismo regional sobre basitos e ultrabasitos. Contudo, alguns anfibolitos sugerem maior afinidade com rochas calciossilicáticas, as quais, juntamente com o amianto encontram-se associados aos calcários, que resultam do metamorfismo regional em rochas carbonáticas magnesianas originalmente ricas em alumina.

Miyashiro (1961) acredita que o metamorfismo regional acompanhado de metassomatismo em rochas calcárias magnesianas ricas em alumina, pode resultar em anfibólios análogos aos de origem ígnea. Tremolita e lentes de anfibolito têm sido amplamente encontrados nos calcários da área de estudo.

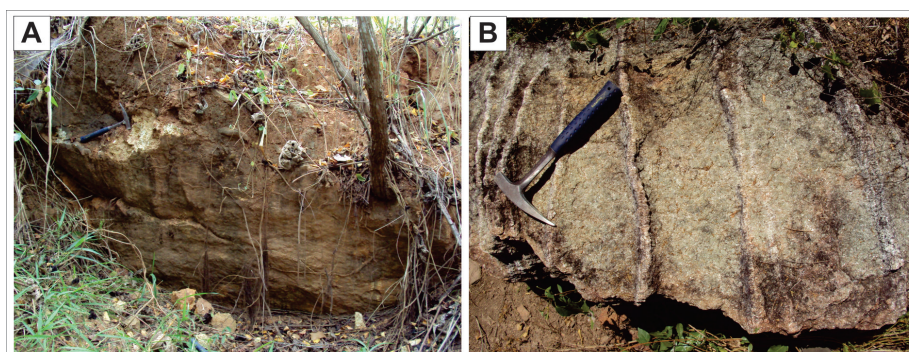


Figura 8.8 – (A) Antigo garimpo de amianto na Serra Preta em Baturité (SZ-342). (B) Ocorrência de amianto-talco na localidade de Jenipapeiro em Acaraé (SZ-375).

8.7 - VERMICULITA

A única ocorrência de vermiculita cadastrada acha-se geneticamente ligada à alteração de biotita em corpo rochosos do tipo piroxenito, no qual o cromo-diopsídio é o principal mineral (Torres, 2004). O grau de alteração a qual foi submetida à rocha não foi suficiente para transformar toda biotita em vermiculita, o que torna a ocorrência sem maiores perspectivas dentro do quadro regional (Projeto Fortaleza, 1977).

No local, encontra-se apenas uma rocha de cor verde escuro, com alto grau de intemperização, com lamelas de biotita, flogopita, vermiculita e cristais de diopsídio.

Segundo o Projeto Fortaleza (1977), a vermiculita é de natureza micácea, apresentando granulação grossa a pegmatoide, formada macroscopicamente por vermiculita e diopsídio, com quantidade bem subordinada de anfibólio. A mica ocorre em forma de palhetas (mm-cm). O diopsídio tem cor verde-clara enquanto o anfibólio tem cor verde escura. A origem da vermiculita deve estar ligada a alteração hidrotermal da biotita e flogopita.

Para Torres (2004), ocorrências de rochas metaltramáficas são observadas pontualmente em antigas trincheiras, quase sempre entulhadas, localizadas nas proximidades da vila de Pau Branco II. Essas rochas estão encaixadas em quartzitos e paragneisses da subunidade Baturité (Unidade Independência), entretanto a relação de contato não é visível devido à alteração. Pode ser considerada como pertencente a um corpo pegmatoide ultrabásico, formado pelo tipo de rocha diopsídio-flogopita-apatita. Apresenta cor esverdeada, composição dominada por piroxênio e flogopita, esta última quase sempre alterada para vermiculita. Dados aeromagnéticos da região, que contem essas rochas ultramáficas e/ou seus produtos de diferenciação, destacam anomalia magnética de aproximadamente 20 km de comprimento por cerca de 1 a 4 km de largura, aparentemente concordante com a estruturação regional.

Embora essa ocorrência esteja quase que totalmente encoberta por solo e vegetação, sua extensão aproximada é de 2,6 km e 1 km de largura, segundo um trend NE (Moraes et al., 1973).

