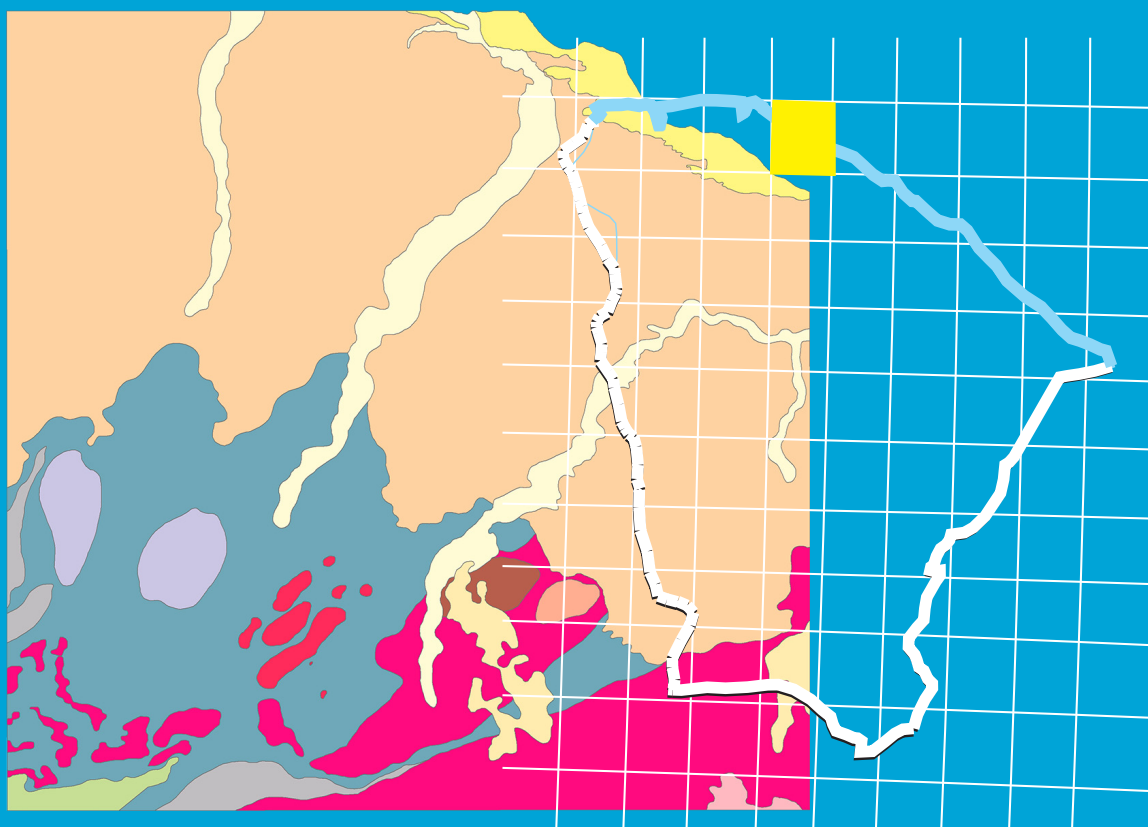


Programa Geologia do Brasil
Levantamentos Geológicos Básicos

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA ITAPIPOCA – SA.24-Y-D-II



Escala: 1:100.000
2018

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DA FOLHA ITAPIPOCA
SA.24-Y-D-II**

ESCALA 1:100.000

ESTADO DO CEARÁ

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Wellington Moreira Franco

Secretário Executivo

Marcio Felix Carvalho Bezerra

Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Maria José Gazzi Salum

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS/ SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Barcelar Nunes

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

Juliano de Souza Oliveira

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Geologia

Lúcia Travassos da Rosa Costa

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Vladimir Cruz de Medeiros

Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Geoquímica

Cassiano Costa e Castro

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe do Departamento de Relações Intitucionais e Divulgação

Valter Alvarenga Barradas

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

Washington José Ferreira Santos

Chefe do Departamento de Apoio Técnico

Urquiza de Hollanda

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Ricardo Luiz Barreiros Motta

RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Chefe da Residência

Darlan Filgueira Maciel

Assistente de Produção de Geologia e Recursos Minerais

Edney Smith de Moraes Palheta

Assistente de Produção de Infraestrutura Geocientífica

Guilherme Marques e Souza

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

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DA FOLHA ITAPIPOCA
SA.24-Y-D-II**

ESCALA 1:100.000

ESTADO DO CEARÁ

ORGANIZADORES

Iramaia Furtado Braga

Iris Pereira Gomes



FORTALEZA
2018

REALIZAÇÃO

Residência de Fortaleza

ORGANIZAÇÃO

Iramaia Furtado Braga
Iris Pereira Gomes

CRÉDITOS DE AUTORIA DO TEXTO EXPLICATIVO

Resumo

Iramaia Furtado Braga

Abstract

Iramaia Furtado Braga

1. Introdução

Iramaia Furtado Braga

2. Contexto Geológico Regional

Iramaia Furtado Braga

3. Estratigrafia

Iramaia Furtado Braga

4. Geologia Estrutural e Tectônica

Iramaia Furtado Braga

5. Geoquímica Prospectiva

Wanessa Sousa Marques

6. Recursos Minerais

Iris Pereira Gomes

7. Conclusões e Recomendações

Iramaia Furtado Braga

8. Referências Bibliográficas

Iramaia Furtado Braga
Iris Pereira Gomes

CRÉDITOS DE AUTORIA DA CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

Iramaia Furtado Braga

CRÉDITOS DE AUTORIA DO SIG GEOLÓGICO

Guilherme Marques de Souza
Iramaia Furtado Braga

APOIO TÉCNICO

COORDENAÇÃO TÉCNICA REGIONAL

Antônio Maurílio Vasconcelos

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS

Iramaia Furtado Braga
Iris Pereira Gomes

LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS

Vicente Calixto Duarte Neto
Antônio Celso R. de Melo
Raimundo Anunciato de Carvalho

ANÁLISES PETROGRÁFICAS

Iaponira Paiva Gomes

PROJETO GRÁFICO

CAPA

Washington José Ferreira Santos

EDITORAÇÃO E DIAGRAMAÇÃO

Eriveldo da Silva Mendonça
Gisele Eiras de Souza

REVISÃO FINAL

Edilton José dos Santos

CPRM/SGB - Serviço Geológico do Brasil

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

Braga, Iramaia Furtado.

C376g

Geologia e Recursos Minerais da Folha Itapipoca - SA.24-Y-D-II, Escala 1:100.000, Estado do Ceará / Iramaia Furtado Braga, Íris Pereira Gomes - Fortaleza: CPRM, 2018.

73 p.: il.; + mapa (disponível em meio digital)

Programa Geologia do Brasil (PGB)

ISBN: 978-85-7499-375-1

1. Geologia Regional – Ceará. 2. Recursos Minerais. 3. Estratigrafia. 4. Geotectônica. 5. Petrologia. 6. Prospecção Geoquímica. I. Gomes, Íris Pereira. II. Título.

CDD: 558.131

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, tem a grata satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral os resultados alcançados pelo PROJETO FOLHA ITAPIPOCA - SB.24-Y-D-II. Executado pela Residência de 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 Itapipoca, Uruburetama, Itapajé, Amontada e Irauçuba, localizados 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

JOSÉ LEONARDO SILVA ANDRIOTTI
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

A Folha Itapipoca-CE (SB.24-Y-D-II), mapeada em escala 1:100.000, é limitada pelos paralelos 3°00'S e 3° 30'S e meridianos 39° 30'W e 40° 00'W. No contexto geológico está inserida na porção setentrional da Província Borborema, no Domínio Ceará Central.

Em termos litológicos a folha é composta por rochas do Complexo Canindé do Ceará, riaciano, sub-dividido nas unidades PRcn1 e PRcn2, que abrangem migmatitos diversos e ortognaisses migmatizados; Complexo Ceará, criogeniano, representado por metassedimentos da Unidade Independência (NP2ci); Complexo Tamboril-Santa Quitéria, agrupando terrenos ígneos/anatéticos, criogenianos a ediacarianos, sendo constituído pelas unidades Granitoide Santa Quitéria (NP3ytsq), Diatexitos (NP3ytsd), e Unidade Sienito Gurupá (NP3ytsq); Suíte Magmática Tardi a Pós-orogênica, cambro-ordoviciana, é composta unidades Leucogranito Penedos, Granito Amontada e Granulito Macaco. As Coberturas Cenozoicas representam cerca de 50% da área mapeadas e são formadas pelo Grupo Barreiras, Coberturas Sedimentares inconsolidadas, Coberturas Eólicas Litorâneas e Coberturas Aluvionares.

As análises químicas foram realizadas em 60 amostras representativas dos principais litotipos. Litotipos ortoderivados (PRcn1) do Complexo Canindé do Ceará, são rochas pré a pós-colisionais, que exibem característica metaluminosa a peraluminosa, com tendência principal para a série cálcio-alcalina de médio a alto potássio, e distribuem-se no campo da série sub-alcalina. Amostras do Granitoide Santa Quitéria são pré a sin-colisionais, apresentam caráter metaluminoso a peraluminoso, afinidade cálcio-alcalina de alto potássio a shoshonítica, e distribuem-se predominantemente no campo de série sub-alcalina. O Leucogranito Penedos apresenta afinidade para a série shoshonítica, característica metaluminosa a peraluminosa, e tendência para rochas alcalinas. Posicionam-se em ambiente pós-colisional a pós-orogênico, com assinatura de granitos de arco vulcânico e granitos intraplaca, e são classificados como granitoides anorogênicos (Tipo A). O Granito Amontada posiciona-se no campo de rochas pós-colisionais, apresenta afinidade shoshonítica, exibe caráter peraluminoso e insere-se no campo cálcio-alcalino. São granitos com assinatura de arco vulcânico.

Para a estruturação da área é proposto um modelo de evolução em dois eventos tectônicos. O primeiro é relacionado à intrusão do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, ocorrida em torno de 640-620 Ma em regime sin-colisional ou em estágio evoluído de arco magmático continental. Neste evento foi desenvolvida uma foliação Sn, cujo sentido de transporte tectônico seria para NW. O segundo evento ocorreu em torno de 580-530 Ma, desenvolveu-se em regime transcorrente, e com cinemática dextral, sendo gerada a foliação milonítica Sn+1.

O arranjo estrutural da área assinalado por um forte trend SW-NE, que condicionou a forma em corpos alongados do Granitoide Santa Quitéria e da Suíte Magmática Tardi a Pós Orogênica (Leugranito Penedos, Granulito Macaco e Granito Amontada), bem como os corpos do Sienito Gurupá.

A análise de atitudes de feições dúcteis evidenciou uma foliação Sn com planos de direção WSW-ENE, com mergulho médio de 23° para SSE, associada à lineação oblíqua com caimento de 23°, preferencialmente para SSW. Enquanto que a foliação Sn+1, milonítica de direção SW-NE, é caracterizada por planos com médio a alto ângulo de mergulho (61°) para SE, e associada a lineação direcional com caimento médio de 18° para SW. Apesar da forte influência das estruturas Sn+1, a foliação Sn é identificada em toda a área, mais comumente no limite sul próximo zona de cisalhamento contracional que promove o contato tectônico entre a unidade Granitoide Santa Quitéria com as rochas dos complexos Ceará e Canindé do Ceará. É observada, também, a oeste da Zona de Cisalhamento de Forquilha (ZCF).

Em termos de domínios estruturais a área pode ser dividida em dois, uma a leste e outro a oeste da Zona de Cisalhamento de Forquilha (ZCF), que constitui a principal feição dúctil S_{n+1} , de direção SW-NE e movimentação dextral.

No domínio a leste prevalecem planos que são considerados registros da foliação S_n . Nesta porção da área, a foliação apresenta variação de mergulho entre médio (32°) a médio/alto (61°) para SE. A lineação de estiramento (L_x) varia de oblíqua a direcional, com caimento médio de 26° para SW. Aparentemente, mesmo este domínio já apresenta influência das estruturas S_{n+1} , evidenciada pelo aumento do ângulo de mergulho da foliação.

A oeste da Zona de Cisalhamento de Forquilha a foliação é caracterizada por mergulho médio de 21° para SSE, e associada à lineação (L_x) oblíqua, com baixo caimento (17°) para SSW. O espalhamento de atitudes formando uma guirlanda indica presença de dobramentos. Para este domínio é assumido que o movimento relativo dextral entre planos transcorrentes secundários a ZCF, dobrou S_n e ao longo desses planos se desenvolveu a foliação milonítica S_{n+1} , de mais alto ângulo de mergulho. Como resultado tem-se o padrão crenulado como observado em mapa, com dobras com caimento médio de 25° para SW, e eixo aproximadamente paralelo a lineação (L_x).

Os resultados da prospecção geoquímica indicaram presenças pontuais de elementos, entre eles, Ag, W, Cd, Sb, Ni, Bi, Ta, Nb, Hf, Ce, Li, e V, com teores acima do limiar, em amostras localizadas em canais de primeira ou de segunda ordem, sem continuidade no canal principal da bacia hidrográfica. Sendo necessária uma escala de amostragem maior, para determinar com mais exatidão que unidades litológicas primárias seriam responsáveis pelo lançamento dos elementos com teores anômalos no ambiente.

A região de Itapipoca apresentou-se promissora com relação à presença de mineralizações de Cr e Ni, além dos resistatos ilmenita e anfibólio, mas com relação aos outros elementos com teores anômalos, recomenda-se uma malha de amostragem mais densa que permita a obtenção de comentários mais precisos.

A associação Cr-Ni é considerada relevante na área por ser responsável por 68,34% da variância dos dados, juntamente com outros elementos, significando que provavelmente é derivada de vários pontos ao longo da área, e que pode também ser derivada de corpos ultramáficos com ouro. A presença de ouro foi detectada através de uma pinta no tamanho de 0,5 mm em rochas do Complexo Canindé do Ceará (PRcn1).

A associação U-Th-Y-Hf é considerada como relevante por ser responsável por 16,21% da variância juntamente com outros elementos, podendo corresponder a forte presença de zircão. Dioritos associados ao Sienito Gurupá contém teores anômalos de Nb, Sr e P.

O Complexo Canindé Ceará (PRcn1) contém teores anômalos de Sr, P, As, Te, Fe, Nb, Th, La e Ce. Esta unidade também apresentou teores elevados de ilmenita com 40 a 85% em peso, e anfibólios com 40 a 85% em peso em concentrado de bateia. A Unidade Independência também contém altos teores de ilmenita.

Rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (Unidade Granitoide Santa Quitéria), Complexo Canindé do Ceará (Unidade PRcn1), Leucogranito Penedos, Granulito Macaco contém teores anômalos de As e altos teores de ilmenita.

O Complexo Tamboril-Santa Quitéria contém teores anômalos de As, Te, U, Th, La e Ce. O Leucogranito Penedos contém teores anômalos de Nb, As e altos teores de ilmenita.

O Grupo Barreiras contém teores anômalos de As, Fe, U, Th, La e Ce, além de altos teores de ilmenita.

O Granulito Macaco e as Coberturas Aluviais apresentam altos teores de ilmenita.

O Granito Amontada contém altos teores de anfibólios.

Quanto aos Recursos Minerais, foram cadastradas 69 ocorrências minerais, das quais 49 são novos registros e 20, compiladas de projetos anteriores. Existem 81 requerimentos dentro dos limites da folha Itapipoca, envolvendo várias substâncias, tais como granitos, gnaisses, calcário, argila, areia, diatomita, arenito e pegmatito. Outras substâncias autorizadas à pesquisa são quartzo, ferro e ouro, porém não foram encontrados quaisquer indícios destes minérios.

Em adição ao potencial econômico também foram encontrados 6 registros fósseis, em depressões em lajedos rochosos (tanques naturais), próximos às localidades de Tabocas e Jirau, que são considerados um forte atrativo paleontológico a ser explorado.

O setor mineral constitui um importante fator econômico na folha, sendo divididos em Minerais Industriais (calcário, diatomita e pegmatito) e Materiais para Construção Civil (granito, migmatito, gnaisse, arenito, areia e argila). É notável na área o descumprimento da legislação no caso das extrações clandestinas e a possibilidade de esgotamento da jazida pela falta de planejamento. O aproveitamento ineficiente da matéria-prima disponível favorece ao abandono precoce da mina.

ABSTRACT

The Itapipoca sheet (SB. 24-Y-D-II) is located in the Ceará State, limited by the coordinates 3°00'S and 3°30'S and 39°30' W and 40°00'W, inserted in the northern portion of the Borborema Province, Ceará Central Domain.

The mapped area comprise rocks from the Paleoproterozoic to recent times, represented by the; (i) (Rhyacian) Canindé do Ceará Complex, divided into two units: paramigmatites (PRcn1) and migmatitic orthogneisses (PRcn2); (ii) the Ceará Complex (Cryogenian), represented by metasedimentary rocks of Independência Unit (NP2ci); (iii) the igneous/anatetic rocks from the Tamboril-Santa Quitéria Complex (Neoproterozoic), constituted by granitoids and diatexites of the Santa Quitéria Unit, and Gurupá syenite Unit; (v) Late- to Post-orogenic magmatism (Cambrian to Ordovician) are composed by the Amontada Granite, Penedo Leucogranite and the Macaco Granulite units; and finally (vi) the Cenozoics covers, that represent ca. 50% of the mapped area, are formed by the Barreiras Group, plus recent sedimentary covers, as Eolian sediments (dunes) and alluvial sediments.

Chemical analyses were performed on 60 samples representative of the main lithotypes. The orthoderived lithotypes (PRcn1) of the Canindé do Ceará Complex, show characteristics of subalkaline series, metaluminous, with main trend for medium-K calc-alkaline series. Samples of Santa Quitéria granitoids are metaluminous to slight peraluminous, with shoshonitic to high-K calc-alkaline trend, with affinity to sin-collisional granitoids. The Penedo Leucogranite shows affinity for the shoshonitic series, metaluminous, with slight tendency to alkaline rocks with A-type (anorogenic) characteristics. The Amontada Granite shows metaluminous and shoshonitic affinity, with tectonic signature of volcanic arc to post-collisional setting.

The structural analyses of ductile features evidence a S_n foliation with WSW-ENE main direction, dipping 23° for SSE, and associated with the oblique lineation, generally dipping ~25° SSW. The subsequent S_{n+1} foliations, are generally mylonitic, with SW-NE direction, with medium to high angle dipping (61°) and associated with directional lineation with ~18° to SW. Despite the strong influence of S_{n+1} , the S_n foliation is identified throughout the area, most commonly in the southern boundary near compressional shear zones that represent the tectonic contact between the Santa Quitéria Granitoids and rocks of the Ceará Complex and Canindé of Ceará Complex. The proposed structural evolution for the area is based in two tectonic events. The first one is related to the intrusion of the Tamboril-Santa Quitéria Complex, occurred ca. 640-620 Ma. These granitoid intrusions are sin-tectonic to the S_n foliation, with tectonic transport towards to NW, and were probably developed during sin-collisional or continental magmatic arc stage. The second tectonic event occurred around 580- 530 Ma, under strike-slip (transcurrent) regime and with dextral kinematics. It was responsible for the formation of the mylonitic foliation S_{n+1} , marked by a strong SW-NE trend, which conditioned the elongated forms of the Late- to Post-orogenic granitoids. Furthermore, the area can be divided into two structural domains: one located at the east side, and another one at the west side of the Forquilha Shear Zone (FSZ). This shear zone is a ductile structure with SW-NE direction and dextral shear sense is considered the main S_{n+1} conditioning structure. In the east side of the FSZ prevails foliation (S_n) which are considered records from the first deformational event, and the west side, the foliation is characterized by low/median dip to SSE, associated to oblique strike-slip lineation, with low angle dipping to SSW. The spreading of attitudes indicates presence of drag folds, responsible for development of the S_{n+1} axial foliation and crenulation characteristics.

In respect to the geochemical prospecting results, relevant values for Cr and Ni contents are found in the area, but no mafic-ultramafic rock were mapped at the 1:100.000 scale, and then, it must be further investigated in future detail scale (1:50.000 or 1.25.000 scale). The presence of gold was detected throughout the

panning concentrated, and it is probably related to rocks of the Canindé do Ceará Complex (PRcn1) or shear zones within it.

In the mapped area, 69 mineral occurrences were registered, which 49 represent new records and 20 are compiled from previous works. There are 81 requirements for mineral research in the area, involving various substances, such as granites, gneisses, limestone, clay, sand, diatomite, sandstone and pegmatite. Quartz, iron and gold are other authorized substances for private research. In addition to the economic potential, 6 fossil records were found near the Tabocas and Jirau towns, which are considered a strong paleontological attractive to be explored.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	19
3. ESTRATIGRAFIA	23
3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	23
3.2. UNIDADES LITOESTRATIGÁFICAS	24
3.2.1. Complexo Canindé do Ceará	24
3.2.2. Complexo Ceará.....	25
3.2.2.1. Unidade Independência (NP2ci)	25
3.2.3. Complexo Tamboril-Santa Quitéria	25
3.2.3.1. Granitoide Santa Quitéria (NP3ytsq).....	25
3.2.3.2. Diatexitos (NP3tsd)	25
3.2.3.3. Sienito Gurupá (NP3ytsq).....	26
3.2.4. Suíte Magmática Tardi a Pós-Orogênica	27
3.2.4.1. Leucogranito Penedos (NP3ylp)	27
3.2.4.2. Granito Amontada (NP3y3amt)	27
3.2.4.3. Granulito Macaco (NP3y3mc)	28
3.2.5. Coberturas Cenozoicas	28
3.3. LITOGEOQUÍMICA.....	29
3.3.1. Complexo Canindé do Ceará	29
3.3.2. Granitoide Santa Quitéria	29
3.3.3. Leucogranito Penedos	34
3.3.4. Granito Amontada	37
4. GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA	39
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	39
4.2. ASPECTOS ESTRUTURAIS DE FEIÇÕES DÚCTEIS	39
4.2.1. Foliação e Lineação	39
4.2.2. Zona de Cisalhamento de Forquilha e Domínios Estruturais.....	40
4.3. EVOLUÇÃO TECTÔNICA	41
5. GEOQUÍMICA DE PROSPECÇÃO	43
5.1. GENERALIDADES	43
5.2. MÉTODO DE CAMPO.....	43
5.3. MÉTODO ANALÍTICO	44
5.3.1. Sedimentos de Corrente.....	44
5.4. TRATAMENTO DOS DADOS	44
5.4.1. Sedimentos de Corrente.....	44

5.4.2. Estudo da Variância	44
5.5. SUMÁRIO DOS ESTIMADORES	44
5.5.1. Histogramas e Tipos de Distribuição	45
5.6. CORRELAÇÕES E AGRUPAMENTOS.....	45
5.7. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)	52
5.8. RESULTADOS.....	53
6. RECURSOS MINERAIS	59
6.1. APRESENTAÇÃO.....	59
6.2. OCORRÊNCIAS MINERAIS.....	59
6.2.1. Minerais Industriais.....	59
6.2.1.1. Calcário	59
6.2.1.2. Diatomita	59
6.2.1.3. Pegmatito.....	60
6.2.2. Materiais de Uso na Construção Civil	60
6.2.2.1. Brita.....	60
6.2.2.2. Pedra para Pavimentação	61
6.2.2.3. Rocha Ornamental ou de Revestimento.....	61
6.2.2.4. Areia.....	62
6.2.2.5. Argilas	63
6.3. REGISTROS FÓSSEIS.....	63
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	67
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DA FOLHA ITAPIPOCA
SA.24-Y-D-II**

ESTADO DO CEARÁ

1. INTRODUÇÃO

Pesquisadores ligados a universidades e a empresas privadas ou públicas promovem constantes investigações sobre as diversas unidades litoestratigráficas que compõem o arcabouço geológico do Estado do Ceará, colaborando para melhor entendimento do contexto geológico, e na busca de possíveis alvos com potencial econômico. A CPRM através do Programa Geologia do Brasil (PGB) vem sistematicamente executando a cartografia geológica básica, a atualização de cadastro de recursos minerais e a prospecção geoquímica de sedimentos de corrente em diversas folhas no Brasil. O PGB está incluído no Programa de Aceleração de Crescimento do Governo Federal (PAC).

A presente nota explicativa apresenta o mapeamento geológico da Folha Itapipoca-CE (SB.24-Y-D-II), em escala 1:100.000. A área está inserida na porção

setentrional da Província Borborema (Almeida et al., 1977), no Domínio Ceará Central. Em termos litológicos, predominam depósitos cenozoicos e, no embasamento, exposições dos complexos: Canindé do Ceará, Ceará e Tamboril-Santa Quitéria. A partir dos primeiros, foram ou são exploradas, areia e argila na classe de substâncias minerais consideradas como materiais de uso na construção civil. Registram-se, ainda, ocorrências de diatomitas extraídas para fins industriais. As unidades apresentam bom potencial para a exploração de migmatitos, granitos e gnaisses, também utilizados na construção civil.

A Folha Itapipoca-CE abrange uma superfície da ordem de 3.000 km², é limitada pelos paralelos 3° 00'S e 3° 30'S e meridianos 39° 30'W e 40° 00'W (Figura 1.1). A área, localizada na porção norte do Ceará, dista aproximadamente 135 km de Fortaleza

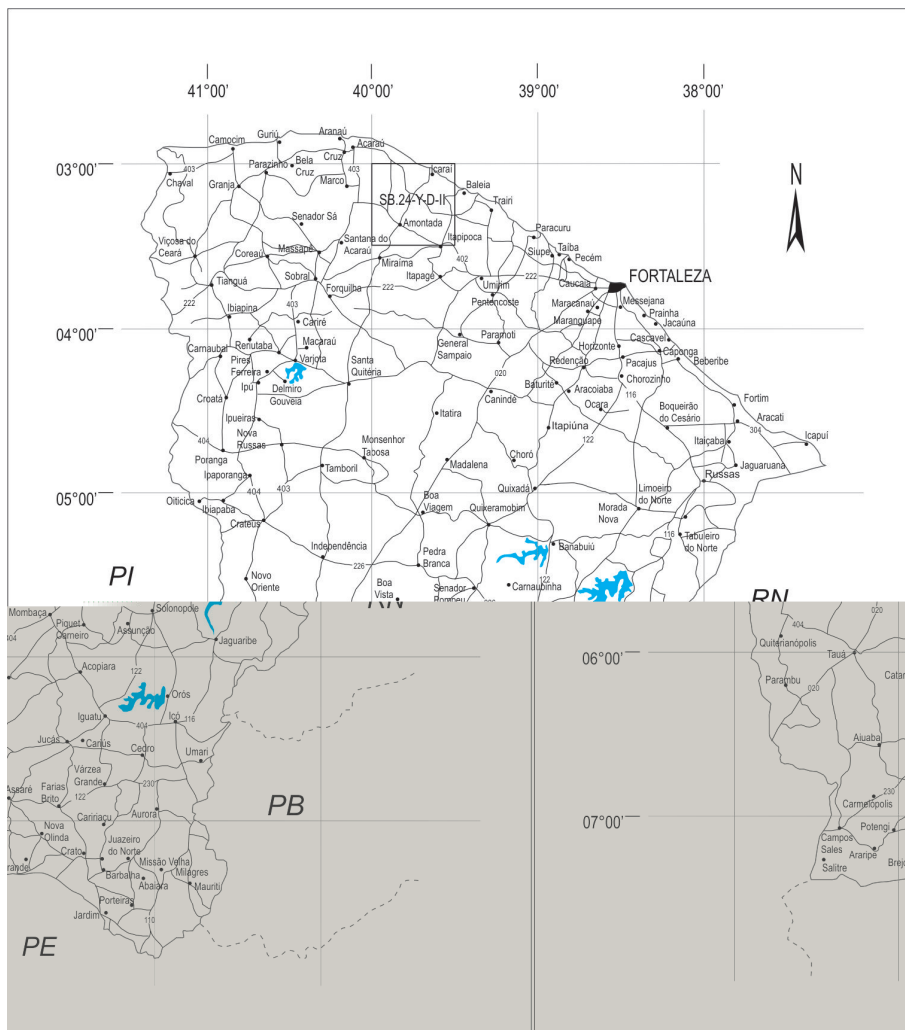


Figura 1.1 - Localização e vias de acesso à Folha Itapipoca no Estado do Ceará.

e abrange parte dos municípios de Itapipoca, Itarema, Acaraú, Morrinhos, Amontada, este último estende-se até a zona costeira. O acesso, partindo de Fortaleza é realizado através da rodovia BR-222 até Umirim e, a partir desta segue pela BR-402, passando por Tururu e Deserto, até a sede do município de Itapipoca, no extremo sudeste da Folha. Os trajetos até as demais localidades no interior da área podem ser feito por estradas asfaltadas ou carroçáveis, em variáveis condições de trânsito.

O procedimento metodológico utilizado no mapeamento seguiu a sistemática adotada pela CPRM no Programa Geologia do Brasil (PGB).

A Etapa Preparatória consistiu na aquisição, compilação e integração de dados bibliográficos. A partir de mapas geológicos anteriores, bases cartográficas, imagens de satélite, fotointerpretação em escala 1:70.000, mapas aerogeofísicos, bases de dados da CPRM/GEOBANK, dados geocronológicos e litogeoquímicos trabalhados em ambiente SIG (Sistema Geográfico de Informações), foram elaborados mapas temáticos de serviço, cuja integração gerou um mapa geológico preliminar, em escala 1:100.000, utilizado nas etapas de campo posteriores.

Durante a etapa principal foram realizadas 6 etapas de mapeamento geológico, totalizando 87 dias de campo, no período compreendido entre os anos de 2011-2012. Nesta fase foram cadastrados 563 pontos, mediante a descrição de afloramentos e elementos estruturais. Com isto procurou-se definir as diferentes unidades presentes, identificação estruturas tectônicas e relações de contato entre litotipos. Foram feitas coleta de amostras para análises laboratoriais: petrografia, litogeoquímica (rocha total) e geocronológica (LA-ICPMS), que

constituíram importantes subsídios para a redação desta nota explicativa, bem como, para o entendimento da evolução geológica da área. Ainda nesta fase, buscou-se a caracterização da folha quanto ao seu potencial econômico (recursos minerais), através do cadastro de depósitos, ocorrências e indícios minerais, bem como a confirmação de ocorrências anteriormente identificadas em projetos da CPRM, ou por outras entidades.

A prospecção geoquímica regional ocorreu simultaneamente ao mapeamento geológico. Na sistemática adotada, foram coletadas 304 amostras de sedimentos de corrente, com 27 pares de duplicatas de campo para teste de variância. Em 105 destas estações foram coletados concentrados de bateia. A distribuição das estações obedeceu a um padrão regular, de forma a abranger a maior quantidade de território possível, isto é válido tanto para as amostras de sedimento de corrente, como para amostras de concentrados de bateia.

A etapa final consistiu de integração e consolidação de todas as bases de dados componentes do projeto: litoestratigrafia, estrutural, recursos minerais, datações geocronológicas, geoquímica de prospecção, dados de projetos, afloramentos, litogeoquímica e petrografia. Esta integração possibilitou a elaboração desta nota explicativa. O conjunto de dados juntamente com os documentos cartográficos e textuais compõem o SIG geológico da folha.

Os dados obtidos em campo, descrições de afloramentos, cadastramento de recursos minerais e descrições petrográficas foram lançados no banco de dados da CPRM (GEOBANK), que se encontra disponível ao público através dos sites www.cprm.gov.br ou [HTTP://geobank.sa.cprm.gov.br](http://geobank.sa.cprm.gov.br).

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Folha Itapipoca está inserida na porção setentrional da Província Borborema (Almeida et al., 1977), entidade tectônica que abrange cerca de 450.000 km² do nordeste brasileiro, e que corresponde a uma área com atuação de fenômenos termiais, tectônicos e magmáticos, atuantes do Proterozoico Superior ao Cambro-Ordoviciano (Santos e Brito Neves, 1984). Com arcabouço definido há cerca de 600 Ma, a província é resultado do processo de convergência dos crátens Amazônico, São Luis-Oeste Africano e São Francisco com a participação do metacrátôn Saariano (Abdelsalam et. al., 2002), no contexto da colagem Brasileira/Pan-Africana, que culminou com

a constituição do Gondwana Ocidental (Trompette, 1994; Brito Neves e Cordani, 1991).

Uma das principais características estruturais da Província Borborema é a presença de uma extensa rede de cisalhamento transcorrente, sendo que duas megazonas de cisalhamentos dúcteis dextrais, a de Patos e de Pernambuco, promovem sua compartimentação em três sub-províncias: Setentrional, Zona Transversal e Meridional (Figura 2.1). Existem diferentes modelos de compartimentação para as sub-províncias, em domínios estruturais, terrenos ou faixas de dobramento (Fetter et al., 2000; Brito Neves et al., 2000; Arthaud, 2007).

