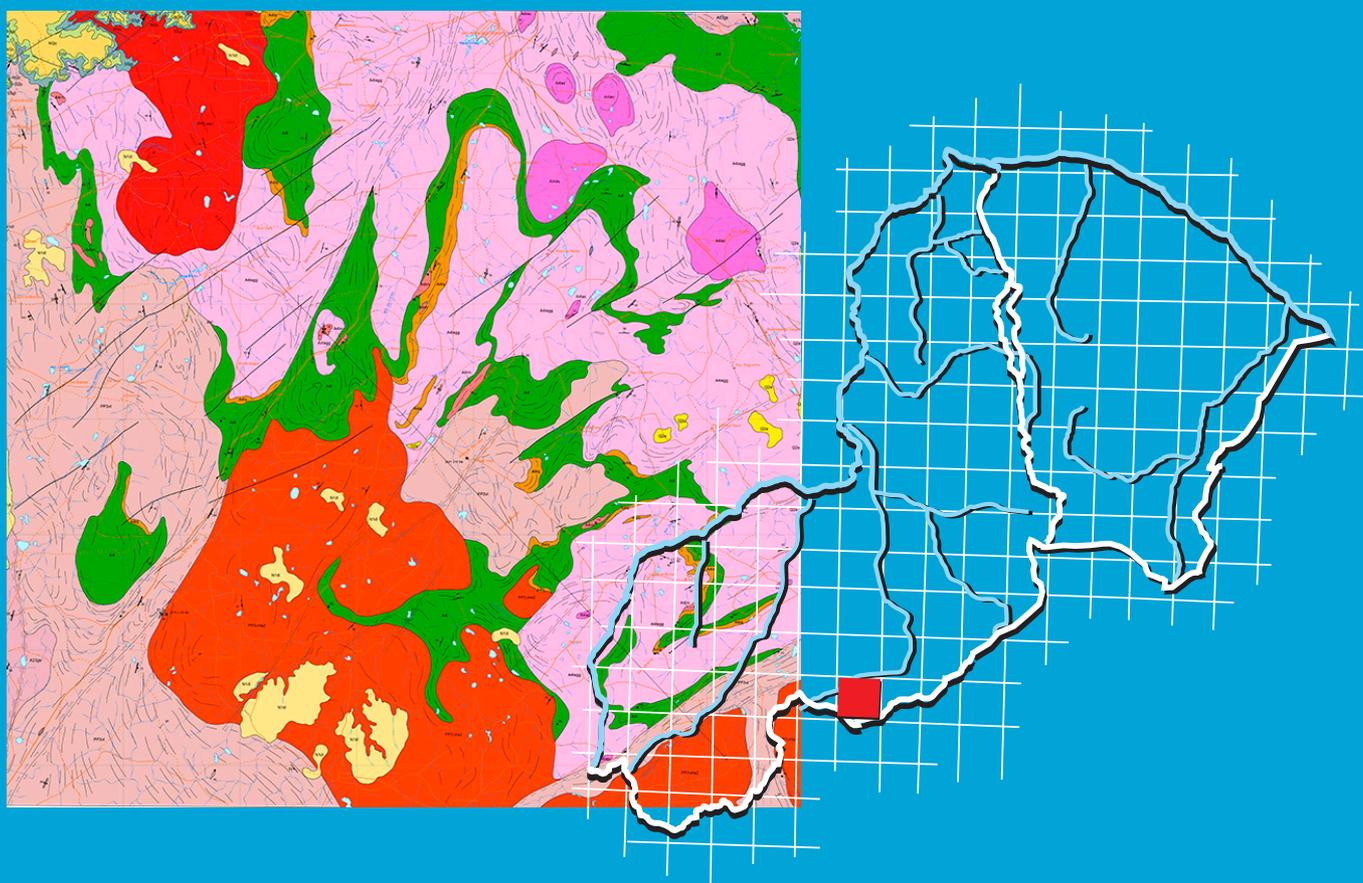


**Programa Geologia do Brasil**  
**Levantamentos Geológicos Básicos**

# **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA SÃO RAIMUNDO NONATO SC.23-X-D-II**



**Escala: 1:100.000**  
**2017**

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

**Programa Geologia do Brasil**

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA**  
**FOLHA SÃO RAIMUNDO NONATO**  
**SC.23-X-D-II**

**Escala 1:100.000**

**ESTADO DO PIAUÍ**

**Glauber Grijó dos Santos Augusto**  
**Camila Franco Basto**  
**Evilarde Carvalho Uchôa Filho**  
**Renato de Assis Barros**



**CPRM**  
Serviço Geológico do Brasil

TERESINA  
2017

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

CPRM – RESIDÊNCIA TERESINA  
RUA GOIÁS, 312 – SUL  
TERESINA – PI – 64001-570  
TEL: (86) 3222-4153  
FAX: (86) 3222-6651  
HTTP://WWW.CPRM.GOV.BR  
BIBLIOTECATE@CPRM.GOV.BR

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

Augusto, Glauber Grijó dos Santos.

Geologia e recursos minerais da folha São Raimundo Nonato SC.23-X-D-II : estados do Piauí e Bahia / Glauber Grijó dos Santos Augusto ... [et al.] . – Teresina : CPRM, 2017.  
70 p.

Geologia e recursos minerais da folha São Raimundo Nonato: estado do Piauí.  
ISBN: 978-85-7499-286-0

1.Geologia regional – Brasil – Piauí. 2.Recursos minerais- Brasil – Piauí.  
3.Estratigrafia – Brasil – Piauí. 4.Petrologia – Brasil – Piauí. I. Título.

CDD 558.122

FICHA CATALOGRÁFICA REVISADA DIDOTE/SEUS  
BIBLIOTECARIA TERESA CRISTINA SAMPAIO ROSENHAYME - CRB7/5663

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM  
É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

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

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

**Programa Geologia do Brasil**

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA SÃO RAIMUNDO NONATO**  
**ESTADO DO PIAUÍ**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

Fernando Coelho Filho  
*Ministro de Estado*

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Vicente Lôbo  
*Secretário*

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Eduardo Jorge Ledsham  
*Diretor-Presidente*

José Leonardo Silva Andriotti (interino)  
*Diretor de Geologia e Recursos Minerais*

Stênio Petrovich Pereira  
*Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial*

Esteves Pedro Colnago  
*Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

Nelson Victor Le Cocq D´Oliveira  
*Diretor de Administração e Finanças*

Marco Túlio Naves de Carvalho (interino)  
*Chefe do Departamento de Geologia*

José Márcio Henriques Soares (interino)  
*Departamento de Relações Institucionais e Divulgação*

Edilton José dos Santos  
*Chefe da Divisão de Geologia Básica*

Patrícia Duringer Jacques  
*Chefe da Divisão de Geoprocessamento*

Marília Santos Salinas do Rosário  
*Chefe da Divisão de Cartografia*

**RESIDÊNCIA DE TERESINA**

Cláudio Damasceno de Souza  
*Chefe da Residência*

Francisco Rubens de Sousa  
*Assistente de Produção de Recursos Minerais*

Francisca de Paula da Silva e Lima  
*Assistente de Produção de Relações Institucionais*

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

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA SÃO RAIMUNDO NONATO**  
**ESTADO DO PIAUÍ**

---

**CRÉDITOS DE AUTORIA DO TEXTO EXPLICATIVO E MAPA GEOLÓGICO**

---

**1 – Introdução**

Glauber Grijó dos Santos Augusto

**2 – Contexto Geológico Regional**

Glauber Grijó dos Santos Augusto

Camila Franco Basto

**3 – Unidades Litoestratigráficas**

Glauber Grijó dos Santos Augusto

Camila Franco Basto

Evilarde Carvalho Uchôa Filho

Renato de Assis Barros

**4 – Geofísica**

Glauber Grijó dos Santos Augusto

Camila Franco Basto

Evilarde Carvalho Uchôa Filho

**5 – Geologia Estrutural**

Glauber Grijó dos Santos Augusto

Reginaldo Alves dos Santos

Renato de Assis Barros

**6 – Geoquímica Prospectiva**

Carlos Alberto Cavalcante Lins

**7 – Recursos Minerais**

Glauber Grijó dos Santos Augusto

**8 – Conclusões e Recomendações**

Glauber Grijó dos Santos Augusto

Evilarde Carvalho Uchôa Filho

Renato de Assis Barros

**Mapas Geológicos**

Glauber Grijó dos Santos Augusto

Edilton José dos Santos

Camila Franco Basto

Evilarde Carvalho Uchôa Filho

Renato de Assis Barros

**Referências Bibliográficas**

Camila Franco Basto

---

**APOIO TÉCNICO DA CPRM**

*Departamento de Geologia*

Reginaldo Alves dos Santos

*Divisão de Geologia Básica*

Edilton José dos Santos

*Divisão de Geoprocessamento*

Patricia Dunriger Jacques

*Colaboradores*

Frederico José Campelo de Souza

Liliane Lavoura Bueno Sachs

Léo Rodrigues Teixeira

Reginaldo Alves dos Santos

*Coordenação de Revisão Bibliográfica*

Roberta Pereira da Silva de Paula

*Organização e Controle da Edição Final*

Alan Düssel Schiros

Editoração para publicação

UNIKA Editora

---

**EDIÇÃO DO PRODUTO DIGITAL**

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Departamento de Relações Institucionais e Divulgação – DERID - José Márcio Henriques Soares (interino)

Divisão de Marketing e Divulgação – DIMARK - José Márcio Henriques Soares

Divisão de Geoprocessamento – DIGEOP/SA – Reginaldo Leão neto – SIG/GEOBANK

# APRESENTAÇÃO

---

O Programa Geologia do Brasil (PGB), desenvolvido pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil é responsável pela retomada em larga escala dos levantamentos geológicos básicos do país. Este programa tem por objetivo fornecer subsídios para novos investimentos em pesquisa mineral e para a criação de novos empreendimentos mineiros. Além disso, os dados obtidos no âmbito desse programa podem ser utilizados em ações de gestão territorial e de recursos hídricos, dentre inúmeras outras aplicações de interesse social.

A Folha São Raimundo Nonato está inserida predominantemente na Província São Francisco com uma pequena exposição sedimentar da Província Parnaíba. A Província São Francisco apresenta marcante tendência estrutural com direção NE-SW, mergulhos comumente elevados e caimentos de baixo ângulo. Foliações divergentes do trend NNE-SSW encontram-se associadas a dobras regionais, também com planos axiais NNE-SSW.

Quanto aos recursos minerais, destacam-se na área da folha ocorrências de talco, mármore, manganês e ferro (formações ferríferas), pertencentes ao Complexo Lagoa do Alegre. Os granitoides presentes são uma importante fonte de extração de paralelepípedos. Observam-se ainda ocorrências esparsas de silicite associadas a corpos metabásicos e ferruginosos.

Na Folha São Raimundo Nonato (SC.23-X-D-II), escala 1:100.000, foram compiladas e integradas todas as informações geológicas, geoquímicas, geofísicas, geotectônicas e de recursos minerais disponíveis na região, complementadas com a interpretação de fotografias aéreas e de imagens de satélite, acompanhada 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.

Com mais este lançamento, executado pela Residência de Teresina, o Serviço Geológico do Brasil segue dando cumprimento à política de atualizar o conhecimento geológico do país, seja pela retomada dos levantamentos geológicos básicos, nas escalas 1:00.000 e 1:250.000, dos levantamentos aerogeofísicos ou pelas integrações estaduais na escala 1:500.000 e 1:1.000.000, contribuindo desta forma, com o resgate da infraestrutura de desenvolvimento regional, como subsídio importante à formulação de políticas públicas e apoio às tomadas de decisão de investimentos.

EDUARDO JORGE LEDSHAM  
Diretor - Presidente  
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

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



## RESUMO

---

A Folha São Raimundo Nonato (SC. 23-X-D-II) é parte integrante do Programa Geologia do Brasil (PGB), executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), em área de jurisdição da Residência de Teresina (RETE). Este projeto está incluído no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), e visa o mapeamento geológico e de recursos minerais, e o levantamento geoquímico da folha em escala 1:100.000. Compreende uma área de 3.000 km<sup>2</sup>, e fornece à região produtos de cartografia básica contendo as informações necessárias à pesquisa e à prospecção mineral.

A integração de dados de campo e laboratoriais permitiu descrever e cartografar as seguintes unidades estratigráficas: Complexo Sobradinho-Remanso, representado por ortognaisses migmatíticos do tipo TTG; Complexo Lagoa da Ema, composta por metacharnockitos e ortognaisses tonalíticos com supracrustais associadas; Complexo Lagoa do Alegre, constituído por paragnaisses e rochas supracrustais que incluem quartzitos, formações ferríferas, mármore e metamáficas-ultramáficas; Complexo Vitor, representado por ortognaisses migmatíticos com enclaves máficos; granitos Fatura do Piauí e Monte Alegre, de composição granodiorítica e monzogranítica, respectivamente; Formação Ipu, composta por arenitos e conglomerados; Formação Pimenteira, com seus siltitos e folhelhos; diques básicos; e coberturas cenozoicas representadas por depósitos detrítico-lateríticos, colúvio-aluviais, e eólicos de fácies lençóis de areia.

A área de estudo está inserida predominantemente na Província São Francisco com uma pequena exposição sedimentar da Província Parnaíba. A Província São Francisco apresenta marcante tendência estrutural com direção NE-SW, mergulhos comumente elevados e caimentos de baixo ângulo. Foliações divergentes do trend NNE-SSW encontram-se associadas a dobras regionais, também com planos axiais NNE-SSW.

Quanto aos recursos minerais, destacam-se na área ocorrências de talco, mármore, manganês e ferro (formações ferríferas), pertencentes ao Complexo Lagoa do Alegre. Os granitoides presentes são uma importante fonte de extração de paralelepípedos. Observam-se ainda ocorrências esparsas de silexito associadas a corpos metabásicos e ferruginosos.



## **ABSTRACT**

---

The Chart São Raimundo Nonato (SC. 23-X-D-II) is part of the Programa Geologia do Brasil (PGB) – Geology of Brazil Program – executed by the Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) – Brazil's National Geological Survey – at the jurisdiction area of Teresina Regional Unit. This project is included in the Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) – Development Acceleration Program – and aims at the geological and mineral resources mapping, besides the geochemical survey of the area at 1:100.000 scale.

The integration between field data and laboratory data enabled the description and cartography of the following stratigraphic units: Sobradinho-Remanso Complex, represented by TTG migmatitic orthogneises; Lagoa da Ema Complex, composed by meta-charnockites and tonalitic orthogneises with supracrustal rocks associated; Lagoa do Alegre Complex, constituted by paragneises and supracrustal rocks such as quartzites, iron formations, marbles, metamafic and metaultramafic rocks; Vitor Complex, represented by migmatitic orthogneises with mafic enclaves; Fartura do Piauí and Monte Alegre granites, of granodioritic and monzogranitic compositions, respectively; Ipu Formation, composed by sandstones and conglomerates; Pimenteira Formation, with its siltstones and shales; basic dikes; and cenozoic covers represented by detritic-lateritic and colluvial-alluvial deposits, besides aeolian deposits of sandsheet facies.

The studied area is predominantly located in the São Francisco Province with a small sedimentary exposure of Parnaíba Province. The São Francisco Province shows a remarkable structural trend NE-SW, along with common high-dip foliation and low dip lineation. Foliations presenting strikes which differ from the regional trend NNE-SSW are associated with regional folds, which axial planes strike NNE-SSW.

As to the mineral resources, there are occurrences of talc, marble, manganese and iron (iron formations), included in the Lagoa do Alegre Complex. The granitoids in this area are an important source of paving stone. Sparse occurrences of silexite associated to metabasic and ferruginous rocks can also be found.



# SUMÁRIO

---

<b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 - MÉTODO DE TRABALHO.....	16
<b>2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL .....</b>	<b>18</b>
<b>3 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....</b>	<b>24</b>
3.1 - PROVÍNCIA SÃO FRANCISCO.....	24
3.1.1 - Complexo Sobradinho-Remanso (A23gs).....	24
3.1.2 - Complexo Lagoa da Ema (A4le) .....	24
3.1.3 - Complexo Lagoa do Alegre (A4l).....	26
3.1.4 - Complexo Vitor (PP3vt).....	28
3.1.5 - Granitos Paleoproterozoicos.....	29
3.1.5.1 - Granito Fartura do Piauí (PP3γms2) .....	29
3.1.5.2 - Granito Monte Alegre (PP3γms1) .....	30
3.1.5.3 - Litogeoquímica dos granitos Monte Alegre e Fartura do Piauí .....	32
3.2 - PROVÍNCIA PARNAÍBA .....	32
3.2.1 - Grupo Serra Grande (Ssg).....	32
3.2.1.1 - Formação Ipu (Ssgi).....	32
3.2.2 - Grupo Canindé (D1C1ca) .....	34
3.2.2.1 - Formação Pimenteira (D2p).....	34
3.3 - COBERTURAS CENOZOICAS.....	35
3.3.1 - Coberturas Detrito-Lateríticas (N1dl).....	35
3.3.2 - Depósitos Colúvio-Eluviais (NQc).....	36
3.3.3 - Depósitos eólicos de fácies lençóis de areia .....	36
<b>4 – GEOLOGIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>38</b>
4.1 - EMBASAMENTO GNAISSICO-MIGMATÍTICO .....	38
4.2 - COMPLEXO LAGOA DO ALEGRE .....	39
4.3 - BACIA DO PARNAÍBA.....	39
4.4 - ANÁLISE LITO-ESTRUTURAL E DEFORMACIONAL DE AFLORAMENTOS NA FOLHA SÃO RAIMUNDO NONATO.....	39
<b>5 – GEOFÍSICA .....</b>	<b>48</b>
5.1 - INTRODUÇÃO.....	48
5.2 - INTERPRETAÇÃO DOS DOMÍNIOS AEROGEOFÍSICOS .....	49
5.2.1 - Domínio A.....	49
5.2.2 - Domínio B.....	50
5.2.3 - Domínio C.....	51
5.2.4 - Domínio D .....	51
5.2.5 - Domínio E.....	51
5.2.6 - Domínio F.....	51
5.3 - INTERPRETAÇÃO TECTÔNICA DOS ALINHAMENTOS MAGNÉTICOS .....	51
5.4 - CONCLUSÕES.....	52
<b>6 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA.....</b>	<b>54</b>
6.1 - INTRODUÇÃO.....	54

6.2 - METODOLOGIA .....	54
6.2.1 - Generalidades .....	54
6.2.2 - Metodologia de Campo .....	54
6.2.3 - Metodologia Analítica.....	54
6.2.3.1 - Sedimentos de corrente .....	54
6.2.3.2 - Concentrados de Bateia .....	54
6.2.4 - Tratamento dos Dados e Resultados Obtidos.....	55
6.2.4.1 - Sedimentos de Corrente .....	55
6.2.4.2 - Estudo da Variância.....	55
6.2.4.3 - Sumário dos Estimadores .....	55
6.2.4.4 - Box-Whiskers e Tipos de Distribuição.....	55
6.2.4.5 - Correlações e Agrupamentos.....	55
6.2.4.6 - Distribuição dos Elementos e Estabelecimento das Anomalias .....	57
6.2.5 - Concentrados de Bateia .....	59
6.3 - MAPA GEOQUÍMICO.....	61
6.4 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	61
<b>7 – RECURSOS MINERAIS.....</b>	<b>62</b>
7.1 - FERRO E MANGANÊS .....	62
7.2 - LAVRAS DE PARALELEPÍPEDO .....	63
7.3 - DEMAIS OCORRÊNCIAS .....	63
<b>8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES. ....</b>	<b>66</b>
8.1 - CONCLUSÕES.....	66
8.2 - RECOMENDAÇÕES .....	66
<b>9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>68</b>

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
FOLHA SÃO RAIMUNDO NONATO**

---

**ESTADOS DO PIAUÍ E BAHIA**

# 1 – INTRODUÇÃO

A Folha São Raimundo Nonato (SC. 23-X-D-II) é parte integrante do Programa Geologia do Brasil (PGB), executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), em área de jurisdição da Residência de Teresina (RETE). Faz parte do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), visando o mapeamento geológico e de recursos minerais, além do levantamento geoquímico da supracitada folha na escala de 1:100.000. Compreende uma área de 3.000 km<sup>2</sup>, e fornece à região uma cartografia básica com as informações necessárias à pesquisa e à prospecção mineral em áreas com intenso potencial mineral.

A Folha São Raimundo Nonato está delimitada pelos paralelos - 9°00' e - 9°30' e os meridianos -42°30' e -43°00', perfazendo uma área de 3.000 Km<sup>2</sup>, localizada, quase que em sua totalidade, na porção sudeste do estado do Piauí (Figura 1.1), abrangendo parte dos municípios de São Raimundo Nonato, São Lourenço do Piauí, Fartura do Piauí, Dirceu Arcoverde, Várzea Branca, Bonfim do Piauí, São Braz do Piauí e parte dos municípios baianos limítrofes da folha, Campo Alegre de Lourdes e Remanso.

A Figura 1.2 ilustra uma trama rodoviária interestadual cujo principal acesso à área mapeada,

a partir de Teresina (PI), é seguindo o trajeto: BR-316 até o povoado Estaca Zero (PI); BR-343 até Floriano (PI); PI-140 até Canto do Buriti (PI); e PI-324/BR-140 até São Raimundo Nonato (PI), principal cidade da folha. O percurso total é de 530 km, todo em rodovias com pavimentação asfáltica. Existem ainda várias rodovias pavimentadas, e outras com revestimento primário, que interligam sedes municipais, além de estradas vicinais que permitem o deslocamento na área. Por via aérea, existe um aeroporto internacional em São Raimundo Nonato prestes a ser inaugurado, mas sem previsão de operação para voos comerciais regulares.

A economia da região baseia-se na pecuária, principalmente de rebanhos caprinos e ovinos, os quais se adaptam melhor às condições climáticas da região. A agricultura é predominantemente de subsistência, destacando-se o plantio de mandioca, abóbora, feijão e milho, cujo eventual excedente abastece vilarejos próximos. O polo econômico regional é a cidade de São Raimundo Nonato que, segundo estimativa do IBGE (2009), possuía 32.215 habitantes. O comércio em geral é abastecido, principalmente, pela cidade pernambucana de Petrolina.

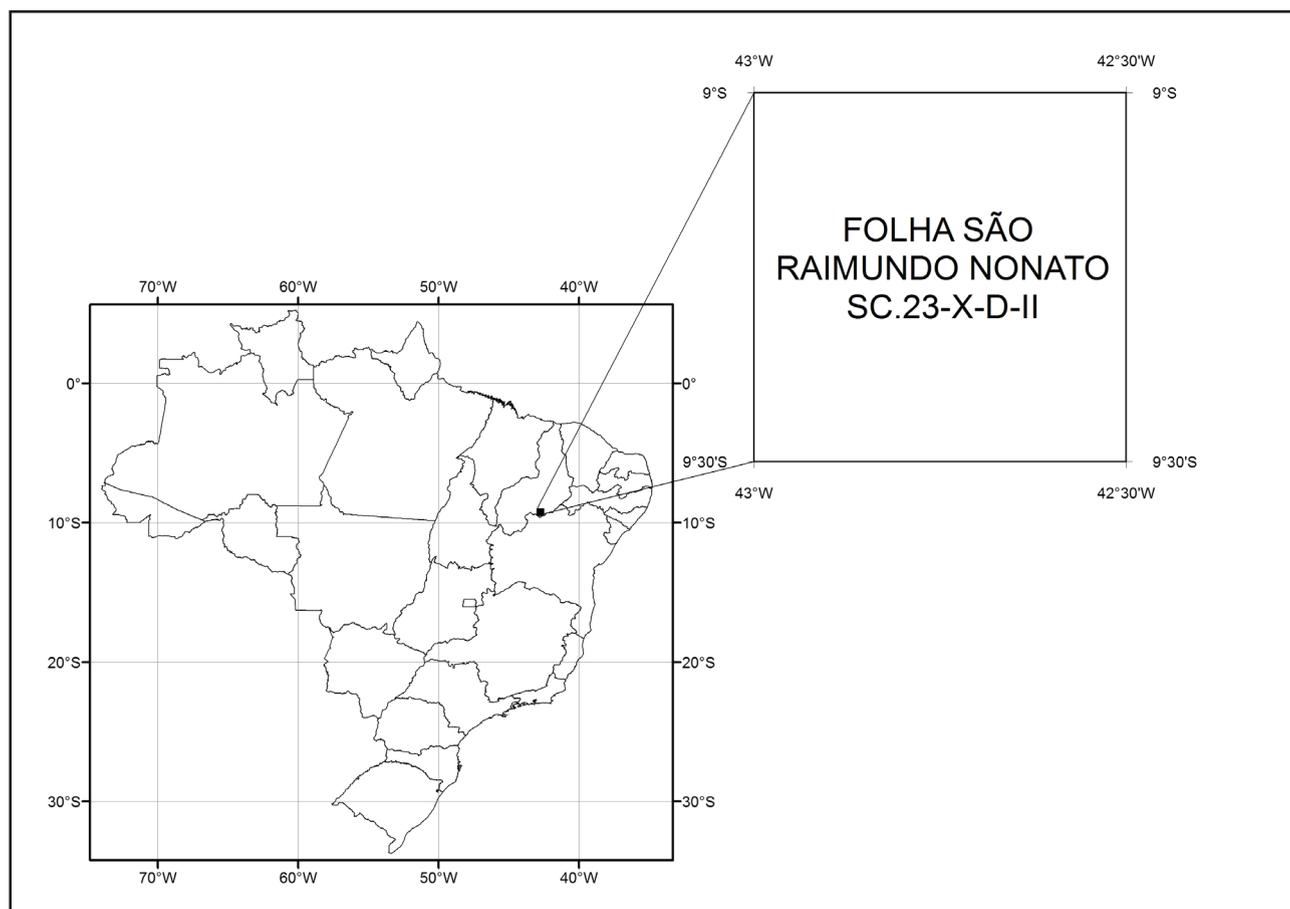


Figura 1.1 – Localização da Folha São Raimundo Nonato.



A área em questão foi abarcada, na década de 70, em trabalhos de mapeamento em escalas menores, não revelando, na época, potencial mineiro. A atividade mineira é muito pequena, contando apenas com a extração de paralelepípedos para pavimentação e, eventualmente, para geração de brita para pavimentação asfáltica.

Já haviam sido descritas formações ferríferas na região, que, naquele momento, não eram atrativas. O interesse pelo mapeamento desta folha cresceu à proporção do crescimento do valor de *commodities* metálicas (principalmente o ferro), que passaram a merecer um estudo mais aprofundado em termos de cartografia, estrutural e metalogênese.

No início dos trabalhos foram utilizados os dados do levantamento aerogeofísico (magnético e gamaespectométrico) do Projeto Borda Sul da Bacia do Parnaíba (CPRM & DNPM 1976), com 2 quilômetros de espaçamento. Infelizmente, somente após as etapas de mapeamento foi possível ter acesso aos dados do levantamento aerogeofísico (então recém-finalizado) Projeto Médio São Francisco (CPRM 2009), com espaçamento de 500 metros. Com o auxílio destes últimos dados foi possível ajustar uma série de interpretações geológicas que contribuíram para o mapa e relatório finais.

## 1.1 - MÉTODO DE TRABALHO

A metodologia de trabalho seguiu as regras padronizadas no Guia de Procedimentos Técnicos (Levantamentos Geológicos Básicos) adotada por esta companhia e consistiu nas etapas abaixo descritas.

**1) Preparatória** – Inicialmente, foi realizada a aquisição do acervo técnico reunindo: bases cartográficas; mapas aerogeofísicos digitais; imagens de satélite; fotografias aéreas na escala 1:60.000; dados existentes nas bases AERO (aerogeofísica), AFLO (afloramento), PETRO (análise petrográfica), CRON (determinações geocronológicas), e LEXICO (unidades estratigráficas); e as informações litoestratigráficas e estruturais disponíveis nesta Empresa. Todo este material foi utilizado na montagem do banco de dados e do SIG geológico preliminar. Finalizando esta etapa foi feito um reconhecimento de campo identificando as assinaturas das feições geológicas e estruturais e as unidades presentes na folha, uniformizando a linguagem de descrição dos afloramentos e os processos de coletas de amostras. Reconheceram-se também em campo, os principais domínios tectonoestratigráficos e os conjuntos litoestratigráficos de maior hierarquia.

**2) Atividades de Campo** – Observação e descrição de afloramentos e coletas de amostras

para estudos laboratoriais (petrográficos, químicos e geocronológicos), com o objetivo de reavaliar e aperfeiçoar o mapa geológico preliminar, e consolidar os dados obtidos para montagem do SIG geológico final. Para tanto, foram feitos perfis estratégicos aproveitando, principalmente, a malha de acesso (estradas, caminhos, rios, etc.), preferencialmente as estradas transversais às unidades geológicas e à estruturação regional, bem como a técnica de acompanhamento dos contatos fotogeológicos. Foram descritos 325 (trezentos e vinte e cinco) afloramentos considerando os parâmetros densidade, distribuição, regularidade e, principalmente, relevância geológica; amostragem de rochas e número de análises compatíveis com a escala e a complexidade da área.

As anotações de campo foram registradas em uma caderneta convencional de geologia, e as informações foram sistematizadas de modo a se obter uma compatibilidade com a base de dados do GEOBANK.

Fez-se também uma amostragem de sedimentos de corrente e concentrados de bateia para tratamento geoquímico.

O cadastramento dos recursos minerais compreendeu o levantamento de ocorrências e depósitos minerais, onde foram coletadas amostras das encaixantes e do minério/mineral-minério para realização de análises petrográficas, mineralógicas e químicas.