8.8 - AREIA

Na parede do Açude Pacoti, próximo a Itaitinga, há um depósito de sedimentos inconsolidados de natureza aluvial, com composição quartzosa a quartzo-argilosa, granulometria arenosa média e de cor creme. O material é utilizado pelas prefeituras e comunidades locais para construção civil

Trata-se de sedimentos arenosos, de granulometria média a grossa, de coloração esbranquiçada a cinza-claro, com contribuição de minerais pesados. Estes depósitos ocorrem, basicamente, associados ao intemperismo das rochas do Complexo Ceará e Complexo Tamboril – Santa Quitéria.

8.9 - ROCHA ORNAMENTAL

As rochas ornamentais de maior interesse econômico no estado do Ceará pertencem às sequências sedimentares/carbonáticas onde dominam os mármore e ardósias e também os maciços granitoides de filiação ígnea/metamórfica representados por corpos de natureza gnáissica, migmatítica, diorítica, gabroica, sienítica, etc. Existe abundância de granitos com distribuição localizada nas regiões sul, centro e norte do estado, estimando-se, nesse contexto, uma potencialidade disponível da ordem de dez milhões de metros cúbicos (Vidal, 2005).

8.9.1 - Pedra Aguda

Na porção sul da área, na localidade de Pedra aguda, foi identificado um corpo de rochas granitoides e gabroicas, que está sendo explorado com a finalidade ornamental (Figura 8.9). Corresponde à Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda, formada por litotipos básicos e ácidos pós-colisionais, inserida na unidade denominada de Rochas Plutônicas Granulares e definida como de idade Pre-cambriana por Campos et al. (1976).

Localizado a cerca de 7 km da cidade de Aracoíaba, possui forma elíptica, com seu eixo maior medindo cerca de 11 km, ligeiramente orientada na direção N-S, e eixo menor de 7 km (Bessa & Almeida, 2003), intrusivo nos litotipos do Complexo Canindé do Ceará, no extremo sul da

área. Aflora sob a forma de um inselberg rodeado de extensos lajeados, ocupando uma superfície superior a 10.000 m², ao longo da qual podem ser encontrados matacões de até 3 metros de altura, com largura e comprimento métricos.

Os litotipos básicos, referidos genericamente como gabros, são na realidade uma associação de biotita-gabro, gabro-norito, quartzo-diorito e diorito. Estes litotipos são mesocráticos, de granulação fina a média, estão levemente deformados e possuem enclaves máficos microgranulares de composição diorítica.

8.9.2 - Pedreira ao sul de Maranguape

A porção norte da área é ocupada por granitoides e migmatitos, correlatos ao Complexo Tamboril – Santa Quitéria, favoráveis a utilização como rochas ornamentais e demais

insumos para construção civil, como brita e pedras de calçamento. As reservas deste granito, em maciços rochosos são bastante expressivas, mas sob a forma de matacões são bastante raras.

Ao sul de Maranguape, no ponto TP-279, ocorre uma pedreira com extração de granito ornamental (Figura 8.9B) pertencente à unidade denominada Granitoide Tanques (εγ4pt). Trata-se de um granodiorito mesocrático, de cor cinza, equigranular, com textura fanerítica equigranular fina a média, isotrópico, constituído essencialmente por plagioclásio (30-34%), K-feldspato (11-13%), quartzo (28-26%), biotita (24-20%) e titanita, epidoto, zircão e apatita.

Existem ainda na Serra de Baturité, no ponto SZ-359, associadas à Unidade Independência do Complexo Ceará, algumas pedreiras irregulares que extraem quartzito micáceo para a produção de lajotas, paralelepípedos e meios-fios.



Figura 8.9 – (A) Mina para extração de rocha ornamental, na localidade de Pedra Aguda em Acarape (SZ-349). (B) Mina para extração de rocha ornamental ao sul de Maranguape (TP-279).