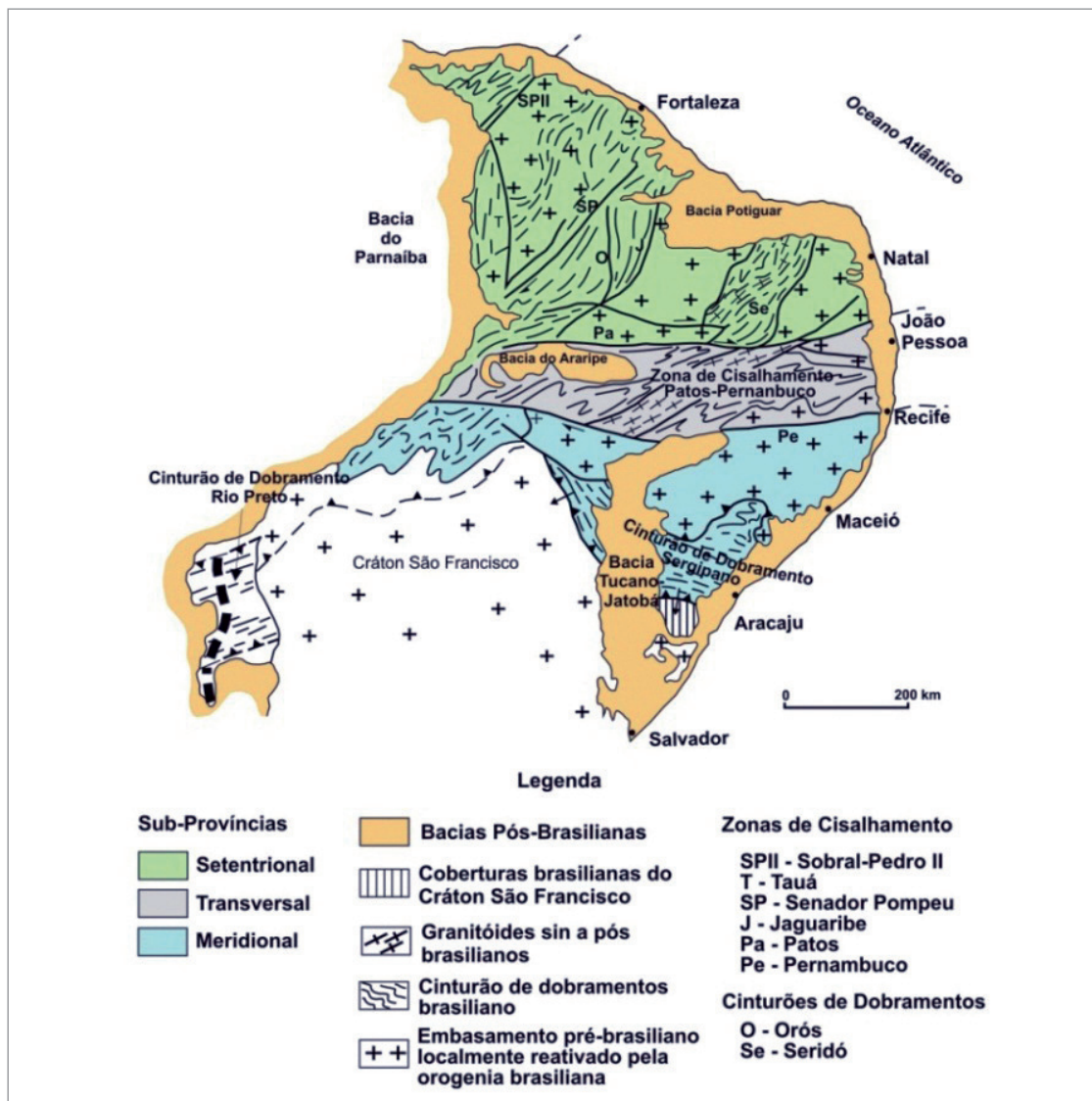


Figura 2.1 - Arcabouço geral da Província Borborema evidenciando a sua divisão em sub-províncias (modificado de Trompette, 1994).

A Província Borborema Setentrional é limitada a norte e a leste pelo Oceano Atlântico, a oeste pela Bacia do Parnaíba e a sul pela zona de cisalhamento Patos. Várias sub-divisões foram propostas para Borborema Setentrional (por ex: Jardim de Sá, 1994; Ferreira et al., 1998; Santos, 1996), sendo amplamente adotada a divisão nos domínios Noroeste do Ceará ou Médio Coreaú, Ceará Central, Óros-Jaguaribe e Rio Grande do Norte. Para este último, Brito Neves et al., (2001) atribuem uma estruturação nos domínios São José do Campestre, Faixa Seridó, Rio Piranhas e Jaguaribe - Oeste Potiguar.

A Folha Itapipoca está inserida no Domínio Ceará Central (DCC). Este é delimitado a oeste pela Zona de cisalhamento Sobral-Pedro II e pelos sedimentos da Bacia do Parnaíba, e a norte, pela Província Costeira. Com o Domínio Jaguaribeano a leste, o limite do DCC é motivo de controvérsia, sendo utilizada a Zona Cisalhamento de Senador Pompeu como superfície limítrofe por diversos autores (Santos e Brito Neves 1984; Cavalcante, 1999; Fetter, 1999; Cavalcante et al., 2003, entre outros), o que para Arthaud et al., (2007) ocorreria através da zona de cisalhamento Orós-Aiuaba (Figura 2.2).

No Domínio Ceará Central o registro litoestratigráfico mais antigo corresponde ao Complexo Cruzeta, (Vasconcelos e Gomes, 1998), que compreende três unidades arqueanas retrabalhadas no Proterozoico: Mombaça, Pedra Branca e Tróia. As duas primeiras são compostas por associações de ortognaisses de composições grandodioríticas a tonalíticas, tipo TTG, discriminadas entre si a partir de determinações isotópicas (Fetter, 1999). A Unidade Tróia é composta por uma associação intermediária, uma sequência metavulcanossedimentar e uma associação plutônica máfica-ultramáfica.

Segmentos crustais paleoproterozoicos são representados pela Unidade Algodões, Suíte Madalena, Complexo São José de Macaoca e o Complexo Canindé do Ceará. A Unidade Algodões é composta por uma sequência metavulcanossedimentar com ortognaisses tonalíticos e anfibolitos com afinidade química para basaltos de platô oceânico ou retro-arco (Martins et al., 2009). A Suíte Madalena é intrusiva no Complexo Cruzeta e na Unidade Algodões, e engloba associação de rochas dioríticas com idades entre 2.150 e 2.130 Ma (Castro, 2004). O Complexo São José de Macaoca envolve litotipos migmatizados orto e paraderivados, que compõem o embasamento das unidades metassedimentares neoproterozoicas (Palheta e Costa, 2013). O Complexo Canindé do Ceará compreende migmatitos paraderivados, metatexiticos e diatexiticos, e ortognaisses (Torres et al., 2007; Costa, 2013; Palheta, 2013; Pinéo e Swirtes, 2013).

O registro supracrustal meso e neoproterozoico no DCC compreende rochas do Grupo Novo Oriente

e dos complexos Ceará e Acopiara. Para o Grupo Novo Oriente, composto por quartzitos, filitos, xistos e mármores, Araujo et al., (2010a) sugere deposição em ambiente de margem passiva. O Complexo Ceará (Cavalcante et al., 2003) é constituído essencialmente por metapelitos, com associações de quartzitos, mármores, calcissilicáticas e anfibolitos, metamorfizados em fácies anfibolito alto e com níveis variados de migmatização. Arthaud (2007) considerou sua deposição por volta de 750 Ma, em ambiente de margem passiva originada a partir do rifteamento do embasamento arqueano/paleoproterozoico. Araujo et al., (2012a) e Garcia et al., (2014), propõem sedimentação sin-orogênica, com ocorrência subordinada de sedimentos de margem passiva, e idades de deposição entre 850 e 650 Ma. O Complexo Acopiara é constituído por xistos e paragnaisses, metamorfizados em fácies anfibolito e com níveis distintos de migmatização (Cavalcante et al., 2003). Para este complexo Palheta et al., (2010) sugerem deposição pré-colisional entre 686 e 621 Ma.

O magmatismo neoproterozoico no Domínio Ceará Central tem como maior expressão o Complexo Tamboril-Santa Quitéria, que é composto por uma associação ígnea/anatética já reconhecida em trabalhos anteriores (Campos et al., 1976; Braga et al., 1977; DNPM, 1983). Apresenta idades entre 650 e 610 Ma (Fetter et al., 2003; Castro, 2004; Santos et al., 2008; Araujo et al., 2012b; Costa et al., 2013, Araujo et al., 2014), sendo caracterizado por numerosos pulsos magmáticos por meio dos quais grandes volumes de magma intrudiram nas rochas dos Complexos Ceará e Canindé do Ceará (Araujo et al., 2014). Apresenta variação litológica entre granitoides, diatexitos e metatexitos, com composição granítica a granodiorítica, predominante, e diorítica e tonalítica subordinadas (Fetter et al., 2003; Costa et al., 2013; Araujo et al., 2014). Fetter et al., (2003) sugeriram que o complexo representaria um arco magmático desenvolvido em ambiente continental, principalmente, entre 660-590 Ma, enquanto que estudos mais recentes propõem ambiente de colisão continental, com retrabalhamento de rochas geradas durante uma fase pré-colisional ocorrida entre 800 e 650 Ma (Amaral, 2010; Costa et al., 2010; Costa et al., 2013; Araujo et al., 2014).

No DCC a deformação em regime transcorrente com escape de terrenos e intrusão de granitoides em zonas de cisalhamento, marca o estágio pós-colisional da evolução no domínio, ocorrido em torno de 590 e 560 Ma (Vauchez et al., 1995; Fetter, 1999; Nogueira, 2004). Os principais exemplos do magmatismo nesta fase correspondem aos granitoides Quixadá e Quixeramobim, encaixados na Zona de Cisalhamento Senador Pompeu, e os de Nova Russas

e Pedra Lisa na Zona de Cisalhamento Tauá (Neves, 1989; Nogueira, 2004; Almeida, 2008, Archanjo e Holanda, 2013).

O regime de transição para o estágio de estabilização cambro-ordoviciano caracteriza-se pela reativação de grandes zonas de cisalhamento transcorrentes neoproterozoicas, originando estruturas do tipo pull apart, preenchidas por depósitos molássicos (Parente et al., 2004; Arthaud et al., 2008),

cujos representantes principais são as bacias do Jaibaras e Cococi, constituídas por conglomerados, ardósias e filitos, depositados entre 560 e 440 Ma (Parente et al., 2004).

O estágio anorogênico no DCC é caracterizado por intrusões graníticas semi-circulares (por ex. Serrote São Paulo, Taperuaba e Pajé), ocorridas entre 490 e 460 Ma (Castro, 2004; Teixeira, 2005; Castro et al., 2012).

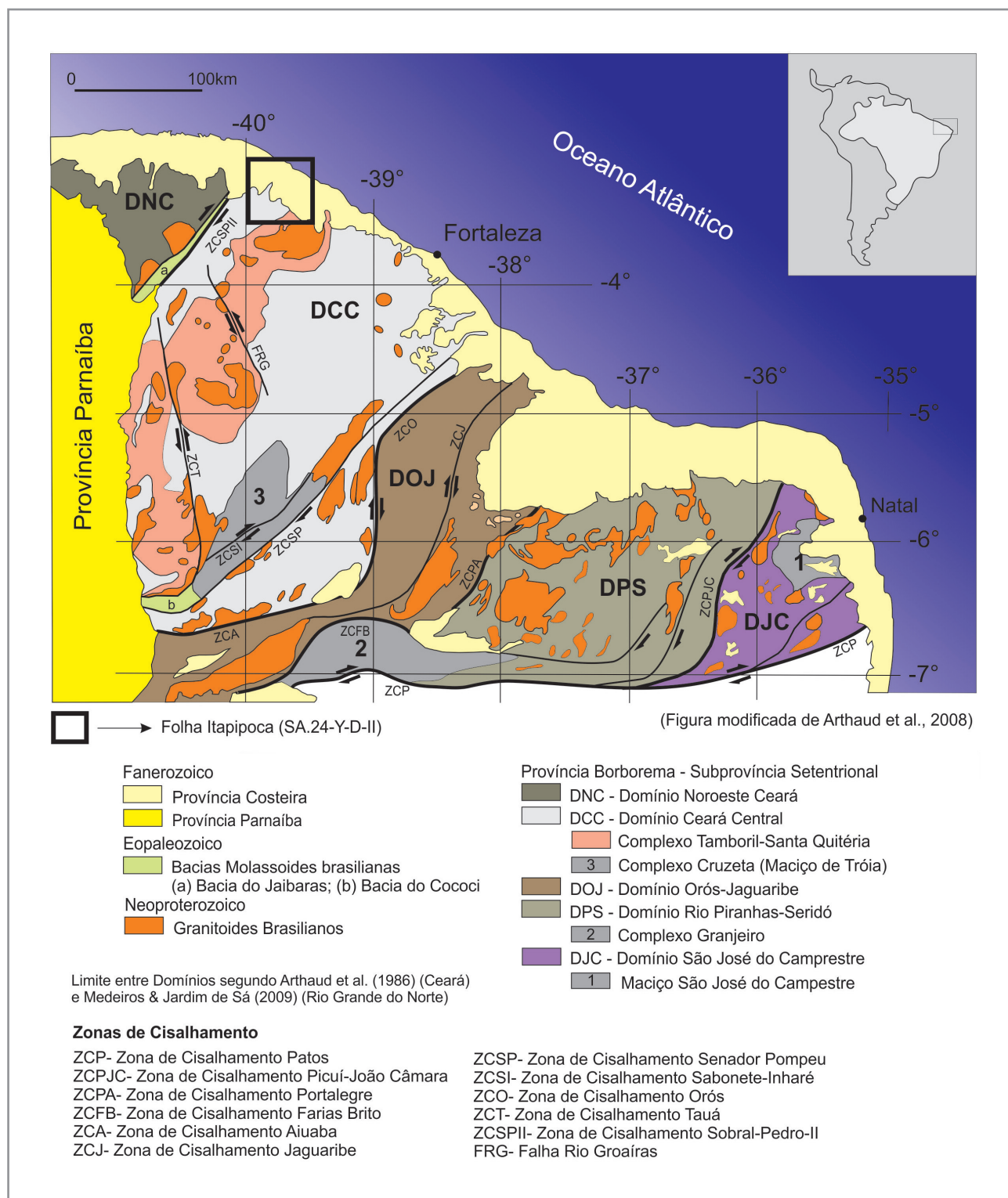


Figura 2.2 - Localização da Folha Itapipoca na porção setentrional da Província Borborema.

No Mesozoico, a fragmentação do Gondwana Ocidental reativou as estruturas do embasamento, originando as bacias sedimentares interiores, que correspondem às Bacias de Iguatu (Iguatu, Lima Campos e Malhada Vermelha) (Silva et al., 2003). Já o magmatismo relacionado a essa fase corresponde

à Suíte Magmática Rio Ceará-Mirim, composta por diques de diabásios e gabros (Cavalcante et al., 2003).

Por fim, o Grupo Barreiras, composto por conglomerados, arenitos e siltitos, e os depósitos coluviais, de tálus, eólicos e aluviais, representam as coberturas cenozoicas (Cavalcante et al., 2003).

3. ESTRATIGRAFIA

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Mapa Geológico do Estado do Ceará (Cavalcante et al., 2003), em escala 1:500.000, constitui a mais recente síntese do conhecimento geológico. O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) desenvolve desde 2006, contínuo mapeamento de diversas folhas em escala 1:100.000, cuja integração propiciará um maior nível de detalhe ao mapa do Estado. A área da Folha Itapipoca (SB.24-Y-D-II) foi anteriormente abordada no Projeto Fortaleza (Braga et al., 1977), na Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo (CPRM, 2004), e parcialmente em escala de detalhe por Palheta (1999).

A proposta de coluna litoestratigráfica para a Folha Itapipoca (Figura 3.1) tem por base, além de

trabalhos geológicos anteriores, a integração de dados de campo, de análises petrográficas e litogeoquímicas efetuadas neste projeto.

Nesta folha os migmatitos paraderivados e ortognaisses riacianos foram incorporados no Complexo Canindé do Ceará, de acordo com os trabalhos de Torres et al., (2007). As rochas metassedimentares criogenianas foram agrupadas na Unidade Independência, do Complexo Ceará, com base nas propostas de Cavalcante et al. (2003), Costa (2013) e Pinéo e Zwirtes (2013). Os terrenos ígneos/anatócticos criogenianos a ediacarianos são atribuídos ao Complexo Tamboril-Santa Quitéria, segundo as propostas de Torres et al., (2007) e de Araújo et al., (2014). O complexo está subdividido nas unidades: Granitoide Santa Quitéria (NP3 γ tsq) e Diatexitos

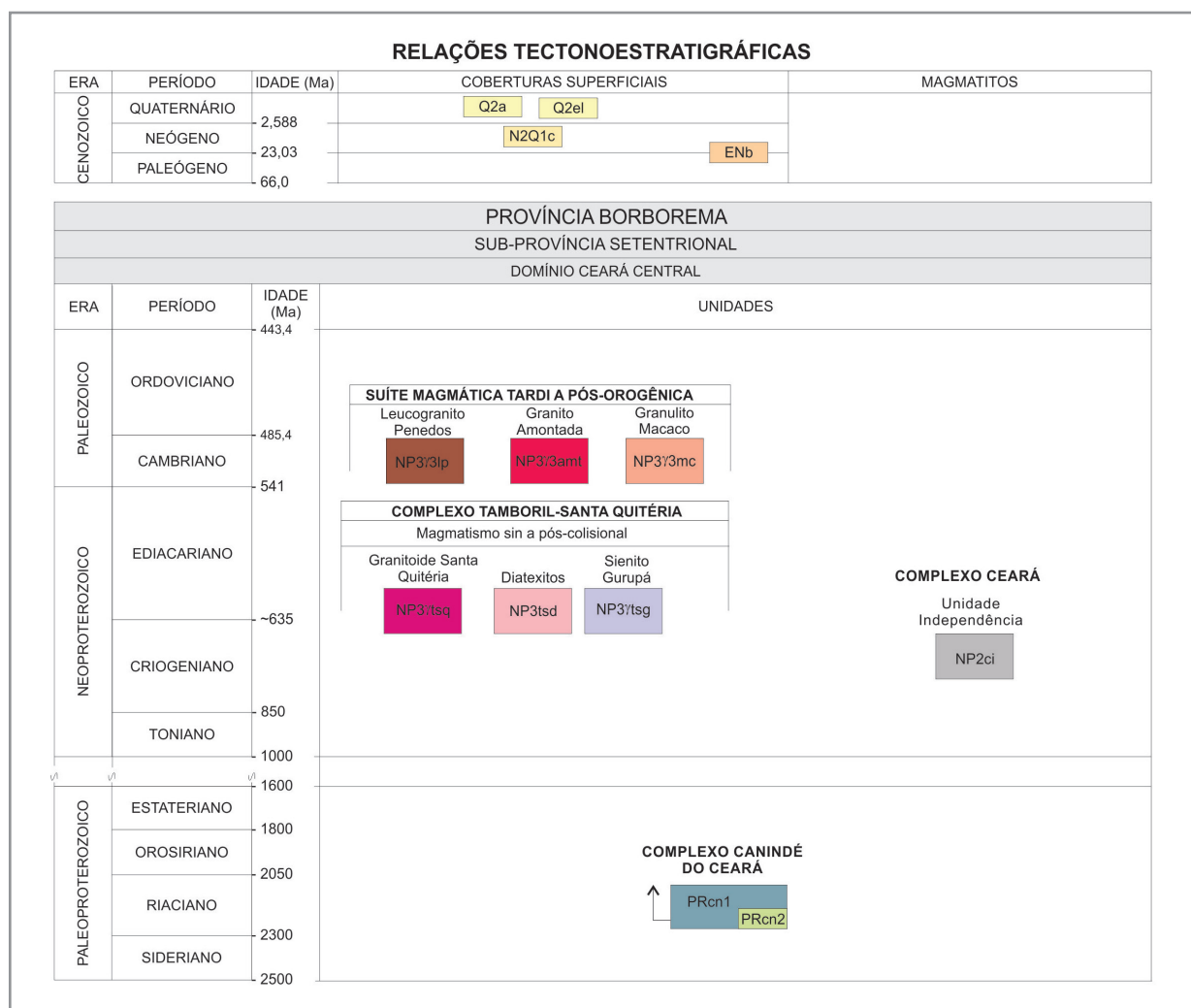


Figura 3.1 - Coluna tectonoestratigráfica proposta para as unidades geológicas da Folha Itapipoca.

(NP3γtsd), sendo constituído ainda pela unidade Sienito Gurupá. Sob a denominação Suíte Magmática Tardi a Pós-orogênica, de idade cambro-ordoviciana, foram agrupadas as unidades Leucogranito Penedos, Granito Amontada e Granulito Macaco. As coberturas superficiais cenozoicas receberam as denominações utilizadas na literatura atual.

Para os migmatitos predominantemente paraderivados do Domínio Ceará Central, foram sugeridas diversas denominações: Série Ceará e Complexo Fundamental (Crandall, 1910 apud Braga et al., 1981), Grupo Ceará, Complexo Independência e Complexo Caicó (CAMPOS et al., 1979) e Complexo Nordeste (Nascimento et al., 1981). Sendo o termo “Complexo Ceará” utilizado por Cavalcante et al., (2003), para agrupar as unidades supracitadas, subdividindo-as nas unidades Independência, Canindé, Quixeramobim e Arneiroz. Torres et al., (2007) propuseram o termo “Complexo Canindé” para o agrupamento entre as rochas correspondentes à Unidade Canindé e ortognaisses bandados.

3.2. UNIDADES LITOESTRATIGÁFICAS

3.2.1. Complexo Canindé do Ceará

Na Folha Itapipoca o Complexo Canindé do Ceará subdivide-se em duas unidades: i) migmatitos predominantemente paraderivados, com ortognaisses subordinados (PRcn1), e ii) ortognaisses migmatizados (PRcn2), segundo a concepção de Torres et al. (2007). A representatividade desses litotipos na área corresponde cerca de 25%.

Os litotipos (PRcn1) constituem a unidade mais expressiva. Afloram na região centro-oeste da folha, em contato discordante com os metassedimentos da Unidade Independência, bem como com as coberturas cenozoicas. Com os Granitoides Santa Quitéria, entre as localidades de Arrodeador, Sorroro do Meio e Caldeirão, o contato é tectônico, através de uma zona de cisalhamento contracional, com médio ângulo de mergulho. Na região de Várzea Redonda e Caldeirão os granitoides são intrusivos na unidade migmatítica, quando formam corpos com dimensões variadas, com foliação bem definida. A oeste da Zona de Cisalhamento de Forquilha, os ortognaisses porfiríticos ocorrem como sheets nos migmatitos, frequentemente milonitizados (augen gnaisses) e dobrados, reproduzindo, em mapa, grande semelhança com a trama dobrada dos migmatitos.

Os migmatitos desta unidade, predominantemente paraderivados, afloram geralmente em lajeados rasteiros de porte variado, exibindo estruturas bandadas e/ou dobradas e baixo grau de alteração

(Figura 3.2). Essencialmente são compostos por quartzo, feldspato, anfibólio e biotita, com ou sem granada. Secundariamente, a unidade engloba meta-granitoides migmatizados, ortoderivados, de coloração cinza, finos a médios, metamorfizados em fácies anfibolito, classificados como ortognaisses que alternam biotita e hornblenda como máfico principal, além de meta-quartzo monzodiorito, meta-quartzodioritos, meta-monzogranitos e, biotita monzogranitos, porfiríticos ou não. Ocorrem, ainda calciossilicáticas de granulação fina, cinza claras, foliadas, não individualizadas no mapa geológico da folha.

A unidade PRcn2 é constituída por biotita ortognaisses e biotita-hornblenda ortognaisses de granulação fina, por vezes migmatizados (Figura 3.3). Afloram em estreita faixa restrita no limite sul da área em contato geológico com os migmatitos paraderivados, sendo limitados a leste pela

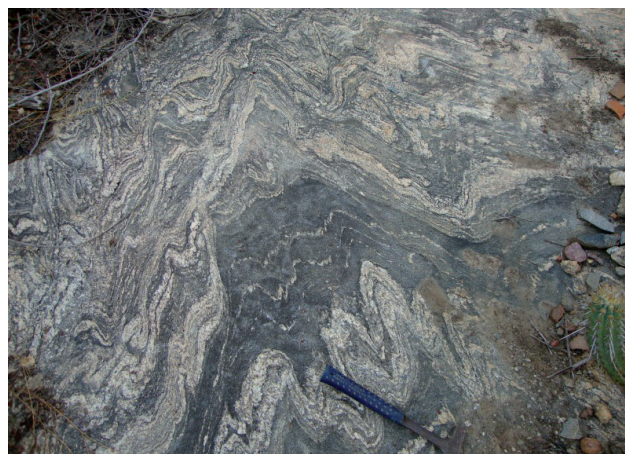


Figura 3.2 - Gnaiss migmatizado (metatexitito) com estrutura estromática e dobrada (Ponto IG11- UTM's: 404660; 9626296).



Figura 3.3 - Biotita-hornblenda ortognaiss (Ponto IG129- UTM's: 394998; 9614525).

superfície transcorrente da Zona de Cisalhamento de Forquilha. Apresentam baixo a moderado grau de alteração, coloração cinza a cinza escura. São rochas metamorizadas em fácies anfibolito a anfibolito médio, constituídas por quartzo, feldspato, anfibólio e biotita, com ou sem granada, e com alternância entre biotita e hornblenda como máfico principal. Exibem foliação gnáissica com alternância de leitos quartzo-feldspático com níveis mais enriquecidos em máficos. Quando proto a milonitizada, a foliação assume aspecto de planos retilíneos, com espessuras milimétricas a centimétricas. Em subordinado, ocorrem granada-anfibólio gnaisses de granulação fina, coloração cinza escura a amarelada, com alto grau de alteração.

3.2.2. Complexo Ceará

3.2.2.1. Unidade Independência (NP2ci)

A unidade engloba biotita gnaisses paraderivados, granada-muscovita gnaisses com níveis xistosos e muscovita quartzitos, com representatividade na folha inferior a 10%. Forma faixas estreitas nos limites oeste e sul, com continuidade para folhas adjacentes. Aflora como lajedos ou cortes de estrada em áreas de relevo arrasado, sendo suas principais ocorrências nas proximidades da barragem do Missi. Nesta região, o contato geológico desta unidade com os migmatitos PRcn1 é fortemente condicionado, a oeste, pela Zona de Cisalhamento de Forquilha. A leste, o contato com os granitoides Santa Quitéria é tectônico, através de zona de cisalhamento contracional em baixo a médio ângulo de mergulho.

Os biotita gnaisses desta unidade são bandados, finos, moderadamente alterados e de coloração cinza. Essencialmente, são compostos por quartzo, feldspato, anfibólio, granada e biotita, esta como máfico principal. A presença de sillimanita é restrita. O bandamento é formado pela alternância de níveis máficos de granulação fina, compostos por biotita, anfibólio, quartzo e feldspato com bandas quartzo-feldspáticas de granulação mais grossa. Localmente ocorrem lentes métricas de metacalcário, com baixo grau de alteração. Granada-muscovita gnaisses são finos, cinza claros, por vezes milonitizados, comumente com níveis xistosos e microcrenulações. São constituídos por quartzo, feldspato, biotita, muscovita e granadas, estas com até 0,8 cm. Muscovita quartzitos exibem coloração creme a amarelada e alto grau de alteração. Apresentam textura granoblástica com estreitos níveis de muscovita (Figura 3.4), sendo metamorizados em condições de fácies xisto-verde.

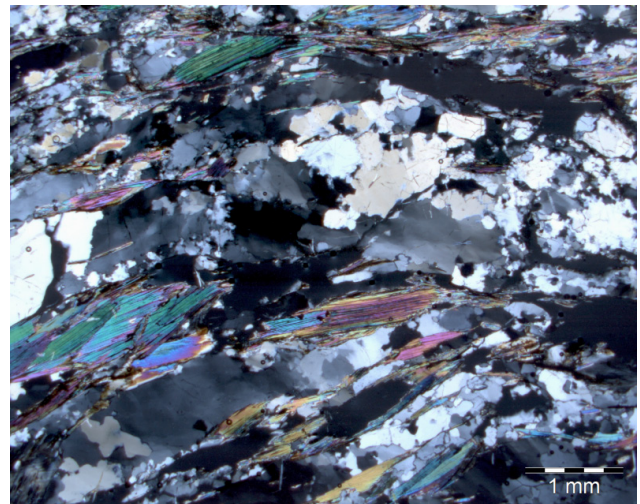


Figura 3.4 - Seção delgada de muscovita quartzito com textura granoblástica (Ponto IB273- UTM: 406969; 9615409, LP- Ob. 2x008).

3.2.3. Complexo Tamboril-Santa Quitéria

3.2.3.1. Granitoide Santa Quitéria (NP3ytsq)

O Complexo Tamboril-Santa Quitéria aflora em cerca de 15% da área, sendo sub-dividido nas unidades Granitoide Santa Quitéria (NP3ytsq) e Diatexitos (NP3ytsd). Abrange ainda o Sienito Gurupá (NP3ytsq).

A Unidade Granitoide Santa Quitéria forma corpos descontínuos de porte variado, na porção centro sul da folha. Seu contato com os migmatitos paraderivados é predominantemente tectônico compressivo. Apresenta boas exposições na forma de bancadas de pedreiras, nas proximidades de Itapipoca, sendo lajedos e blocos suas formas mais comuns de ocorrência. A unidade engloba hbl-bt ortognaisses, biotita gnaisses, augen gnaisses, hbl-bt gnaisses com granada e, secundariamente, metagranodioritos e anfibolitos, metamorizados em fácies anfibolito.

No geral são ortognaisses cinza a cinza com tons rosados, com baixo grau de alteração. Contém porfiroclastos orientados, comumente de K-feldspato, anedrais a subedrais, por vezes oclares, em média com 1-4 cm, envoltos em matriz de granulação fina. Quando próximos a zonas cisalhantes são proto a milonitizados (Figura 3.5), e preservados ou com leve foliação de fluxo, à medida que se distanciam das mesmas (Figura 3.6). Constituem-se essencialmente por plagioclásio, quartzo, biotita e anfibólio.

3.2.3.2. Diatexitos (NP3tsd)

Sua área de exposição está restrita ao entorno da cidade de Itapipoca em contato geológico com os granitoides Santa Quitéria. Aflora como blocos, matacões e lajedos. É composta por granitoides e migmatitos

diatexíticos, de coloração cinza a rosada, equigranulares (Figura 3.7) a porfíricos, de composições monzograníticas a tonalíticas, subordinadamente quartzo dioríticas. Os migmatitos apresentam estruturas nebulítica e schlieren, e raramente são bandados. A mineralogia básica é composta por feldspato potássico, plagioclásio, quartzo e biotita, tendo como acessórios: titanita, opacos, apatita, zircão e allanita.



Figura 3.5 - Augen gnaiss milonitizado cortado por granito fino foliado (IB153 UTM's: 406969; 9615409).



Figura 3.6 - Foliação de fluxo magmático em biotita ortognaisse com porfiroclastos de feldspato (IG45 UTM's: 406969; 9615409).



Figura 3.7 - Biotita quartzo monzonito isotrópico da unidade diatexítica (IB38 UTM's: 438971; 9613157).

3.2.3.3. Sienito Gurupá (NP3ytsg)

Na porção NW da área, na localidade de Nascente, ocorrem dois corpos com formas ovais intrudidos no Complexo Ceará, associados ao Complexo Tamboril-Santa Quitéria. São corpos nítidos em fotografia área e imagens aerogeofísicas, sobretudo com assinaturas marcantes em imagem ternária de dados gamaespectométricos e do canal do potássio. Em termos litológicos, englobam rochas sieníticas, brechas cataclásticas e, subordinadamente, gabros. Frequentemente afloram como lajedos rasteiros de médio porte e/ou blocos (Figura 3.8), com alto grau de alteração. Os sienitos comumente exibem veios e bolsões pegmatíticos de espessuras variadas, sendo compostos por feldspato, quartzo com epidoto, além de moderado grau de intemperismo. Apresentam granulação fina a média, de coloração cinza a esverdeada, podendo variar de termos isotrópicos a foliados (Figura 3.9). São classificados como álcali-feldspato sienito charnockito (mangerito) e hiperstênio-álcali-feldspato sienito (charnockito). A mineralogia essencial é formada por ortoclásio, clinopiroxênio (diopsídio ou augita), ortopiroxênio (hiperstênio) e biotita, e os acessórios por opacos (magnetita e/ou óxido de ferro) e apatita.

As brechas cataclásticas comumente são isotrópicas, de coloração verde clara a rosada, com granulação variando de fina a grossa. Ao microscópio apresentam textura cataclástica a granoblástica inequigranular, sendo essencialmente compostas por feldspatos (ortoclásio e plagioclásio) e anfibólios (hornblenda e actinolita) - (Figura 3.10). Titanita, opacos (magnetita e/ou óxido de ferro) e apatita são os principais acessórios. Fraturas irregulares são comuns, com indicação de oxidação e movimentação de fluxo. São metamorfizadas em fácies xisto-verde a anfibolito.

As rochas gabróides desta unidade afloram como pequenos lajedos. Em amostras de mão são

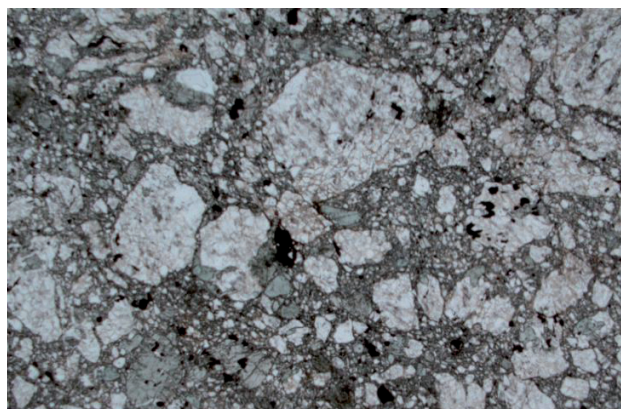


Figura 3.8 - Seção delgada de sienito charnockito com direção de fluxo magmático indicado pelo arranjo orientado de cristais de ortoclásio (IB328-UTM's: 399161, 9630389; LP-Ob. 10x).



Figura 3.9 - Aspecto de campo do sienito foliado com veios de composição quartzo-feldspática paralelos ao plano de foliação (IB242-UTMs:392703; 9629280).

