



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**ÁREA DE METALOGÊNESE**

**AUTORA: SOLANGE DOS SANTOS COSTA**

**DELIMITAÇÃO DO ARCABOUÇO TECTÔNICO DO CINTURÃO GUIANA  
CENTRAL, ESTADO DE RORAIMA, COM BASE NA ANÁLISE  
INTEGRADA DOS DADOS GEOFÍSICOS, GEOLÓGICOS, ISOTÓPICOS E  
IMAGENS DE SATÉLITE**

**ORIENTADORA: Profa. Dra. Elisabete M. Pascholati**

**CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Elson Paiva de Oliveira**

Aprovada em: 17/01/2005

**EXAMINADORES:**

**Profa. Dra. Elisabete M. Pascholati**

**Prof. Dr. Colombo C. Gaeta Tassinari**

**Dra. Leda Maria B. Fraga**

**Prof. Dr. Alvaro Penteado Crósta**

**Profa. Dra. Adalene M. da Silva**

**Presidente**

Campinas, 17 de janeiro de 2005

542042005

INIDADE	BE
CHAMADA	Unicamp
	C8230
EX	
OMBO BCI	64013
ROC.	16-P-00086-05
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
REÇO	11,00
ATA	01/06/05
% CPD	

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO ELABORADA PELA BIBLIOTECA  
DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS/UNICAMP

ibid: 351691

C8230<sup>d</sup> Costa, Solange dos Santos  
Delimitação do arcabouço tectônico do Cinturão Guiana Central,  
Estado de Roraima, com base na análise integrada dos dados  
geofísicos, geológicos, isotópicos e imagens de satélite /  
Solange dos Santos Costa.- Campinas,SP.: [s.n.], 2005.

Orientador: Elisabete Maria Pascholati, Elson Paiva de Oliveira.  
Tese (doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de  
Geociências.

1.Geofísica – Sensoriamento remoto – Roraima. 2.Cinturão Guiana  
Central. 3. Aerogeofísica. 4. Geologia isotópica. I. Pascholati, Elisabete  
Maria. II. Oliveira, Elson Paiva de . III. Universidade Estadual de  
Campinas, Instituto de Geociências. IV. Título.



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE METALOGÊNESE**

**AUTORA: SOLANGE DOS SANTOS COSTA**

**DELIMITAÇÃO DO ARCABOUÇO TECTÔNICO DO CINTURÃO GUIANA  
CENTRAL, ESTADO DE RORAIMA, COM BASE NA ANÁLISE  
INTEGRADA DOS DADOS GEOFÍSICOS, GEOLÓGICOS, ISOTÓPICOS E  
IMAGENS DE SATÉLITE**

**ORIENTADORA: Profa. Dra. Elisabete M. Pascholati**

**CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Elson Paiva de Oliveira**

Aprovada em: 17/01/2005

**EXAMINADORES:**

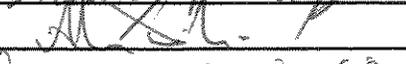
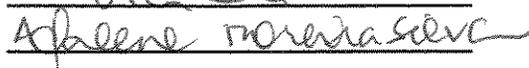
**Profa. Dra. Elisabete M. Pascholati**

**Prof. Dr. Colombo C. Gaeta Tassinari**

**Dra. Leda Maria B. Fraga**

**Prof. Dr. Alvaro Penteado Crósta**

**Profa. Dra. Adalene M. da Silva**

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_

**Presidente**

Campinas, 17 de janeiro de 2005

*Para minha Mãe, meu maior exemplo de vida.*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que contribuíram direta ou indiretamente, para a realização desta pesquisa.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pela concessão da bolsa de estudo.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro para a realização dos trabalhos de campo, análises e obtenção de dados.

À Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM) pela concessão dos dados aerogeofísicos e do veículo para a primeira viagem de campo.

Ao sábio prof. Dr. Gilberto Amaral (*in memoriam*), agradeço pela amizade e por todos os ensinamentos.

À prof. Dra. Elisabete Maria Pascholati por ter acreditado e confiado neste projeto. Agradeço-a, também, pela orientação, amizade, respeito e compreensão durante todos estes anos de trabalho.

Ao prof. Dr. Elson Paiva de Oliveira, co-orientador desta pesquisa, agradeço pela participação nos trabalhos de campo e pelas discussões geológicas.

Ao prof. Dr. Álvaro Penteado Crósta, profa. Dra. Adalene Moreira da Silva e geóloga Dra. Leda Maria Barreto Fraga, membros da qualificação, pelas críticas e sugestões.

Aos professores do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Amazonas Rutenio Luis Castro de Araújo, João da Silva Carvalho e Maria Custódia Meirelles, pelo constante incentivo e apoio.

Ao geólogo Fernando Pereira de Carvalho, da CPRM, pelo apoio para a realização dos trabalhos de campo.

Ao geólogo Nelson Joaquim Reis, da CPRM, pelo auxílio e informações geológicas fornecidas durante a primeira etapa do trabalho de campo.

Ao prof. Carlos José Archanjo, do Instituto de Geociências, da USP, pelo empréstimo do susceptímetro.

Ao Sr. Luis Rodrigues da Silva, da CPRM, auxiliar e companheiro no desenvolvimento dos trabalhos de campo, sempre trabalhando com muita disposição e humor.

Ao geólogo Ulisses Oliveira Vieira, do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), pelo apoio prestado durante a realização da tese.

Aos funcionários do IG-UNICAMP: Ricardo, Moacir, Juarez, Edinalva, Sr. Aníbal, Maurícia, Davison, Cristiano, Virgínia, Dailto, Aparecida, Lúcia, Dorinha, Cássia e Márcia obrigada pela agradável convivência e por todos os serviços prestados.

À amiga Valzinha, uma excelente profissional e um lindo ser humano. Obrigada por tudo.

Aos amigos e colegas que foram fundamentais na superação de mais esta etapa da minha vida: Ingrid, Rodrigo, Bienvenido, Ricardo (da Venissa), Gustavo, Monge, Joseane, Rodriguinho, Amante, Juliane, Porpeta, Vagney, Emerson, Clarete, Aurélio, Érica, Ticiano, Tales, Rosa, Juju, Vanilson, Rômulo, Pedro, Bárbara, Flora, Raiza, Gabi, Léo, Shirley, Alexandre, Dani, Zé Carlos, César e Cris (papito).

Às meninas do clube “amigas da Solzinha”: Marcinha, Venissa, Irian, Juliana, Regla, Carlinha, Valzinha, Rose, Rosana e Catarina. Vocês são maravilhosas e únicas. Obrigada pelos momentos maravilhosos e divertidos que passamos juntas.

À amiga Venissa, obrigada pela sua família que por muitas vezes aqueceu o meu coração, em especial aos avós Mercedes e Iraci. Vocês são pessoas únicas no mundo.

À minha família, mãe, pai, irmãs e irmãos Hamilton, Déa, Lilia, Gilda, Sandrinha, Yarinha, Bya e Alan. Aos sobrinhos, Kado, Beto, Rafa, Vanessa, Fred, Andressa, Neto, Viviane, Victor, Thiaguinho, Taináh, Vinícius e Mateus. Aos cunhados Chico e Ivan. Vocês são minha fonte de energia e meu porto seguro.

Ao Clauzionor, meu eterno namorado, obrigada pela compreensão, incentivo, dedicação, estímulo, otimismo, humor e pelas discussões geológicas. Em especial, por dividir os momentos de alegria e tristeza percorridos durante estes anos.



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE METALOGÊNESE**

**Delimitação do arcabouço tectônico do Cinturão Guiana Central, estado de Roraima, com base na análise integrada dos dados geofísicos, geológicos, isotópicos e imagens de satélite**

**RESUMO**

**TESE DE DOUTORADO**

**Solange dos Santos Costa**

O Cinturão Guiana Central é uma importante feição tectônica marcada por um conjunto de estruturas deformadas com direção geral NE-SW, que corta o Cinturão Parima NW-SE e se estende da parte ocidental do estado do Amazonas (Pico da Neblina) até as proximidades de Paramaribo (Suriname), atravessando o estado de Roraima e a República da Guiana, ao longo de quase 1.200 km. A história geológica e tectônica desse cinturão é bastante complexa e mostra evidências de deformação desde o Paleoproterozóico até o Mesozóico, com evidências em épocas mais recentes.

O estudo em pauta foi desenvolvido na região central do escudo das Guianas, estado de Roraima, envolvendo uma área em torno de 131.500 km<sup>2</sup>. O principal objetivo foi realizar a integração de dados aerogeofísicos, imagens de satélite, informações geológicas e análises isotópicas de Nd, a fim de avançar nos conhecimentos geológicos e estruturais dessa região.

A análise geofísica utilizou os levantamentos aéreos gamaespectrométrico e magnético dos projetos Rio Branco e Uraricoera. Os dados gamaespectrométricos do Projeto Uraricoera foram corrigidos para, posteriormente, serem analisados e interpretados em conjunto com o Projeto Rio Branco. Os diversos produtos resultantes permitiram a identificação de assinaturas gamaespectrométricas correlacionadas às unidades litológicas mapeadas na região e posterior definição de domínios. Conseqüentemente, novas unidades litológicas, contatos geológicos e feições estruturais foram estabelecidas e associadas ao modelo estrutural existente para a região.

O processamento e análise dos dados magnéticos permitiram a identificação de assinaturas associadas às unidades litológicas e estruturais da região, e conseqüente determinação de domínios magnéticos. Em profundidade, grandes blocos magnéticos podem ser definidos ao longo do Cinturão Guiana Central e adjacências. Por outro lado, na região do Cinturão Parima, as baixas anomalias indicam grandes blocos não-magnéticos e também delimitam áreas de coberturas sedimentares e/ou bacias, como por exemplo, o hemígraben do Tacutu. Novas feições estruturais foram identificadas tais

como sigmóides, zonas lenticulares, falhas e fraturas. O Cinturão Guiana Central NE-SW, que se destaca como uma forte anomalia magnética e baliza, inclusive, a orientação do hemigraben do Tacutu, truncando as estruturas do Cinturão Parima de direção NW-SE.

A análise cinemática de alguns dos elementos estruturais foi estabelecida conforme o deslocamento de corpos magnéticos e inflexões dos lineamentos, indicando falhas transcorrentes sinistrais NE-SW, no limite norte do Cinturão Guiana Central. Esse fato evidencia a complexidade do quadro tectônico da região e sugere processos de reativação em épocas distintas. A técnica de Fatiamento Magnético permitiu identificar contatos geológicos e tectônicos em profundidade e estabelecer os limites norte e sul do Cinturão Guiana Central.

As imagens Landsat-5/TM, com resolução espacial de 30 m permitiram a identificação de feições estruturais rúpteis e dúcteis (dobras, sigmóides, falhas, foliações e fraturas), porém a correlação entre a litologia e a resposta espectral foi limitada permitindo distinguir apenas alguns litotipos.

As imagens de Radar interferométricas da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), integradas aos dados aerogeofísicos, permitiram observar o comportamento dos radioelementos em relação à topografia e identificar os lineamentos magnéticos associados às estruturas da região.

Os dados estruturais obtidos em campo mostram, a norte, que as litologias estão fortemente deformadas, com foliação em NE-SW, de acordo com o Cinturão Guiana Central. A porção central apresenta intensa deformação com foliações em alto ângulo, dobras e empurrões (direções NE-SW, E-W), com transporte de noroeste para sudeste e também de norte para sul. Falhas transcorrentes dextrais e sinistrais, paralelas ao Cinturão Guiana Central, foram mapeadas e sugerem um sistema de transpressão associado ao quadro tectônico regional.

As idades modelo obtidas nas litologias ao longo do Cinturão Guiana Central forneceram  $T_{DM}$  paleoproterozóica, com  $\epsilon_{Nd}$  predominantemente negativo e podem representar uma mistura de crosta juvenil paleoproterozóica de derivação mantélica ou ainda, diferentes proporções de material crustal mais antigo. A idade do metamorfismo foi estabelecida em torno de  $1.910 \text{ Ma} \pm 45 \text{ Ma}$ , compatível com o ciclo Transamazônico, utilizando os métodos Sm/Nd e U/Pb.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE METALOGÊNESE**

**Delimitation of the tectonic framework of the Central Guyana Belt,  
Roraima State, based on the integrated analysis of isotopic, geological,  
geophysical data and remote sensing**

**ABSTRACT**

**DOCTORATE THESIS**

**Solange dos Santos Costa**

The Central Guyana Belt is an important tectonic feature that encompasses a set of deformed structures with NE-SW general trend. Its extension is about 1,200 km, from the western part of the Amazonas state (Neblina Peak) to Paramaribo (Suriname), crossing the Roraima state and the Guyana Republic, and it cuts ancient structures of the Parima Belt. The geological and tectonic history of this tectonic belt is complex and shows evidences of deformation since the Paleoproterozoic until the Mesozoic, and may be reaching more recent periods.

The present work was carried out in the central part of the Guyana Shield, Roraima state, in an area of about 131,500 km<sup>2</sup>. The main objective was to integrate aerogeophysical and remote sensing data with geological data and Nd isotopic analysis, in order to improve the geological and structural knowledge of the region.

The geophysical studies were based on the airborne gammaespectrometric and magnetic surveys of the Rio Branco and Uraricoera Projects. The gamma-ray data of the Uraricoera Project were first corrected for further evaluation and interpretation together with the data from the Rio Branco Project. Several products were obtained. They permitted to observe significant radiometric signatures correlated to the lithological units mapped on the area for subsequent domain definitions. Therefore, new geological formations, contacts, and structural features were established and associated to the existing structural model.

Concerning the processing and evaluation of the magnetic data, they permitted the identification of signatures associated to the geological and structural units of the region with consequent determination of the magnetic domains. At depth, huge magnetic blocks can be assigned throughout the Central Guyana Belt and its surroundings. However, in the Parima Belt, low intensity anomalies are related to non-magnetic blocks and also delineate sedimentary covers or basins, e.g. the Tacutu hemigraben. New structural features were identified such as sigmoid, lenticular zones, faults, and

fractures. The NE-SW trending Central Guyana Belt is related to an intense magnetic anomaly that controls the orientation of the Tacutu hemigraben, but truncates the structures of the NW-SE trending Parima Belt.

The kinematic analysis of structural elements was established according to the magnetic bodies displacement and inflections of lineaments. The northern limit of the Central Guyana Belt is a NE-SW trending sinistral, transcurrent fault. This fact is an evidence of the enormous complexity of the tectonic framework and suggests reactivation processes in different stages. The Magnetic Slicing Technique permitted the identification of deep geological and tectonic contacts, besides the establishment of the northern and southern limits of the Central Guyana Belt.

Brittle and ductile structural features (folds, faults, foliations and fractures) were identified based on Landsat-5/TM images (30 m spatial resolution). Nevertheless, the correlation between lithology and spectral response was limited and allowed to distinguish only some geological units.

Interferometry data acquired by the *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) were integrated to the airborne geophysical data. They enabled us to observe the radioelements behavior related to the topography and the identification of magnetic lineaments associated with regional structures.

Field structural data showed that the lithological units are intensely deformed on the northern part and exhibit NE-SW foliation according to the Central Guyana Belt. The central part also shows intense deformation, with folds and thrusts with high angle foliation (NE-SW and E-W directions), with transport from NW to SE and also from N to S. Dextral and sinistral transcurrent faults parallel to the Central Guyana Belt were mapped and suggest a transpressive system associated to the regional tectonic framework.

Model ages in several formations along the Central Guiana Belt were obtained and gave a paleoproterozoic  $T_{DM}$  with predominantly negative  $\epsilon_{Nd}$ . They can represent a mixture of juvenile paleoproterozoic crust (mantle derivation) with different amounts of older crustal material. The metamorphism age was established around  $1,910 \text{ Ma} \pm 45 \text{ Ma}$ , in accordance with the Transamazonian cycle, using U-Pb and Sm-Nd methods.

## ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Objetivos .....	02
CAPÍTULO 2 - CONTEXTO GEOLÓGICO.....	05
2.1 Introdução.....	05
2.2 Contexto tectônico.....	05
2.3 Geologia regional.....	09
2.4 Geologia local.....	14
2.4.1 Paleoproterozóico.....	14
2.4.1.1 Complexo Metamórfico Anauá (PPcma).....	14
2.4.1.2 Suíte Metamórfica Urariqüera (PPsmu).....	14
2.4.1.3 Grupo Cauarane (PPgc).....	15
2.4.1.4 Suíte Metamórfica Parima (PPsmp).....	16
2.4.1.5 Suíte Intrusiva Pedra Pintada (PPsipp).....	16
2.4.1.6 Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru).....	16
2.4.1.7 Suíte Intrusiva Igarapé Azul (PPsiia).....	17
2.4.1.8 Suíte Intrusiva Serra da Prata (PPsisp).....	17
2.4.1.9 Grupo Surumu (PPgs).....	18
2.4.1.10 Grupo Iricoumé (PPgi).....	18
2.4.1.11 Suíte Intrusiva Água Branca (PPsiab).....	19
2.4.1.12 Suíte Intrusiva Mapuera (PPsima).....	19
2.4.1.13 Complexo Cauaburi (PPcc).....	20
2.4.1.14 Supergrupo Roraima (PPsgr).....	20
2.4.1.15 Suíte Máfica Serra da Estrutura (MPsmse).....	20
2.4.1.16 Suíte Máfica Uraricaá (PPsmura).....	21
2.4.2 Mesoproterozóico.....	21
2.4.2.1 Suíte Intrusiva Auaris (MPsia).....	21
2.4.2.2 Suíte Intrusiva Igarapé Reilau (MPsiir).....	21
2.4.2.3 Suíte Intrusiva Surucucus (MPsis).....	21
2.4.2.4 Suíte Intrusiva Mucajaí (MPsim).....	22
2.4.2.5 Anortosito Repartimento (MPar).....	22

2.4.3 Mesozóico.....	22
2.4.3.1 Complexo Vulcânico Apoteri (Fcva).....	22
2.4.3.2 Formação Serra do Tucano (Ffst).....	23
2.4.4 Cenozóico.....	23
2.4.4.1 Formação Boa Vista (Ffbv).....	23
<b>CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
3.1 Materiais .....	24
3.1.1 Imagens Landsat-5/TM.....	24
3.1.2 Imagem de Radar Interferométrico da missão SRTM.....	24
3.1.3 Dados aerogeofísicos.....	24
3.1.4 Dados topográficos.....	25
3.1.5 Mapa geológico.....	25
3.1.6 Amostras para análise isotópica de Nd e datação U/Pb.....	25
3.1.7 Equipamentos.....	26
3.1.8 Acervo bibliográfico.....	26
3.2 Métodos.....	26
3.2.1 Dados aerogeofísicos.....	26
3.2.1.1 Processamento digital dos dados aeromagnéticos.....	28
3.2.1.2 Processamento digital dos dados aerogamaespectrométricos.....	34
3.2.2 Imagens Landsat-5/TM .....	35
3.2.3 Modelo Digital de Elevação por interferometria da missão SRTM .....	36
3.2.4 Mapas geológicos .....	36
3.2.5 Análise isotópica .....	36
<b>CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS</b>	<b>38</b>
4.1 Análise e interpretação dos dados aeromagnéticos.....	38
4.1.1 Correlação das fontes magnéticas com as unidades geológicas.....	43
4.1.2 Profundidade das fontes magnéticas.....	48
4.1.2.1 Espectro da potência.....	48
4.1.2.2 Amplitude do sinal analítico em diferentes profundidades - Fatiamento Magnético.....	49
4.1.2.3 Perfis magnéticos.....	52

4.1.3	Análise do comportamento dos lineamentos magnéticos a grandes profundidades .....	70
4.1.4	Domínios magnéticos-estruturais.....	79
4.1.4.1	Domínio magnético-estrutural 1 (DME1).....	79
4.1.4.2	Domínio magnético-estrutural 2 (DME2).....	84
4.1.4.3	Domínio magnético-estrutural 3 (DME3).....	84
4.1.4.4	Domínio magnético-estrutural 4 (DME4).....	85
4.2	Interpretação e integração dos dados aerogamaespectrométricos.....	88
4.2.1.	Recuperação e correção dos dados gamaespectrométricos do Projeto Uraricoera .....	88
4.2.2	Correlação entre os dados gamaespectrométricos e as unidades geológicas.....	95
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO .....		115
5.1	Análise e interpretação das imagens Landsat-5/TM .....	115
5.1.1	Análise dos lineamentos.....	118
5.2	Análise e interpretação do Modelo Digital de Elevação por interferometria da missão SRTM .....	133
CAPITULO 6 - GECRONOLOGIA U-Pb e Sm-Nd e GEOQUÍMICA ISOTÓPICA-SISTEMA Sm-Nd .....		136
6.1	Introdução .....	136
6.2	Amostras analisadas .....	136
6.3	Geocronologia U-Pb e Sm-Nd.....	139
6.4	Idades Modelos - resultado e discussão .....	141
CAPÍTULO 7 - INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS .....		151
CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES.....		171
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		174

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Mapa de localização da área pesquisada e dos levantamentos aerogeofísicos.....	3
<b>Figura 2.1</b> – Embasamento da Plataforma Sui-Americana, modificado de Almeida <i>et al.</i> (1997) e Almeida & Hasui (1984) e a localização da área de estudo.....	6
<b>Figura 2.2</b> - Províncias geocronológicas do Cráton Amazônico, segundo Teixeira <i>et al.</i> 1989; Tassinari (1996) e Tassinari & Macambira (1999) e a localização da área de estudo.....	8
<b>Figura 2.3</b> - Blocos crustais da região Amazônica no Brasil, segundo Hasui <i>et al.</i> (1984).....	9
<b>Figura 2.4</b> - Mapa geológico simplificado do estado de Roraima, com os principais domínios litoestruturais do Proterozóico, conforme Reis & Fraga (1998) e Reis <i>et al.</i> (2003). Domínio 1- Parima; 2- Uraricoera, 3 – Guiana Central e 4 – Anauá-Jatapu.....	11
<b>Figura 3.1</b> - Fluxograma das principais etapas de processamento dos dados aerogeofísicos.....	27
<b>Figura 3.2</b> - Fluxograma das principais etapas de processamento das imagens de sensores remotos.....	28
<b>Figura 3.3</b> - Fluxograma das etapas seguidas para a análise das fontes magnéticas em profundidade.....	32
<b>Figura 4.1</b> - Produtos obtidos a partir dos dados magnéticos: A- campo magnético anômalo, B- amplitude do sinal analítico, C-fase do sinal analítico, D-derivada vertical, E-susceptibilidade magnética aparente e F-continuação ascendente a 1500 m.....	39
<b>Figura 4.2</b> - Imagem dos domínios magnéticos obtidos a partir da classificação não supervisionada.....	40
<b>Figura 4.3</b> - Imagem da amplitude do sinal analítico gerada a partir do campo magnético anômalo micronivelado. São apresentadas também, as anomalias correlacionáveis com as unidades geológicas (contorno preto) e as não correlacionáveis (contorno branco). As letras correspondem a cada uma dessas anomalias que serão discutidas no decorrer do texto.....	45
<b>Figura 4.4</b> - Espectro da potência do campo magnético anômalo (a), com as respectivas profundidades estimadas da área de estudo (b).....	48
<b>Figura 4.5</b> - Imagens resultantes da aplicação da Técnica de Fatiamento Magnético: a) 0,5 km, b) 3 km, c) 6 km, d) 9 km, e) 12 km e f) 15 km (Anexo 3)	
<b>Figura 4.6</b> - Perfil P1 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades. Os números no topo do gráfico correspondem às unidades litológicas em superfície.....	53
<b>Figura 4.7</b> - Perfil P2 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades. Os números no topo do gráfico correspondem às unidades litológicas em superfície.....	56
<b>Figura 4.8</b> - Perfil P3 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades.....	59
<b>Figura 4.9</b> - Perfil P4 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades.....	62
<b>Figura 4.10</b> - Perfil P5 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades.....	65
<b>Figura 4.11</b> - Perfil P6 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades.....	68
<b>Figura 4.12</b> - Imagens resultantes da aplicação do filtro de primeira derivada vertical sobre os dados de continuação ascendente nas seguintes profundidades: a) 0,5 km, b) 3 km, c) 6 km, d) 9 km, e) 12 km.....	72
<b>Figura 4.13</b> - Diagrama de roseta confeccionada para as seguintes profundidades: a) 0,5 km, b) 3 km, c) 6 km, d) 9 km, e) 12 km e f) 15 km.....	74
<b>Figura 4.14</b> - Imagem da Deconvolução de Euler com Índice Estrutural igual a zero (IE=0).....	77
<b>Figura 4.15</b> – Domínios magnéticos-estruturais da área de estudo (1, 2, 3, e 4 em amarelo) a partir da primeira derivada vertical do campo magnético anômalo, comparados aos domínios litoestruturais de Reis & Fraga 1998 e Reis <i>et al.</i> (2003).....	80
<b>Figura 4.16</b> - Imagem da primeira derivada vertical do campo magnético anômalo com os principais lineamentos magnéticos (linha amarela) e detalhes A e B (quadrado azul).....	82
<b>Figura 4.17</b> – Gráficos dos canais radiométricos versus altura do voo: a)tório, b)urânio, c)potássio e d)contagem total, correspondente aos dados originais do projeto Uraricoera (corrigidos com o valor $\mu$ da PROSPEC).....	87
<b>Figura 4.18</b> - Gráficos dos canais radiométricos: a) tório, b) urânio, c) potássio e d) contagem total, versus a altura de voo, correspondente aos dados originais do projeto Uraricoera sem a correção da atenuação atmosférica.....	91