9 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A cartografia da folha Baturité (SB.24-X-A-I) envolveu levantamento litológico-estrutural, análise petrográfica, análise litogeoquímica, estudo de prospecção geoquímica com base na análise de sedimento de corrente e concentrado de bateia, bem como interpretação de dados geofísicos aerotransportados (magnetométrico e radiométrico). O resultado integrado dos produtos provenientes destas temáticas possibilitou um melhor entendimento da geologia da área, bem como de parte do Domínio Ceará Central da Província Borborema. No entanto, o mais importante desta pesquisa trata-se do fomento à investigação de recursos minerais na área, principal objetivo deste projeto de mapeamento.

9.1 - GEOLOGIA

A folha Baturité é caracterizada por um embasamento Paleoproterozoico, sobreposto por supracrustais Neoproterozoicas, com granitogênese sin- a tardi-colisional referente ao Orógeno Brasileiro/Pan-Africano, seguido de magmatismo pós-colisional e coberturas sedimentares Cenozoicas.

O embasamento é formado por paragneisses, paramigmatitos e ortogneisses de composição granodiorítica a tonalítica que compõem o Complexo Canindé do Ceará. As rochas supracrustais compõem a Unidade Independência do Complexo Ceará. A Unidade Independência é formada por paragneisses, xistos, quartzitos, mármore, rochas cálcio-silicáticas e metabásicas formados em ambiente de plataforma de margem passiva com contribuição vulcano-exalativa em ambiente redutor, conforme a presença de depósitos de manganês associado com xisto grafitoso e mármore com sulfeto de ferro. Os depósitos de manganês ocorrem como blocos de origem supergênica a partir de gonditos. Idade modelo Sm-Nd (TDM) em torno de 940 Ma (Torres, 2004) em rochas cálcio-silicática corrobora com uma deposição no Neoproterozoico. Tanto o Complexo Canindé do Ceará quanto o Complexo Ceará foram submetidas a uma tectônica tangencial durante o desenvolvimento

do Orógeno Brasileiro/Pan-Africano, resultando em uma foliação tectonometamórfica de baixo ângulo com dobramento isoclinal recumbente, seguido de espessamento crustal com vergência principal para S-SW e subordinadamente para W, na porção noroeste da área.

No estágio sin- a tardi-colisional Brasileiro/Pan-Africano houve a intrusão do magmatismo denominado de Complexo Tamboril-Santa Quitéria, diferenciado em três unidades: (1) Migmatitos, representado por diatexitos e por metatexitos com paleossoma de protólito ígneo com idade U-Pb (TIM) em zircão de 622 Ma (Fetter et al., 1999). (2) Granitoide Santa Quitéria, representados por granitoides róseos, deformados, de textura porfirítica a augen, com quimismo peraluminoso a metaluminoso e cálcio-alcálico de alto potássio. (3) Metadiorito Serrote do Bolo, representado por metadiorito e metatonalito metaluminoso e cálcio-alcálico de médio a alto potássio. A gênese desta unidade ainda é alvo de análise, sendo as propostas mais recentes a de um arco magmático (Fetter et al., 2003) ou evolução sin- a tardi-colisional relacionada a slab breakoff (Costa et al., 2010b), ambos durante a Orogênese Brasileiro-Pan Africana.

As paragêneses minerais observadas em análise petrográfica de seção delgada, indicam que os litotipos deformados foram submetidos a um metamorfismo no fácies anfibolito a anfibolito alto, sendo que em poucos exemplares de rocha analisados, a paragênese mineral é do fácies granulito. No entanto há rochas metabásicas da Unidade Independência com textura em coroa de descompressão, marcada por plagioclásio bordejando blastos de granada, que podem indicar metamorfismo de alta pressão, podendo até ser retroeclogitos. Desta forma sugere-se estudos de geobarometria e geotermometria para uma melhor caracterização.

O evento pós-colisional é marcado pela Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda, composta por diorito e biotita-gabro de natureza cálcio-alcálica de médio potássio com idade Pb-Pb de 594 Ma (Bessa, 2000), além de granitoide leucocrático no centro da intrusão. Há ainda stocks de granodiorito e granito equigranular,

metaluminoso a peraluminoso e cálcio-alcálico de alto potássio denominado de Granitoide Tanques.