**3) Análises Laboratoriais** - O ambiente geológico da folha é composto, em quase sua totalidade, por rochas ígneas e metamórficas, razão pela qual se optou pela realização de análises petrográficas como uma importante ferramenta para o reconhecimento geológico, classificação das rochas, caracterização de suítes magmáticas, entre outros processos.

A partir das análises acima mencionadas, foram determinadas as demais investigações laboratoriais, incluindo os estudos de geoquímica de rochas e geoquímica prospectiva, além das determinações geocronológicas pelo método U-Pb em zircão. Foram realizados estudos em rochas com importantes concentrações de minerais opacos no sentido de identificá-las, bem como de avaliar suas relações texturais com a rocha portadora e sua importância metalogenética. As amostras de rocha foram previamente serradas na Residência de Teresina (RETE/CPRM), com intuito de reduzir volume de material, e encaminhadas para confecção das lâminas petrográficas. As análises litogeoquímicas foram feitas no laboratório da LaKefield Geosol; as amostras destinadas à geocronologia seguiram para a Fundação da Universidade de Brasília.



## 2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Folha São Raimundo Nonato está inserida em um contexto geotectônico dominado pelas províncias Parnaíba e São Francisco (Figura 2.1).

A maior parte da área do projeto se situa na borda norte do Cráton do São Francisco (CSF), unidade geotectônica que compõe o Escudo Atlântico, sendo uma das porções da plataforma Sul-Americana a escapar dos efeitos da orogenia brasileira no Neoproterozoico (ALMEIDA 1977). Este segmento crustal foi individualizado como Província São Francisco por Almeida (1977), e seus traçados limítrofes foram redefinidos por Alkmim *et al.* (1993) e Alkmim (2004). Abrange a maior parte do estado da Bahia, estendendo-se às regiões vizinhas dos estados de Minas Gerais, Goiás, Sergipe e Pernambuco.

O Cráton do São Francisco (Figura 2.2), bem como outras regiões da América do Sul e da África, representa o núcleo de placas tectônicas que colidiram para formar o Gondwana Ocidental no final do Neoproterozoico (Brito Neves *et al.* 1999, Campos Neto 2000, Alkmim *et al.* 2011). As faixas de dobramento adjacentes ao cráton são o registro de terrenos acrescidos pelas colisões diacrônicas do ciclo Brasileiro, e foram designadas da seguinte forma: Araçuaí (Província Mantiqueira, Almeida 1977), Brasília (Província Tocantins, Almeida 1977), Rio Preto (Província Tocantins, Inda *et al.* 1984), Riacho do Pontal e Sergipana (Província Borborema, Brito-Neves 1979).

O Cráton do São Francisco é truncado pelas rochas do Supergrupo Espinhaço, interpretado, na Bahia, como um rifte intracratônico (Jardim de Sá 1981) ou um aulacógeno (Costa & Inda 1982) e, em Minas Gerais, como um rifte passando a margem continental passiva (Almeida-Abreu & Pflug 1994, Almeida-Abreu 1995) que experimentou evento orogenético no ciclo Espinhaço, bem como reativação no ciclo Brasileiro. Já Uhlein (1991), Trompette *et al.* (1992), Schobbenhaus (1993), Alkmim *et al.* (1993) e outros interpretam o Supergrupo Espinhaço como um rifte abortado que sofreu deformação e metamorfismo somente na orogênese Brasileira.

Desta maneira, o Cráton do São Francisco é uma unidade geotectônica essencialmente constituída por uma série de blocos arqueanos e paleoproterozoicos ligados por zonas de sutura neoproterozoicas (Almeida *et al.* 1981; Teixeira & Figueiredo 1991; Ledru *et al.* 1994; Teixeira *et al.* 2000; Barbosa & Sabaté 2004), pelas coberturas mesoproterozoicas do Supergrupo Espinhaço (Machado *et al.* 1989; e Schobbenhaus *et al.* 1994 e outros) e metassedimentos neoproterozoicos do Supergrupo São Francisco (Pflug & Renger 1973), bem como por coberturas fanerozoicas. Este cráton está representado, no contexto da Folha

São Raimundo Nonato, pelos complexos arqueanos Sobradinho-Remanso, Lagoa do Alegre e Lagoa da Ema, e pelas rochas paleoproterozoicas do Complexo Vitor e granitos paleoproterozoicos Monte Alegre e Fartura do Piauí.

Os complexos Sobradinho-Remanso e Vitor, na área-alvo deste estudo, estão inseridos em terrenos de domínios tectono-estruturais do embasamento pré-Espinhaço, Bloco Sobradinho. Correspondem ao antigo Complexo Gnaissico-Migmatítico, descrito como ortognaisses do tipo TTG com rochas máficas e ultramáficas subordinadas e esporádicos níveis de metachert ferrífero e rocha calcissilicática, migmatitos, paragnaisses e ortognaisses porfiroclásticos (Arcanjo e Braz Filho 1999).

No presente trabalho de mapeamento, o Complexo Sobradinho-Remanso foi fragmentado para dar origem ao Complexo Lagoa da Ema, composto por metacharnockitos, metanoritos, metaenderbitos, ortognaisses tonalíticos-granodioríticos, granulitos, leptinitos, rochas máficas-ultramáficas e formações ferríferas bandadas.

O Complexo Vitor foi individualizado e descrito por Melo (2011), que o caracterizou como ortognaisses parcialmente migmatizados, exibindo estruturas dobradas, paleossomas de natureza tonalítica, e neossomas constituídos por material granítico, geralmente quartzo-feldspático.

Souza *et al.* (1979), no Projeto Colomi, caracterizaram os granitoides associados ao Complexo Gnaissico-Migmatítico, já denominado Sobradinho-Remanso, como corpos intrusivos associados à Granitogênese Transamazônica, comumente portadores de enclaves de rochas do complexo; e os dividiu em seis litofácies distintas, denominadas  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$ ,  $\gamma_3$ ,  $\gamma_4$ ,  $\gamma_5$  e  $\gamma_6$ . Estas intrusões foram separadas por Arcanjo e Braz Filho (1999) em dois grupos: i) tonalito, com fácies tardia mais fina, metaluminoso, calcialcalino, com tendência para o *trend* trondhjemítico (tipo Mansidão); e ii) granodiorito alcalino (tipo serra da Pintada). Neste trabalho, serão definidos dois corpos graníticos paleoproterozoicos inseridos neste contexto, o Granito Monte Alegre e o Granito Fartura do Piauí.

Segundo Angelim (1997) e Moraes e Figueirôa (1997), o Complexo Lagoa do Alegre é uma unidade metavulcanossedimentar constituída por duas sequências: a primeira, de caráter metavulcanossedimentar, químico-exalativa, denominada Unidade Macambira e a segunda, puramente metassedimentar, chamada de Unidade Minadorzinho, sem conotação estratigráfica.

A Bacia do Parnaíba, a priori denominada Bacia do Maranhão, foi originalmente proposta por

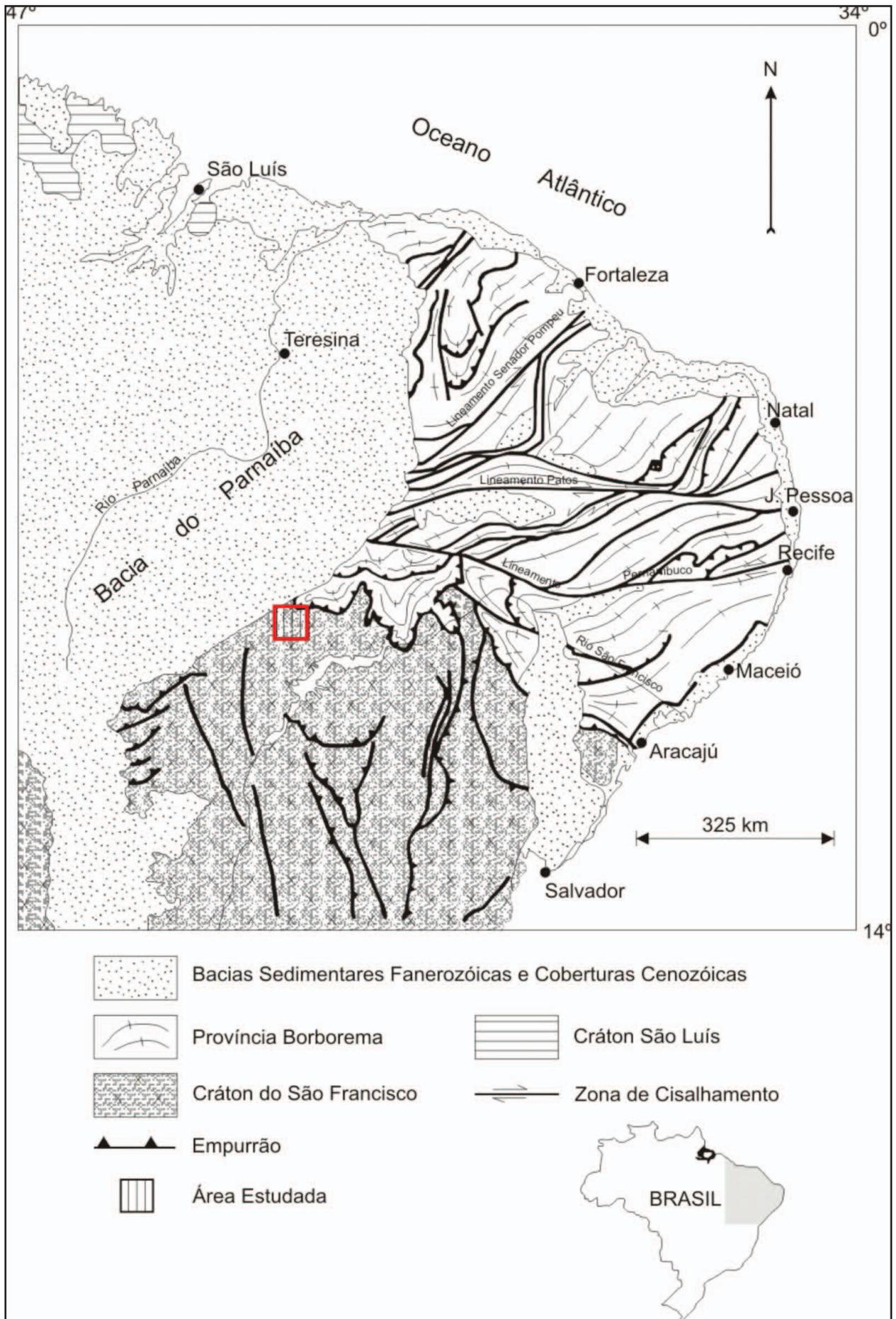


Figura 2.1 – Contexto Geotectônico da área (modificado de Oliveira 1998). Localização da Folha São Raimundo Nonato indicada em vermelho.

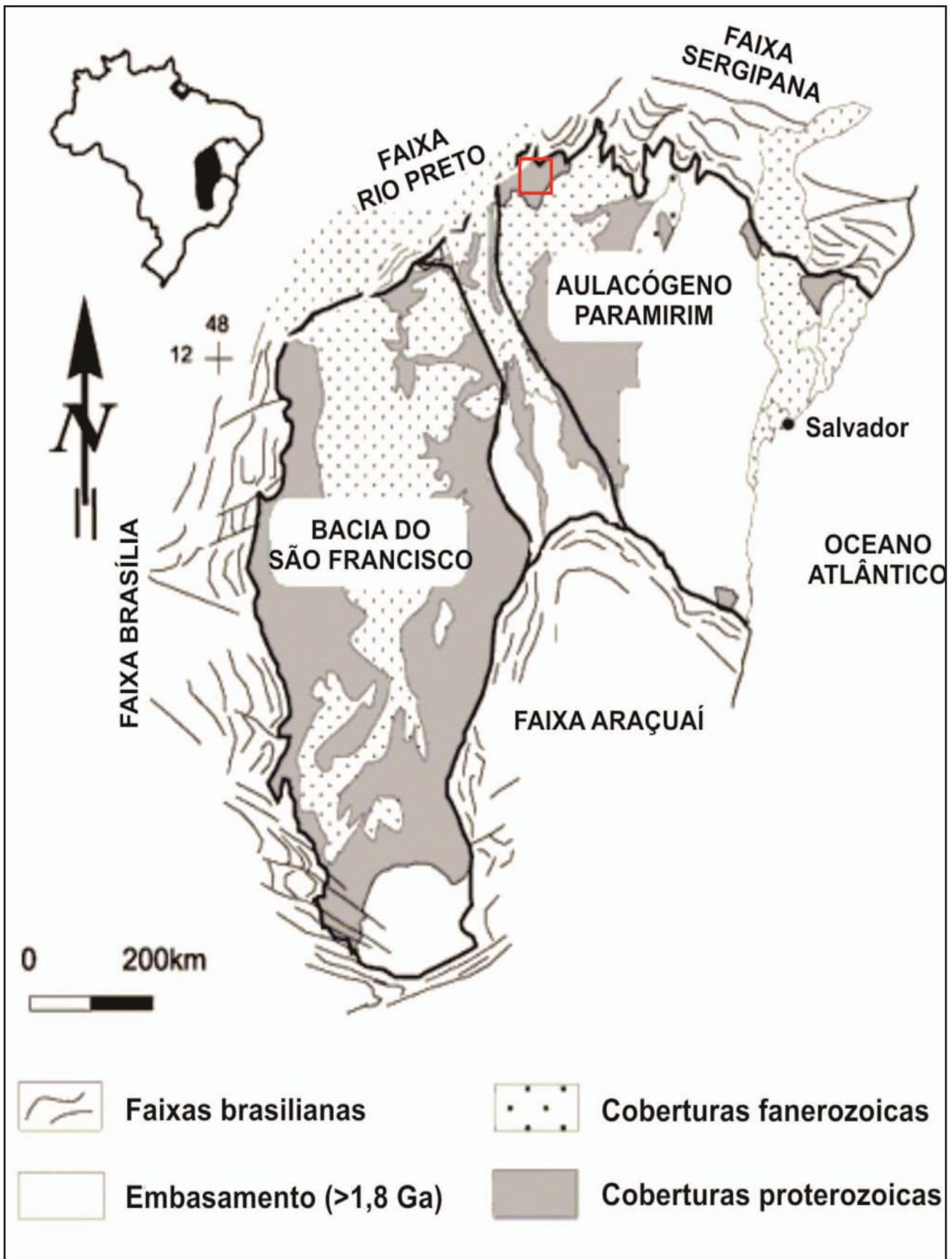


Figura 2.2 – Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco (modificado de Alkmim et al. 1993), com a localização da Folha São Raimundo Nonato, em vermelho.

Derby (1884), e está situada na porção ocidental da região nordeste brasileira, compreendendo grande parte dos estados do Piauí e Maranhão, além de

porções mais restritas dos estados do Ceará, Pará, Tocantins e Bahia, se estendendo por uma área de aproximadamente 600 mil quilômetros quadrados.

Entidade geotectônica mais recente da região, a Bacia do Parnaíba representa o preenchimento de depressões intracratônicas de evolução policíclica, que originou compartimentações sedimentares de características distintas. A Bacia do Parnaíba está inserida na Província Estrutural Parnaíba, ocupando uma área equivalente a aproximadamente 50% de toda a extensão desta província (Figura 2.3). Encontra-se limitada a norte pelo Arco Ferrer-

Urbano Santos, a leste pela Falha de Tauá, a sudeste pelo Lineamento Senador Pompeu, a oeste pelo Lineamento Tocantins-Araguaia e a noroeste pelo Arco Tocantins (Góes 1995).

Góes *et al.* (1993) adotam como hipótese mais aceita para a implantação da Bacia do Parnaíba a fragmentação de um supercontinente no Neoproterozoico, deixando como subproduto um megasistema de fraturas que deu início à construção



Figura 2.3 – Unidades geotectônicas da Província do Parnaíba (modificado de Góes 1995 por Pedreira *et al.* 2003), com a localização da Folha São Raimundo Nonato, em vermelho.

da Depressão Intracratônica do Parnaíba. Trata-se de uma bacia com expressivo registro sedimentar de rochas do Paleozoico, ocorrendo, também, rochas mesozoicas e sedimentos cenozoicos. Segundo esses autores, a espessura máxima de todo o pacote sedimentar é de aproximadamente 3.500m.

Segundo Góes e Feijó (1994), a coluna litoestratigráfica desta bacia compreende as supersequências Siluriana (Grupo Serra Grande), Devoniana (Grupo Canindé) e Carbonífero-Triássica (Grupo Balsas). No domínio da Folha São Raimundo Nonato afloram o Grupo Serra Grande, representado pela Formação Ipu, e o Grupo Canindé, representado pela Formação Pimenteira.

A Formação Ipu (Campbell 1949) designa arenitos com seixos, conglomerados com matriz areno-argilosa e matações de quartzo ou quartzito, e arenitos de granulação fina a grossa. As rochas desta formação foram depositadas numa grande variedade de ambientes, de glacial proximal e glacio-fluvial a leques ou frentes deltaicas (Caputo 1984).

A Formação Pimenteira (Small 1914) é composta por espessas camadas de folhelho cinza-escuro a preto, retratando um ambiente nerítico de plataforma dominada por tempestades (Della Fávera 1990) que depositaram delgadas camadas de arenito muito fino.



## 3 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

O estudo do conjunto dos dados de campo, de análises petrográficas e litogeoquímicas, aliado aos estudos bibliográficos, possibilitou a individualização e caracterização de doze unidades geológicas no domínio da Folha São Raimundo Nonato.

Na coluna estratigráfica da área estão posicionadas, da base para o topo: rochas arqueanas dos complexos Sobradinho-Remanso, Lagoa da Ema e Lagoa do Alegre; e rochas paleoproterozoicas do Complexo Vitor e dos granitos Fartura do Piauí e Monte Alegre, todas pertencentes à Província São Francisco. Logo acima, localizam-se as rochas paleozoicas da Província Parnaíba, representada pelas formações Ipu (Siluriano, Grupo Serra Grande) e Pimenteira (Devoniano, Grupo Canindé). Completando o quadro geológico da área têm-se diques básicos mesozoicos, e coberturas detrítico-lateríticas, colúvio-eluviais e eólicas cenozoicas.

### 3.1 - PROVÍNCIA SÃO FRANCISCO

#### 3.1.1 - Complexo Sobradinho-Remanso (A23gs).

Esta unidade foi descrita por Souza *et al.* (1979) no Projeto Colomi como uma assembleia litológica heterogênea, denominada Complexo Metamórfico-Migmatítico, composta por metatexitos, diatexitos e granitoides, gnaisses, xistos, e rochas granulíticas, além de níveis de rochas metassedimentares e metavulcânicas; com metamorfismo em fácies anfíbolito, chegando por vezes a fácies granulito.

O complexo Sobradinho-Remanso corresponde ainda ao antigo Complexo Gnaissico-Migmatítico, descrito por Arcanjo e Braz Filho (1999) como ortognaisses do tipo TTG com rochas máficas e ultramáficas subordinadas e esporádicos níveis de metachert ferrífero e rocha calcissilicática, migmatitos, paragnaisses e ortognaisses porfiroclásticos.

Leite *et al.* (1987, 1993) e Leite (1997) subdividiram o Complexo Gnáissico-Migmatítico em ortognaisses a duas micas de composição granítica, gnaisses migmatíticos com assinatura TTG (Tonalitos, Thondhjemitos, Granodioritos), e milonito-gnaisses leucocráticos graníticos. Segundo Leite (1997), os gnaisses migmatitos mostram-se bandados, com mesossomas gnáissicos e leucossomas quartzo-feldspáticos de granulação média a grossa; enquanto os milonitos-gnaisses leucocráticos apresentam composição granítica com fenocristais de microclina.

Na Folha São Raimundo Nonato, o Complexo Sobradinho-Remanso se apresenta como ortognaisses (Figura 3.1), frequentemente migmatíticos, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; e abrange uma estreita faixa na porção sudoeste da área (Figura 3.2), e constitui alguns afloramentos em seu extremo nordeste.



Figura 3.1 – Ortognaisse do Complexo Sobradinho-Remanso.

Petrograficamente, este complexo mostra composição a feldspato potássico, quartzo, plagioclásio, biotita, muscovita e clorita. Exibe textura granolepidoblástica, com granulação fina a média e alguns porfiroblastos de feldspato potássico, além de abundantes cristais de titanita e alanita.

#### 3.1.2 - Complexo Lagoa da Ema (A4le)

O Complexo Lagoa da Ema foi proposto neste trabalho para representar rochas granulíticas-charnockíticas previamente inseridas no Complexo Metamórfico Migmatítico e em corpos granitoides a ele associados (Souza *et al.* 1979).

As rochas metacharnockíticas (Figura 3.3) mostram coloração cinza a cinza-esverdeada em tonalidades claras ou escuras, com granulação fina a média e textura equigranular, deformadas em regimes dúctil e rúptil. Quando alteradas, exibem halos avermelhados gerados pela deterioração dos piroxênios e aspecto sacaroidal proveniente da desintegração dos feldspatos.

Estas rochas estão geograficamente concentradas no quadrante nordeste da área, mas ocorrem também em pequenos corpos no quadrante sudeste (Figura 3.4). A maior expressão areal da unidade está na região denominada Ema, localidade de Lagoa da Ema, próxima à estrada pavimentada que liga as cidades de São Raimundo Nonato a São Lourenço.

Metamangeritos (metasienitos com hiperstênio), são descritos como porfiroblásticos, granoblásticos a granonematoblásticos, com grandes cristais de feldspato potássico e granada xenoblásticos, envolvidos por uma matriz de granulação fina. Os piroxênios presentes frequentemente exibem bordas de granada, indicando desestabilização da paragênese mineral. Titanita, zircão, alanita, opaco e apatita ocorrem disseminados.

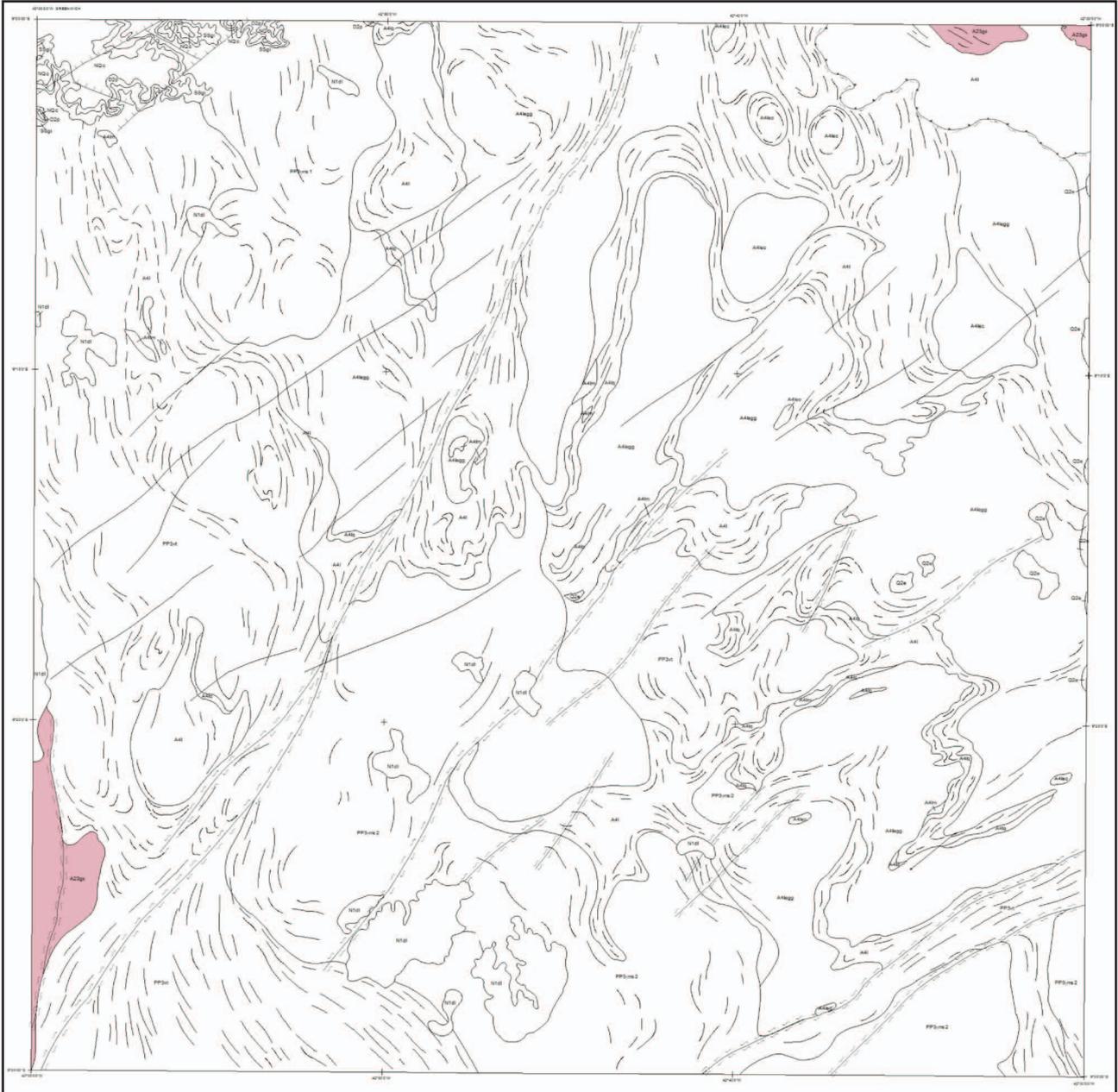


Figura 3.2 – Mapa geológico simplificado da Folha São Raimundo Nonato, indicando a localização do Complexo Sobradinho-Remanso.

Metacharnockitos s.s. exibem granulação fina a média e microestrutura granoblástica, subordinadamente nematoblástica.

Já os ortognaisses, rochas máficas e ultramáficas e formações ferríferas a eles associadas, estão amplamente distribuídos no domínio da Folha São Raimundo Nonato, desde a porção central do mapa até seu setor nordeste.

Nas análises petrográficas, os ortognaisses tonalíticos desta unidade exibem composição à biotita, podendo conter também granada e hornblenda. Apresentam granulação fina a média, textura granolepidoblástica e, por vezes, granonematoblástica (nas variedades com hornblenda).

Associadas aos ortognaisses têm-se rochas ultramáficas a clinopiroxênio e ortopiroxênio

(piroxenitos) com microestrutura granoblástica e granulação fina a média; e actinolititos com microestrutura nematoblástica associada a granoblástica, sendo esta última subordinada.

Dentre as rochas máficas do Complexo Lagoa da Ema destacam-se noritos granoblásticos de granulação fina a média, que portam clinopiroxênios gerados por transformação de ortopiroxênios, e granadas que circundam cristais de piroxênio (feição de desestabilização). Titanita, allanita, opacos e zircão encontram-se associados aos minerais máficos como acessórios.

Também estão presentes anfibolitos de granulação fina a média e microestrutura granonematoblástica. Granada e biotita ocorrem associadas a cristais de clinopiroxênio e anfibólio,



Figura 3.3 – Metacharnockito do Complexo Lagoa da Ema em detalhe.

em pequenas quantidades. Opacos e apatita se apresentam como minerais acessórios.

### 3.1.3 - Complexo Lagoa do Alegre (A4I).

Segundo Angelim (1997) e Moraes e Figueirôa (1997), o Complexo Lagoa do Alegre é uma unidade metavulcanossedimentar dividida em duas seqüências: a primeira, de caráter metavulcanossedimentar, químico-exalativa, denominada de Unidade Macambira e a segunda, puramente metassedimentar, chamada de Unidade Minadorzinho, sem conotação estratigráfica. Estes mesmos autores consideram discordante o contato deste complexo com a unidade inferior cratônica, o Complexo Sobradinho-Remanso, embora em alguns locais observe-se aparente concordância estrutural estas unidades estratigráficas.

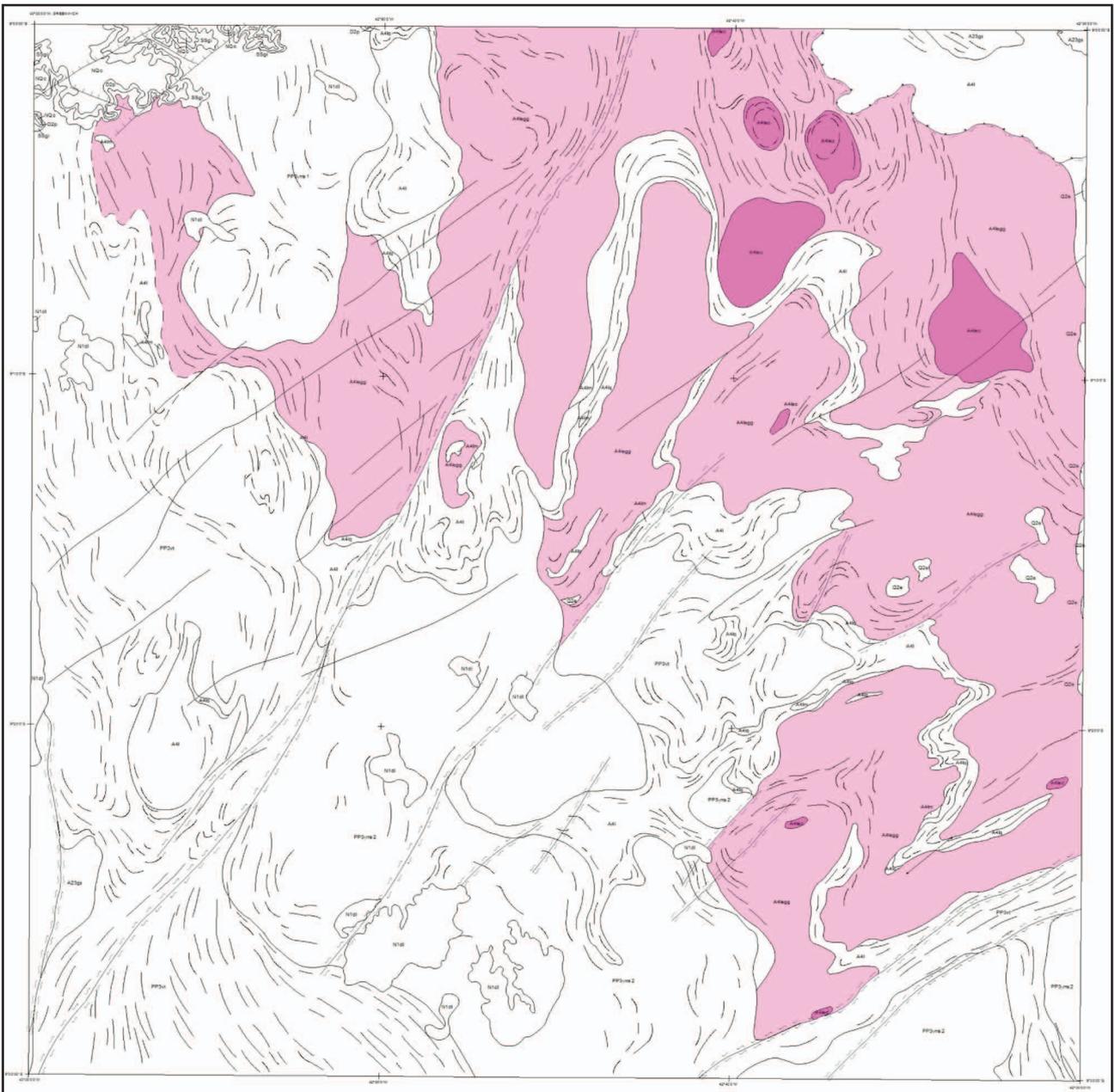


Figura 3.4 – Mapa geológico simplificado da Folha São Raimundo Nonato, indicando a localização do Complexo Lagoa da Ema, com destaque para corpos charnockíticos em cor rosa escuro.