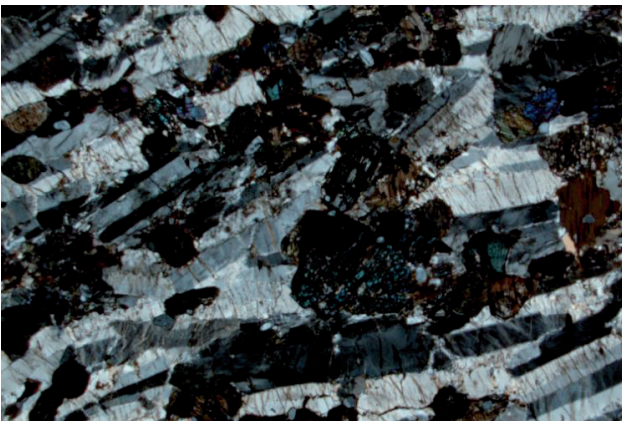


Figura 3.10 - Seção delgada de brecha com textura granoblástica inequigranular, formada por fragmentos angulosos de ortoclásio, plagioclásio e anfibólio em matriz fina de mesma constituição (IB329B-UTMs: 393299; 9636569; LN-Ob. 2x00.8).

melanocráticas de granulação fina a média, isotrópicas e com baixo grau de alteração. Ao microscópio exibem textura granular, são compostas por plagioclásio (labradorita), ortopiroxênio (hiperstênio), olivina e biotita, além de opacos e apatita como minerais acessórios.

3.2.4. Suíte Magmática Tardi a Pós-Orogênica

Compreende os Leucogranito Penedos, Granito Amontada e Granulito Macaco, que juntos perfazem 10% da área de ocorrência na folha. No geral, constituem corpos intrusivos, com formas alongadas, orientadas segundo a direção N45°E.

3.2.4.1. Leucogranito Penedos (NP3ylp)

Nas localidades de Penedo e Barra do Macaco afloram granitoides cinza esbranquiçados a rosados. Predominantemente são sienogranitos, isotrópicos, de granulação grossa, com baixo grau de alteração, raramente fraturados. Macroscopicamente são

formados por feldspatos, quartzo, tendo como máficos biotita, anfibólio, além de expressiva percentagem de granadas bem formadas, em média variando 0,4 a 1,0 cm. Afloram como lajedos, normalmente de grande porte, envoltos por coberturas inconsolidadas. Relações de contato de campo indicam que são mais velhos que os granitos finos Amontada (NP3y3amt), com maior expressividade na região de Amontada e, mais novos que os migmatitos porfíticos dobrados (PRcn1), encontrados como xenólitos nas bordas do corpo. São comuns enclaves máficos centimétricos a decimétricos, com eixo maior concordante com a foliação medida nos granitoides Santa Quitéria (Figura 3.11).

Em seção delgada são compostos por feldspato potássico, quartzo, plagioclásio, anfibólio e biotita, tendo como mineralogia acessória: granada, opacos, zircão, apatita, monazita e cassiterita.



Figura 3.11 - Aspecto do sienogranito com granada e com enclave máfico orientado (Ponto IB03- UTMs: 424446; 9627719).

3.2.4.2. Granito Amontada (NP3y3amt)

Em Amontada e circunvizinhanças ocorrem biotita granitos cinza claros, finos, isotrópicos. Afloram como matacões e lajedos de médio à grande porte, com poucas fraturas, o que permite sua utilização em lavras artesanais para extração de blocos.

Em relação às demais unidades, o granito Amontada constitui um pulso magmático tardio. Apresentam xenólitos angulosos a ameboidais, centimétricos a métricos, dos migmatitos do Complexo Canindé do Ceará e do leucogranito Penedos (Figura 3.12), com superfície limítrofe bem definida, e sem evidências de interação química (Figura 3.13). Com frequência formam veios de espessuras variadas.

Ao microscópio exhibe textura granular hipi e xenomórfica, sendo composto essencialmente por plagioclásio (albita-oligoclásio), feldspato potássico



Figura 3.12 - Granito fino com xenólitos angulosos de gnaíse migmatizado e de sienogranitos isotrópicos (Ponto IB04- UTM's: 424127; 9629337).



Figura 3.14 - Corpo granulítico de Macaco (Ponto IB10- UTM's: 428842; 9627330).



Figura 3.13 - Superfícies de contato brusco entre o Granito Amontada e xenólitos (Ponto IG181- UTM's: 409217; 9623841).

(microclima e pertita), quartzo e biotita. Como acessórios apresentam allanita, zircão, apatita, monazita, opacos, titanita e, raramente epidoto, clorita, muscovita e carbonato são os principais produtos de alteração.

3.2.4.3. Granulito Macaco (NP3γ3mc)

O Granulito Macaco (Gorayeb & Abreu, 1998) aflora na localidade homônima, intrusivo nos granitoides Santa Quitéria, e estruturado segundo direção aproximada NE-SW. Forma pequena elevação de rochas de coloração cinza escura a cinza esverdeada, isotrópicas a levemente foliadas (Figura 3.14). Apresentam granulação média a grossa, são compostas essencialmente por plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, biotita, piroxênio, biotita e anfibólio. Enclaves microgranulares máficos, com dimensões e formas variadas são comuns (Figura 3.15). Em associado ocorrem rochas calciossilicáticas de granulação fina, cinza escura, isotrópicas a levemente foliadas, constituídas por plagioclásio, anfibólio, clinopiroxênio e granada.



Figura 3.15 - Detalhe dos enclaves microgranulares máficos comuns no granulito (Ponto IB10 - UTM's: 428842; 9627330).

3.2.5. Coberturas Cenozoicas

Na folha, as coberturas cenozoicas estão representadas pelo Grupo Barreiras, as Coberturas Sedimentares inconsolidadas, Coberturas Eólicas Litorâneas e Coberturas Aluvionares e, representam aproximadamente 50% da área de exposição. Apresentam contatos deposicionais discordantes com as demais litologias da área.

O Grupo Barreiras (ENb) é formado por arenitos argilosos de granulação fina a média, com coloração amarelada a avermelhada. Apresentam matriz argilo-caulinítica com cimento argiloso e leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos.

As coberturas sedimentares inconsolidadas (N2Q1c) são sedimentos argilo-arenosos e arenosos,

com fragmentos de quartzo e, localmente, seixos e blocos de arenito.

As Coberturas Eólicas Litorâneas (Q2el) constituem as praias atuais/dunas móveis. Localmente incluem sedimentos flúvio marinhos: areias esbranquiçadas, quartzosas de granulometria variável, bem classificadas, em corpos maciços ou com partes exibindo arranjos estratiformes, onde ocorrem níveis de cascalho e outros com estratificação cruzada, de médio a grande porte bem formadas, além de fácies com fragmento de matéria orgânica (Figura 3.16).

Coberturas Eólicas Aluvionares (Q2a) são constituídas por areias quartzosas, feldspáticas, conglomeráticas, cascalhos e argila.



Figura 3.16 - Campo de dunas no topo apresentando nível de arenito friável com estratificação cruzada de grande (Ponto IG156- UTM's: 442193; 9656920).

3.3. LITOGEOQUÍMICA

As análises litoquímicas foram realizadas com 60 amostras das principais unidades da área. Foram realizadas pelos laboratórios da empresa GEOSOL Laboratórios LTDA. Os óxidos maiores (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃T, MgO, CaO, MnO, Na₂O, K₂O, P₄O₅, Cr₂O₃) e LOI (PF- perda ao fogo) foram analisados por ICP-AES por fusão de metaborato de lítio. Os elementos Ba, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, Zr, Y e Elementos Terras Raras ETR foram determinados por ICP-MS, após abertura por fusão de metaborato de lítio.

3.3.1. Complexo Canindé do Ceará

Foram analisadas 18 amostras desta unidade, com resultados expressos na Tabela 3.1. Petrograficamente são classificados como ortognaisses com alternância entre biotita e hornblenda como máfico principal, além de meta quartzo-monozodiorito, meta quartzo-dioritos, meta-monzogranitos e biotita monzogranitos, observando-se termos porfiríticos ou não.

Quanto aos teores de SiO₂ apresentam variação entre 57,35 a 77,38%, sendo classificadas como rochas intermediárias a ácidas. Distribuem-se no campo da série cálcio-alcálica, segundo o diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971) - (Figura 3.17a). Em relação aos teores de K₂O exibem variação de 1,48 a 5,88%, com tendência principal para a série cálcio-alcálica de médio a alto potássio, segundo o diagrama K₂O vs. SiO₂ de Peccerillo e Taylor (1976) (Figura 3.17b).

Os teores de Al₂O₃ variam entre 14,13 e 16,73%, e no diagrama de saturação de alumina A/NK vs. A/CNK (SHAND, 1943 apud MANIAR e PICCOLI, 1989), exibem caráter metaluminoso a peraluminoso (Figura 3.17c). No Diagrama TAS (Total Alcalis vs Silica) com campos classificatórios de rocha segundo Middlemost (1985), distribuem-se no campo da série sub-alcálica, segundo a curva de Irvine e Baragar (1971) - (Figura 3.17d).

Em relação ao ambiente tectônico as amostras distribuem-se nos campos de rochas pré a pós-colisionais, de acordo com o diagrama R1 vs R2 de De LaRoche et al. (1980) com campos discriminantes de Batchelor e Bowden (1985) (Figura 3.18a), e apresentam assinatura de granitos de arco vulcânico, segundo Pearce et al., (1984) - (Figura 3.18b).

3.3.2. Granitoide Santa Quitéria

Foram analisadas desta unidade 24 amostras, cujos resultados são apresentados na Tabela 3.2.

Quanto aos valores de SiO₂ são classificadas como rochas intermediárias a ácidas, com teores variando entre 57,35 a 77,38%, e inserem-se no campo da série cálcio-alcálica, segundo o diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971) - (Figura 3.19a). Apresentam afinidade para a série cálcio-alcálica de alto potássio a shoshonítica, segundo o diagrama K₂O vs. SiO₂ de Peccerillo e Taylor (1976), e com teor de K₂O variando de 1,47 a 6,44%, (Figura 3.19b). Exibem características metaluminosa a peraluminosa, segundo Diagrama A/CNK vs. A/NK de Shand (1943 Apud Maniar e Piccoli, 1989) (Figura 3.19c). No Diagrama TAS (Total Alcalis vs Silica) com campos classificatórios de rocha segundo Middlemost (1985), predominantemente distribuem-se abaixo da curva de Irvine e Baragar (1971) indicativo de série sub-alcálica (Figura 3.19d).

Em relação ao ambiente tectônico as amostras distribuem-se nos campos de rochas pré a sin-colisionais, de acordo com o diagrama R1 vs R2 de De LaRoche et al. (1980) com campos discriminantes de Batchelor e Bowden (1985) (Figura 3.19e), e apresentam assinatura de granitos de arco vulcânico, segundo Pearce et al., (1984) - (Figura 3.18f).

Tabela 3.1 - Resultados das análises das amostras do Complexo Canindé do Ceará.

Amostra	IG 41	IG 91	IG 103	IG 104	IB 06	IB 08	IB 68	IB 76A	IB 76B	IB 83	IB 97	IB 128	IB 135	IB 150A	IB 150B	IB 154A	IB 154B	IG 29
SiO ₂ (%)	70.9	69.31	69.41	62.47	61.54	70.94	59.74	63.73	71.31	63.29	67.21	69.72	71.41	77.38	70.93	72.39	65.1	57.35
TiO ₂	0.27	0.65	0.25	0.87	0.79	0.44	1.01	0.82	0.39	0.77	0.5	0.44	0.39	0.18	0.4	0.25	0.31	1.3
Al ₂ O ₃	15.82	16.14	16.07	16.67	16.94	15.02	18.3	18.17	16.09	17.06	16.03	14.66	14.48	12.38	15.99	14.04	15.43	19.88
Fe ₂ O ₃	2.74	3.85	3.12	5.97	5.77	3.43	5.82	5.97	3.62	5.76	4.24	4.52	4.14	1.74	3.93	3.5	4.09	7.65
MnO	0.04	0.05	0.05	0.08	0.10	0.05	0.07	0.11	0.07	0.09	0.06	0.18	0.07	0.03	0.05	0.06	0.07	0.11
MgO	1.67	1.18	1.14	2.04	3.23	0.70	2.54	2.57	1.20	2.43	1.76	1.07	1.78	0.22	0.86	1.5	2.18	3.59
CaO	3.02	3.29	3.20	4.58	4.43	1.88	5.17	5.43	3.38	4.38	3.89	2.38	3.43	1.49	2.04	2.93	3.63	5.03
K ₂ O	1.67	2.26	1.49	3.28	3.50	5.88	2.20	1.76	1.48	2.98	3.16	2.71	2.68	5.59	5.19	3.51	2.18	3.10
Na ₂ O	5.07	4.79	5.05	3.56	3.76	2.92	4.8	4.75	4.75	4.50	4.58	4.80	4.62	3.10	3.54	4.39	4.21	4.27
P ₂ O ₅	0.07	0.19	0.08	0.35	0.27	0.11	0.37	0.29	0.12	0.33	0.15	0.11	0.11	0.02	0.04	0.07	0.07	0.53
Cr ₂ O ₃	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01
PF	0.31	0.31	0.25	0.55	0.53	1.17	0.58	0.51	0.14	0.65	0.32	0.80	0.55	0.60	0.52	0.34	0.19	0.75
Total	101.57	102.03	100.1	100.42	100.89	102.54	100.59	104.1	102.55	101.94	101.92	101.40	103.66	102.73	103.51	103.01	97.49	103.57
Rb (ppm)	32.6	58.0	48.7	68.8	102	173.9	75.3	65.0	55.2	70.1	71.2	48.6	62.9	73.1	98.3	71.7	53.7	69.4
Cs	0.91	1.84	5.38	0.75	1.16	0.67	0.69	2.12	1.0	0.82	1.26	0.57	1.23	0.51	0.76	1.81	1.40	3.05
Ba	334	1136	190	1975	1473	1303	926	787	475	1429	1042	1339	840	1159	1856	797	518	1550
Sr	481.7	835.4	595.2	891.9	614.9	246.4	985.9	723.4	309.6	1299.6	930	299.3	432.9	257.1	333.8	245.1	272.8	1472.2
Ga	13.7	18.8	14.0	16.7	16.6	17.6	19.8	17.8	14.2	14.9	18.5	13.2	13.4	11.1	16.3	16.0	13.8	16.9
Ta	0.11	0.62	0.12	0.46	0.39	1.38	0.25	0.47	0.65	0.48	0.18	2.13	0.24	<0.05	0.32	0.48	0.11	0.53
Nb	<0.05	5.08	2.78	5.75	7.69	14.61	5.60	5.45	7.72	5.83	4.79	24.07	3.55	<0.05	5.58	5.98	<0.05	6.61
Hf	2.33	5.27	3.28	5.93	6.49	11.25	4.99	3.85	2.68	4.68	3.46	4.30	4.01	3.03	5.53	3.90	3.66	4.59
Zr	98.9	212.9	102.8	282.8	291.2	390.7	209.3	131.7	104.7	244.6	129	181.6	129.4	127.0	225.9	137.6	130.6	285.2
Y	3.2	13.86	4.1	12.11	11.92	22.94	9.19	11.55	7.05	16.57	8.61	39.24	10.3	2.64	9.57	8.77	12.23	15.18
Th	1.5	32.7	2.5	8.1	3.8	31.0	4.6	5.0	0.8	5.8	3.8	5.1	6.3	2.6	6.1	4.9	4.2	4.9
U	<0.05	1.45	0.28	0.67	0.39	1.47	0.3	3.21	0.36	0.8	0.27	0.26	0.26	0.18	0.41	1.16	0.63	1.09
La (ppm)	11.7	105.9	8.2	49.5	35.3	115.2	31.9	29.6	8.8	42.0	22.8	24.1	35.2	21.2	37.6	19.3	12.6	34.4
Ce	24	248	17.7	111.3	67.1	220	62.6	58.6	15.8	98.8	51.0	53.7	71.3	41.9	84.9	40.8	26.8	57.8
Pr	2.8	29.94	2.16	13.74	8.52	25.78	7.49	7.33	2.05	12.17	6.55	7.38	7.69	5.0	10.21	4.87	3.3	7.86
Nd	10.2	107.6	8.3	51.0	32.4	86.7	30.0	29.0	8.2	44.5	24.2	28.6	24.6	15.6	34.9	18	12.4	31.3
Sm	1.3	13.5	1.3	6.2	5.5	12.7	4.9	5.2	1.8	5.7	3.1	4.3	2.5	1.6	4.2	1.9	1.9	5.8
Eu	0.47	2.28	0.46	1.88	1.33	1.31	1.51	1.6	0.87	1.7	1.38	1.37	0.89	1.28	1.50	0.78	0.81	1.33
Gd	1.06	10.75	1.54	5.24	4.13	8.79	3.97	4.3	1.58	5.11	2.53	5.22	2.74	1.22	3.27	2.06	2.77	4.2
Tb	0.15	1.8	0.14	0.63	0.53	1.15	0.46	0.56	0.22	0.64	0.38	0.94	0.38	0.16	0.35	0.23	0.34	0.51
Dy	0.74	4.55	1.0	2.96	3.02	6.26	1.97	2.63	1.66	3.48	2.01	6.3	2.09	0.83	2.2	1.69	2.39	3.23
Ho	0.13	1.32	0.18	0.41	0.51	1.07	0.32	0.56	0.28	0.60	0.33	1.39	0.38	0.12	0.37	0.29	0.45	0.53
Er	0.23	2.1	0.4	1.0	1.41	2.74	1.09	1.15	0.87	1.60	1.09	4.08	1.23	0.29	1.17	0.82	1.68	1.92
Tm	<0.05	0.89	0.06	0.14	0.15	0.40	0.17	0.15	0.08	0.22	0.15	0.55	0.16	0.06	0.18	0.13	0.24	0.30
Yb	0.2	1.7	0.4	1.0	1.1	2.1	0.8	1.1	0.6	1.6	0.8	3.8	1.1	0.3	0.9	0.9	1.6	2.5
Lu	0.07	0.84	<0.05	0.15	0.21	0.3	0.14	0.19	0.11	0.18	0.14	0.44	0.22	0.13	0.15	0.13	0.22	0.3

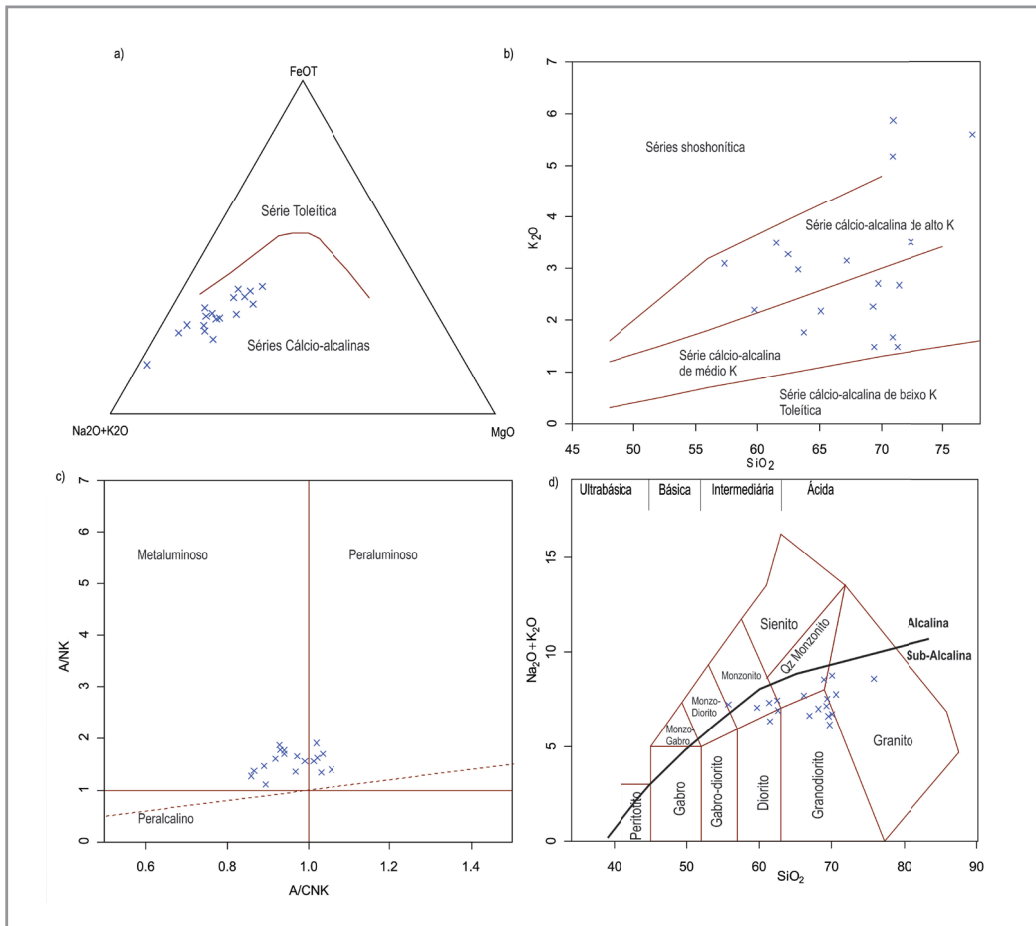


Figura 3.17 - Diagramas discriminantes para amostras do Complexo Canindé do Ceará (a) Diagrama AFM com campos para distinção entre séries magmáticas segundo a curva de Irvine e Baragar, (1971); (b) Diagrama K₂O vs. SiO₂ para classificação das séries cálcio-alcálinas de alto potássio, médio e potássio, segundo campos definidos por Peccerillo e Taylor (1976); (c) Diagrama A/NK vs. A/CNK (Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O) vs. Al₂O₃/(Na₂O+K₂O) (mol. %) de Shand (1943 Apud Maniar e Piccoli, 1989) para discriminar composições metaluminosa, peraluminosa e peralcalina; (d) Diagrama TAS (Total Alcalis vs Silica) com campos classificatórios de rocha segundo Middlemost (1985) e campos para distinção entre séries magmáticas Alcalinas e Subalcalinas segundo a curva de Irvine e Baragar (1971).

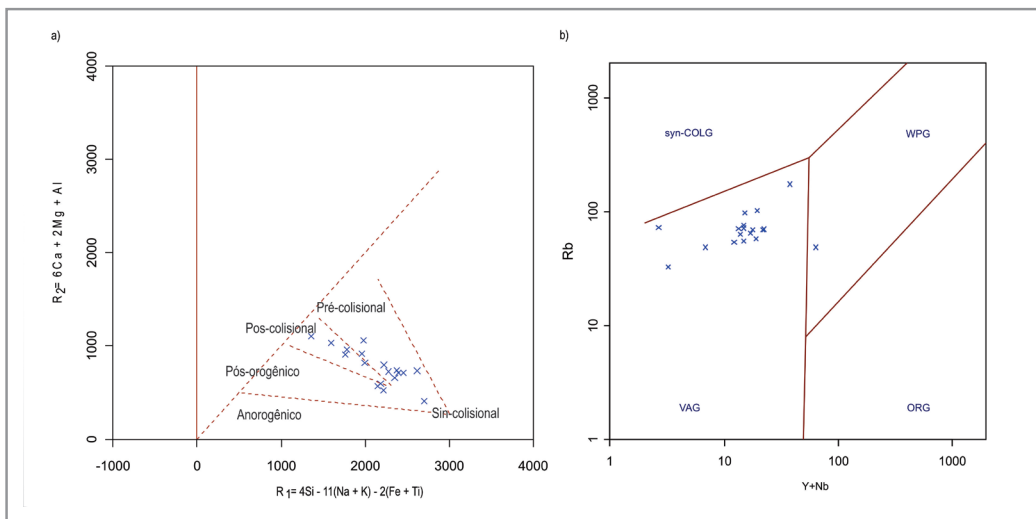


Figura 3.18 - Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos para amostras do Complexo Canindé do Ceará (a) Diagrama R₁ vs R₂ de De LaRoche et al. (1980) com campos segundo Batchelor e Bowden (1985); (b) Diagrama proposto por Pearce et al. (1984) onde VAG = granito de arco vulcânico, WPG = granito intra-placa, ORG = granito de cadeia meso-oceânica, syn-COLG = granito sin-colisional.

Tabela 3.2 - Resultados das análises das amostras da unidade Granitoide Santa Quitéria.

Amostra	IG45	IG70	IG80	IG106	IG116	IG117	IG159	IB01C	IB26	IB28	IB49	IB50
SiO ₂ (%)	62.61	72.09	64.84	69.18	72.5	77.77	66.12	69.42	64.24	72.03	61.84	72.08
TiO ₂	0.66	0.41	0.89	0.64	0.38	0.23	0.80	0.45	0.93	0.27	0.74	0.17
Al ₂ O ₃	16.44	16.25	14.85	16.2	14.49	13.45	14.17	15.2	14.64	14.59	15.32	13.47
Fe ₂ O ₃	4.47	2.92	5.98	3.83	3.17	2.43	5.38	3.84	5.84	2.48	5.19	1.89
MnO	0.07	0.05	0.07	0.05	0.06	0.05	0.09	0.07	0.10	0.04	0.07	0.04
MgO	1.39	0.96	1.21	1.13	0.76	0.26	1.25	1.25	1.20	0.41	2.11	0.38
CaO	3.46	2.93	2.86	3.07	2.84	1.40	3.38	2.80	3.45	1.59	4.20	1.4
K ₂ O	4.68	4.12	4.31	5.08	3.78	4.94	3.80	3.86	4.18	5.30	2.98	4.85
Na ₂ O	3.27	3.48	3.57	3.65	3.30	2.70	3.35	3.49	3.21	3.64	3.26	3.33
P ₂ O ₅	0.33	0.17	0.28	0.16	0.13	0.03	0.28	0.11	0.34	0.10	0.24	0.04
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
PF	0.48	0.36	0.13	0.23	0.19	0.36	0.63	0.08	0.26	0.35	0.27	<0.01
Total	97.87	103.74	98.99	103.22	101.58	103.62	99.25	100.58	98.4	100.8	96.23	97.63
Rb (ppm)	83.3	88.7	127.7	158.7	88.9	178.3	89.7	147.3	95.3	87.9	75.7	163.2
Cs	0.76	0.89	0.97	1.17	0.66	1.22	0.33	2.32	1.16	0.3	0.73	1.81
Ba	2360	2639	1331	1728	1318	740	1435	819	1673	1019	1534	621
Sr	804.7	680.2	404.1	586.3	647.3	190.2	423.3	421.8	464.3	324.4	780.8	203.2
Ga	15.0	15.4	19.0	20.7	15.4	16.2	21.0	17.6	17.7	11.3	16.2	14.3
Ta	0.70	0.24	0.63	1.23	0.46	0.34	1.19	0.38	1.28	0.11	0.25	0.38
Nb	10.89	4.08	11.41	11.55	5.28	8.6	14.64	7.22	13.91	4.48	6.40	5.16
Hf	6.10	4.45	9.53	8.16	4.26	5.71	8.48	5.05	9.22	3.07	5.06	3.91
Zr	252.1	150.5	439.2	280.4	139.5	166.4	359.1	154.7	360.1	138.2	196.5	111.4
Y	13.19	4.33	24.19	23.95	13.04	17.11	41.97	13.87	21.36	3.11	7.19	6.61
Th	13.4	16.3	14.0	21.7	17.7	30.9	3.9	15.1	10.3	8.6	9.1	21.7
U	0.7	0.8	1.05	1.67	0.9	3.58	0.74	1.94	1.54	0.58	0.47	1.53
La (ppm)	63.8	63.1	90.2	75.4	53.0	50.7	41.3	47.1	72.3	27.1	60.0	35.2
Ce	117.1	110.8	206.9	163.4	120.8	117.5	107.8	108.4	138.3	49.8	115.4	64.3
Pr	13.98	11.9	23.71	18.93	14.95	14.29	14.73	13.61	17.52	5.35	13.45	7.11
Nd	56.2	40.7	80.5	63.6	55.3	48.3	63.8	44.8	65.4	20.2	49.0	26.4
Sm	8.2	5.0	9.7	7.4	7.5	6.3	9.8	5.9	11.0	2.6	6.4	4.5
Eu	1.83	1.3	1.77	2.07	1.71	1.22	2.26	1.24	2.27	0.64	1.49	0.57
Gd	5.51	2.78	7.81	6.99	6.03	5.45	9.61	4.79	8.06	1.55	3.75	3.14
Tb	0.64	0.28	1.2	1.01	0.66	0.76	1.37	0.74	0.99	0.15	0.46	0.38
Dy	3.02	1.0	5.01	4.72	2.87	4.36	6.85	3.3	5.45	0.83	1.84	1.78
Ho	0.46	0.15	0.87	0.82	0.48	0.68	1.25	0.53	0.97	0.09	0.29	0.28
Er	1.27	0.43	2.74	2.53	1.15	2.09	3.59	1.34	2.6	0.32	0.75	0.68
Tm	0.16	0.06	0.29	0.36	0.16	0.31	0.52	0.17	0.39	<0.05	0.06	0.06
Yb	1.0	0.3	1.9	2.3	1.0	1.7	2.8	1.3	2.3	0.2	0.6	0.7
Lu	0.14	0.09	0.37	0.32	0.12	0.34	0.43	0.22	0.41	0.05	0.12	0.11
Amostra	IG45	IG70	IG80	IG106	IG116	IG117	IG159	IB01C	IB26	IB28	IB49	IB50
SiO ₂ (%)	70.08	70.93	67.06	56.87	67.71	62.46	64.21	64.84	66.79	72.12	71.90	65.64
TiO ₂	0.64	0.40	0.65	1.34	0.43	0.89	0.88	0.84	0.63	0.07	0.41	0.86
Al ₂ O ₃	15.36	15.59	15.41	18.86	16.01	15.41	16.00	15.16	15.68	13.72	14.82	15.22
Fe ₂ O ₃	3.67	2.76	4.4	8.46	4.06	5.3	6.00	4.74	4.71	0.88	3.76	5.53
MnO	0.05	0.04	0.05	0.12	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08	0.02	0.05	0.06
MgO	1.06	0.5	1.0	3.75	2.0	2.77	2.73	2.45	1.26	0.13	0.33	1.28
CaO	2.88	1.60	2.51	6.93	3.97	3.91	3.03	3.33	2.74	0.93	2.17	2.44
K ₂ O	5.19	6.29	5.13	1.97	2.36	4.42	3.27	4.44	2.4	6.44	5.63	4.52
Na ₂ O	3.87	3.72	3.38	4.77	4.28	3.35	3.56	2.23	4.65	2.82	3.28	4.13
P ₂ O ₅	0.17	0.11	0.18	0.49	0.17	0.37	0.37	0.31	0.21	0.04	0.12	0.42
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
PF	0.34	0.25	0.56	0.59	0.36	0.21	1.31	0.74	0.31	0.35	0.71	0.52
Total	103.32	102.18	100.34	104.16	101.44	99.2	101.46	99.17	99.46	97.51	103.19	100.63
Rb(ppm)	161.1	153.5	106.7	65.8	53.7	160.1	94.4	181.3	95.1	116.1	77.5	105
Cs	1.58	0.98	0.68	0.9	0.51	6.6	3.82	6.82	4.4	3.44	0.52	3.21
Ba	1538	1779	2359	1143	870	1174	922	1024	431	833	2135	1200
Sr	512.8	333.1	348.5	861.2	587.4	603.6	559.1	505.3	153.8	175.9	282.5	600.5
Ga	19.6	17.8	19.1	20.2	15.5	16.8	17.5	17.3	18.4	11.5	21.1	18.5
Ta	1.38	0.23	1.09	0.69	0.13	0.93	1.13	0.97	0.61	0.18	0.45	0.30
Nb	8.93	4.82	12.26	8.55	3.78	11.93	12.08	12.79	10.18	1.68	9.66	8.93
Hf	9.22	8.97	13.13	4.23	3.27	7.36	6.2	8.51	8.09	1.99	11.27	8.75
Zr	316.4	351.9	535.7	177.6	124.8	267.9	200.2	291.9	265.5	52.7	401.6	334.7
Y	28.0	8.53	18.44	20.83	10.1	14.1	18.23	13.55	12.52	3.49	19.73	14.37
Th	19.2	28.4	21.0	5.3	0.5	29.6	11.4	40.6	17.6	2.6	5.1	23.1
U	1.74	1.25	1.18	1.22	0.22	3.87	2.07	4.39	2.27	1.45	1.12	1.43
La(ppm)	77.7	120.9	138.3	35.4	12.8	46.8	28.4	51.1	38.8	3.4	59.5	48.1
Ce	170.9	246.5	259.1	74.2	27.5	88.0	59.9	98.9	81.2	7.0	112.0	113.4
Pr	21.03	28.52	29.2	10.15	3.84	10.58	8.08	11.96	9.8	0.73	13.85	14.74
Nd	76.2	91.1	98.3	43.6	16.1	41.2	32.6	45.2	38.3	2.9	49.6	56.7
Sm	9.7	9.2	14.4	8.4	3.6	6.9	6.7	7.3	6.8	0.8	7.4	8.7
Eu	1.97	1.65	1.77	2.12	0.89	1.63	1.28	1.67	1.31	0.77	2.22	1.69
Gd	7.48	5.15	8.74	7.27	2.83	4.98	5.52	5.31	5.40	0.55	6.15	6.75
Tb	1.11	0.59	1.09	0.96	0.36	0.68	0.75	0.62	0.64	0.10	0.84	0.84
Dy	5.92	2.28	4.77	4.57	2.59	3.70	4.35	3.55	3.32	0.83	4.67	3.86
Ho	1.15	0.29	0.84	0.84	0.36	0.63	0.75	0.52	0.59	0.12	0.84	0.60
Er	3.24	1.05	1.85	2.01	1.03	1.70	1.94	1.45	1.48	0.38	2.09	1.31
Tm	0.39	0.1	0.25	0.27	0.10	0.19	0.26	0.21	0.21	<0.05	0.32	0.22
Yb	3.0	0.7	2.0	1.8	1.0	1.5	1.6	1.5	1.2	0.6	2.0	1.2
Lu	0.36	0.14	0.29	0.22	0.18	0.27	0.31	0.23	0.3	0.21	0.4	0.2

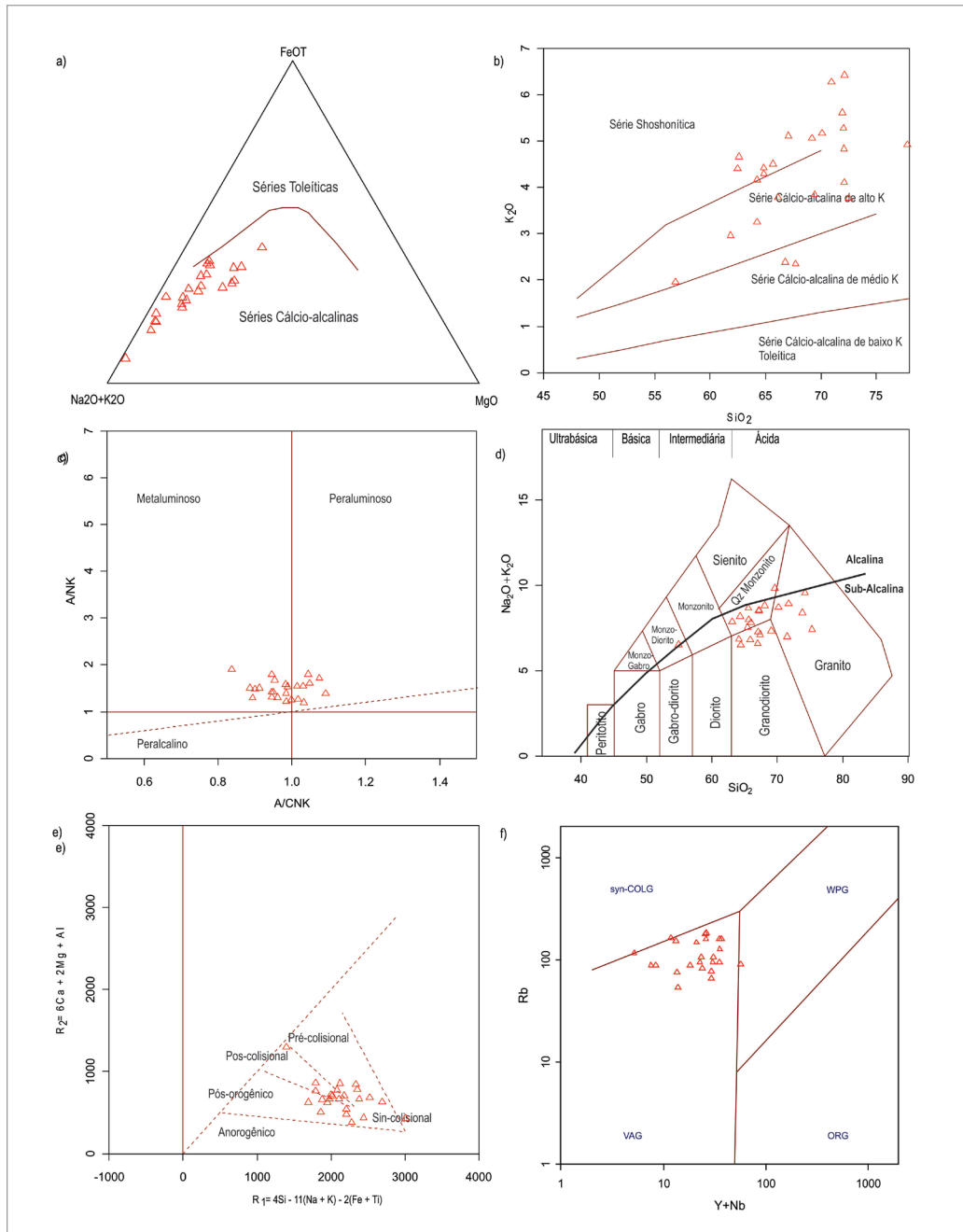


Figura 3.19 - Diagramas discriminantes para amostras da Unidade Santa Quitéria (a) Diagrama AFM com campos para distinção entre séries magmáticas (Irvine e Baragar, 1971); (b) Diagrama K₂O vs. SiO₂ para classificação das séries cálcio-alcálicas de alto, médio e baixo potássio, segundo campos definidos por Peccerillo e Taylor (1976); (c) Diagrama A/CNK vs. A/NK (Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O) vs. Al₂O₃/(Na₂O+K₂O) (mol. %) de Shand (1943 Apud Maniar e Piccoli, 1989) para discriminar composições metaluminosa, peraluminosa e peralcalina. (d) Diagrama TAS (Total Alkalies vs Silica) com campos classificatórios de rocha segundo Middlemost (1985) e campos para distinção entre séries magmáticas alcalinas e subalcalinas segundo curva de Irvine e Baragar (1971); (e) Diagrama R₁ vs R₂ de De LaRoche et al. (1980) com campos segundo Batchelor e Bowden (1985); (f) Diagrama de Pearce et al., (1984) onde VAG = granito de arco vulcânico, WPG = granito intra-placa, ORG = granito de cadeia meso-oceânica, syn-COLG = granito sin-colisional.