De modo a contribuir com a compreensão do desenvolvimento da Província Borborema, recomenda-se estudos de cunho geocronológico das unidades cartografadas, através de métodos mais robustos de datação, como U-Pb em zircão. Para os metassedimentos do Complexo Canindé do Ceará e Unidade Independência do Complexo Ceará recomenda-se um estudo de proveniência dos sedimentos através da datação de zircão detrítico em metasedimento ou mesmo tentar uma idade de cristalização das rochas metabásicas associadas à sequência supracrustal, uma vez que não foram identificadas vulcânicas ácidas associadas. Para o Complexo Tamboril-Santa Quitéria recomenda-se uma datação U-Pb de modo a definir a idade de cristalização de uma rocha cuja idade modelo Sm-Nd (TDM) é de 1040 Ma (Torres, 2004) podendo corresponder ao registro no magmatismo pré-colisional deste complexo, cuja médias de idade modelo são em torno de 1.600 Ma.

9.2 - RECURSOS MINERAIS

A Unidade Independência do Complexo Ceará corresponde a unidade mais interessante do ponto de vista metalogenético cartografada na folha Baturité. Nesta unidade há lentes de mármore calcítico e dolomítico, lentes de talco-xisto, ocorrência de vermiculita provavelmente associado a lente de rocha metaultrabásica, xistos grafitosos, blocos e matacões de óxido de manganês de origem supergênica a partir de gonditos e ocorrência de amianto. Ainda nesta unidade, porém associada a fluídos hidrotermais provenientes do magmatismo do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, foi identificado uma ocorrência de barita do tipo filoneano e ocorrências de caulim provenientes do intemperismo químico de cristais de feldspato alcalino constituintes de veios pegmatóides intrusivos nos xistos e paragnaisses.

No extremo sudeste da área, ocorrem as principais ocorrências de óxido de manganês de origem supergênica a partir de gonditos, que estão associados ao Complexo Canindé do Ceará. No entanto, também há rochas maganésíferas associadas à Unidade Independência do

Complexo Ceará, no município de Plamácia.

A área possui ainda um bom potencial de recursos minerais de uso na construção civil. Da Suíte Máfica a Intermediária Pedra Aguda podem ser extraídas rochas para fins ornamentais. Do Complexo Tamboril-Santa Quitéria e do Granitoide Tanques, além da extração de rochas para fins ornamentais, pode também ser lavrado material para brita e dos depósitos aluvionares pode ser extraídas areia grossa para produção de concreto.

Na folha Baturité foram cadastrados 59 ocorrências minerais de diferentes classes utilitárias, constituindo depósitos, minas, ocorrências e indícios. De acordo com a classificação utilitária de substâncias minerais estabelecida no GEOBANK, dois grupos de minerais foram estabelecidos: (i) minerais industriais, representados por calcário metamórfico, manganês, talco, caulim, amianto e barita; e (ii) minerais de uso na construção civil, como areia, rocha para fins ornamentais, pedra para calçamento e brita. O calcário e o manganês constituem os recursos minerais mais abundantes e de maior interesse econômico para a região.

9.3 - GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

As técnicas analíticas de quantificação de elementos químicos em sedimento de corrente possibilitaram o mapeamento geoquímico como ferramenta auxiliar do levantamento geológico básico, com objetivo principal de prospectar riquezas minerais. Entretanto, os limites de detecção utilizados para Au são elevados e apenas 0,9% dos resultados foram qualificados e aqueles que foram detectados estiveram no limite de detecção do método analítico.

Neste estudo, foi aplicada a técnica de diagrama de juntas na definição de limiares, que permitiu o mapeamento das associações geoquímicas anômalas, com áreas de enriquecimento relativo de certos elementos químicos em função do substrato geológico. Os resultados foram coerentes com a paisagem geológica e dos recursos minerais, e comprovam sua eficiência para prospecção mineral.

A estatística multivariada, como análise de principais componentes, aplicado a geoquímica de sedimento de corrente foi

importante ferramenta para simplificar a descrição de um número grande de informações regionalizadas.