<b>Figura 4.19</b> - Canal do potássio: a) dados sem correção e b) dados corrigidos.....	93
<b>Figura 4.20</b> – Imagem do canal de tório (ppm) micronivelado. Cada símbolo representa um domínio citado no decorrer do texto.....	97
<b>Figura 4.21</b> – Imagem do canal do urânio (ppm) micronivelado. Cada símbolo representa um domínio citado no decorrer do texto.....	100
<b>Figura 4.22</b> – Imagem do canal do potássio em pseudocolor.....	103
<b>Figura 4.23</b> – Imagem do canal de contagem total micronivelado. Cada símbolo representa um domínio citado no decorrer do texto.....	107
<b>Figura 4.24</b> – Imagem ternária RGB (K-Red, Th-Green, U-Blue).....	111
<b>Figura 4.25</b> – Imagem ternária CMY (K-Cyan, Th-Magenta, U-Yellow).....	113
<b>Figura 5.1</b> – Mosaico das cenas 231/59, 232/58 e 59, 233/58 e 59 em RGB-457.....	116
<b>Figura 5.2</b> – Mosaico da banda 4 (cenas 231/59, 232/58 e 59, 233/58 e 59) com os principais lineamentos (azul e vermelho) e os compartimentos estruturais (linha amarela): CP-Cinturão Parima e CGC-Cinturão Guiana Central. Note a localização de algumas feições estruturais abordadas nas figuras subseqüentes (em branco). O diagrama de roseta corresponde aos traços vermelhos.....	119
<b>Figura 5.3</b> – Detalhe da Figura 5.2 (A), cena 233/58 em RGB-542, onde estão realçadas as inflexões do Cinturão Parima (NW-SE), próximo ao limite norte do Cinturão Guiana Central (NE-SW) (linha branca), com indicação sinistral.....	123
<b>Figura 5.4</b> - Detalhe da Figura 5.2 (B), cena 232/58 em RGB-457, onde pode ser notado o padrão de drenagem subparalelo controlado pela direção NE-SW (A) e o subdendrítico (B) encaixado tanto na direção NW-SE quanto NE-SW.....	125
<b>Figura 5.5</b> - Detalhe da Figura 5.2 (C), cena 232/59, em tons de cinza, que mostra uma megadobra (em vermelho) e sistema de falhas (em amarelo), envolto em provável sigmóide (em branco).....	125
<b>Figura 5.6</b> - Detalhe da Figura 5.2 (D), cena 232/59, em tons de cinza, onde pode ser observado um corpo granítico na região do rio Água Boa do Univini. A estrutura mostra uma deformação dúctil (traço vermelho) e diversas feições rúpteis (traço amarelo).....	127
<b>Figura 5.7</b> - Detalhe da Figura 5.2 (E), cena 231/59, em tons de cinza, onde pode ser identificada uma megafoliação do tipo S-C nos ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu.....	129
<b>Figura 5.8</b> - Detalhe da Figura 5.2 (F), cena 232/59, que mostra a estrutura circular pouco deformada, possivelmente de intrusivas básicas (vermelho), em meio às supracrustais Cauarane na região da serra da Mocidade.....	131
<b>Figura 5.9</b> – Modelo Digital de Elevação da missão SRTM com a sobreposição das unidades de relevo definidas pelo IBGE (1991) (linhas pretas): 1- Planalto Amazonas-Orenoco, 2 – Planalto Residual da Amazônia Setentrional, 3- Depressão da Amazônia Setentrional, 4 – Planície Interiorana.....	134
<b>Figura 6.1</b> - Diagrama de concórdia mostrando os dados U-Pb obtidos para titanita de biotita ortognaisse da Suíte Metamórfica Rio Urubu.....	139
<b>Figura 6.2</b> - Diagrama de isocróna Sm-Nd obtido para granada (GR) e rocha total (RT) de granada gnaisse do Grupo Cauarane (amostra SC-58).....	140
<b>Figura 6.3</b> - Diagrama de isocróna Sm-Nd obtido para granada (GR) e rocha total (RT) de granada gnaisse do Grupo Cauarane (amostra SC-61a).....	140
<b>Figura 6.4</b> - Diagrama de evolução isotópica $\epsilon_{Nd}$ versus tempo geológico T (Ga) para o domínio Anauá-Jatapu. As siglas da legenda correspondem às seguintes unidades: Complexo Metamórfico Anauá (PPcma), suítes intrusivas Igarapé Azul (PPsiia), Água Branca (PPsiab) e Mapuera (PPsim) e Grupo Iricoume (PPgi). Campos hachurados destacam as amostras com evolução diferente.....	143
<b>Figura 6.5</b> - Diagrama de evolução isotópica $\epsilon_{Nd}$ versus tempo geológico T (Ga) para o domínio Cinturão Guiana Central. As siglas da legenda correspondem às seguintes unidades: Grupo Cauarane (PPgc), Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru) e Suíte Intrusiva Serra da Prata (PPsisp). Campos hachurados destacam as amostras com evolução diferente.....	147

<b>Figura 6.6</b> - Diagrama de evolução isotópica $\epsilon_{Nd}$ versus tempo geológico T (Ga) para o domínio Uraricoera. As siglas da legenda correspondem as seguintes unidades: Grupo Surumu (PPgs), Suíte Intrusiva Pedra Pintada (PPsipp).....	149
<b>Figura 7.1</b> - Amplitude do sinal analítico integrado ao MDE da missão SRTM.....	152
<b>Figura 7.2</b> - Integração da banda 4, cena 232/58, com a imagem ternária RGB-KThU (a) e amplitude do sinal analítico (b) do Grupo Cauarane. As siglas significam: Ffbv-Formação Boa Vista, Ffst-Formação Serra do Tucano, PPsu- Suíte Metamórfica Uraricoera, PPgc-Grupo Cauarane-metacherts e p-paragnaisse.....	154
<b>Figura 7.3a</b> - Imagem ternária RGB-KThU integrado ao MDE da missão SRTM e unidades geológicas de Reis <i>et al.</i> (2003): PPsm- Suíte Metamórfica Parima, PPsmru- Suíte Metamórfica Rio Urubu, PPsisp- Suíte Intrusiva Serra da Prata, PPsms- Suíte Máfica Serra da Estrutura, MPsim- Suíte Intrusiva Marauia, MPsis- Suíte Intrusiva Surucucus, MPsia- Suíte Intrusiva Auaris e PPcc-Complexo Cauaburi.....	157
<b>Figura 7.3b</b> - Imagem da amplitude do sinal analítico integrado ao MDE da missão SRTM e unidades geológicas de Reis <i>et al.</i> (2003) .....	159
<b>Figura 7.3c</b> - Imagem dos domínios geofísicos e imagens de satélite.....	159
<b>Figura 7.4</b> - Imagem ternária RGB-KThU integrada à banda 4 das cenas 232/59 e 233/59 e unidades geológicas de Reis <i>et al.</i> (2003): PPsm- Suíte Metamórfica Parima, PPsmru- Suíte Metamórfica Rio Urubu, PPsisp- Suíte Intrusiva Serra da Prata, MPsim- Suíte Intrusiva Mucajá, MPar-Anortosito Repartimento e Fda-depósitos aluvionares.....	163
<b>Figura 7.5</b> Amplitude do sinal analítico integrado ao MDE da missão SRTM. As siglas correspondem às seguintes unidades geológicas: PPsiab- Suíte Intrusiva Água Branca, PPsiia- Suíte Intrusiva Igarapé Azul, PPsima- Suíte Intrusiva Mapuera, PPgi- Grupo Iricoumé, PPsisp- Suíte Intrusiva Serra da Prata, PPsmru- Suíte Metamórfica Rio Urubu 2-Granulito e 3-augen gnaisse, Fda-depósitos aluvionares.....	166

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 4.1</b> - Resultados estatísticos dos domínios magnéticos da Figura 4.2, onde CMA-campo magnético anômalo, ASA-amplitude do sinal analítico e DV-primeira derivada vertical.....	38
<b>Tabela 4.2</b> - Valores obtidos após a aplicação da regressão linear simples por mínimos quadrados.....	91
<b>Tabela 6.1a</b> - Dados de U-Pb em titanita da Suíte Metamórfica Rio Urubu.....	137
<b>Tabela 6.1b</b> - Dados isotópicos Sm-Nd para duas amostras de granada gnaisse do Grupo Cauarane.....	137
<b>Tabela 6.2</b> - Resultados isotópicos de Sm-Nd obtidos para as seguintes unidades geológicas: PPcma - Complexo Metamórfico Anauá (SC-101); PPgc - Grupo Cauarane (SC-04, SC-37, SC-49 e SC-58), PPsipp - Suíte Intrusiva Pedra Pintada (SC-51, SC-67 e SC-222), PPsiab- Suíte Intrusiva Água Branca (SC-97 e SC-215), PPsmru - Suíte Metamórfica Rio Urubu (SC-01, SC-09, SC-14a, SC-89, SC-180b e SC-192), PPsisp- Suíte Intrusiva Serra da Prata (SC-33, SC-210 e SC-212), PPsiia - Suíte Intrusiva Igarapé Azul (SC-104), PPgs - Grupo Surumu (SC-166, SC-83b, SC-50 e SC-46), PPsis - Suíte Intrusiva Saracura (SC-157); PPgi - Grupo Iricoumé (SC-90), PPsim - Suíte Intrusiva Mapuera (SC-95 e SC-19). Domínios litoestruturais:CGC-Cinturão Guiana Central, AJ-Anauá-Jatapu e U-Uraricoera. Os valores condriticos usados para normalização do $\epsilon_{Nd}$ (T) foram de $^{143}Nd/^{144}Nd = 0,512638$ e $^{147}Sm/^{144}Nd = 0,1967$ de acordo com DePaolo (1981).....	138
<b>Tabela 7.1-</b> Características gerais dos 11 domínios geofísicos definidos para as regiões Parima e Uraricoera, onde A-alto, I-intermediário e B-baixo.....	161

## **ANEXOS**

- 1** - Mapa geológico simplificado da área pesquisada.
- 2** - Mapa litológico.
- 3** - Fatiamento Magnético.
- 4** - Localização dos perfis magnéticos.
- 5** - Mapa de localização das amostras Sm-Nd.
- 6** - Mapa litogeofísico

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Kroonenberg (1976) descreveu, na Guiana e no Suriname, uma megaestrutura denominada de *Guyana Granulite Province*, conhecida atualmente como Cinturão Guiana Central. Essa feição é marcada por um conjunto de estruturas deformadas com direção geral NE-SW, que se estende desde a parte ocidental do estado do Amazonas (Pico da Neblina) até as proximidades de Paramaribo (Suriname), atravessando o estado de Roraima e a República da Guiana, ao longo de quase 1.200 km (Figura 1.1). Na década de 1980, Cordani & Brito Neves (1982) consideram o Cinturão Guiana Central parte do Cinturão Móvel Maroni-Itacaiúnas, consistindo em terrenos polimetamórficos de alto grau, constituído por rochas metamórficas de fácies granulito que demonstram um caráter ensiálico, formado na maior parte sobre a crosta continental pré-existente.

Essa megafeição foi interpretada em estudos posteriores, por Gibbs & Barron (1983), Hasui *et al.* (1984) e Costa & Hasui (1997), como um cinturão do tipo colisional, onde as zonas de sutura separam blocos crustais ou paleo-placas. A similaridade lito-estrutural com a Zona de Dimbroko, no Cráton do Oeste Africano, foi aventada por Gibbs & Barron (1983), onde o Complexo Imataca foi correlacionado aos terrenos Liberianos naquele continente. Reis & Fraga (1998) comentam que relictos da crosta oceânica que possam indicar uma zona de sutura ainda não foram identificados. Mais ainda, o magmatismo representado pelas rochas ortognáissicas paleoproterozóicas Rio Urubu indicam retrabalhamento de fontes crustais com assinatura de subducção e não fusão parcial do manto relacionado a subducção durante o estágio pré colisional. Estes autores acrescentam, ainda, que é possível que o Cinturão Guiana Central tenha sido implantado no final da colisão Transamazônica.

Nas últimas décadas, amplos programas de levantamentos geológicos têm sido desenvolvidos na região Amazônica e, em especial, no estado de Roraima. Contudo, devido ao difícil acesso, densa cobertura vegetal, elevado grau de intemperismo e à falta de infraestrutura, o conhecimento geológico atual ainda é bastante limitado, com grandes áreas mapeadas apenas em escala regional (CPRM 1981, 1994a, 1994b, 1999 e 2000). Diversas pesquisas na Amazônia têm sido

realizadas utilizando a integração de dados aerogeofísicos em conjunto com imagens de satélite (radar e Landsat) que têm fornecido avanços significativos, como por exemplo, os trabalhos desenvolvidos por Crósta *et al.* (1992), Bicho (1994), Martini (1995), Dias & Paradella (1997), Filardi (1998), entre outros.

Em especial, no estado de Roraima, a aplicação deste tipo de integração ainda é restrita, apesar da disponibilidade de levantamentos aerogeofísicos, magnéticos e gamaespectrométricos. Deve-se a Carvalho (1997) e Costa (1999) os primeiros resultados desse tipo de abordagem na referida região, que proporcionaram avanços no entendimento do quadro geológico das suas porções norte e oeste.

A partir da disponibilidade, recuperação e integração dos dados aerogeofísicos, provenientes dos projetos Rio Branco (82.000 km<sup>2</sup>) e Uraricoera (49.500 km<sup>2</sup>), com informações geológicas, isotópicas e de sensores remotos, novas perspectivas são esperadas para o avanço no conhecimento do quadro geológico-estrutural do Cinturão Guiana Central, e isto constitui o principal objetivo desta pesquisa.

A área de estudo está localizada no estado de Roraima e envolve uma área em torno de 131.500 km<sup>2</sup> (Figura 1.1).

## **1.1 Objetivos**

O principal objetivo da pesquisa é a caracterização geológico-estrutural do Cinturão Guiana Central no estado de Roraima, por meio da análise integrada de dados aerogeofísicos, imagens de satélite, Landsat-5/TM e SRTM, em conjunto com informações geológicas de campo e dados isotópicos. Para alcançar tal finalidade foi necessário o desenvolvimento dos seguintes objetivos específicos:

- a) identificar as principais características geológicas da região do Cinturão Guiana Central por meio do estudo de diferentes produtos de sensores remotos e correlacioná-las com os dados obtidos em campo;
- b) analisar os dados dos levantamentos aerogeofísicos disponíveis com o propósito de determinar e correlacionar as características magnéticas e radiométricas com as unidades litológicas da área pesquisada;

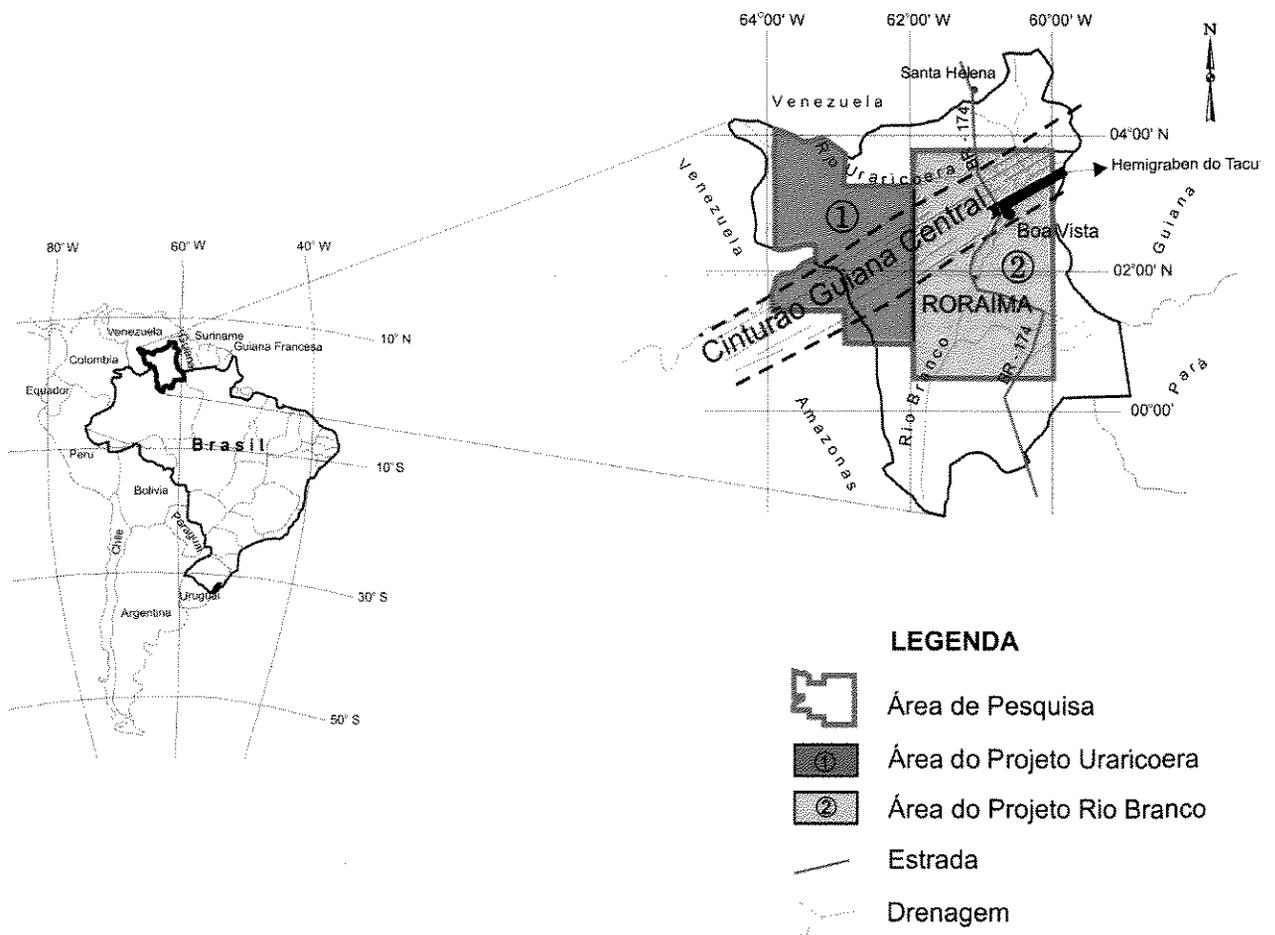


Figura 1.1 – Mapa de localização da área pesquisada e dos levantamentos aerogeofísicos.

- c) descrever as principais feições estruturais existentes e, principalmente, redefinir os limites norte e sul do Cinturão Guiana Central por meio da análise dos dados geofísicos, geológicos e de sensores remotos;
- d) determinar a idade modelo dos conjuntos litológicos mais antigos da região, por meio de análise isotópica Sm-Nd, e a idade geocronológica por meio dos métodos U-Pb e Sm-Nd;
- e) caracterizar a evolução do Cinturão Guiana Central durante o Paleoproterozóico, a partir da integração dos dados supracitados.

## **CAPÍTULO 2 - CONTEXTO GEOLÓGICO**

### **2.1 Introdução**

O mapeamento geológico sistemático no estado de Roraima iniciou na década de setenta, com a atuação do projeto RADAMBRASIL e, posteriormente, de convênios entre o DNPM e a CPRM. Vários trabalhos geológicos, em escala regional, foram realizados devendo-se o pioneirismo a autores como Arantes & Mandetta (1970), Ramgrab & Damião (1970), Ramgrab *et al.* (1971a), Ramgrab *et al.* (1971b), Braun (1973), CPRM (1974), Muniz & Dall'Agnol (1974), Montalvão *et al.* (1975), CPRM (1978), Veiga Jr. *et al.* (1979), CPRM (1981) e Costi *et al.* (1984).

A partir da década de noventa, um avanço significativo foi alcançado com a reinterpretação das principais unidades geológicas do estado, com os novos mapeamentos realizados. Dentre estes podemos citar os trabalhos de Pinheiro *et al.* (1990), CPRM (1994), Reis & Fraga (1998), projetos Roraima Central (CPRM 1999) e Caracarái (CPRM 2000a), Reis *et al.* (2003) e Almeida *et al.* (2003).

Atualmente, entende-se que o arcabouço geológico do estado de Roraima está compartimentado em terrenos granito-*greenstone*, cinturões de rochas de alto grau metamórfico, granitóides e cobertura sedimentar intracratônica relacionados ao Paleoproterozóico. Distribuem-se também corpos de granitóides, rochas básicas e ultrabásicas e anortositos de idade Mesoproterozóica. No Mesozóico, a reativação do Cinturão Guiana Central, durante a abertura do oceano Atlântico, originou o hemigraben do Tacutu e, posteriormente, a intrusão de corpos alcalinos e enxames de diques em toda a região.

### **2.2 Contexto Geotectônico**

No contexto geotectônico regional, o estado de Roraima está inserido no Cráton Amazônico, fazendo parte do Escudo das Guianas (Figura 2.1). De acordo com Amaral (1974), este Escudo foi dividido nas províncias Oriental, Central e Ocidental, levando-se em consideração suas características litológicas, estruturais e geocronológicas. Posteriormente, Almeida *et al.* (1977), denominou essa região de

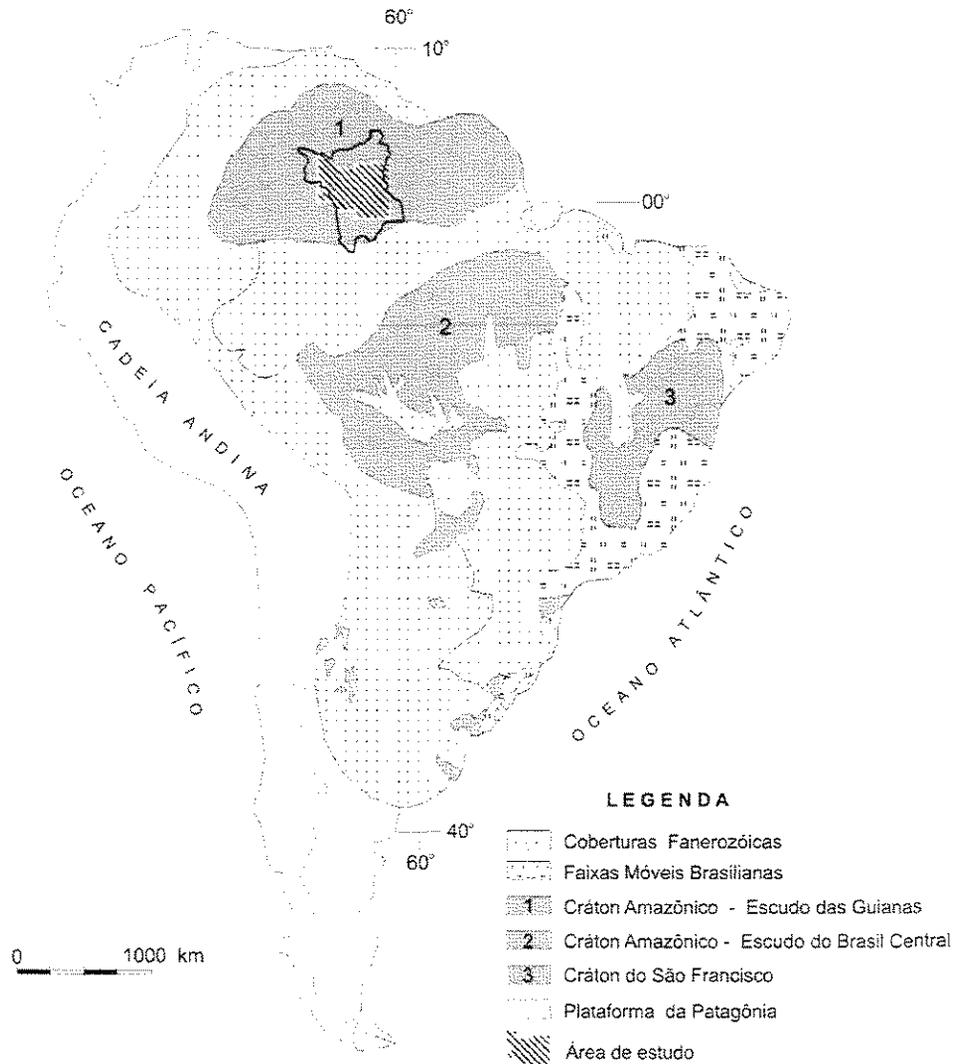


Figura 2.1 – Embasamento da Plataforma Sul-Americana, modificado de Almeida *et al.* (1997) e Almeida & Hasui (1984) e a localização da área de estudo.

Província Estrutural Rio Branco, mais tarde subdividida por Amaral (1984) nas subprovíncias Amapá, Roraima e Rio Negro.

O Cráton Amazônico tem sido pesquisado desde a década de 1970. As principais concepções enfatizando a evolução do conhecimento geológico desse cráton foram de Amaral (1974), Almeida *et al.* (1976), Cordani *et al.* (1979), Hasui *et al.* (1984), Santos (1984), Cordani *et al.* (1988), Costa & Hasui (1992), Gibbs & Barron (1993).