3.3.3. Leucogranito Penedos

Para esta unidade foram analisadas 09 amostras, com resultados expressos na Tabela 3.3.

No diagrama AFM (Fig. 3.20a), as amostras analisadas não acompanham o cálcio-alcálico ou toleítico, o que é um reflexo das suas altas razões FeOt/(FeOt+MgO), e geralmente ocorre em granitoides de caráter anorogênicos (tipo-A). Apresentam afinidade para a série shoshonítica, segundo o diagrama K₂O vs. SiO₂ de Peccerillo e Taylor (1976), com teores de K₂O variando de 3,5 a 6,7% (Figura 3.20b).

Exibem características metaluminosa a peraluminosa segundo Diagrama A/CNK vs. A/NK de Shand (1943 Apud Maniar e Piccoli, 1989) (Figura 3.20c). No diagrama TAS (Total Alcalis vs Sílica) com campos classificatórios de rocha segundo Middlemost (1985), com exceção das amostras

mais evoluídas em sílica (SiO₂), o restante apresenta tendência para rochas alcalinas, posicionando acima da curva Baragar (1971), nos campos de classificação de monzonitos e quartzo-monzonitos (Figura 3.20d).

Segundo os diagramas de classificação tectônica as amostras do Leucogranito Penedo classificam-se em ambiente pós-colisional a pós-orogênico, de acordo com o Diagrama R1 vs R2 de De LaRoche et al. (1980) com campos discriminantes de Batchelor e Bowden (1985) (Figura 3.21a). Apresentam assinatura de granitos de arco vulcânico e granitos intra-placa, segundo o Diagrama de Pearce et al., (1984) - (Figura 3.21b). Segundo os diagramas de Whalen et al., (1987), Zr (ppm) vs. 10,000 Ga/Al (Figura 3.21b) e Na₂O+K₂O/CaO vs. Zr+Nb+Ce+Y (ppm) (Figura 3.21b), as amostras classificam-se como granitoides anorogênicos (Tipo-A).

Tabela 3.3 - Resultados das análises das amostras da unidade Leucogranito Penedos.

Amostra	IB 03	IB 04	IB 31	IB 32	IG 109	IG 110	IG 111	IG 112	IG 160
SiO ₂ (%)	69.32	64.59	56.6	75.88	58.25	60.61	77.9	62.11	56.61
TiO ₂	0.41	1.24	0.51	0.25	0.63	0.74	0.23	0.72	0.66
Al ₂ O ₃	16.06	15.25	18.49	11.09	19.48	18.5	11.52	19.08	19.58
Fe ₂ O ₃	4.97	8.61	7.04	4.11	6.06	6.78	4.15	9.44	8.2
MnO	0.05	0.10	0.08	0.04	0.08	0.08	0.04	0.11	0.10
MgO	0.20	1.21	0.30	0.08	0.51	0.56	0.07	0.35	0.44
CaO	1.80	3.80	4.34	1.23	4.57	5.29	1.29	4.58	4.89
K ₂ O	6.50	3.52	4.26	5.31	4.34	3.92	5.37	4.59	3.84
Na ₂ O	3.21	2.67	4.32	2.06	4.57	4.05	2.52	3.21	4.17
P ₂ O ₅	0.07	0.40	0.23	0.03	0.30	0.26	0.01	0.28	0.31
Cr ₂ O ₃	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	4.57	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PF	0.31	0.83	0.12	0.25	0.23	0.13	0.28	<0.01	0.11
Total	102.91	102.23	96.29	100.33	103.59	100.93	103.38	104.21	98.91
Rb (ppm)	68.4	67.6	48.7	72.6	66.8	55.8	82.0	60.7	43.6
Cs	0.17	0.27	0.21	0.10	0.30	0.28	<0.05	0.36	0.29
Ba	6665	3426	5108	1699	5994	5344	1067	5720	4498
Sr	535.1	573.2	660.3	126.5	828.1	863.4	110.6	741.3	660
Ga	19.6	27.3	22.7	21.6	26.8	27.1	23.6	30.3	23.7
Ta	0.26	0.6	0.41	0.40	0.40	0.67	0.24	0.69	0.52
Nb	4.63	19.93	7.22	11.26	8.29	9.62	8.60	12.33	7.16
Hf	13.61	19.84	19.84	14.22	22.29	22.33	14.71	26.21	18.07
Zr	730.9	806.1	1018.3	517.1	945.3	1013.9	455.1	1135.5	1012.1
Y	12.9	35.57	13.22	42.9	34.81	25.68	57.43	29.24	28.85
Th	1.2	7.5	2.2	16.7	2.8	4.1	18.5	3.8	3.7
U	0.21	0.31	0.57	0.74	0.24	0.41	0.78	0.44	0.25
La (ppm)	23.3	112.4	34.5	232	37.4	38.1	194.5	42.5	41.3
Ce	44.5	260.2	67.7	441.9	86.8	95.2	430.1	100.6	99.4
Pr	5.56	33.01	8.7	51.36	10.71	12.58	57.96	13.85	13.01
Nd	23.1	122.3	36.4	189.9	44.5	51.2	213.8	59.6	52.6
Sm	4.4	15	6.2	28.3	6.7	7.7	26.4	8.3	8.1
Eu	4.59	4.08	5.2	2.43	6.36	6.63	2.59	7.57	6.78
Gd	3.16	14.2	4.66	18.97	6.98	8.4	23.64	8.54	8.3
Tb	0.47	1.83	0.54	2.51	1.09	1.08	3.23	1.19	1.19
Dy	3.48	8.51	3.03	11.87	6.68	5.62	15.08	6.65	6.15
Ho	0.58	1.35	0.49	1.88	1.30	1.05	2.59	1.21	1.11
Er	1.55	3.02	1.50	4.49	3.66	2.68	5.68	3.39	3.49
Tm	0.21	0.45	0.21	0.63	0.52	0.37	0.82	0.38	0.46
Yb	1.4	2.2	1.8	3.7	3.9	2.3	4.5	2.7	2.8
Lu	0.25	0.35	0.31	0.48	0.55	0.38	0.68	0.45	0.45

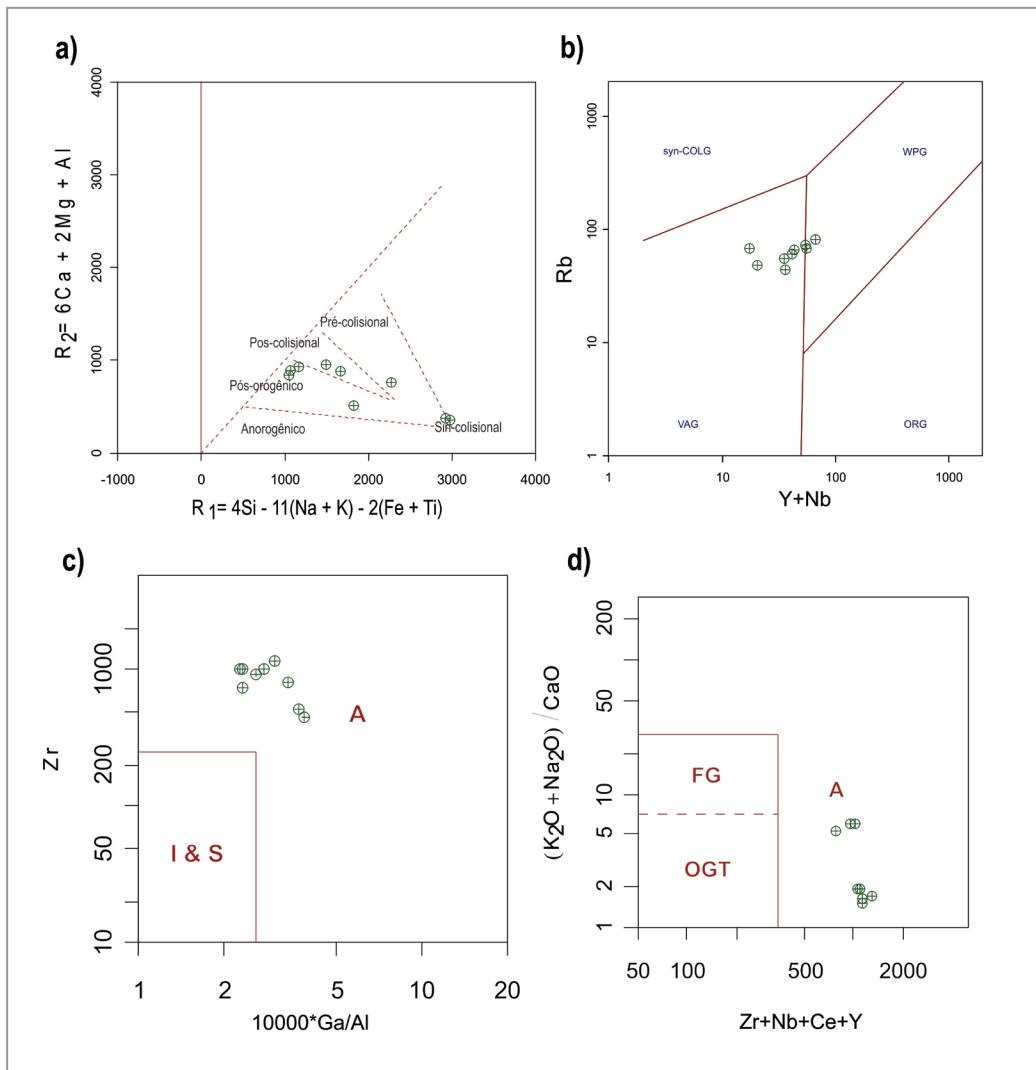


Figura 3.20 - Diagramas discriminantes para amostras do Leucogranito Penedos (a) Diagrama AFM com campos para distinção entre séries magmáticas segundo a curva de Irvine e Baragar, (1971); (b) Diagrama K_2O vs. SiO_2 para classificação das séries cálcio-alcálicas de alto potássio, médio e potássio, segundo campos definidos por Peccerillo e Taylor (1976); (c) 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 Apud Maniar e Piccoli, 1989) para discriminar composições metaluminosa, peraluminosa e peralcalina; (d) Diagrama TAS (Total Alkalies vs Silica) com campos classificatórios de rocha segundo Middlemost (1985) e campos para distinção entre séries magmáticas Alcalinas e Subalcalinas segundo a curva de Irvine e Baragar (1971).

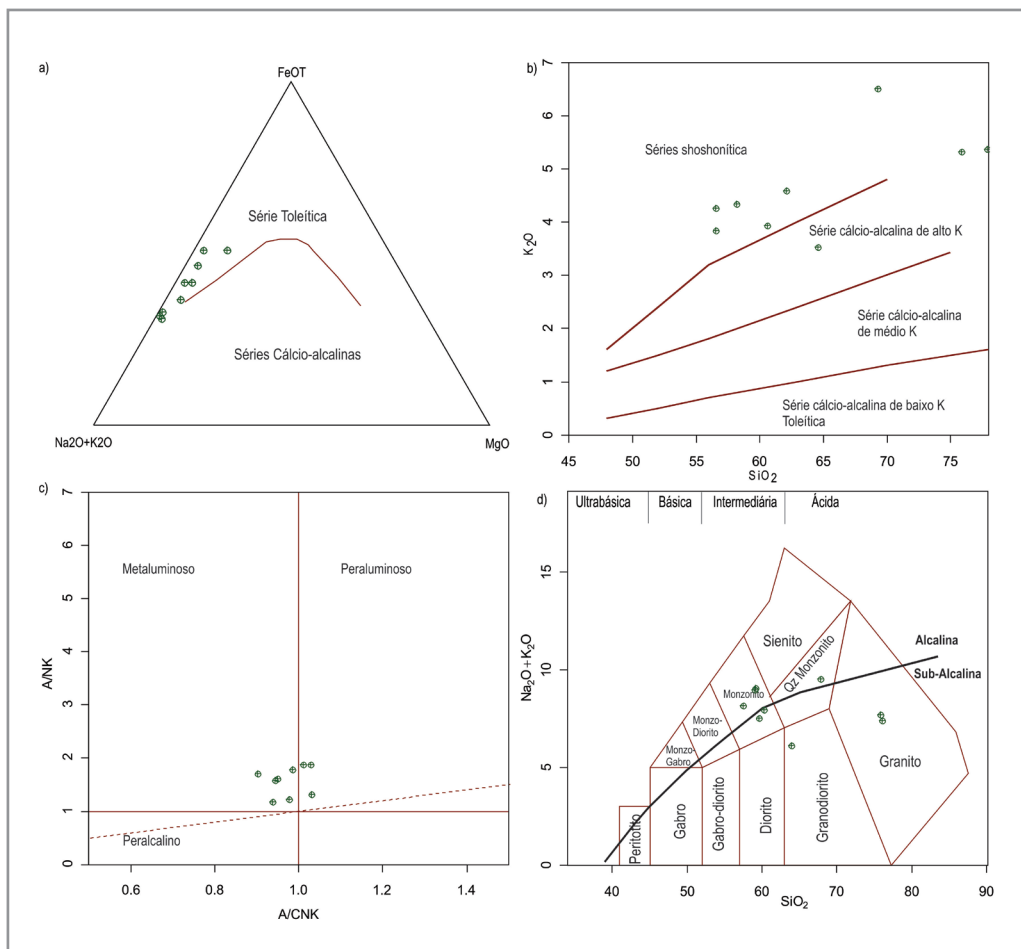


Figura 3.21 - Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos para amostras do Leucogranito Penedos (a) Diagrama R1 vs R2 de De LaRoche et al. (1980) com campos segundo Batchelor e Bowden (1985); (b) Diagrama proposto por Pearce et al. (1984) onde VAG = granito de arco vulcânico, WPG = granito intra-placa, ORG = granito de cadeia meso-oceânica, syn-COLG = granito sin-colisional; (c) Diagramas de Zr (ppm) versus 10,000 Ga/Al e (d) (Na2O+K2O)/CaO versus Zr+Nb+Ce+Y (ppm) segundo Whalen et al., (1987), onde FG = granitoides fracionados; OGT = granitoides não fracionados tipo-I, -S e -M e A= granitoides anorogênicos.

3.3.4. Granito Amontada

Para este corpo granítico foram efetuadas 09 análises litoquímicas, cujos resultados analíticos estão exibidos na Tabela 3.4.

As rochas que compõem a unidade Granito Amontada são ácidas, com teores de SiO₂ variando entre 69.38 e 76.12%. No diagrama TAS (Total Alcalis vs. Sílica) mostram variação composicional de quartzo monzonitos a granitos, segundo os campos classificatórios de Middlemost (1985), figura não apresentada nesta nota explicativa. No diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971) todas as amostras inserem-se no campo cálcio-alcálico (Figura 3.22a). Em relação ao teor de K₂O exibem variação entre 5.48 e 6.16%, e no diagrama K₂O vs SiO₂ com campos

definidos por Peccerillo e Taylor (1976), o granito apresenta afinidade shoshonítica (Figura 3.22b).

Os teores de Al₂O₃ variam entre 13.52 e 15.31%, e no diagrama de saturação de alumina A/NK vs. A/CNK (Shand, 1943 Apud Maniar e Piccoli, 1989) exibem, predominantemente, caráter peraluminoso (Figura 3.22c).

Em relação ao ambiente tectônico, as amostras apresentam assinatura de granitos de arco vulcânico, segundo Pearce et al., (1984), e inserem-se no campo de rochas pós-colisionais segundo a Diagrama R1 vs R2 de De LaRoche et al. (1980) com campos discriminantes de Batchelor e Bowden (1985) (Figura 3.22d). Regionalmente considera-se que o Granito Amontada é pós-colisional e associado a Zona de Cisalhamento Transcorrente de Forquilha, desta forma o segundo gráfico representaria melhor o magmatismo.

Tabela 3.4 - Resultados das análises das amostras do Granito Amontada.

Amostra	IG45	IG70	IG80	IG106	IG116	IG117	IG159	IB01C	IB26	IB28	IB49	IB50
SiO ₂ (%)	70.08	70.93	67.06	56.87	67.71	62.46	64.21	64.84	66.79	72.12	71.90	65.64
TiO ₂	0.64	0.40	0.65	1.34	0.43	0.89	0.88	0.84	0.63	0.07	0.41	0.86
Al ₂ O ₃	15.36	15.59	15.41	18.86	16.01	15.41	16.00	15.16	15.68	13.72	14.82	15.22
Fe ₂ O ₃	3.67	2.76	4.4	8.46	4.06	5.3	6.00	4.74	4.71	0.88	3.76	5.53
MnO	0.05	0.04	0.05	0.12	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08	0.02	0.05	0.06
MgO	1.06	0.5	1.0	3.75	2.0	2.77	2.73	2.45	1.26	0.13	0.33	1.28
CaO	2.88	1.60	2.51	6.93	3.97	3.91	3.03	3.33	2.74	0.93	2.17	2.44
K ₂ O	5.19	6.29	5.13	1.97	2.36	4.42	3.27	4.44	2.4	6.44	5.63	4.52
Na ₂ O	3.87	3.72	3.38	4.77	4.28	3.35	3.56	2.23	4.65	2.82	3.28	4.13
P ₂ O ₅	0.17	0.11	0.18	0.49	0.17	0.37	0.37	0.31	0.21	0.04	0.12	0.42
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
PF	0.34	0.25	0.56	0.59	0.36	0.21	1.31	0.74	0.31	0.35	0.71	0.52
Total	103.32	102.18	100.34	104.16	101.44	99.2	101.46	99.17	99.46	97.51	103.19	100.63
Rb(ppm)	161.1	153.5	106.7	65.8	53.7	160.1	94.4	181.3	95.1	116.1	77.5	105
Cs	1.58	0.98	0.68	0.9	0.51	6.6	3.82	6.82	4.4	3.44	0.52	3.21
Ba	1538	1779	2359	1143	870	1174	922	1024	431	833	2135	1200
Sr	512.8	333.1	348.5	861.2	587.4	603.6	559.1	505.3	153.8	175.9	282.5	600.5
Ga	19.6	17.8	19.1	20.2	15.5	16.8	17.5	17.3	18.4	11.5	21.1	18.5
Ta	1.38	0.23	1.09	0.69	0.13	0.93	1.13	0.97	0.61	0.18	0.45	0.30
Nb	8.93	4.82	12.26	8.55	3.78	11.93	12.08	12.79	10.18	1.68	9.66	8.93
Hf	9.22	8.97	13.13	4.23	3.27	7.36	6.2	8.51	8.09	1.99	11.27	8.75
Zr	316.4	351.9	535.7	177.6	124.8	267.9	200.2	291.9	265.5	52.7	401.6	334.7
Y	28.0	8.53	18.44	20.83	10.1	14.1	18.23	13.55	12.52	3.49	19.73	14.37
Th	19.2	28.4	21.0	5.3	0.5	29.6	11.4	40.6	17.6	2.6	5.1	23.1
U	1.74	1.25	1.18	1.22	0.22	3.87	2.07	4.39	2.27	1.45	1.12	1.43
La(ppm)	77.7	120.9	138.3	35.4	12.8	46.8	28.4	51.1	38.8	3.4	59.5	48.1
Ce	170.9	246.5	259.1	74.2	27.5	88.0	59.9	98.9	81.2	7.0	112.0	113.4
Pr	21.03	28.52	29.2	10.15	3.84	10.58	8.08	11.96	9.8	0.73	13.85	14.74
Nd	76.2	91.1	98.3	43.6	16.1	41.2	32.6	45.2	38.3	2.9	49.6	56.7
Sm	9.7	9.2	14.4	8.4	3.6	6.9	6.7	7.3	6.8	0.8	7.4	8.7
Eu	1.97	1.65	1.77	2.12	0.89	1.63	1.28	1.67	1.31	0.77	2.22	1.69
Gd	7.48	5.15	8.74	7.27	2.83	4.98	5.52	5.31	5.40	0.55	6.15	6.75
Tb	1.11	0.59	1.09	0.96	0.36	0.68	0.75	0.62	0.64	0.10	0.84	0.84
Dy	5.92	2.28	4.77	4.57	2.59	3.70	4.35	3.55	3.32	0.83	4.67	3.86
Ho	1.15	0.29	0.84	0.84	0.36	0.63	0.75	0.52	0.59	0.12	0.84	0.60
Er	3.24	1.05	1.85	2.01	1.03	1.70	1.94	1.45	1.48	0.38	2.09	1.31
Tm	0.39	0.1	0.25	0.27	0.10	0.19	0.26	0.21	0.21	<0.05	0.32	0.22
Yb	3.0	0.7	2.0	1.8	1.0	1.5	1.6	1.5	1.2	0.6	2.0	1.2
Lu	0.36	0.14	0.29	0.22	0.18	0.27	0.31	0.23	0.3	0.21	0.4	0.2

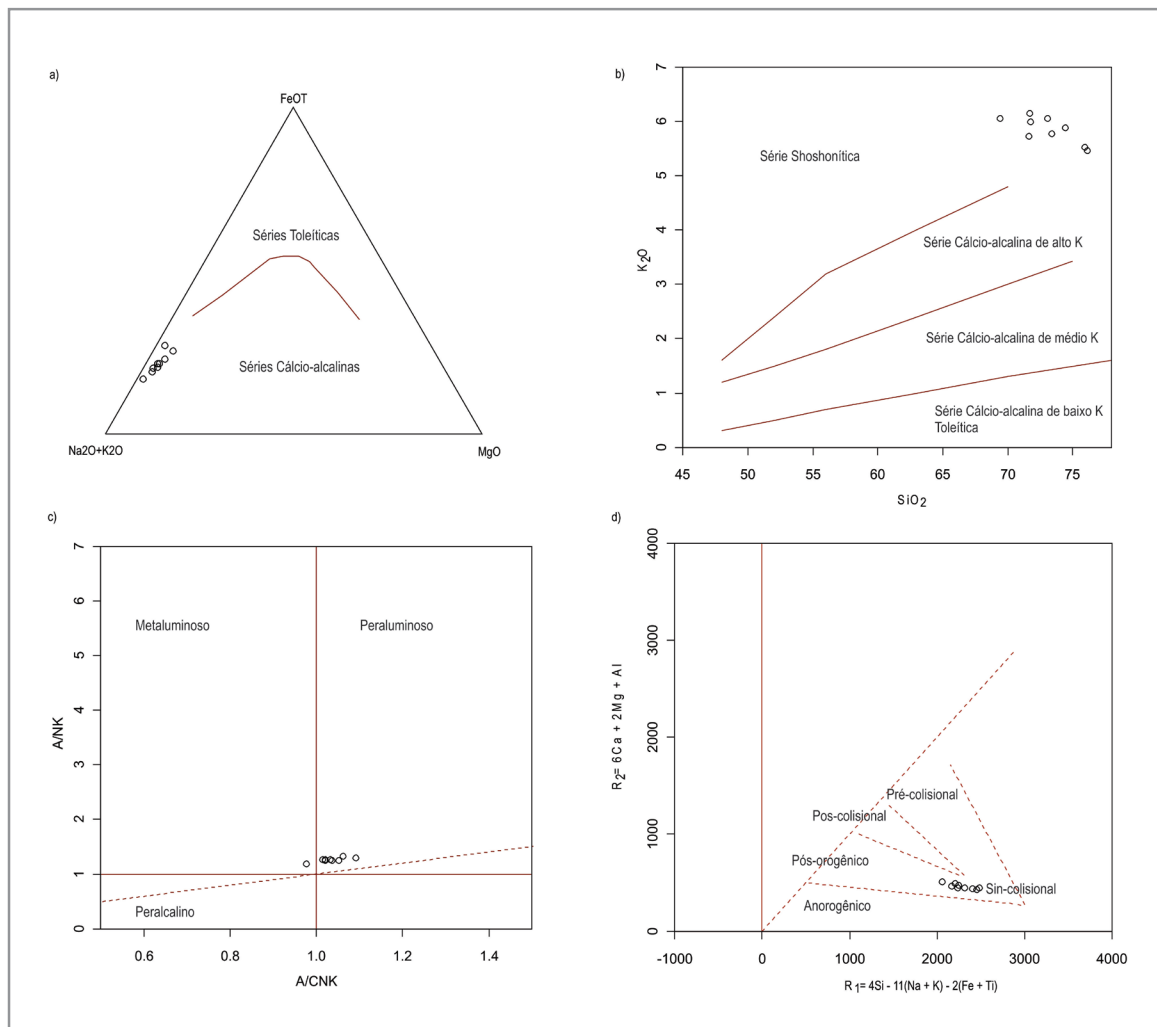


Figura 3.22 - Diagramas discriminantes para amostras do Granito Amontada (a) Diagrama AFM com campos para distinção entre séries magmáticas segundo a curva de Irvine e Baragar, (1971); (b) Diagrama K₂O vs. SiO₂ para classificação das séries cálcio-alcálinas de alto potássio, médio e potássio, segundo campos definidos por Peccerillo e Taylor (1976); (c) Diagrama A/NK vs. A/CNK (Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O) vs. Al₂O₃/(Na₂O+K₂O) (mol. %) de Shand (1943 Apud Maniar e Piccoli, 1989) para discriminar composições metaluminosa, peraluminosa e peralcalina; (d) Diagrama R₁ vs R₂ de De LaRoche et al. (1980) com campos discriminantes de ambientes geotectônicos segundo Batchelor e Bowden (1985).

4. GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As rochas que compõem o embasamento cristalino da folha mapeada apresentam um arranjo estrutural assinalado por um trend principal NE-SW, bem marcado na porção central da folha, que condiciona tanto a forma da Unidade Granitoide Santa Quitéria, quanto da Suíte Magmática Tardi a Pós Orogênica (Leugranito Penedos, Granulito Macaco e Granito Amontada).

A Zona de Cisalhamento de Forquilha constitui a principal estrutura dúctil, seccionando a área segundo a direção N50E. Afeta mais intensamente os migmatitos (PRcn1) e ortognaisses (PRcn2) do Complexo Canindé do Ceará e as rochas da Unidade Independência, do Complexo Ceará.

4.2. ASPECTOS ESTRUTURAIS DE FEIÇÕES DÚCTEIS

4.2.1. Foliação e Lineação

Dados de foliação e lineação foram coletados em medidas Clark, e utilizando-se do programa Stereonet - versão 9.0.2 (Allmendinger et al., 2013), foram plotados em rede de Schmidt-Lambert com projeção no hemisfério inferior.

O estereograma gerado para o conjunto total de atitudes indica foliação de baixo a médio mergulho (25°), preferencialmente para SSE (máximo 351/65) - (Figura 4.1). O espalhamento das medidas, com um segundo máximo de concentração de pólos

em torno de 323/45, bem menos representativo que o primeiro, indica planos com mergulho médio (45°) segundo a direção N53E. A lineação associada é predominantemente oblíqua, com caimento em torno de 11° para SSW (Figura 4.2).

Em campo, a foliação Sn é caracterizada por bandamento composicional, com alternância de níveis quartzo-feldspáticos com anfibólitos neoformados, de granulação mais grossa que a das bandas mais máficas. Estas são compostas por quartzo, feldspato, e enriquecidas em biotita (Figura 4.3). A lineação é indicada principalmente pela deformação de quartzo (Lx), e normalmente é paralela a orientação de biotita (Lm).

A foliação Sn+1 é milonítica, exhibe aspecto de planos retilíneos pouco espessos, com deformação impressa tanto em cristais da matriz, quanto em porfiroclastos de feldspato, quando presentes (Figura 4.4). A lineação (Lx) é bem marcada, geralmente indicada pela deformação de quartzo e pelo alinhamento do eixo maior de cristais oclares de feldspatos.

Com base em critérios de campo, o conjunto de atitudes foi analisado em separado (Sn e Sn+1). O diagrama de Sn evidenciou foliação de direção WSW-ENE, com mergulho médio baixo, em torno de 23° para SSE (Figura 4.5a). A lineação é oblíqua com caimento de 23°, preferencialmente para SSW (Figura 4.5b).

A foliação Sn+1 é caracterizada por planos com médio a alto ângulo de mergulho (61°) para SE (Figura 4.6a). A lineação (Lx) associada é direcional, com caimento médio de 18° para SW (Figura 4.6b).

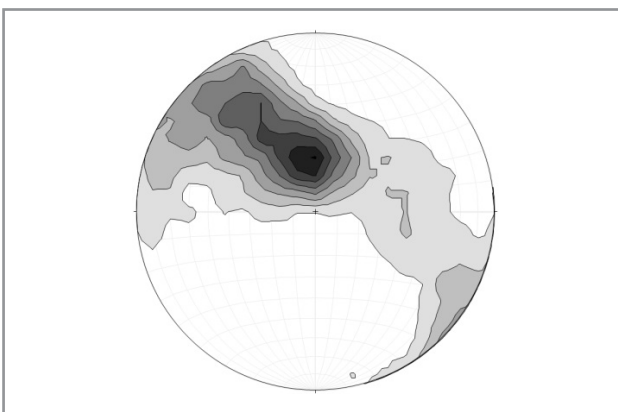


Figura 4.1 - Diagrama de isolinhas de pólos de foliação indicando predomínio de estruturas de baixo ângulo de mergulho para o quadrante SSE (281 medidas, contornos com intervalo de 2%).