A presença de elementos quantificados em brancos de laboratório da SGS Geosol LDTA com valores da ordem de grandeza de limiares de anomalias torna os dados duvidosos quanto à eficiência dos procedimentos de pulverização. As principais fontes de contaminação dos processos de pulverização podem estar relacionadas à limpeza dos equipamentos, como também o desgaste e contaminação das amostras pelos componentes dos equipamentos pulverizadores. Portanto, é recomendável a exclusão dos

procedimentos de pulverização das amostras de sedimento de corrente, que são fontes potenciais de contaminação laboratorial.

Outra recomendação se refere aos resultados mineralométricos de cromita, que deverão ser confirmados sua presença ou não, uma vez que não são foram cartografados rochas máficas a ultramáficas, que são as fontes portadoras de cromita. Em caso positivo de sua presença, cabe a interpretação da presença de rochas ultramáficas não cartografadas na escala de mapeamento, ou sua ocorrência como mineral detrítico nas sequências metassedimentares da Unidade Independência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Brazilian structural provinces: na introduction. *Earth-Science Reviews*, 17, p. 1-29, 1981.
- AMARAL, W.S. Análise geoquímica, geocronologia e geotermobarométrica das rochas de alto grau metamórfico, adjacentes ao arco magmático de Santa Quitéria, NW da Província Borborema. 2010. 234p. Tese (Doutorado) - Universidade de Campinas. Campinas – SP.
- ANDRIOTTI, J.L.S. Interpretação de dados de prospecção geoquímica com auxílio de estatística. Porto Alegre: CPRM, 2010. 73p., ilustr.
- ARAI, M. A grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Geol. USP Sér. Cient.*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6. 2006.
- ARAÚJO, C.E.G. et al. Provenance of the Novo Oriente Group, southwestern Ceará Central Domain, Borborema Province (NE-Brazil): a dismembered segment of a magma poor-passive margin or a restricted rift-related basin. *Gondwana Research*, v. 18, p.497-513. 2010.
- ARTHAUD, M. H. Evolução neoproterozóica do grupo Ceará (domínio central, NE Brasil: da sedimentação à colisão continental brasileira. Brasília: UnB, 2007. 132 p. il. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- BARRETO, A. Mapa geológico do município de Independência-Ce. Recife, SUDENE – Divisão de Geologia. 1971.
- BESSA, M.D.M.R. Caracterização petrológica e química do Complexo Pedra Aguda, CE – Brasil. 144p. 2000. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-Ceará.
- BIGARELLA, J.J. The Barreiras group in northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 47 (Suplemento), p. 365-393. 1975.
- BÔAS, G.S.V., SAMPAIO, F.J., PEREIRA, A.M.S. The Barreiras group in the northeastern coast of the state of Bahia, Brazil: depositional mechanisms and processes. *Am. Acad. Bras. Cienc.*, 73 (3), 417-427. 2001.
- BOYNTON, W.V. Geochemistry of rare earth elements: meteorite studies. In: HENDERSON, P. Rare earth element geochemistry. Amsterdam: Elsevier, 1984. p. 63-114.
- BRAGA, A.P.G.; MORAES, A.M.V.; PASSOS, C.A.B.; SOUZA, E.M.; MORAES, J.B.A.; FRANÇA, J.B.; MEDEIROS, M.F.; RIBEIRO DO VALE, P.A.; ANDRADE, V.A.; MELLO, A.A.; LINS, C.A.C. Projeto Fortaleza: relatório final. Geologia v.1. DNPM/CPRM. Recife. 1977.
- BRITO NEVES, B.B. Regionalização geotectônica do Pré-cambriano Nordeste. 198p. 1975. Tese de Doutorado. São Paulo.
- CABY, R.; ARTHAUD, M.H. Major precambrian nappes of the Brazilian belt, Ceará, northeast Brazil. *Geology*, v. 14, p. 871-874. 1986.
- CAMPOS, M.; BRAGA, A.P.G.; SOUZA, E.M.; SILVA, F.A.F.; FRANÇA, J.B. Projeto rio Jaguaribe: relatório final. Geologia v.1. DNPM/CPRM. Recife. 1976.
- CASTRO, N.A. et al. U-Pb SHRIMP and Id-Tims ages of ordoician anorogenic granitoid magmatism at Taperuaba region, Ceará Central tectonic domain, northeast Brazil. In: SIMPÓSIO 45 ANOS DE GEOCRONOLOGIA NO BRASIL: CPGE 1964-2009, São Paulo. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo: [s.n.], 2009. p. 224-226.
- CASTRO, N.A. Evolução geológica proterozóica da região entre Madalena e Taperuaba, domínio tectônico Ceará Central (Província Borborema). 2004. 221p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CAVALCANTE, J.C.; VASCONCELOS, A.M.; GOMES, I.P.; MEDEIROS, M.F. Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará. Fortaleza: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, CD Rom. Escala 1:500.000, 2003.
- COCKER, M.D. Geochemical mapping in Georgia, USA: a tool for environmental studies, geologic mapping and mineral exploration. *Journal of Geochemical Exploration* 67 (1999) 345–360. 1999.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Manual Técnico da Área de Geoquímica 5.0. 2008.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto Fortaleza: Relatório Final. Volumes I e II. SUREG/RE. 1978.
- Companhia Siderúrgica Cruzeiro do Sul (CRUZUL). Relatórios de pesquisa das áreas de manganês de Aracoiaba-Pacajus (CE). Rio de Janeiro, 1975.
- COSTA, F. G. et al. O Complexo Tamboril-Santa Quitéria: evidências de Slab Breakoff durante colisão continental neoproterozóica, Norte da Província Borborema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 45., 2010, Belém. Anais. Belém: SBG, 2010b.
- COX, K.H., BELL, J.D. & PUNKHURST, R.J. The interpretation of igneous rocks. G. Allen & Unwin, London:450p. 1979.
- CRANDALL, R. Geographia, geologia, suprimento d'água, transporte e açudagem nos estados orientais do norte do Brasil, Parahyba, Rio Grande do Norte e Ceará. Rio de Janeiro, 137p. (IFOCs – Serv. Geol., Série II. Publicação, 4). 1910.
- DARNLEY, A.G.; BJORKLUND, A.; BOLVIKEN, B.; GUSTAVSSON, N.; KOVAL, P.V.; PLANT, J.A.; STEENFELT, A.; TAUCHID, M.; XIE XUEJING; GARRETT, R.G.; HALL, G.E.M. Recommendations for International Geochemical Mapping Final Report of IGCP Project 259. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France. 1995.
- DE LA ROCHE, H. et al. A Classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major element analyses - its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, v. 29, p. 183-210. 1980.