A Unidade Minadorzinho apresenta uma associação litológica indivisa, de natureza predominantemente xistosa-gnáissico-quartzítica, cujos termos litológicos mais frequentes são: micaxistos, gnaisses e quartzitos, além de metabasitos, mármore e formações ferríferas. A unidade Macambira por sua vez, inclui uma associação de matamáficas, metaultramáficas (talcoxistos), silexitos, paragnaisses e, menos frequentemente, metavulcânicas ácidas, calcários cristalinos, rochas calcissilicáticas e quartzitos (Angelim 1997; Moraes e Figueirôa 1997).

Neste estudo, o Complexo Lagoa do Alegre foi descrito como uma associação de supracrustais deformadas composta por rochas calcissilicáticas, mármore, paragnaisses, metabásicas, formações ferríferas, e quartzitos impuros.

Esse complexo aflora em praticamente toda a extensão da Folha São Raimundo Nonato, por meio de seguimentos dobrados com encurtamento na direção NW-SE (Figura 3.5).

Os paragnaisses (Figura 3.6A) comumente se apresentam foliados, possuem, em geral, composição sienítica a monzonítica, granulação fina a média, textura granoblástica em cristais de quartzo e feldspatos e textura lepidoblástica definindo a foliação.

As rochas metabásicas encontradas nesse complexo apresentam-se fortemente foliadas e com natureza máfica-ultramáfica. As rochas máficas são compostas por anfibolitos, granada-leuco-noritos e quartzo-dioritos. Já as rochas ultramáficas são compostas por tremolititos, actinolita-xistos e quartzo-hornblenda-diopsiditos.

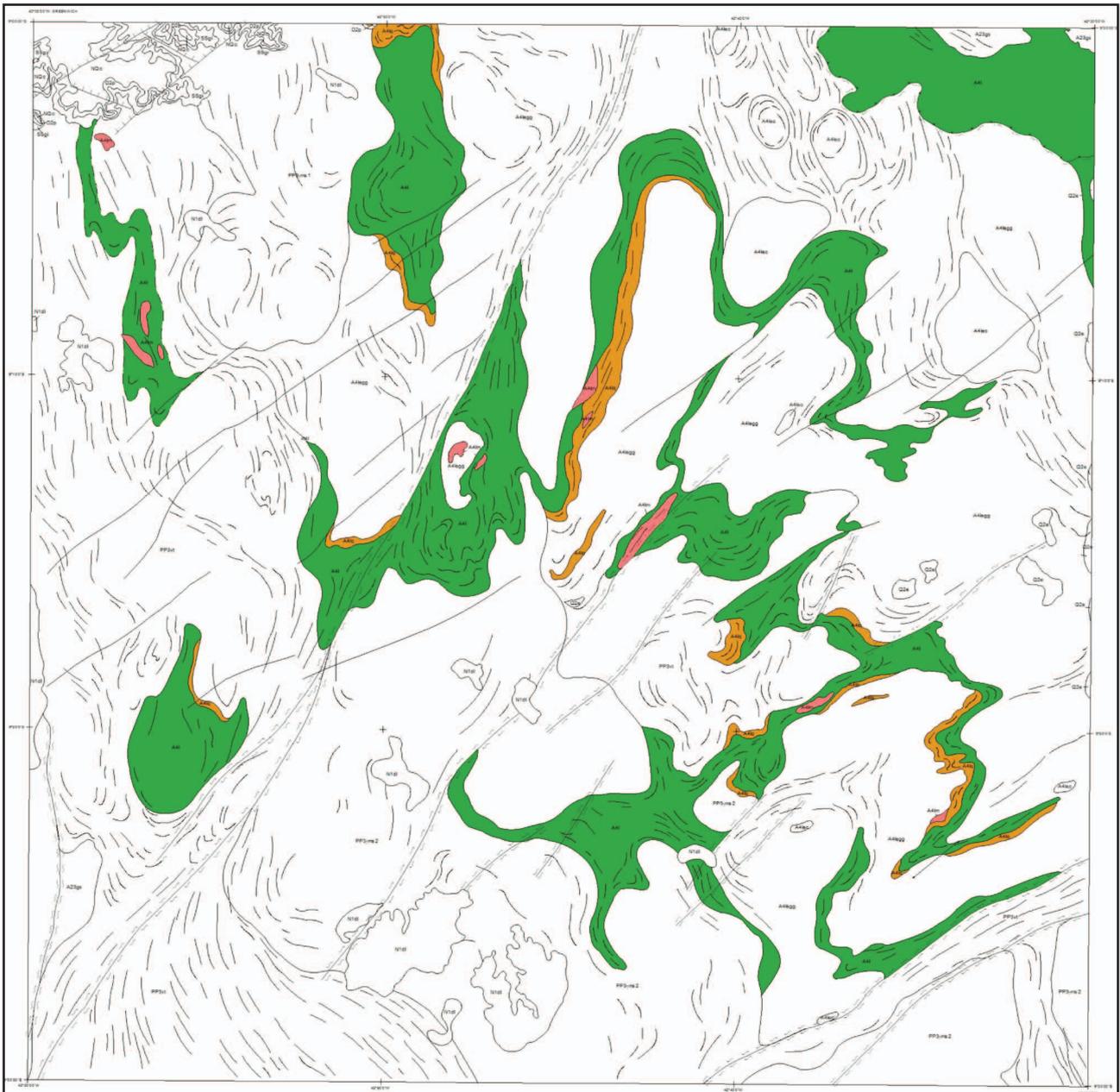


Figura 3.5 – Mapa geológico simplificado da Folha São Raimundo Nonato, indicando a localização do Complexo Lagoa do Alegre.

As exposições de mármore são limitadas em áreas apresentando formações ferríferas nas proximidades, mas essas nunca são preservadas in situ. Os mármore apresentam no geral granulação média e textura granoblástica.

As formações ferríferas afloram de forma mais extensa, mas se apresentam sempre laterizadas e com relações estruturais obliteradas. Sendo comumente identificadas, quando não laterizadas, como grunerita-quartzitos ferruginosos.

Dalton de Souza *et al.* (1979) descreveu vários afloramentos entre Petrolina e São Raimundo Nonato descrevendo-os como rochas de cor cinza-escuro, bem recristalizadas, compactas e de granulação fina a grossa. A paragênese mineral quartzo + grunerita + magnetita + hematita (subordinada) está intimamente relacionada a rochas metabásicas e metaultrabásicas. Tais descrições sugeriram, segundo o autor, origem vulcanogênica. Segundo trabalho de Gross (1965) nas províncias ferríferas do Canadá, rochas com mesmas características foram descritas como formações do tipo Algoma.

Os quartzitos impuros (Figura 3.6B) ou metassedimentos apresentam-se foliados, com granulometria fina, microestruturas granoblástica e lepidoblástica, definindo sua foliação, e podendo ser classificados como muscovita-quartzitos.

#### 3.1.4 - Complexo Vitor (PP3vt).

O Complexo Vitor, assim como o Complexo Sobradinho-Remanso, pertenceu ao Complexo Metamórfico-Migmatítico (Souza *et al.* 1979), e ao Complexo Gnáissico-Migmatítico descrito por Leite *et al.* (1987, 1993), Leite (1997), e Arcanjo e Braz Filho (1999).

Este complexo foi individualizado e descrito por Melo (2011), que o caracterizou como ortognaisses parcialmente migmatizados, exibindo estruturas dobradas, paleossomas de natureza tonalítica, e neossomas constituídos por material granítico, geralmente quartzo-feldspático; e encontrou para o complexo idade U-Pb de  $2031 \pm 17$  Ma. Esta é a

unidade predominante na porção oeste da folha (Figura 3.7), marcada por morfologia arrasada, ondulações de cristas alinhadas predominantemente na direção NE/SW.

A descrição do Complexo Vitor coincide com a de Souza *et al.* (1979) quanto à ocorrência de rochas polideformadas, metamorizadas no fácies anfibolito. As rochas desta unidade são biotita ortognaisses migmatíticos (Figura 3.8A e C) afetados por diferentes graus de fusão parcial, cortados por bandas de cisalhamento (Figura 3.8B), e por veios graníticos e pegmatíticos (Figura 3.8D); e associados a enclaves máficos microdioríticos e intercalações de xistos.

Em seção delgada foram descritos os principais litotipos do Complexo Vitor: metaquartzo-sienito, metamonzogranito, metagranodiorito, biotita-muscovita gnaiss e veios aplíticos.

O metaquartzo-sienito apresenta granulação fina, microestrutura granoblástica. Compõe-se de feldspato potássico, plagioclásio, quartzo (recristalizado) biotita (às vezes cloritizadas). Em seção delgada apresentam zircão e allanita como acessórios. Podem apresentar carbonato preenchendo fraturas de porfiroblastos

Ocorrem monzogranitos de granulação fina, microestrutura granoblástica, bandados, compostos por plagioclásio (saussuritizado), feldspato potássico peritítico, quartzo (recristalizado), biotita (às vezes cloritizada) e epidoto, titanita, allanita, opaco e zircão como acessórios.

O metagranodiorito mostra granulação fina a média, microestrutura granoblástica e bandamento fino. Em seção delgada apresentam plagioclásio, feldspato potássico, quartzo (recristalizado), biotita, muscovita, epidoto e allanita, titanita e zircão como minerais acessórios.

O biotita-muscovita gnaiss apresenta granulação fina, microestrutura granoblástica e compõe-se de feldspato recristalizado, quartzo recristalizado, biotita, muscovita e epidoto.

Os veios aplíticos apresentam composição sienogranítica, granulação fina a média,

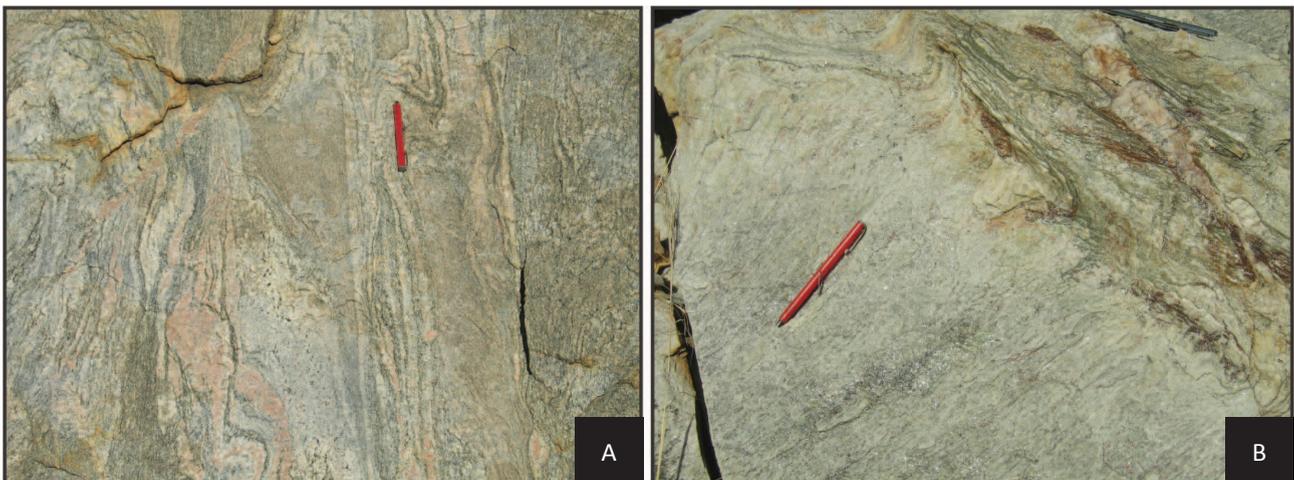


Figura 3.6 – A) Paragnaisses; e B) quartzitos do Complexo Lagoa do Alegre.

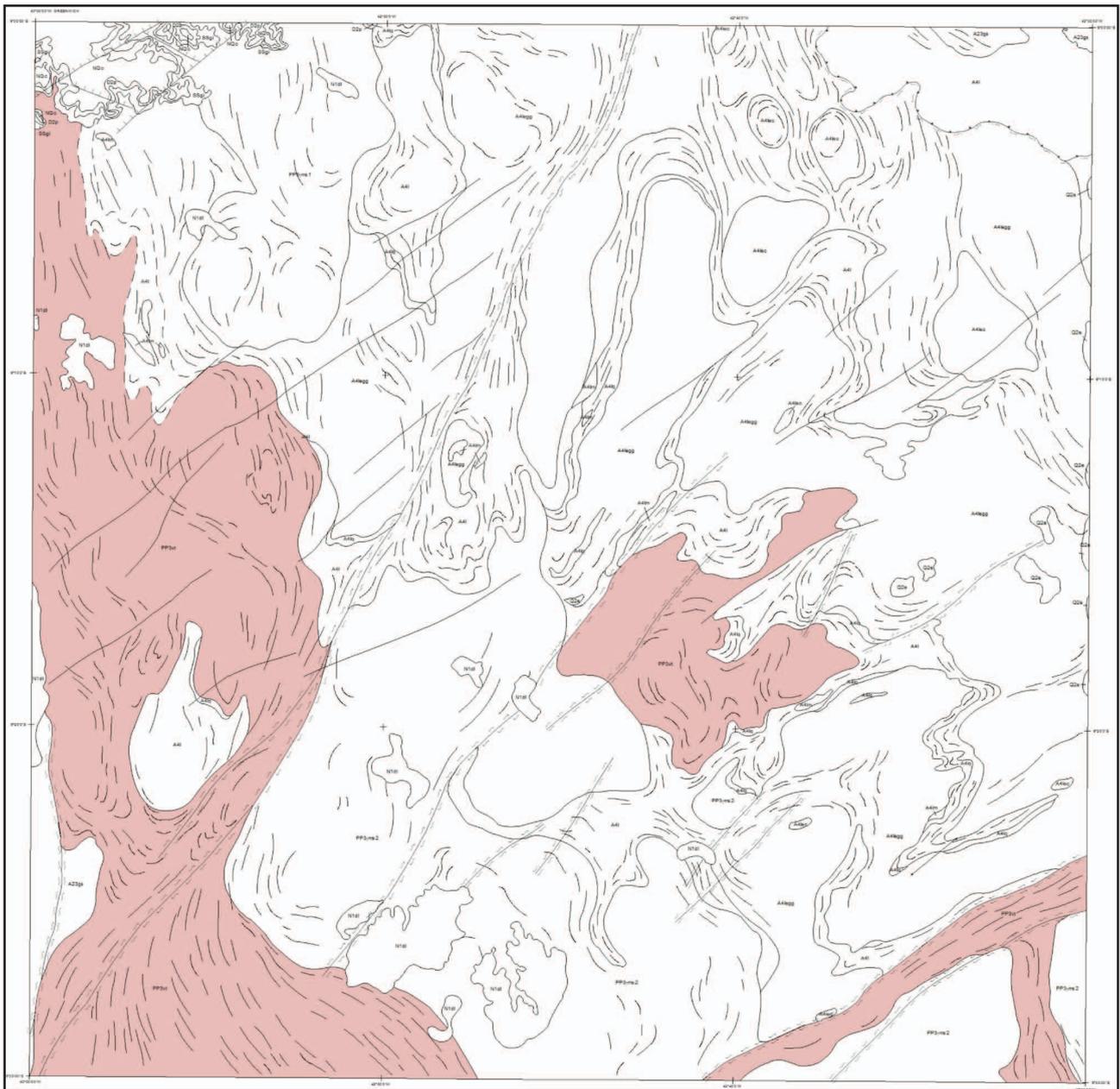


Figura 3.7 – Mapa geológico simplificado da Folha São Raimundo Nonato, indicando a localização do Complexo Vitor.

microestrutura granoblástica. Compõe-se de feldspato potássico, quartzo, plagioclásio e biotita. Em seção delgada apresentam titanita, allanita e zircão como acessório.

### 3.1.5 - Granitos Paleoproterozoicos

A topografia atribuída a estes granitos é bastante arrasada, com densa cobertura vegetal e poucos afloramentos rochosos.

#### 3.1.5.1 - Granito Fartura do Piauí (PP3γms2)

Souza *et al.* (1979), no Projeto Colomi, caracterizaram os granitoides transamazônicos associados ao então denominado Complexo Metamórfico-Migmatítico (atual Complexo Sobradinho-Remanso), e os individualizaram em seis litofácies, denominadas γ1, γ2, γ3, γ4, γ5 e γ6.

Estas mesmas intrusões foram diferenciadas por Arcanjo e Braz Filho (1999) em dois grupos, durante o mapeamento das Folhas Curimatá (SC.23-Z-A), Corrente (SC.23-Y-B-Parcial) e Xique-Xique (SC.23-Z-B): i) tonalito, com fácies tardia mais fina, metaluminoso, calcialcalino, com tendência para o *trend* trondhjemítico (tipo Mansidão); e ii) granodiorito alcalino (tipo Serra da Pintada).

As rochas aqui definidas como Granito Fartura do Piauí correspondem à litofácies γ6 de Souza *et al.* (1979), caracterizada como granitos róseos, menos comumente cinzas, porfiríticos, geralmente isotrópicos, podendo apresentar, localmente, leve orientação gerada por processos cataclásticos, fraturas e veios de quartzo e de pegmatito.

O Granito Fartura do Piauí se distribui por toda a porção centro-sul e sudeste da área (Figura 3.9), e pode ser descrito como monzogranitos, comumente



Figura 3.8 – A) Migmatito com leucossoma ortognáissico de composição granítica e mesossoma constituído por um biotita ortognaisse cinza; B) detalhe do migmatito evidenciando banda de cisalhamento indicativa de empurrão para sul; C) ortognaisse migmatítico estromático associado a bolsões de leucossoma granítico; D) veio pegmatítico boudinado.

portadores de hornblenda, exibindo deformação descontínua. Neste corpo granítico podem ser observadas tanto tramas com foliação incipiente, quanto afloramentos com lineação mineral e porções intensamente deformadas (gnaissificadas). É comum nestas rochas a presença de enclaves de metabasitos e fraturas preenchidas por pegmatitos quartzo-feldspáticos. Fraturas conjugadas e falhas com rejeitos de poucos centímetros também estão presentes, mas de forma mais esparsa.

Nas proximidades dos contatos deste granito com o embasamento, observam-se tanto veios graníticos no embasamento quanto xenólitos das rochas mais antigas engolfados pelos granitoides.

Em seção delgada foram descritos basicamente sienogranitos e granodioritos. O sienogranito apresenta-se deformado, com granulação fina média, textura porfirítica foliada. Compõe-se de feldspato potássico, plagioclásio (às vezes alterado para sericita), biotita (sublinhado a foliação) e quartzo (recristalizado). Apresenta allanita, titanita, zircão, apatita e opacos como acessórios. O granodiorito, similar ao sienogranito apresenta-se anisotrópico, com granulação fina a média e estrutura bandada

(bandas ricas em minerais félsicos alternadas por bandas ricas em minerais máficos). Compõe-se de plagioclásio, feldspato potássico quartzo (recristalizado), hornblenda, biotita (sublinhado a foliação) e opacos, titanita, apatita e zircão como acessórios.

### 3.1.5.2 - Granito Monte Alegre (PP3γms1)

Assim como o Granito Fatura do Piauí, o Granito Monte Alegre, definido neste trabalho, pertencem aos granitoides associados ao antigo complexo Metamórfico-Migmatítico, descritos por Souza *et al.* (1979) e Arcanjo e Braz Filho (1999).

O Granito Monte Alegre engloba rochas pertencentes à litofácies γ1 de Souza *et al.* (1979), descrita como granitos a biotita, isotrópicos, com coloração cinza a cinza rosada, e granulação predominantemente média, por vezes apresentando foliação incipiente e lineação mineral.

Este corpo metagranitoide encontra-se no setor noroeste da Folha São Raimundo Nonato (Figura 3.9), exibe composição modal predominantemente monzogranítica, subordinadamente granodiorítica.



Figura 3.9 – Mapa geológico simplificado da Folha São Raimundo Nonato, indicando a localização dos granitos paleoproterozoicos (Granito Fartura do Piauí em laranja, e Granito Monte Alegre em vermelho).

Apresenta granulação fina a média, microestrutura granoblástica e cristais de feldspato e quartzo recristalizados, com extinção ondulante e subgrãos. O quartzo predomina na granulação média, enquanto os feldspatos dominam a fração fina da rocha. Comumente porta cristais orientados de biotita e, menos frequentemente, de anfibólio. O feldspato potássico se mostra comumente perítico, e quartzo mirmequítico pode estar presente. Os metagranitoides desta unidade exibem deformação heterogênea, podem se apresentar gnaissificados, e por vezes, conter porfiroblastos de feldspato potássico assimétricos (Figura 3.10), caracterizando augen gnaisses. Os minerais acessórios mais comuns rochas são allanita, opacos, titanita, apatita e zircão.



Figura 3.10 – Granito Monte Alegre exibindo porfiroblastos de feldspato potássico.

### 3.1.5.3 - Litogeoquímica dos granitos Monte Alegre e Fartura do Piauí

Segundo o diagrama de classificação geoquímica de Cox *et al.* 1979 (Figura 3.11A) as amostras do Granito Fartura do Piauí plotam no campo dos granitos. As amostras do Granito Monte Alegre plotam no campo dos granitos, mas também apresenta uma amostra de composição granodiorítica.

No diagrama de séries graníticas de Frost *et al.* 2001 (Figura 3.11C) as amostras dos granitos analisados são classificadas como granitos ferrosos, apresentam composição alcalina-cálcica a cálcio-alcalina e caráter metaluminoso, com algumas amostras tocando o limite do campo peraluminoso.

Os diagramas utilizados para definir a ambiência tectônica dos granitos estudados foram os de Pearce *et al.* 1996 (Figura 3.11B) e de Whalen 1987 (Figura 3.11D). Nestes diagramas as rochas plotam no campo dos granitos pós-colisionais (Pearce *et al.* 1996) e no campo dos granitos anarogênicos (tipo A, Whalen 1987).

Frost *et al.* 2001 consideram o caráter ferroso como diagnóstico para granitos do tipo A. Esse tipo de granito tende a apresentar composição alcali-cálcica a calcioalcalina e caráter metaluminoso. Em condições de pressões mais altas granitos do Tipo A metaluminosos e alcali-cálcicos podem ter sua origem relacionada à diferenciação de basaltos toleíticos. Já em pressões mais baixas granitos do tipo A metaluminosos e calcioalcalinos podem ter sua origem relacionada à fusão de uma crosta quartzo-feldspática (Frost & Frost 2011).

O diagrama de elementos traços (Figura 3.12A e B) das amostras do Granito Fartura do Piauí, normalizados ao manto primitivo de McDonough e Sun (1995), mostram anomalias negativas de Sr, P e Ti. Tais anomalias podem estar ligadas a segregação de feldspato, apatita e óxidos de ferro, respectivamente (Foley *et al.* 2002).

Os elementos terras-raras das amostras do Granito Fartura do Piauí quando normalizados ao manto primitivo de McDonough e Sun (1995) apresentam um enriquecimento em elementos terras-raras leves e empobrecimento em terras-raras pesados, além de uma anomalia negativa de Eu. O enriquecimento em terras-raras leves e o empobrecimento em terras-raras pesados é típico de rocha granítica e a anomalia negativa de Eu é característica de rocha granítica, devido ao fracionamento durante o processo fusão.

O diagrama de elementos traços das amostras do Granito Monte Alegre, normalizados ao manto primitivo de McDonough e Sun (1995), apresentam anomalias negativas de Nb, Ta, Sr, P e Ti. As anomalias negativas de Nb e Ta são comuns em rochas graníticas e uma baixa razão desses elementos indica fracionamento de anfíbólio. As anomalias de Sr, P e

Ti podem estar ligadas a segregação de feldspato, apatita e óxidos de ferro respectivamente (FOLEY *ET AL.* 2002).

Os elementos terras-raras nas amostras do Granito Monte Alegre, normalizados ao manto primitivo de McDonough e Sun (1995), de maneira similar as amostras do Granito Fartura do Piauí apresentam enriquecimento em enriquecimento em terras-raras leves e o empobrecimento em terras-raras pesados. Também mostra uma anomalia de Eu incipiente se comparadas com as amostras do Granito Fartura do Pauí, indicando uma menor participação do feldspato no fracionamento magmático.

## 3.2 - PROVÍNCIA PARNAÍBA

Os sedimentos paleozoicos da Província Parnaíba encontram-se depositados no extremo noroeste da Folha São Raimundo Nonato, e são representados pelos Grupos Serra Grande e Canindé (Figura 3.13).

### 3.2.1 - Grupo Serra Grande (Ssg).

Integrante da Bacia do Parnaíba, o Grupo Serra Grande foi originalmente definido por Small (1913) como série, e elevado a grupo por Carozzi *et al.* (1975), que o subdividiu em quatro unidades estratigráficas.

Segundo Góes e Feijó (1994), os sedimentos do Grupo Serra Grande se depositaram na Bacia do Parnaíba durante o Siluriano, e correspondem a um ciclo transgressivo-regressivo completo. O ambiente desta sequência foi interpretado como flúvio-glacial e glacial, passando a transicional (nerítico) e finalmente retornando a continental (fluvial entrelaçado).

Caputo e Lima (1984) redefiniram este grupo, dividindo-o em três formações, da base para o topo: Ipu, Tinguá e Jaicós; sendo que apenas a Formação Ipu se faz presente no domínio da Folha São Raimundo Nonato.

#### 3.2.1.1 - Formação Ipu (Ssgi).

A Formação Ipu foi primeiramente descrita por Campbell 1949 como arenitos com seixos, conglomerados com matriz areno-argilosa e matações de quartzo ou quartzito, e arenitos de granulação fina a grossa. Caputo (1984) atribuiu a deposição das rochas desta unidade a uma grande variedade de ambientes, de glacial proximal e glacio-fluvial a leques ou frentes deltaicas.

Na Folha São Raimundo Nonato, a Formação Ipu se encontra no extremo noroeste da área (Figura 3.13), representada por quartzarenitos de granulação fina a grossa (Figura 3.14A) intercalados com níveis de arenitos conglomeráticos (Figura 3.14B) de até 30 cm de espessura.