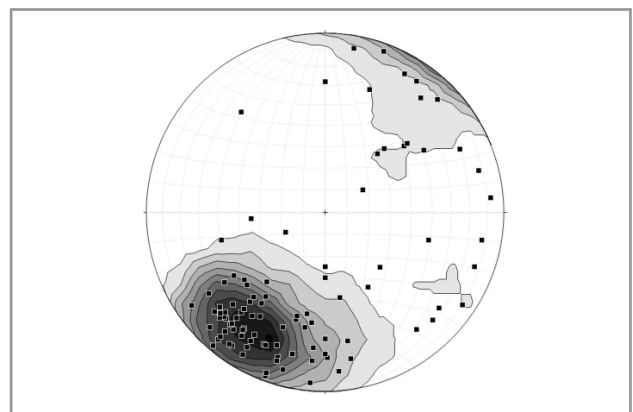


Figura 4.2 - Diagrama de isolinhas de lineação indicando baixo caimento, preferencialmente para SSW (104 medidas, ponto=atitudes, contornos com intervalo de 2%).



Figura 4.3 - Folição S_n em biotita ortognaisse migmatítico da unidade PRcn1 (Ponto IB102- UTM's: 401372; 9636420, S_n :168AZ/30°).



Figura 4.4 - Aspecto da foliação S_{n+1} em gnaiss porfiroclástico da unidade PRcn1, na Zona de Cisalhamento de Forquilha (Ponto IB152- UTM's: 404246; 9619606, S_n :305AZ/80°).

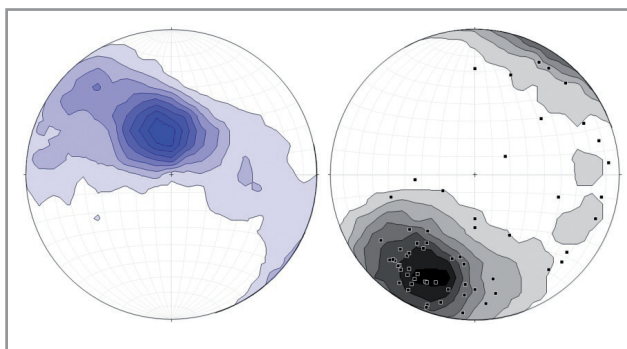


Figura 4.5 - Diagrama de isolinhas pólos de foliação S_n (a) e de lineação (Lx) - (s_n =196 medidas, L_x =64 medidas, contornos com intervalo de 2%).

4.2.2. Zona de Cisalhamento de Forquilha e Domínios Estruturais

A Zona de Cisalhamento de Forquilha (ZCF), de direção SW-NE, secciona a área em sua porção central e apresenta indícios de movimentação dextral. A deformação é mais forte na região de Juremal, sudoeste da área, quando afeta os ortognaises

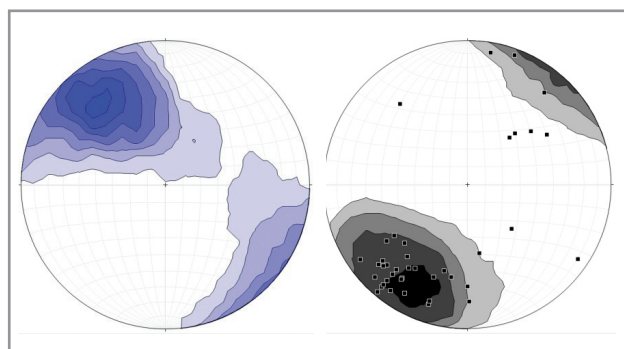


Figura 4.6 - Isolinhas de pólos foliação S_{n+1} (a) e de lineação (Lx) - (s_n =88 medidas, L_x =40 medidas, contornos com intervalo de 2% para S_n e 3% para L_x).

(PRcn2), migmatitos paraderivados e ortognaises oclares (PRcn1) do Complexo Canindé do Ceará, bem como os metassedimentos da Unidade Independência (Complexo Ceará). A estrutura apresenta continuidade para nordeste, porém com menor intensidade.

A área pode ser dividida em dois domínios estruturais, a leste e a oeste da Zona de Cisalhamento de Forquilha. A leste o tratamento de dados de foliação indica dois máximos de planos principais, representando valores de mergulho variando de médio (32°) a médio/alto (61°), para o quadrante SE (Figura 4.7a). A lineação associada é oblíqua a direcional, com caimento médio de 26° para SW (Figura 4.7b).

Estes planos de foliação são considerados registros da foliação S_n , desenvolvida durante a intrusão das rochas do Complexo Tamboril - Santa Quitéria. Nesta porção da área os corpos do Leucogranito Penedos, Granulito Macaco e os ortognaises Santa Quitéria constituem corpos com formas alongadas, com estruturação coerente com a direção NE-SW identificada.

A foliação a oeste da Zona de Cisalhamento de Forquilha é caracterizada por plano médio de 21° para SSE (Figura 4.8a). A lineação é oblíqua, com baixo caimento (17°) para SSW (Figura 4.9b). O padrão observado na Figura 4.8a, com espalhamento de atitudes formando uma guirlanda indica presença de dobramentos na área. Para este domínio é assumido que S_n foi dobrada, com transposição ao longo de planos, nos quais se desenvolveu a foliação milonítica S_{n+1} de direção SW-NE e com médio/alto mergulho (61°) para SE (Figura 4.6).

Em campo, dobras ocorrem em toda porção centro-oeste da área, principalmente nas rochas do Complexo Canindé do Ceará (Figura 4.9). Formam um padrão de anticlinais e sinformais, com dimensões centrimétricas a métricas, variando de abertas a fechadas. Dobras intrafoliais apertadas são também comuns. Os eixos (Lb) exibem caimento médio de 25° para SW, sendo Lb aproximadamente paralela a lineação predominante na área.

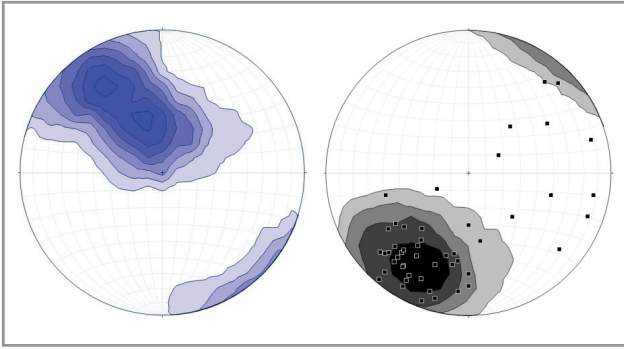


Figura 4.7 - Diagrama de isolinhas de foliação Sn preservada (a) e atitudes de lineação (Lx) para o domínio a leste da Zona de Cisalhamento de Forquilha (sn=128 medidas, Lx=50 medidas, contornos com intervalo de 2% para Sn e 3% para Lx).

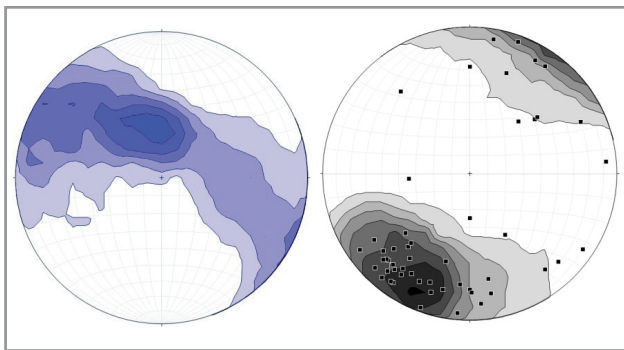


Figura 4.8 - Diagrama de isolinhas de foliação Sn dobrada (a) e atitudes de lineação (Lx) para o domínio a oeste da Zona de Cisalhamento de Forquilha (sn=153 medidas, Lx=54 medidas, contornos com intervalo de 2%).



Figura 4.9 - Sequência de sinformais e anticlinais na localidade Vau (IB210 - UTM's: 401404; 9617353, eixo 25°/ 211Az indicado pelo cabo do martelo).

4.3. EVOLUÇÃO TECTÔNICA

A Folha Itapipoca, inserida no Domínio Ceará Central, é constituída por migmatitos paraderivados e ortognaisses riacianos atribuídos ao Complexo Canindé do Ceará, segundo concepção de Torres et al., (2007). As rochas metassedimentares criogenianas

foram agrupadas na Unidade Independência do Complexo Ceará (Cavalcante et al., 2003; Costa, 2013; Pinéo e Swirtes, 2013). Terrenos ígneos/anatóticos criogenianos a ediacarianos são atribuídos ao Complexo Tamboril-Santa Quitéria (Fetter et al., 2003; Torres et al., 2007, Araujo et al., 2014). Nesta área, o complexo engloba as unidades Granitoides Santa Quitéria e Diatexitos, sendo ainda composto pela Unidade Sienito Gurupá. Como Suíte Magmática Tardi a Pós-orogênica, foram agrupadas as unidades Leucogranito Penedos, Granito Amontada e Granulito Macaco, de idade cambro-ordovicianas. As coberturas superficiais cenozoicas compreendem o Grupo Barreiras e as coberturas sedimentares inconsolidadas, eólicas litorâneas e aluvionares.

Na figura 4.10 é proposto o modelo de evolução da área em dois eventos tectônicos. A intrusão da associação granito-migmatítica do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (CTSQ) ocorreu em torno de 640-620 Ma em regime sin-colisional (ex., Araujo et al., 2012; Costa et al., 2013) ou em estágio evoluído de arco magmático continental (ex., Fetter et al., 2003; Araujo et al., 2014). A intrusão ocorreu concomitante ao desenvolvimento da foliação Sn (intrusão sin-tectônica), esta caracterizada por planos com mergulho baixo a médio para SE. Neste estágio o sentido de transporte tectônico (vergência) foi para NW (Figura 4.10a).

Em torno de 580-530 Ma desenvolveu-se o regime transcorrente, geralmente com cinemática dextral, datado no DCC a partir de granitoides sin-transcorrentes (e.g., Quixadá-Quixeramobim de 590-580 Ma), segundo Fetter (1999) e Nogueira (2004), a tardi-transcorrentes (e.g., Mucambo e Meruoca de 540-530 Ma) de acordo com (Fetter, 1999; Archanjo et al., 2009, Santos et al., 2013). Sob este regime foram desenvolvidos planos de médio a alto ângulo de mergulho para SE, que caracterizam a foliação milonítica Sn+1. Na área, a principal estrutura transcorrente é a Zona de Cisalhamento de Forquilha. O movimento relativo entre planos secundários dobrou Sn, formando um padrão crenulado como observado no domínio oeste (Figura 4.10b).

Os corpos do Leucogranito Penedos e do Granulito Macaco intrusivos na Unidade de Granitoide Santa Quitéria exibem formas alongadas, orientadas segundo a direção N45E, sendo caracterizados por apresentar somente uma foliação (Sn+1). Os granitos isotrópicos de Amontada provavelmente tiveram seu alojamento em fase tardia a posterior à movimentação dextral da ZCF. Por fim, em contatos discordantes com as demais litologias da área, ocorreu a deposição das coberturas superficiais cenozoicas.

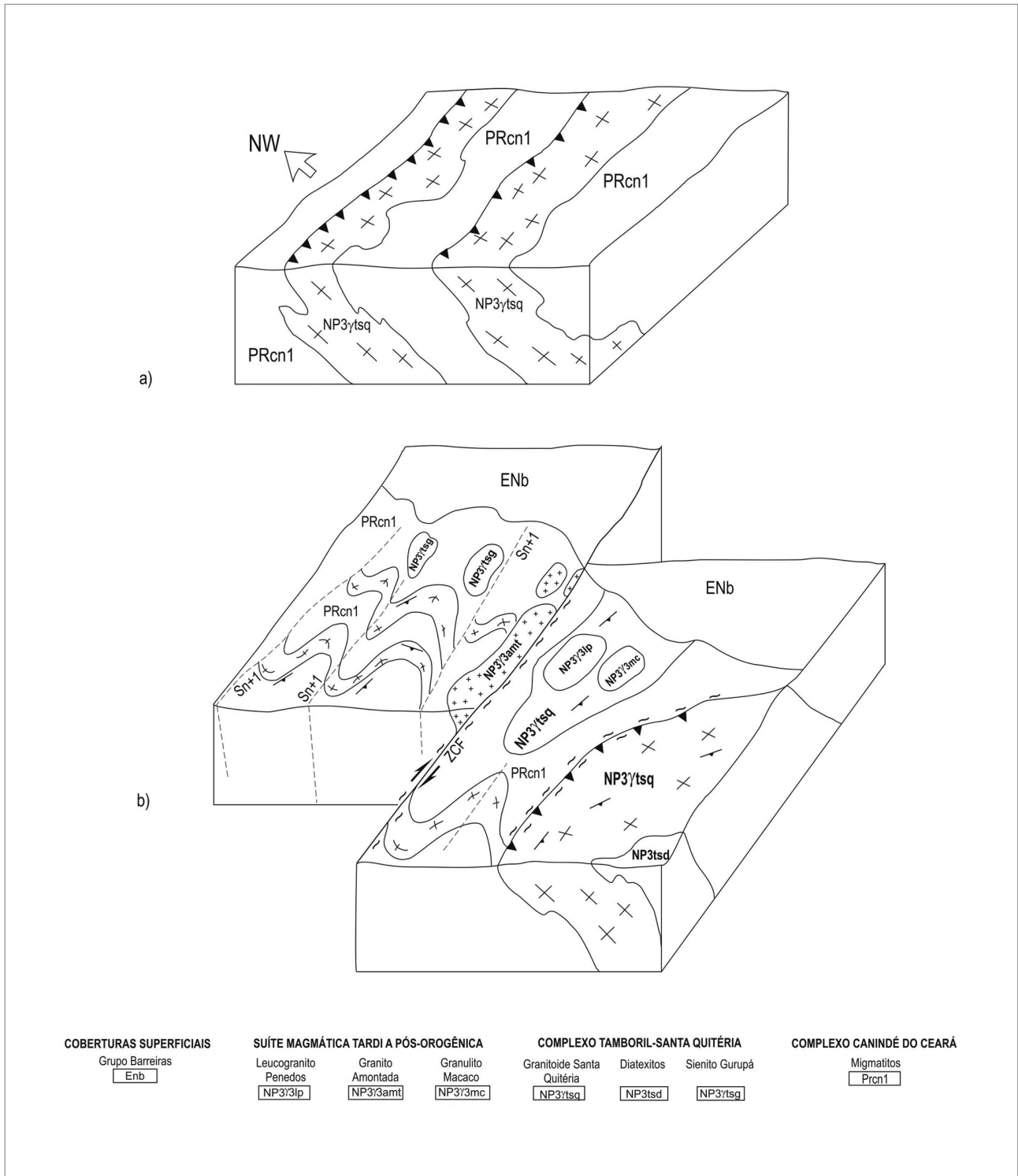


Figura 4.10 - Representação esquemática mostrando evolução tectônica da área.

de sedimentos de corrente, contendo 27 pares de duplicatas de campo para teste de variância.

Em 105 destas estações, foram coletados concentrados de bateia. A distribuição das estações obedeceu a um padrão regular, de forma a abranger a maior quantidade de território possível, isto tanto para as amostras de sedimento de corrente como para as de concentrado de bateia.

As amostras de sedimento ativo de corrente foram coletadas, de forma composta, no canal ativo da drenagem, em trechos mais retilíneos, em 5 a 10 porções e num raio máximo de 50 metros.

As amostras de concentrados de bateia foram coletadas também de forma composta, porém, diferentemente dos sedimentos de corrente, nos trechos da drenagem com concentradores naturais (curvas, corredeiras, etc.), e mais ou menos a 30 cm de profundidade.

Todas as informações de campo das amostras de sedimento ativo de corrente e de concentrados de bateia foram registrados em formulário próprio (caderneta de campo geoquímica) para posterior arquivamento, junto com os resultados analíticos, na base de dados geoquímicos da CPRM no GEOBANK.

5.3. MÉTODO ANALÍTICO

5.3.1. Sedimentos de Corrente

As amostras de sedimentos de corrente foram analisadas pelo SGS GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA, a determinação dos elementos foi realizada em uma alíquota de 0,25 gramas de cada amostra previamente seca a 60°C e peneirada a 80 mesh. Essa alíquota foi transferida para tubo de ensaio de 20 ml, e aferida. Foi adicionado ácido nítrico e ácido clorídrico; levado para banho-maria com temperatura 75°C±5°C por 2 horas, agitado a cada 30 minutos, retirado e resfriado a temperatura ambiente. Após isso, foi completado para 20 ml com água ultrapura, tampado e homogeneizado. Após decantação, as determinações foram feitas por ICPMS.

5.3.2 – Concentrados de bateia

As amostras foram inicialmente secas e peneiradas para retirar a fração granulométrica acima de 0,71mm. Após isso, a amostra foi quarteada, e foram retirados 50g e separados em líquido denso. As alíquotas formadas pelos minerais de densidade abaixo de 2,97 foram descartadas. As frações pesadas obtidas seguiram para o estudo analítico através de lupa binocular e microscópio.

5.4. TRATAMENTO DOS DADOS

5.4.1. Sedimentos de Corrente

Durante o processamento estatístico, os dados analíticos de sedimento de corrente do projeto

Itapipoca foram tratados, segundo Lins (2003), tendo seus resultados abaixo do limite de detecção (< que) multiplicados por 0,667; e acima do limite de detecção (> que) multiplicados por 1,5. Foi feita uma varredura nos dados para a observação de outliers, que representam valores numericamente distantes da população de dados, podendo levar a erros de interpretação na análise estatística. Não foi encontrado nenhum outlier.

Os resultados analíticos obedeceram a um processo de interpretação sequencial, relacionada ao estudo da variância, cálculo dos estimadores estatísticos, estudo da distribuição espacial dos elementos (histogramas, correlações e análise de agrupamento); e análise de componentes principais (ACP).

5.4.2. Estudo da Variância

A variância indica a variabilidade de teores dos elementos, que pode ser causada pela existência de várias fontes para determinado elemento, como também variações em seus teores por causa de poluições antrópicas ou erros de amostragem. A verificação da variabilidade de teores devida aos procedimentos de amostragem e os de análise, combinadas, foi realizada utilizando-se as amostras duplicatas, 43 pares de amostras e 17 replicatas de laboratório. Adotou-se o teste t-Student (teste de hipótese) para estabelecer-se a confiabilidade do procedimento analítico. De acordo com os resultados obtidos, (Tabela 5.1), a hipótese nula para as populações originais e réplicas serem iguais foi aceita a um nível de significância de 95% para a quase totalidade dos elementos. A hipótese nula significa uma afirmação relativa a um parâmetro que é uma propriedade estatística de uma população, e consiste em afirmar que os parâmetros ou características matemáticas de duas ou mais populações são idênticos.

O elemento Au teve seus valores analíticos abaixo do limite de detecção, tendo seu teste de hipótese invalidado. Para o elemento Sb o teste não foi aceito. No geral, o teste foi considerado satisfatório para o conjunto dos elementos analisados e testados, que foi de 53.

5.5. SUMÁRIO DOS ESTIMADORES

Foram definidos os estimadores da população de amostras seguindo a planilha eletrônica de Lins (2003), sendo o cálculo do limiar um recurso estatístico, que serve de base para auxiliar na interpretação das anomalias dos elementos mineralizantes e associados na área em estudo. O termo limiar significa a concentração a partir da qual o teor de um elemento ou mineral é considerado anormal na crosta terrestre (Neto e Rocha, 2010). O estabelecimento dos valores limiares foi baseado numa análise esta-

tística simples: a média geométrica multiplicada pelo desvio geométrico ao quadrado (Tabela 5.2).

Não foi detectada a presença de *outliers* (valores muito discrepantes) no conjunto de dados, fato que poderia causar a generalização de cálculos tendenciosos, devido a dados fragmentários extrapolantes e errôneos.

5.5.1. Histogramas e Tipos de Distribuição

A distribuição dos teores dos elementos na área em estudo foi representada através de histogramas (Figuras 5.2 a 5.5), nos quais nota-se a tendência lognormal da distribuição dos mesmos. Este fato é esperado, pois na natureza, dados geoquímicos não seguem a lei normal de distribuição gaussiana, a que se aplica melhor para dados geoquímicos naturais (Licht, 1998). Por isso, a transformação lognormal proporciona estimativas mais fiéis dos parâmetros estatísticos do universo amostrado, pois aproxima da distribuição gaussiana o gráfico de distribuição real dos teores. A distribuição assimétrica positiva representa abundância de valores baixos e escassez de valores elevados. Este tipo de distribuição é observado na maioria dos elementos analisados.

É possível observar se os teores dos elementos possuem distribuição simétrica ou assimétrica em torno de um valor mais alto, ou se a distribuição é unimodal ou multimodal, com várias classes de valores mais altos. A maioria dos elementos possui distribuição de teores assimétrica, com maior frequência de baixos teores, e menores frequências de teores mais elevados, como por exemplo: Co, Mn, As, U e Th, Sr, Sb, V, La, Cr, Ba, Na, K, Tl, S, Hg, Ge, Hf, Sn, Zr, Li e Ce. Alguns apresentaram distribuição multimodal, com mais de uma classe de valores com maior frequência. São eles: Co, As, V e S. A distribuição multimodal do gráfico reflete a heterogeneidade na composição química dos materiais amostrados e a existência de locais específicos onde ocorrem concentrações anormais dos elementos dosados.

5.6. CORRELAÇÕES E AGRUPAMENTOS

A correlação linear de Pearson em Geoquímica nos indica o grau de associação entre os elementos analisados em determinado tipo de rocha ou sedimento, e serve como ferramenta de interpretação, assim como a análise de agrupamentos (cluster analysis) (Figura 5.6).

Tabela 5.1 - Teste t-Student para os resultados analíticos dos pares amostrais de duplicatas e replicatas de laboratório dos sedimentos de corrente de Itapipoca.

Elemento	$t_{0,95} < 1,67$	Hipótese nula	Elemento	$t_{0,95} < 1,67$	Hipótese nula
Mo – ppm	0.587	ACEITO	Na - %	-0.473	ACEITO
Cu – ppm	0.330	ACEITO	K - %	-0.384	ACEITO
Pb – ppm	1.151	ACEITO	W - ppm	-0.487	ACEITO
Zn – ppm	-0.145	ACEITO	Sc - ppm	-0.105	ACEITO
Ag – ppb	-0.804	ACEITO	Tl - ppm	-0.141	ACEITO
Ni – ppm	0.017	ACEITO	S - %	-0.382	ACEITO
Co – ppm	0.292	ACEITO	Hg - ppb	0.060	ACEITO
Mn – ppm	-0.180	ACEITO	Se - ppm	-0.368	ACEITO
Fe - %	0.373	ACEITO	Te - ppm	0.684	ACEITO
As – ppm	0.634	ACEITO	Ga - ppm	0.385	ACEITO
U – ppm	0.605	ACEITO	Cs - ppm	-1.250	ACEITO
Au – ppb	6.829	ND	Ge - ppm	0.336	ACEITO
Th – ppm	0.687	ACEITO	Hf - ppm	1.285	ACEITO
Sr – ppm	0.307	ACEITO	Nb - ppm	0.909	ACEITO
Cd – ppm	0.944	ACEITO	Rb - ppm	0.031	ACEITO
Sb – ppm	2.985	NÃO	Sn - ppm	2.502	ACEITO
Bi – ppm	-0.338	ACEITO	Ta - ppm	-0.413	ACEITO
V – ppm	0.288	ACEITO	Zr - ppm	1.473	ACEITO
Ca - %	-0.470	ACEITO	Y - ppm	0.417	ACEITO
P - %	-0.145	ACEITO	Ce - ppm	0.796	ACEITO
La – ppm	0.826	ACEITO	In - ppm	0.536	ACEITO
Cr – ppm	0.627	ACEITO	Re - ppb	6.829	ACEITO
Mg - %	-0.608	ACEITO	Be - ppm	0.518	ACEITO
Ba – ppm	1.228	ACEITO	Li - ppm	-1.467	ACEITO
Ti - %	0.687	ACEITO	Pd - ppb	6.829	ACEITO
B – ppm	ND	ACEITO	Pt - ppb	6.829	ACEITO
Al - %	-0.265	ACEITO			

Tabela 5.2 - Estimadores dos resultados analíticos de sedimentos de corrente da folha Itapipoca.

ELEMENTO	LIMITE	GRAU	ABAIXO	ACIMA	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	MÉDIA	DESVIO	DESVIO	LIMIAR
	DETECÇÃO	DETECÇÃO	LIMITE	LIMITE			ARIT.	GEOM.	ARIT.	GEOM.	
Mo_ppm	0.05	302/302	0	0	0.08	4.41	0.35	0.29	0.29	1.59	0.74
Cu_ppm	0.5	302/302	0	0	1.5	36.9	6.50	5.53	4.81	1.82	18.23
Pb_ppm	0.2	302/302	0	0	1.1	22.7	6.42	5.34	3.19	1.61	13.8
Zn_ppm	1	302/302	0	0	0.7	75	12.35	8.43	9.67	2.38	47.58
Ag_ppb	0.01	09/302	293	0	0.007	2.9	0.02	0.01	0.18	1.71	0.02
Ni_ppm	0.5	296/302	6	0	0.35	34.7	5.86	4.30	4.88	2.22	21.29
Co_ppm	0.1	302/302	0	0	0.2	23.5	3.83	2.37	3.54	2.85	19.24
Mn_ppm	5	302/302	0	0	36	911	257.04	208.78	159.38	1.86	721.93
Fe_%	0.01	302/302	0	0	0.27	4.58	1.42	1.27	0.61	1.54	2.99
As_ppm	1	38/302	264	0	0.7	3	0.83	0.70	0.41	1.36	1.3
U_ppm	0.05	302/302	0	0	0.1	14.74	1.39	0.92	1.58	2.34	5.05
Au_ppb	0.1	0/302	302	0	0.07	0.07	0.07	0.07	0.00	1.00	0.07
Th_ppm	0.1	302/302	0	0	0.8	169.8	16.68	10.08	20.60	2.56	65.96
Sr_ppm	0.5	302/302	0	0	1.2	163.7	20.69	13.68	21.24	2.50	85.32
Cd_ppm	0.01	152/302	150	0	0.007	0.12	0.02	0.01	0.01	1.95	0.04
Sb_ppm	0.05	276/302	26	0	0.035	0.43	0.15	0.13	0.05	1.61	0.33
Bi_ppm	0.02	262/302	40	0	0.014	1.2	0.06	0.04	0.10	2.06	0.17
V_ppm	1	290/302	12	0	0.7	69	15.49	11.62	10.05	2.10	51.49
Ca_%	0.01	288/302	14	0	0.007	1.82	0.18	0.09	0.21	3.52	1.1
P_%	50	268/302	34	0	35	3685	215.04	126.79	317.59	2.47	771.17
La_ppm	0.1	302/302	0	0	2.3	399.7	38.41	24.67	45.97	2.45	147.57
Cr_ppm	1	292/302	10	0	0.7	115	17.57	14.50	12.48	1.84	48.87
Mg_%	0.01	260/302	42	0	0.007	1.04	0.13	0.07	0.13	3.78	0.94
Ba_ppm	5	301/302	1	0	12	1612	117.37	82.61	156.62	2.04	345.39
Ti_%	0.01	296/302	6	0	0.007	1.03	0.11	0.08	0.10	2.39	0.44
B_ppm	10	0/302	302	0	7	7	7.00	7.00	0.00	1.00	7
Al_%	0.01	302/302	0	0	0.07	2.19	0.61	0.48	0.37	1.92	1.78
Na_%	0.01	277/302	25	0	0.007	0.9	0.09	0.05	0.13	2.93	0.44
K_%	0.01	294/302	8	0	0.007	0.7	0.13	0.09	0.10	2.70	0.62
W_ppm	0.1	173/302	129	0	0.07	1.6	0.13	0.11	0.16	1.81	0.37
Sc_ppm	0.1	289/302	13	0	0.07	13	2.18	1.99	1.60	2.59	13.36
Tl_ppm	0.02	231/302	71	0	0.014	0.23	0.06	0.72	0.04	1.17	0.99
S_%	0.01	88/302	214	0	0.007	0.23	0.01	0.01	0.02	1.80	0.03
Hg_ppb	0.01	149/302	153	0	0.007	0.16	0.02	0.01	0.02	2.08	0.05
Se_ppm	1	09/302	293	0	0.7	3	0.73	0.72	0.21	1.17	0.99
Te_ppm	0.05	64/302	238	0	0.035	1.36	0.07	0.05	0.12	1.91	0.17
Ga_ppm	0.1	302/302	0	0	0.7	16.4	3.60	3.17	2.06	1.63	8.48
Cs_ppm	0.05	302/302	0	0	0.05	1.92	0.40	0.28	0.32	2.19	1.35
Ge_ppm	0.1	19/302	283	0	0.07	1.4	0.10	0.08	0.16	1.55	0.19
Hf_ppm	0.05	13/302	289	0	0.035	1.98	0.23	0.18	0.24	2.21	0.86
Nb_ppm	0.05	302/302	0	0	0.2	11.24	1.24	0.92	1.07	1.95	3.52
Rb_ppm	0.2	302/302	0	0	0.5	49.7	10.34	5.94	8.89	2.86	48.71
Sn_ppm	0.3	23/302	279	0	0.21	3.2	0.92	0.75	0.46	1.74	2.27
Ta_ppm	0.05	26/302	276	0	0.035	0.26	0.04	0.04	0.02	1.26	0.06
Zr_ppm	0.5	11/302	291	0	0.35	97	7.98	4.75	10.13	3.01	43.16
Y_ppm	0.05	302/302	0	0	0.49	42.61	7.69	5.76	6.03	2.12	25.96
Ce_ppm	0.05	302/302	0	0	6.6	717.95	81.33	54.86	92.14	2.34	299.75
In_ppm	0.02	27/302	275	0	0.014	0.05	0.02	0.01	0.00	1.22	0.02
Re_ppb	0.1	0/302	302	0	0.07	0.07	0.07	0.07	0.00	1.00	0.07
Be_ppm	0.1	246/302	56	0	0.07	2.3	0.32	0.22	0.27	2.27	1.15
Li_ppm	1	201/302	101	0	0.7	27	2.80	1.68	3.73	2.45	10.1
Pd_ppb	0.1	0/302	302	0	0.07	0.07	0.07	1.00	0.00	0.00	0
Pt_ppb	0.1	0/302	302	0	0.07	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0

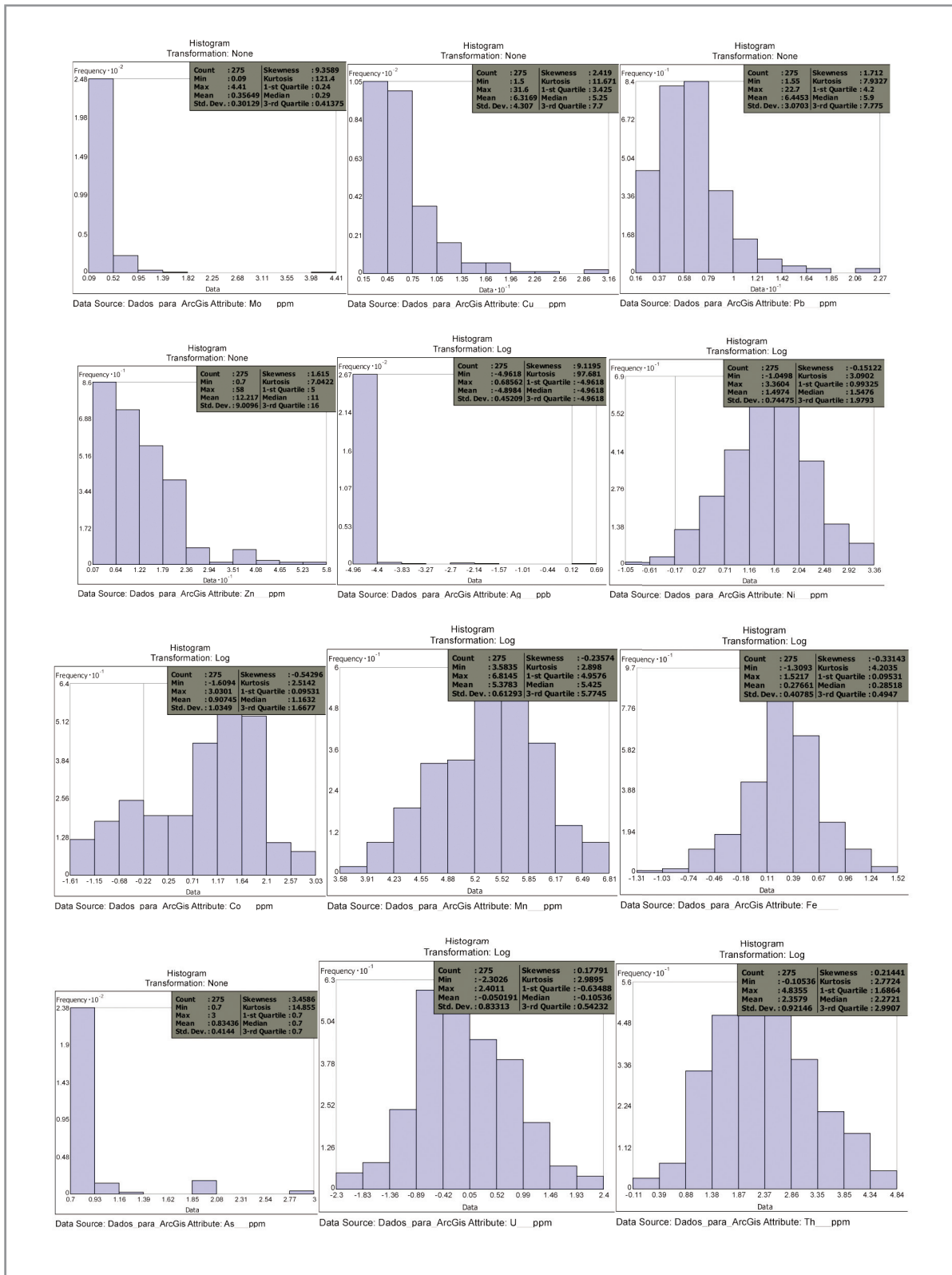


Figura 5.2 - Histogramas mostrando a distribuição dos teores dos elementos analisados na área de Itapipoca.