Baseados em informações geocronológicas Rb-Sr, U-Pb, K-Ar, Pb-Pb e Sm-Nd, Cordani *et al.* (1979), Cordani & Brito Neves (1982), Teixeira *et al.* (1989), Lima (1994), Tassinari (1996), Sato & Tassinari (1997), Tassinari & Macambira (1999) e Cordani & Sato (1999), propuseram que a evolução geotectônica da cratonização da região Amazônica resultou de um processo de acreção crustal a partir de um núcleo mais antigo, provavelmente no fim do Arqueano, envolvido por faixas móveis. Segundo essa concepção, a região de Roraima está compreendida nas seguintes províncias: Amazônia Central (>2.3 Ga), na porção norte e sudeste, Maroni – Itacaiúnas (2.3 Ga - 1.95 Ga), na porção leste, e pela Ventuari – Tapajós (1.95 Ga - 1.80 Ga), no setor sudoeste. Nessas províncias são encontrados complexos granulíticos, unidades graníticas, coberturas sedimentares do meso e paleoproterozóico, coberturas vulcânicas ácidas e intermediárias e coberturas sedimentares fanerozóicas (Figura 2.2).

Santos *et al.* (2000) seguem a mesma hipótese de acreção crustal das províncias geocronológicas de Cordani *et al.* (1979), Tassinari (1996), Tassinari & Macambira (1999) e com base em novas idades obtidas pelos métodos U-Pb e Sm-Nd, identifica as seguintes províncias geocronológicas para o Cráton Amazônico: Imataca (3.10 Ga - 2.53 Ga), Transamazônica (2.25 Ga - 2.00 Ga), Tapajós - Parima (2.10 Ga - 1.87 Ga), Amazônia Central (1.88 Ga - 1.70 Ga), Rio Negro (1.86 Ga - 1.52 Ga), Rondonia - Juruena (1.76 Ga - 1.47 Ga), Sunsas (1.33 Ga - 0.99 Ga) e K'Mudku (1.33 Ga - 1.10 Ga).

Entretanto, Hasui *et al.* (1984), Costa & Hasui (1991) e Hasui (1993), baseados em informações geofísicas e geológicas, consideraram que o Cráton Amazônico está caracterizado fundamentalmente por blocos crustais, constituídos por complexos gnáissicos, granitóides e *greenstone belts*, limitados por suturas associadas a cinturões de alto grau. Tais blocos teriam se agregado por meio de colisões diácronas ocorridas entre o Neoarqueno e o Paleoproterozóico, definidos por anomalias gravimétricas, com direção NW-SE e NE-SW, e por padrões de anomalias magnéticas regionais coerentes com esses dados.

Dentro desse contexto, o estado de Roraima estaria compartimentado pelas suturas correspondentes aos cinturões Parima, com direção NW-SE e Guiana

Central, NE-SW. Segundo esses autores, o Cinturão Guiana Central seria uma zona de articulação entre os blocos Alto Orinoco, Caroni e Maecuru (Figura 2.3).

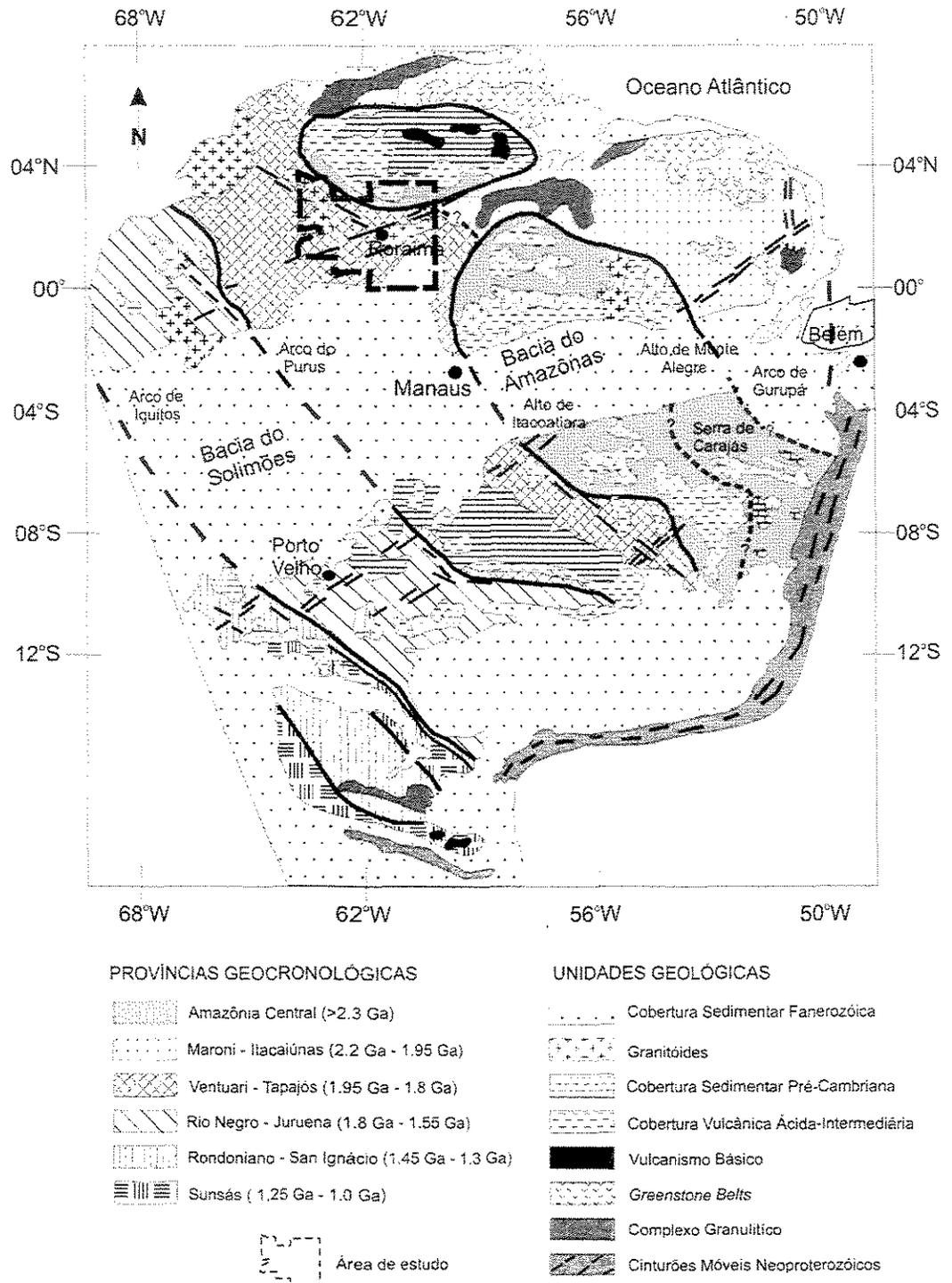


Figura 2.2 - Províncias geocronológicas do Cráton Amazônico, segundo Teixeira *et al.* 1989; Tassinari (1996) e Tassinari & Macambira (1999) e a localização da área de estudo.

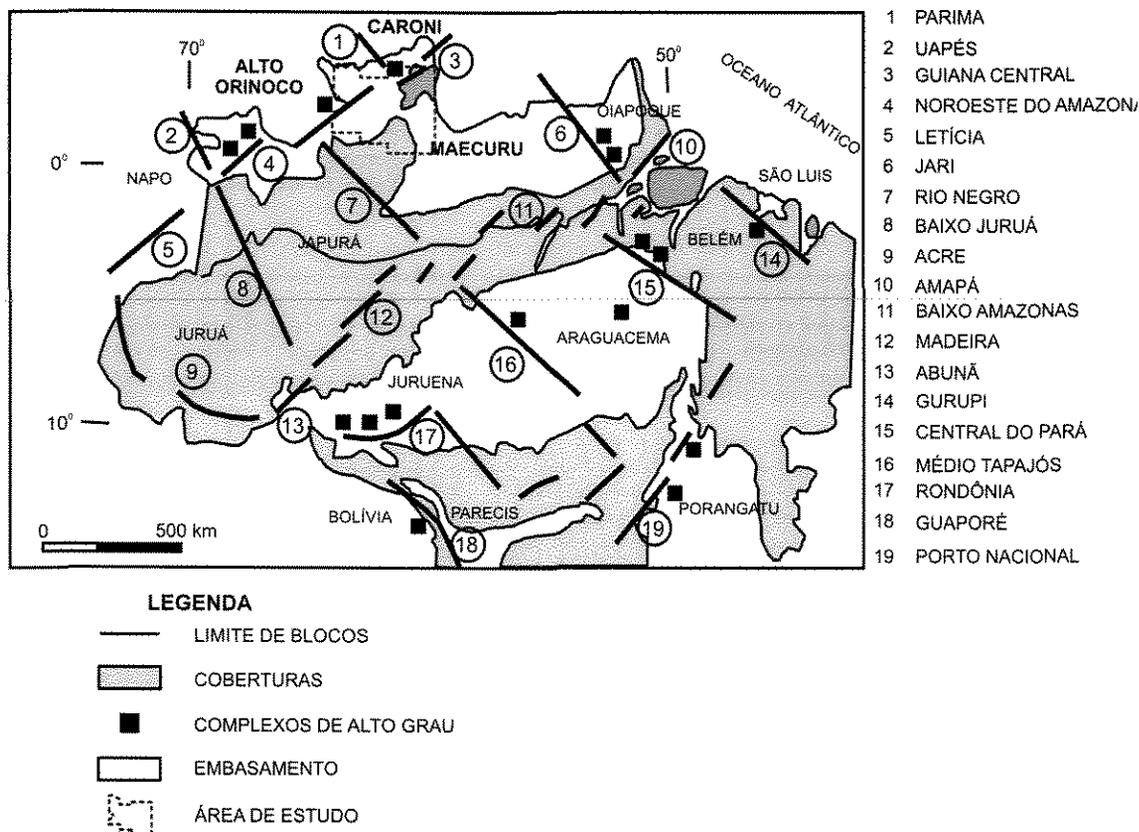


Figura 2.3 - Blocos crustais da região Amazônica no Brasil, segundo Hasui *et al.* (1984).

### 2.3 Geologia Regional

Apesar do grande avanço acerca do conhecimento da geologia do estado de Roraima, ainda permanecem inúmeras lacunas e contradições. Isto ocorre principalmente em função dos mapeamentos realizados, na sua grande maioria, em escala regional. A medida que avançam os conhecimentos sobre os dados estruturais, geoquímicos, petrográficos e geocronológicos surgem novas interpretações e, conseqüentemente, novas denominações e subdivisões para as unidades geológicas dessa região.

Com base em novas informações litológicas, estruturais e geofísicas, Reis & Fraga (1998) e Reis *et al.* (2003) individualizaram a geologia de Roraima em quatro domínios litoestruturais (Figura 2.4):

(i) Domínio Parima, localizado na porção noroeste do estado, apresenta forte

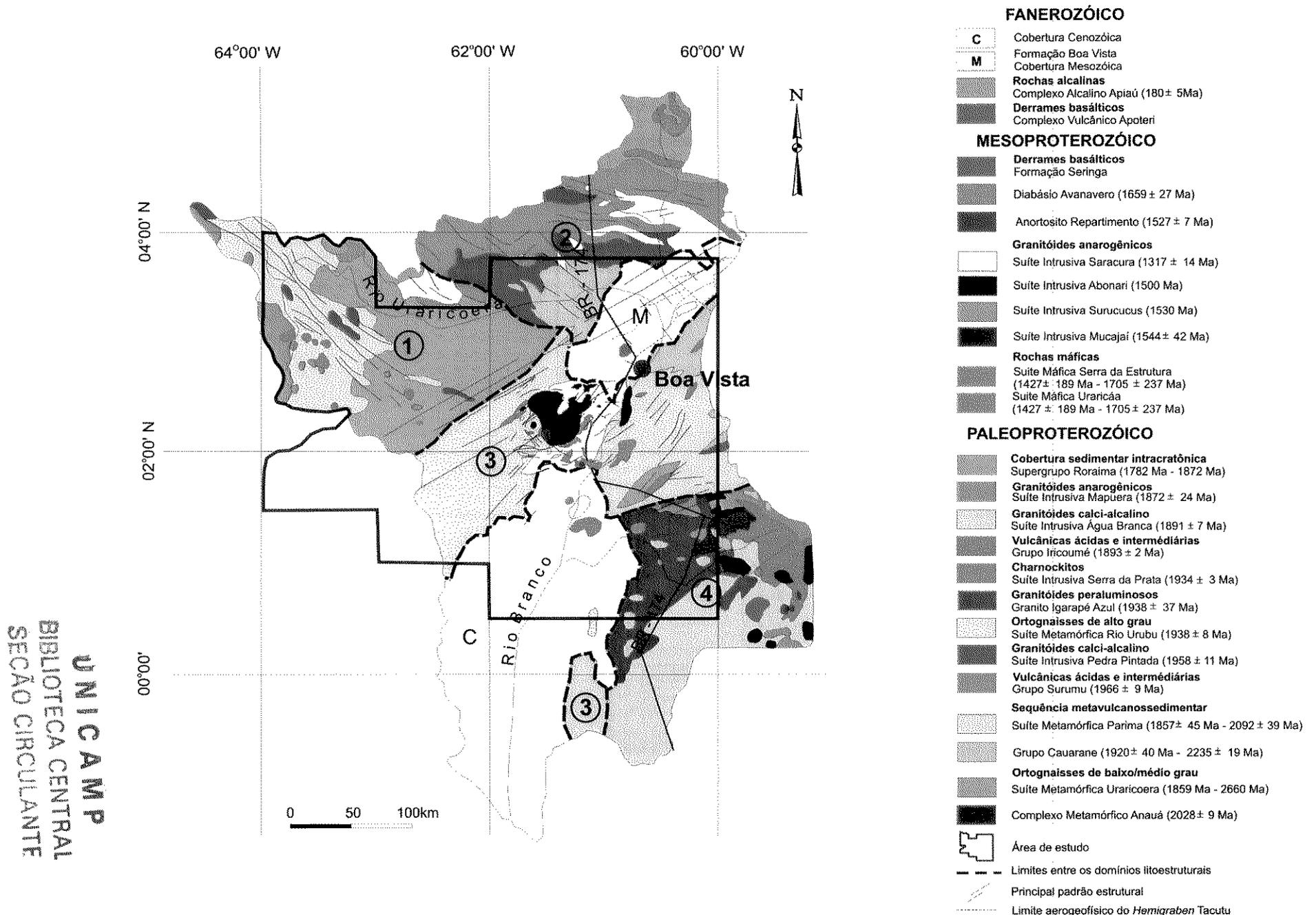


Figura 2.4 - Mapa geológico simplificado do estado de Roraima, com os principais domínios litoestruturais do Proterozóico, conforme Reis & Fraga (1998) e Reis *et al.* (2003): Domínio 1- Parima; 2- Uraricoera, 3 – Guiana Central e 4 – Anauá-Jatapu

estruturação NW-SE, e abrange ortognaisses da Suíte Metamórfica Uraricoera e rochas metavulcanossedimentares da Suíte Metamórfica Parima, de idade paleoproterozóica. Ocorrem rochas graníticas pertencentes às Suítes Saracura (1.890 Ma a 1.740 Ma, método Pb-Pb, Costa 1999) e Surucucus (1.551 ± 5 Ma, método U-Pb SHRIMP, Santos *et al.* 1999), e vulcânicas, relacionadas ao Grupo Surumu (1.984 ± 9 Ma, método U-Pb (SHRIMP), Santos *et al.* 2003).

(ii) Domínio Uraricoera, situado na porção nordeste do estado, apresenta estruturação regional NW-SE, WNW-ESE e E-W. Esse domínio compreende rochas vulcânicas pouco deformadas do Grupo Surumu e Granitóides das Suítes Saracura e Pedra Pintada (1.958 ± 11 Ma, U-Pb, SHRIMP, por Santos *in Reis et al.* 2003), rochas sedimentares pertencentes ao Supergrupo Roraima seccionadas por *sills* de diabásio relacionados a unidade Diabásio Avanavero (1.659 ± 27 Ma, método Rb-Sr, Hebeda *et al.* 1973). Inclui, também, uma pequena faixa de rochas supracrustais do Grupo Cauarane com idade de 1.969 ± 4 Ma, método U-Pb (SHRIMP) segundo Santos *et al.* (2003), formadas ou retrabalhadas durante a orogênese Transamazônica.

(iii) Domínio Guiana Central, localizado na porção central do Estado, compreende o Cinturão Guiana Central com direção NE-SW, constituído por rochas paleoproterozóicas do Grupo Cauarane e ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu (1.932 ± 10 Ma, método U-Pb, SHRIMP, Santos *in Reis et al.* 2003). Ocorrem, ainda, granitóides das Suítes Serra da Prata (1.934 ± 3 Ma, 1.934 ± 1 Ma, 1.936 ± 4 Ma, 1.943 ± 5 Ma e 1.933 ± 2 Ma, método Pb-Pb, Fraga 2002) e Mucajaí (1.544 ± 42 Ma, método U-Pb, Gaudette *et al.* 1996 e 1.538 ± 5 Ma, Pb-Pb, Fraga 2002).

(iv) Domínio Anauá-Jatapu, descrito na porção sudeste do Estado, compreende os litotipos do Complexo Metamórfico Anauá de idade 2.028 ± 9 Ma por U-Pb, Faria *et al.* (2002). Esta é a unidade mais antiga deste domínio constituída por metagranitos, tonalitos e metadioritos, sobreposta pelo Grupo Cauarane e por granitóides das suítes Água Branca (1910 ± 47 Ma, Rb-Sr, Jorge João *et al.* 1985), Igarapé Azul (1938 ± 37 Ma, método Pb-Pb, Almeida *et al.* 1997) e Mapuera (1814 ± 27 Ma, método Pb-Pb, Santos *et al.* 1997). Neste domínio a estruturação predominante é NW-SE e NE-SW.

Após essa divisão, Reis & Fraga (1998) teceram as seguintes correlações: (i) O Cinturão Maroni - Itacaiunas (Cordani *et al.* 1979, Cordani & Brito Neves 1982, Teixeira *et al.* 1989 e Tassinari 1996), observado na Figura 2.2, compreende os domínios Urariqüera, Guiana Central e Parima. Porém, as evoluções geológicas são distintas e não podem ser entendida como uma única entidade geotectônica ou geocronológica. (ii) Os blocos Caroní, Alto Orinoco e Maecuru, propostos por Hasui *et al.* (1984), conforme a Figura 2.3, correspondem, respectivamente, aos domínios Urariqüera, Parima e Anauá – Jatapu. Os cinturões, Guiana Central e Parima, são considerados como o limite entre os referidos blocos.

## **2.4 Geologia Local**

Na região pesquisada afloram praticamente todas as unidades geológicas do estado de Roraima e parte do Amazonas, envolvendo dessa forma uma grande diversidade de litotipos relacionados ao paleoproterozóico, ao mesoproterozóico, ao mesozóico e ao fanerozóico. As unidades que ocorrem no estado de Roraima e correspondem à área de estudo serão descritas nos parágrafos que seguem de acordo com Anexo 1.

### **2.4.1 Paleoproterozóico**

#### **2.4.1.1 Complexo Metamórfico Anauá (PPcma)**

A CPRM (1999) reuniu nesse Complexo, rochas metamórficas de baixo a alto grau metamórfico, constituídas por matatonalitos, metadioritos, hiperstênio gnaisse, metagranitos, migmatitos e metaultrabásicas. A idade dessa unidade é de  $2.028 \pm 9$  Ma, determinada por Faria *et al.* 2002 a partir do método U-Pb (SHRIMP).

#### **2.4.1.2 Suíte Metamórfica Urariqüera (PPsmu)**

Esta unidade foi definida por CPRM (1981) como Suíte Metamórfica Urariqüera, na porção ocidental de Roraima, para as litologias que variam da fácies xisto-verde a granulito, sendo constituída principalmente por granitóides, quartzo

dioritos, dioritos, trondhjemitos e tonalitos, anfibolitos como enclaves em gnaisses, biotita gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses, esfeno-biotita gnaisses, biotita-muscovita gnaisses, piroxênio-anfibólio gnaisses, paragnaisse, gnaisses kinzigíticos e migmatitos.

As idades disponíveis para essa unidade variam de 2.660 Ma a 1.859 Ma mostrando um intervalo de tempo bastante amplo indicando a necessidade de mais datações para essa unidade geológica. Além disso, esses valores correspondem, na maioria, a terrenos gnáissicos encontrados na Guiana, Guiana Francesa, Venezuela, no Amazonas e na porção ocidental de Roraima. Porém, nenhuma datação foi realizada na área de estudo.

#### 2.4.1.3 Grupo Cauarane (PPgc)

Montalvão & Pithan (1974) definiram originalmente o Grupo Cauarane como uma seqüência constituída por micaxistos, quartzitos, anfibolitos e itabiritos aflorantes na serra homônima, situada na porção norte-nordeste do estado de Roraima. Nos mapeamentos realizados pela CPRM (1999), novas áreas foram associadas ao Grupo Cauarane, localizadas na porção nordeste do Estado, na região do hemigraben do Tacutu, bem como outras litologias foram incorporadas a essa unidade, dividindo três conjuntos de rochas. O primeiro compreende intercalações de talco-clorita-tremolita xistos, clorita-tremolita xistos, clorita-actinolita xistos, anfibolitos, *metacherts* ferríferos, gonditos e rochas calcissilicáticas, com subordinados paragnaises; o segundo é composto por paragnaises com subordinadas intercalações de rochas calcissilicáticas, xistos e anfibolitos e o terceiro por gnaisses kinzigíticos. Esta unidade é correlata as rochas supracrustais do Complexo Kanuku da Guiana definido por Singh (1966) e Berrangè (1977) e Grupo Coeroni do Suriname, de Bosma *et al.* (1983).

Esta unidade foi analisada geocronologicamente por Gaudette *et al.* (1996), pelo método U-Pb em zircão, para um paragnaisse rico em granada, onde foi obtida uma idade de  $2.235 \pm 19$  Ma permitindo dessa forma, estabelecer uma idade máxima de deposição do Grupo Cauarane. Santos *in* Reis *et al.* (2003) obteve a idade de 1.97 Ga, U-Pb (SHRIMP) para um granito com cordierita; este valor indica,

provavelmente, o metamorfismo superimposto às rochas metassedimentares (Reis *et al.* 2003).

#### 2.4.1.4 *Suíte Metamórfica Parima (PPsmp)*

Coube a CPRM (1981), a designação de Suíte Metamórfica Parima para os xistos, quartzitos, metaconglomerados e matasiltitos, além de anfibolitos e basaltos com características petrográficas de komatiitos, citando sua correspondência com terrenos do tipo *greenstone*. Essa unidade ocorre na porção noroeste da área em geral como corpos lenticularizados em meio aos gnaisses e migmatitos da Suíte Metamórfica Urariqüera. São cronocorrelatas a essa Suíte as seguintes unidades do Escudo das Guianas: Grupo Cauarane (Roraima), Grupo Kwitaro e Supergrupo Barama-Mazaruni (Guiana) e Grupo Marowijne (Suriname). Santos *et al.* (2003) obtiveram as idades U-Pb (SHRIMP) de 1.97 Ga e 1.94 Ma, respectivamente, para um metasiltito e um xisto dessa unidade.

#### 2.4.1.5 *Suíte Intrusiva Pedra Pintada (PPsipp)*

A Suíte Intrusiva Pedra Pintada está localizada na porção norte do Estado, é constituída por biotita granodioritos a monzogranitos e subordinados tonalitos, quartzo monzonitos e monzodioritos, indicando uma seqüência calcialcalina de caráter metaluminoso a fracamente peraluminoso, caracterizada por litotipos com menores teores em sílica, e altos teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO e CaO (Reis *et al.* 2003). O comportamento geoquímico dessa unidade corresponde a granitos do tipo I, gerado por processos de subducção e/ou com contribuição de fontes de subducção. Essa unidade tem similaridade petroquímica com a Suíte Intrusiva Água Branca localizada na porção sul do Estado. Almeida *et al.* (1997) obtiveram uma idade de 2.005 ± 45 Ma, pelo método Pb-Pb; tal idade sugere correlação temporal com a Suíte Metamórfica Rio Urubu. Uma idade de 1.958 ± 11 Ma foi obtida por Santos *in* Reis *et al.* (2003) utilizando o método U-Pb (SHRIMP).

#### 2.4.1.6 *Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru)*

A Suíte Metamórfica Rio Urubu ocorre na porção centro-norte de Roraima,

compreende biotita gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses, metagranitóides graníticos, granodioritos e tonalitos. Segundo Bizzi *et al.* (2001) existem três tipos litológicos básicos para esta unidade constituídos por granulitos, ortognaisses e augen gnaisses. Os dados geocronológicos para esta unidade são variados. Gaudette *et al.* (1996), encontraram as idades de  $1.943 \pm 7$  Ma,  $1.921 \pm 15$  Ma e  $1.911 \pm 13$  Ma, para três amostras de gnaisses, a partir de U-Pb. Fraga *et al.* (1997b) encontraram para um hiperstênio gnaisse a idade de  $1.966 \pm 37$  Ma. Fraga (2002) determinou a idade de  $1.937 \pm 5$  Ma e  $1.935 \pm 5$  Ma, Pb-Pb, para um gnaisse e um metagranito, respectivamente. E mais recentemente, Santos *in* Reis *et al.* (2003) obteve a idade de  $1.938 \pm 8$  Ma e  $1.932 \pm 10$  Ma, respectivamente para um metagranito e um augen-gnaisse a partir do método U-Pb (SHRIMP).