Dentre as estruturas sedimentares, têm-se estratos cruzados tabulares de médio porte (Figura

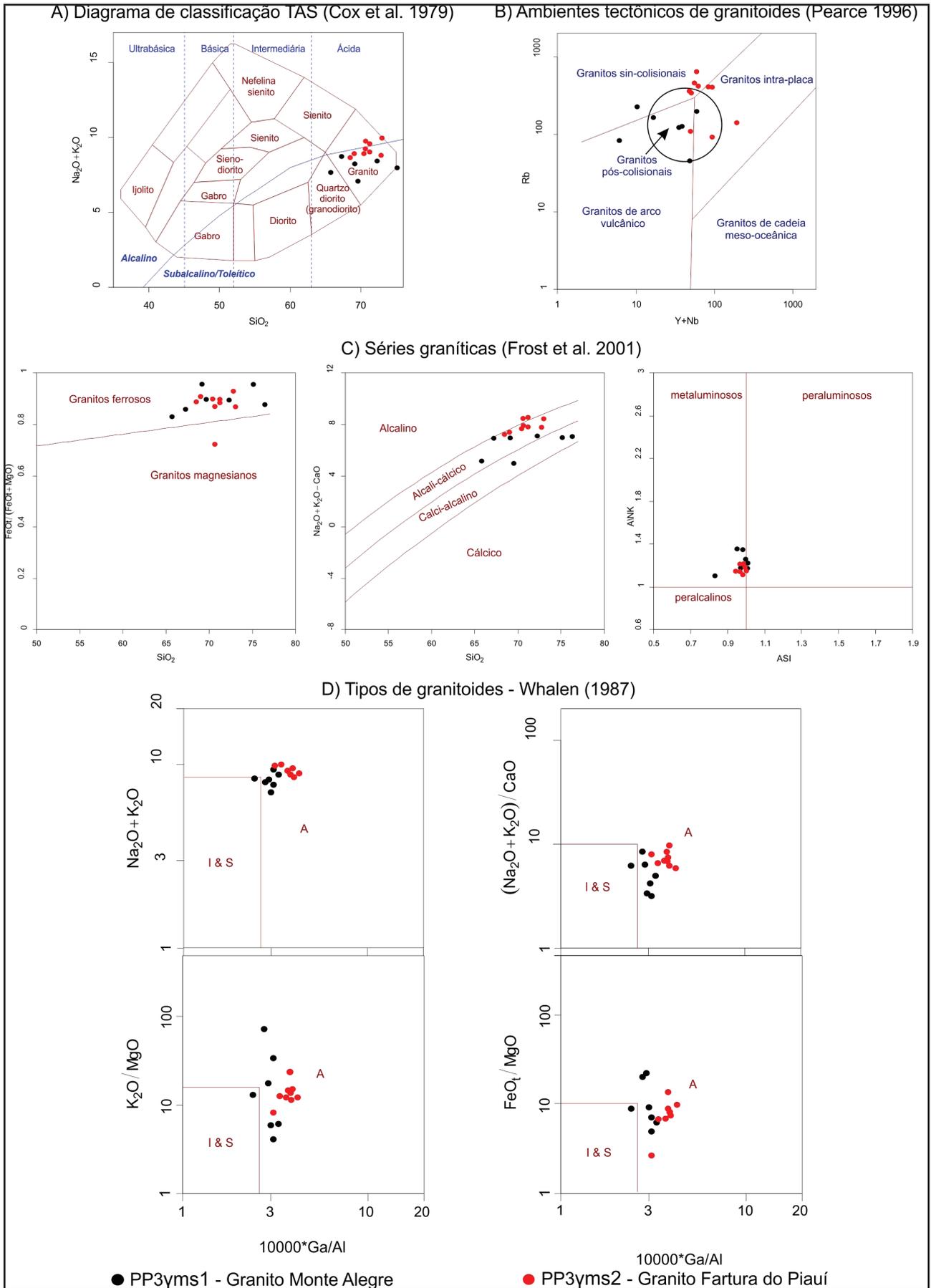


Figura 3.11 – A) Diagrama de classificação geoquímica TAS (COX ET AL. 1979); B) Diagrama de ambientes tectônicos para granitos (PEARCE 1996); C) Diagramas de séries graníticas (FROST ET AL. 2001); D) Diagramas de classificação do tipo de granitoides (WHALEN 1987).

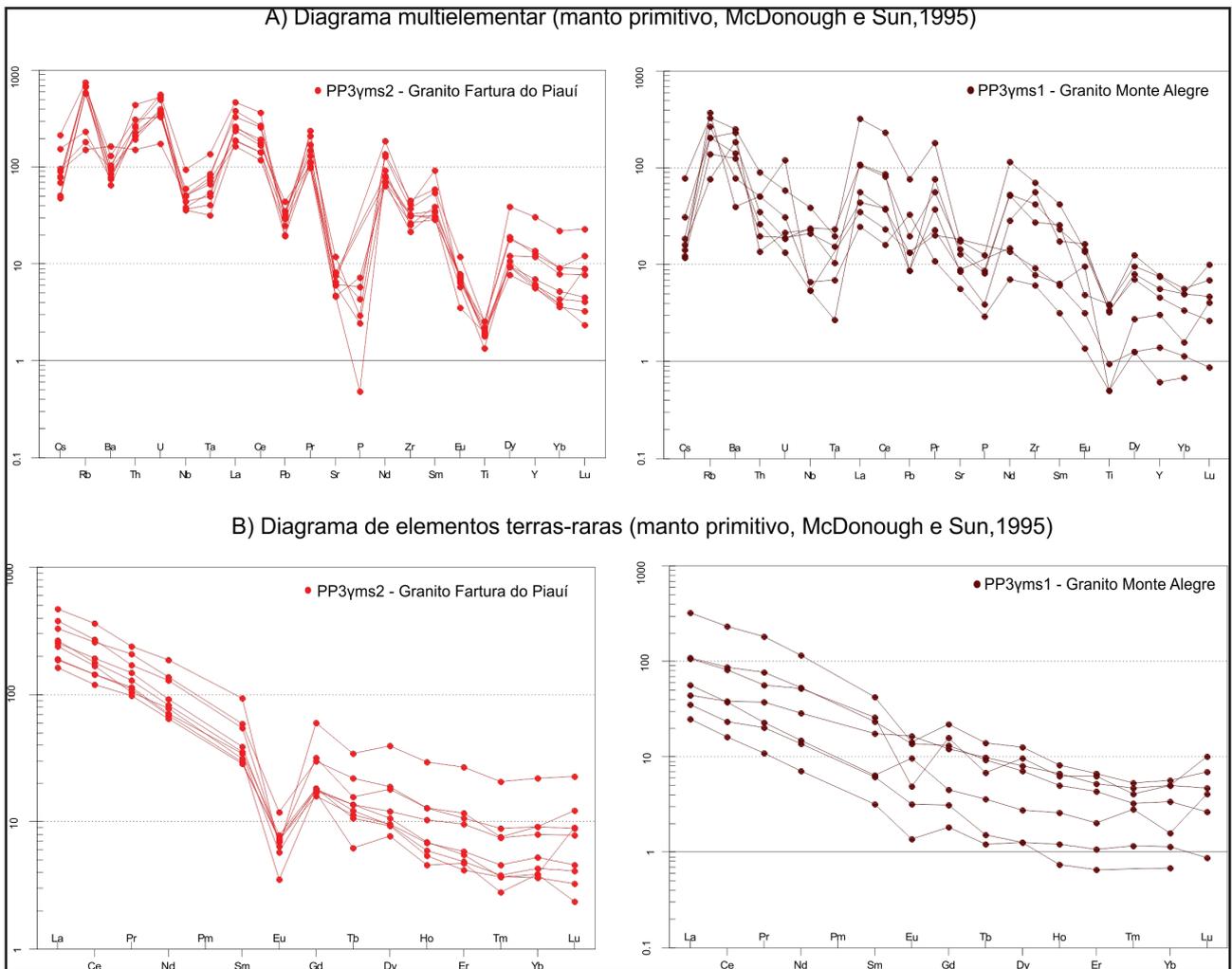


Figura 3.12 – A) Diagramas multielementares de elementos traços normalizados ao manto primitivo de McDonough e Sun (1995); B) Diagramas de elementos terras-raras normalizados ao manto primitivo de McDonough e Sun (1995).

3.14A) com paleocorrentes indicativas de fluxo para Az 335°. O acamamento (S0) exibe, em média, atitude 230/03, podendo variar em mergulho até 8°, o que o caracteriza como subhorizontal.

### 3.2.2 - Grupo Canindé (D1C1ca)

Rodrigues (1967) e Carozzi *et al.* (1975) foram os primeiros a caracterizar esta unidade, na qual foram agrupadas as formações Pimenteira, Cabeças e Longá. A inclusão da Formação Itaim apenas foi proposta em 1984, por Caputo e Lima.

Góes e Feijó (1994) redefiniram o Grupo Canindé, dividindo-o em cinco formações: Itaim, Pimenteira, Cabeças, Longá e Poti, que representariam uma sequência deposicional devoniana. Para estes autores, a retomada da sedimentação neste período pode ser consequência de um processo de subsidência e expansão da bacia gerado pela carga sedimentar pré-existente, a partir do qual foi instalado um novo ciclo transgressivo-regressivo.

Os ambientes de sedimentação das unidades do Grupo Canindé foram definidos também por Góes e Feijó (1994), da seguinte maneira: deltáicos e

plataformais dominados por correntes induzidas por processos de marés e tempestades (Formação Itaim); nerítico de plataforma dominado por tempestades (Formação Pimenteira); nerítico plataformais sob ação de correntes induzidas por processos de marés ou por correntes oceânicas e eventual influência periglacial (Formação Cabeças); nerítico plataformais dominado por tempestades (Formação Longá); e deltaico e de planícies de maré sob influência ocasional de tempestades (Formação Poti).

Na Folha São Raimundo Nonato, o único representante do Grupo Canindé é a Formação Pimenteira, localizada na porção noroeste da área (Figura 3.13) e descrita a seguir.

#### 3.2.2.1 - Formação Pimenteira (D2p).

A Formação Pimenteira foi primeiramente descrita por Small (1914), que nela incluiu espessas camadas de folhelho cinza-escuro a preto, interpretados por Della Fávera (1990) como registros de um ambiente nerítico de plataforma dominada por tempestades que depositaram delgadas camadas de arenito muito fino. Small (1914) posicionou os estratos desta formação abaixo do Grupo Serra

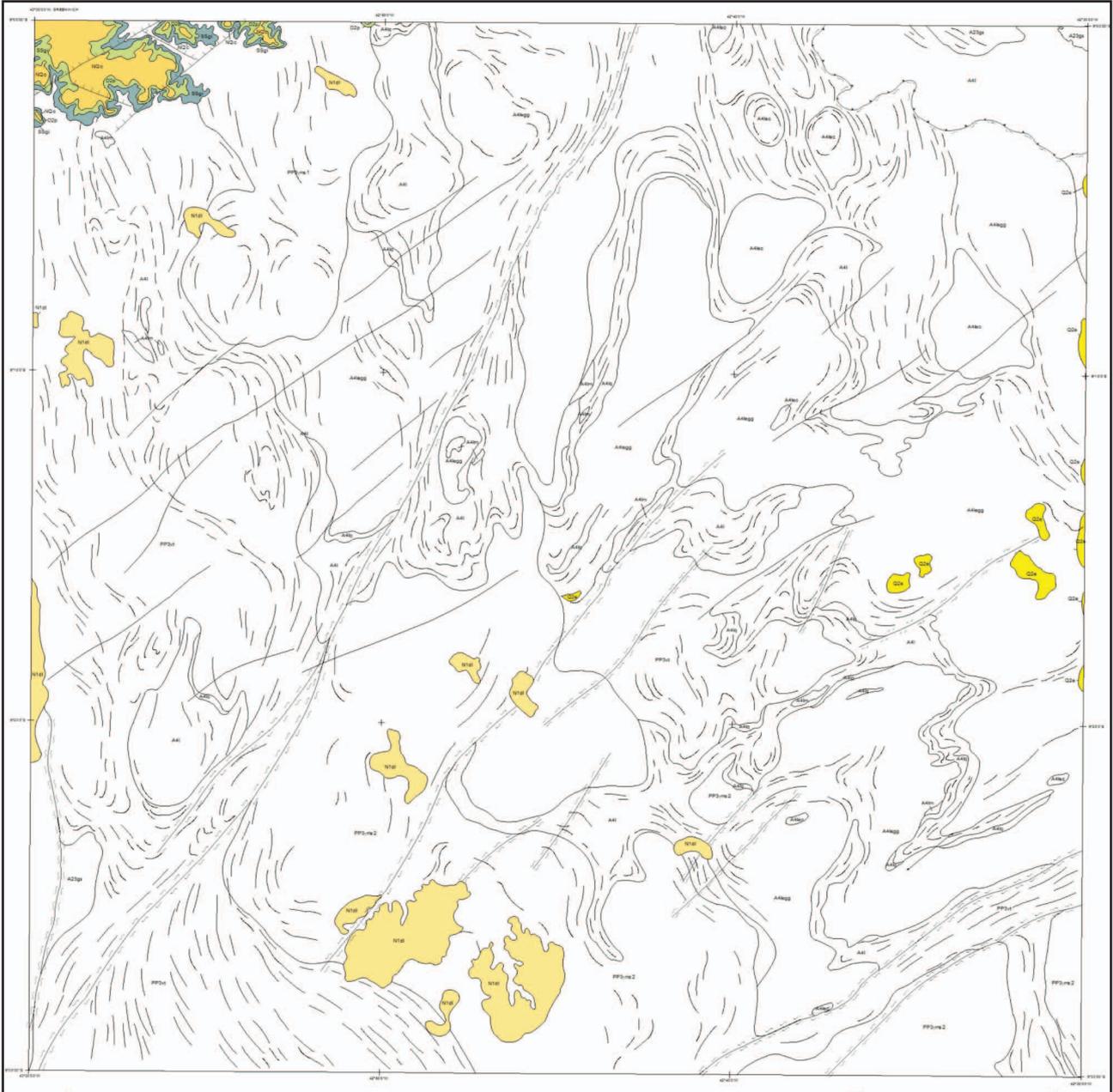


Figura 3.13 – Mapa geológico simplificado da Folha São Raimundo Nonato, indicando a localização dos sedimentos paleozóicos da Província Parnaíba e coberturas cenozoicas (Formação Ipu em cinza; Formação Pimenteira em verde; coberturas cenozoicas detrito-lateríticas em creme; coberturas eólicas em amarelo vivo; e depósitos colúvio-aluviais em amarelo sóbrio, junto aos sedimentos paleozóicos).

Grande, assim como Plummer (1946), que também subdividiu a unidade nos membros Oitis e Picos. Kegel (1953) reposicionou a Formação Pimenteira, colocando-a acima do Grupo Serra Grande, e a dividiu nos membros Itaim (seção inferior) e Picos (seção superior).

Esta unidade foi ainda descrita por Vaz *et al.* (2007) como folhelhos cinza-escuros a pretos, esverdeados e ricos em matéria orgânica, com intercalações de siltitos e arenitos; e interpretada por Caputo e Lima (1984) como um registro de grande transgressão devoniana, com oscilações do nível do mar, sendo o máximo da transgressão registrado por camadas de folhelhos laminados do Neodevoniano.

A Formação Pimenteira, na Folha São Raimundo Nonato, é composta por camadas centimétricas de arenitos muito finos de coloração amarelada alternados com siltitos arroxeados, e argilitos de cor esbranquiçada a bege.

### 3.3 - COBERTURAS CENOZOICAS

#### 3.3.1 - Coberturas Detrito-Lateríticas (N1dl)

No embasamento pré-cambriano é comum a presença de cobertura amarelada areno-argilosa com horizontes de canga ferruginosa portando seixos de quartzo angulosos e concreções de óxido

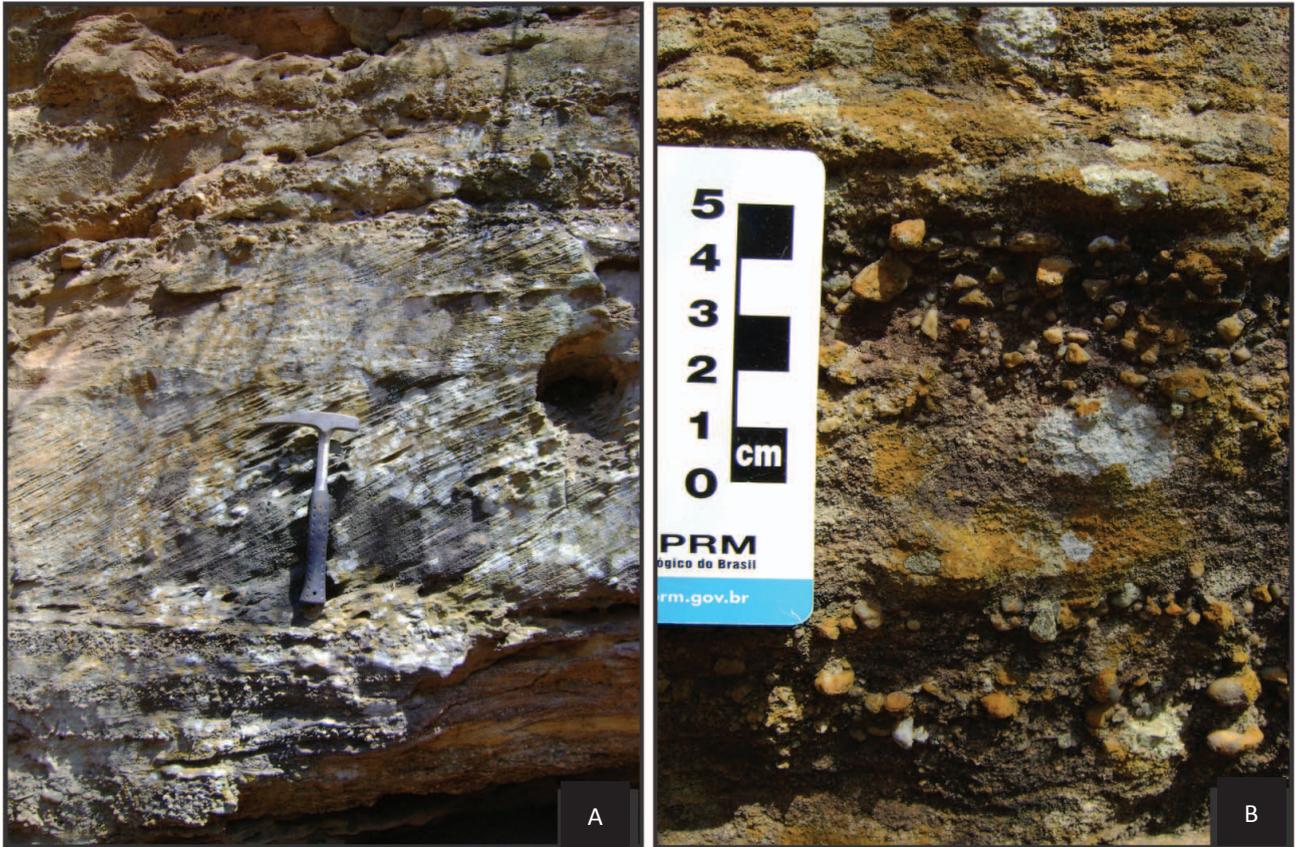


Figura 3.14 – A) Arenitos grosseiros intercalados com arenitos conglomeráticos; B) Detalhe dos níveis conglomeráticos.

de ferro e, menos comumente, de manganês (reação positiva ao peróxido de hidrogênio). Encontram-se associadas aos sedimentos da Província Parnaíba (setor noroeste da área, ver Figura 3.13).

### 3.3.2 - Depósitos Colúvio-Eluviais (NQc)

Estão presentes na forma de depósitos de tálus, acumulados nas quebras bruscas de relevo, como blocos e matações de arenitos e siltitos associados a uma matriz areno-argilosa amarelada. Encontram-

se distribuídos por todo o setor oeste da Folha São Raimundo Nonato (Figura 3.13), especialmente no domínio dos Granitos Paleoproterozoicos.

### 3.3.3 - Depósitos eólicos de fácies lençóis de areia

Trata-se de sedimentos inconsolidados, bem selecionados, de coloração branca a cinza, granulação fina a média, e grãos arredondados a subarredondados; e estão restritos à porção centro-leste da área de estudo (Figura 3.13).



## 4 – GEOLOGIA ESTRUTURAL

A folha mapeada apresenta uma gama de estruturas relacionadas a terrenos de alto grau (predominantes em toda a folha) e zonas de cisalhamento; tectônica tangencial de pacotes Paleoproterozoicos (Complexo Vítor) e Arqueanos (Complexos Sobradinho-Remanso, Lagoa da Ema e Lagoa do Alegre); e sistema falhas e fraturas associadas ao desenvolvimento da bacia do Parnaíba e evolução do embasamento em regime rúptil.

A porção mapeada correspondente à província São Francisco, e apresenta marcante tendência a estruturas com direção NE-SW, mergulhos comumente elevados e caimentos de baixo ângulo. Até mesmo rochas ácidas migmatizadas demonstram, por vezes, uma superimposição desse *trend*. Foliações divergentes do *trend* NNE-SSW compõem diferentes porções de dobras regionais, também com planos axiais NNE-SSW.

### 4.1 - EMBASAMENTO GNAISSICO-MIGMATÍTICO

O embasamento gnáissico-migmatítico, representado pelos complexos Sobradinho-Remanso, Vitor e Lagoa da Ema, apresenta envelope estrutural marcado por bandamentos gnáissicos paralelos às foliações, cujos traços possuem preferencialmente direções segundo NNE-SSW mergulhando para ESE e, mais frequentemente, WNW. Representa a última fase deformacional da área.

Os principais elementos descritos são dobras fechadas a isoclinais, com planos axiais de mergulhos subverticais a subhorizontais.

Várias zonas de cisalhamento atravessam a folha com direções NNE-SSW compondo um sistema de cisalhamento principalmente dextral, materializado por foliação milonítica, transposição de foliações, bandas de deformação e dobras de arrasto. Zonas de cisalhamento sinistrais também foram mapeadas, sendo que a principal delas passa pelo município de Várzea Branca.

A principal zona de cisalhamento compõe, na porção sudoeste, elevações com variação de cota de 150 metros, tais como a Serra da Boa Vista e a Serra das Traíras, e se estende além do vértice da folha em direção a Campo Alegre de Lourdes.

Esta zona de cisalhamento se estende, na porção noroeste, em direção à cidade de São Raimundo Nonato. Aproximadamente três quilômetros após a localidade de Pau-Ferro, existe uma elevação na qual afloram mica xistos e quartzitos densamente cortados por veios de quartzo e deformados dextralmente, conforme verificado em estruturas tipo S-C. A poucos metros de distância, no leito da estrada (BR-020), encontram-se brechas de quartzo-biotita xistos bastante alterados e, por vezes, dobrados isoclinalmente.

Foram registradas foliações pretéritas com *strike* ENE-WSW a E-W nas áreas mais distantes das zonas de cisalhamento, transpostas por bandas de deformação dextrais com direção modal da área (Figura 4.1).

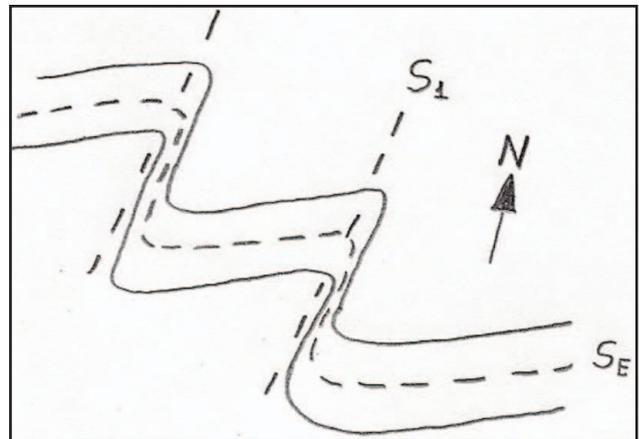


Figura 4.1 – Vista em planta do bandamento gnáissico (Se) do embasamento, transposto por última foliação NNE-SSW (S1).

Na porção sudeste da folha, onde se concentram as maiores ocorrências de formações ferríferas, há uma tendência de direção do *strike* da foliação mais para ENE-WSW com registro em vários afloramentos de dobramento de plano axial. Na região da Serra das Telhas, encontram-se no embasamento dobras apertadas a isoclinais de planos axiais variando de 180/70 a 150/40. A Figura 4.2, abaixo, apresenta um corte em perfil do embasamento dobrado, com lapiseira paralela à linha de charneira das dobras.



Figura 4.2 – Perfil do embasamento gnáissico-migmatítico dobrado e linha de charneira de atitude 115/18 (bússola aponta para o norte).

A Serra das Telhas, que possui direção perpendicular às elevações próximas, provavelmente representa a porção da zona de charneira de uma dobra de mesmo padrão da figura anterior e prolongamento dos flancos interpretado por anomalias magnéticas.

Próximo à Serra do Minador, o embasamento apresenta dobras associadas a bandas miloníticas com direção E-W transpondo foliação pretérita. Esta última é paralela ao bandamento gnáissico com direção NNE-SSE, e está presente em quase toda a extensão da folha. A cinemática do cisalhamento não foi conclusiva, uma vez que foram encontrados tanto indicadores dextrais quanto sinistrais.

#### 4.2 - COMPLEXO LAGOA DO ALEGRE

Na localidade denominada Barreiro dos Duca, pôde-se verificar em xistos/filitos estruturas S-C revelando movimento cavalgante sobre o embasamento arqueano com atitude 287/22 e transporte tectônico de oeste para leste, que pode ser verificado próximo ao município de São Braz do Piauí, em corte de estrada que conduz a Caracol.

Neste local, rochas do embasamento foram envolvidas nesse transporte por apresentarem dobras com vergência para leste e registrarem duas crenulações subparalelas cuja lineações têm atitudes 175/009 (pretérita) e 177/015 (superimposta).

Em uma lente de mármore calcítico, mais a sul, observa-se foliação 235/22 e fraturas preenchidas por fibras de asbesto (*tension gashes*). Estas fibras possuem direção N60W indicando tensão compressiva com direção N30E.

Entre a região de Queimadas e Formosa há o Morro do Pão de Açúcar. Compõe-se de muscovita quartzitos com  $S_0//S_n=300/32$ , com foliação de crenulação subvertical e lineação de interseção 12°/12°. A geomorfologia do morro é um *hogback* com escarpa do lado leste e rampa no lado oeste, reforçando a idéia de vergência para leste.

#### 4.3 - BACIA DO PARNAÍBA

No extremo noroeste da folha, onde afloram os metassedimentos da bacia do Parnaíba, constatou-se uma série de falhas normais conjugadas no embasamento, solidárias também às rochas sedimentares da Bacia. Estas falhas estão provavelmente associadas a movimentos de *horts* e *grabens* na borda bacia. Veja na Figura 4.3A uma falha normal com mergulho para azimuth 310° e, na Figura 4.3B, a deformação nas rochas graníticas do embasamento com a morfologia imposta por zonas de cisalhamentos.

As reentrâncias da borda da bacia, vistas de fotografias aéreas e imagens de satélite, foram interpretadas como falhas normais. Tal interpretação foi confirmada pelos afloramentos, que revelam um sistema de falhas conjugadas ENE-WSW e NE-SW e mergulhos entre 45° a 60°.

#### 4.4 - ANÁLISE LITO-ESTRUTURAL E DEFORMACIONAL DE AFLORAMENTOS NA FOLHA SÃO RAIMUNDO NONATO

Santos (2009), em seu relatório de consultoria durante o projeto São Raimundo Nonato, fez uma síntese das descrições de alguns afloramentos, visando um estudo litoestrutural das unidades constituintes desta folha. A seguir encontram-se resumidas algumas descrições do referido autor:

1) Ao descrever um afloramento localizado em corte da rodovia, próximo a São Braz, visando relacionar os mesmos ao embasamento do Complexo Vitor (PP3vt), observou-se a presença de biotita gnaisse com bandas claras quartzo-feldspáticas, granulação média a grossa, e bandas biotíticas, com lentes centimétricas concordantes de quartzo e de pegmatito. As estruturas mais proeminentes são dobras com padrão M, com superfície axial mergulhando aproximadamente 40° para W, e duas crenulações formando ângulo de cerca de 15° entre elas, caracterizando redobramento coaxial,

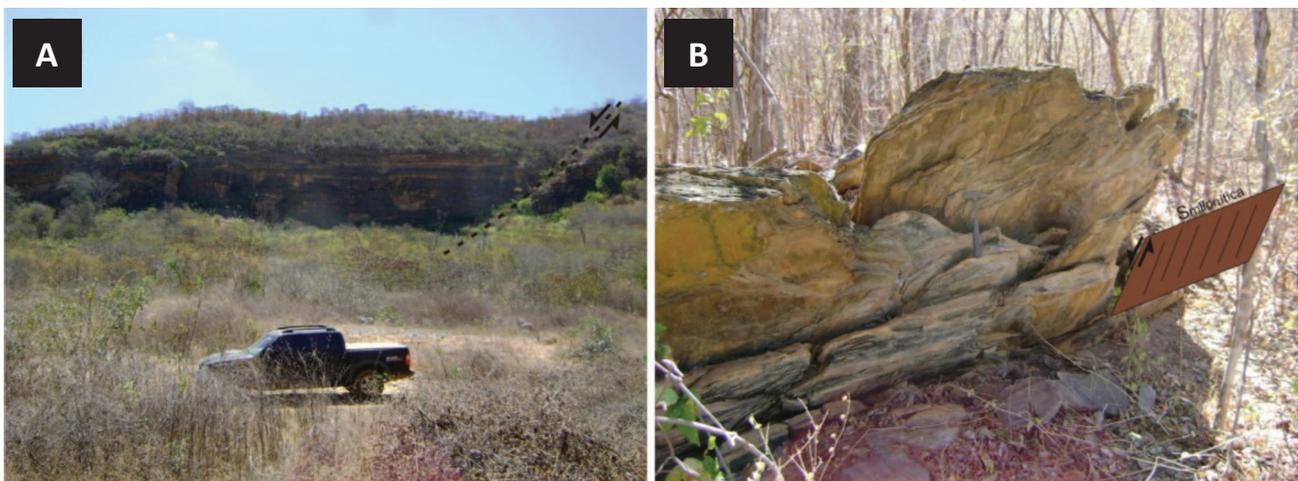


Figura 4.3 – A) Arenitos da Formação Serra Grande interceptados por falha normal (visada para 50° de azimuth); B) Embasamento milonitizado, a poucas dezenas de metros dos arenitos da Bacia do Parnaíba (visada para 30° de azimuth).

corroborado pela presença de estruturas lineares tipo lápis ( $S_n, S_{n+1}, S_{n+2}$ ). Os eixos das dobras têm caimentos em torno de  $10^\circ$  para N175 (Figuras 4.4A, B, C e D).

Superfícies de falhas com direções em torno de E-W e mergulhos moderados a altos para N (N95/70NW, N100/80NE, N90/70N, N85/65NW) mostram estrias e ressaltos indicativos de tectônica extensional (falhas normais), certamente relacionada à Bacia do Parnaíba.