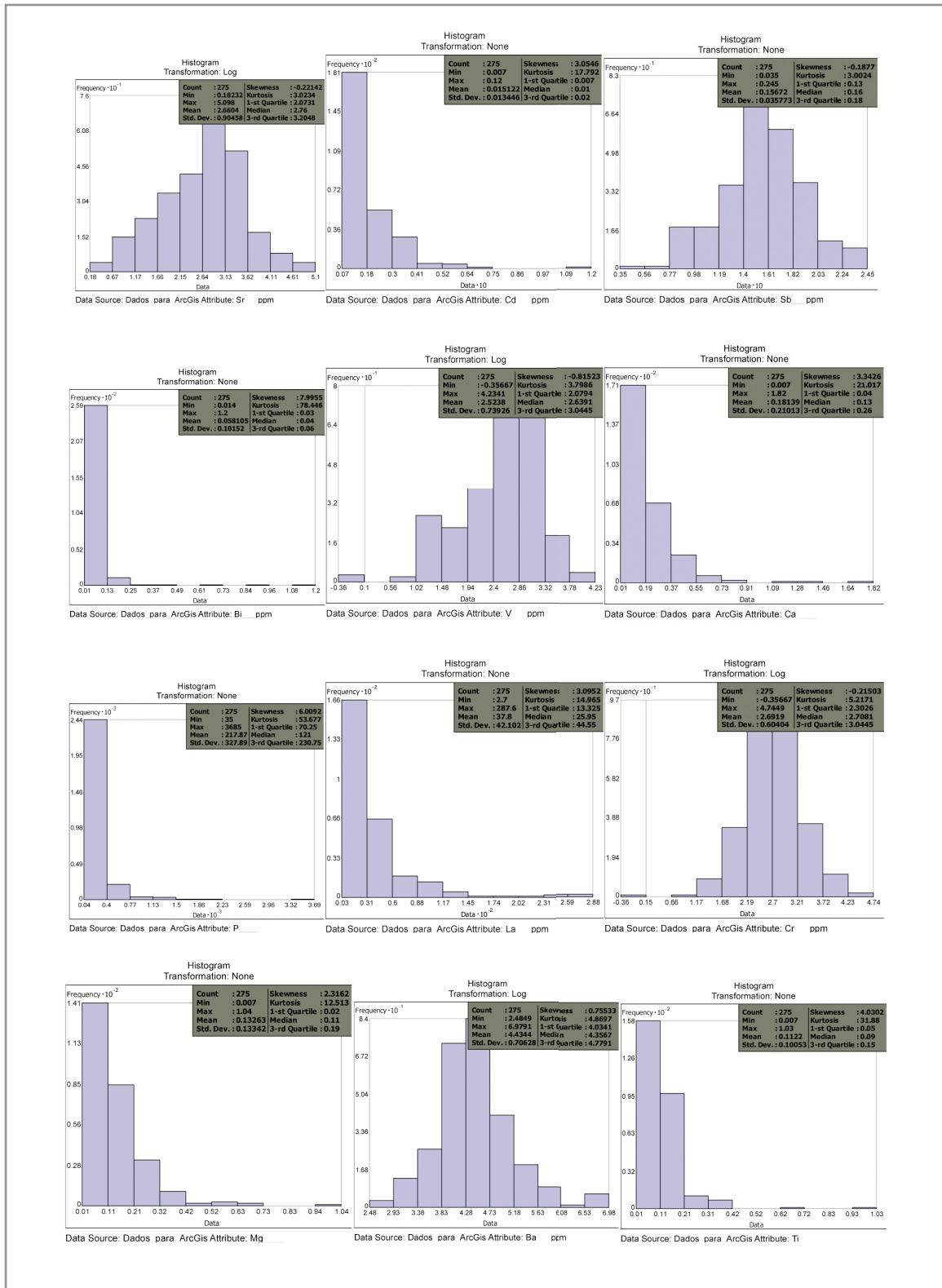


Figura 5.3 - Histogramas mostrando a distribuição dos teores dos elementos analisados na área de Itapipoca.

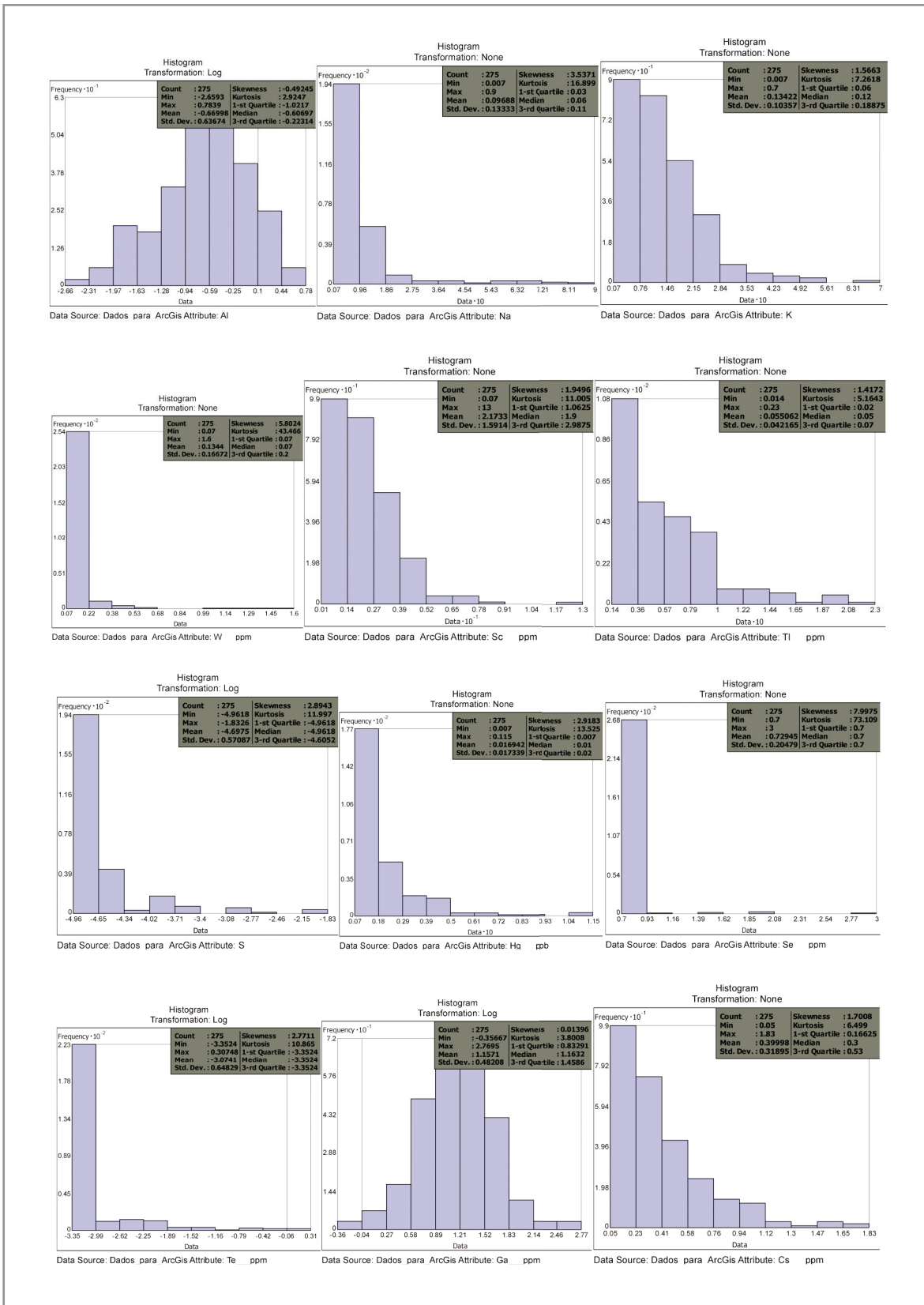


Figura 5.4 - Histogramas mostrando a distribuição dos teores dos elementos analisados na área de Itapipoca.

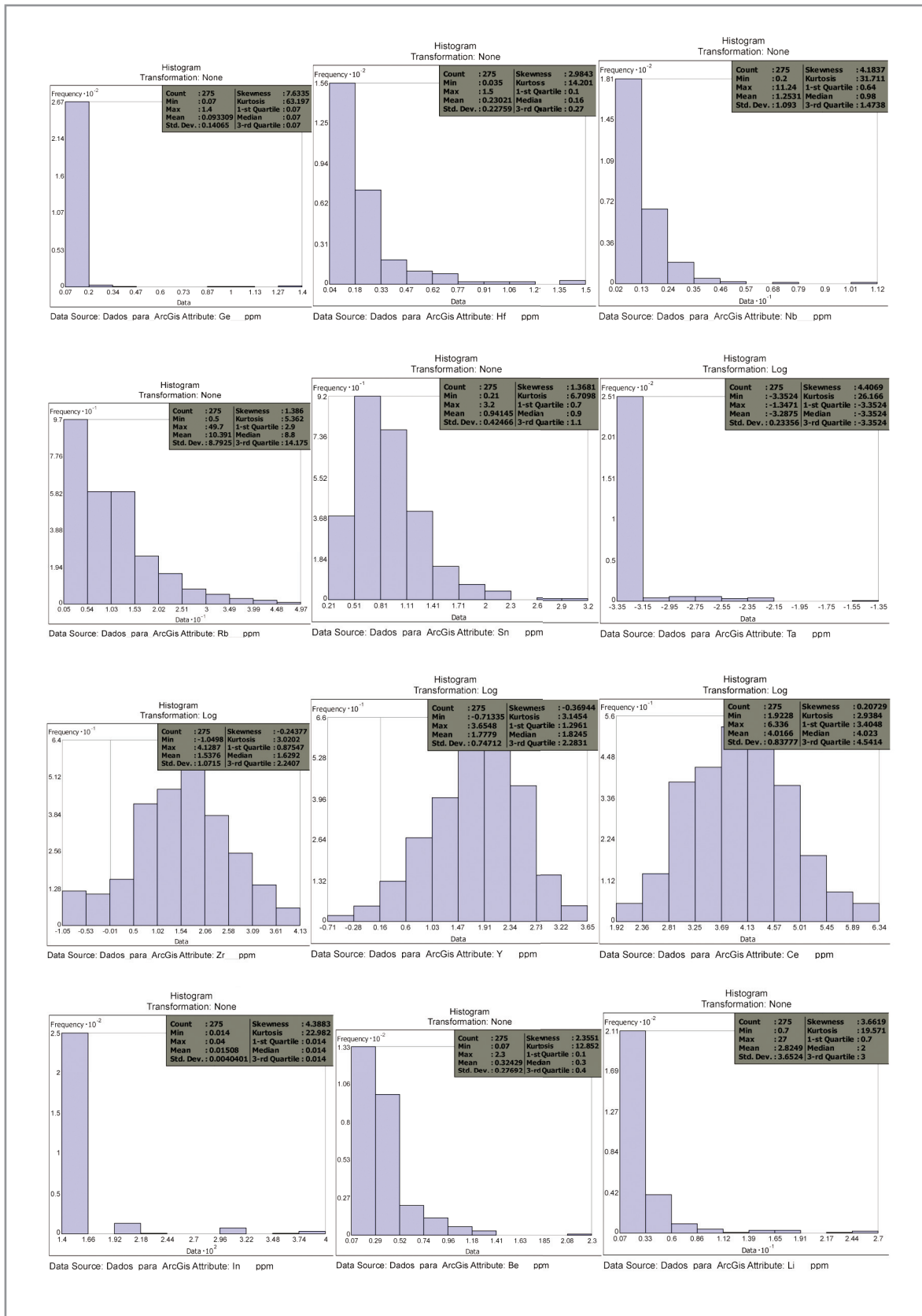


Figura 5.5 - Histogramas mostrando a distribuição dos teores dos elementos analisados na área de Itapipoca.

Essas análises nos fornecem as primeiras ideias sobre ocorrências de paragêneses minerais através das associações lineares entre os elementos formadores do corpo rochoso. Representam análises de otimização que se mostra útil na junção de variáveis de mesmas características de jazimento no ambiente, maximizando assim a homogeneidade de elementos dentro de um grupo de mesmas características de jazimento, e também a heterogeneidade entre os diferentes grupos.

Para a análise de agrupamento e para a correlação linear de Pearson foram retirados os elementos Au, Pt, Pd, Re e B por não apresentarem variância em seus teores, apresentando sempre resultados abaixo do nível de detecção do aparelho. A matriz de correlação (Tabela 5.3) mostra a associação linear entre cada elemento analisado na área em estudo.

A partir destas análises, foram observadas associações típicas de rochas graníticas como o grupo (La, Ce)+Th associado ao U (Figura 5.6). Este grupo associado a (Zr, Hf)+(Ge, Ga) possui alto índice de correlação de Pearson entre seus elementos e pode indicar associações graníticas contendo provavelmente minerais pesados como acessórios. A associação (Cr, Ni) pode indicar presença de rochas ultramáficas, e a associação (Se, Ag)+Hg pode indicar sulfetos complexos,

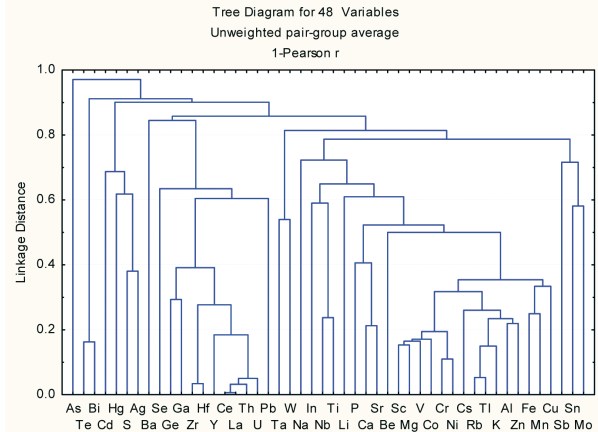


Figura 5.6 - Dendrograma de agrupamento de 48 variáveis analisadas nos sedimentos de corrente da Folha Itapipoca.

sendo estes elementos farejadores de depósitos dos metais Zn, Cu, Ag e Au (Neto e Rocha, 2010).

No dendrograma da Figura 5.6, foram retirados todos os elementos que não possuem nenhuma correlação na matriz de Pearson, restando assim apenas os capazes de mostrar a possibilidade de alguma paragênese, os quais foram reagrupados no dendrograma da Figura 5.7.

Tabela 5.3 - Matriz de correlação dos teores dos elementos analisados nos sedimentos de corrente da Folha Itapipoca. Os destaques em verde, azul e rosa representam correlações moderadamente positivas, fortemente positiva, e muito forte, respectivamente.

	Mo - ppm	Cu - ppm	Pb - ppm	Zn - ppm	Ag - ppb	Ni - ppm	Co - ppm	Mn - ppm	Fe - %	As - ppm	U - ppm	Th - ppm	Sr - ppm	Cd - ppm	Sb - ppm	Bi - ppm	V - ppm	Ca - %	P - %	La - ppm	Cr - ppm	Mg - %	Ba - ppm	Ti - %	Al - %
Mo - ppm	1																								
Cu - ppm	0.16	1																							
Pb - ppm	0.15	0.19	1																						
Zn - ppm	0.16	0.76	0.20	1																					
Ag - ppb	0.06	0.17	0.20	0.41	1																				
Ni - ppm	0.16	0.72	0.20	0.66	0.05	1																			
Co - ppm	0.12	0.72	0.15	0.72	-0.01	0.88	1																		
Mn - ppm	0.19	0.65	0.19	0.70	0.07	0.68	0.77	1																	
Fe - %	0.33	0.68	0.25	0.64	0.04	0.67	0.64	0.75	1																
As - ppm	0.00	0.11	0.00	0.09	-0.03	-0.03	-0.02	0.12	0.12	1															
U - ppm	0.04	0.13	0.51	0.06	0.03	0.08	0.05	0.13	0.10	0.03	1														
Au - ppb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1													
Th - ppm	0.02	0.16	0.43	0.06	-0.02	0.11	0.09	0.20	0.13	0.06	0.94	1													
Sr - ppm	0.24	0.37	0.09	0.42	0.01	0.58	0.53	0.51	0.46	0.00	-0.07	-0.07	1												
Cd - ppm	0.09	0.37	0.26	0.45	0.36	0.25	0.26	0.33	0.29	0.11	0.02	-0.01	0.14	1											
Sb - ppm	0.15	0.09	0.13	0.17	0.11	0.12	0.10	0.23	0.27	0.26	-0.03	-0.02	0.17	0.17	1										
Bi - ppm	0.05	0.04	0.11	0.17	0.07	0.15	0.12	0.09	-0.01	0.08	0.05	0.22	0.13	0.07	0.1	1									
V - ppm	0.15	0.69	0.19	0.73	0.02	0.82	0.83	0.69	0.70	0.06	0.06	0.09	0.55	0.31	0.16	0.16	1								
Ca - %	0.15	0.48	-0.02	0.56	0.05	0.63	0.60	0.55	0.52	0.02	-0.06	-0.08	0.79	0.23	0.15	0.26	0.63	1							
P - %	0.12	0.30	0.09	0.35	0.07	0.43	0.33	0.31	0.26	0.03	0.10	0.08	0.63	0.14	0.16	0.33	0.40	0.56	1						
La - ppm	0.04	0.17	0.44	0.07	-0.02	0.12	0.09	0.18	0.13	0.08	0.96	0.97	-0.05	0.00	-0.01	0.06	0.08	-0.07	0.12	1					
Cr - ppm	0.13	0.56	0.15	0.51	0.00	0.89	0.74	0.59	0.61	-0.06	0.00	0.01	0.59	0.18	0.16	0.17	0.75	0.66	0.42	0.03	1				
Mg - %	0.14	0.65	0.02	0.75	0.03	0.84	0.82	0.70	0.65	0.00	-0.06	-0.05	0.62	0.26	0.12	0.20	0.85	0.82	0.45	-0.05	0.80	1			
Ba - ppm	0.12	0.13	0.30	0.14	-0.01	0.18	0.20	0.12	0.22	-0.04	0.11	0.10	0.23	0.03	-0.01	0.00	0.27	0.02	0.07	0.11	0.13	0.09	1		
Ti - %	0.13	0.54	0.14	0.52	-0.04	0.33	0.41	0.56	0.54	0.25	0.26	0.32	0.27	0.16	0.13	0.15	0.45	0.35	0.33	0.32	0.30	0.36	0.05	1	
Al - %	0.21	0.67	0.30	0.78	0.16	0.76	0.76	0.70	0.73	0.00	-0.01	0.00	0.52	0.39	0.12	0.16	0.82	0.60	0.26	-0.01	0.65	0.79	0.22	0.31	1
Na - %	0.18	0.19	0.05	0.21	-0.02	0.31	0.30	0.28	0.35	-0.04	-0.08	-0.11	0.55	0.11	0.09	0.10	0.32	0.48	0.24	-0.10	0.31	0.43	0.12	0.08	0.36
K - %	0.24	0.58	0.16	0.73	0.10	0.70	0.69	0.80	0.71	0.06	0.02	0.08	0.66	0.25	0.23	0.16	0.71	0.63	0.46	0.07	0.59	0.77	0.18	0.43	0.78
W - ppm	0.42	0.38	-0.01	0.28	0.03	0.42	0.36	0.30	0.33	-0.07	-0.02	-0.02	0.26	0.13	0.04	0.10	0.37	0.38	0.18	-0.01	0.48	0.49	0.03	0.13	0.30
Sc - ppm	0.11	0.69	0.12	0.68	0.05	0.83	0.83	0.63	0.62	-0.21	0.02	0.03	0.49	0.26	-0.03	0.20	0.83	0.65	0.30	0.04	0.79	0.85	0.16	0.34	0.82
Tl - ppm	0.15	0.54	0.25	0.76	0.17	0.68	0.70	0.63	0.54	0.04	0.06	0.09	0.49	0.27	0.12	0.20	0.70	0.46	0.40	0.09	0.52	0.69	0.23	0.27	0.77
S - %	0.17	0.14	0.32	0.33	0.62	-0.08	0.05	0.04	0.14	-0.05	0.06	-0.03	0.31	0.31	0.08	0.04	0.15	0.20	0.05	-0.01	0.01	0.09	0.33	-0.09	0.27
Hg - ppb	0.03	0.10	0.16	0.32	0.46	-0.01	0.00	0.11	0.11	0.14	-0.01	-0.03	-0.04	0.27	0.17	0.11	0.07	0.01	0.04	-0.03	-0.07	0.02	0.10	0.15	
Se - ppm	0.01	0.11	0.31	0.00	-0.01	0.08	0.06	-0.01	0.03	-0.03	0.41	0.37	-0.06	0.07	-0.12	0.01	0.01	-0.04	0.01	0.37	-0.02	-0.03	0.08	0.06	0.01
Te - ppm	0.05	-0.04	0.06	0.10	-0.02	0.07	0.09	0.06	0.05	-0.07	-0.01	-0.05	0.13	0.11	0.02	0.84	0.09	0.19	0.23	-0.05	0.10	0.13	0.00	0.14	0.09
Ga - ppm	0.13	0.68	0.42	0.55	0.06	0.63	0.62	0.58	0.60	0.04	0.59	0.61	0.27	0.23	0.12	0.08	0.61	0.32	0.25	0.63	0.47	0.49	0.24	0.42	0.61
Cs - ppm	0.07	0.51	0.30	0.69	0.30	0.68	0.64	0.52	0.42	0.02	0.06	0.04	0.41	0.33	0.16	0.14	0.66	0.39	0.37	0.04	0.55	0.62	0.19	0.13	0.72
Ge - ppm	0.04	0.34	0.23	0.12	-0.01	0.25	0.25	0.17	0.20	-0.05	0.62	0.66	0.01	0.04	-0.04	0.02	0.18	0.03	0.06	0.64	0.08	0.05	0.15	0.23	0.11
Hf - ppm	0.06	0.21	0.36	0.01	-0.05	0.10	0.06	0.22	0.30	0.01	0.76	0.76	-0.03	-0.03	0.01	0.04	0.06	-0.01	0.07	0.78	0.11	0.03	0.16	0.42	-0.04
Nb - ppm	0.14	0.45	0.13	0.51	0.05	0.34	0.40	0.47	0.41	0.19	0.04	0.09	0.38	0.17	0.18	0.16	0.40	0.34	0.45	0.09	0.31	0.34	0.04	0.76	0.30
Rb - ppm	0.15	0.55	0.19	0.79	0.15	0.71	0.72	0.69	0.57	0.05	0.02	0.05	0.56	0.30	0.18	0.18	0.72	0.53	0.46	0.05	0.57	0.75	0.16	0.34	0.77
Sn - ppm	0.42	0.37	0.27	0.38	0.11	0.47	0.36	0.42	0.46	0.04	0.21	0.24	0.31	0.23	0.41	0.16	0.42	0.33	0.34	0.23	0.37	0.39	0.11	0.27	0.41
Ta - ppm	0.01	0.14	0.02	0.07	-0.01	0.12	0.10	0.08	0.09	-0.04	0.14	0.15	0.07	0.01	-0.06	0.13	0.08	0.11	0.11	0.15	0.09	0.11	0.00	0.08	0.08
Zr - ppm	0.08	0.11	0.35	-0.04	-0.06	0.01	-0.05	0.18	0.27	0.02	0.73	0.73	-0.06	-0.02	0.03	0.03	-0.01	-0.05	0.02	0.74	0.05	-0.10	0.12	0.41	-0.09
Y - ppm	0.10	0.48	0.37	0.44	0.01	0.48	0.46	0.50	0.43	0.12	0.77	0.80	0.26	0.12	0.06	0.15	0.47	0.30	0.39	0.83	0.34	0.37	0.20	0.51	0.35
Ce - ppm	0.04	0.21	0.45	0.09	-0.02	0.16	0.14	0.21	0.16	0.08	0.95	0.97	-0.02	0.01	0.00	0.06	0.11	-0.05	0.14	0.99	0.06	-0.02	0.14	0.34	0.02
In - ppm	0.14	0.55	0.26	0.43	-0.02	0.43	0.44	0.36	0.47	0.03	0.36	0.36	0.15	0.18	0.00	0.10	0.41	0.27	0.18	0.38	0.31	0.39	0.13	0.46	0.37
Be - ppm	0.13	0.37	0.46	0.44	0.09	0.54	0.51	0.38	0.43	-0.08	0.16	0.15	0.39	0.17	0.04	0.11	0.58	0.25	0.29	0.15	0.44	0.42	0.48	0.16	0.60
Li - ppm	0.07	0.34	0.07	0.46	0.16	0.40	0.38	0.37	0.32	0.00	0.02	0.01	0.31	0.15	0.07	0.09	0.42	0.38	0.30	0.02	0.31	0.48	0.09	0.15	0.46

Tabela 5.3 - Matriz de correlação dos teores dos elementos analisados nos sedimentos de corrente da Folha Itapipoca. Os destaques em verde, azul e rosa representam correlações moderadamente positivas, fortemente positiva, e muito forte, respectivamente (continuação).

	Na - %	K - %	W - ppm	Sc - ppm	Ti - ppm	S - %	Hg - ppb	Se - ppm	Te - ppm	Ga - ppm	Cs - ppm	Ge - ppm	Hf - ppm	Nb - ppm	Rb - ppm	Sr - ppm	Ta - ppm	Zr - ppm	Y - ppm	Ce - ppm	In - ppm	Re - ppb	Be - ppm	Li - ppm		
Mo - ppm																										
Cu - ppm																										
Pb - ppm																										
Zn - ppm																										
Ag - ppb																										
Ni - ppm																										
Co - ppm																										
Mn - ppm																										
Fe - %																										
As - ppm																										
U - ppm																										
Au - ppb																										
Th - ppm																										
Sr - ppm																										
Cd - ppm																										
Sb - ppm																										
Bi - ppm																										
V - ppm																										
Ca - %																										
P - %																										
La - ppm																										
Cr - ppm																										
Mg - %																										
Ba - ppm																										
Ti - %																										
Al - %																										
Na - %	1																									
K - %	0.33	1																								
W - ppm	0.15	0.29	1																							
Sc - ppm	0.32	0.64	0.48	1																						
Ti - ppm	0.20	0.82	0.21	0.65	1																					
S - %	0.34	0.11	0.01	0.09	0.22	1																				
Hg - ppb	-0.08	0.07	-0.08	-0.08	0.17	0.30	1																			
Se - ppm	-0.01	-0.04	0.19	0.02	0.00	0.07	-0.01	1																		
Te - ppm	0.06	0.08	0.07	0.15	0.13	-0.01	0.09	-0.01	1																	
Ga - ppm	0.15	0.53	0.24	0.60	0.55	0.14	0.04	0.34	-0.03	1																
Cs - ppm	0.23	0.65	0.17	0.61	0.82	0.36	0.17	-0.02	0.01	0.52	1															
Ge - ppm	-0.01	0.10	0.10	0.19	0.11	0.01	-0.05	0.56	-0.02	0.71	0.05	1														
Hf - ppm	-0.06	0.05	0.09	0.07	-0.06	-0.06	-0.06	0.34	-0.02	0.57	-0.12	0.56	1													
Nb - ppm	0.09	0.44	0.29	0.31	0.37	0.01	0.08	0.09	0.14	0.28	0.28	0.06	0.13	1												
Rb - ppm	0.23	0.88	0.21	0.65	0.95	0.17	0.14	-0.05	0.11	0.52	0.82	0.06	-0.08	0.45	1											
Sr - ppm	0.13	0.45	0.31	0.35	0.39	0.12	0.10	0.08	0.08	0.43	0.36	0.22	0.21	0.27	0.40	1										
Ta - ppm	0.01	0.11	0.46	0.14	0.06	-0.04	-0.05	0.36	0.11	0.22	-0.01	0.27	0.18	0.30	0.04	0.12	1									
Zr - ppm	-0.07	0.01	0.03	-0.01	-0.12	-0.06	-0.04	0.25	-0.02	0.43	-0.19	0.43	0.97	0.11	-0.13	0.19	0.11	1								
Y - ppm	0.09	0.42	0.15	0.39	0.43	0.04	0.06	0.32	0.03	0.80	0.35	0.62	0.65	0.31	0.40	0.41	0.19	0.56	1							
Ce - ppm	-0.08	0.10	0.01	0.07	0.12	-0.01	-0.03	0.39	-0.04	0.68	0.07	0.69	0.79	0.11	0.07	0.25	0.18	0.73	0.86	1						
In - ppm	0.10	0.29	0.35	0.46	0.28	0.01	0.04	0.30	0.08	0.55	0.18	0.37	0.41	0.36	0.26	0.28	0.12	0.36	0.49	0.40	1.0					
Be - ppm	0.31	0.47	0.11	0.50	0.62	0.34	0.07	0.11	0.09	0.52	0.64	0.17	0.06	0.27	0.56	0.29	0.00	0.00	0.40	0.19	0.20	0.00	1			
Li - ppm	0.17	0.44	0.11	0.40	0.44	0.21	0.05	-0.04	0.01	0.32	0.45	0.01	-0.04	0.16	0.46	0.18	0.03	-0.08	0.23	0.04	0.15	0.00	0.29	1		

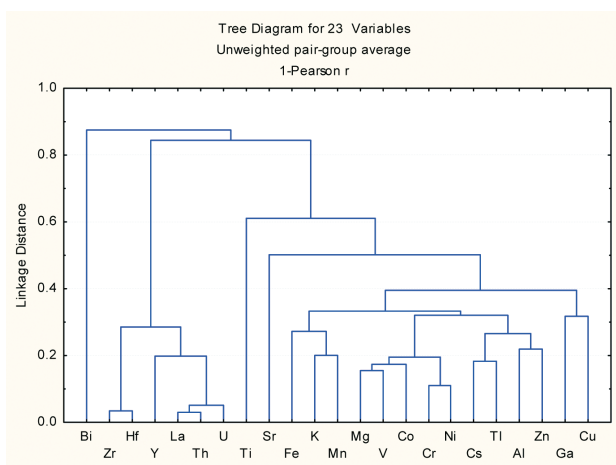


Figura 5.7 - Dendrograma de agrupamento de 23 variáveis analisadas nos sedimentos de corrente da folha Itapipoca. Após a eliminação das variáveis que não apresentavam nenhuma correlação linear de Pearson.

Podemos assim, visualizar agrupamentos de elementos mineralizantes associados a elementos formadores de rochas. Os agrupamentos indicadores de possíveis mineralizações são Ni-Cr (podem estar associados a corpos ultramáficos com ouro) (Neto e Rocha, 2010). A associação (U-Th-La)+Y é comum em corpos contendo zircão como mineral acessório.

5.7. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

A análise de componentes principais tem como objetivo o estudo e interpretação de um grande conjunto de dados analíticos, com maior precisão e menor tempo, reduzindo o número de variáveis para um número menor, chamados de fatores.

Foi estabelecido, a partir de similaridades e combinações lineares, um conjunto de eixos ou componentes perpendiculares (Tabela 5.4), que são eixos fatoriais de comprimento $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ am, decrescente em função da sua contribuição à variância total dos dados na região em estudo.

De acordo com a análise de componentes principais, os elementos portadores de maior variância, ou que possuem maior influência no componente perpendicular (maior fator score), nos sedimentos de corrente em estudo, possuem 64,38% da variância total dos teores (Tabela 5.5), e são representados por Ni, V, Co, Al, Mg, K, Zn, Sc, Rb, Mn, Ti, Fe, Cu, Ga, Cr, Cs. Entre eles, a associação Cr-Ni está considerada como relevante na área em estudo. O grupo de elementos portadores de 16,21% do total da variância são La, Ce, Th, U, Hf, Zr, Ge, Y, Se, Ga, Pb, In,

Tabela 5.4 - Principais componentes perpendiculares indicando a variância total dos dados analíticos de sedimentos de corrente da Folha Itapipoca.

FATORES	% total da variância
1	64.38770
2	16.21518
3	12.83232

Tabela 5.5 - Fator score dos elementos mais influentes com relação à variância, dentro de cada componente principal.

Elemento	Fator 1	Elemento	Fator 2	Elemento	Fator 3
Ni	-0.8761	La	-0.9117	W	-0.3501
V	-0.8731	Ce	-0.9068	Cr	-0.2708
Co	-0.8565	Th	-0.8995	Ta	-0.2576
Al	-0.8506	U	-0.8978	Ca	-0.2388
Mg	-0.8502	Hf	-0.8404	Ti	-0.2324
K	-0.8379	Zr	-0.8104	Mg	-0.2178
Zn	-0.8298	Ge	-0.6678	Sc	-0.2014
Sc	-0.8260	Y	-0.6385	In	-0.1684
Rb	-0.8217	Se	-0.4723	Nb	-0.1681
Mn	-0.8149	Ga	-0.4646	Co	-0.1603
Tl	-0.8008	Pb	-0.3965	Ni	-0.1485
Fe	-0.7878	In	-0.3242	Hf	-0.1290
Cu	-0.7861	Ti	-0.2422	Sr	-0.1114
Ga	-0.7780	Ta	-0.1778	P	-0.1063
Cr	-0.7570	Sn	-0.0991	Zr	-0.1052
Cs	-0.7250	Ba	-0.0881	Mn	-0.0866

Ti, Ta, Sn. Entre eles, a associação U-Th-Y-Hf está considerada também como relevante, e pode corresponder a forte presença de zircão na área (a grande maioria das amostras de concentrado de bateia mostrou uma porcentagem de 15 a 40% em peso desse mineral).

De todos os elementos contidos no fator 1, portadores de maior variância apenas, Sc e Rb não formam agrupamentos, aparentemente não fazendo parte de uma paragênese específica. Os grupos de elementos existentes nos fatores principais podem representar variações geológicas e geoquímicas comuns da área.