- DEER, W.A., HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. Minerais constituintes das rochas. Uma introdução. Fundação Calouste Gulbenkian. 3o edição. 727p. 2008. Tradução de Carlos Antônio Regêncio Macedo da obra: Na introduction to the rock forming minerals.
- DELGADO, I.M.; SOUZA, J.D.; SILVA, L.C.; SILVEIRA FILHO, N.C.; SANTOS, R.A.; PEDREIRA, A.J.; GUIMARÃES, J.T.; ANGELIM, L.A.A.; VASCONCELOS, A.M.; GOMES, I.P.; LACERDA FILHO, J.V.; VALENTE, C.R.; PERROTTA, M.M.; HEINECK, C.A. Geotectônica do Escudo atlântico. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, p. 227-334, 2003.
- Van Door II, J.; Park Jr., C.F.; Paiva, G. Depósitos de manganês da Serra do Navio Território Federal do Amapá. Rio de Janeiro, DFPM, 1950. 80p. II.
- EHRlich, H.L. MANGANESE CYCLE. IN: FAIRBRIDGE R.W. The Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences, Volume IVa. P.671-673. 1972.
- FAIRBRIDGE, R.W. The Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences. Vol.IVA. VNR. 1321p. 1972.
- FETTER, A. H. et al. 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. 2, p. 265-273. 2003.
- FETTER, A.H. et al. U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal evolution and basement architecture of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the existence of the Paleoproterozoic Supercontinent "Atlantica". Revista Brasileira de Geociências, v. 30, n. 1, p. 102-106. 2000.
- FETTER, A. H. U/Pb and Sm/Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceará state, NW Borborema province, NE Brazil: implications for the Assembly of Gondwana. Tese (Doutorado em Geologia) - Department of Geology, University of Kansas, Kansas. p. 164, 1999.
- FULLER, W.H. Phosphorus Cycle. In: Fairbridge R.W., 1972. The Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences. p946-951. 1972.
- GERMANO, M.J. Prospecção Geoquímica: conceitos e interpretação dos dados. Curso ministrado pelo Prof. Germano Melo Junior. Departamento de Geologia da UFRN. 2010.
- GÓES, A.M.O., FEIJÓ, F.J. Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobrás, 8, 57-67. 1994.
- HACKSPACHER, P.C.; VAN SCHMUS, W.R.; DANTAS, E.L. Um embasamento Transamazônico na Província Borborema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. Anais. Natal: SBG, 1990. v.6. p. 2683-2696.
- HAGLUND, D.S. Uranium: element and geochemistry. In: Fairbridge R.W., 1972. The Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences. p.1215-1222. 1972.
- 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, p. 523-548. 1971.
- JENSEN, L.S. A New cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. Ontario: Ministry of Natural Resources, 1976. (Geological Survey Miscellaneous, Paper 66).
- KEGEL, W. A estrutura geológica do Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro, DNPM / DGM. 32p. Boletim, 170. 1965.
- KLASSEN, R.A. Geological controls on soil parent material geochemistry along a northern Manitoba-North Dakota transect. Applied Geochemistry 24. 1382-1393. 2009.
- LEVINSON, A.A. Introduction to Exploration Geochemistry. 924p. 1974.
- MACHADO, F.B.; MOREIRA, C.A.; ZANARDO, A; ANDRE, A.C.;GODOY, A.M.; FERREIRA, J. A.; GALEMBECK, T.; NARDY, A.J.R.; ARTUR, A.C.; OLIVEIRA, M.A.F.de. Enciclopédia Multimídia de Minerais. [on-line].ISBN: 85-89082-11-3 Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.rc.unesp.br/museudpm>. Arquivo capturado em 10 de fevereiro de 2011.
- MARTINS, G. Litogeoquímica e controles geocronológicos da Suíte Metamórfica Algodões - Choró. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 218p, 2000
- MIDDLEMOST, E. A. K. Magmas and magmatic rocks: and introduction to igneous petrology. New York: LONGMAN, 1985. 200 p.
- MIYASHIRO, A. Evolution of metamorphic belts. Journ. Petrol., 2: 277 – 311, 1961.
- MOON, C.J.; WHATEKEY, M.K.G.; EVANS, A.M. Introduction to Mineral Exploration. Blackwell. p.481. 2009.
- MOORE, W.S.; SWAMI, S.K. Thorium: element and geochemistry. In: Fairbridge, R.W. 1972. The Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences. p. 1183-1188. 1972.
- MORAES, J.F.S. Estudo geológico-econômico preliminar de algumas ocorrências de manganês do Ceará. Atas do VII Simpósio de Geologia. Fortaleza, novembro, 1975.
- MORAES, J.F.S.; CAMPOS, M. Projeto levantamento dos recursos minerais do Estado do Ceará – Programa Minerais Industriais. Relatório final. Governo do Estado do Ceará/CPRM. Recife, CPRM, 1973. 2 v. il. (Boletim 85).
- NETO, J.M.M.; MOITA, G.C. UMA INTRODUÇÃO À ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS MULTIVARIADOS. QUÍMICA NOVA, 21(4). 1998.
- NOGUEIRA, J.F. Estrutura, geocronologia e alojamento dos batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu, Ceará Central. 2004. 123p. Tese (Doutorado em Geociências)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- OLIVEIRA, D.C.; MOHRIAK, W.U. The Jaibaras trough: an important element in the early tectonic evolution of the Parnaíba interior sag basin, Northern Brazil. Marine and