Para o mesmo autor, as evidências de campo não permitiram assegurar a natureza paraderivada ou ortoderivada do gnaiss e nem se as deformações são dúcteis. Porém, sabe-se que essas deformações estão relacionadas ao Evento Brasileiro, a eventos anteriores, ou a ambos. A unidade litoestratigráfica a que pertence o afloramento foi definida a partir da comparação com afloramentos dos arredores, inclusive no exterior da área mapeada. Vale ressaltar que a estrutura bandada pode ser, pelo menos em parte, resultante de *sheets* de granitoides em biotita xisto (Figura 4.5);

2) Objetivando a análise lito-estrutural do embasamento Arqueano/Paleo-proterozoico (Complexos Lagoa da Ema e Vitor, respectivamente),

foi descrito um afloramento em forma de lajedo (Figura 4.6A) com azimute 160, em área de relevo plano composta por migmatitos em avançado estágio de fusão. Exibe relíquias do bandamento original dobrado ou muito difuso (Figura 4.6B), marcado por filmes de biotita contornando o leucossoma granítico. Apenas localmente observam-se restos de biotita gnaiss relativamente preservados (mesossoma) (Figuras 4.6C e D).

As estruturas dúcteis mais proeminentes são bandas de cisalhamento transcorrentes subverticais com espessuras centimétricas, dominante com movimentação dextral e na direção N30E (Figura 4.7A), com variações nas direções N10E e N60E. Localmente estas zonas mostram-se conjugadas com cisalhamento transcorrente sinistral N90E (Figura 4.7B). As estruturas rúpteis dominantes são sistemas de fraturas nas direções N50E a N60E/65SE (dominantes) e N40W/80NE, estas preenchidas por veios milimétricos de quartzo (Figura 4.8);

3) Visando a correlação com o Complexo Lagoa do Alegre, foram analisados afloramentos ao longo da margem do Rio Piauí por dezenas de metros, em trecho orientado N50E. Correspondem a um biotita gnaiss, sobre os quais se desenvolveu



Figuras 4.4 A e B – Detalhes do gnaiss, mostrando dobras com vergência para E e eixo com caimento fraco para S.



Figuras 4.4 C e D – Outros detalhes das estruturas, mostrando duas crenulações indicativas de redobramento coaxial, e sheet de leucogranito envolvido no dobramento.

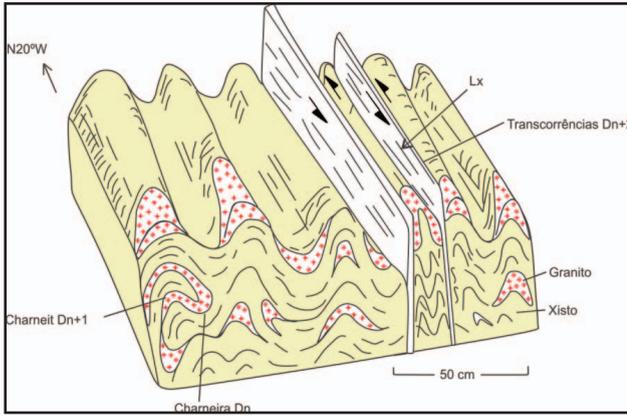


Figura 4.5 – Bloco-diagrama baseado em afloramento localizado no povoado Baixa da Ema, Piauí (Santos, R. A., Relatório de Viagem, jan. 1994; Projeto Campo Alegre de Lourdes, 1997), mostrando mica-quartzo xisto redobrado em padrão coaxial, conjuntamente com granitoides, transpostos localmente por zonas de cisalhamento transcorrentes.

uma crenulação cujo eixo tem caimento de 10° para S, e uma clivagem com mergulho moderado para W, plano axial de dobras abertas. Uma lineação de interseção (Sn, Sn+1) é penetrativa em todo o afloramento e tem caimento em torno de 10° para

N35W (Figuras 4.9, 4.10 e 4.11). As estruturas são indicativas de dobras recumbentes com eixo NE-SW, com redobramentos transversais com eixos N-S;

4) Objetivando a análise estrutural de ocorrência isolada de metassedimentos, foi analisado estruturalmente um morro isolado de muscovita quartzito muito homogêneo, destacando-se em uma região plana característica dos gnaisses pertencentes aos Complexos Lagoa da Ema e Vitor. O morro visto de sul para norte mostra assimetria de relevo (*hogback*), sugestiva de mergulho das camadas/foliação para oeste (Figura 4.12). A atitude da foliação medida é N10W/25SW, e sistema de fraturas paralelas, certamente extensionais, orientam-se E-W/80S (Figura 4.13).

Estes dados estruturais, apesar de pouco conclusivos, indicam atuação de evento compressional no sentido E, com o quartzito representando provavelmente lentes de metassedimentos do Complexo Lagoa do Alegre.

5) Visando à análise estrutural de zonas de cisalhamento transcorrentes em rochas do embasamento (Complexos Lagoa do Alegre e Vitor), foram descritos lajedos de biotita gnaisses bandados, miloníticos, na margem sudeste da lagoa de Várzea Branca, (Figura 4.14), envolvidos em zonas de cisalhamento transcorrentes subverticalizadas.

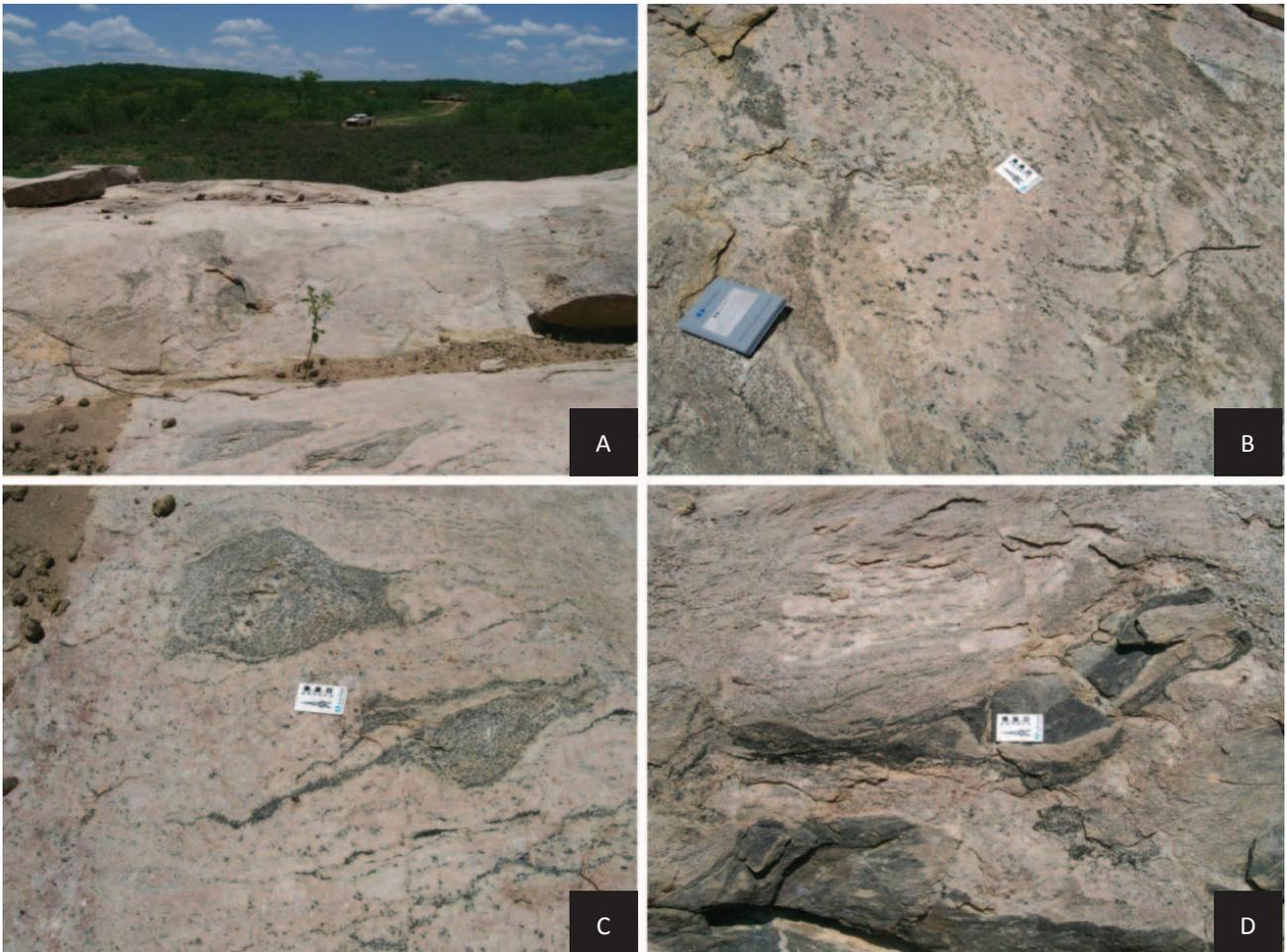


Figura 4.6 – A) Panorâmica do afloramento de migmatito; B) Detalhe de estrutura dobrada reliquiar, apesar da fusão avançada; C) e D) Outros detalhes do migmatito, com relíquias muito localizadas de mesossoma/ paleossoma de biotita gnaiss, porém sempre com predominância de leucossoma granítico.



Figuras 4.7 – A) Bandas de cisalhamentos transcorrentes dextrais NNE/SSW no migmatito do  $\sigma_1$ , e B) Bandas de cisalhamento conjugadas N30E (dextral) e E-W (sinistral).



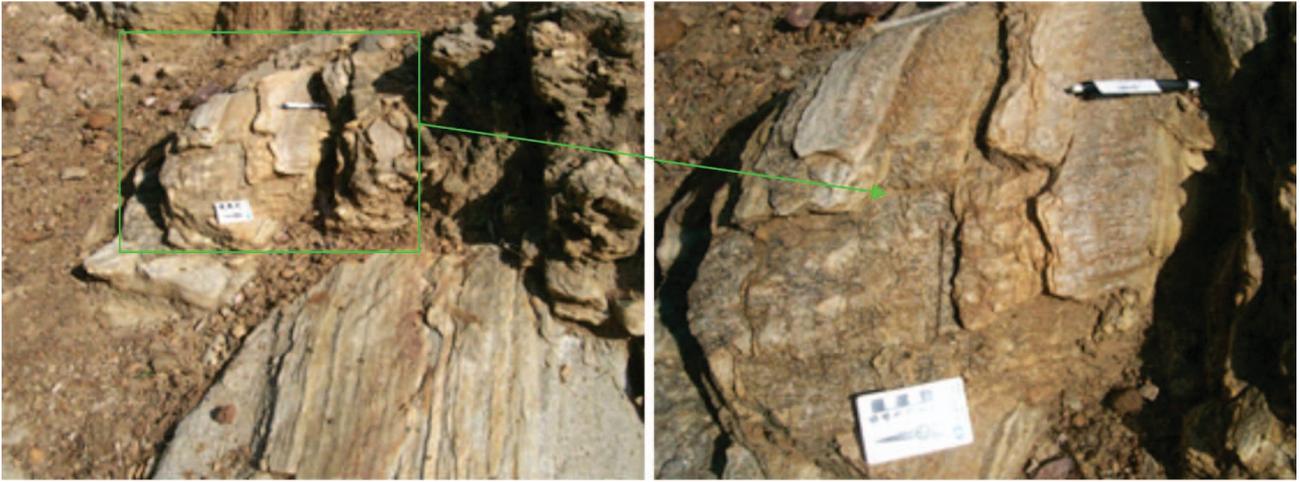
Figura 4.8 – Sistema de fraturas (ou falhas) N40W/80NE no migmatito, transversais às zonas de cisalhamento dúcteis dextrais NNE-SSW (setas).



Figura 4.9 – Aspecto de afloramento de biotita gnaïsse/ biotita quartzo xisto na margem do rio Piauí, mostrando lineação de interseção (S0/S1), certamente associada a dobras isoclinais recumbentes, e dobras abertas transversais (à esquerda).

Na exposição mais a sul, o biotita gnaïsse possui bandas pegmatíticas também estiradas, e a foliação milonítica tem atitude N10E/80NW, sobre a qual estão impressas duas lineações: uma de estiramento, com caimento de 30° para S15W, e uma de interseção de superfícies S e C, com caimento de 47° para norte (Figura 4.15). Superfícies conjugadas S/C e dobras sin-cisalhamento indicam, localmente, movimentação dextral. *Boudin* de foliação com veios extensionais decimétricos ortogonais E-W evidenciam compressão nesta direção.

No segundo lajedo, cerca de 50 metros a NE do anterior, o mesmo gnaïsse mostra zona de cisalhamento N25E com mesma cinemática dextral, embora localmente ocorram evidências de migmatito com dobramentos e redobramentos desarmônicos ainda preservados, com eixos de caimentos médios para norte (zona com transposição incompleta). Veios de quartzo extensionais escalonados orientados N65E/75SE indicam rotação contrária (sinistral) (Figura 4.16).



Figuras 4.10 e 4.11 – Estruturas lineares no gnaiss, mostrando lineação de interseção  $S_0/S_1$  e crenulação quase ortogonais (caneta).



Figuras 4.12 e 4.13 – Panorâmica do Morro Pão de Açúcar, visto de S para N, e detalhe de muscovita quartzito com sistema de fraturas E-W, praticamente ortogonais à foliação ( $S_0/S_1$ ).



Figura 4.14 – Imagem de satélite da parte sul da lagoa de Várzea Branca, com localização dos lajedos descritos no item 5 (Fonte: Google Earth).



Figura 4.15 – Detalhe em corte do ortognaisse milonítico localizado no extremo sul da lagoa da Várzea Branca (Lajedo 1), mostrando lineação de interseção de superfícies S e C (traço verde), ortogonal a uma lineação de estiramento (marcada pela escala).

No Lajedo 3, situado mais à NE, tanto as foliações conjugadas S/C quanto veios de quartzo escalonados (*tension gashes*), preenchendo zonas transtracionais, indicam movimentação transcorrente sinistral de direção N-S (Figuras 4.17A e B), embora localmente bandas de cisalhamento subordinadas tenham direção N50E e movimentação dextral.

6) Para análise litoestrutural de metassedimentos carbonáticos, pertencentes ao Complexo Lagoa do Alegre, foram analisados pequenos afloramentos, orientados na direção N15W, de mármore branco com foliação N15W/35NE. Fraturas verticais de direção N85E e com 1cm de espessura estão preenchidas por veios de asbesto (Figuras 4.18 A e B). As fibras têm direção N60W, indicando a direção da abertura oblíqua da fratura;

7) Visando a análise das deformações em gnaisses do embasamento (Complexos Lagoa do Alegre e Vítor), foram observados vários lajedos de biotita ortognaisse de cor cinza, com bandamento milonítico de transposição, evidenciado por dobras reliquiares isoclinais intrafoliais sem raiz. Este bandamento, subverticalizado e com direção N10E, é realçado por faixas porfiroclásticas mais ricas

em biotita, onde se observa melhor uma lineação de estiramento subhorizontal. A assimetria das dobras intrafoliais, com charneiras angulosas e eixos subparalelos à lineação de estiramento, indica movimentação transcorrente dextral (Figuras 4.19A e B);

8) Deformações do embasamento são observadas em biotita ortognaisse cinza com bandamento milonítico com atitude N25E/70SE, localmente dobrado, com veios de quartzo de espessuras milimétricas a centimétricas, subconcordantes, e veios pegmatíticos N35E, também com espessuras menores que 10 cm. As dobras intrafoliais mostram eixos subhorizontais sugerindo movimentação dextral (Figura 4.20);

9 – Ainda no âmbito do embasamento, analisou-se um afloramento de biotita-quartzo xisto, com relíquia de bandamento composicional e com dobramentos e redobramentos sem atitude e padrão regular. Observam-se, apenas localmente, dobras centimétricas com eixos subhorizontais na direção NNE, circundadas por zonas de cisalhamento que transpõem e descaracterizam estas dobras e formam superfície conjugadas S/C sinistrais, porém sem evidências muito seguras desta cinemática (Figura 4.21).

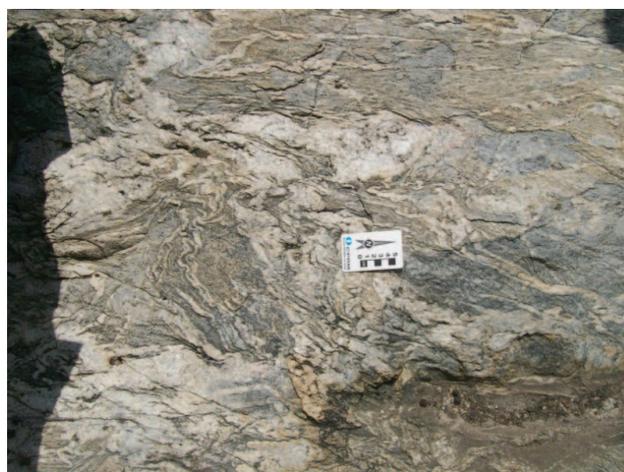
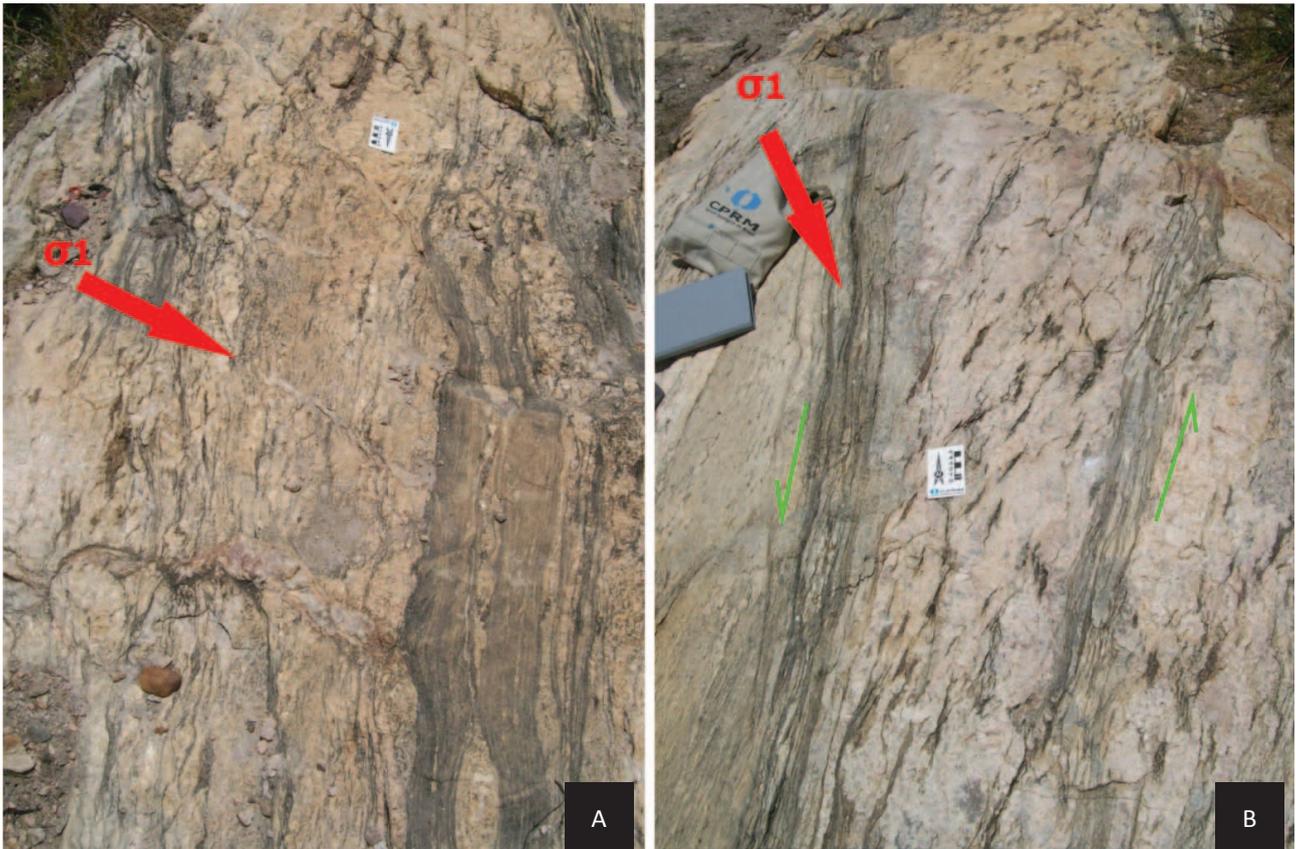
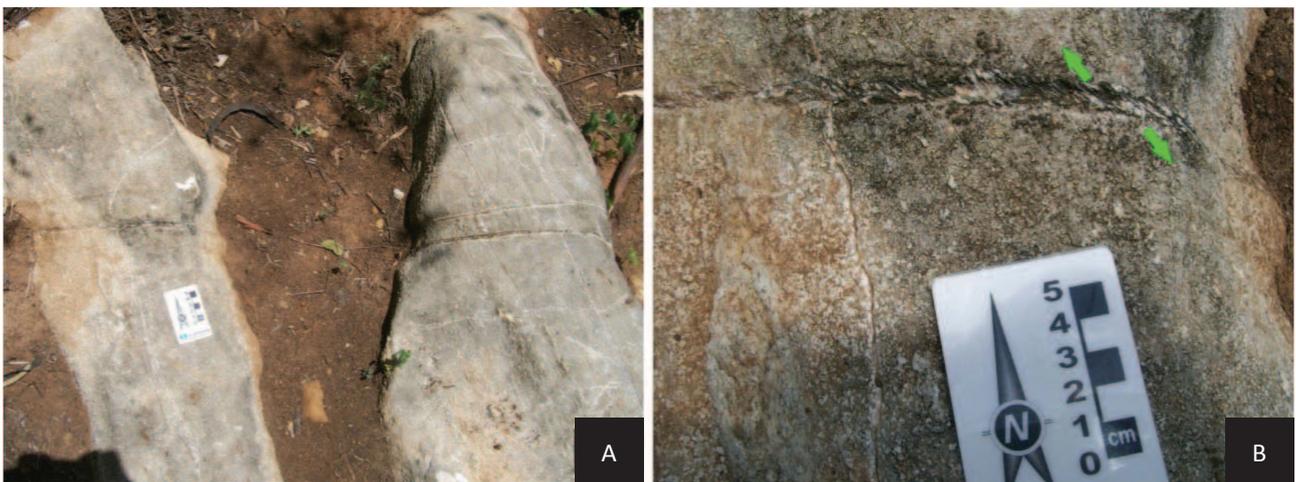


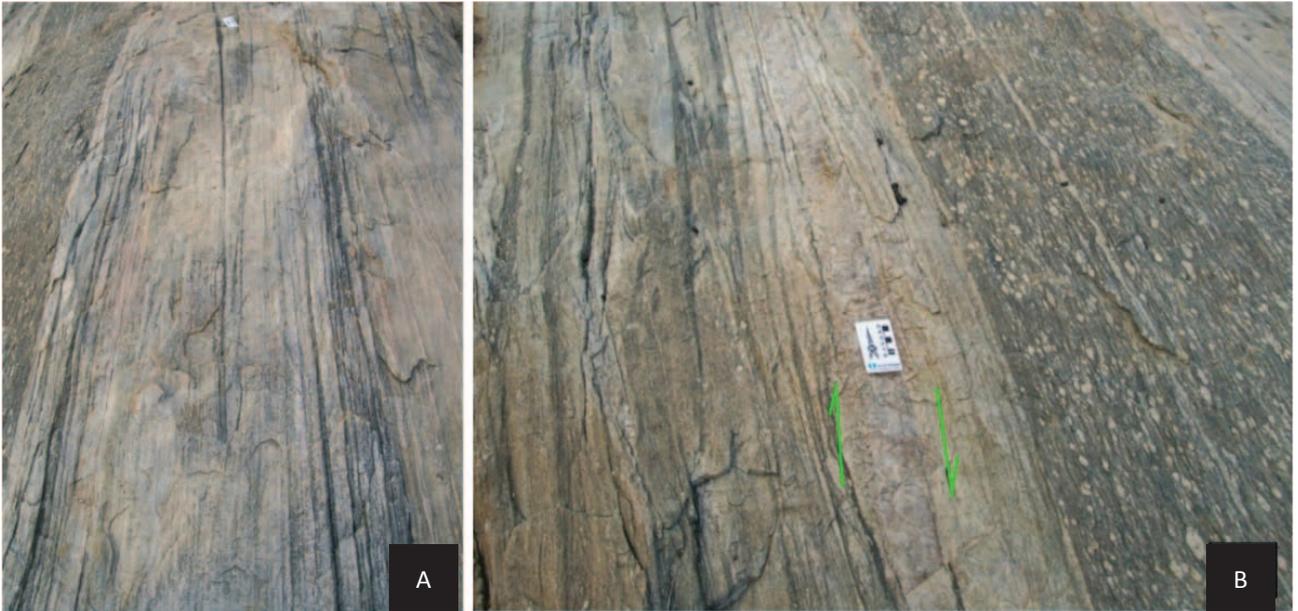
Figura 4.16 – Detalhe do Lajedo 2, na lagoa de Várzea Branca, mostrando estrutura migmatítica, com mobilizados e dobras desarmônicas, não transpostas totalmente pelo cisalhamento transcorrente, como nos lajedos 1 e 3.



Figuras 4.17.– A) e B) Detalhes do lajedo 3, mostrando indicadores cinemáticos de zona de cisalhamento transcorrente sinistral em granada-biotita gnaiss milonítico: veios extensionais escalonados (tension gashes de quartzo e superfícies S/C). Observar orientação da tensão máxima  $\sigma_1$  (vermelho).



Figuras 4.18 – A) e B) Afloramentos ao nível do terreno de mármore com veios de asbesto, com fibras orientadas obliquamente às paredes da fratura, indicando direção de abertura (setas).



Figuras 4.19 – A) e B) Detalhes de lajedo, composto por ortognaisse com bandamento milonítico sub-vertical, com relíquias de dobras isoclinais intrafoliais, cuja assimetria em Z e eixos paralelos a uma lineação de estiramento sub-horizontal indicam transcorrência dextral.

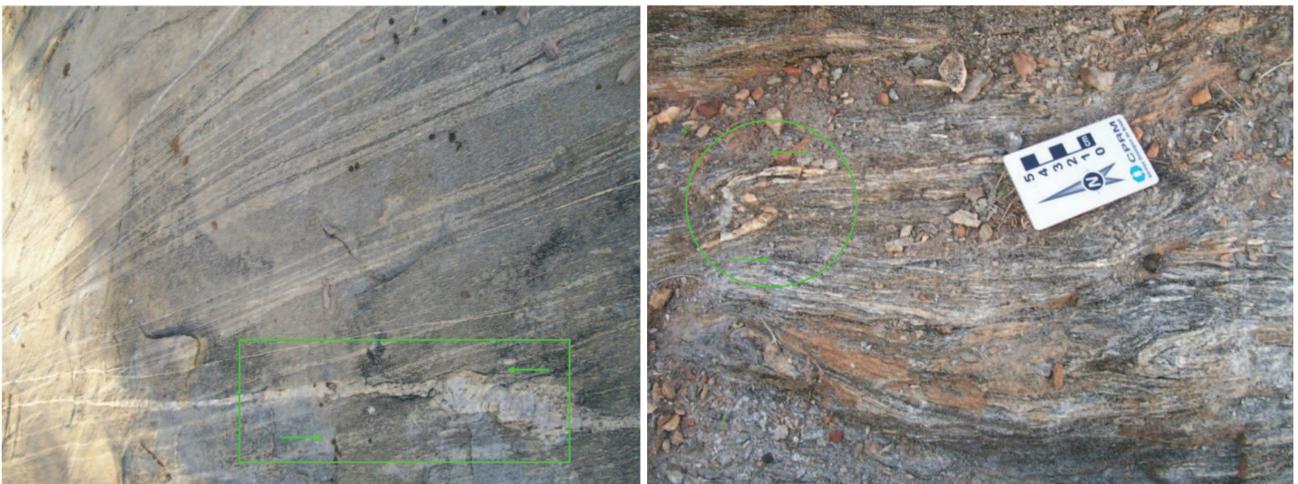


Figura 4.20 – Lajedo de ortognaisse com bandamento milonítico, com dobra sin-cisalhamento tipo Z (canto inferior esquerdo) e transtração em veio pegmatítico, indicativas de transcorrência sinistral.



Figura 4.21 – Detalhe do biotita-quartzo xisto em planta, envolvido em zona de cisalhamento provavelmente transcorrente sinistral, sugerida por dobras assimétricas descontínuas e superfícies S/C, destacadas pelo círculo.



## 5 – GEOFÍSICA

### 5.1 - INTRODUÇÃO

Este texto descreve as principais correlações geológicas dos dados aerogeofísicos da Folha São Raimundo Nonato. Para isso foram utilizadas várias imagens obtidas por processamento dos dados obtidos pela junção dos projetos aerogeofísicos Médio São Francisco (LASA S.A., 2009) e Campo Alegre de Lourdes/Mortugaba (LASA S.A., 2006): 1) campo magnético total; 2) campo magnético total reduzido ao pólo; 3)

primeira derivada vertical do campo magnético total; 4) componente residual do campo magnético total reduzido ao pólo; 5) campo magnético total continuado para cima; 6) canal do potássio; 7) canal do equivalente tório, e 8) canal do equivalente de urânio. Os resultados finais são apresentados superpostos nas imagens do campo magnético total (Figura 5.1), na fusão radiométrica ternária dos canais de potássio, equivalente tório (eTh) e equivalente urânio (eU) (Figura 5.2) e na primeira derivada vertical do campo magnético total (Figura 5.3).