#### 2.4.1.7 *Suíte Intrusiva Igarapé Azul (PPsia)*

A unidade Suíte Intrusiva Igarapé Azul foi proposta pela CPRM (2000) para agrupar rochas graníticas de caráter peraluminoso, principalmente biotita monzo sienogranito, biotita granodiorito, silimanita-cordierita sienogranito e cordierita monzogranito localizadas na porção sul de Roraima. Anteriormente, os litotipos dessa unidade encontravam-se inseridos na Suíte Intrusiva Água Branca. Os dados geocronológicos disponíveis para esta unidade são de Almeida *et al.* (1997), que obtiveram as idades de  $1.960 \pm 21$  Ma e  $1.938 \pm 37$  Ma, pelo método de evaporação Pb-Pb em monozircão.

#### 2.4.1.8 *Suíte Intrusiva Serra da Prata (PPsisp)*

A Suíte Intrusiva Serra da Prata foi designada pela CPRM (1999). Encontra-se localizada nas porções central e leste da área, na forma de pequenas lentes ou grandes corpos alongados com direção NE-SW e também como xenólitos nos granitóides Mucajaí. Nela são englobados os hiperstênios monzogranitos e subordinados hiperstênios monzonitos, granodioritos e tonalitos que foram originalmente envolvidos no Complexo Kanuku e interpretados por Lima (1982), Figueiredo (1983) e Santos & Olszewski (1988) como granulitos relacionados ao Transamazônico. Os dados geocronológicos para essa unidade são restritos. Fraga

*et al.* (1997a) obtiveram uma idade de  $1.564 \pm 21$  Ma, Pb-Pb por evaporação. Este resultado é coerente com a idade modelo Sm-Nd de 1.545 Ma e 1.543 Ma obtido por Gaudette *et al.* (1993) interpretadas pelos autores, como sendo reflexo do magmatismo Parguaza. Atualmente, essa unidade está posicionada no Paleoproterozóico, devido às idades obtidas de  $1.934 \pm 3$  Ma,  $1.934 \pm 1$  Ma,  $1.936 \pm 4$  Ma,  $1.943 \pm 5$  Ma e  $1.933 \pm 2$  Ma, obtidas por Fraga (2002) por meio de evaporação Pb-Pb.

#### 2.4.1.9 Grupo Surumu (PPgs)

O Grupo Surumu corresponde às rochas vulcânicas ácidas a intermediárias, dacitos, traquidacitos, riolitos e andesitos, localizadas na porção norte e nordeste de Roraima. Segundo Reis & Fraga (1996, 1998), o vulcanismo Surumu tem sido correlacionado com as rochas calcialcalinas da Suíte Intrusiva Pedra Pintada e podem ser entendidas como representantes de um magmatismo extrusivo vinculado aos estágios finais do Ciclo Transamazônico. Schobbenhaus *et al.* 1994 analisaram amostra de dacito da serra do Tabaco, por meio do método U-Pb em três frações de zircão e obtiveram a idade de  $1.966 \pm 9$  Ma. Essa idade foi interpretada pelos autores como sendo a idade de cristalização da vulcânica. Santos *et al.* (2003) obteve a idade de  $1.984 \pm 9$  Ma. Esses dados reforçam a relação temporal com a Suíte Intrusiva Pedra Pintada, apontada por Reis & Fraga (1996, 1998). Outra idade foi obtida para esse grupo por Costa *et al.* (2001) que obtiveram um valor de  $2.006 \pm 4$  Ma a partir do método Pb/Pb por evaporação em monocristais de zircão. Essa idade foi interpretada pelos referidos autores como a idade média para o Grupo Surumu.

#### 2.4.1.10 Grupo Iricoumé (PPgi)

O Grupo Iricoumé localiza-se na porção sudeste de Roraima e compreende dacitos, traquidacitos, andesitos, traquiandesitos e andesitos basálticos. Os termos subvulcânicos são essencialmente granodioritos pórfiros, com composição dacítica (CPRM 2000). Esta unidade tem sido associada ao plutonismo Água Branca por Dall'Agnol *et al.* (1987), Dall'Agnol *et al.* (1994), CPRM (2000) e Reis *et al.* (1999, 2000). Os dados geocronológicos, atualmente adotados para esta unidade, foram

sugeridos por Macambira *et al.* (2002) onde foi determinada, a partir do método de evaporação de Pb-Pb, uma idade média de  $1.893 \pm 2$  Ma, que foi interpretada como o tempo de extrusão dessa vulcânica. Para Macambira *et al.* (2002) o Grupo Iricoumé não seria correlacionável ao Grupo Surumu, e sugerem uma revisão do Supergrupo Uatumã a partir de novos dados geocronológicos, apoiados em dados geoquímicos e de campo.

#### 2.4.1.11 *Suíte Intrusiva Água Branca (PPsiab)*

A Suíte Intrusiva Água Branca compreende os litotipos da porção sudeste da área. É constituída por monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, monzonitos, monzodioritos, quartzomonzodioritos, dioritos e monzogabros. Segundo Oliveira *et al.* (1996a), essas rochas apresentam um quimismo subalcalino do tipo calci-alcalino, com tendências peraluminosa a metaluminosas. Posteriormente, a CPRM (2000) definiu a característica metaluminosa para esta unidade, e passou a adotar esse parâmetro, como critério de distinção entre os granitóides Água Branca e o da Suíte intrusiva Igarapé Azul. Várias datações realizadas nesta unidade mostram idades equivalentes a 1.9 Ma. Santos & Reis Neto (1982) reportaram isócronas de referência de 1.951 Ma e Jorge João *et al.* (1985)  $1.910 \pm 47$  Ma, ambos pelo método Rb-Sr. Almeida *et al.* (1997) obtiveram as idades de  $1.960 \pm 21$  Ma e  $1.938 \pm 37$  Ma, Pb-Pb. Recentemente, Santos *in* Reis *et al.* (2003) obteve a idade de  $1.891 \pm 7$  Ma utilizando o método U-Pb (SHRIMP).

#### 2.4.1.12 *Suíte Intrusiva Mapuera (PPsima)*

Segundo a CPRM (2000) esta suíte é constituída por biotita sieno a monzogranito e ocorre na porção sudeste e sul de Roraima, com características pós-orogênica a anorogênica e apresenta características geoquímicas de granito tipo A. Atualmente, a idade adotada para essa unidade corresponde à  $1.872 \pm 24$  Ma obtida em um granito a partir do método U-Pb (SHRIMP), de acordo com Santos *in* Reis *et al.* (2003).

#### 2.4.1.13 Complexo Cauaburi (PPcc)

Este complexo encontra-se na porção sudoeste da área, no estado do Amazonas, é constituído por granitóides, metagranitóides, ortognaisses, leucogranitos e metassedimentos. Essa unidade foi datada em  $1.834 \pm 24$  Ma por Tassinari *et al.* (1996) e  $1.810 \pm 9$  Ma por Santos *et al.* (2000).

#### 2.4.1.14 Supergrupo Roraima (PPsgr)

O Supergrupo Roraima representa a sedimentação do Paleoproterozóico que se encontra localizado no extremo norte de Estado e tem continuidade lateral com as exposições da Venezuela e Guiana formando o Bloco Sedimentar Pacaraima (Reis & Yánez 1999). Essa unidade é constituída por quartzo arenitos, arenitos arcoseanos, arenitos conglomeráticos, conglomerados, siltitos, argilitos, folhelhos e subordinados níveis de rochas piroclásticas e vulcanoclastas. Essa seqüência encontra-se seccionada por diversos *sills* de diabásio da unidade Diabásio Avanavero. As idades relacionadas à essa sedimentação têm sido baseadas naquelas obtidas nos *sills* do Diabásio Avanavero, nos granitos das suítes intrusivas Saracura e Surucucus e rochas piroclásticas intercaladas nessa seqüência. As idades obtidas por Hebeda *et al.* (1973), Priem (1973), Gaudette & Olszewski (1981) e Santos & Reis Neto (1982) têm indicado uma deposição no intervalo entre 1.789 Ma e 1.606 Ma para esta unidade geológica.

#### 2.4.1.15 Suíte Máfica Serra da Estrutura (MPsmse)

A Suíte Máfica Serra da Estrutura, anteriormente denominada de Suíte Máfica-Ultramáfica Tapuruquara, é constituída por rochas gabróicas e hornblenditos que se apresentam na forma de corpos elipsoidais e circulares com dimensões variadas, distribuídos na porção oeste de Roraima (Pinheiro *et al.* 1981). A unidade com características similares, tanto petrográfica quanto temporal, com essa unidade recebeu a denominação de Suíte Máfica-Ultramáfica Uraricaá (MPsmmu) pela CPRM (1999), e corresponde aos corpos gabróicos da porção norte e nordeste do Estado.

As idades da Suíte Máfica-Ultramáfica Tapuruquara para essa unidade foram determinadas pelo método Rb-Sr. Basei (1975) encontrou o valor de  $1.560 \pm 700$  Ma, enquanto Gaudette *et al.* (1991) determinaram as idades de  $1.705 \pm 237$  Ma e  $1.427 \pm 189$  Ma.

#### 2.4.1.16 Suíte Máfica Uraricaá (PPsmura)

A Suíte Máfica Uraricaá inclui rochas gabróicas e subordinados hornblenditos. Geocronologicamente essa unidade não dispõe de informação, porém é cronocorrelata com a Suíte Máfica Serra da Estrutura.

### 2.4.2 Mesoproterozóico

#### 2.4.2.1 Suíte Intrusiva Auaris (MPsia)

A Suíte Intrusiva Auaris foi definida por Almeida *et al.* (2001) é constituída por monzo a sienogranitos, em forma de stocks e batólitos orientados em geral segundo NW-SE a E-W, com formas elípticas-circulares a irregulares. Esta unidade não dispõe de dados geocronológicos, porém, este pode ser associado a outros granitos do tipo A. que ocorrem no escudo das Guianas.

#### 2.4.2.2 Suíte Intrusiva Igarapé Reilau (MPsiir)

Esta suíte é constituída por leucogranitos peraluminosos do tipo S. Essa unidade ainda não foi definida por datação geocronológica, porém, devido às características litológicas similares, ela pode ser correlacionada ao Complexo Cauaburi com idade de  $1.521 \pm 32$  Ma (Almeida *et al.* (1997).

#### 2.4.2.3 Suíte Intrusiva Surucucus (MPsis)

A Suíte Intrusiva Surucucus inclui granitos, álcali-feldspato-granito, monzogranitos e sienitos com textura rapakivítica. As datações desta unidade realizadas por Basei & Teixeira (1975) e Dall'Agnol *et al.* (1975) utilizando o método Rb-Sr em rocha total, forneceram idades de  $1.410 \pm 41$  Ma até  $1.559 \pm 33$  Ma.

#### 2.4.2.4 *Suíte Intrusiva Mucajaí (MPsim)*

A Suíte Intrusiva Mucajaí corresponde a sienogranitos, monzogranitos, quartzo monzonitos e quartzo sienitos. Designada inicialmente por Reis & Fraga (1995) para os granitóides rapakivi, envolvendo também rochas gnáissicas, esta suíte foi posteriormente separada por Fraga (2002) nas unidades Gnaiss Igarapé Branco e Gnaiss Igarapé Miracelha, paleoproterozóicas, que afloram no interior do Cinturão Guiana Central, na forma de corpos alongados com direção NE-SW. Tais litotipos mostram características químicas de granito tipo A, subalcalinos, metaluminosos e caracterizam magmas pobres em H<sub>2</sub>O (Fraga 2002). Desse modo, essa unidade foi correlacionada com a Suíte Intrusiva Surucucus, que ocorre na porção oeste de Roraima e ao Granito El Parguaza da Venezuela.

Para a Suíte Intrusiva Mucajaí foi obtido pelo método U-Pb (Gaudette *et al.* 1996), o valor de  $1.544 \pm 42$  Ma. Fraga (2002) obteve as idades de  $1538 \pm 5$  Ma, a partir do método Pb-Pb em quartzo mangerito, e idade modelo T<sub>DM</sub> entre 2.01 Ga e 2.07 Ga e valores de  $\epsilon_{Nd}$  variando de -2.37 a 1.54, indicando para os granitos rapakivi fontes crustais oriundas do manto provavelmente durante o Transamazônico.

#### 2.4.2.5 *Anortosito Repartimento (MPar)*

O Anortosito Repartimento foi designado por CPRM (1999) como um corpo com cerca de 110 km<sup>2</sup>, localizado na porção central da área, próximo as suítes Intrusiva Mucajaí e Metamórfica Rio Urubu. Essa unidade é constituída essencialmente por anortositos e gabros. As datações dessa unidade foram analisadas por Santos *et al.* (1999) que obtiveram a idade de  $1.527 \pm 7$  Ma, pelo método U-Pb (SHRIMP) e Pb-Pb a partir de zircão e baddeleyita.

### **2.4.3 Mesozóico**

#### 2.4.3.1 *Complexo Vulcânico Apoteri (Fcva)*

O termo Complexo Vulcânico Apoteri foi denominado pela CPRM (1999) baseado no Guia de Nomenclatura Estratigráfica de Petri *et al.* (1986) para reunir diabásio, que ocorre na forma de *sills* e diques de direção NE-SW, E-W e NW-SE, e

basaltos. Essa unidade foi originada a partir do processo de reativação do Cinturão Guiana Central, em ambiente extensional, no Mesozóico.

Os dados geocronológicos para este complexo posicionam-se entre o Paleozóico e o Mesozóico de acordo com seguintes autores: Amaral *et al.* (1970) obtiveram o valor de  $375 \pm 22$  Ma e  $127 \pm 19$  Ma, e Mandetta (1970) obteve as idades de  $356 \pm 31$  Ma,  $178 \pm 33$  Ma e  $150 \pm 14$  Ma, em diferentes rochas de diversas áreas do Estado. CPRM (1999) menciona que, de acordo com os dados geocronológicos disponíveis, são indicadas idades 57 Ma mais jovens para os derrames da Bacia do Tacutu em relação à intrusão dos diques, permitindo sugerir que o magmatismo Apoteri ocorreu por volta de 108 Ma.

#### 2.4.3.2 Formação Serra do Tucano (Ffst)

Essa unidade é constituída por arenitos quartzosos a arcoseanos, arenitos conglomeráticos e siltitos. Segundo Reis *et al.* (1994) essa formação constitui uma unidade sedimentar de caráter continental, distinta litologicamente das formações subjacentes Tacutu, Pirara e Manari, que completam o quadro estratigráfico do hemigraben do Tacutu.

### 2.4.4 Cenozóico

#### 2.4.4.1 Formação Boa Vista (Ffbv)

Essa unidade ocorre em extensa área, à nordeste de Roraima e corresponde aos denominados campos gerais ou campo de São Marcos. Está constituída por arenitos conglomeráticos, arenitos arcoseanos e subordinados siltitos e argilitos. A sedimentação Boa Vista ocorreu a partir do Terciário Inferior após um longo período de erosão. O início dessa sedimentação está posicionado após a fase de estabilização do hemigraben do Tacutu, no final do Mesozóico (CPRM 1999).

## **CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Materiais Utilizados**

#### **3.1.1 Imagens Landsat-5/TM**

As imagens multiespectrais Landsat-5 Thematic Mapper (TM) utilizadas são referentes a 5 cenas completas (185 km x 185 km) cada uma com 7 bandas, com as seguintes órbitas/pontos: 233/58, 233/59, 232/58, 232/59 e 231/59. Estas imagens foram adquiridas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com o auxílio do processo nº 01/10434-0 da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).

#### **3.1.2 Imagens de Radar Interferométricas da Missão SRTM**

Para o recobrimento total da área, foram utilizadas 16 cenas completas da *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM). Cada cena cobre 1° x 1° da superfície do terreno com resolução espacial de 90 m e correspondem a uma imagem de radar, compreendendo a banda C. Estas foram adquiridas por meio de *download* do site do JPL/Nasa (<http://www.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>).

#### **3.1.3 Dados Aerogeofísicos**

Os dados aerogeofísicos utilizados foram gerados por métodos magnéticos e gamaespectrométricos. Esses dados correspondem a dois projetos executados pela PROSPEC S.A. por meio do convênio entre a CPRM e o DNPM, denominados de projetos Uraricoera e Rio Branco. O Uraricoera foi realizado em 1977 e abrangeu a porção oeste do estado de Roraima, perfazendo uma área de 49.500 km<sup>2</sup>, com 31.138km de perfilagem (Moraes 1978a). O Rio Branco foi realizado em 1978, na porção leste de Roraima, onde foi levantada uma área de 82.000 km<sup>2</sup>, perfazendo um total de 45.800 km lineares (Moraes 1978b).

Esses dois projetos apesar de possuírem sistemas de aquisição distintos, possuem as mesmas especificações no que diz respeito a linhas de vôo orientadas

segundo a direção N-S, espaçamento de 2 km, com altura média de vôo sobre o terreno de 150 m e linhas de controle E-W, a cada 20 km.

#### **3.1.4 Dados Topográficos**

A base topográfica corresponde às cartas planimétricas, na escala de 1:250.000, elaboradas durante o Projeto RADAMBRASIL. O planejamento cartográfico e a impressão das cartas foram obtidos da Diretoria de Serviço Geográfico - 4ª DL (Divisão de Levantamento), entre 1975 e 1976, referente às Folhas: NA.20-V-B, NA.20-V-D, NA.20-X-A, NA.20-X-B, NA.20-X-C, NA.20-X-D, NA.20-Z-A, NA.20-Z-B, NA.20-Z-C e NA.20-Z-D.

#### **3.1.5 Mapa Geológico**

Foi utilizado como base geológica, as informações disponíveis das Folhas NA.20-V-D (CPRM 1981), NA.20-V-B, NA.20-X-A, NA.20-X-B, NA.20-X-C, NA.20-X-D, NA.20-Z-A, NA.20-Z-B, NA.20-Z-C e NA.20-Z-D (RADAMBRASIL 1975), escala 1:250.000, Folhas NA.20-X-C-III (CPRM 1994a) e NA.20-X-C-VI (CPRM 1994b) escala 1:100.000, mapas geológicos dos projetos Roraima Central (CPRM 1999) e Caracaráí (CPRM 2000), correspondendo às Folhas NA.20-X / NA.21-Y e NA.20-Z / NA.21-Y, na escala 1:500.000, e também as informações do mapa geológico de Bizzi *et al.* (2001) e Fraga (2002).

#### **3.1.6 Amostras para Análise Isotópica de Sm-Nd e Datação U-Pb e Sm-Nd**

Das amostras coletadas no trabalho de campo, foram selecionadas 36 para a análise isotópica de Nd em rocha total e 2 em mineral (granada) pelo método de isócrona Sm-Nd. O principal critério para seleção dessas amostras foi o limitado conhecimento de informações dessa natureza para as unidades geológicas de Roraima.

Foi selecionada também, uma amostra para datar a titanita pelo método U-Pb, com o objetivo de estabelecer melhor a idade do metamorfismo da região. Foram

necessários 4 concentrados de titanita para a realização desta análise.

### **3.1.7 Equipamentos**

Os equipamentos e *software* (ER-Mapper e Oasis Montaj) utilizados para o processamento digital de imagens, pertencem ao Laboratório de Processamento de Imagens Geo-Refenciadas (LAPIG) do IG-UNICAMP.

A preparação inicial das amostras para análise isotópica foi realizada no Laboratório de Preparação de Amostras do IG-UNICAMP, utilizando britador de mandíbula modelo 2, moinho de bolas planetário *Pulverisett 5* e moinho de anéis *Pulverisett 9*, todos da marca FRITSCH. Para a separação e leitura dos elementos Sm e Nd foi utilizado o Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília, por meio do espectrômetro *Finnigan MAT 262* dotado de 7 coletores tipo “*Faraday Cup*”.

### **3.1.8 Acervo Bibliográfico**

Além dos trabalhos disponíveis na literatura, foram utilizados relatórios internos, não publicados, de projetos realizados pela CPRM (SUREG – Manaus), que serviram como apoio para o entendimento geológico da área pesquisada.

## **3.2 Métodos**

As etapas adotadas para o processamento dos dados aerogeofísicos e imagens de sensores remotos podem ser observadas a partir dos fluxogramas das figuras 3.1 e 3.2.

### **3.2.1 Dados Aerogeofísicos**

A escolha da técnica mais apropriada para a identificação dos domínios aerogeofísicos e a correlação com as informações geológicas depende do tipo de dado que está sendo processado. Os dados magnéticos representam uma somatória de respostas situadas em diferentes profundidades, desde a profundidade *Curie* até a superfície, enquanto que os dados gamaespectrométricos representam respostas

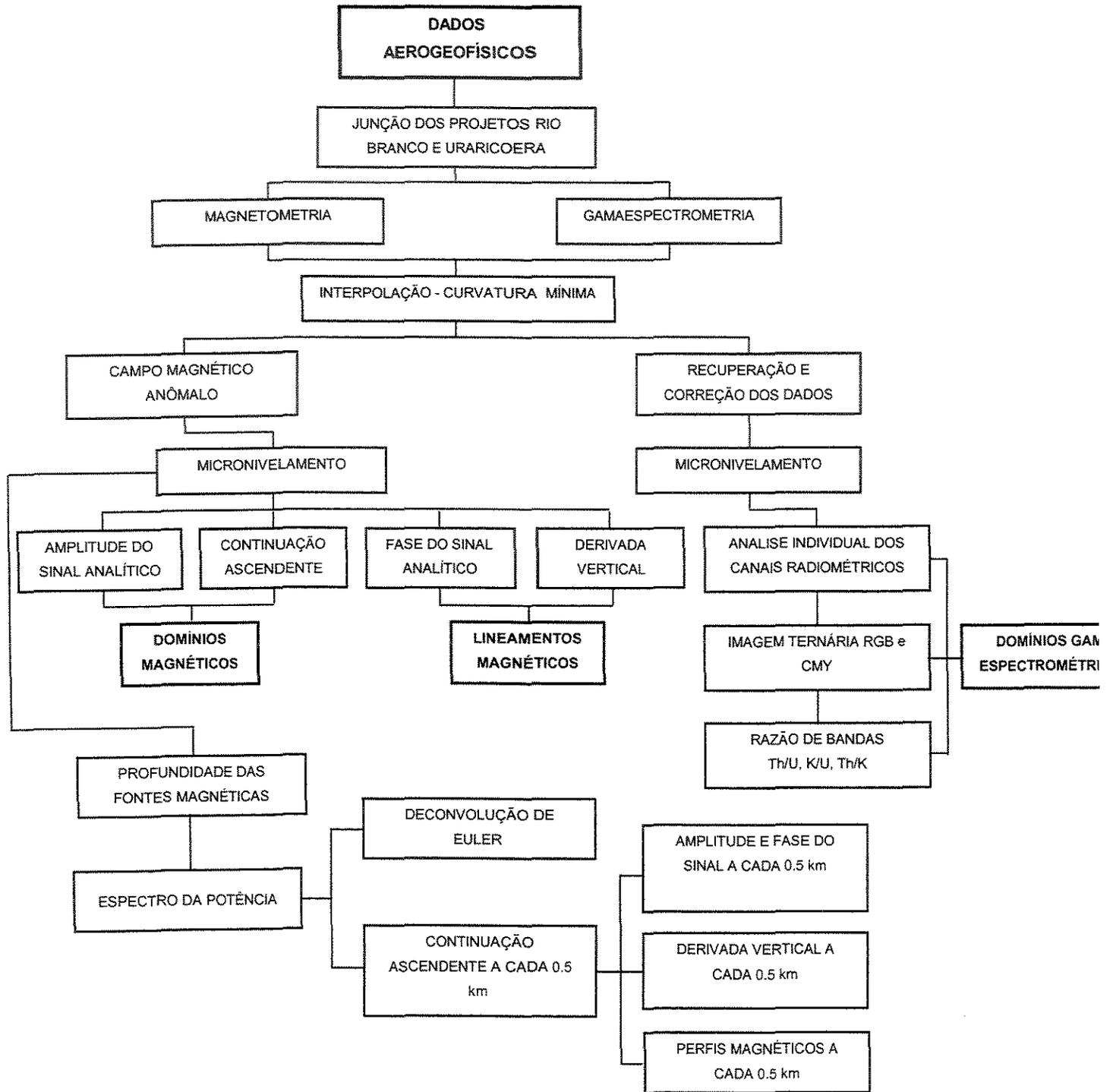


Figura 3.1 - Fluxograma das principais etapas de processamento dos dados aerogeofísicos.