5.8. RESULTADOS

Na Folha Itapipoca, a grande maioria das ocorrências de elementos com teores acima do limiar são pontuais na escala 1:100.000, não havendo possibilidade de traçar-se zonas anômalas. Mesmo assim, foi possível observar uma zona de Sr e P em uma área representada por dioritos associados a rochas gabróicas e rochas do Complexo Canindé do Ceará referente aos pontos ACS038, ACS039, ACS098, ACS112, ACS227 e ACS249.

Uma zona de As em rochas do Grupo Barreiras e coberturas aluviais, referente aos pontos VCS083 e VCS103 (Figura 5.8).

Uma zona de As em rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (Unidade Granitoide Santa Quitéria), Complexo Canindé do Ceará (unidade PRcn1), Leucogranito Penedos, Granulito Macaco, Coberturas Aluviais, referente aos pontos VCS070, VCS072, VCS074, VCS076, e VCS077 (incluindo Nb e Cd nos pontos VCS076 e VCS077).

Uma zona de Te abrangendo os pontos VCS054, VCS055, VCS056 e VCS179, em rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria e Complexo Canindé do Ceará.

Uma zona de Fe em rochas do Complexo Canindé do Ceará (unidade PRcn1), Grupo Barreiras e Coberturas Aluviais, abrangendo os pontos ACS155, ACS158 e ACS239.

Anomalias pontuais de Nb foram detectadas nos sedimentos de corrente associados à unidade Sienito Gurupá e rochas do Complexo Canindé do Ceará correspondentes aos pontos ACS022, ACS123, ACS249, VCS032, VCS074.

Foram detectadas anomalias pontuais dos elementos U e Th e dos terras raras La e Ce nos pontos ACS136, ACS256, ACS260, ACS160, VCS203, VCS204, e VCS186. Alguns desses pontos estão localizados em rochas o Grupo Barreiras, e outros em rochas do Complexo Canindé do Ceará e Complexo Tamboril Santa Quitéria.

Na análise mineralométrica, foi detectada uma pinta de ouro no tamanho de 0,5 mm na amostra ACS013, localizada a oeste da folha, sobre rochas do Complexo Canindé do Ceará (PRcn1). No resultado da análise química o elemento Au não foi detectado em nenhuma amostra, sendo todos os resultados obtidos abaixo do limite de detecção do aparelho. Uma explicação seria que na separação da amostra para análise química, a alíquota separada não continha nenhuma pinta.

Foi detectada uma zona de ilmenita, com teores entre 40 e 85% em peso em concentrado de bateia, em rochas Complexo Canindé do Ceará (unidade PRcn1), Complexo Tamboril-Santa Quitéria (Unidade Granitoide Santa Quitéria), Leucogranito Penedos, Granulito Macaco e coberturas aluviais, envolvendo os pontos VCS069, VCS070, VCS071, VCS073, VCS074, VCS075 e VCS077 (Figura 5.9).

Foi detectada uma zona de anfibólios com teores entre 40 e 85% em peso em rochas do Complexo Canindé do Ceará (PRcn1) e Granito Amontada, envolvendo os pontos VCS096 e VCS097.

Foi detectada uma zona de anfibólios em rochas do Complexo Canindé Ceará (unidades PRcn1 e PRcn2) e Granitoide Santa Quitéria, sendo corresponde aos pontos VCS025, VCS026 e VCS061.

Foi detectada uma zona de ilmenita em rochas do Grupo Barreiras, correspondente aos pontos ACS101 e ACS068.

ANEXO 5.1 - Pontos de coleta de sedimento de corrente na folha Itapipoca e suas respectivas coordenadas.

Amostra	Este	Norte		Amostra	Este	Norte
ACS001	390026	9623718		ACS140	412673	9662050
ACS002	396971	9633910		ACS141	416506	9667067
ACS003	392048	9628160		ACS015	402457	9647123
ACS004	395408	9630265		ACS151	408470	9631985
ACS005	394768	9631570		ACS152	405483	9635311
ACS006	396379	9632129		ACS153	405445	9635245
ACS007	398139	9635681		ACS154	407039	9637025
ACS008	397037	9635560		ACS155	412294	9638297
ACS009	397950	9636652		ACS156	412229	9637227
ACS010	399551	9637953		ACS157	412702	9645304
ACS101	413175	9660756		ACS158	413985	9645006
ACS104	390761	9614256		ACS159	414055	9642464
ACS105	391316	9616412		ACS016	396403	9652438
ACS106	391715	9617333		ACS160	411945	9641526
ACS109	392484	9626439		ACS161	419355	9644663
ACS011	401559	9641354		ACS163	420188	9648234
ACS110	394547	9627837		ACS165	423385	9652749
ACS111	395292	9627088		ACS017	391471	9655607
ACS112	401147	9629002		ACS018	402577	9658876
ACS113	401997	9630624		ACS019	398948	9661610
ACS114	399575	9626336		ACS020	405888	9653056
ACS115	399368	9625112		ACS021	405024	9665900
ACS116	390988	9628194		ACS218	422259	9665669
ACS117	392086	9631780		ACS219	405579	9667956
ACS118	392142	9631869		ACS022	406035	9667356
ACS119	393484	9632087		ACS224	396401	9629444
ACS012	398491	9638801		ACS225	396739	9629900
ACS120	396241	9634427		ACS226	397203	9631123
ACS121	393169	9634668		ACS227	401096	9629543
ACS122	393538	9635116		ACS228	398404	9627691
ACS123	395364	9636582		ACS229	388802	9614488
ACS124	394648	9638051		ACS023	390532	9619449
ACS125	392683	9638074		ACS230	389785	9616959
ACS126	399423	9636631		ACS232	426758	9662631
ACS127	400180	9640014		ACS234	404782	9662144
ACS128	401410	9642234		ACS235	392015	9641887
ACS129	401478	9643012		ACS236	398255	9637540
ACS013	399851	9644532		ACS238	421873	9655672
ACS130	401337	9643818		ACS239	413632	9645544
ACS131	391569	9651258		ACS024	390571	9617155
ACS132	406041	9646281		ACS240	408646	9634372
ACS133	391046	9660211		ACS242	403874	9652339
ACS134	402222	9664025		ACS243	400437	9644440
ACS135	400827	9666256		ACS248	417945	9663991
ACS136	390905	9666781		ACS249	403958	9630422
ACS137	394394	9668205		ACS250	413871	9632596
ACS138	409993	9659340		ACS252	393458	9630644
ACS139	413378	9657686		ACS253	394602	9647493

ANEXO 5.1 - Pontos de coleta de sedimento de corrente na folha Itapipoca e suas respectivas coordenadas. (continuação)

ACS014	398013	9647959		ACS254	403034	9657933
ACS255	402372	9654496		VCS058	418775	9620681
ACS256	402283	9659707		VCS059	418285	9623684
ACS257	402566	9664376		VCS060	419583	9625199
ACS258	402648	9667991		VCS061	400175	9618947
ACS259	417036	9652634		VCS062	404245	9619664
ACS260	427540	9659493		VCS069	430363	9617082
ACS265	431349	9656708		VCS070	427595	9619334
ACS027	399627	9621575		VCS071	430291	9622210
ACS271	417626	9667208		VCS072	428924	9624067
ACS272	406637	9629033		VCS073	426424	9627594
ACS274	417504	9651665		VCS074	425579	9625070
ACS034	407118	9626936		VCS075	423368	9628014
ACS035	407110	9628898		VCS076	423915	9628869
ACS036	399291	9624029		VCS077	421888	9631726
ACS037	398362	9623922		VCS078	426438	9634963
ACS038	404228	9630025		VCS079	423102	9637667
ACS039	405654	9630884		VCS080	428236	9636342
ACS040	406699	9633053		VCS081	429910	9639236
ACS041	407526	9637839		VCS082	438624	9643298
ACS042	411148	9640354		VCS083	442170	9636266
ACS043	412786	9641407		VCS084	443968	9630751
ACS044	412065	9643890		VCS085	442228	9618276
ACS045	410511	9633659		VCS086	444042	9623602
ACS046	411853	9634085		VCS087	439914	9621075
ACS047	410167	9636528		VCS088	439032	9621992
ACS048	415499	9648958		VCS089	438559	9622293
ACS049	415763	9650760		VCS090	435832	9636655
ACS050	420236	9654874		VCS091	417154	9629621
ACS051	421070	9657347		VCS092	412018	9615641
ACS052	419890	9660811		VCS093	412734	9615868
ACS063	403184	9665583		VCS094	414365	9619141
ACS064	407801	9636366		VCS095	417023	9622999
ACS065	412799	9637252		VCS096	410890	9622339
ACS066	425893	9654564		VCS097	412074	9625484
ACS067	427326	9658220		VCS100	427772	9648643
ACS068	415339	9664708		VCS102	422184	9633529
ACS098	403035	9628855		VCS103	442689	9639841
ACS099	419285	9651181		VCS107	400079	9614491
VCS025	397409	9616127		VCS108	401787	9616647
VCS026	397214	9616351		VCS142	398440	9618798
VCS030	403867	9619616		VCS143	400579	9619523
VCS031	405090	9621702		VCS144	403361	9618484
VCS032	405490	9623394		VCS145	405334	9618209
VCS033	403968	9624239		VCS146	407218	9618247
VCS053	415732	9619542		VCS147	410229	9621392
VCS054	422761	9614943		VCS148	405266	9619144
VCS055	422214	9614492		VCS149	409861	9621518
VCS056	419891	9617521		VCS150	411030	9624605

ANEXO 5.1 - Pontos de coleta de sedimento de corrente na folha Itapipoca e suas respectivas coordenadas. (continuação)

VCS057	418351	9620463		VCS166	425611	9643512
VCS167	426301	9646415		VCS216	430458	9623053
VCS168	429194	9646737		VCS217	434231	9619292
VCS169	430081	9648369		VCS220	434773	9614099
VCS170	434170	9646322		VCS221	437316	9620020
VCS171	434654	9646245		VCS222	439323	9618695
VCS172	442737	9654479		VCS223	440339	9623116
VCS173	440340	9651562		VCS231	441496	9615011
VCS174	441543	9649661		VCS233	441738	9637163
VCS175	413748	9616835		VCS237	416296	9628650
VCS176	414695	9617462		VCS241	404486	9623756
VCS177	411866	9616112		VCS244	443258	9645045
VCS178	417331	9620646		VCS245	427539	9637022
VCS179	420666	9617140		VCS246	425334	9635208
VCS180	422270	9622393		VCS247	417973	9623849
VCS181	426592	9622873		VCS261	440091	9658372
VCS182	424641	9624596		VCS262	440059	9653092
VCS183	424174	9626509		VCS263	428642	9619391
VCS184	421354	9628981		VCS264	425960	9643479
VCS185	428753	9616466		VCS266	438051	9654708
VCS186	429828	9616296		VCS267	397113	9619958
VCS187	412491	9625588		VCS268	418275	9629285
VCS188	418601	9630490		VCS269	416285	9629569
VCS189	419850	9632559		VCS270	436432	9621792
VCS190	421925	9633787		VCS273	400843	9618816
VCS191	423458	9635276		VCS275	436855	9641609
VCS192	419950	9638264		VCS276	413856	9627816
VCS193	418991	9637171		VCS277	417869	9627585
VCS194	428471	9639874		VCS278	421208	9632234
VCS195	430694	9640761		VCS279	441435	9623537
VCS196	423289	9633258		VCS73A	425703	9627326
VCS197	432440	9628364		ACS10A	399551	9637953
VCS198	430447	9633367		ACS110A	394547	9627837
VCS199	435085	9631743		ACS120A	396241	9634427
VCS200	439353	9631604		ACS130A	401337	9643818
VCS201	442310	9633490		ACS140A	412673	9662050
VCS202	443922	9631377		ACS160A	411945	9641526
VCS203	444462	9629256		ACS20A	405888	9653056
VCS204	438889	9623157		ACS230A	389785	9616959
VCS205	441694	9622106		ACS240A	408646	9634372
VCS206	435435	9639249		ACS250A	413871	9632596
VCS207	435373	9639944		ACS260A	427540	9659493
VCS208	437914	9643505		ACS40A	406699	9633053
VCS209	438368	9644351		ACS50A	420236	9654874
VCS210	435508	9647606		ACS30A	403867	9619616
VCS211	437622	9647236		ACS60A	419583	9625199
VCS212	440718	9645832		ACS80A	428236	9636342
VCS213	413907	9626729		ACS90A	435832	9636655
VCS214	415843	9616494		ACS100A	427772	9648643

ANEXO 5.1 - Pontos de coleta de sedimento de corrente na folha Itapipoca e suas respectivas coordenadas. (continuação)

VCS215	430065	9623880		ACS150A	411030	9624605
ACS170A	434170	9646322				
ACS180A	422270	9622393				
ACS190A	421925	9633787				
ACS200A	439353	9631604				
ACS210A	435508	9647606				
ACS220A	434773	9614099				
ACS270A	436432	9621792				

6. RECURSOS MINERAIS

6.1. APRESENTAÇÃO

Durante os trabalhos e cartografia geológica, escala 1:100.000, da Folha Itapipoca foram cadastradas 69 ocorrências minerais, das quais 49 são novos registros e 20, são produtos da compilação do Projeto Fortaleza (Braga et al., 1977). Segundo o site do DNPM (Agosto/2012), existem 81 requerimentos dentro dos limites da Folha Itapipoca, envolvendo várias substâncias, tais como granitos, gnaisses, calcário, argila, areia, diatomita, arenito e pegmatito. Outras substâncias autorizadas a pesquisa são quartzo, ferro e ouro, porém não foram encontrados quaisquer indícios destes minérios na escala trabalhada, não sendo analisados por este projeto.

Em adição ao potencial econômico também foram encontrados 6 registros da ocorrência de fósseis, em depressões que se formaram em lajedos rochosos, os chamados tanques naturais. Estes são considerados um forte atrativo paleontológico a ser explorado, onde são encontrados fósseis de diferentes de animais pré-históricos que viveram na região de Itapipoca.

Os resultados deste cadastramento encontram-se disponíveis no site do Serviço Geológico do Brasil através do endereço www.cprm.gov.br e conta com informações georreferenciadas em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas).

6.2. OCORRÊNCIAS MINERAIS

O setor mineral constitui um importante fator econômico na folha, dividindo-se em Minerais Industriais (calcário, diatomita e pegmatito) e Materiais de uso na construção civil (granito, migmatito, gnaisses, arenito, areia e argila).

6.2.1. Minerais Industriais

6.2.1.1. Calcário

Constitui um bem mineral pouco explorado, sendo utilizado para fabricação de cal. Foram encontradas três novas ocorrências, próximo a localidade denominada Várzea da cal, e inseridas em áreas requeridas com autorização de pesquisa para ouro. As lavras são do tipo garimpeiras, de pequeno porte, a céu aberto, todas paralisadas, com aspecto de abandono, mas não exauridas. O calcário ocorre

na forma de jazimentos lenticulares, de comprimento indefinido, da ordem de 1 a 2 m de espessura, encaixado em rochas da Unidade Independência pertencente ao Complexo Ceará (Figura 6.1). A rocha apresenta coloração branca, textura sacaroidal, granulação média a grossa, é bandada e planos bem marcados segundo a direção NNW-SSE. Em seção delgada corresponde a mármore com textura granoblástica, formado essencialmente por calcita e/ou dolomita (97%), tendo como acessórios tremolita e traços de minerais opacos.



Figura 6.1 - Lente de meta calcário de extensão métrica na localidade de Várzea da Cal (Ponto IG125- UTM's: 390444; 9626070).

6.2.1.2. Diatomita

Consta no banco de dados da CPRM a existência de 15 ocorrências de diatomita na Folha Itapipoca, às quais foi adicionada uma nova, totalizando 16 casos. As ocorrências foram localizadas as margens de lagoas de água doce. Atualmente, são raras as lagoas diatomíferas secas, de forma que os afloramentos são escassos. A extração é do tipo garimpeira, com cavas variando de 30 cm a 1 m de profundidade, quase todas desativadas, com pilhas de rejeito abandonados. O minério extraído é moldado e organizado em barras de 20 x 35 cm, sendo submetido ao sol para secagem. Em seguida é queimado em fornos feitos do próprio minério empilhado, e finalmente transportado. Mesmo nos locais em atividade, as extrações não são contínuas, ocorrendo apenas em períodos curtos quando há demanda. Segundo informações locais, o material

retirado é enviado para São Paulo, com finalidade industrial ou misturado a outros materiais argilosos para a fabricação de tijolos (Figuras 6.2 a,b).



Figura 6.2 - a) Mina ativa de diatomita às margem da Lagoa dos Capebas, e b) material exposto ao sol para secagem, em barras de 20 x 35 cm (Ponto IB107- UTM: 409724; 9649690).

6.2.1.3. Pegmatito

Na folha as concentrações de pegmatito ocorrem sempre em associado aos corpos do Sienito Gurupá (NP3ytsg). Em mapa os pontos alinham-se numa direção quase N-S, pouco inclinado para NE. Os corpos pegmatíticos são de coloração rosada, fraturados, de granulação grossa, compostos essencialmente por quartzo, feldspato e muscovita (Figura 6.3). Não apresentam estrutura zonada, estando dispostos, uniformemente, em toda a sua massa constituinte, podendo ser considerados como do tipo homogêneos ou simples. O ponto IG-033 corresponde a uma trincheira, de médio porte, com cerca de 10 m de comprimento, 5 m de largura e 3 m de profundidade. O material retirado, aparentemente foi usado na terraplenagem da estrada próxima. Aparentemente, os corpos pegmatíticos encontrados não despertam



Figura 6.3 - Detalhe de ocorrência de pegmatito constituído por quartzo, feldspato e muscovita, desenvolvidos em grandes cristais (Ponto IG 33- UTM: 400962; 9626795).

interesse econômico para elementos raros, entretanto, se devidamente estudados e avaliados, podem ser lavrados para feldspato e/ou mica.

6.2.2. Materiais de Uso na Construção Civil

6.2.2.1. Brita

A Folha Itapipoca, por ser dotada de extensos afloramentos rochosos, apresenta relevante potencialidade geológica no setor de agregados para uso em construção civil (brita). Existem duas lavras em atividade correspondentes aos pontos IB-061 e IB-150. No primeiro caso, são elevações de grande porte constituídas por granitoides e migmatitos dia-texiticos do Complexo Tamboril Santa Quitéria, em lavra, localizada nas proximidades de Itapipoca.

A segunda ocorrência de pedra britada (IB-150) localizado no extremo noroeste da folha, refere-se um gnaiss pertencente a unidade migmatítica do Complexo Canindé do Ceará. Trata-se de uma rocha sob a forma de extensos lajedos, com 50 ha área requerida para granito, em fase de licenciamento, encontra-se em atividade, atuando com bancadas de 6 m de altura (Figura 6.4 a,b). A rocha apresenta coloração cinza com tons rosados, estrutura variando de nebulítica a migmatizada, com foliação incipiente. Em lâmina petrográfica classifica-se como um metamonzogranito, com textura granoblástica, constituída por plagioclásio, feldspato potássico, quartzo e biotita, tendo como acessórios minerais opacos, apatita, zircão e allanita.

Além destas, existem outras ocorrências na área com potencial, notadamente nas proximidades de Amontada, que devido a extensão de rocha aflorante, ausência de microfissuras e baixo grau de alteração são indícios de boa durabilidade e resistência do material.



Figura 6.4 - a) Sistema de britagem e pilha de estoque; b) Frente de lavra em bancadas de aproximadamente de 6 m de altura, recém-detonada com material pronto para ser transportado ao britador (Ponto IB 150 - UTM: 397969; 9639018).

6.2.2.2. Pedra para Pavimentação

Durante os trabalhos de campo foram encontradas seis lavras artesanais (IB-054, IB-068, IG-126, IG-181, IG-227 e IB-154) de pedra para pavimentação ou paralelepípedo. Todo o entorno destes pontos, num raio de 500 m, observam-se afloramentos rochosos com aspectos favoráveis a este tipo de extração, principalmente devido a planos de foliação bem marcados.

Estes pontos estão situados, respectivamente, próximo as localidades chamadas Barra do Sororo, Mocambo, Campanário, Flores, Salgado e Missi correspondem a gnaisses de ampla área de exposição. A extração de gnaisses para cantaria é desenvolvida por pequenos produtores, constituindo atividades clandestinas, pois não possuem áreas requeridas, atuando como fator de subsistência complementar para famílias baixa renda.

As pedras para calçamento são extraídas de afloramentos onde se aproveita a foliação e fraturas da rocha (Figura 6.5a,b). Observa-se na lavra referente ao ponto IG-227 processos de desmonte manual com o uso de cunhas, guilhos e alavancas, auxiliados por marretas, de forma a conseguir a separação de blocos de pedra de aproximadamente 15 cm de espessura. A rocha apresenta coloração acinzentada e homogênea, de granulação fina, composta basicamente por quartzo, feldspato e biotita. A camada de cobertura sedimentar é pequena, chegando no máximo a 1 m de altura, reduzindo custos com decapeamento, que aliado a espessura da frente de lavra, cerca de 3 m de altura, obtém-se um bom aproveitamento do minério.

6.2.2.3. Rocha Ornamental ou de Revestimento

Na Folha Itapipoca alguns migmatitos, granitos e granitoides finos a porfiríticos merecem especial

destaque devido à beleza de suas feições e extensão da área de abrangência, características aceitáveis para utilização no setor de rochas ornamentais. Ocorrem na forma de serrotes, matacões ou extensos afloramentos, superiores a 300 m de comprimento. No DNPM existem seis requerimentos de rocha com usos para revestimento. Foram diagnosticados como ocorrência oito pontos, dos quais, um é conhecido comercialmente como Verde Netuno (IB-10), próximo a localidade de Macaco, e já mostra sinais de atividade de extração inicial, com máquinas realizando trabalhos de decapeamento e abertura de acesso para as frentes de lavra (Figura 6.6a).

A composição petrográfica da rocha que representa o Verde Netuno permite classificá-la como um gnaisse enderbítico. Segundo Costa (2007) estas rochas apresentam grau de alteração fraco, e apesar de um elevado microfissuramento intragrãos, o mesmo não influencia em suas propriedades por se tratar de microfissuras fechadas e/ou preenchidas. Ainda de acordo com o mesmo autor supracitado, os valores obtidos em ensaios de caracterização tecnológica destas rochas estão de acordo com os parâmetros sugeridos pela *American Society for Testing and Materials – ASTM (C 615)* e por Frazão & Farjallat (1995). As características físico-mecânicas, aliadas ao aspecto estético, qualificam esses materiais para aplicação em ambientes exteriores e interiores como rochas ornamentais e de revestimento, tais como utilização em pisos de ambientes de alto tráfego, locais que ocorram variações de temperaturas (fachadas e piso) e apresentam resistência satisfatória, o que determina que não há restrições quanto a sua aplicação.

As seguintes ocorrências são consideradas de interesse por apresentar expressivas áreas aflorantes, baixo grau de alteração e beleza comercial. O ponto IB-001 é um gnaisse de coloração cinza com tons rosados, cuja deformação lhe atribui aspectos

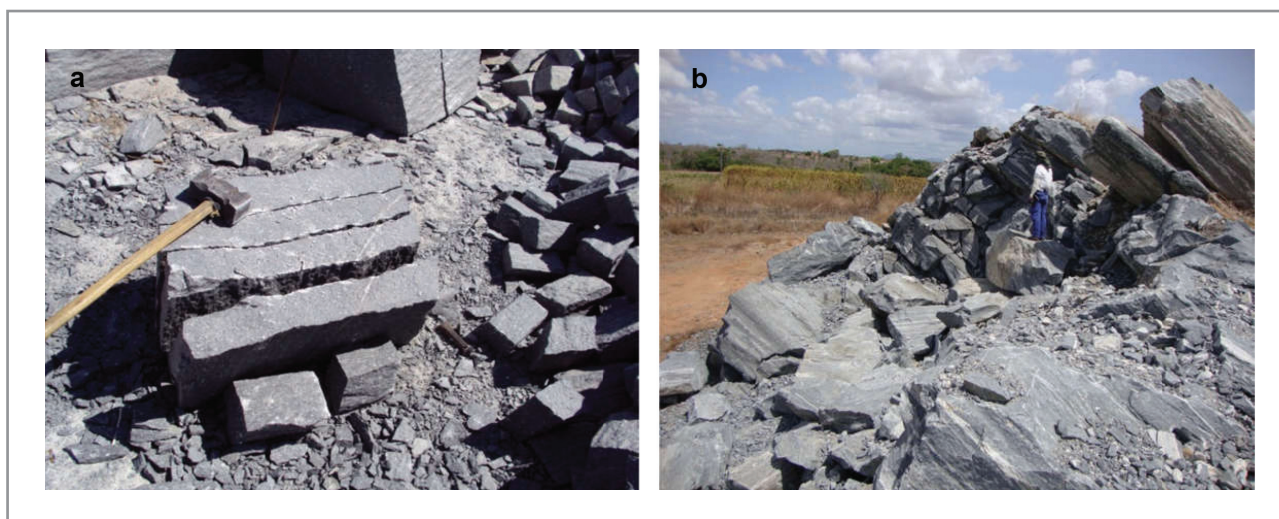


Figura 6.5 - a) Aparelhamento das pedras em peças de aproximadamente 15 cm de espessura; b) foliação que facilita o esquadrejamento da rocha em blocos (Ponto IB 154 - UTM's: 404222; 9617115).



Figura 6.6 - a) Bloco de rocha do Serrote Macaco (Ponto IB 10 - UTM's: 404222; 9617115); b) elevação rochosa com corte de banda de aproximadamente 4m de altura, considerada como um prospecto de interesse para o mercado de rochas ornamentais (Ponto IB 003 - UTM's: 428842; 9627330).

atrativos como rocha ornamental. Ocorre em área requerida, mas não explorada, próximo à localidade de Macaco. A rocha correspondente ao ponto IB-003 foi classificada como um sienogranito, de coloração rosada, homogêneo, isotrópico, sem fraturas, com granadas bem desenvolvidas de até 1 cm. Até o momento localiza-se em área não requerida, mas apresenta potencial. Possui ainda corte de bancada de aproximadamente 4 m de altura, sem atividade de lava, e possivelmente foram retirados blocos para ensaios laboratoriais (Figura 6.6b). O ponto IB-031 é um leucogranito com granada de a textura granular muito grossa. Ocorre em área não requerida e inexplorada. Representando os migmatitos está o ponto IG-012, em área requerida com vestígio de extração abandonada. Seu aspecto migmatizado, dobrado, com estrutura estromática e por se tratar de um afloramento de grande porte,

pode despertar interesse. No extremo noroeste da área, ponto IG-029, ocorre encosta de serra representado por rocha classificada petrograficamente como sendo um quartzo diorito. Em macroescala é uma rocha de coloração cinza, homogênea, sem fraturamentos e de grande extensão, características estas que indicam potencial. Finalmente o ponto IG-114, um monzogranito fino, cinza claro e isotrópico. Características como a ausência de fraturas, a extensão do corpo rochoso e a forte homogeneidade são relevantes, porém trata-se de uma ocorrência no início da zona urbana do município de Amontada, o que pode inviabilizar uma possível lava.

6.2.2.4. Areia

Em toda a porção norte da Folha Itapipoca são extraídos depósitos de areia média a grossa e areia

fina ou vermelha, variando para níveis areno-argilosos e arenitos finos a conglomeráticos. As ocorrências e extrações de areia grossa ocorrem tanto nos canais ativos quanto nas planícies de inundação dos principais rios e afluentes (Figura 6.7a). Os depósitos em produção estão associados aos rios Aracatiaçu, Aracati-mirim e Cruxati. Associado a areia fina ou vermelha ocorrem depósitos de material de empréstimo, que correspondem a arenitos ou sedimentos arenosos intemperizados, pouco consolidados do Grupo Barreiras.

Algumas lavras são realizadas de formas artesanais, muitas vezes clandestinas, sem nenhum planejamento ou responsáveis técnicos, estimulando a informalidade. Nota-se que as cavas de extração destas matérias primas estão sendo paulatinamente desativadas, principalmente por tratar-se de áreas litorâneas com interesse turístico. Dos vinte pontos cadastrados, apenas três estão em atividade. São inúmeras as frentes de lavras abandonadas, sendo reativadas, quando a demanda aumenta em função de obras governamentais. A crescente ocupação urbana deve-se ao incremento da especulação imobiliária na região. A procura por material de empréstimo também cresce em virtude do grande número de obras de grande porte no litoral (Figura 6.7b).

6.2.2.5. Argilas

Na Folha Itapipoca, os produtores de cerâmica vermelha atuam de forma rudimentar, sendo a matéria prima explorada aleatoriamente, sem planejamento de lavra, o que gera desperdícios dos recursos naturais. Existem 33 requerimentos de argila e foram cadastradas 10 ocorrências, dentre as quais se encontram duas pequenas unidades produtoras,

uma as margens do riacho Sororo, afluente do Rio Cruxati e outra ao longo do rio Aracatiaçu (Figura 6.8a). Toda a cerâmica é produzida de forma precária, com pouca ou nenhuma tecnologia, e por se tratar de pequenos produtores é vendida apenas nas regiões adjacentes.

Os materiais são explorados em terraços fluviais, na forma de camadas horizontalizadas, tendo seu perfil caracterizado por areia misturada a matéria orgânica no topo, seguido de argila até uma profundidade de 1,5 m, que facilmente adquire plasticidade quando umedecida com água e apresenta cores e tonalidades variadas, predominando do cinza-médio a escuro, além das tonalidades amarronzadas (Figura 6.8b).

O desconhecimento sobre a geologia dos depósitos de argila se reflete nas operações de extração. É notável o descumprimento da legislação no caso das extrações clandestinas e a possibilidade de esgotamento da jazida pela falta de planejamento. O aproveitamento ineficiente da matéria-prima disponível favorece ao abandono precoce da mina, tendo como consequência, danos ao patrimônio mineral e ao meio ambiente.

6.3. REGISTROS FÓSSEIS

Os restos e vestígios de seres da megafauna pré-histórica que deixaram seus registros conservados em rochas graníticas na região de Itapipoca, formam uma coleção de mais de 5 mil peças fósseis, pertencentes ao MUPHI – Museu de Pré-história de Itapipoca. Os fósseis são encontrados, nos chamados tanques naturais, que correspondem a depressões em lajedos rochosos, lembrando grandes piscinas e que serviram de bebedouros naturais para os animais daquela época. Acredita-se que



Figura 6.7 - a) Extração clandestina de areia grossa em leito de rio; b) Grande cava abandonada constituída por camada de areia vermelha de aproximadamente 2 m de altura, sobreposta a arenito conglomerático utilizado como material de empréstimo em obras de pavimentação.

muitos animais caíam nos tanques e não conseguiam mais sair, por serem muito pesados, ou ao morrerem suas ossadas eram carregadas pelas águas das chuvas. O acervo científico visa difundir a ciência da paleontologia e a preservação dos tanques onde os fósseis se encontram depositados (Ximenes, 2007).

Os trabalhos de pesquisa na Folha Itapipoca revelaram além de ocorrências minerais, seis tanques fossilíferos, que se encontram próximos às localidades de Tabocas e Jirau (Figura 6.9a). Segundo pesquisadores locais, pelo menos 20 espécies diferentes de animais pré-históricos pertencentes à megafauna viveram na região de Itapipoca (Figura 6.9b).



Figura 6.8 - a) Olaria de pequeno porte, produtora de tijolos; b) Extração de argila em terraço fluvial, atividade rudimentar com uso de equipamentos manuais.

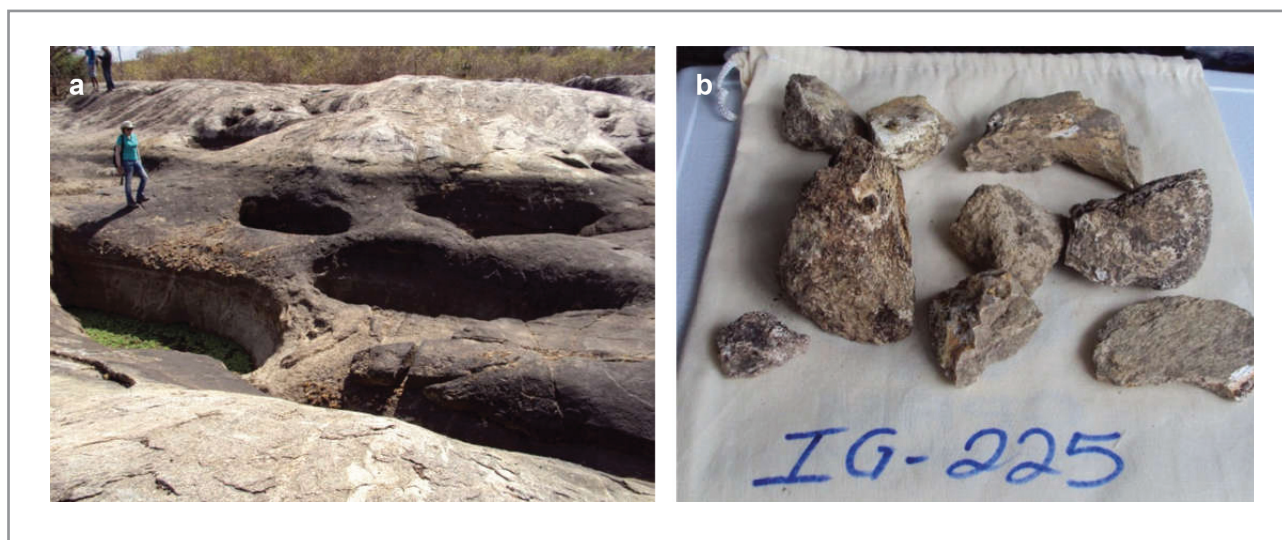


Figura 6.9 - a) Tanques fossilíferos de Tabocas e Jirau; b) Exemplos de fósseis encontrados em campo.