- Petroleum Geology, v. 20, p. 351-383. 2003.
- PARENTE, C.V. & ARTHAUD, M.H. O Sistema Orós-Jaguaribe no Ceará-NE do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4):297-305. 1995.
- PEARCE, J.A. Sources and settings of granitic rocks. *Episodes*, v. 19, n. 4., p. 120-125 1996.
- PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G. Trace elements discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, v. 25, p. 956-983. 1984.
- PEARCE J.A., GORMAN B.E., BIRKETT T.C. The relationship between major element geochemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. *Earth Planet. Sci. Lett.* 36:121-132. 1977.
- PECCERILLO, A.; TAYLOR, S.R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v.58, p.63–81. 1976.
- PELLANT, C. & PELLANT, H. *Rocks and Minerals*. Dorling Kingersley Handbooks. 256p. 2000.
- ROLLINSON, Hugn. *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. New York: longman Scientific Technical, 1993. 352 p.
- SILVA, A.J.P.; LOPES, R.C.; VASCONCELOS, A.M.; BAHIA, R.B.C. Bacias sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas interiores. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, p. 55-165, 2003.
- SILVA, L.C. et al. Reavaliação da evolução geológica em terrenos Pré-Cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SRIMP, Parte III: Província Borborema, Mantiqueira Meridional e Rio Negro-Juruena. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 32, p. 529-544. 2002.
- SHAND. *Eruptive Rocks*. [s.l.]: John Wiley & Sons, 1943.
- SOUZA, J. V. de Geologia e gênese do protominério e do minério da Província Manganésifera de Aracoiaba-Pacajus, no Estado do Ceará, IG-USP. Tese de doutoramento. São Paulo. 1979.
- SOUZA, J.V.; RIBEIRO FILHO, E. Geologia e gênese dos depósitos de manganês da província de Aracoiaba – Pacajus, Ceará. *Bol. IG, Instituto de Geociências, USP*, V.14:1-11. 1983.
- SUN, S.S.; MCDONOUGH, W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: SAUNDERS, A.D.; NORRY, M.J. (Eds). *Magmatism in ocean basins*. [London]: Geological Society, 1989. p. 315-345. (Special Publication, v.42).
- TEIXEIRA, M.L.A. Integração de dados aerogeofísicos, geológicos e isotópicos no limite norte do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, CE (Província Borborema). 2005. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade de Brasília, Brasília.
- TORRES, P.F.M.; CAVALCANTE, J.C., PALHETA, E.S.M., VASCONCELOS, A.M.; OLIVEIRA, F.V. Mapa Geológico da Folha Quixadá (SB-24-V-B), escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos – Serviço Geológico do Brasil - CPRM. 2007.
- TORRES, P.F.M. Aspectos Geológicos e Geocronológicos da Região de Redenção (Ce) e Adjacências – Contexto Regional e Evolutivo: Seqüência Acarape e Suíte Pacatuba. 2004. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- VIDAL, F.W.H.; SALES, F.A.C.B.; ROBERTO, F.A.C.; SOUZA, J.F.; MATTOS, I.C. Rochas e minerais industriais do estado do Ceará. Fortaleza: CETEM; UECE; DNPM; FUNCAP; SENAI, 2005. 174 p. il..