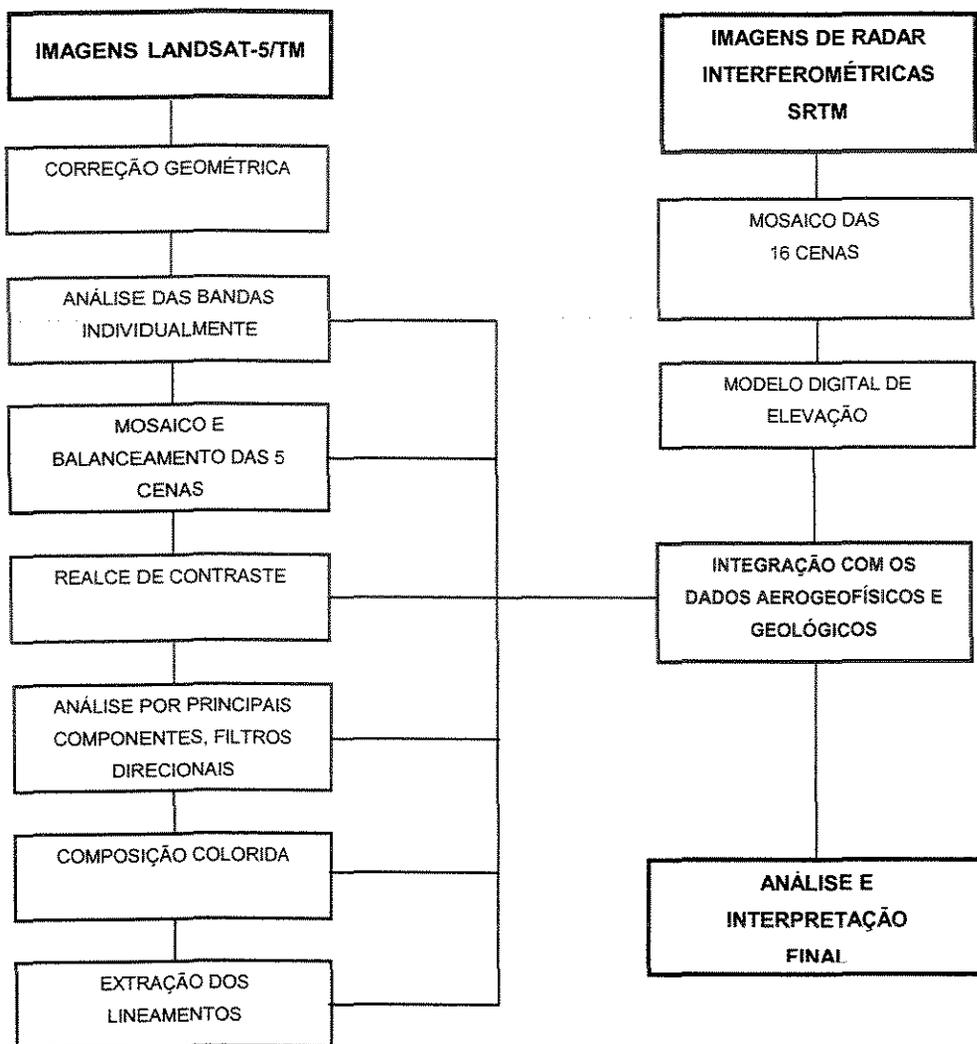


Figura 3.2 - Fluxograma das principais etapas de processamento das imagens de sensores remotos.

dos materiais até, no máximo, 1 m da superfície. Os conceitos teóricos e as principais características para cada um desses métodos são explicados com detalhes nos trabalhos desenvolvidos por Nettleton (1976), Mares (1984), Telford. (1990), Vasconcellos *et al.* (1994), Gouvêa Luiz & Silva (1995), Minty (1997), entre outros.

### 3.2.1.1 *Processamento Digital dos Dados Aeromagnéticos.*

O processamento de dados aeromagnéticos tem como apoio teórico os trabalhos desenvolvidos por Nettleton (1976), Dobrin & Savit (1988), Roest *et al.*

(1992), Vasconcellos *et al.* (1994), Grasty *et al.* (1997), Milligan & Gunn (1997), Gunn (1998) e Blum (1999).

Conforme observado na Figura 3.1, o primeiro procedimento para o processamento dos dados aeromagnéticos foi efetuar a junção dos projetos Uraricoera e Rio Branco em uma única base de dados. Em seguida, os dados foram analisados para verificação dos possíveis problemas do tipo “efeito pepita” ou “picos” de acordo com o método adotado por Blum (1999). Para a realização dessa etapa, foram utilizados perfis rebatidos e o método da diferença quarta. Esse método consistiu em substituir o valor de um ponto de uma linha de vôo pela diferença entre o segundo ponto anterior e o segundo posterior ao ponto em questão. Para restringir o número de anomalias e tentar encontrar somente os “picos” assumindo que a distribuição dos dados seja normal, sabendo que 99,7% dos dados em torno da média estão entre  $-3$  e  $3$  vezes o desvio padrão e que o logaritmo de um número negativo não é real, foi utilizada a seguinte equação:

$$P = \log(|x - \bar{x}| - |3 \cdot \sigma|),$$

sendo:

P - corresponde ao “pico”;

x - representa o dado em questão;

$\bar{x}$  - é a média das diferenças dos dados e;

$\sigma$  - representa o desvio padrão

Concluída essa etapa, foi realizada a representação desses dados em malha regular, onde foi definido o tamanho da célula da grade em função do espaçamento entre as linhas de vôo e efetuada a interpolação. Vasconcellos *et al.* (1994) sugere a utilização de um valor entre  $1/4$  e  $1/8$  do espaçamento médio das linhas de vôo, para evitar os efeitos de *aliasing*.

Com base nesse princípio, os dados foram interpolados aplicando-se o método da curvatura mínima com células de 500 m e foi gerado o mapa do campo magnético anômalo. Após essa interpolação observou-se a existência de ruídos periódicos na direção da linha de vôo (N-S).

Para atenuação desses ruídos, foram testados os filtros de cosseno direcional e micronivelamento (Minty 1991). O melhor resultado foi obtido a partir do micronivelamento.

A partir da atenuação dos ruídos, outros filtros foram aplicados aos dados magnéticos, os quais puderam ser implementados tanto no domínio da frequência, por meio da transformada rápida de Fourier, quanto no domínio espacial, usando o processo de convolução. Foram aplicados os seguintes filtros:

### **Filtro passa alta**

Neste tipo de filtro são realçadas as feições de fontes mais rasas, ou seja, são eliminados os componentes com menor comprimento de onda. Os ruídos estão geralmente associados a esta categoria. É necessário cuidado na seleção dos parâmetros utilizados em cada um dos filtros desta classe, pois o ruído pode ser realçado em relação ao sinal desejado. Os filtros passa alta mais utilizados serão brevemente descritos a seguir:

**Amplitude do sinal analítico** - segundo Nabighian (1972), Rao *et al.* (1981), Thompson (1982), Roest *et al.* (1992) e Milligan & Gunn (1997), esse filtro é formado por uma combinação das derivadas direcionais e representa uma medida da quantidade de magnetização independentemente dos parâmetros da direção de magnetização dos corpos e do campo terrestre. Desta forma, todos os corpos com a mesma geometria devem apresentar o mesmo sinal analítico. A amplitude do sinal analítico é diretamente relacionada à amplitude da magnetização, permitindo desta maneira a delimitação das fontes magnéticas. Os valores máximos ocorrem sobre a área de maior contraste magnético. O sinal analítico é obtido por meio da seguinte expressão:

$$|A(x,y)| = [(\partial F_a / \partial x)^2 + (\partial F_a / \partial y)^2 + (\partial F_a / \partial z)^2]^{1/2},$$

sendo:

$F_a$  - é o campo magnético total anômalo, observado no ponto (x,y).

**Fase do sinal analítico** - esse filtro foi gerado como uma extensão da teoria do filtro de sinal analítico (parágrafo anterior). De acordo com Thurston & Smith

(1997) a fase do sinal analítico permite efetuar a estimativa do mergulho da fonte magnética e, conseqüentemente, o contraste local de susceptibilidade. A formulação para a estimativa desses parâmetros e da profundidade é encontrada nos referidos autores.

**Derivada vertical** - amplifica as informações dos comprimentos de ondas curtas à custa de informações dos comprimentos de ondas longas. A **primeira derivada vertical** é aplicada para realçar os componente das fontes mais rasas, manter as fontes intermediárias e eliminar as feições mais profundas. A **segunda derivada** realça ainda mais as feições rasas, porém atenua ou elimina as intermediárias e as fontes mais profundas (Bhattacharyya 1966, Gupta & Ramani 1982).

Além dos filtros acima mencionados, foi também aplicado o sombreamento sintético para realçar os lineamentos magnéticos. Este processo foi realizado por meio da simulação de uma fonte luminosa do sombreamento do relevo, com ângulo de elevação em várias direções, fornecendo uma imagem monocromática.

A partir da imagem resultante do sombreamento sintético, foi aplicada a técnica de *colordraped*, que consiste na adição desta com a imagem original em pseudocor, produzindo uma imagem com aspecto tridimensional, facilitando a visualização de feições geológicas e estruturais.

### **Filtro passa baixa**

Este filtro é usado para realçar os componentes dos dados que possuem maior comprimento de onda e são comumente usados para destacar as feições das fontes mais profundas. Dentre eles, o mais utilizado foi a **continuação ascendente**. Este filtro é aplicado para atenuar as altas freqüências, suavizando, desta forma, as feições provenientes das fontes próximas à superfície terrestre (Milligan & Gunn 1997).

### **Profundidade das fontes magnéticas**

Para a observação do comportamento das fontes magnéticas e lineamentos

em diferentes profundidades foi adotado o seguinte procedimento (Figura 3.3):

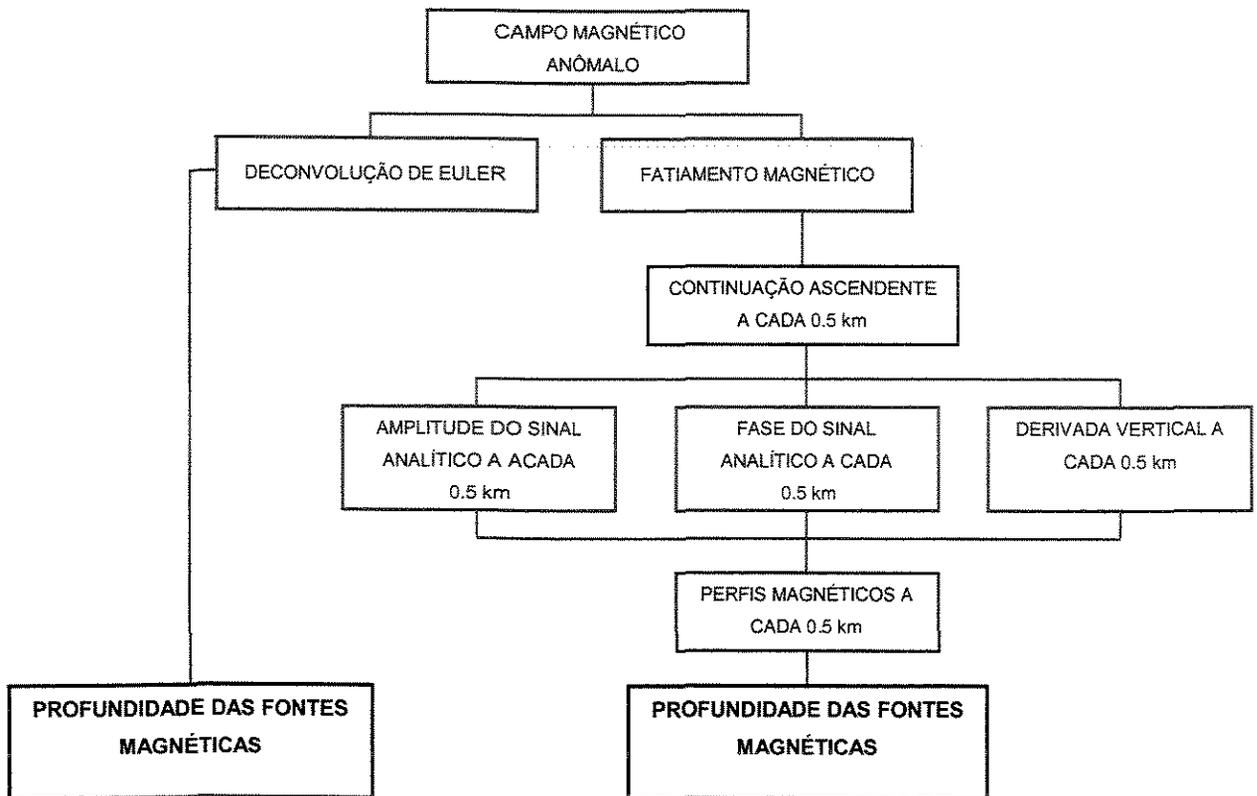


Figura 3.3 - Fluxograma das etapas seguidas para a análise das fontes magnéticas em profundidade.

### **Espectro da potência**

O primeiro procedimento adotado, para observar até que profundidade seria possível obter respostas das fontes magnéticas, foi calcular o espectro da potência a partir do campo magnético anômalo. Esse método foi desenvolvido por Bhattacharyya (1966) e modificado por Spector & Grant (1970), que conseguiram determinar a profundidade do topo da fonte magnética a partir da declinação da curva do espectro da potência radial médio da anomalia. A distribuição das frequências é registrada por segmentos da reta cujas inclinações estão relacionadas à profundidade dessas fontes, de acordo com a seguinte expressão:

$$\text{Log } E(k) = 4 \pi h k,$$

sendo:

E - espectro da potência médio;

h - profundidade média do topo da fonte e;

k - momento magnético

### **Deconvolução de Euler**

Após a avaliação do espectro da potência foi aplicado a deconvolução de Euler. Esse método foi inicialmente desenvolvido por Thompson (1982) para aplicação em perfis, e depois foi aperfeiçoado por Reid *et al.* (1990) para uso em dados dispostos na forma de *grids*. A relação de Euler é expressa pela seguinte fórmula:

$$(x - x_0) \partial F_a / \partial x + (y - y_0) \partial F_a / \partial y + (z - z_0) \partial F_a / \partial z = N(F_p - F_a),$$

sendo:

$(x_0, y_0, z_0)$  - a posição de uma fonte magnética, cujo campo total anômalo  $F_a$  é detectado em  $(x, y, z)$ ;

$F_p$  - o valor do campo magnético principal e;

N - o índice estrutural

### **Fatiamento Magnético**

Na tentativa de se obter a representação das fontes magnéticas foi implementada a Técnica de Fatiamento Magnético. Essa técnica consiste em determinar o comportamento das fontes magnéticas em diferentes profundidades, que pode ser observado tanto no plano quanto em perfil.

Após a definição da profundidade máxima do topo das fontes, a partir do espectro da potência, é aplicado o filtro de continuação ascendente a cada 0.5 km. Em seguida, sobre cada um desses produtos, é usado o filtro de amplitude e fase do sinal analítico e da derivada vertical.

A partir dos produtos gerados devem-se traçar os perfis magnéticos de acordo com a profundidade de investigação desejada. No caso da região de estudo, foram traçados 6 perfis magnéticos, perpendiculares a direção geral do Cinturão Guiana Central (NW-SE) a cada 0.5 km de profundidade. Devido ao grande número de curvas geradas (30 curvas), foram selecionadas as mais representativas de cada intervalo das anomalias magnéticas.

Um método similar foi utilizado por Amaro (1998), porém, usando o filtro passa banda para delimitação de camadas centimétricas, no extremo nordeste da província Borborema. Seguindo o mesmo princípio, foi aplicado por Duarte, M.I.D. (inf. verbal) na Faixa Sergipana e Bettú & Ferreira (2003) na Bacia do Paraná o filtro de sinal analítico sobre continuações ascendentes.

### 3.2.1.2 *Processamento digital dos dados aerogamaespectrométricos*

#### **a) Recuperação e correção dos dados**

Ao interpolar os dados gamaespectrométricos dos projetos Rio Branco e Uraricoera, constatou-se a heterogeneidade entre os mesmos, sendo então necessária à aplicação dos programas desenvolvidos pelo Dr. Gilberto Amaral, para correção dos dados do projeto Uraricoera. Estes programas foram utilizados por Costa (1999) e Amaral *et al.* (1999), os quais detectaram e corrigiram erros para parte do referido projeto, sendo o mais relevante o relacionado à troca do valor do coeficiente  $\beta$  pelo de  $\gamma$ , usado para o efeito Compton.

O arquivo final corrigido foi novamente interpolado e seus valores foram convertidos de cps para teor (% K, ppm U e ppm Th) de acordo com Amaral & Pascholati (1998). Essa transformação é baseada no valor da altura do vôo, tamanho do cristal e a sensibilidade dos canais. Essas transformações forneceram os teores de K, U e Th na superfície, melhorando as interpretações geológicas - geoquímicas.

#### **b) Processamento dos Dados Aerogamaespectrométricos**

Após a recuperação e correção dos dados do Projeto Uraricoera, foi realizada a homogeneização com os dados do Projeto Rio Branco. Os resultados também apresentaram ruídos periódicos e foram micronivelados.

Os canais gamaespectrométricos foram processados individualmente e conjuntamente, por meio de composição colorida RGB e CMY onde, aos canais de K, Th e U foram atribuídas, respectivamente, as cores vermelho, verde e azul para a composição RGB e ciano, magenta e amarelo para a CMY (Duval 1982, Milligan & Gunn 1997). A divisão de bandas foi utilizada para gerar razões entre os canais de U, Th e K, com o objetivo de identificar litotipos e distintas fácies em corpos graníticos.

### **3.2.2 Imagens Landsat-5/TM**

As técnicas aplicadas no processamento digital das imagens Landsat-5/TM encontram-se descritas nos trabalhos de Crósta (1992), Drury (1993) e Amaral (1995), dentre outros.

Neste trabalho, a imagem foi pré-processada por intermédio da correção geométrica, que tem como função reorganizar os pixels da imagem em relação ao sistema de projeção cartográfica UTM. Esta correção foi calculada por meio da transformação baseada em pontos de controle do terreno (GCPs - *Ground Control Points*), utilizando-se os mapas planimétricos da área para identificação simultânea dos pontos de controle entre o mapa e a imagem. Devido às características da região pesquisada, esses pontos foram principalmente localizados nas intersecções das drenagens, sendo bem distribuídos por toda a área.

Com o objetivo de melhorar a qualidade visual da imagem, foram analisados os histogramas de cada uma das bandas. Como estes se apresentaram bastante comprimidos, foi aplicada a técnica de aumento linear de contraste, explorando desta forma toda a escala de valores disponíveis de DN (*Digital Number*) e obtendo-se um melhor contraste entre os alvos.

Para a extração das feições lineares foram utilizados filtros direcionais e sombreamento sintético nas bandas 4 e 5. O termo lineamento, adotado neste trabalho, segue a seguinte definição “feição simples ou composta da superfície, mapeável, retilínea ou curvilínea, diferindo de feições adjacentes e presumivelmente associada a fenômenos de subsuperfície” (O’Leary *et al.* 1976).

A combinação de três diferentes bandas da imagem Landsat-5 TM no espaço de cores RGB foi realizada com base em dois tipos de análise. A primeira, por meio de análise visual, face às características espectrais de cada banda. E a segunda, através do índice OIF (*Optimum Index Factor*) de Chavez *et al.* (1982), usado para definir o melhor triplete. Esse índice é baseado em parâmetros quantitativos e estatísticos que indicam diferentes combinações de conjuntos de 3 bandas com base na quantidade de informações contidas nesse conjunto.

### **3.2.3 Modelo Digital de Elevação por interferometria da missão SRTM**

Foi gerado um mosaico das imagens e, em seguida, para a visualização dos lineamentos utilizou-se a técnica de *colourdraped* e sombreamento sintético com azimute e elevação variada. O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi confeccionado a partir da opção 3D do ER-Mapper 6.4. Essas imagens foram utilizadas para a análise da topografia do terreno e integrados aos demais produtos de sensores remotos.

### **3.2.4 Mapas Geológicos**

Os mapas geológicos dos projetos Roraima Central (CPRM 1999) e Caracarái (CPRM 2000) e de Fraga (2002) foram digitalizados e integrados ao mapa geológico de Bizzi *et al.* (2001), para compilação e atualização das informações geológicas. Posteriormente, realizou-se a integração e a comparação entre essas informações geológicas e os resultados obtidos dos dados aerogeofísicos e das imagens de satélite.

### **3.2.5 Análises Isotópicas Sm-Nd e U-Pb**

No Laboratório de Preparação de Amostras do IG-UNICAMP as amostras foram trituradas e pulverizadas tanto para análise de rocha total quanto mineral. No Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília, as amostras foram abertas para a realização das medidas isotópicas de acordo com Gioia & Pimentel (2000).

Para rocha total foram pesadas alíquotas entre 50 mg e 130 mg de cada amostra (pó com granulação de 75  $\mu\text{m}$ ), às quais foram adicionadas ao "spike" (*Crustal Spike Composition Calibrated against Cal-tech Std and BCR-1*), em proporções variáveis de acordo com a concentração de Nd de cada amostra. Em seguida foram realizados três ataques ácidos: o primeiro com 1ml de  $\text{HNO}_3_{\text{conc}}$  e 4 ml de  $\text{HF}_{\text{conc}}$ , em bomba de teflon e estufa, com aquecimento durante 36 horas; o segundo com as mesmas proporções de ácido, aquecido durante 5 dias e o terceiro ataque, com diferente proporção de ácido, com 1ml de  $\text{HNO}_3_{\text{conc}}$  e 5 ml de  $\text{HCl}$  6N <sub>dest.</sub>, com aquecimento durante 24 horas.

Após a dissolução das amostras, duas etapas de separação dos elementos Sm e Nd foram realizadas. Na primeira, foram separados os ETR em colunas primárias com o auxílio de  $\text{HCl}$  2,5N, utilizado para descartar os demais elementos. Em seguida, a separação do Sm e Nd foi efetuada em colunas secundárias, com a adição de  $\text{HCl}$  0,3N e  $\text{HCl}$  0,4N, em proporções previamente estabelecidas pelos técnicos do laboratório.

Após esse processamento químico, foram realizadas as leituras das medidas em espectrômetro de massa do tipo *Finnigan* MAT 262 nos módulos de coletor individual e múltiplo.

Posteriormente, calculou-se as idades com o programa ISOPLOT, de acordo com os valores condriticos utilizados para normalização do  $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$  de  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,512638$  e  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,1967$  de acordo com DePaolo (1981).

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SECÃO CIRCULANTE

## CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS

### 4.1 Análise e Interpretação dos Dados Aeromagnéticos

Após a interpolação e micronivelamento dos dados, obteve-se a imagem do campo magnético anômalo. Sobre essa imagem foram aplicados os seguintes filtros: amplitude e fase do sinal analítica, derivada vertical, susceptibilidade magnética aparente e continuação ascendente (Figura 4.1). Os valores magnéticos para a área de pesquisa são: inclinação de  $27,5^{\circ}$ , declinação de  $-8,2^{\circ}$  e campo magnético total de 31.991,5 nT.

Com base na análise e interpretação desses resultados foram selecionadas as imagens de continuação ascendente a 1500m, amplitude do sinal analítico e primeira derivada vertical em z para aplicar a classificação não supervisionada isoclasss. Desse modo, foram delimitados quatro domínios magnéticos caracterizados na Tabela 4.1 e Figura 4.2:

Tabela 4.1 - Resultados estatísticos dos domínios magnéticos da Figura 4.2. As abreviações significam: CA-campo ascendente a 1500m, ASA-amplitude do sinal analítico e DV-primeira derivada vertical.

PARÂMETROS	DOMÍNIO 1			DOMÍNIO 2			DOMÍNIO 3			DOMÍNIO 4		
	CA	ASA	DV									
Valor mínimo	-648	0.001	-2.685	-345	0.001	-1.987	-253	0.001	-2.073	-159	0.001	-1.695
Valor máximo	-345	3.744	3.615	-253	2.122	1.169	-159	2.077	1.609	166	1.838	1.824

Para melhor entender a explicação dos próximos parágrafos e itens, é conveniente sobrepor o mapa litológico (Anexo 2) às figuras contidas neste capítulo.