ANEXO 6.1 - Lista de pontos com indicação da substância principal, situação e uso das ocorrências.

	PONTO	SUBSTÂNCIA PRINCIPAL	GRAU DE IMPORTÂNCIA	SITUAÇÃO	USO
1	Ib 001	Gn	Ocorrência	Requerido	Revestimento
2	Ib 003	Gran	Ocorrência	Não Requerido	Revestimento
3	Ib 010	Gran	Mina Ativa	Requerido	Revestimento
4	Ib 031	Gran	Ocorrência	Não Requerido	Revestimento
5	Ib 049	Areia	Mina Ativa	Não Requerido	Construção Civil
6	Ib 054	Gn	Mina Ativa	Não Requerido	Pavimentação
7	Ib 061	Gn	Mina Ativa	Requerido	Brita
8	Ib 068	Gn	Mina Inativa	Não Requerido	Pavimentação
9	Ib 092	Areia	Ocorrência	Não Requerido	Construção Civil
10	Ib 106	Dt	Mina Inativa	Requerido	Industrial
11	Ib 107	Dt	Mina Ativa	Requerido	Industrial
12	Ib 108	Dt	Não Localizado	Requerido	Industrial
13	Ib 110	Dt	Não Localizado	Requerido	Industrial
14	Ib 113	Areia	Ocorrência	Não Requerido	Construção Civil
15	Ib 127	Arg	Indício	Requerido	Construção Civil
16	Ib 129	Areia	Ocorrência	Não Requerido	Construção Civil
17	Ib 131	Arg	Indício	Requerido	Construção Civil
18	Ib 132	Dt	Indício	Requerido	Industrial
19	Ib 133	Dt	Mina Inativa	Requerido	Industrial
20	Ib 136	Arg	Indício	Requerido	Construção Civil
21	Ib 137	Arenito	Mina Inativa	Não Requerido	Construção Civil
22	Ib 138	Areia	Mina Inativa	Requerido	Construção Civil
23	Ib 139	Arenito	Mina Inativa	Não Requerido	Construção Civil
24	Ib 140	Areia	Mina Inativa	Não Requerido	Construção Civil
25	Ib 147	Areia	Mina Inativa	Não Requerido	Construção Civil
26	Ib 150	Gran	Mina Ativa	Requerido	Brita
27	Ib 154	Gn	Mina Inativa	Não Requerido	Pavimentação
28	Ib 160	Areia	Mina Inativa	Não Requerido	Construção Civil
29	Ib 166	Arenito	Mina Inativa	Requerido	Construção Civil
30	Ib 170	Arenito	Mina Inativa	Não Requerido	Construção Civil
31	Ib 172	Arenito	Mina Inativa	Não Requerido	Construção Civil
32	Ig 012	Gn	Mina Ativa	Requerido	Revestimento
33	Ig 015	Peg	Ocorrência	Não Requerido	Industrial
34	Ig 029	Gran	Ocorrência	Não Requerido	Revestimento
35	Ig 033	Peg	Ocorrência	Não Requerido	Industrial
36	Ig 086	Peg	Ocorrência	Não Requerido	Industrial
37	Ig 114	Gran	Ocorrência	Não Requerido	Revestimento
38	Ig 125	Ca	Mina Inativa	Requerido	Industrial
39	Ig 126	Gn	Mina Ativa	Não Requerido	Pavimentação
40	Ig 136	Dt	Indício	Requerido	Construção Civil
41	Ig 137	Dt	Mina Inativa	Requerido	Industrial
42	Ig 138	Dt	Mina Ativa	Requerido	Industrial
43	Ig 141	Areia	Mina Inativa	Não Requerido	Construção Civil
44	Ig 142	Dt	Não Localizado	Requerido	Industrial
45	Ig 143	Arenito	Mina Ativa	Requerido	Construção Civil
46	Ig 144	Arenito	Mina Ativa	Não Requerido	Construção Civil
47	Ig 145	Arenito	Mina Inativa	Requerido	Construção Civil
48	Ig 146	Dt	Mina Inativa	Requerido	Industrial

ANEXO 6.1 - Lista de pontos com indicação da substância principal, situação e uso das ocorrências. (continuação)

49	Ig 147	Dt	Não Localizado	Requerido	Industrial
50	Ig 148	Dt	Mina Inativa	Requerido	Industrial
51	Ig 149	Dt	Não Localizado	Não Requerido	Industrial
52	Ig 150	Dt	Não Localizado	Requerido	Industrial
53	Ig 151	Dt	Não Localizado	Requerido	Industrial
54	Ig 158	Arg	Mina Ativa	Requerido	Construção Civil
55	Ig 159	Gn	Ocorrência	Requerido	Revestimento
56	Ig 160	Areia	Ocorrência	Não Requerido	Construção Civil
57	Ig 162	Arg	Ocorrência	Requerido	Construção Civil
58	Ig 166	Arg	Ocorrência	Requerido	Construção Civil
59	Ig 176	Arg	Ocorrência	Requerido	Construção Civil
60	Ig 179	Arg	Mina Ativa	Requerido	Construção Civil
61	Ig 181	Gn	Mina Inativa	Não Requerido	Pavimentação
62	Ig 213	Am	Não Localizado	Não Requerido	Industrial
63	Ig 200	Gn	Ocorrência	Não Requerido	Brita
64	Ig 219	Gran	Ocorrência	Não Requerido	Brita
65	Ig 227	Gn	Mina Ativa	Não Requerido	Pavimentação
66	Ig 228	Ca	Mina Inativa	Requerido	Industrial
67	Ig 229	Ca	Mina Inativa	Requerido	Industrial
68	Ig 235	Arenito	Mina Inativa	Não Requerido	Construção Civil
69	Ig 236	Arenito	Mina Inativa	Requerido	Construção Civil

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A Folha Itapipoca-CE (SB.24-Y-D-II), mapeada em escala 1:100.000, está inserida na porção setentrional da Província Borborema, no Domínio Ceará Central, é limitada pelos paralelos 3° 00'S e 3° 30'S e meridianos 39° 30'W e 40° 00'W.

Em termos de unidades litoestratigráficas a área é composta pelas seguintes unidades: a) Complexo Canindé do Ceará, riaciano, sub-dividido em migmatitos predominantemente paraderivados, com ortognaisses subordinados (PRcn1) e, ortognaisses migmatizados (PRcn2); b) Complexo Ceará, criogeaniano, representado pela Unidade Independência (NP2ci) constituída por biotita gnaisses paraderivados, granada-muscovita gnaisses, por vezes xistosos, e muscovita quartzitos; c) Complexo Tamboril-Santa Quitéria abrange terrenos ígneos/anatóxicos, criogeanianos a ediacarianos, sendo sub-dividido nas unidades Granitoide Santa Quitéria (NP3ytsq) e Diatexitos (NP3ytsd), englobando ainda a Unidade Sienito Gurupá (NP3ytsq); d) Suíte Magmática Tardi a Pós-orogênica, de idade cambro-ordoviciana, agrupa as unidades Leucogranito Penedos, Granito Amontada e Granulito Macaco, e e) Coberturas Cenozoicas formadas pelas unidades: Grupo Barreiras, Coberturas Sedimentares inconsolidadas, Coberturas Eólicas Litorâneas e Coberturas Aluvionares, que juntas representam aproximadamente 50% da área de exposição.

As análises químicas foram realizadas em 60 amostras representativas dos principais litotipos aflorantes. Os litotipos ortoderivados (PRcn1) do Complexo Canindé do Ceará são rochas intermediárias a ácidas, exibem característica metaluminosa a peraluminosa. Apresentam tendência principal para a série cálcio-alcálica de médio a alto potássio, e distribuem-se no campo da série sub-alcálica. São rochas pré a pós-colisionais, com assinatura de granitos de arco vulcânico. Amostras do Granitoide Santa Quitéria, do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (CTSQ), são rochas intermediárias a ácidas, quimicamente apresentam caráter metaluminoso a peraluminoso, e afinidade cálcio-alcálica de alto potássio a shoshonítica, predominantemente distribuem-se no campo de série sub-alcálica. Em relação ao ambiente tectônico são pré a sin-colisionais, e apresentam assinatura de granitos de arco vulcânico.

Da Suíte Magmática Tardi a Pós-orogênica, foram analisadas amostras do Leucogranito Penedos e do Granito Amontada. O primeiro apresenta afinidade para a série shoshonítica, característica

metaluminosa a peraluminosa, e tendência para rochas alcalinas. Posicionam-se em ambiente pós-colisional a pós-orogênico, com assinatura de granitos de arco vulcânico e granitos intra-placa, e são classificados como granitoides anorogênicos (Tipo A). Amostras do Granito Amontada apresentam alto teor de SiO₂ e afinidade shoshonítica. Exibem predominantemente caráter peraluminoso e inserem-se no campo cálcio-alcálico. São granitos com assinatura de arco vulcânico, posicionados no campo de rochas pós-colisionais. Na folha essa unidade é associada à Zona de Cisalhamento Transcorrente de Forquilha, desta forma a classificação como pós-colisional representa melhor o magmatismo.

Para a estruturação da área é proposto um modelo de evolução em dois eventos tectônicos. O primeiro é relacionado à intrusão do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, ocorrida em torno de 640-620 Ma em regime sin-colisional (Araujo et al., 2012; Costa et al., 2013) ou em estágio evoluído de arco magmático continental (ex., Fetter et al., 2003; Araujo et al., 2014). Neste evento foi desenvolvida uma foliação Sn, cujo sentido de transporte tectônico seria para NW. O segundo evento ocorreu em torno de 580-530 Ma, desenvolveu-se em regime transcorrente, e geralmente com cinemática dextral. Neste estágio foi gerada a foliação milonítica Sn+1.

Com base em critérios de campo as foliações Sn e Sn+1 foram analisadas separadamente. Sendo Sn caracterizada por bandamento composicional, com alternância de níveis quartzo-feldspáticos com anfíbios neoformados, sendo as bandas félsicas de granulação mais grossa que as máficas. A análise de atitudes de Sn evidenciou planos de direção WSW-ENE com mergulho médio de 23° para SSE, associada à lineação oblíqua com caimento de 23°, preferencialmente para SSW.

A foliação Sn+1 é milonítica, exhibe aspecto de planos retilíneos pouco espessos, com deformação impressa tanto em cristais da matriz, quanto em porfiroclastos de feldspato, quando presentes. É caracterizada por planos com médio a alto ângulo de mergulho (61°) para SE, com lineação direcional, com caimento médio de 18° para SW.

Apesar da forte influência das estruturas Sn+1, a foliação Sn é identificada em toda a área. É mais facilmente identificada no limite sul, nas localidades de Arrodeador e Faz. Mamacas, próximo zona de cisalhamento contracional com médio ângulo de

mergulho, que promove o contato tectônico entre rochas do CTSQ com as do Complexo Canindé do Ceará e Complexo Ceará. É observada também a oeste da Zona de Cisalhamento de Forquilha (ZCF).

A ZCF de direção SW-NE e movimentação dextral, constitui a principal feição dúctil Sn+1 da área. Secciona esta em sua porção central, afeta fortemente as unidades do Complexo Canindé do Ceará, bem como os metassedimentos da Unidade Independência (Complexo Ceará). A estrutura apresenta continuidade para nordeste, porém com menor intensidade. O arranjo estrutural da área assinalado por um forte trend SW-NE condicionou a forma em corpos alongados do Granitoide Santa Quitéria e da Suíte Magmática Tardi a Pós Orogênica (Leucogranito Penedos, Granulito Macaco e Granito Amontada), bem como os corpos do Sienito Gurupá.

Em termos de domínios estruturais a área pode ser dividida em dois, uma a leste e outro a oeste da ZCF. No domínio a leste prevalecem planos que são considerados registros da foliação Sn. Nesta porção da área, a foliação apresenta variação de mergulho entre médio (32º) a médio/alto (61º) para SE. A lineação associada (Lx) é oblíqua a direcional, com caimento médio de 26º para SW. Este domínio já apresenta influência das estruturas Sn+1, evidenciada pelo aumento do ângulo de mergulho da foliação.

A oeste da ZCF a foliação é caracterizada por plano médio de 21º para SSE, associada a lineação oblíqua, de baixo caimento (17º) para SSW. O padrão observado no estereograma construído para este domínio, com espalhamento de atitudes formando uma guirlanda, indica presença de dobramentos. Para este domínio é assumido que o movimento relativo dextral entre planos transcorrentes secundários a ZCF, dobrou Sn, e ao longo desses se desenvolveu a foliação milonítica Sn+1.

Como resultado tem-se o padrão crenulado como observado em mapa. São dobras com eixo aproximadamente paralelo a lineação, e com caimento médio de 25º para SW. Formam anticlinais e sinformais, com dimensões centrimétricas a métricas, variando de abertas a fechadas. Dobras intrafoliais apertadas são também comuns.

Os resultados da geoquímica de prospecção indicaram presenças pontuais de elementos, entre eles, Ag, W, Cd, Sb, Ni, Bi, Ta, Nb, Hf, Ce, Li, e V, com teores acima do limiar, em amostras localizadas em canais de primeira ou de segunda ordem, sem continuidade no canal principal da bacia hidrográfica. Sendo necessária uma escala de amostragem maior, para determinar com mais exatidão que unidades litológicas primárias seriam responsáveis pelo lançamento dos elementos com teores anômalos no ambiente, e nos sedimentos de corrente da área em estudo.

A associação Cr-Ni foi considerada relevante na área por ser responsável por 68,34% da variância

dos dados, juntamente com outros elementos, significando que provavelmente é derivada de vários pontos ao longo da área, e que pode também ser derivada de corpos ultramáficos com ouro. A presença de ouro foi detectada através de uma pinta no tamanho de 0,5 mm na amostra ACS013, localizada a oeste da folha, sobre rochas do Complexo Canindé do Ceará (PRcn1).

A associação U-Th-Y-Hf é considerada também como relevante por ser responsável por 16,21% da variância juntamente com outros elementos, e pode corresponder a forte presença de zircão na área derivado de vários pontos ao longo da área (a grande maioria das amostras de concentrado de bateia mostrou uma porcentagem de 15 a 40% em peso desse mineral).

Os dioritos associados a unidade Sienito Gurupá contém teores anômalos de Nb, Sr e P.

O Complexo Canindé Ceará (PRcn1) contém teores anômalos de Sr, P, As, Te, Fe, Nb, , Th, La e Ce. Esta unidade também apresentou uma pinta de ouro com 0,5mm de diâmetro, e teores elevados de ilmenita com 40 a 85% em peso, e anfibólios com 40 a 85% em peso em concentrado de bateia. A Unidade Independência também contém altos teores de ilmenita.

O Grupo Barreiras contém teores anômalos de As, Fe, U, Th, La e Ce, além de altos teores de ilmenita.

O Complexo Tamboril-Santa Quitéria contém teores anômalos de As, Te, U, Th, La e Ce.

O Leucogranito Penedos contém teores anômalos de Nb, As e altos teores de ilmenita.

Rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (Unidade Granitoide Santa Quitéria), Complexo Canindé do Ceará (Unidade PRcn1), Leucogranito Penedos, Granulito Macaco contém teores anômalos de As e altos teores de ilmenita.

O Granulito Macaco e as Coberturas Aluviais apresentam altos teores de ilmenita.

O Granito Amontada contém altos teores de anfibólios.

A região de Itapipoca apresentou-se promissora com relação à presença de mineralizações de Cr e Ni na escala 1:100.000, além dos resistatos ilmenita e anfibólio, mas com relação aos outros elementos com teores anômalos, recomenda-se uma malha de amostragem mais densa para traçar-se comentários com mais certeza.

Quanto aos Recursos Minerais acham-se cadastradas 69 ocorrências minerais, das quais 49 são novos registros e 20 compilados do Projeto Fortaleza (Braga et al.,1977). Segundo o site do DNPM (Agosto/2012), existem 81 requerimentos dentro dos limites da Folha Itapipoca, envolvendo várias substâncias, tais como granitos, gnaisses, calcário, argila, areia, diatomita, arenito e pegmatito. Outras substâncias autorizadas à pesquisa são quartzo, ferro

e ouro, porém não foram encontrados quaisquer indícios destes minérios.

Em adição ao potencial econômico também foram encontrados 6 registros fósseis, em depressões em lajedos rochosos (tanques naturais), próximos às localidades de Tabocas e Jirau. Segundo pesquisadores locais, são pelo menos 20 espécies diferentes de animais pré-históricos pertencentes à megafauna viveram na região. Estes tanques são considerados um forte atrativo paleontológico a ser explorado.

O setor mineral constitui um importante fator econômico na folha, sendo divididos em Minerais Industriais (calcário, diatomita e pegmatito) e Materiais para Construção Civil (granito, migmatito, gnaisse, arenito, areia e argila).

- Calcário constitui um bem mineral pouco explorado, sendo utilizado para fabricação de cal. Foram encontradas 3 novas ocorrências, próximo a localidade de Vázea da cal, inseridas em áreas requeridas com autorização de pesquisa para ouro. As lavras são do tipo garimpeiras, de pequeno porte, a céu aberto, paralisadas mas não exauridas. Ocorrem na forma de jazimentos lenticulares, de comprimento indefinido, da ordem de 1 a 2 m de espessura, encaixado em rochas da Unidade Independência;

- Diatomita totalizam 16 ocorrências, das quais 15 constam no banco de dados da CPRM. As ocorrências foram localizadas as margens de lagoas de água doce, com extração do tipo lavra garimpeira. O minério extraído é moldado em barras, submetido a secagem ao sol, queimado em fornos feitos do próprio minério empilhado, e finalmente transportado. As extrações não são contínuas, ocorrendo apenas em períodos curtos quando há demanda. O material é retirado com finalidade industrial ou misturado a outros materiais argilosos para a fabricação de tijolos;

- Pegmatitos: ocorrem associados aos corpos do Sienito Gurupá. São compostos essencialmente por quartzo, feldspato e muscovita, não apresentam estrutura zonada, podendo ser considerados como do tipo homogêneos ou simples. Aparentemente os corpos pegmatíticos encontrados na área não despertam interesse econômico para elementos raros. Entretanto, se devidamente estudados e avaliados, podem ser lavrados para feldspato e/ou mica;

- Brita: por ser dotada de extensos afloramentos rochosos, a área apresenta relevante potencialidade geológica no setor de agregados para uso em construção civil (brita). Existem lavras em atividade nas proximidades de Itapipoca e no extremo noroeste da folha. Além destas, existem outras ocorrências na área com potencial, notadamente nas proximidades de Amontada, que devido a extensão de rocha aflorante, ausência de microfissuras e baixo grau de alteração são indícios de boa durabilidade e resistência do material;

- Pedra para pavimentação: foram identificadas seis lavras artesanais de pedra para pavimentação ou paralelepípedo próximo as localidades de Barra do Sororo, Mocambo, Campanário, Flores, Salgado e Missi. No entorno destes pontos observam-se afloramentos rochosos com aspectos favoráveis a este tipo de extração, principalmente devido a planos de foliação bem marcados, o que facilita a retirada. A extração de gnaisses para cantaria é desenvolvida por pequenos produtores, constituindo atividades clandestinas, pois não possuem áreas requeridas, atuando como fator de subsistência complementar para famílias baixa renda;

- Rocha Ornamental ou de Revestimento: na folha alguns migmatitos, granitos e granitoides merecem especial destaque devido à beleza de suas feições e extensão da área de abrangência, características aceitáveis para utilização no setor de rochas ornamentais. Ocorrem na forma de serrotes, matacões ou extensos afloramentos. No DNPM existem 6 requerimentos de rocha com usos para revestimento. Foram diagnosticados como ocorrência 8 pontos, dos quais um próximo a localidade de Macaco, já é lavrado, sob a denominação comercial de Verde Netuno;

- Areia: em toda a porção norte da Folha Itapipoca são extraídos depósitos de areia média a grossa e areia fina ou vermelha, variando para níveis areno-argilosos e arenitos finos a conglomeráticos. As ocorrências e extrações de areia grossa ocorrem tanto nos canais ativos quanto nas planícies de inundação dos principais rios e afluentes. Os depósitos em produção estão associados aos rios Aracatiaçu, Aracati-mirim e Cruxati. Associado a areia fina ou vermelha ocorrem depósitos de material de empréstimo, que correspondem a arenitos ou sedimentos arenosos intemperizados, pouco consolidados do Grupo Barreiras. Algumas lavras são realizadas de formas artesanais, muitas vezes clandestinas, sem nenhum planejamento ou responsáveis técnicos, estimulando a informalidade. Dos vinte pontos cadastrados, apenas três estão em atividade. São inúmeras as frentes de lavras abandonadas, sendo reativadas, quando há demanda;

- Argilas: na área os produtores de cerâmica vermelha atuam de forma rudimentar, sendo a matéria prima explorada sem planejamento de lavra, o que gera desperdícios dos recursos naturais. Existem 33 requerimentos de argila e foram cadastradas 10 ocorrências, dentre as quais se encontram duas pequenas unidades produtoras, uma as margens do riacho Sororo, afluente do Rio Cruxati e outra ao longo do rio Aracatiaçu. Toda a cerâmica é produzida de forma precária, com pouca ou nenhuma tecnologia, e vendida apenas nas regiões adjacentes. Os materiais são explorados em terraços fluviais, na forma de camadas horizontalizadas, tendo seu perfil

caracterizado por areia misturada a matéria orgânica no topo, seguido de argila até uma profundidade de 1.5 m. O desconhecimento sobre a geologia dos depósitos de argila reflete nas operações de extração. É notável o descumprimento da legislação no caso das extrações clandestinas e a possibilidade de esgotamento da jazida pela falta de planejamento. O aproveitamento ineficiente da matéria-prima disponível favorece ao abandono precoce da mina

Em função do exposto, os recursos minerais da Folha Itapipoca é uma contribuição para o setor

mineral do Estado e um incentivo a pesquisadores e comunidade científica na busca por conhecimento, em selecionar áreas mais favoráveis a conterem mineralizações de interesse econômico. É importante lembrar que a extração mineral deve ser articulada respeitando as limitações do meio ambiente. É indispensável zelar por um sistema de exploração dos recursos minerais de forma sustentável, disciplinando as atividades de mineração, ao mesmo tempo em que proporcione desenvolvimento aos envolvidos nesse processo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. Atas... Campina Grande: SBG- Núcleo Nordeste, 1977. p 363-391.
- ALMEIDA, F. F. M. de et al. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, v. 17, p. 1-21, 1981.
- ALLMENDINGER, R. W.; CARDOZO, N. C.; FISHER, D. Structural geology algorithms: vectors & tensors. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 289 p.
- ARAUJO, C. E. G. de et al. Tracing Neoproterozoic subduction in the Borborema Province (NE-Brazil): Clues from U-Pb geochronology and Sr-Nd-Hf-O isotopes on granitoids and migmatites. *Lithos*, v. 202-203, p. 167-189, 2014.
- _____. et al. U-Pb detrital zircon provenance of metasedimentary rocks from the Ceará Central and Médio Coreaú Domains, Borborema Province, NE-Brazil: tectonic implications for a long-lived Neoproterozoic active continental margin. *Precambrian Research*, v. 206-207, p. 36-51, 2012a.
- _____. et al. Geochemistry and 207Pb/206Pb zircon ages of granitoids from the southern portion of the Tamboril Santa Quitéria granitic migmatitic complex, Ceará Central Domain, Borborema Province (NE Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, v. 33, p. 21-33, 2012b.
- _____. 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, 2010a.
- _____. et al. 207Pb/206Pb Zircon Ages Pre- and Syn-Collisional Granitoids from the Tamboril-Santa Quitéria Granitic-Migmatitic Complex, Ceará Central Domain, Borborema Province (NE Brazil): geodynamic implications. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 7., 2010, Brasília. Program... Brasília: INGEIS, 2010. 1 CD-ROM.
- ARCHANJO, C. J.; HOLLANDA, M. H. Deformação e magmatismo na Zona de Cisalhamento Tauá (Ceará Central). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 25.; SIMPÓSIO DA PROVÍNCIA BORBOREMA, 3., 2013, Gravatá. Conferências e resumos. Gravatá: SBG - Núcleo Nordeste, 2013. 1 CD Rom.
- _____. et al. Scattering of magnetic fabrics in the Cambrian alkaline granite of Meruoca (Ceará state, northeastern Brazil). *International Journal of Earth Sciences*, v. 98, n. 8, p. 1793-1807, 2009.
- ARTHAUD, M. H. Evolução neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central – NE do Brasil): da sedimentação a colisão continental brasileira. 2007. 170f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- _____. et al. Geology of the northern Borborema Province, NE Brazil and its correlation with Nigeria, NW Africa. In: PANKHURST, R. J. (Ed.) et al. West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region. London: Geological Society, 2008. p. 49-67. (Special Publications, 294).
- BRAGA, A. P. G. de et al. Projeto Fortaleza: relatório final. Geologia. Recife: CPRM, 1977. v. 1.
- _____. et al. Projeto Fortaleza: relatório final. Anexos. Recife: CPRM, 1977. v. 2.
- _____. et al. Geologia da região nordeste do Ceará: Projeto Fortaleza. Brasília: DNPM, 1981. 113 p. (Série Geologia, n.21. Seção Geologia Básica, n.9).
- CAMPOS, M. et al. Projeto Rio Jaguaribe: relatório final de geologia. Brasília: DNPM, 1979. 149 p. (Série Geologia, n.4. Seção Geologia Básica, n.1).
- CARDOZO, N.; ALLMENDINGER, R. W. Spherical projections with OSXStereonet. *Computers & Geosciences*, v. 51, p. 193 - 205, feb. 2013.
- CAVALCANTE, J.C. et al. Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2003. 1 CD-ROM. Escala 1:500.000.
- _____. Limites e evolução geodinâmica do sistema jaguaribeana, província Borborema, Nordeste do Brasil. 1999. 183f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- CASTRO, N. A. et al. Ordovician A-type granitoid magmatism on the Ceará Central Domain, Borborema Province, NE-Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 36, p. 18-31, 2012.

- _____. Evolução geológica proterozóica da região entre Madalena e Taperuaba, domínio tectônico Ceará Central (Província Borborema). 2004. 221f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- COSTA, A. P. L. Alterabilidade e Caracterização tecnológica dos gnaisses enderbíticos da porção Norte do Estado do Ceará, com aplicação no setor de rochas ornamentais. 2007. 199f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, Rio Claro.
- COSTA, F. G. et al. U-Pb (LA-ICPMS) zircon ages and Nd isotopes for granitoids of the Tamboril-Santa Quitéria Complex, Ceará Central Domain: Implication for Neoproterozoic syncollisional magmatism in north Borborema Province. *Geologia USP, São Paulo*, v. 13, n. 2, p. 159-174, 2013. Série Científica.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Carta geológica do Brasil ao milionésimo - Sistema de Informações Geográficas-SIG: Folha SA.24 Fortaleza. [Geological map of Brazil 1:1 000 000 scale Geographic Information System - GIS 2004]. Brasília: CPRM, 2004. 10/41. 1 CD Rom. Escala 1:1.000.000.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/>>. Acesso em: 08 abr. 2012.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Mapa Geológico do Estado do Ceará. [Fortaleza]: DNPM;CPRM, 1983. 1 mapa, color., Escala 1:500.000. Trabalho executado pela Companhia de Recursos Minerais- CPRM, através da Superintendência Regional de Fortaleza- SUREG-FO, para o Departamento Nacional da Produção Mineral- DNPM.
- FERREIRA, V. P.; SIAL, A. N.; JARDIM DE SÁ, E. F. Geochemical and isotopic signatures of Proterozoic granitoids in terranes of the Borborema Structural Province, Northeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 11, n. 5, p. 439-455, 1998.
- 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. 1999. 164f. Tese (Doutorado) - Department of Geology, Kansas University.
- _____ 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.
- FRAZÃO, E. B.; FARJALLAT, J. E. S. 1995. Caracterização das principais rochas silicatadas brasileiras usadas como pedra de revestimento. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DE PEDRA NATURAL, 1., . Lisboa-Portugal. p. 47-58, 1995. In: Costa A.P.L. 2007.
- GARCIA, M. G. M.; SANTOS, T. J. S.; AMARAL, W. S. Provenance and tectonic setting of neoproterozoic supracrustal rocks from the Ceará Central Domain, Borborema Province (NE Brazil): constraints from geochemistry and detrital zircon ages. *International Geology Review*, v. 56, n. 4, p. 481-500, 2014.
- GRORAYEB, P. S. S.; ABREU, F. A. M. Granulito Macaco: nova ocorrência de rochas granulíticas na Província Borborema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., 1998, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBG Núcleo Minas Gerais, 1998.
- JARDIM DE SÁ, E. F. A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu Significado Geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana. 1994. 803f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- LINS, C. A. C. Manual técnico da área de geoquímica: Versão 5.0. Recife: CPRM, 2003. 73 f. (essa referência é do phi)
- LICHT, O. A. B. Prospecção Geoquímica: princípios, técnicas e métodos. Rio de Janeiro: CPRM, 1998. 216 p.
- MARTINS, G.; OLIVEIRA, E. P.; LAFON, J. M. The Algodões amphibolite-tonalite gneiss sequence, Borborema Province, NE Brazil: geochemical and geochronological evidence for paleoproterozoic accretion of oceanic plateau/back-arc basalts and adakitic plutons. *Gondwana Research*, v. 15, p. 71-85, 2009.
- CAVALCANTI NETO, M. T. O.; ROCHA, A. M. R. Noções de prospecção e pesquisa mineral para técnicos de Geologia e mineração. Natal: Editora IFRN, 2010. 267p.
- NOGUEIRA, J. F. Estrutura, geocronologia e alojamento dos batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu – Ceará Central. 2004. 123f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- PALHETA, E. S. M. Integração de mapas geológicos e reinterpretação dos aspectos geológicos da região de Itapipoca – NNW do Ceará. Fortaleza: UFPA, 1999. 78f. Trabalho de conclusão de curso – Graduação em Geologia.
- _____ et al. Deposição e migmatização das supracrustais do Complexo Acopiara: uma bacia neoproterozóica pré-colisional, norte da Província Borborema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

- GEOLOGIA, 45., 2010, Belém. Anais... Belém: SBG – Núcleo Norte, 2010. 1 CD-ROM.
- _____; COSTA, F. G. Mapa geológico folha SB.24-X-A-IV – Itapiúna. Fortaleza: CPRM, 2013. 1 mapa. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil. Disponível em: < http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadlayouts?p_webmap=N>. Acesso em: 02 abr. 2013.
- _____; COSTA, F. G. Mapa geológico folha SB.24-V-B-VI – Quixadá. Fortaleza: CPRM, 2013. 1 mapa. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil. Disponível em: < http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadlayouts?p_webmap=N>. Acesso em: 02 abr. 2013.
- PARENTE, C. V.; SILVA FILHO, W. F.; ALMEIDA, A. R. Bacias do estágio da transição do domínio setentrional da Província Borborema. In: MANTESSO-NETO, V. (Org.) et al. Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 525-536
- PINÉO, T. R. G.; ZWIRTES, S. Mapa geológico folha SB.24-X-A-I - Baturité. Fortaleza: CPRM, 2013. 1 mapa. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil. Disponível em: < http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadlayouts?p_webmap=N>. Acesso em: 02 abr. 2013.
- SANTOS, E. J. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996. Salvador. Anais... Salvador: SBG, 1996. v. 6, p. 47-50.
- SANTOS, T. J. S., FETTER, A. H., NOGUEIRA NETO, J. A. Comparisons between the northwestern Borborema Province, NE Brazil, and the southwestern Pharusian Dahomey Belt, SW Central África. In: PANKHURST, R. J. (Ed.) et al. West Gondwana: pre-cenozoic correlations across the South Atlantic Region. London: Geological Society, 2008. p. 101-120. (Special Publications, 294).
- SANTOS, R. V. et al. Hydrothermal alteration related to a deep mantle source controlled by a Cambrian intracontinental strike-slip fault: evidence for the Meruoca felsic intrusion associated with the Transbraziliano Lineament, Northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 43, p. 33-41. apr. 2013
- SANTOS, E. J.; BRITO NEVES, B. B. Província Borborema. In: ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y. (Coord). O Pré-cambriano do Brasil. São Paulo: Edgard Blucher, 1984. p.123-186.
- SILVA, A. J. P. et al. Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: BIZZI, L. A. (Ed.) et al. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM, 2003. p. 55-85.
- TEIXEIRA, M. L. A. Integração de dados aerogeofísicos, geológicos e isotópicos do limite norte do Complexo Tamboril - Santa Quitéria – CE (Província Borborema). 2005. 91f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- TORRES, P. F. M. (Org.) et al. Folha SB.24-V-B Quixadá. Fortaleza: CPRM, 2009. 1 mapa. Escala 1:250.000. Programa Geologia do Brasil - PGB. Disponível em: < http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/projetos.Projetos_Tema.Cadastro?p_webmap=N&p_cod_pr_projeto=184>. Acesso em: 02 abr. 2013.
- VASCONCELOS, A. M.; GOMES, F. E. M. (Org.). Iguatu, folha SB.24-Y-B: estado do Ceará. Brasília: CPRM, 1998. 1 CD Rom. Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil -PLGB
- VAUCHEZ, A. et al. The Borborema shear zone system, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 8, n. 3-4, p. 247-266, 1995.
- WHALEN, J. B.; CURRIE, K. L.; CHAPPELL, B. W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 95, p. 407-419, 1987.
- XIMENES, C. L. Animais Pré-Históricos de Itapipoca. Museu de Pré-história de Itapipoca – MUPHI. Texto informativo. Itapipoca-CE. 2007. 13p.

O Projeto Geologia da Folha Itapipoca, 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 cartografia geológica em escala 1:100.000 da folha Itapipoca tem por objetivo 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 do Ceará 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 ecológico-econômico e de gestão ambiental.

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA ITAPIPOCA – SA.24-Y-D-II

Escala: 1:100.000

ESTADO DO CEARÁ



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