ISBN
978-85-7499-331-7

A elaboração do mapa geológico e recursos minerais da Folha Baturité, na escala 1:100.000, 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.

O projeto foi executado pela Residência de Fortaleza do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, dentro das diretrizes do Programa Geologia do Brasil.

A Carta Geológica na escala 1:100.000 – cujo objetivo é o de gerar e difundir informações geológicas e de recursos minerais para subsidiar o planejamento territorial e o uso do solo e subsolo, além de induzir o aumento dos investimentos em prospecção e pesquisa mineral, com vistas ao desenvolvimento da indústria de mineração no país.

Esse produto deverá auxiliar o governo do estado e órgãos de planejamento, no estabelecimento de políticas públicas de desenvolvimento regional, na medida em que servirão de base para estudos de prospecção e exploração mineral e na adoção de ações estratégicas que visem o desenvolvimento econômico-social.

Nesse contexto, o conhecimento geológico sistematizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM também passa a ser considerado como fonte primordial de informação do meio físico e requisitado para os estudos de zoneamento ecológicoeconômico e de gestão ambiental.

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA BATURITÉ – SB.24-X-A-I

Escala: 1:100.000

ESTADO DO CEARÁ



DEZEMBRO DE 2017

PAC

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

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA


BRASIL
GOVERNO FEDERAL