#### ***Domínio Magnético 1 (DM1)***

O domínio magnético 1 corresponde a valores de intensidade negativa e amplitude magnética média, representado pela tonalidade azul (Figura 4.2 e Tabela 4.1). Este domínio concentra-se, principalmente, na porção centro sul e norte e, também, no setor nordeste e sudeste da área, correspondendo, respectivamente, aos ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1),

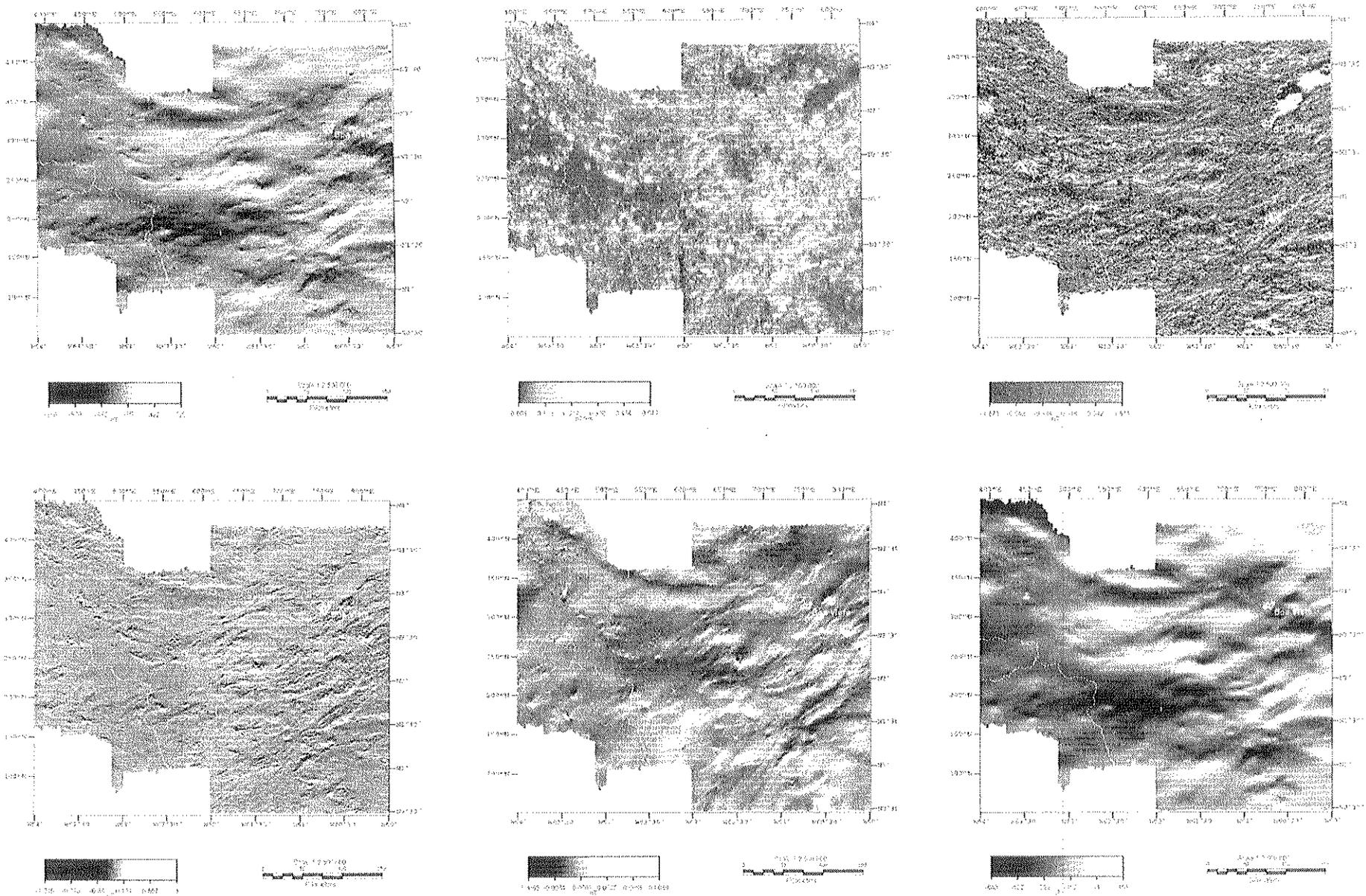
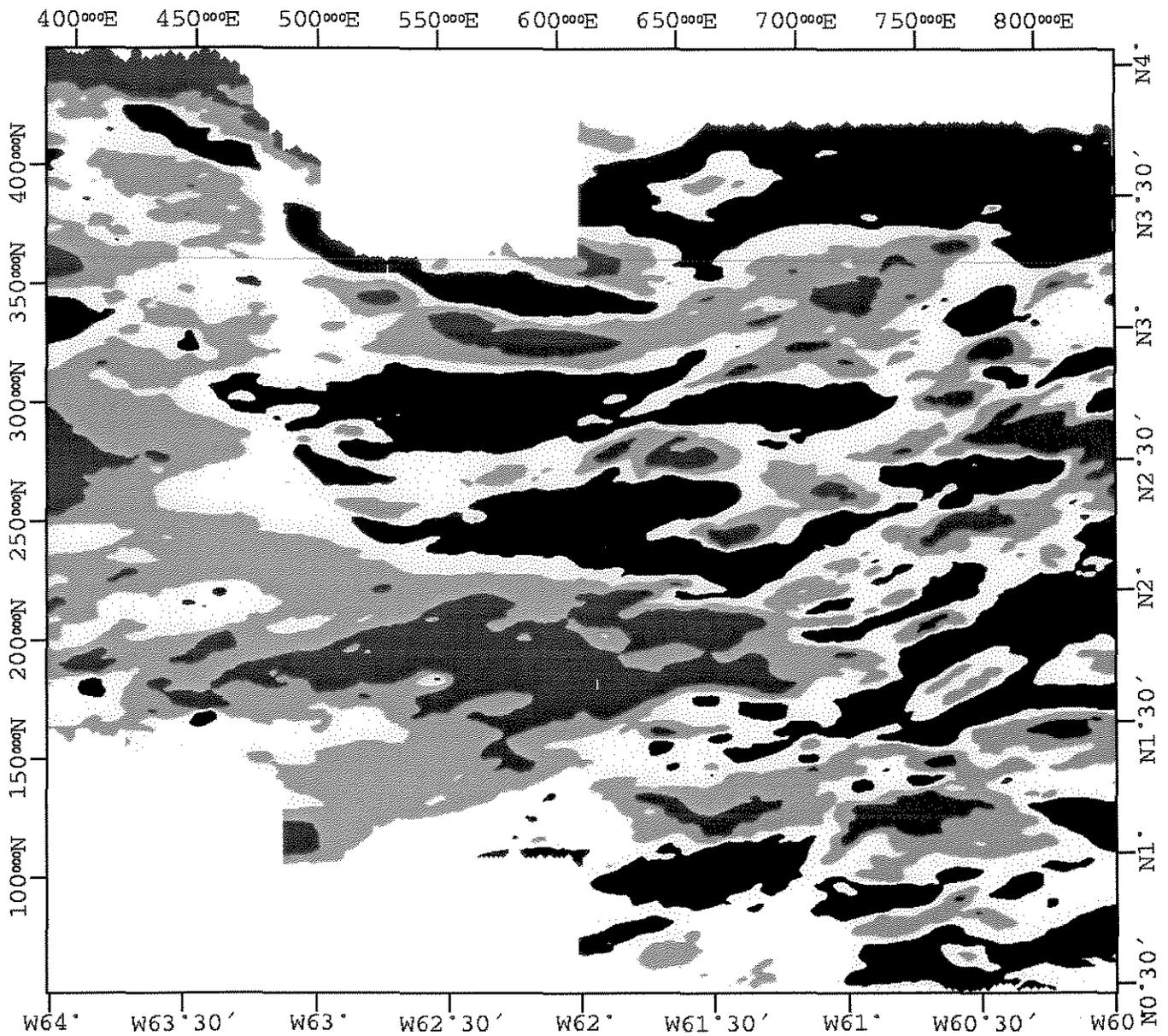


Figura 4.1 Produtos obtidos a partir dos dados magnéticos: A- campo magnético anômalo, B- amplitude do sinal analítico, C-fase do sinal analítico, D-derivada vertical, E-susceptibilidade magética aparente e F-continuação ascendente a 1500 m



**LEGENDA**

-  DOMÍNIO 1 (DM1)
-  DOMÍNIO 2 (DM2)
-  DOMÍNIO 3 (DM3)
-  DOMÍNIO 4 (DM4)

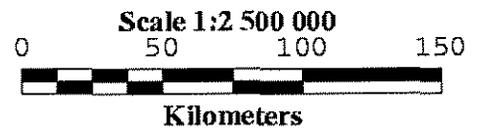


Figura 4.2 - Imagem dos domínios magnéticos obtidos a partir da classificação não supervisionada aplicada às imagens de continuação ascendente, amplitude do sinal analítico e primeira derivada vertical.

da Suíte Metamórfica Parima (PPsmp) e também aos sedimentos Boa Vista e os depósitos aluvionares (Fda).

### ***Domínio Magnético 2 (DM2)***

O domínio magnético 2 está associado aos valores do DM1, o qual é circundado, por vezes, por este domínio (Figura 4.2). Os valores tanto de intensidade quanto de amplitude magnética são baixos e estão representados em ciano, localizados principalmente nas porções noroeste, sudoeste e central. A melhor correlação deste domínio é com as rochas metamórficas Parima, Uraricoera e com os ortognaisses Rio Urubu.

### ***Domínio Magnético 3 (DM3)***

Neste domínio, ambos valores de amplitude e intensidade são intermediários, representados em amarelo, distribuído na região norte, central e leste (Figura 4.2). Este domínio tem correlação com várias unidades litológicas, variando desde as coberturas sedimentares até as rochas do embasamento. Uma característica importante é que esses valores magnéticos apresentam, às vezes, formas lineares e sigmóidais, com direções NE-SW, E-W e NW-SE, e representam feições estruturais associadas à deformação tectônica regional.

### ***Domínio Magnético 4 (DM4)***

No domínio magnético 5, pode-se verificar que os valores de alta intensidade e amplitude, em vermelho, encontram boa correlação com a maioria dos corpos gabróicos da Suíte Máfica Serra da Estrutura (PPsmse) e da Suíte Máfica Tapuruquara (MPsmt), situados, respectivamente, na porção noroeste e sudoeste. Pode-se também observar que algumas áreas compreendidas pelos ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1), xistos da Suíte Metamórfica Parima (PPsmp), ortognaisses e metagranitóides da Suíte Metamórfica Uraricoera (PPsmu), possuem boa correlação, tendo em vista que essas unidades apresentam altos valores magnéticos. Estão representados, ainda neste domínio, anomalias lineares e corpos alongados dessas unidades, com direção NE-SW, NW-SE e E-W. Observa-se

que este domínio ocorre na porção norte e nordeste, porém, provavelmente, essa resposta não reflete as rochas sedimentares da Formação Boa Vista, e sim, corpos sobrejacentes a essa unidade.

#### 4.1.1 Correlação das Fontes Magnéticas com as Unidades Geológicas

A imagem obtida da amplitude do sinal analítico (ASA) mostra a delimitação das fontes magnéticas, a qual pode ser observada na Figura 4.3. De acordo com Roest *et al.* (1992), para o sinal analítico, a correlação das fontes magnéticas com as prováveis unidades geológicas independe dos parâmetros do campo magnético terrestre e da direção de magnetização da fonte

De forma geral, pode-se observar nessa imagem, altos valores na faixa leste, exceto na área do hemigraben do Tacutu. No setor oeste, as amplitudes altas e intermediárias são interrompidas por uma faixa de valores baixos, que segue até a porção central. A partir desse resultado, puderam ser reconhecidos três domínios da amplitude do sinal analítico, denominados de ASA 1, 2 e 3.

i) O **Domínio ASA 1** é caracterizado por relevo magnético com alta amplitude (0,136 nT/km a 0,542 nT/km) que se distribui de forma bastante heterogênea em toda área, e está, fundamentalmente, associado as rochas básicas e ultrabásicas. No setor noroeste, as anomalias possuem forma circular e alongada e estão correlacionadas com as rochas gabróicas Serra da Estrutura (PPsmse) (4A), ortognaisses e metagranitóides Uraricoera (PPsmu) (4B) e rochas metavulcanossedimentares Parima (PPsmp) (4C). Novos corpos com mesma característica magnética podem ser reconhecidos, que ainda não haviam sido individualizados nos mapas geológicos da região. Os altos valores da amplitude permite associá-los às suítes Serra da Estrutura (PPsmse) e Parima (PPsmp). De modo geral, as anomalias desse domínio obedecem a direção NW-SE (4D), coincidente com a direção estrutural do embasamento nesse setor. Este fato pode indicar uma correlação dessas fontes com o Cinturão Parima, como proposto por Costa (1999).

A sudoeste, duas anomalias de relevo alto, com forma irregular, são correlacionadas, principalmente, aos corpos máficos Tapuruquara (MPsmt) (4E); adicionalmente, novas anomalias podem ser identificadas nesse setor e podem corresponder a corpos máficos (4F). Na porção central da área, as principais anomalias observadas são oriundas da Suíte Intrusiva Serra da Prata (PPsisp) (4G) e do Anortosito Repartimento (MPar) (4H).

Tanto nesta porção quanto a centro leste, novos corpos, com forma alongada, segundo a direção NE-SW e E-W (4I) foram demarcados. Essas anomalias podem estar associadas às rochas ortognaissicas da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1).

As anomalias do setor sudeste, mostram correlação com os granodioritos e tonalitos da Suíte Intrusiva Água Branca (PPsiab) (4J), granulitos da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru2) (4L) e com algumas anomalias de forma alongada com direção NE-SW, sendo que uma delas coincide com a Falha do Itã, descrita pela CPRM (2000), como o limite sul do Cinturão Guiana Central (4M). Outras zonas anômalas estão distribuídas nesta porção e não apresentam correlação com as unidades do mapa geológico regional, devido, provavelmente, a extensa cobertura das rochas sedimentares que dificulta o mapeamento de campo (4N).

Na porção nordeste, a melhor correspondência das anomalias é com os metacherts e paragnaisses do Grupo Cauarane (PPgcm e PPgcp) e Suíte Máfica-Ultramáfica Uraricaá (PPsmuu), com geometrias irregulares e formas alongadas com direção NE-SW e E-W (4O). Assim como no setor sudeste, inúmeros corpos magnéticos estão cobertos pelos sedimentos da Formação Boa Vista (Cfbv).

ii) O **Domínio ASA 2** possui relevo magnético com amplitude intermediária (0,055 nT/km a 0,136 nT/km). Esse relevo encontra-se distribuído de forma heterogênea, geralmente circundando as anomalias de relevo magnético alto e distribuí-se por toda a área. Na porção noroeste tem correlação com os xistos da Suíte Metamórfica Parima (PPsmp) (5A) e hornblenda gnaisses e ortognaisses da Suíte Metamórfica Uraricoera (PPsmu) (5B) e apresenta forma alongada segundo a direção NW-SE e NE-SW. Vale ressaltar, entretanto que o contato entre os relevos

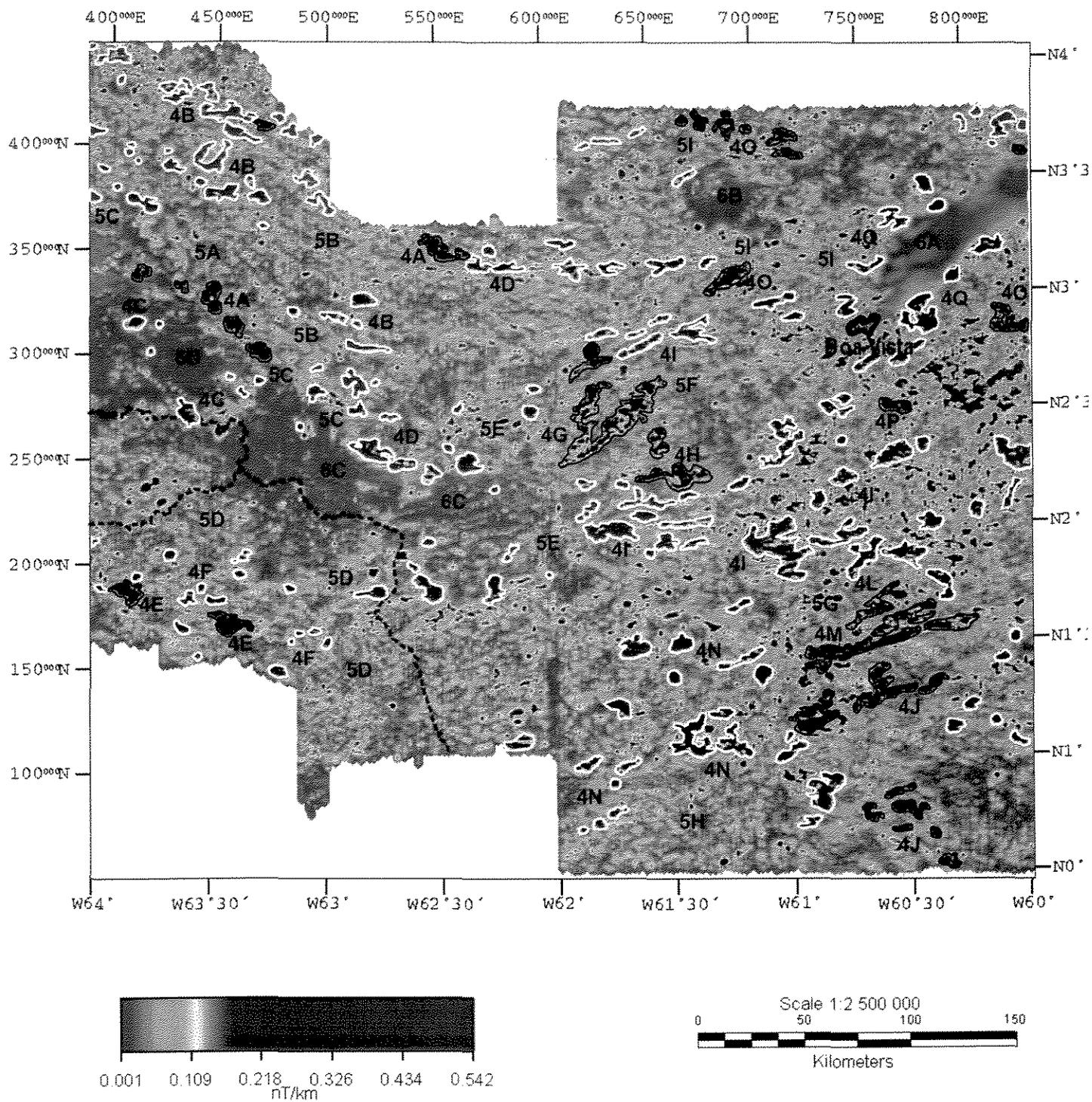


Figura 4.3 - Imagem da amplitude do sinal analítico gerada a partir do campo magnético anômalo micronivelado. São apresentadas também, as anomalias correlacionáveis com as unidades geológicas (contorno preto) e as não correlacionáveis (contorno branco). As letras correspondem a cada uma dessas anomalias que serão discutidas no decorrer do texto.

de valor intermediário e baixo representa um lineamento expressivo com direção NW-SE (5C).

Na porção sudoeste, a melhor correlação é feita com os gnaisses, granodioritos e metagranodioritos do Complexo Cauaburi (PPcc) (5D); essas anomalias apresentam forma predominantemente irregular, sendo algumas alongadas com uma sutil orientação para NE-SW.

Na porção central, os valores intermediários têm associação com os ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1) (5E) e os granitos da Suíte Intrusiva Mucajaí (MPsim) (5F).

A sudeste, esse relevo ocorre de forma alongada, por vezes delimitando algumas unidades geológicas com direção NE-SW, como no caso dos granulitos da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru2) (5G). Novas anomalias, que se concentram nas regiões cobertas por sedimentos recentes (Ccr), podem ser observadas (5H).

Na porção nordeste, as anomalias apresentam correlação com alguns corpos pertencentes ao Grupo Cauarane (PPgcm e PPgcp) e Formação Boa Vista (Cfbv) (5I) com forma variando de irregular a levemente alongada.

iii) O **Domínio ASA 3** é caracterizado por relevo magnético com amplitude baixa (0,001 nT/km a 0,054 nT/km) e concentra-se principalmente nas porções nordeste, oeste e sudeste. No setor nordeste, destaca-se uma anomalia bem definida, com relevo extremamente baixo, com forma alongada e orientação NE-SW, correspondendo ao hemigraben do Tacutu (6A). As outras anomalias são correlacionadas aos paragneisses do Grupo Cauarane (PPgcp e PPgcm) (6B).

No setor oeste, as anomalias alongadas são distribuídas de maneira homogênea, evidenciando uma faixa NW-SE. Tais anomalias fazem contato com o relevo magnético médio e mostram uma inflexão para E-W na porção central (6C). A correlação dessas anomalias se faz com os xistos da Suíte Metamórfica Parima (PPsmp) e com os granitos da Suíte Intrusiva Surucucus (MPsisu) (6D).

Na porção sudeste, as anomalias apresentam formas irregulares, sendo associado aos granitos da Suíte Intrusiva Igarapé Azul (PPsiia). Em algumas áreas essas anomalias estão cobertas por sedimentos recentes (Ccr).

## 4.1.2 Profundidade das Fontes Magnéticas

### 4.1.2.1 Espectro da Potência

A fim de estabelecer a profundidade das fontes magnéticas e o comportamento das rochas em subsuperfície, fez-se necessário analisar o comportamento entre a frequência e a profundidade das fontes, por meio do espectro da potência. A partir da determinação dos valores das profundidades dessas fontes, foram aplicados diferentes filtros para realçar com maior precisão as fontes das anomalias magnéticas.

Foram individualizados três intervalos distintos da parte superior da fonte das anomalias magnéticas (Figuras 4.4a e b). O primeiro intervalo corresponde às fontes infracrustais com profundidades entre 15 km e 6,5 km (0,06 rad/km e 0,002 rad/km), enquanto o segundo representa fontes intracrustais com profundidades entre 6,5 km e 2 km (0,18 rad/km e 0,06 rad/km). O terceiro, corresponde às fontes supracrustais com profundidades variando entre 2 km e 0,5 km (0,6 rad/km e 0,18 rad/km).

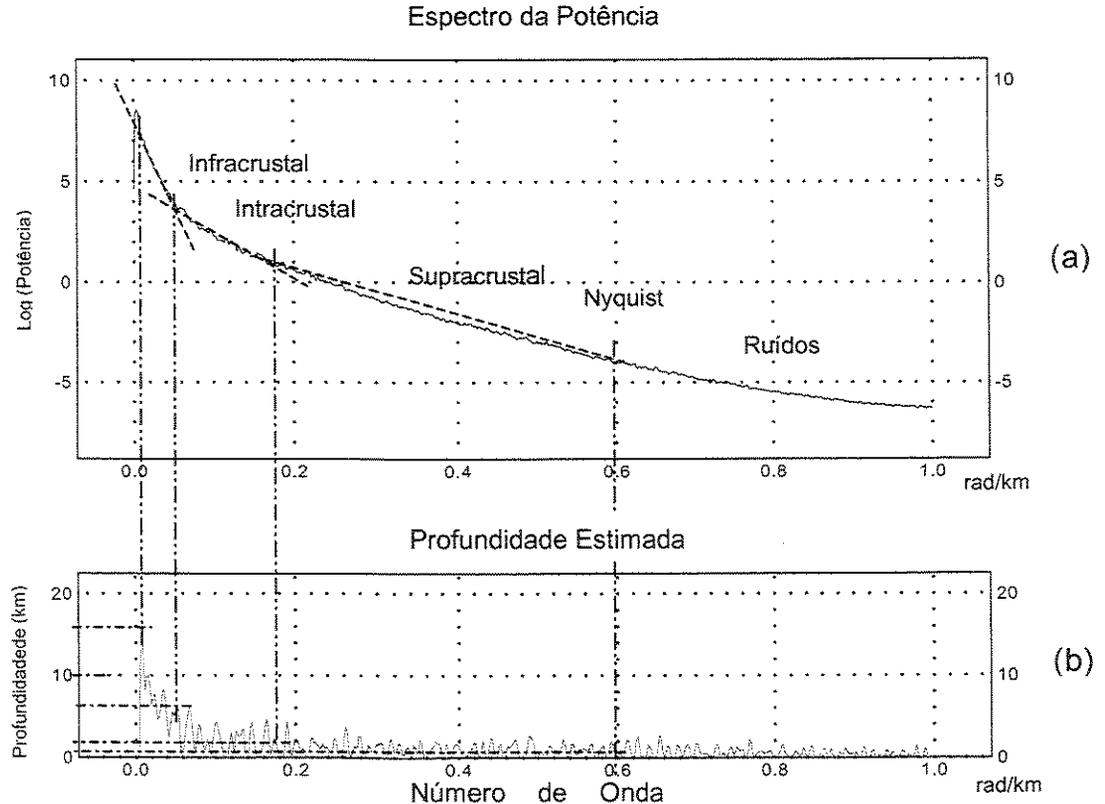


Figura 4.4 - Espectro da potência do campo magnético anômalo (a), com as respectivas profundidades estimadas da área de estudo (b).

infracrustais com profundidades entre 15 km e 6,5 km (0,06 rad/km e 0,002 rad/km), enquanto o segundo representa fontes intracrustais com profundidades entre 6,5 km e 2 km (0,18 rad/km e 0,06 rad/km). O terceiro corresponde às fontes supracrustais com profundidades variando entre 2 km e 0,5 km (0,6 rad/km e 0,18 rad/km).

#### *4.1.2.2 Amplitude do sinal analítico em diferentes profundidades - Fatiamento Magnético*

Com a aplicação do filtro de amplitude do sinal analítico sobre as imagens de continuação ascendente foi possível verificar a distribuição das fontes magnéticas das rochas e delimitar os limites norte e sul do Cinturão Guiana Central, em diferentes profundidades. Para uma melhor visualização das fontes magnéticas, foram selecionadas as profundidades de 0,5 km, 3 km, 6 km, 9 km, 12 km e 15 km. Na imagem da amplitude do sinal analítico, os valores variam de baixo (em azul) a alto (em vermelho), como apresentado nas Figuras 4.5a, b, c, d, e, f. (Anexo-3). A partir desse resultado é possível observar as mudanças significativas com relação à forma, tamanho, posição geográfica e a distribuição das fontes no decorrer das diferentes profundidades investigadas. Em geral, a baixa amplitude define fontes magnéticas profundas e a alta amplitude delimita corpos a pouca profundidade. É possível ainda, individualizar quatro compartimentos com diferentes relevos magnéticos, localizados a noroeste, central, sudoeste, sudeste e nordeste, separados por extensas descontinuidades de anomalias magnéticas alongadas com baixo relevo.

##### *i) Porção noroeste*

O tipo de relevo magnético nesse setor está relacionado a pequenos corpos circulares da Suíte Máfica Serra da Estrutura (PPsmse), essa mesma associação foi feita por Costa (1999). As respostas magnéticas variam de altas a baixas e se diferenciam à medida que a profundidade de investigação aumenta. Alguns desses corpos apresentam alta amplitude e formas irregulares, cuja dimensão diminui a partir de 6 km (7A). As anomalias com relevo médio, entre 6 km e 12 km que

desaparecem parcialmente a 15 km, indicam, provavelmente, que esse corpo tem raiz r sa (7A'). Outros corpos, no entanto, mostram comportamento inverso, com valores intermediários até 3 km e aumento progressivo da anomalia indicando fonte profunda, como pode ser observado na Figura 4.5b, c, d, e, f, detalhe A".