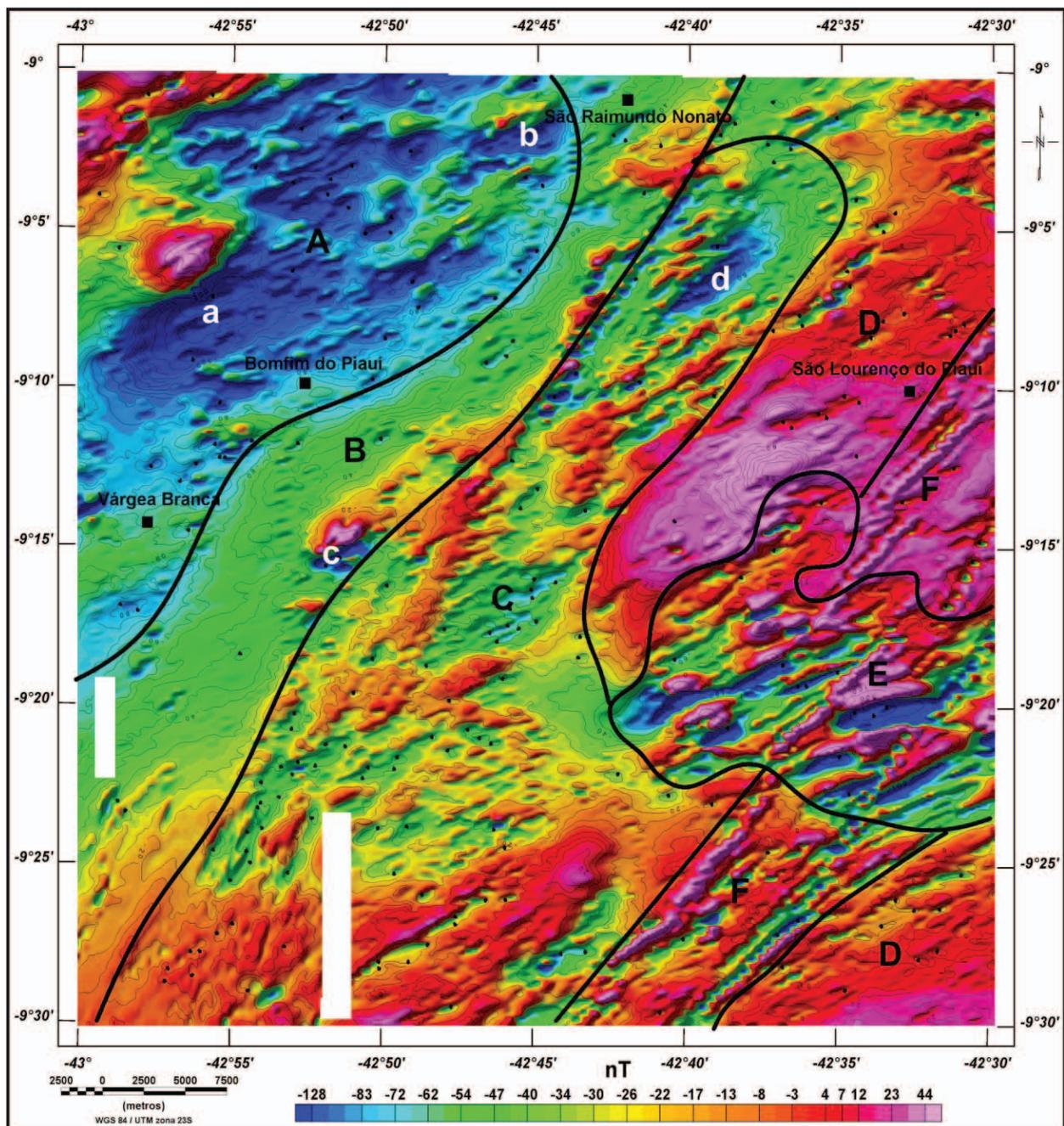


Figura 5.1 – Imagem do campo magnético total interpolado pelo método da mínima curvatura, em uma malha quadrada de 125 m, com sobreposição da interpretação dos domínios magnéticos. Imagem sombreada: Inclinação = 35°Az, declinação = 315°AZ.

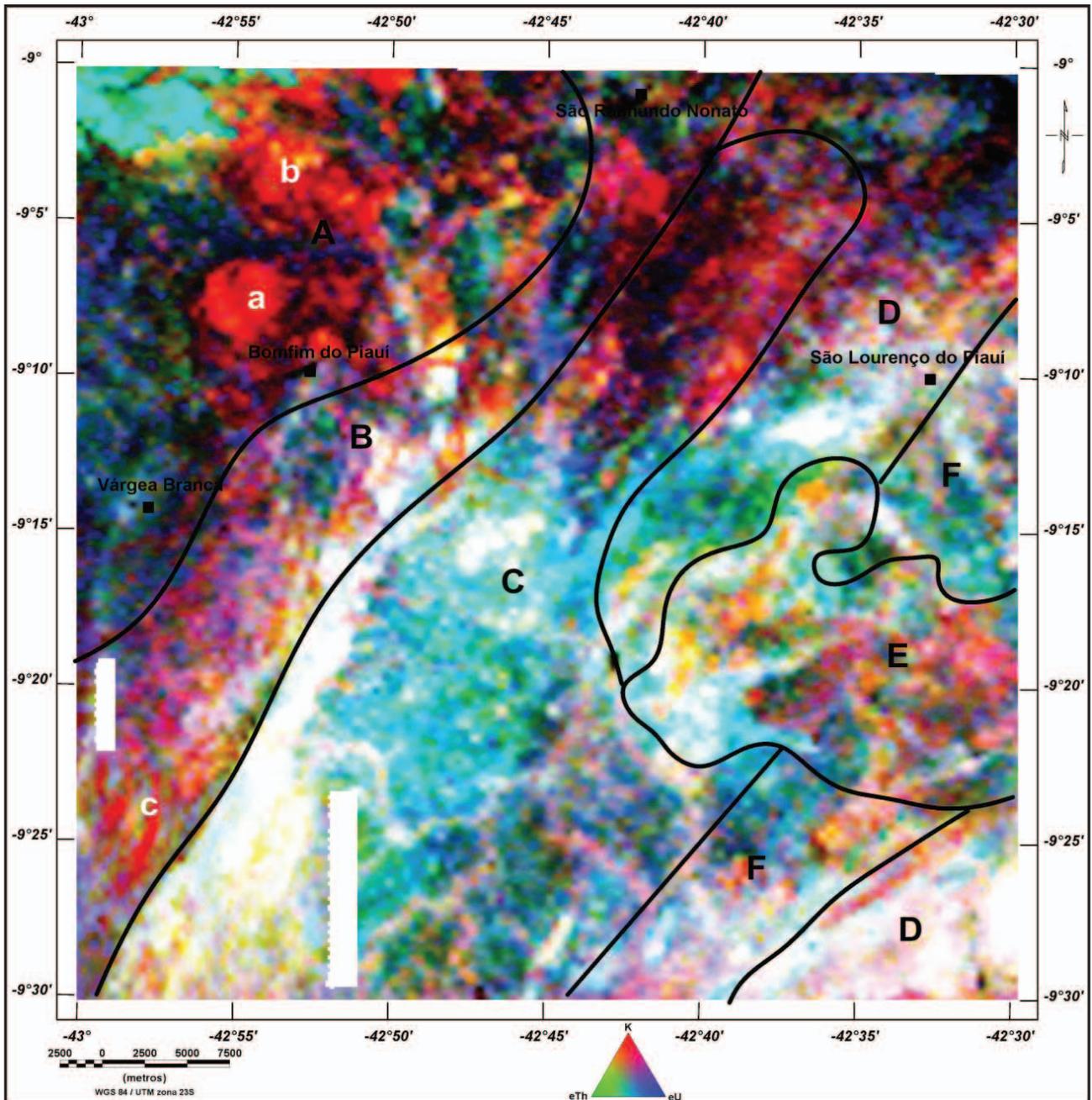


Figura 5.2: Imagem da junção radiométrica ternária K-eTh-eU (RGB), com sobreposição da interpretação dos domínios magnéticos.

## 5.2 - INTERPRETAÇÃO DOS DOMÍNIOS AEROGEOFÍSICOS

Como resultado da interpretação e correlação dos dados foram separados seis domínios aeromagnéticos (**A**, **B**, **C**, **D**, **E** e **F**, Figuras 5.1 e 5.2). Nos dados foram considerados as diferenças entre os padrões de amplitudes, comprimentos de onda e direção dos alinhamentos magnéticos (Figura 5.1). Na fusão ternária dos dados radiométricos foram considerados os padrões de distribuição e a relação entre os três radioelementos (Figura 5.2). Os domínios magnéticos apresentam alongamento principal na direção NE-SW, e sugerem compartimentagens tectônicas com variações geológicas/estruturais na direção NW-SE.

### 5.2.1 - Domínio A

Este domínio ocupa uma grande área da região noroeste da folha e possui rochas muito magnéticas, cujas anomalias possuem até 7 km de comprimento de onda e amplitude máxima de 400 nT (Figura 5.1). Os eixos anômalos estão preferencialmente orientados na direção NE-SW. Destacam-se duas anomalias magnéticas (**A** e **B**, na Figura 5.1) correlacionadas com granitoides Monte Alegre ricos em anfibólio (hornblenda). Os parâmetros da anomalia **a** indicam a existência de uma fonte com dimensão areal expressiva e continuidade em profundidade. Parte do sinal magnético deste domínio pode ser atribuída à presença de formações ferríferas e a rochas metabásicas pertencentes ao Complexo Lagoa do Alegre.

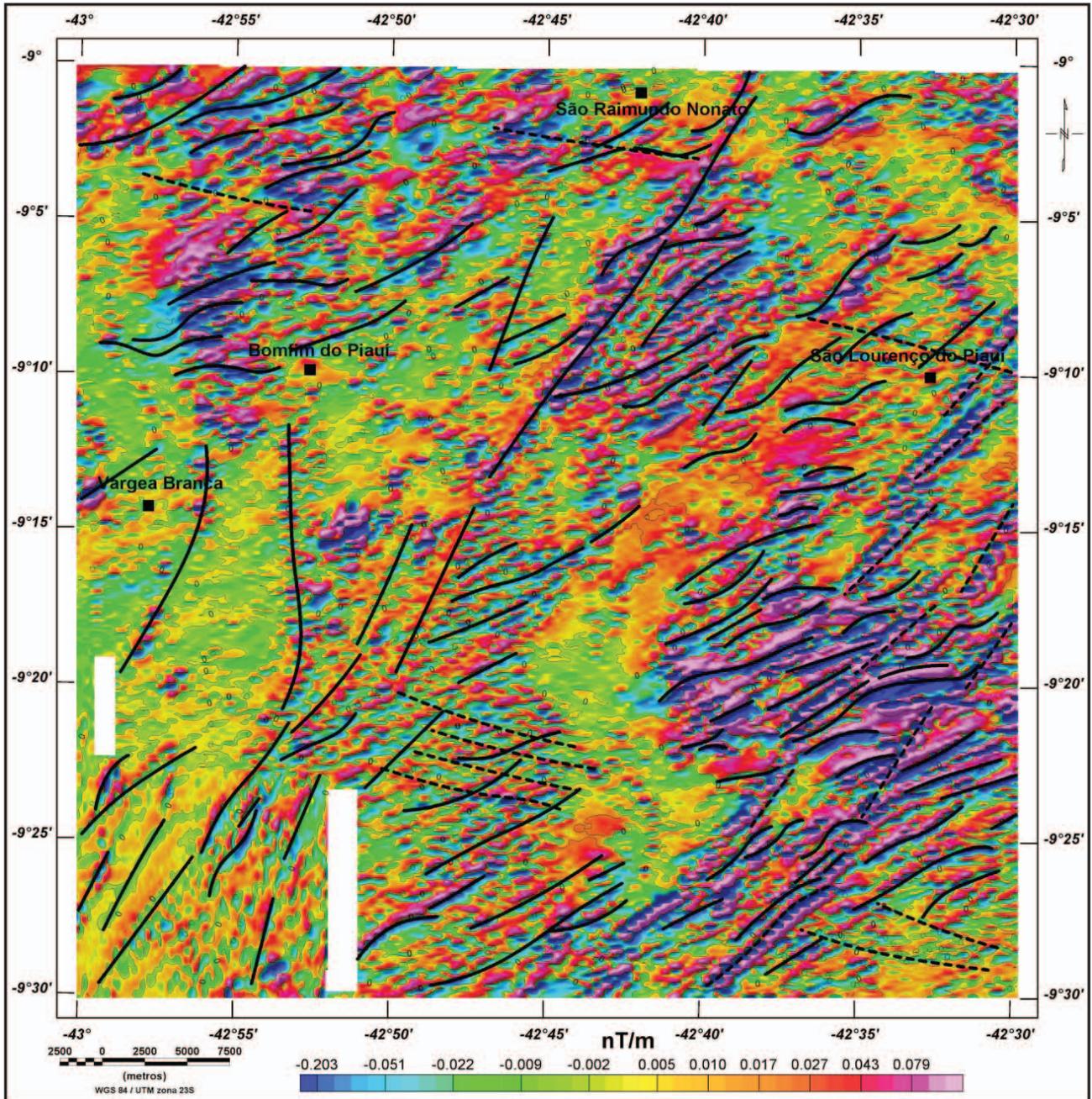


Figura 5.3 – Imagem da 1ª derivada vertical do campo magnético total com sobreposição da interpretação das estruturas tectônicas. Traço contínuo: zona de cisalhamento; traço descontinuo: zona de deformação frágil (ou dúctil-frágil). Imagem sombreada: Inclinação = 35°Az, declinação = 315°Az.

Observa-se na imagem radiométrica ternária (Figura 5.2) que neste domínio ocorrem concentrações de potássio com valores de até 5% nas regiões onde afloram as rochas de composição granítica (A e B na Figura 5.2). Na região onde dominam os metassedimentos do Complexo Lagoa do Alegre observa-se o empobrecimento em potássio e um leve enriquecimento em tório. Também pode ser observado um leve enriquecimento em tório nas coberturas lateríticas desenvolvidas sobre as rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba que afloram no canto noroeste da folha.

### 5.2.2 - Domínio B

Este domínio forma uma larga faixa que vai desde o sudoeste até o norte da folha. Ele é caracterizado por gradientes magnéticos suaves, contendo em seu interior anomalias dipolares, com comprimento de onda médio de 1 km e amplitude máxima de 50 nT. Em alguns locais, essas anomalias formam alinhamentos tanto na direção N-S, como na direção NE-SW. Esse padrão magnético corresponde, em grande parte, às rochas do complexos Vítor, Lagoa do Alegre e Lagoa da Ema. Em exceção,

destaca-se uma anomalia magnética com forma elíptica, comprimento de onda em torno de 2,5 km e amplitude de 500 nT (Figura 5.1, domínio C) correlacionada com um corpo alongado de formação ferrífera do Complexo Lagoa do Alegre.

No domínio **B** ocorre enriquecimento significativo de potássio, com valores de até 5%, em pequenos corpos alongados na direção NNE-SSW (**C** na Figura 5.2) correlacionados com afloramentos dos granitoides Sobradinho-Remanso e parte dos migmatitos pertencentes aos complexos Vitor e Lagoa da Ema. Fora dessa região, os valores de potássio caem para menos de 0,5%. No restante do domínio observa-se: 1) existência de áreas com grandes volumes de neossoma ácido nos migmatitos do Complexo Vitor (tons avermelhados que indicam enriquecimento em potássio); 2) vestígios de metassedimentos do Complexo Lagoa do Alegre (tons esverdeados e azulados que indicam enriquecimento em tório e urânio); e 3) *stocks* de rochas plutônicas enriquecidas em potássio, tório e urânio (tons esbranquiçados).

### 5.2.3 - Domínio C

O domínio **C** ocupa a região central da folha. Predominam alinhamentos magnéticos na direção NE-SW com anomalias que possuem comprimento de onda em torno de 1,5 km e amplitude média de 100 nT. Destaca-se uma anomalia magnética (**D**, na Figura 5.1), com forma elíptica, comprimento de onda em torno de 3 km e amplitude de 150 nT. Essas assinaturas magnéticas estão correlacionadas com as áreas de afloramentos dos charnoquitos Lagoa da Ema e das formações ferríferas e metamáficas do Complexo Lagoa do Alegre.

Na imagem radiométrica ternária, o domínio C apresenta, na região sudoeste, a predominância de enriquecimento em potássio, tório e urânio em correlação com afloramentos dos ortognaisses migmatíticos do Complexo Vitor e dos granitoides Fatura do Piauí. Na parte centro-sul, o padrão radiométrico é fortemente marcado pela influência da rede de drenagem, com baixos teores de potássio, e um leve enriquecimento em tório e urânio, possivelmente por causa da presença de coberturas recentes. No norte do domínio observa-se enriquecimento em potássio (tons avermelhados) em associação com afloramentos de ortognaisses migmatíticos e charnoquitos do Complexo Lagoa da Ema. Esta variação do padrão radiométrico observada na porção norte do domínio pode indicar a existência de um conjunto de rochas com variação composicional.

### 5.2.4 - Domínio D

O domínio **D** é caracterizado por gradientes magnéticos suaves, contendo em seu interior anomalias dipolares, com comprimentos de onda médio de 1,5 km e amplitudes máximas de 50 nT,

que correspondem ao afloramento das rochas do Complexo Lagoa da Ema. Neste domínio não se observa, para o potássio, um padrão bem definido. Contudo, em relação a um *background* com baixos valores ( $\approx 0,5\%$ ), na parte nordeste do domínio se destacam anomalias com picos de até 3,5% de potássio e, no canto sudeste da folha, observa-se uma concentração anômala de potássio, com até 6%. Para o tório, em relação a um *background* com baixos valores ( $<10$  ppm), se destacam anomalias com picos de até 50 ppm de tório. No canto sudeste da folha, observa-se uma concentração anômala com até 100 ppm, que possui correlação com anomalias de potássio, o que reforça a correlação das assinaturas radiométricas com os granitoides Fatura do Piauí.

### 5.2.5 - Domínio E

Este domínio apresenta expressivas anomalias magnéticas, com comprimentos de onda de até 3,5 km e amplitudes de até 600 nT, com eixos alongados na direção ENE-WSW. Em alguns locais, as anomalias são truncadas pelos alinhamentos magnéticos descritos no Domínio **F**. Elas estão correlacionadas com corpos de formações ferríferas e metabásicas encaixados nas rochas do Complexo Lagoa da Ema distribuição dos tons coloridos na imagem radiométrica ternária indica as seguintes características geológicas: 1) áreas migmatizadas do Complexo Lagoa da Ema (tons avermelhados que indicam enriquecimento em potássio); 2) vestígios de metassedimentos do Complexo Lagoa do Alegre (tons esverdeados e azulados que indicam enriquecimento em tório e urânio); e 3) *stocks* de rochas plutônicas enriquecidas em potássio, tório e urânio (tons esbranquiçados).

### 5.2.6 - Domínio F

Este domínio apresenta longos alinhamentos com direção NNE-SSW. Eles estão definidos por anomalias com amplitude em torno de 100 nT e comprimento de onda médio de 2 km, aparentemente, correspondendo a um evento de deformação frágil (ou dúctil-frágil) superposto sobre eventos de deformação mais antigos.

Na imagem radiométrica ternária este domínio apresenta características semelhantes aos domínios **D** e **E**, o que sugere que a diferença geológica entre eles, com relação às rochas superficiais, é a superposição de um evento de deformação mais jovem.

## 5.3 - INTERPRETAÇÃO TECTÔNICA DOS ALINHAMENTOS MAGNÉTICOS

Anomalias magnéticas estreitas e alongadas são comumente interpretadas segundo três tipos principais de correlação geológica: 1) estruturas tectônicas do tipo zona de cisalhamento ou falha; 2) contato entre duas unidades geológicas; e 3)

intrusões de corpos com mineralogia magnética do tipo dique. Na Folha São Raimundo Nonato ocorrem vários alinhamentos magnéticos muito alongados e sinuosos, cuja correlação geológica mais adequada é com zonas de cisalhamento (Figura 5.1). Porém, ocorrem também alinhamentos mais curtos e retilíneos que devem corresponder a falhas e/ou diques (Figura 5.1). Para poder enfatizar as fontes mais rasas, a interpretação desses alinhamentos foi efetuada com emprego da imagem da primeira derivada vertical do campo magnético total, como pode ser observado na Figura 5.3.

Uma análise dos alinhamentos magnéticos interpretados indica cinco direções principais: N-S, N35°E, N65°E, N45°E e E15°S. As três primeiras direções parecem corresponder a eventos antigos de tectônica dúctil (zonas de cisalhamento). Observações efetuadas por Santos (2009) reforçam a correlação dos alinhamentos N-S e N65°E com zonas de cisalhamento. No oeste da folha, Santos (2009) identificou bandas de cisalhamentos transcorrentes subverticais, com variações nas direções N10 e N60, espessuras centimétricas e movimentação dextral. Identificou também nas proximidades da lagoa de Várzea Branca foliação milonítica com atitude N10/80NW. Bem como, foliações conjugadas S/C e veios de quartzo escalonados (*tension gashes*) e zonas transtracionais que indicam movimentação transcorrente sinistral de direção N-S. Também, na Rodovia BR-020, entre Várzea Branca e Bonfim do Piauí foram identificadas faixas de concentração de deformação transcorrente afetando rocha xistosa dobrada, com direção aproximada N30.

Os alinhamentos de direção N45°E localizados no domínio F e os alinhamentos de direção E15°S parecem corresponder a eventos mais novos (tectônica frágil ou dúctil-frágil). Na região nordeste da folha, Santos (2009) identificou superfícies de falhas com direções em torno de E-W e mergulhos moderados a altos para N (N95/70NW, N100/80NE, N90/70N, N85/65NW). Elas apresentam estrias e ressaltos indicativos de tectônica extensional (falhas

normais) que podem ser correlacionadas com os alinhamentos magnéticos de direção em torno de E15°S. Na região oeste da folha, Santos (2009) identificou sistemas de fraturas nas direções N50 a N60/65SE como estruturas rúpteis dominantes. Estas estruturas podem estar correlacionadas com os alinhamentos magnéticos de direção em torno de N45°E que ocorrem no Domínio F.

## 5.4 - CONCLUSÕES

A interpretação e correlação geológica dos dados aerogeofísicos da Folha São Raimundo Nonato forneceu os seguintes principais resultados:

1) O padrão aeromagnético da folha permite a sua subdivisão em seis domínios;

2) Intercalados no padrão magnético dominantes nos complexos Vitor e Lagoa da Ema destacam-se anomalias magnéticas alongadas, com comprimento de onda em torno de 2,5 km e amplitude de 500 nT (c na Figura 5.1), correlacionadas com corpos de formações ferríferas e metabásicas do Complexo Lagoa do Alegre;

3) Os granitoides ricos em anfíblio (Granitoide Monte Alegre) que afloram no noroeste da folha estão correlacionados com expressivas anomalias magnéticas e de potássio;

4) Os granitoides Monte Alegre apresentam anomalias de potássio com picos de até 6%, e de tório com até 50 ppm. A variação do padrão radiométrico observada para estes granitoides pode indicar que eles constituem um conjunto de rochas com variação composicional;

5) A análise dos alinhamentos magnéticos interpretados indicou cinco direções principais: N-S, N35°E, N65°E, N45°E e E15°S. As três primeiras direções parecem corresponder a eventos antigos (tectônica dúctil, zona de cisalhamento). Por outro lado, os alinhamentos de direção N45°E e E15°S parecem corresponder a eventos mais novos de deformação, frágil ou dúctil-frágil.



# 6 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

## 6.1 - INTRODUÇÃO

Nenhum projeto de prospecção geoquímica sistemática da CPRM foi executado anteriormente nesta área.

O adensamento adotado neste trabalho não foi aquele preconizado nos manuais da CPRM por motivos operacionais no momento da execução dos trabalhos de campo.

A interpretação dos dados obtidos e considerados neste trabalho obedeceu a dois critérios principais:

Ordenamento das informações (dados analíticos) através de um tratamento simples (cálculo dos estimadores da população, estatística univariada e multivariada básica);

Interpretação dos dados tratados sobre uma base geológica simplificada com ênfase na litologia e no arcabouço estrutural e relacionada com as ocorrências minerais pertinentes.

Todos os dados estão disponibilizados na base de dados geoquímicos do GEOBANK da CPRM, de forma a poderem ser retomados e reinterpretados mais detalhadamente.

## 6.2 - METODOLOGIA

### 6.2.1 - Generalidades

A distribuição das estações de amostragem obedeceu aos critérios determinados pela metodologia de mapeamento geoquímico dos levantamentos geológicos regionais da CPRM – Serviço Geológico do Brasil para as folhas do corte internacional 100.000 (aproximadamente 3.000 km<sup>2</sup>).

Foram programadas 114 estações de amostragem onde foram coletados 135 sedimentos de corrente, sendo 21 pares de duplicatas de campo. Em 47 destas estações, foram coletados também concentrados de bateia. A distribuição das estações obedeceu, no caso presente, 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.

### 6.2.2 - Metodologia de Campo

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.).

Em 21 estações, e aleatoriamente distribuídas, foram coletadas duplicatas de campo das amostras de sedimento de corrente para teste de variância.

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.

### 6.2.3 - Metodologia Analítica

#### 6.2.3.1 - Sedimentos de corrente

As amostras de sedimentos foram analisadas pelo SGS GEOSOL, e obedeceu ao seguinte processo analítico:

Secadas a 60°C e peneiradas a 80 mesh;

Pulverizadas e digeridas com água régia

Analisadas para 50 elementos traços por ICP-MS e ICP-AES

Au, Ag, Al\*, As, B\*, Ba\*, Be\*, Bi, Ca\*, Cd, Ce\*, Co, Cr\*, Cs\*, Cu, Fe\*, Ga, Ge\*, Hf\*, Hg, In, K\*, La\*, Li\*, Mg\*, Mn\*, Mo, Na\*, Nb\*, Ni\*, P\*, Pb, Rb\*, Re, S\*, Sb, Sc\*, Se, Sn\*, Sr\*, Ta\*, Te, Th\*, Ti\*, U\*, V\*, W\*, Y\*, Zn, Zr\*. A solubilidade dos elementos assinalados\* foi limitada pelas espécies minerais presentes (geralmente resistatos).

#### 6.2.3.2 - Concentrados de Bateia

As amostras foram inicialmente secadas e tiveram suas frações magnéticas identificadas em um separador FRANTZ. O restante do material é passado através de líquido denso (bromofórmio) e 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. A análise mineralógica foi reportada de forma semiquantitativa nos seguintes intervalos:

< 1%	reportado como 1
1 – 5 %	reportado como 3
5 – 25 %	reportado como 15
25 – 50 %	reportado como 40
50 – 75 %	reportado como 60
> 75 %	reportado como 85

As amostras de concentrado de bateia foram analisadas pelo laboratório SGS GEOSOL. Os valores de ouro foram reportados como pintas.

## 6.2.4 - Tratamento dos Dados e Resultados Obtidos

### 6.2.4.1 - Sedimentos de Corrente

Os dados analíticos de sedimento de corrente do projeto São Raimundo Nonato obedeceram a um processo de interpretação sequencial: estudo da variância; cálculo dos estimadores estatísticos; estudo do tipo de distribuição (*box-whiskers*, correlações e análise de agrupamentos); análise da distribuição espacial dos elementos; cálculo e consistência das anomalias.

O total de 50 elementos foi discriminado inicialmente em grupos que levaram em consideração suas características geoquímicas, importância metalogenética e grau de detecção (Tabelas 6.1 e 6.2).

Tabela 6.1 – (Elementos com grau de detecção abaixo de 70% (15). Apenas o Au foi considerado pela importância como minério).

	GRAU DETECÇÃO (%)	AMPLITUDE
As - ppm	3,0	1 - 1
Au - ppm	0,7	0,1 - 0,1
B - ppm	0	0 - 0
Bi - ppm	58,5	0,02 - 0,16
Cd - ppm	40,0	0,01 - 1,45
Ge - ppm	20,7	0,1 - 0,4
Hg - ppm	57,8	0,01 - 0,04
In - ppm	19,3	0,02 - 0,05
Re - ppm	0	0 - 0
S - %	39,3	0,01 - 0,04
Sb - ppm	63,0	0,05 - 0,25
Se - ppm	0	0 - 0
Ta - ppm	0,7	0,12 - 0,12
Te - ppm	0,7	0,08 - 0,08
W - ppm	25,2	0,1 - 36,3

Tabela 6.2 – (Discriminação geoquímica dos elementos).

ELEMENTOS	QUANTIDADE	CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS
Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, Mn, Ba, Zr, Hf, Sr, Li, Rb, Ga e Cs	17	Elementos formadores de rochas e seus elementos traços associados
Au	1	Metais preciosos
Ag, Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, V, Mo, Nb, Sn, Be, U, Th, La, Sc, Y, Ce	18	Elementos mineralizantes, associados e farejadores (alguns de importância ambiental)
As, B, Bi, Cd, Ge, Hg, In, Re, S, Sb, Se, Ta, Te e W	14	Descartados

A separação em agrupamentos dessa forma é importante na delimitação de zonas anômalas. Alguns elementos como Ba, Mn, Li, Cs, P e outros associados a formação de rochas podem ter importância metalogenética em determinados ambientes e assim foram considerados. Elemento de metais preciosos geralmente com baixo grau de detecção e com problemas de dispersão e distribuição nos sedimentos de corrente como Au teve tratamento especial.

### 6.2.4.2 - Estudo da Variância

Utilizando-se das amostras duplicatas, 21 pares de amostras, uma matriz de trabalho foi elaborada para o cálculo da variância.

Adotou-se o teste *t-student* ou teste das pequenas amostras para estabelecer a confiabilidade dos resultados analíticos. De acordo com os resultados obtidos (Tabela 6.3), 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.

Alguns elementos foram detectados em poucas amostras duplicadas o que invalidou seu teste: As, Au, B, Ge, Re, Se, Ta, Te. Em apenas 5 pares foi detectado S o que explica a hipótese nula não ter sido aceita. Para os demais elementos o teste foi aceito.

### 6.2.4.3 - Sumário dos Estimadores

Os estimadores dos elementos analisados estão disponibilizados na Tabela 6.4. Com base na Tabela 6.2 selecionou-se para os tratamentos estatísticos a serem utilizados 35 elementos. O único valor de Au será considerado no mapa geoquímico.