É interessante notar que os limites geológicos entre algumas unidades são bem definidos, como por exemplo, o limite norte entre as rochas sedimentares Roraima e os ortognaisses Uraricoera, que está bem delimitado a grandes profundidades, onde se pode distinguir claramente a diferença de amplitude magnética baixa e alta, respectivamente (7B).

Para a Suíte Metamórfica Parima (PPsm), o relevo apresentado é predominantemente baixo até 15 km. Ao comparar este resultado com o da Figura 4.3 observa-se que o contato entre essa suíte e a Suíte Metamórfica Uraricoera (PPsmu), tem relevo baixo e intermediário, respectivamente, que pode ser observado até 0,5 km (7C). Porém, em profundidade, esse limite deixa de ser observado e essas unidades passam a apresentar o mesmo comportamento magnético, correspondendo a um único bloco de baixo relevo (7D). Se isso significa tratar-se de uma mesma fonte geradora, ainda é uma questão a ser esclarecida.

Uma característica peculiar para os ortognaisses Uraricoera   que as anomalias a partir de 3 km possuem relevo magnético alto e são alongadas. Com base nisso, pode-se considerar que os corpos Uraricoera possuem raiz profunda e, possivelmente, são originados a partir de uma única fonte, onde estrutura o NW-SE deve ter correla o com a orienta o do Cinturão Parima (7E).

#### *ii) Porão central*

Neste setor, várias anomalias magnéticas de alta amplitude destacam-se entre os relevos magnéticos baixos e intermediários. Na porão centro norte   realçado uma anomalia orientada na dire o E-W, que tende a mudar de dire o para NE-SW   medida que a profundidade aumenta, coincidente com a dire o do Cinturão Guiana Central (7F). Os granitos Mucajaí são representados por uma fonte de relevo magnético baixo com forma irregular até 15 km (7F'). Entretanto, as rochas básicas do Anortosito Repartimento (MPar), possuem alto relevo magnético e mostram forma

alongada a medida que a profundidade aumenta (7G). Pequenos corpos isolados, de mesmo relevo magnético em superfície, formam um único corpo a 15 km de profundidade, com tendência para NE-SW (7H). Várias unidades podem estar relacionadas a essa anomalia magnética como os charnockitos Serra da Prata, metavulcanossedimentares Paríma, ortognaisses Rio Urubu, supracrustais Cauarane (PPgcp) e Anortosito Repartimento (PPar).

### *iii) Porção sudoeste*

Nesta porção, duas anomalias magnéticas circulares são observadas e estão correlacionadas com as rochas máficas Tapuruquara, as quais podem ser diferenciadas com valores magnéticos altos até 6 km (7I). A partir dessa profundidade, estas passam para valores magnéticos médios (7J). Porém os gnaisses e matagranodioritos do Complexo Cauaburi (PPcc) estão representadas por um relevo magnético que varia de médio a baixo, com a profundidade.

### *iv) Porção sudeste*

Nessa área delimitam-se vários corpos com amplitudes magnéticas altas e baixas. Observa-se que as anomalias com relevo alto encontram-se, provavelmente, associadas a tipos litológicos de composição máfica, ainda não mapeados por estarem cobertos por sedimentos recentes (7L). Mas, para as unidades observadas no campo, assim como os granitos Água Branca (PPsiab), o relevo magnético é alto até a profundidade de 3 km (7M), tornando-se médio com a profundidade (7N). Para os granitos Mapuera (PPsim), no entanto, as anomalias magnéticas tem baixa amplitude, típica de granitos, até 0.5 km (7O), de média a alta entre 3 km e 9 km (7P), e volta a ser média a partir de 12 km. Tais variações magnéticas em profundidade podem ser indicativo da diferença composicional, implicando em rochas distintas. A 12 km essas anomalias passam a representar um único corpo alongado com a mesma amplitude (7Q). A forma alongada dessa anomalia (E-W) pode ter correspondência com outras anomalias que adentram a porção central e possuem a mesma direção (7R). A área correspondente a Suíte Intrusiva Igarapé Azul (PPsiia)

pode ser observada com duas amplitudes, uma baixa em todas as profundidades e outra que torna-se intermediária de acordo com a profundidade.

#### *v) Porção nordeste*

Nesse setor, destaca-se o hemigraben do Tacutu, com relevo magnético baixo e uniforme até 0.5 km (7S). Em profundidade essa configuração muda, realçando duas fontes com relevo magnético alto que prosseguem até 15 km (7T). Essas fontes têm correlação, provavelmente, com as estruturas definidas por Berrangé & Dearley (1975), como os altos do Tomba e Tucano ou *Horst* de Vista Alegre que são associados às rochas básicas Apoteri.

Fora da área do hemigraben do Tacutu, podem ser observadas pequenas anomalias de relevo médio, até 3 km, que correspondem, provavelmente, às supracrustais Cauarane. Em profundidade são diferenciadas três anomalias circulares (7U) que tendem a se unificar com as anomalias da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru), tornando-se uma única fonte ao atingir 15 km (7V). As rochas máficas Uraricaá são representadas por uma anomalia que pode ser visualizada até 6 km (7X); similarmente, em profundidade, a anomalia também aumenta de tamanho ao unir-se com outras anomalias da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1) e Grupo Cauarane (PPgcp), tornando-se uma única anomalia (7Z). Várias anomalias observadas neste setor estão cobertas pela extensa sedimentação Boa Vista, o que dificulta o mapeamento em superfície.

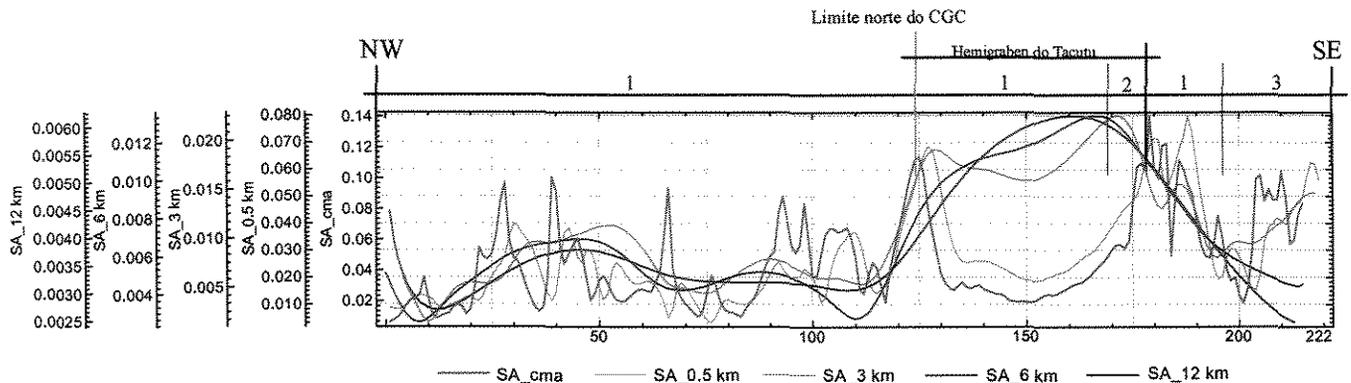
#### *4.1.2.3 Perfis magnéticos*

Com o objetivo de observar o comportamento das anomalias magnéticas em profundidade e também analisar as características estruturais do Cinturão Guiana Central, por meio da amplitude do sinal analítico, foram confeccionados seis perfis perpendiculares a essa megaestrutura (Figura 4.5 e Anexo-3). Os intervalos selecionados correspondem às profundidades de 0.5 km, 3 km, 6 km e 12 km (Figuras 4.6 a 4.11). Tais intervalos foram escolhidos com a finalidade de mostrar as mudanças mais significativas e facilitar a análise, pois intervalos menores tornariam o

gráfico muito confuso. A análise realizada sobre os perfis, será descrita de NW para SE.

*i) Perfil P1*

Neste perfil, localizado na porção nordeste da área (Anexo-3 e Figura 4.6), podem ser observados dois setores bem distintos, um de 0 a 115 e outro de 116 a 222.



Legenda:

1 - Formação Boa Vista (Cfbv), 2 - Formação Serra do Tucano (Mfst), 3 - Grupo Cauarane (PPgcp e PPgcm), SA\_cma - Sinal analítico\_campo magnético anômalo

Figura 4.6 - Perfil P1 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades. Os números no topo do gráfico correspondem às unidades litológicas em superfície.

No intervalo de 0 a 115 o comportamento das curvas oscila entre baixo e intermediário, até 0.5 km. Vários picos com amplitude intermediária são observados nessa profundidade que podem ser associados a pequenos corpos intrusivos, cobertos pelas rochas sedimentares Boa Vista (28, 40, 68, 92, 98, 100 e 110). A partir de 3 km a amplitude do sinal analítico diminui, mostrando curvas com ondulações suaves que representam tanto a atenuação do sinal em profundidade quanto a interferência de corpos adjacentes.

O segundo setor abrange a área de influência do Cinturão Guiana Central com acentuado aumento do sinal analítico. Até 3 km de profundidade, três picos de alta amplitude são realçados. Estes caracterizam os limites norte e sul do hemigraben do

Tacutu (125 e 178) e, também, das rochas sedimentares Boa Vista (187). Enquanto o limite norte é bem definido por um pico, que inclusive coincide com o rio Tacutu, o limite sul, no entanto, apresenta-se delineado por vários picos, evidenciando o início da presença de rochas magnéticas em profundidade. Entre os picos 125 e 178, a baixa amplitude é representada por uma curva côncava, e está, provavelmente, associada aos sedimentos da Bacia do Tacutu. A partir de 3 km de profundidade, a curva mostra elevada amplitude do sinal e comportamento inverso tornando-se completamente convexa a 12 km. A partir desse resultado pôde-se supor que tal configuração deve estar evidenciando o contato entre o embasamento do hemigraben do Tacutu e as rochas sedimentares da Formação Boa Vista (Ffbv). Esse resultado é compatível com a espessura da Bacia do Tacutu que pode alcançar até 7100 m, segundo Eiras & Kinoshita (1988).

Situado ainda na Formação Boa Vista (Ffbv), o terceiro pico (187) apresenta alta amplitude até 3 km e decresce a maiores profundidades, indicando, possivelmente, uma zona de fraqueza preenchida por material magnético coberto por sedimentos. Esse material pode estar associado às rochas básicas Apoteri que representam a unidade basal da Bacia do Tacutu.

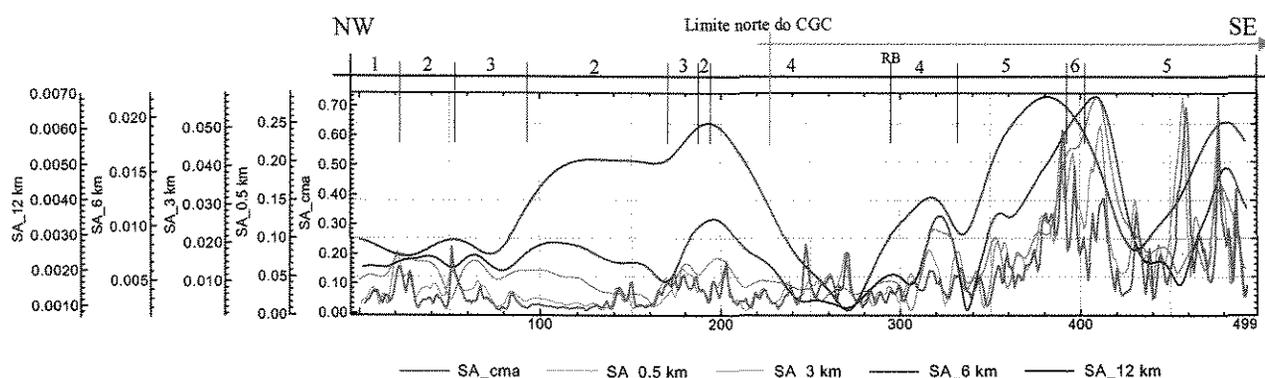
O contato entre as rochas sedimentares Boa Vista e o Grupo Cauarane (PPgcp e PPgcm), é marcado por um pico de amplitude intermediária (195). Na área onde ocorre a exposição do Grupo Cauarane observam-se dois picos (203 e 210) compreendendo uma curva com valores intermediários, provavelmente vinculados aos metacherts, paragnaisses e xistos dessa unidade geológica.

## *ii) Perfil P2*

No perfil P2, situado na porção nordeste da região (Anexo-3 e Figura 4.7), observa-se que o comportamento geral das curvas é similar até 3 km, diferenciando substancialmente em profundidade. Duas regiões com amplitude magnética diferente podem ser distinguidas, de 0 a 332 e 333 a 499. Do trecho inicial do perfil até próximo ao rio Branco (330) a amplitude do sinal analítico é menor. Após essa

fiducial, tanto a amplitude quanto a frequência são maiores, considerando as anomalias até 6 km.

No primeiro setor, até 0.5 km, observa-se que vários picos com amplitude intermediária correspondem claramente ao contato entre as unidades geológicas, como por exemplo, na fiducial 20, o contato entre a Suíte Intrusiva Pedra Pintada (PPsipp) e o Grupo Cauarane (PPgcp). Os picos de 50 e 188 evidenciam os diferentes litotipos Cauarane, individualizando os paragnaisses dos metacherts ferríferos, por meio da diferença magnética nesse trecho do perfil. Comportamento similar ocorre na fiducial 332, onde fica definido o contato entre a Formação Boa



Legenda:

1 - Suíte Intrusiva Pedra Pintada (PPsipp), 2 - Grupo Cauarane-paragnaisses (PPgcp), 3 - Grupo Cauarane-metacherts (PPgcm), 4 - Formação Boa Vista (Ffbv), 5 - Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1), 6 - Suíte Máfica-Ultramáfica Uraricaá (PPsmuu); RB - Rio Branco, CGC - Cinturão Guiana Central e SA\_cma - Sinal analítico\_campo magnético anômalo.

Figura 4.7 - Perfil P2 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades. Os números no topo do gráfico correspondem às unidades litológicas em superfície.

Vista (Ffbv) e a Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1). Outros picos que não apresentam correlação com as unidades mapeadas podem estar associados à própria heterogeneidade das rochas que constituem as unidades geológicas desse setor (180, 200, 250 e 265). A partir de 3 km o comportamento das curvas é semelhante às anomalias mais rasas, mas nota-se inversão de algumas delas (50 e 310). Para as profundidades entre 6 km e 12 km, a configuração é atenuada e com

alta amplitude, exceto na faixa de inversão a 270, próximo ao limite norte do Cinturão Guiana Central.

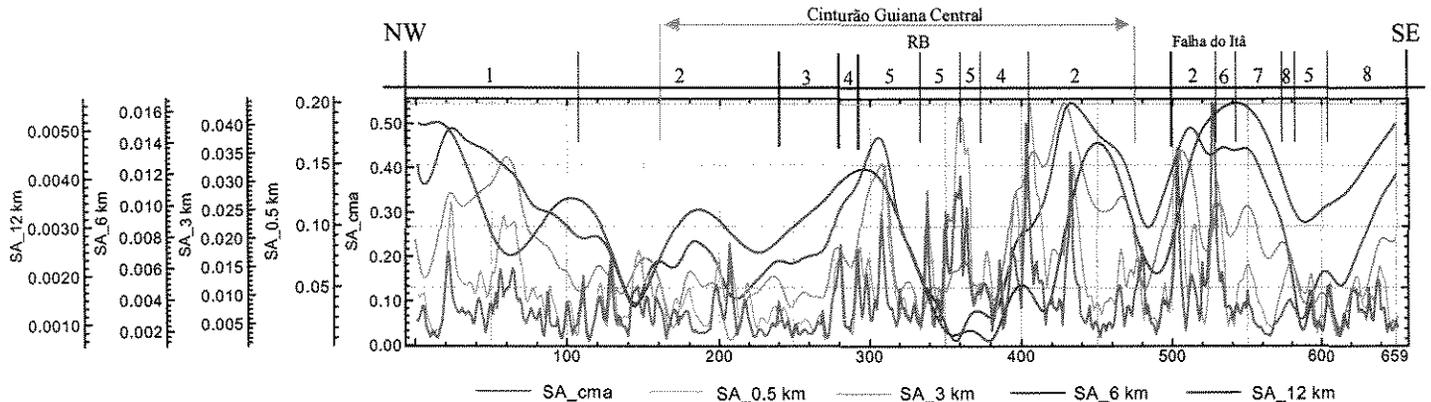
Na área de ocorrência dos granitos Pedra Pintada e paragneisses e matachersts Cauarane (PPgcp e PPgcm), no trecho entre 0 e 192, as curvas indicam um material com resposta magnética baixa e intermediária até 3 km. Em maior profundidade identifica-se um bloco com alta amplitude magnética (71 a 269), bordejado por valores magnéticos baixos e intermediários (0-70 e 270-310). Isso indica, provavelmente, uma única fonte magnética para o Grupo Cauarane (PPgcp e PPgcm). O limite norte do Cinturão Guiana Central, nesse setor, mostra baixa amplitude até 3 km, mas em profundidade esta é crescente. Os picos entre 200 e 340 com anomalias magnéticas intermediárias, podem estar associados às rochas básicas Apoteri.

No segundo setor, a amplitude do sinal aumenta significativamente em todas as profundidades na porção central do Cinturão. Até 0.5 km o comportamento da curva é similar, com ápice em 390, 398, 410, 430, 460 e 478. Conforme aumenta a profundidade (6 km), a amplitude aumenta e pode-se observar 3 picos de ascensão a 320, 410 e 480, mas três inversões também podem ser observadas 308, 360 e 458. A partir de 12 km o sinal, assim como no primeiro setor, é atenuado mostrando uma curva suave com ápices a 320, 380 e 480, porém com alta amplitude.

Essas altas amplitudes e freqüências estão possivelmente associadas às rochas da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1), nesse trecho dois blocos são definidos compostos tanto pelas rochas máficas e ultramáficas Uraricaá quanto pelos ortogneisses Rio Urubu.

### *iii) Perfil P3*

Este perfil está localizado na porção centro nordeste da área (Anexo-3 e Figura 4.8). Observa-se que o comportamento geral das curvas é bastante heterogêneo, onde as mesmas oscilam de amplitude baixa a alta. No entanto, pode-se dividir o perfil nos setores de 0 a 280 e de 281 a 659.



Legenda:

1 - Suíte Metamórfica Uraricoera (PPsmu), 2 - Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1), 3 - Suíte Intrusiva Mucajaí (MPsim), 4 - Suíte Intrusiva Serra da Prata (PPsisp), 5 - Depósitos aluvionares (Fda) 6 - Grupo Iricoumé (PPgi), 7 - Suíte Intrusiva Mapuera (PPsima), 8 - Suíte Intrusiva Igarapé Azul (PPsiia); RB - Rio Branco, SA\_cma - Sinal analítico\_campo magnético anômalo.

Figura 4.8 - Perfil P3 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades.

No primeiro setor, podem ser observados diversos picos com amplitude intermediária nas fiduciais 20, 60, 110, 130, 210 e 280, para profundidades até 3 km. Esses picos, em geral, coincidem com o contato das unidades geológicas, como por exemplo, entre a Suíte Metamórfica Uraricoera (PPsmu) e a Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1) na fiducial 110 e, o contato entre os granitos Mucajai a Suíte Intrusiva Serra da Prata (PPsisp) no pico 280. A partir de 3 km, o comportamento das curvas é semelhante às anomalias mais rasas, porém mais atenuadas e com alguns picos com valores invertidos (110 e 210). De 6 km a 12 km a configuração das curvas apresenta alta amplitude. Pode-se observar dois picos de inversão a 80 e 143, que podem ser reflexos de fontes rasas.

Na área que compreende a Suíte Metamórfica Uraricoera (PPsmu) as amplitudes variam de baixa a alta, até 3 km. O valor invertido de baixa amplitude, que ocorre no pico 150 a partir de 6 km indica, possivelmente, a existência de corpos magnéticos rasos não sendo possível identificá-los em profundidades maiores. Considerando as várias ocorrências das rochas da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru) as amplitudes também variam de baixa a intermediária até 0.5 km, com picos de inversão observados nas fiduciais 150 e 210, para as curvas de 3 km, que coincidem com os lineamentos magnéticos que podem ser observados na Figura

4.5a. Para os litotipos da Suíte Intrusiva Mucajaí (MPsim) as curvas variam gradativamente de baixa a média à medida que a profundidade aumenta, indicando uma fonte magnética profunda. Do mesmo modo, os charnockitos Serra da Prata mostram anomalias com amplitudes baixas até 0.5 km, variando de intermediárias a altas, em profundidade.

O Cinturão Guiana Central compreendido entre o intervalo de 160 e 478, apresenta limites tanto a noroeste quanto a sudeste que delimita uma região com alta amplitude. No entanto, uma característica peculiar é que o limite estabelecido deste cinturão coincide com picos de inversão observados claramente nas curvas de 3 km, 6 km e 12 km.

No segundo setor, até 0.5 km podem ser observados vários picos com amplitude variando de intermediária a alta, nas seguintes fiduciais: 340, 360, 405, 430, 460, 480, 500 e 530. Porém, a partir de 3 km, alguns desses picos mudam de configuração sendo atenuados ou invertendo os valores de amplitude. Muitas vezes, esses picos podem estar associados a lineamentos magnéticos, correlacionados provavelmente a lineamentos estruturais não verticalizados.

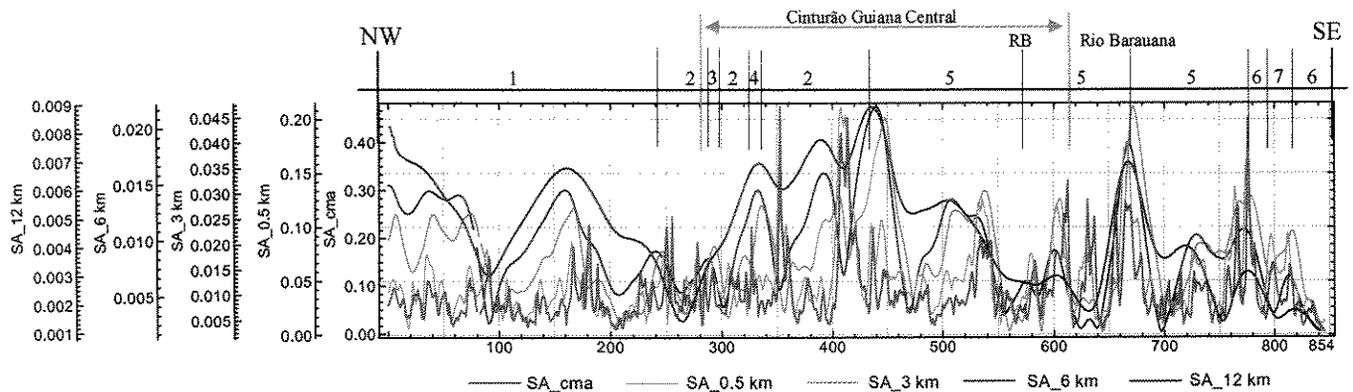
Nesse setor, a Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1) é representada por amplitudes altas até 0.5 km. A partir de 3 km essa amplitude decresce à medida que a profundidade aumenta. Esse comportamento pode estar associado a corpos magnéticos rasos. A área compreendida pela Suíte Intrusiva Serra da Prata (PPsisp), tem amplitude variando de baixa a intermediária, decrescendo ao atingir 12 km. O contato entre essa unidade e a Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1) é marcado por uma forte anomalia, ao contrário do contato com os granitos Mucajaí. Essa suíte está situada entre 405 e 530, ela é representada até 0.5 km por uma configuração com amplitude que varia de baixa a alta; nesse trecho, a partir de 6 km, pode-se distinguir um grande bloco magnético bem definido, compreendendo uma única fonte magnética para as rochas dessa unidade. Fato semelhante acontece no intervalo entre 490 e 580, envolvendo inclusive as rochas do Grupo Iricoumé (PPgi), Suíte Intrusiva Mapuera (PPsima) e Suíte Intrusiva Igarapé Azul (PPsila). Nesse trecho, observa-se que a Falha do Itã (530) é representada por um pico até a profundidade de 0.5 km, que em seguida decresce até 6 km, voltando a subir a 12 km. Na porção

correspondente aos depósitos aluvionares (Fda) (Ccr) (580 e 603) as curvas são decrescentes em todas as profundidades. A última unidade geológica desse setor corresponde a Suíte Intrusiva Igarapé Azul (PPsiia), que é representada por amplitudes que variam de baixa a intermediária.

#### iv) Perfil P4

Este perfil, localizado na porção central da área (Anexo-3 e Figura 4.9), possui três setores com amplitudes que variam de baixa a alta. O primeiro, corresponde ao intervalo entre 0 e 280, o segundo, entre 281 a 618 e o terceiro, entre 619 a 854.

O primeiro setor compreende o trecho até o início do Cinturão Guiana Central, onde ocorrem exposições dos gnaisses Uraricoera e ortognaisses Rio Urubu, com amplitudes variando de baixa a intermediária. Até 0.5 km de profundidade alguns picos são observados nas fiduciais 40, 70, 90, 170, 180, 230, 250 e 280. O



Legenda:

1 - Suíte Metamórfica Uraricoera (PPsmu), 2 - Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1), 3 - Suíte Metamórfica Parima (PPsmp), 4 - Suíte Intrusiva Serra da Prata, 5 - Depósitos aluvionares (Fda), 6 - Suíte Intrusiva Igarapé Azul (PPsiia), 7 - Suíte Intrusiva Água Branca (PPsiab); RB - Rio Branco, SA\_cma - Sinal analítico\_campo magnético anômalo.