### 6.2.4.4 - Box-Whiskers e Tipos de Distribuição

Foram elaborados *box-whiskers* para os 35 elementos selecionados (Figura 6.1 e 6.2). Este tipo de gráfico apresenta a particularidade de mostrar a distribuição dos elementos de forma comparativa e baseada nos principais estimadores da população: média e desvio padrão.

### 6.2.4.5 - Correlações e Agrupamentos

Para o cálculo das correlações diretas entre elementos forma selecionados os 35 principais elementos: Ag, Al, Ba, Be, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Sc, Sn, Sr, Th, Ti, U, V, Y, Zn, Zr .

Na análise do gráfico de correlação destacam-se algumas associações com correlações significativas (Figura 6.3).

Tabela 6.3 – Resultados do estudo da variância.

Elemento	$t_{0,95} < 1,67$	Hipótese nula	Elemento	$t_{0,95} < 1,67$	Hipótese nula
Ag	0,46	ACEITA	Mn	0,49	ACEITA
Al	0,57	ACEITA	Mo	0,26	ACEITA
As	Teste não realizado		Na	1,00	ACEITA
Au	Teste não realizado		Nb	0,19	ACEITA
B	Teste não realizado		Ni	0,71	ACEITA
Ba	0,94	ACEITA	P	0,53	ACEITA
Be	0,50	ACEITA	Pb	0,69	ACEITA
Bi	0,81	ACEITA	Rb	0,33	ACEITA
Ca	0,27	ACEITA	Re	Teste não realizado	
Cd	1,45	ACEITA	S	4,47	NÃO
Ce	0,32	ACEITA	Sb	0,90	ACEITA
Co	0,70	ACEITA	Sc	0,48	ACEITA
Cr	0,29	ACEITA	Se	Teste não realizado	
Cs	0,40	ACEITA	Sn	0,70	ACEITA
Cu	1,44	ACEITA	Sr	0,61	ACEITA
Fe	0,43	ACEITA	Ta	Teste não realizado	
Ga	0,40	ACEITA	Te	Teste não realizado	
Ge	Teste não realizado		Th	0,63	ACEITA
Hf	1,31	ACEITA	Ti	0,64	ACEITA
Hg	1,31	ACEITA	U	0,20	ACEITA
In	1,00	ACEITA	V	0,37	ACEITA
K	0,61	ACEITA	W	0,25	ACEITA
La	0,60	ACEITA	Y	0,46	ACEITA
Li	0,84	ACEITA	Zn	0,42	ACEITA
Mg	0,22	ACEITA	Zr	1,30	ACEITA

Tabela 6.4 – Estimadores dos elementos analisados.

	GRAU DETECÇÃO	AMPLITUDE	MÉDIA ARIT.	MÉDIA GEOM.	DESVIO ARIT.	DESVIO GEOM.	LIMIAR (MGxDG2)	ANOMALIAS
Ag - ppm	80,7	0,01 - 1,58	0,08	0,05	0,17	2,35	0,26	2
Al - %	100,0	0,21 - 5,45	1,14	0,95	0,76	1,84	3,22	3
As - ppm	3,0	1 - 1	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0
Au - ppm	0,7	0,1 - 0,1						
B - ppm	0,0	0 - 0						
Ba - ppm	100,0	12 - 417	75,81	62,11	58,51	1,83	207,27	5
Be - ppm	100,0	0,1 - 2,1	0,61	0,50	0,41	1,93	1,84	2
Bi - ppm	58,5	0,02 - 0,16	0,04	0,03	0,02	1,56	0,08	2
Ca - %	100,0	0,03 - 1,14	0,16	0,12	0,13	1,96	0,47	1
Cd - ppm	40,0	0,01 - 1,45	0,05	0,02	0,19	2,24	0,12	1
Ce - ppm	100,0	10,38 - 312,11	71,53	60,09	46,49	1,81	197,46	4
Co - ppm	100,0	0,6 - 20,6	5,21	4,37	3,29	1,83	14,62	3
Cr - ppm	100,0	5 - 611	56,39	23,98	96,19	3,16	239,07	9
Cs - ppm	100,0	0,12 - 2,74	0,72	0,58	0,51	1,93	2,15	4
Cu - ppm	100,0	3,3 - 69,9	14,25	11,77	10,24	1,83	39,58	4
Fe - %	100,0	0,51 - 4,7	1,98	1,80	0,87	1,56	4,38	2
Ga - ppm	100,0	1,2 - 21,4	5,14	4,32	3,28	1,81	14,12	3
Ge - ppm	20,7	0,1 - 0,4	0,15	0,14	0,07	1,52	0,32	1
Hf - ppm	74,1	0,05 - 1,08	0,17	0,13	0,16	1,94	0,48	3

Tabela 6.4 – Estimadores dos elementos analisados. (continuação)

	GRAU DETECÇÃO	AMPLITUDE	MÉDIA ARIT.	MÉDIA GEOM.	DESVIO ARIT.	DESVIO GEOM.	LIMIAR (MGxDG2)	ANOMALIAS
Hg - ppm	57,8	0,01 - 0,04	0,02	0,02	0,01	1,55	0,04	0
In - ppm	19,3	0,02 - 0,05	0,03	0,03	0,01	1,38	0,05	0
K - %	100,0	0,04 - 0,56	0,17	0,14	0,11	1,83	0,47	3
La - ppm	100,0	5,6 - 215,6	41,95	34,42	31,11	1,86	118,86	5
Li - ppm	100,0	1 - 14	3,92	3,27	2,62	1,81	10,70	6
Mg - %	100,0	0,02 - 0,83	0,10	0,07	0,10	2,22	0,34	4
Mn - ppm	100,0	69 - 3461	345,34	292,06	310,33	1,72	860,41	1
Mo - ppm	100,0	0,1 - 7,14	0,79	0,43	1,13	2,67	3,08	10
Na - %	87,4	0,01 - 0,19	0,03	0,02	0,03	1,96	0,09	5
Nb - ppm	100,0	0,59 - 12,79	3,45	2,89	2,05	1,85	9,87	1
Ni - ppm	100,0	1,6 - 57,8	11,83	8,93	9,62	2,13	40,45	2
P - ppm	87,4	50 - 1136	172,15	143,25	132,08	1,78	455,99	2
Pb - ppm	100,0	3,6 - 517	22,06	11,35	65,64	2,17	53,68	4
Rb - ppm	100,0	2,6 - 104	24,73	19,55	18,46	1,99	77,34	4
Re - ppm	0,0	0 - 0						
S - %	39,3	0,01 - 0,04	0,02	0,02	0,01	1,55	0,04	0
Sb - ppm	63,0	0,05 - 0,25	0,10	0,09	0,05	1,51	0,21	4
Sc - ppm	100,0	0,8 - 10,9	2,97	2,55	1,73	1,75	7,77	3
Se - ppm	0,0	0 - 0						
Sn - ppm	100,0	0,5 - 467	10,99	2,49	51,00	3,29	26,85	7
Sr - ppm	100,0	2,5 - 52,5	14,96	12,71	8,89	1,78	40,38	1
Ta - ppm	0,7	0,12 - 0,12	0,12	0,12				
Te - ppm	0,7	0,08 - 0,08	0,08	0,08				
Th - ppm	100,0	2,4 - 80,5	13,78	10,73	11,84	1,99	42,35	4
Ti - %	100,0	0,01 - 0,27	0,05	0,04	0,04	1,99	0,17	4
U - ppm	100,0	0,29 - 7,9	1,81	1,35	1,57	2,12	6,09	7
V - ppm	100,0	5 - 73	23,57	20,60	12,86	1,69	58,68	3
W - ppm	25,2	0,1 - 36,3	9,52	3,29	8,87	7,71	195,36	0
Y - ppm	100,0	2 - 48,17	11,99	9,98	8,03	1,83	33,36	4
Zn - ppm	100,0	4 - 50	17,79	15,03	10,61	1,80	48,57	2
Zr - ppm	98,5	0,6 - 40,7	5,13	3,52	5,60	2,32	18,97	3

As principais associações são:

Al-Be-Ce-Cs-Ga-K-La-Li-Th-U-Ye V, com valores do índice de Pearson acima de 0,7;

Ag-Pb-Sn;

Al-Fe-Ga-Cu-Zn;

Zr-Hf;

Sr-Ba-Ca.

As associações 1, 4 e 5 são explicadas pelas litológicas cartografadas e seus minerais constituintes, sem maiores implicações com mineralizações. O grupo 3 sugere o processo de adsorção de elementos metálicos por lateritos e crostas aluminosas e ferruginosas. O grupo 2 de associação metálica não desperta maior importância pelo baixo valor do conteúdo destes elementos entre

todos analisados e falta de ocorrências minerais destes elementos e associados na área.

Ao particularizar-se a análise para uma análise de agrupamento com aqueles elementos que apresentam maiores correlações e elaborar-se um dendrograma utilizando-se o índice de Pearson com critério de ligação se obtém associações mais nítidas e hierarquizadas em grupos (Figura 6.4).

Na análise do dendrograma nenhuma associação nitidamente mineralizante se sobressa no gráfico.

#### 6.2.4.6 - Distribuição dos Elementos e Estabelecimento das Anomalias

O estabelecimento dos valores limiares nos sedimentos de corrente foi baseado numa análise

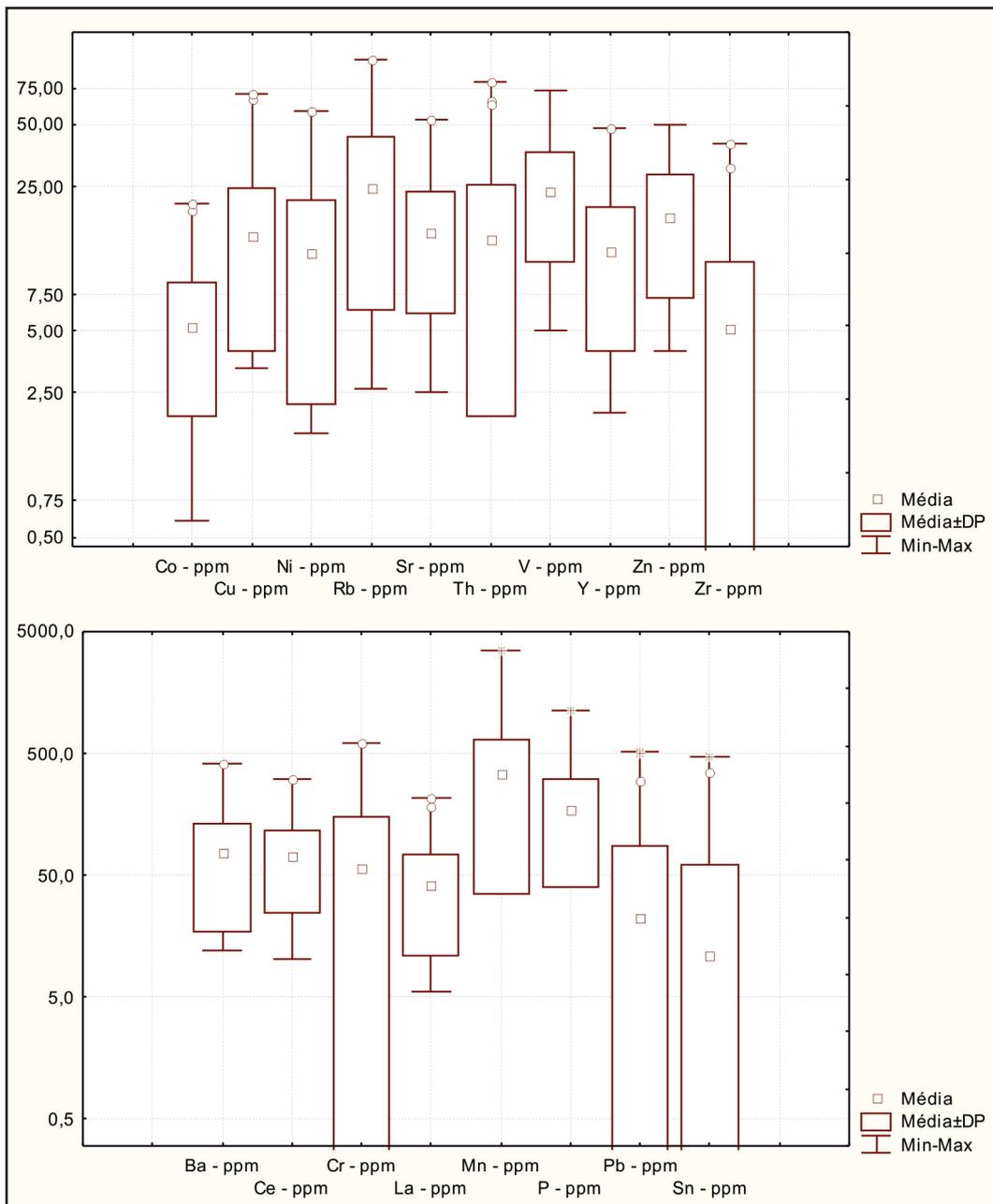


Figura 6.1 – Box whisker 1.

estatística simples: a média geométrica multiplicado pelo desvio geométrico ao quadrado. A média geométrica representa melhor os elementos traços, que normalmente possuem uma distribuição lognormal. Este tipo de cálculo de limiar pode não ser a melhor maneira para determinado elemento, porém devido ao elevado número de elementos e a exiguidade de tempo de disponibilizar as informações torna-o um método adequado as circunstâncias. Assim o retrabalhamento dos dados, para alguns elementos, não deve ser descartado.

Foram considerados aqueles elementos mineralizantes (aqueles que possam gerar depósitos minerais) e seus elementos associados baseados na expectativa metalogenética para a área.

Os valores anômalos foram representados por estações pontuais anômalas e zonas anômalas

(duas ou mais estações anômalas de determinado elemento ou grupo de elementos).

Foram identificadas 37 estações anômalas individuais dos elementos Ag, Au, Ce, Co, Cr, Cu, La, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Sc, Sn, Th, U, V, Y e Zn e duas zonas anômalas; uma de zinco e outra da associação Cr-Cu.

#### 6.2.5 - Concentrados de Bateia

Os dados analíticos de concentrados de bateia tiveram um tratamento específico diferente dos sedimentos de corrente. As 47 amostras de concentrados de bateia foram analisadas para identificação mineralógica de minerais pesados semiquantitativa. Apenas o ouro foi analisado por contagem de pintas. Foram considerados neste trabalho apenas os minerais-minério e associados

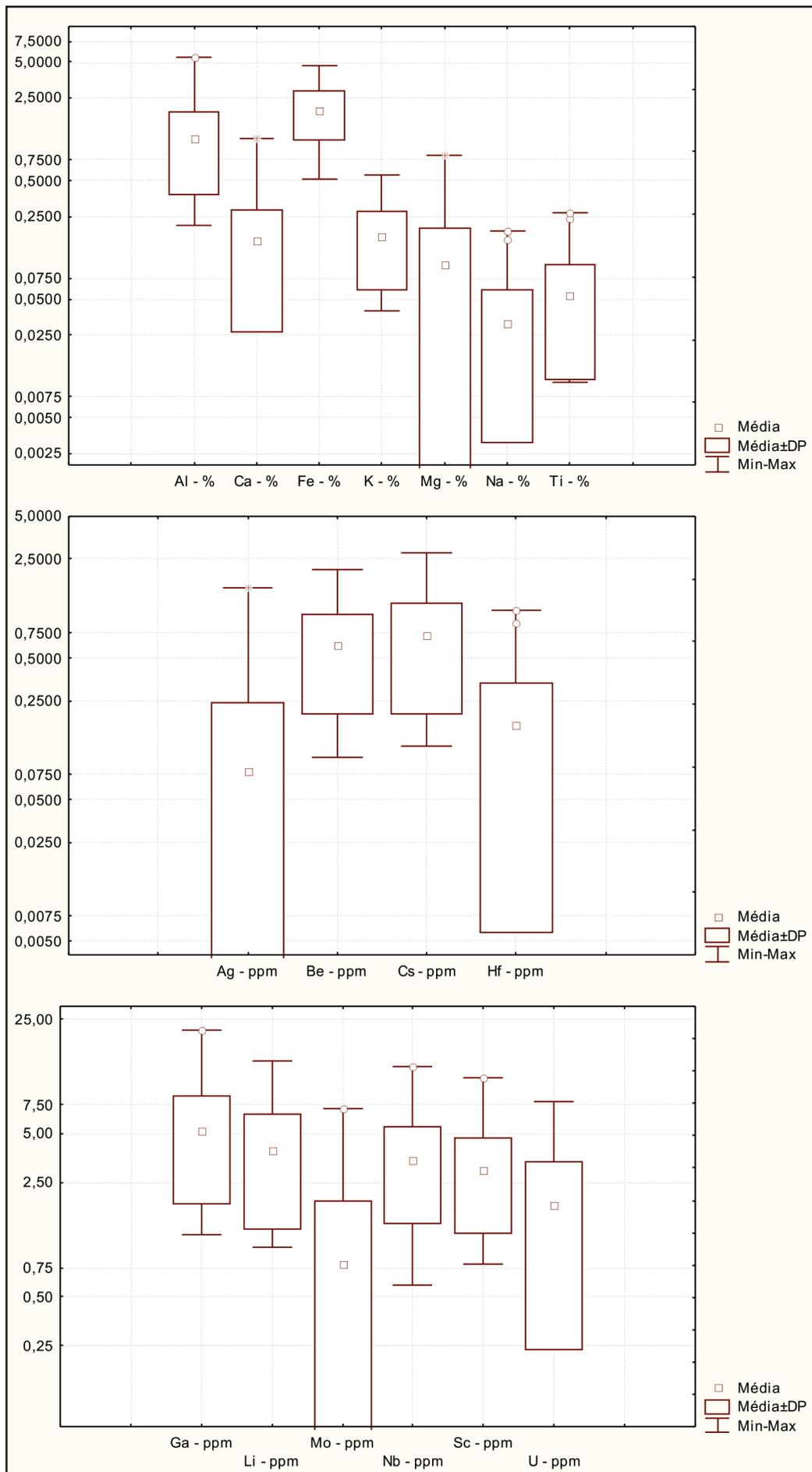


Figura 6.2 – Box whisker 2.

	Ag	Al	Ba	Be	Ca	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Ga	Hf	K	La	Li	Mg	
Ag	1,00	-0,20	-0,03	-0,22	-0,10	-0,17	-0,05	0,07	-0,20	0,00	-0,16	-0,21	-0,04	-0,14	-0,15	-0,17	-0,07	
Al		1,00	0,37	0,78	0,43	0,75	0,45	-0,04	0,76	0,50	0,69	0,98	0,15	0,56	0,69	0,89	0,46	
Ba			1,00	0,41	0,71	0,28	0,78	0,43	0,20	0,39	0,37	0,02	0,51	0,51	0,30	0,39	0,79	
Be				1,00	0,47	0,75	0,53	0,03	0,83	0,36	0,51	0,83	-0,01	0,47	0,78	0,89	0,55	
Bi					-0,02	-0,12	0,01	0,21	-0,05	0,00	-0,18	-0,11	-0,15	-0,16	-0,11	-0,07	-0,07	
Ca					1,00	0,46	0,57	0,33	0,29	0,51	0,65	0,46	0,29	0,70	0,50	0,46	0,70	
Ce						1,00	0,42	0,00	0,62	0,32	0,59	0,81	0,43	0,52	0,92	0,81	0,42	
Co							1,00	0,50	0,38	0,32	0,56	0,50	-0,03	0,39	0,45	0,51	0,71	
Cr								1,00	0,02	0,22	0,07	0,02	-0,11	0,01	0,10	0,06	0,33	
Cs									1,00	0,34	0,35	0,80	-0,02	0,48	0,67	0,84	0,43	
Cu										1,00	0,54	0,49	0,22	0,44	0,31	0,53	0,30	
Fe											1,00	0,68	0,45	0,75	0,51	0,62	0,62	
Ga												1,00	0,14	0,56	0,75	0,91	0,49	
Hf													1,00	0,48	0,34	0,15	0,08	
K														1,00	0,48	0,57	0,72	
La															1,00	0,76	0,44	
Li																1,00	0,53	
Mg																	1,00	
	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Sc	Sn	Sr	Th	Ti	U	V	Y	Zn	Zr
Ag	0,06	0,06	-0,02	-0,11	-0,07	-0,13	0,88	-0,18	-0,17	0,98	-0,09	-0,16	0,05	-0,20	-0,13	-0,20	-0,12	-0,04
Al	0,00	0,10	0,13	0,37	0,52	0,60	-0,15	0,70	0,91	-0,21	0,40	0,57	-0,08	0,57	0,72	0,82	0,73	0,12
Ba	0,46	0,41	0,34	0,26	0,63	0,49	-0,04	0,35	0,51	-0,08	0,82	0,12	0,22	0,00	0,68	0,23	0,66	0,01
Be	0,00	0,10	0,04	0,27	0,47	0,50	-0,14	0,82	0,81	-0,25	0,50	0,68	-0,29	0,77	0,74	0,86	0,67	-0,06
Ca	0,41	0,37	0,64	0,40	0,52	0,43	-0,09	0,53	0,52	-0,13	0,91	0,44	0,24	0,29	0,61	0,42	0,67	0,26
Ce	0,06	0,13	0,12	0,28	0,41	0,43	-0,10	0,74	0,71	-0,18	0,43	0,89	0,12	0,63	0,72	0,84	0,62	0,39
Co	0,67	0,53	0,12	0,08	0,70	0,62	0,08	0,46	0,61	-0,05	0,65	0,27	0,23	0,17	0,76	0,39	0,69	-0,03
Cr	0,51	0,96	-0,05	-0,22	0,76	0,20	0,02	0,05	0,13	0,05	0,28	0,01	0,25	-0,10	0,35	-0,02	0,30	-0,08
Cs	-0,08	0,10	-0,01	0,25	0,43	0,42	-0,11	0,83	0,68	-0,21	0,29	0,57	-0,29	0,79	0,50	0,76	0,58	-0,05
Cu	0,16	0,28	0,33	0,41	0,53	0,33	0,03	0,29	0,53	-0,04	0,43	0,20	0,03	0,20	0,42	0,36	0,62	0,21
Fe	0,26	0,19	0,50	0,55	0,52	0,59	-0,17	0,54	0,67	-0,20	0,69	0,43	0,36	0,20	0,74	0,46	0,74	0,44
Ga	0,03	0,16	0,10	0,34	0,56	0,64	-0,14	0,76	0,91	-0,22	0,42	0,64	-0,09	0,63	0,76	0,86	0,77	0,11
Hf	0,04	-0,03	0,48	0,21	0,00	-0,10	-0,08	0,16	0,07	-0,05	0,28	0,45	0,59	0,10	0,16	0,13	0,05	0,99
K	0,10	0,09	0,61	0,40	0,42	0,27	-0,12	0,74	0,49	-0,18	0,69	0,46	0,18	0,30	0,49	0,36	0,56	0,46
La	0,06	0,19	0,09	0,23	0,45	0,38	-0,09	0,77	0,70	-0,18	0,49	0,92	0,07	0,69	0,69	0,83	0,60	0,31
Li	0,03	0,17	0,14	0,38	0,56	0,52	-0,09	0,79	0,84	-0,18	0,46	0,66	-0,15	0,69	0,74	0,84	0,74	0,12
Mg	0,22	0,32	0,24	0,10	0,66	0,40	-0,04	0,66	0,55	-0,12	0,71	0,33	0,11	0,20	0,69	0,29	0,64	0,06
Mn	1,00	0,58	0,22	0,05	0,36	0,45	0,14	0,02	0,07	0,13	0,43	0,01	0,49	-0,09	0,28	0,03	0,34	0,06
Mo		1,00	0,05	-0,07	0,79	0,32	0,01	0,13	0,22	0,05	0,31	0,11	0,30	-0,01	0,41	0,12	0,38	0,01
Na			1,00	0,65	0,06	0,07	-0,04	0,17	0,10	-0,05	0,64	0,09	0,27	-0,03	0,13	0,08	0,27	0,46
Nb				1,00	0,04	0,36	-0,14	0,26	0,25	-0,14	0,51	0,18	0,04	0,26	0,15	0,39	0,44	0,21
Ni					1,00	0,49	-0,08	0,47	0,65	-0,13	0,48	0,29	0,10	0,16	0,72	0,38	0,68	0,01
P						1,00	-0,06	0,42	0,66	-0,12	0,41	0,22	0,17	0,26	0,61	0,53	0,78	-0,11
Pb							1,00	-0,10	-0,14	0,86	-0,05	-0,12	0,04	-0,12	-0,11	-0,12	-0,03	-0,09
Rb								1,00	0,63	-0,20	0,52	0,74	-0,12	0,70	0,58	0,71	0,66	0,13
Sc									1,00	-0,21	0,45	0,51	-0,10	0,45	0,86	0,77	0,77	0,04
Sn										1,00	-0,14	-0,18	0,07	-0,18	-0,17	-0,20	-0,17	-0,05
Sr											1,00	0,41	0,23	0,30	0,59	0,40	0,63	0,26
Th												1,00	0,09	0,76	0,53	0,76	0,43	0,41
Ti													1,00	-0,26	0,15	-0,19	0,12	0,64
U														1,00	0,33	0,81	0,34	0,05
V															1,00	0,64	0,79	0,14
Y																1,00	0,62	0,07
Zn																	1,00	0,04
Zr																		1,00

Figura 6.3 – Gráfico de correlação entre elementos.

mais importantes, no caso cromita (cro), granada kimberlítica (grank), ilmenita kimberlítica (ilmk), olivina (oli) e cianita (ci) devido a presença de ocorrência do mineral na área. Foram identificadas 24 estações de destaque mineralógico individual deste minerais (18 exclusivamente de cianita) e uma zona de destaque mineralógico de ilmenita kimberlítica (duas ou mais drenagens contíguas).

As estações de cianita identificadas poderiam gerar zonas de destaque mineralógico, porém devido ao espalhamento das estações mantivemos como destaque individual. Com exceção da cianita os demais minerais foram considerados pela simples presença. Para a cianita foram consideradas somente as estações com valores 15 (5-25%), valor máximo registrado.

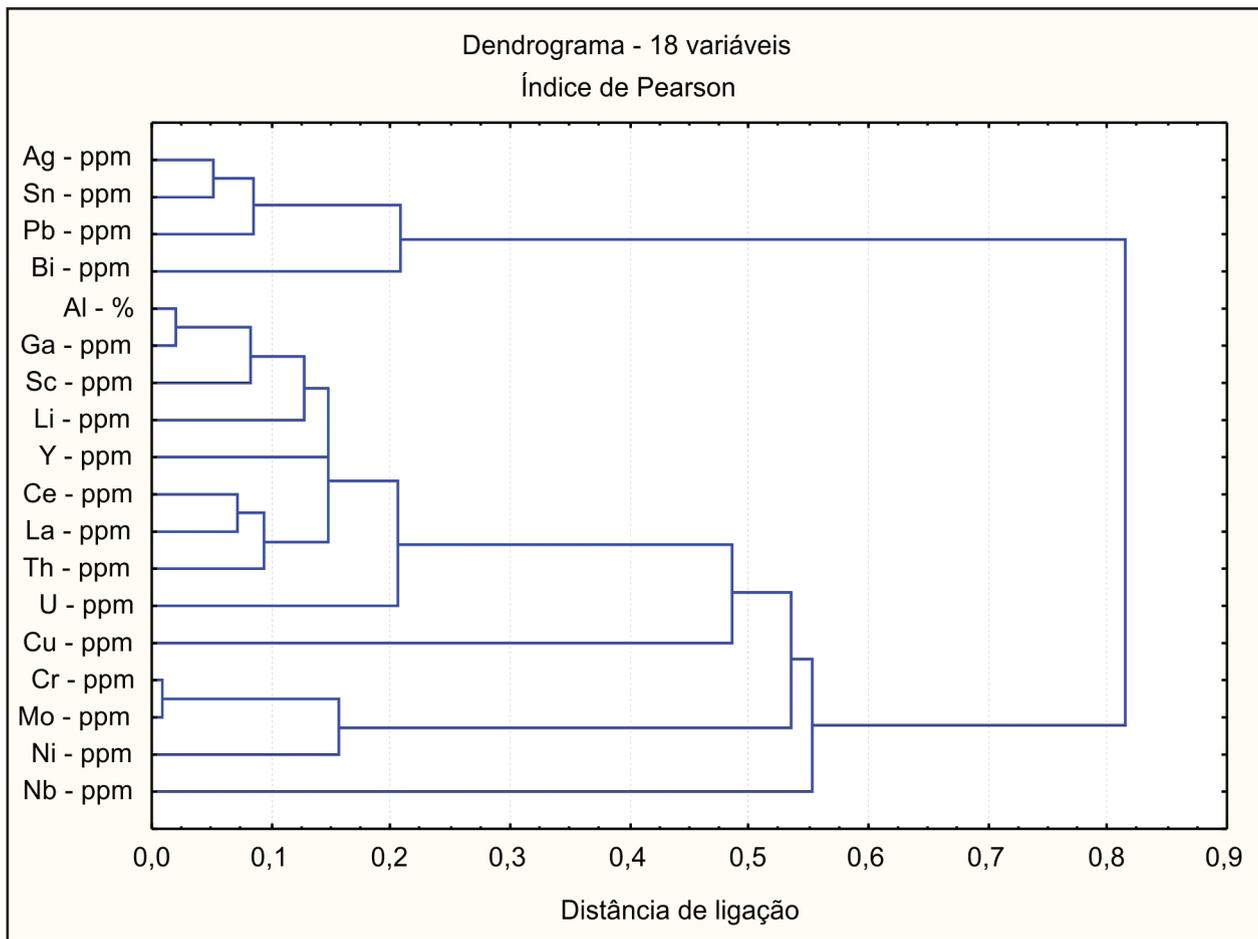


Figura 6.4 – Dendrograma utilizando-se o índice de Pearson.

### 6.3 - MAPA GEOQUÍMICO

O mapa geoquímico é consequência da compatibilização dos dados geoquímicos e mineralógicos com a base geológica e a perspectiva metalogenética da área. Na sua elaboração foram considerados sobre uma base geológica simplificada, as anomalias geoquímicas dos sedimentos de corrente e os destaques mineralógicos da fração pesada dos concentrados de bateia.

Sobre uma base geológica simplificada (Mapa geoquímico em anexo) estão plotadas:

Quarenta e nove (49) ocorrências minerais de ferro, mármore, talco, cianita, diabásio, quartzo, silixito e materiais de construção diversos;

Trinta e sete (37) estações anômalas pontuais de Ag; Au; Ce; Co; Cr; Cu; La; Mo; Nb; Ni; P; Pb; Sc; Sn; Th; U; V; Y e Zn;

Seis (6) destaques minerais de cromita (cro), granada kimberlítica (grank), ilmenita kimberlítica (ilmk) e olivina (oli);

Dezoito (18) destaques mineralógicos de cianita (entre 5-25% da fração pesada);

Duas (2) zonas anômalas, uma da associação Cr-Cu e outra de Zn.

Uma (1) zona de destaque mineralógico de ilmenita kimberlítica.

### 6.4 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O adensamento da amostragem na área do projeto não foi adequado. Existe a necessidade de um adensamento maior ao nível de 1 amostra/10 km<sup>2</sup> para ambos os materiais amostrados, sedimentos de corrente e concentrados de bateia, mais densa que a aplicada aqui, 1 amostra/26 km<sup>2</sup> para sedimento de corrente e 1 amostra/63 km<sup>2</sup> para concentrado de bateia.

As conclusões obtidas deste trabalho ficam restritas à presença de minerais acessórios de corpos kimberlíticos na área localizada próxima a presença de garimpos de diamante do sul do Piauí. A presença de cianita em algumas estações merece um detalhamento maior na área pela presença de uma ocorrência registrada do mineral na área. Cianita é um aluminossilicato que serve para a produção natural de mulita, que é um refratário utilizado na indústria (vidros tipo pirex), hoje bastante substituído por mulita sintética.

## 7 – RECURSOS MINERAIS

Somente a partir dos últimos anos, as rochas Pré-Cambrianas do sul piauiense vêm sendo mapeadas de forma sistemática; isso se deve ao substancial incremento no valor de *commodities* metálicas, que instigou o Governo Federal, no papel de fomentador do conhecimento geológico nacional, a expandir seu conhecimento dos recursos minerais, por sua vez, atraindo empresas interessadas na descoberta de reservas em locais, até então, sem detalhamento devido.

Segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), o Estado do Piauí, de 2002 a 2007, ocupou, em média, o 17º lugar no *ranking* nacional de requerimentos de pesquisa; todavia, em 2008, o Estado ocupou o 4º lugar. Essa ascensão do Piauí no ranking nacional foi devido, em grande parte, aos pedidos de requerimentos de pesquisa de minério de ferro (mais de 40% do total de requerimentos), seguido pelo fosfato, destinado ao uso de fertilizantes.

Na Folha São Raimundo Nonato foram cadastrados 49 (quarenta e nove) ocorrências minerais, sendo: 21 (vinte e uma) ocorrências de ferro (formações ferríferas); 10 (dez) ocorrências de extração de paralelepípedos em rochas granitoides; 7 (sete) ocorrências de quartzo em veios; 3 (três) ocorrências de talco; 2 (duas) ocorrências de silexito; 2 (duas) ocorrências de mármore calcítico; e 1 (uma) ocorrência de manganês, de diabásio, ametista e de cianita.

### 7.1 - FERRO E MANGANÊS

A Folha São Raimundo Nonato foi um dos alvos da grande demanda por área com potencial em

minerais metálicos ferrosos. O metal que se mostrou mais promissor foi o ferro devido às exposições de formações ferríferas bandadas, na maioria das vezes laterizadas.

A maior concentração de ocorrências de formações ferríferas se encontra na porção sudeste da folha, ocorrendo principalmente nas rochas do Complexo Lagoa do Alegre (A4I). Frequentemente, esses corpos se apresentam como elevações abruptas capeadas por cangas lateríticas ou quartzitos.

Esta ocorrência está contida em quartzitos ferruginosos com estrutura bandada com leitos quartzosos e hematíticos alternados. As hematitas ocorrem também disseminadas em matriz quartzosa. A textura dos óxidos alcança dimensões centimétricas, mas no geral varia de 1 a 3 mm, conforme Figura 7.1. Existem ocorrências de manganês sempre subordinadas às ocorrências de ferro.

Através de interpretações de magnetometria foi possível estabelecer prolongamentos não aflorantes destes corpos magnéticos e verificar a correspondência entre a análise estrutural e das anomalias magnéticas subaflorantes.

Algumas amostras foram selecionadas para análise de seção polida, lâmina delgada e análise química. Infelizmente não se obteve os resultados de descrição de seções polidas para determinar que tipo de opacos estão presentes nas formações ferríferas.

O grunerita quartzito ferruginoso é uma rocha de granulação fina, bandada e foliada. Mostra textura granoblástica, composta por finas bandas

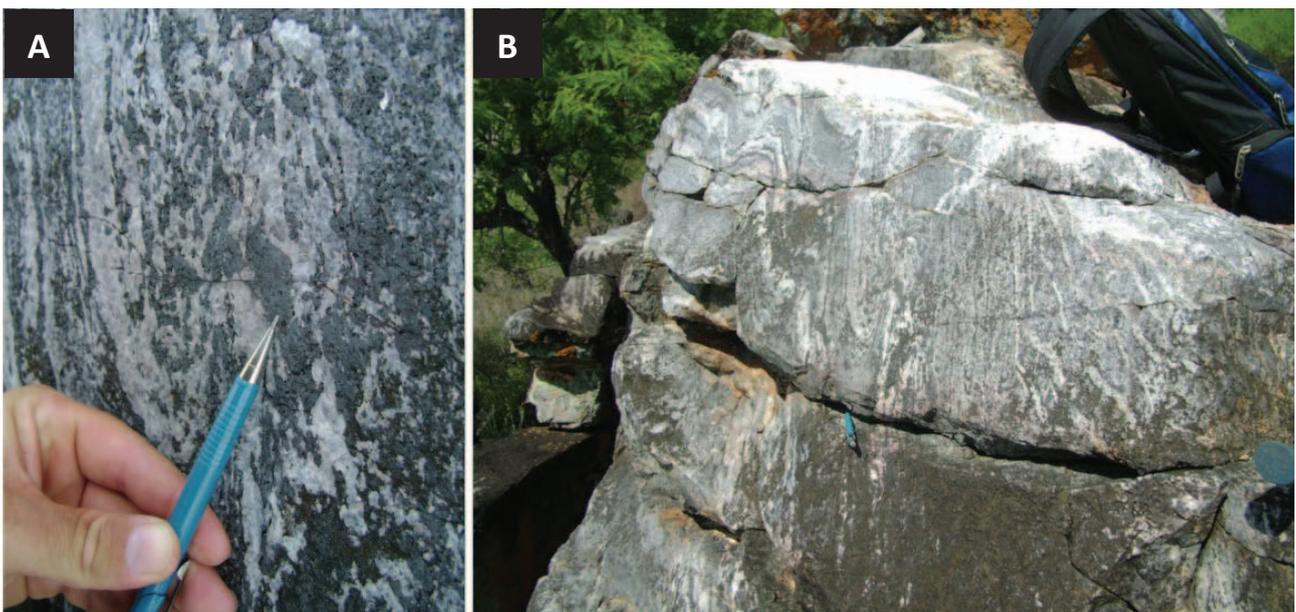


Figura 7.1 – A) Perfil de formação ferrífera bandada dobrada (em detalhe as concentrações de óxido de ferro); B) Formação ferrífera bandada com dobras de plano axiais 105/85 (visada paralela à direção da linha de charneira).

ora mais ricas em quartzo e opaco de granulação muito fina e, ora mais ricas em opaco e grunerita de granulação fina. Minerais opacos aparecem em cristais orientados < 1 mm, em faixas ricas em grunerita, que ocorre em cristais fibrosos incolores, impregnados por óxido de ferro. Quartzo ocorre em cristais equigranulares formando mosaicos. Em campo, a grunerita é reconhecida nas formações ferríferas pela coloração ocre quando se altera.

A grunerita é um anfibólio representante extremo da série cummingtonita-grunerita. Esta série apresenta composições ricas em Fe+2 da substituição Mg-Fe+2 nos anfibólios ferromagnesianos. A grunerita é típica do metamorfismo regional de formações ferríferas, numa faixa de temperaturas entre a zona da biotita até a zona da estauroлита.

O ortopiroxênio quartzito ferruginoso é uma rocha bandada mostrando textura porfiroblástica; mostra cristais porfiroblásticos de opaco < 3 mm, xenomórficos, dispostos em matriz de granulação fina, constituída essencialmente por quartzo e ortopiroxênio. O ortopiroxênio é verde e pleocroíco, orientado, rico em ferro, possivelmente ferro-hiperstênio ou mesmo eulita. Há clinopiroxênios verdes e não pleocroícos apesar de mais raros; associam-se com os ortopiroxênios, ocorrendo em bandas, associados também com opacos, alternadas por bandas mais ricas em quartzo que aparecem em cristais lenticulares de vários tamanhos orientados. A biotita marrom avermelhada é rara. Nas rochas metamórficas os ortopiroxênios são característicos de altas temperaturas tais como fácies piroxênio *hornfels* e granulito.

Com exceção da amostra do ponto GG186, posicionado na zona de cisalhamento principal da área (região do Morro do Melo), as amostras analisadas de formações ferríferas localizadas na porção leste da folha sugerem um incremento de fácies metamórfico de leste para oeste devido à presença de minerais característicos de fácies.

Na porção norte da folha, aflora no Morro dos Melos rocha de granulação fina a média, finamente bandada, mostrando bandas ora mais ricas em quartzo e bandas ora mais ricas em opaco e silicato alterado. O quartzo ocorre em cristais recristalizados formando mosaicos, com grãos de diversos tamanhos. Grãos opacos ocorrem em cristais pouco oxidados, sugerindo tratar-se de magnetita, mostrando grãos de granulação fina a média. Associado a esses ocorre mineral alterado em material silicoso e opaco, sugerindo ser um silicato de ferro alterado.

Com relação ao manganês, fora catalogado apenas uma única ocorrência localizada no Morro do Melo, porção norte-noroeste da folha. O Manganês ocorre de forma disseminada em rocha silicificada de coloração cinza-azulada, geralmente em formas de blocos.

## 7.2 - LAVRAS DE PARALELEPÉDO

De caráter sazonal, a extração de insumo para pavimentação se apresenta como fonte de

renda complementar para a população da zona rural durante o período de seca. A lavra é feita de modo rudimentar com instrumentos improvisados e por vezes o arranque dos blocos é feito com a deflagração de pólvora.

A extração é feita exclusivamente nos granitos Fartura do Piauí e Monte Alegre devido sua estrutura maciça a pouco foliada e textura homogênea. O mercado consumidor se limita às prefeituras dos municípios mais próximos.

## 7.3 - DEMAIS OCORRÊNCIAS

As ocorrências de mármore são em geral isoladas, sem exposição de rocha encaixante. Por vezes, alguns afloramentos de formações ferríferas e metabásicas estão próximos (metros a centenas de metros) de exposições de mármore. No entanto, relações de contato e estratigrafia não foram encontradas. Uma das ocorrências se localiza na porção oeste da folha, na região denominada Criada. Conforme na Figura 7.2, trata-se de um mármore calcítico com fraturas centimetricamente espaçadas de atitude 355/76, preenchidas por asbesto e foliação 235°/22°. Posicionou-se esta lente como pertencente ao Complexo Vítor.



Figura 7.2 – Mármore com fraturas (linhas tracejadas = traço das fraturas) preenchidas por asbesto.

As demais ocorrências estão associadas às formações ferríferas e rochas metabásicas encaixadas em gnaisses do Complexo Lagoa do Alegre (A4I).

Associados aos muitos cisalhamentos da folha, diversos veios de quartzo hialino foram mapeados; a maioria possui *trend* NNE-SSW e alguns possuem grandes exposições chegando a 400 m x 60 m, como no Morro do Pique. Na localidade da Lagoa da Onça foram encontradas drusas de ametistas em cacimbas furadas por nativos. Não se verificou indícios ou relatos de aproveitamento de quartzo e suas variedades nesta folha.

Foram encontradas ainda ocorrências esparsas de talco em forma de lentes de esteatitos encaixados nos gnaisses do embasamento concordantemente

deformados a esses. Dentro dos limites da folha São Raimundo Nonato não há indícios de exploração deste mineral, mas na zona limítrofe com a folha a leste, Bom Jardim, na região de Simão, houve exploração de talco na década de 80.

Uma ocorrência de cianita foi registrada na região do Morro do Garrote cuja hospedeira é um clorita flogopita cianita quartzito contendo até 15%

de cianita. São minerais que alcançam 15 centímetros de comprimento, distribuídos na rocha se orientação definida. A rocha encaixante é um quartzito mica xisto.

É comum a ocorrência de silicatos associados a corpos metabásicos e ferruginosos. Especialmente nestes últimos ocorrem também concentrações de calcedônia e opala leitosa, preenchendo interstícios da carapaça ferruginosa superficial.



## **8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.**

### **8.1 - CONCLUSÕES**

O mapeamento desta área foi realizado na escala 1:100.000, que combinado com dados petrográficos, litogeoquímicos, geofísicos e geocronológicos, além de informações bibliográficas da área, permitiram um avanço na cartografia geológica da folha, bem como o entendimento da estratigrafia e evolução da mesma, principalmente na porção correspondente ao estado do Piauí.

Este projeto obteve êxito no cumprimento do que se propõem um trabalho de mapeamento geológico além de estabelecer parâmetros técnicos para a evolução do setor mineral, que compõe o cerne deste trabalho, descobrindo e incrementando o montante de reservas minerais nacionais. Pode-se conhecer a vocação mineral da região e servindo de instrumento de desenvolvimento econômico futuro. Houve evolução tanto no conhecimento dos processos geológicos quanto no período em que ocorreram na região.

A unidade mais antiga do referido cráton, nesta folha, está representada pelas rochas arqueanas do Complexo Sobradinho-Remanso, constituídas principalmente por ortognaisses migmatíticos do tipo TTG.

O Complexo Lagoa da Ema, unidade com maior predominância no âmbito da folha, é representada por duas unidades, charnockítica e gnáissica, sendo constituídas principalmente por metacharnokitos e ortognaisses tonalíticos com supracrustais associadas, respectivamente.

O Complexo Lagoa do Alegre, unidade arqueana com ampla ocorrência na folha, é constituído por paragnaisses e rochas supracrustais constituídas por quartzitos, formações ferríferas, mármore e metamáfica-ultramáficas. A relação entre os complexos Lagoa da Ema e Lagoa do Alegre denota formar um terreno granito-*greenstone* de idade arqueana, com importante potencial para a prospecção mineral, tendo em vista as ocorrências de formações ferríferas já abordadas nesse relatório.

O Complexo Vitor, unidade de idade paleoproterozoica, é constituído por ortognaisses migmatíticos com enclaves máficos. Esse complexo representa o resultado de fusão parcial de rochas primitivas de composição tonalítica.

Os granitos Fartura do Piauí e Monte Alegre representam uma manifestação paleoproterozoica, mais precisamente do Período Orosiliano, e são constituídos por granodioritos e monzogranitos, por vezes gnaissificados, respectivamente.

A Bacia do Parnaíba está representada pela Formação Ipu, pertencente ao Grupo Serra Grande, de idade siluriana, composta, essencialmente, por arenitos e conglomerados e pela Formação Pimenteira pertencente ao Grupo Canindé, de idade devoniana, composta, essencialmente, por siltitos e folhelhos.

Estruturalmente, a porção mapeada correspondente à província São Francisco, e apresenta marcante tendência a estruturas com direção NE-SW, mergulhos comumente elevados e caimentos de baixo ângulo. Até mesmo rochas ácidas migmatizadas demonstram, por vezes, uma superimposição desse *trend*. Foliações divergentes do *trend* NNE-SSW compõem diferentes porções de dobras regionais, também com planos axiais NNE-SSW.

Como principais recursos minerais da área foram cadastradas ocorrências minerais de talco, mármore, manganês e ferro (formações ferríferas), pertencentes ao Complexo Lagoa do Alegre. Os granitoides presentes na área são uma importante fonte de extração de paralelepípedos, devido a sua estrutura maciça, pouco foliada e homogênea. Próximo as zonas de cisalhamento ocorrem importantes concentrações de quartzo hialino. Ocorrências esparsas de sílexito associados a corpos metabásicos e ferruginosos foram também encontradas.

As conclusões, com relação aos estudos geoquímicos, obtidas neste trabalho, ficam restritas a presença de minerais acessórios (ilmenita kimberlítica) de corpos kimberlíticos na área localizada próxima a presença de garimpos de diamante do sul do Piauí, além de duas zonas anômalas para Cr-Cu e Zn, localizadas na porção leste da folha.

### **8.2 - RECOMENDAÇÕES**

Recomenda-se a realização de datações geocronológicas adequadas para rochas das unidades litoestratigráficas dos complexos Vitor e Lagoa da Ema, todos pertencentes ao Cráton São Francisco, com o intuito de se entender melhor a relação entre os dois Complexos.

Seria conveniente a realização de um estudo prospectivo, no que se refere aos complexos Lagoa do Alegre e Lagoa da Ema, devido a sua similaridade com terrenos granito-*greenstone* que comumente apresentam importantes mineralizações de Au, Fe, Ni e Cu.



## 9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKMIM, F. F. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimitá-lo. In: Mantesso-Neto *et al.* (Ed.) **Geologia do continente sul americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Becca, 2004. p. 17-35.
- ALKMIM, F. F.; NEVES, B.B. de B.; ALVES, J.A. C. Arcabouço tectônico do cráton do São Francisco: uma revisão. In: DOMINGUEZ, J.L.M.; MISI, A. (Ed.). **O cráton do São Francisco**. Salvador. SBG Núcleo bahia-Sergipe, 1993. p. 45-63.
- ABREU, P.A. A. O supergrupo Espinhaço: o rifte, a bacia e o orógeno. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p.1-18. 1995.
- ABREU, P. A. A.; PFLUG, R. The geodynamic evolution of the southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. **Zentralblatt für Geologie und Paläontologie**, Stuttgart, v. I/2, p. 21-44, 1994.
- ALMEIDA, F.F.M. DE *et al.* **Mapa geológico do estado de São Paulo, escala 1:500.000**: nota explicativa. São Paulo: IPT, 1981. v. 1, 126 p. (Monografias, 6).
- ALMEIDA, F. F. M. Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.
- ANGELIM, L.A. DE A. (Org.). **Petrolina, folha SC.24-V-C, estados da Bahia, Pernambuco e Piauí**. Brasília: CPRM, 1997. 102 p., il. 2 mapas. Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.
- ARCANJO, J.B.; BRAZ FILHO, P. DE A. (Org.). **Curimatá folha SC.23-Z-A, Corrente folha SC.23-Y-B (parcial), Xique-Xique folha SC.23-Z-B (parcial)**: estados da Bahia e do Piauí. Brasília: CPRM, 1999. 64 p. il. Escala 1:250.000.
- Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.
- BARBOSA J.S.F.; SABATÉ, P. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco craton, Bahia, Brazil: geodynamic features. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 133, n. 1-2, p.1-27, Aug. 2004.
- CAMPBELL, D. F. Revised report on the reconnaissance geology of the Maranhão basin. In: CONSELHO NACIONAL DO PETRÓLEO. **Relatório interno**. Rio de Janeiro, 1949.
- CAMPOS NETO, M. C., CABY, R. Terrane accretion and upward extrusion  
Of high-pressure granulites in the neoproterozoic nappes of southeast Brazil: petrologic and structural constraints. **Tectonics**, Washington, DC, v. 19, n. 4, p. 669-687, Aug. 2000.
- CAPUTO, M. V. e LIMA, E. C. Estratigrafia, idade e correlação do grupo Serra Grande, bacia do Parnaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG Núcleo RJ, 1984. v.2, p.740-753.
- CAPUTO, M.V. **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil**. 1984. 583 f. Tese (Doutorado)-University of California, Santa Barbara, USA, 1984.
- CAROZZI, A. V. *et al.* **Análise ambiental e evolução tectônica sinsedimentar da seção siluro-eocarbonífero da bacia do Maranhão**. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1975. 2 v. (Ciência-Técnica-Petróleo. Seção Exploração do Petróleo, 7).
- COSTA, L.M.A.; INDA, H.A.V. O aulácogeno do Espinhaço. **Ciências da Terra**, São Paulo, n. 2, p. 13-18, jan./fev. 1982.
- COX, K. G.; BELL, J. D.; PANKHURST, R. J. **The Interpretation of igneous rocks**. London: George Allen & Unwin, 1979. xiii, 450 p., il.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto aerogeofísico médio São Francisco**: relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. Rio de Janeiro: Lasa Engenharia e Prospecções, 2009. 15 v. Programa Geologia do Brasil.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto Levantamento Aerogeofísico da Área Campo Alegre de Lourdes/Mortugaba**: relatório final de aquisição e processamento de dados. Rio de Janeiro: Lasa Engenharia e Prospecções 2006. 27 v.
- SOUZA, J.D. de *et al.* **Projeto Colomi**: geologia da região do médio São Francisco: relatório final. Salvador: CPRM, 1979. 3 v.
- DELLA FÁVERA, J. C. **Tempestitos na bacia do Parnaíba**, 1990. 560 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.
- FOLEY, S., TIEPOLO, M., VANNUCCI, R. Growth of early continental crust controlled by melting of amphibolite in subduction zones. **Nature**, [S.l.], v. 417, n. 6891, p. 837-840, Jun. 2002.

- FROST, B. R. et al. A geochemical classification for granitic rocks. **Journal of Petrology**, Oxford, v.42, n. 11, p. 2033–2048, Nov. 2001.
- FROST, C.D.; FROST, B.R. On Ferroan (A-type) granitoids: their compositional variability and modes of origin. **Journal of Petrology**, Oxford, v. 52, n. 1, p. 39-53, Jan. 2011.
- GOÉS, A. M. de O.; TRAVASSOS, W. A. S.; NUNES, K. C. **Projeto Parnaíba: reavaliação da bacia e perspectivas exploratórias**. Belém: Petrobras, 1993. v. 1, 115 p., il.
- GÓES, A. M.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p. 57-67, 1994.
- GROSS, G. A. **Geology of iron deposits in Canada: general geology and evolution of iron deposits**. [Ottawa]: Department of Mines and Technical Surveys, Canada, 1965. v. 1, 181 p. (Geological Survey of Canada. Economic geology report, n. 22).
- INDA H.A.V. et al. .O Cráton do São Francisco e a faixa de dobramento Araçuai. In: C. SCHOBENHAUS, C. (Coord.) et al. **Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais**. Brasília: DNPM, 1984. p. 194-284.
- SÁ, E.F. J. DE. A Chapada Diamantina e a faixa Santo Onofre: um exemplo de tectônica intraplaca no proterozoico médio do cráton do São Francisco. In: INDA; H.A.V.; MARINHO, M.M.; DUARTE, F.R. (Org.). **Geologia e recursos minerais do estado da Bahia: textos básicos**. Salvador: Secretaria das Minas e Energia, Coordenação da Produção Mineral, 1981. v. 4, p. 111-120.
- KEGEL, W. Contribuição para o estudo do devoniano na bacia do Parnaíba. **Boletim DGM.DNPM**, Rio de Janeiro, n. 14, 1953, 48 p.
- LEDRU, P.; JOHAN, V.; MILÉSI, J.P.; TEGYEY, M. Markers of the last stages of the Palaeoproterozoic collision: evidence for a 2 Ga continent involving circum-South Atlantic provinces. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 69, n. 1-4, p. 169-191, Oct. 1994.
- LEITE, C. M. M., SANTOS, R. A., CONCEIÇÃO, H. A. A província toleítico-alcalina de Campo Alegre de Lourdes: geologia e evolução tectônica. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 2., 1993, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1993 p. 56-59.
- LEITE, C. DE M. M. (Org.). **Campo Alegre de Lourdes, folha SC.23-X-D-IV; Peixe, folha SC.23-X-D-I, estado da Bahia, escala 1:100.000**. Brasília: CPRM, 1997. 204 p. Escala 1:100.000, il.;mapas. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Programa de Mapeamento Geológico/Metalogenético..
- LEITE, C. DE M. M. et al. **Projeto Remanso, fase I: relatório final**. Salvador: CBPM, 1987. Convênio SME-CBPM.
- MACHADO, N. et al. Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço meridional. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NÚCLEO DE MINAS GERAIS, 5.; SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NÚCLEO DE BRASÍLIA, 1., 1989, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG *Núcleo Minas Gerais*, 1989. v. 10 p.171-174.
- MCDONOUGH, W. F.; SUN, S. S. The composition of the Earth. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 120, n. 3-4, p. 223-253, Mar. 1995.
- MELO, S.C. **Geologia e recursos minerais da folha Barragem SC.23-X-B-VI: escala 1:100.000, estado do Piauí**. Teresina: CPRM, 2011. 88 p. il. color.
- MORAIS, J.F.S. DE; FIGUEIRÔA, I. (Org.). **Paulistana, folha SC.24-V-A: estados do Piauí, Bahia e Pernambuco**. Brasília: CPRM, 1997. 75 p. il., mapas. Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.
- NEVES, B.B. DE B.; CAMPOS NETO, M.C.; FUCK, R. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African cycle and orogenic collage. **Episodes**, [S.l.], v. 22, p.155-199, 1999.
- NEVES, B.B. DE B. et al. A evolução geocoológica da cordilheira do Espinhaço: dados novos e integração. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 9, n. 1, p.71-85, 1979.
- OLIVEIRA, R.G. **Arcabouço geotectônico da região da faixa Riacho do Pontal, nordeste do Brasil: dados aeromagnéticos e gravimétricos**. 1998.
- 157 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- PEARCE, J.A. Source and settings of granitic rocks. **Episodes**, [S.l.], v.19, p. 120-125, 1996.
- PFLUG, R.; RENGER, F. Estratigrafia e evolução geológica da margem sudeste do cráton Sanfranciscano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27., 1973, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SBG Núcleo Nordeste, 1973. v. 2, p. 5–19.
- PLUMMER, F. D. **Geossinclíneo do Parnaíba: relatório interno**. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Petróleo,1946.
- PRADO, F.S.; VASCONCELOS, A.M. (Org.). **Barra do Bonito, folha SC.24-V-A-IV: estados do Piauí e Bahia: texto explicativo**. Brasília: CPRM, 1991. 160 p. Escala 1:100.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.
- RODRIGUES, R. **Estudo sedimentológico e estratigráfico dos depósitos silurianos e devonianos**

- da bacia do Parnaíba.** Belém: PETROBRÁS, 1967. 61 p., il. (Relatório técnico, n. 273).
- SANTOS, R.A. dos. **Observações geológicas nas folhas São Raimundo Nonato e Barragem, escala 1:100.000, estado do Piauí:** relatório de viagem. Salvador: CPRM, 2009. 1 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil.
- SCHOBENHAUS FILHO, Carlos. **O proterozóico médio no Brasil com ênfase à região centro-leste:** uma revisão. Freiburg, 1993. 166 p. Tese(Doutorado em geociências)-Universidade Albert-Ludwig, Faculdade de Geociências, Freiburg, Alemanha.
- SCHOBENHAUS, C. et al. Idade U/Pb do vulcanismo Rio dos Remédios, Chapada Diamantina, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Camboriú. **Anais...** Camboriú, SC: SBG Núcleo Santa Catarina, 1994. v. 2, p. 397-399.
- SMALL, H. L. **Geologia e suprimento d'água subterrânea no Piauí e parte do Ceará.** Rio de Janeiro: Inspeção Federal de Obras Contra as Secas, 1914. 146 p. (Série 1-D. Geologia, 32).
- SOUZA, J. D. DE et al. **Projeto Colomi: geologia da região do médio São Francisco: relatório final.** Salvador: CPRM, 1979. 3 v.
- TEIXEIRA, W.; FIGUEIREDO, M.C.H. An outline of early Proterozoic crustal evolution in the São Francisco craton, Brazil: a review. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 53, n. 1-2, p. 1-22, Oct. 1991.
- TEIXEIRA, W. et al. Archean and paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Cráton. In: CORDANI, U.G. et al. (Ed.) **Tectonic evolution of South America.** Rio de Janeiro: 31th International Geological Congress, 2000. p. 101-138.
- TROMPETTE, R. et al. The Brasiliano São Francisco craton revisited (central Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 6, n. 1-2, p. 49-57, Jul./Aug. 1992.
- UHLEIN, Alexandre. **Transição cráton-faixa dobrada:** exemplo do cráton do São Francisco e da faixa Araçuaí (ciclo brasileiro) no estado de Minas Gerais: aspectos estratigráficos e estruturais. 1991. 295 f., il. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- VAZ, P. T. et al. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. , n. 2, p. 253-263, maio/nov. 2007.
- WHALEN, J. B.; CURRIE, K. L.; CHAPPELL, B. W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, Berlin, v. 95, n. 4, p. 407-419, Apr. 1987.

A elaboração do mapa geológico e recursos minerais da Folha São Raimundo Nonato, 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 Teresina do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, dentro das diretrizes do Programa Geologia do Brasil.

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

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

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

## **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA SÃO RAIMUNDO NONATO SC.23-X-D-II**

**Escala: 1:100.000**

### **ESTADO DO PIAUÍ**



**PAC**

[www.cprm.gov.br](http://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