Figura 4.9 - Perfil P4 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades.

comportamento das curvas entre 3 km e 9 km é similar àquele das anomalias mais rasas, porém com amplitude mais elevada. Nesse trecho, aparece um pico de inversão na fiducial 190. Ao se comparar esses resultados com a Figura 4.5a, observa-se, nesse setor, que a profundidade rasa existem raros corpos com amplitude alta, porém, a partir de 3 km começam a aparecer dois corpos que vão

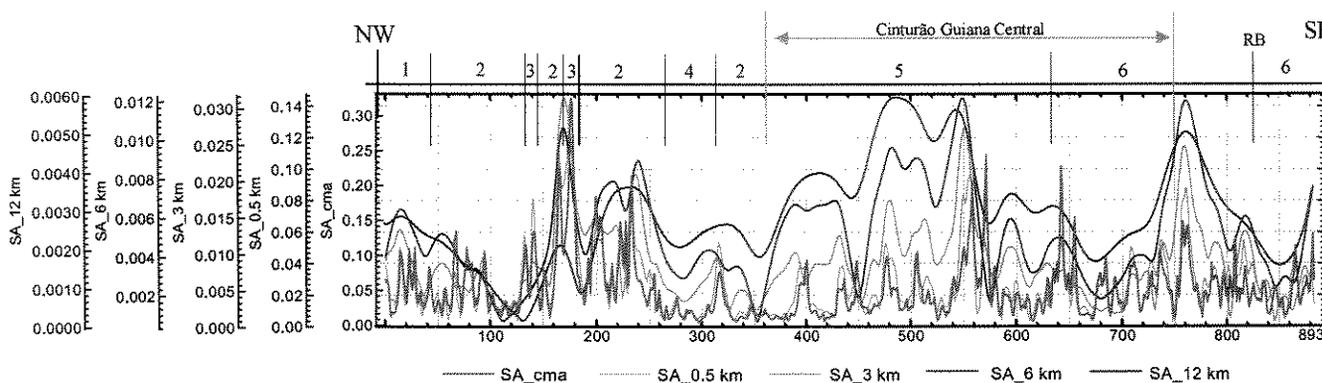
sendo mais bem definidos a profundidades maiores. O pico de inversão da fiducial 90 encontra-se localizado entre esses dois blocos, realçando um lineamento magnético com baixa amplitude a partir dos 3 km (Figura 4.5b, c, d, e, f). O contato entre as unidades Uraricoera e Urubu, na fiducial 250, é bem definido por dois picos, marcados por anomalias rasas. A porção central dessa unidade geológica é representada por amplitudes baixas em todas as profundidades.

No segundo setor, a Suíte Metamórfica Parima (PPsmP) é representada por valores de amplitude baixa e intermediária, cujo contato com a Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1) é marcado por um baixo magnético. Em seguida, os ortognaisses Urubu (300 a 325) são mostrados por amplitudes que variam de baixa, a profundidades rasas, a alta a maiores profundidades, indicando corpo de raiz profunda. A Suíte Intrusiva Serra da Prata (PPsisp) é a única unidade cuja amplitude aumenta de acordo com a profundidade, só diminuindo próximo as novas exposições da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1), que aparece com amplitudes mais elevadas se comparada com os demais pontos de ocorrência dessa unidade nas fiduciais 240 – 290 e 300 – 325. Esse fato pode ser decorrente da composição mais magnéticas de alguns litotipos dessa unidade geológica. Essa ascensão tende a diminuir à medida que essa unidade entra em contato com os sedimentos aluvionares, na fiducial 438. Abaixo desses depósitos, vários picos são notados, porém com amplitudes baixas e intermediárias. À medida que a profundidade aumenta a amplitude intermediária torna-se mais evidente, indicando a existência de corpos magnéticos cobertos pelos sedimentos dessa unidade. É interessante observar que o rio Branco está posicionado sobre uma anomalia magnética baixa, ao contrário do rio Barauana situado em uma zona magnética em profundidade. Na área correspondente ao Cinturão Guiana Central, pode-se observar a existência de vários corpos com alta amplitude até 0.5 km (Figura 4.5a). Porém, a partir de 3 km, esses corpos aumentam tornando-se um grande bloco a 15 km que é delimitado por baixos magnéticos associados às descontinuidades do Cinturão Guiana Central (Figura 4.5f). Neste trecho, o perfil corrobora com esse resultado, pois somente a partir de 3 km este bloco começa a ser visualizado, sendo delimitado por duas anomalias de baixa amplitude.

O terceiro setor é representado por anomalias que variam de baixa a alta. Os depósitos aluvionares (Fda), iniciam no segundo setor e seguem até a fiducial 780. Eles são, predominantemente, representados por amplitudes baixas e intermediárias, ocorrendo um pico de ascensão na região do rio Barauana, coincidente com um lineamento magnético profundo, provavelmente onde a drenagem se encontra encaixada. O contato com a Suíte Intrusiva Igarapé Azul (PPsiia) é marcado por uma anomalia com alto valor (fiducial 780). Essa unidade é representada por amplitudes que variam de baixa a intermediária; intercalada nesta unidade, ocorre a Suíte Intrusiva Água Branca (PPsiab), representada por anomalias intermediárias.

#### v) Perfil P5

Este perfil, posicionado na porção sudoeste da região (Anexo-3 e Figura 4.10), mostra amplitude relativamente alta na região do Cinturão Guiana Central. Pode-se



#### Legenda:

1 - Suíte Metamórfica Uraricoera (PPsmu), 2 - Suíte Metamórfica Parima (PPsmP), 3 - Suíte Máfica Serra da Estrutura (PPsmse), 4 - Suíte Intrusiva Auaris (MPSia), 5 - Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1), 6 - Depósitos aluvionares (Fda); RB - Rio Branco, SA\_cma - Sinal analítico\_campo magnético anômalo.

Figura 4.10 - Perfil P5 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades.

distinguir dois setores, o primeiro entre os intervalos 0 a 250 e o segundo, entre 251 e 893.

O primeiro setor é representado por amplitudes que variam de baixa a alta. Os gnaisses Uraricoera, que afloram no trecho inicial desse perfil, mostram curvas concordantes até 6 km, com amplitudes baixas e intermediárias, que se atenuam em

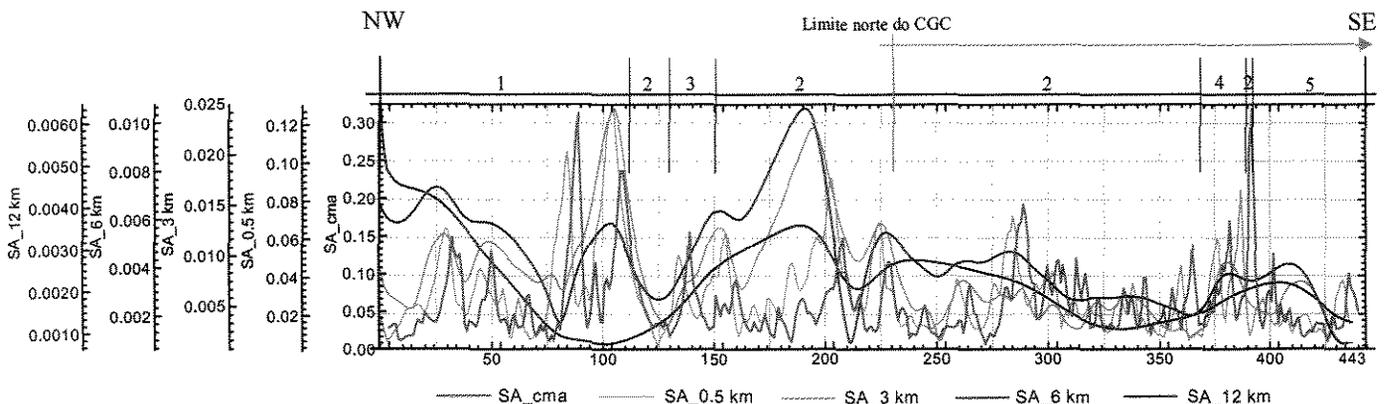
profundidade. A Suíte Metamórfica Parima (PPsmP) é representada por curvas que variam de baixa a alta, mostrando a heterogeneidade magnética dos seus litotipos. Neste setor, ela é encontrada em três intervalos: o primeiro, de 40 a 130, com curvas de amplitudes baixas e intermediárias; o segundo, de 145 a 170, com amplitudes baixas e altas e o terceiro, de 182 a 265 com amplitudes intermediárias e altas. Esta unidade é intercalada por dois picos anômalos, o primeiro de 130 a 145 com amplitude intermediária e o segundo, de 170 a 182, com alta amplitude, associados com a Suíte Máfica Serra da Estrutura (PPsmse). A resposta desses dois picos também pode ser acompanhada na Figura 4.5, onde se observa que somente o primeiro desaparece à medida que a profundidade aumenta e o segundo permanece com alta amplitude até 15 km.

O segundo setor tem amplitudes que aumentam com a profundidade. A Suíte Intrusiva Auaris (MPsia) está entre os intervalos 265 e 315; as amplitudes são predominantemente baixas até 3 km porém, a partir de 6 km esse valor passa a ser intermediário indicando uma fonte magnética para essa unidade. A Suíte Metamórfica Parima (PPsmP) volta a aparecer entre os intervalos 315 e 360 com amplitude intermediária que tende a decrescer no contato entre esta unidade e os ortognaisses Rio Urubu, no limite norte do Cinturão Guiana Central. A área correspondente a Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru1) está entre os intervalos 360 e 635; as amplitudes desse trecho aumentam de acordo com a profundidade, indicando a existência de um grande bloco com resposta magnética elevada que também pode ser visualizado na Figura 4.5, provavelmente indicando nesse setor, uma única fonte magnética para essa unidade geológica. A última unidade deste perfil corresponde aos depósitos aluvionares (Fda), localizada entre as fiduciais 635 e 893. Até 0.5 km a amplitude varia de baixa a intermediária; a partir de 3 km, esse valor eleva-se evidenciando um pico a 780. Essa feição provavelmente indica um corpo verticalizado de raiz profunda. O limite sul do Cinturão Guiana Central é representado por uma baixa amplitude magnética até 0.5 km que a partir de 3 km torna-se ascendente.

### vi) Perfil P6

Este perfil, que corta a porção sudoeste da região (Anexo-3 e Figura 4.11), possui configuração das curvas bastante heterogênea, podendo-se individualizar dois setores, separados pelo limite norte do Cinturão Guiana central. O primeiro setor encontra-se entre as fiduciais 0 e 300 e, o segundo, entre 300 e 443.

O primeiro setor é representado por amplitudes que variam de baixa a alta. Até 0.5 km as curvas têm amplitude baixa e intermediária, com realce de vários picos nas fiduciais 30, 50, 90, 110, 140, 210, 230 e 290; esses picos têm relação com os lineamentos magnéticos que podem ser observados na Figura 4.5a. A partir de 3 km, a configuração é similar a de 0.5 km, porém com significativo aumento de amplitude. Um grande decréscimo da amplitude coincide com um baixo magnético invertendo a curva do perfil, entre as fiduciais 60 e 120, denotam corpos magnéticos com raiz rasa. A primeira unidade que neste trecho, entre as fiduciais 0 e 110, corresponde a



#### Legenda:

1 - Terreno Metamórfico-Plutônico de San Carlos, 2 - Complexo Cauaburi (PPcc), 3 - Suíte Intrusiva Marauia (MPsima), 4 - Suíte Intrusiva Igarapé Reilau (MPsiir), 5 - Depósitos aluvionares (Fda), CGC- Cinturão Guiana Central e SA\_cma - Sinal analítico\_campo magnético anômalo.

Figura 4.11 - Perfil P6 da amplitude do sinal analítico traçado em diferentes profundidades.

pequenos corpos dos Terrenos Metamórfico-Plutônico de San Carlos, na Venezuela (Figura 4.5). Próximo a fronteira com a Venezuela, ficam bem definidos dois picos até 0.5 km; a partir de 3 km eles se transformam em um único pico que desaparece a

12 km, delimitando o contato de um bloco magnético com o embasamento a essa profundidade.

De 110 até 125, as curvas de baixa amplitude correspondem ao Complexo Cauaburi (PPcc). No intervalo entre 125 e 150 as curvas apresentam um comportamento ascendente relacionado aos monzogranitos da Suíte Intrusiva Marauia (MPsima). Entre 150 e 370, ocorre novamente o Complexo Cauaburi (PPcc); a configuração geral das curvas nesse intervalo é heterogêneo, com amplitudes variando de baixa alta. O pico notado na fiducial 190, até 6 km, mostra-se suavizado ao atingir 12 km, indicando um corpo de raiz profunda. O limite norte do Cinturão Guiana Central, na fiducial 230, é representado por uma amplitude magnética intermediária a partir de 6 km. Outro pico pode ser observado na fiducial 290, com amplitudes intermediárias até 6 km, coincidindo com um lineamento magnético de direção NE-SW (Figura 4.5a), que provavelmente corresponde a uma zona de fraqueza preenchida por material magnético.

No segundo setor, o contato do Complexo Cauaburi (PPcc) com a Suíte Intrusiva Igarapé Reilau (MPsiir) é marcado por baixas amplitudes em 370; porém, essa amplitude tende a ascender no restante do intervalo até 6 km. O contato dessa suíte intrusiva com o Complexo Cauaburi (PPcc) é extremamente elevado na superfície, porém decai nas demais profundidades (fiducial 390-395), mas mesmo assim, destaca-se um bloco com valores intermediários a partir dos 6 km entre as fiduciais 370 e 425, adentrando, inclusive, a área dos sedimentos recentes.

#### **4.1.3 Análise do comportamento dos lineamentos magnéticos a grandes profundidades**

Para o realce dos lineamentos magnéticos, foram aplicados vários filtros conforme descrição no capítulo 3, item 3.2.1.1. Serão discutidos a seguir, os principais resultados obtidos dos filtros de amplitude e fase do sinal analítico, primeira e segunda derivada verticais, aplicados sobre os dados de continuação ascendente, bem como o resultado da deconvolução de Euler ( $IE=0$ ). Estas foram as técnicas de processamento que forneceram os melhores resultados para a

identificação e traçado dos lineamentos, por meio das quais as feições lineares ficaram visivelmente mais nítidas.

Pode-se acompanhar o comportamento dos lineamentos magnéticos até 15 km, nas Figuras 4.5 a 4.13. Observa-se que essas feições tendem a suavizar ou realçar à medida que a profundidade de investigação aumenta. Esse comportamento pode estar associado à atenuação do sinal em profundidade, mas também a corpos magnéticos com raiz rasa.

Observa-se que os principais lineamentos nas imagens e nos diagramas de roseta (Figuras 4.12 e 4.13) diminuem de frequência à medida que a profundidade aumenta. As principais direções observadas são para NE-SW e NW-SE e secundariamente para E-W. Analisando essas direções pode-se verificar que o Cinturão Parima é fortemente marcado pelas feições NW-SE na porção noroeste. Os lineamentos e texturas observados na porção sudeste apresentam a mesma relação magnética estrutural com a direção do Parima.

Desse modo, sugerimos, neste trabalho, a continuidade do Cinturão Parima como pode ser observado no setor sudeste, tendo em vista que na área central está obliterado pela dela deformação originada pelo Cinturão Guiana Central.

No setor central, os lineamentos Parima apresentam fortes inflexões para nordeste truncado, nitidamente pelos lineamentos NE-SW que representam o Cinturão Guiana Central. Essas feições compreendem inflexões e sigmóides que denotam a forte deformação deste Cinturão (Figura 4.12).

Na Figura 4.12a pode-se observar vários lineamentos magnéticos, fundamentalmente nas direções NE-SW, NW-SE e E-W. Estes descrevem feições estruturais bem marcadas que estão associadas aos cinturões tectônicos existentes na região de Roraima.

A extração e análise do comportamento dos lineamentos magnéticos possibilitaram a delimitação dos limites norte e sul do Cinturão Guiana Central. O limite norte tem como característica várias inflexões do trend NW-SE sendo infletido pelo trend NE-SW (Figura 4.12a, b, c). Esse limite coincide com o contato tectônico entre os gnaisses Uraricoera com os ortognaisses Rio Urubu, bem marcado e que pode ser observado em profundidade. O limite norte do Cinturão Guiana Central

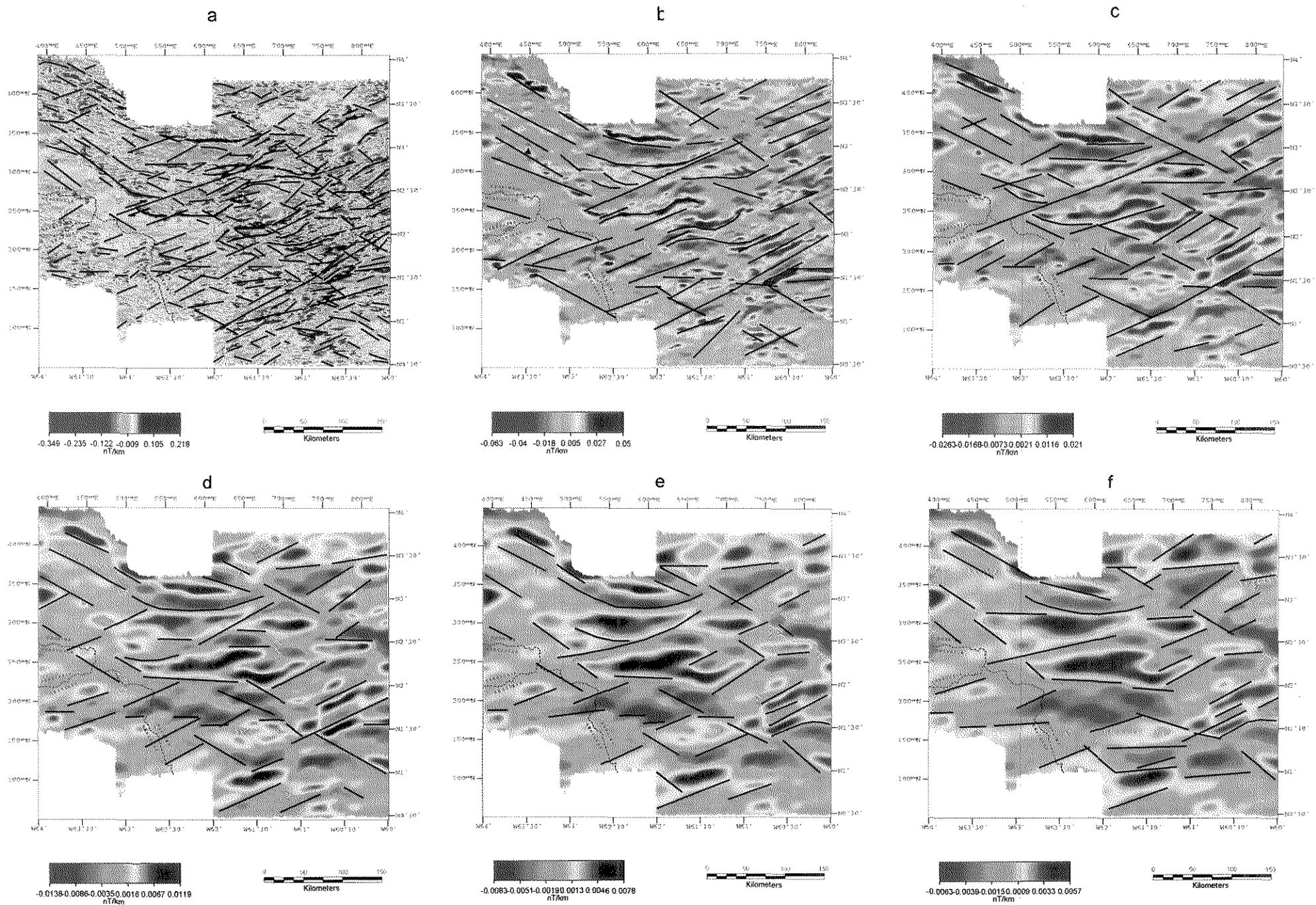


Figura 4.12 - Imagens resultantes da aplicação do filtro de primeira derivada vertical sobre os dados de continuação ascendente nas seguintes profundidades: a) 0,5km, b) 3km, c) 6km, d) 9km, e) 12km e f) 15km.

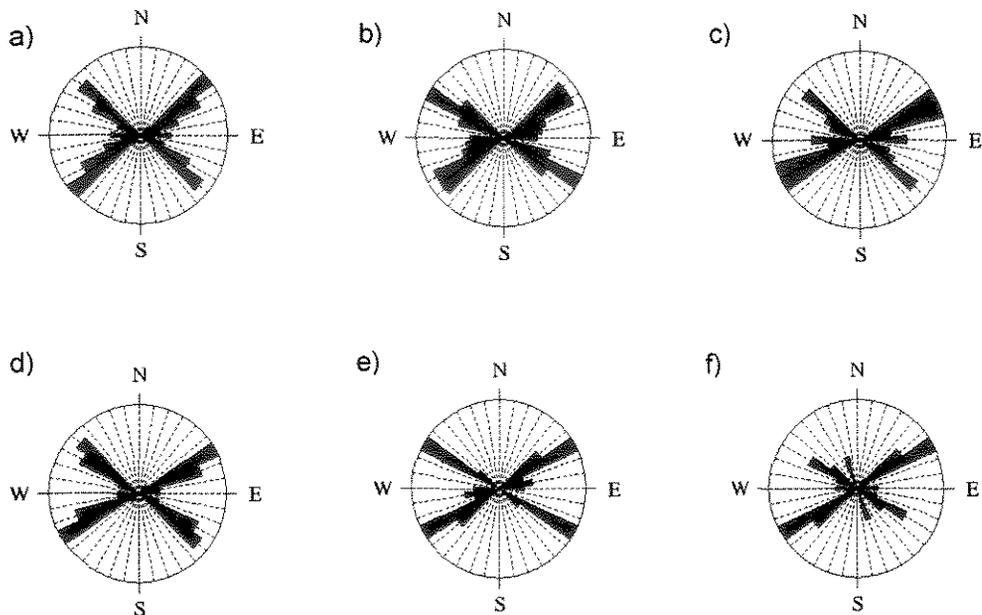


Figura 4.13 - Diagrama de roseta confeccionada para as seguintes profundidades: a) 0.5 km, b) 3 km, c) 6 km, d) 9 km, e) 12 km e f) 15 km.

apresenta-se, ainda, descontínuo limitado por lineamentos NW-SE, tanto na porção nordeste quanto sudoeste da área (Figura 4.12).

O limite sul do Cinturão Guiana Central tem sido considerado como a falha do Itã pela CPRM (2000b). Esta falha tem orientação E-W, que difere da orientação das estruturas do Cinturão Guiana Central. As informações magnéticas da referida falha indicam que esta feição se prolonga cortando toda a área estudada, e não tem relação com o Cinturão Guiana Central (Figura 4.12a, b, c, d, e, f). Será considerado, neste trabalho, o limite magnético deste cinturão situado à oeste desta falha, associado a uma forte anomalia linear NE-SW (Figura 4.12). Em profundidade, essa anomalia não mostra continuidade visível como na Figura 4.12d, e, f. Talvez a ausência da continuidade em profundidade, dos limites norte e sul deste cinturão, seja reflexo da deformação mais antiga do Cinturão Parima. Esse fato pode ser bem melhor esclarecido quando são observados os diagramas de roseta dos lineamentos extraídos de cada imagem da derivada vertical (Figura 4.12). Nota-se que os lineamentos mais freqüentes diminuem sutilmente em profundidade e, de 9 km a 12 km, os lineamentos Parima são os mais freqüentes (Figura 4.12c,d e 4.13c, d).

Algumas feições magnéticas observadas na imagem da Figura 4.12 são semelhantes a estruturas tectônicas, como sigmóides e formas lenticulares que estão orientadas de acordo com a direção dos cinturões tectônicos. Essas feições localizam-se preferencialmente ao longo da área central e norte, dentro do Cinturão Guiana Central (Figura 4.12). A quantidade de lineamentos no cinturão está associada a várias falhas e fraturas NE-SW, que representam feições magnéticas importantes, verificadas também nos perfis magnéticos das Figuras 4.6 a 4.11.

O Cinturão Parima, apesar de bastante obliterado pelo Cinturão Guiana Central na região central da área de estudo, mostra claramente no setor nordeste e noroeste a forte deformação proveniente desse cinturão, como pode ser observado nas Figuras 4.12 e 4.14, onde a falha do Tepequém se prolonga, passando inclusive pela cidade de Boa Vista e, também, a falha do Urutanin e Melo Nunes.

O hemigraben do Tacutu, uma feição tectônica do Mesozóico, é bem definido na porção nordeste dentro da megaestrutura Guiana Central. Este mostra formato alongado, forma retangular segundo NE-SW, cujo limite sudoeste é truncado por um lineamento NW-SE. Os limites norte e sul do hemigraben são bem definidos, até a profundidade de 0.5 km (Figura 4.12a); a partir dessa profundidade, observa-se que o limite norte do hemigraben e do Cinturão Guiana Central são aparentemente, os mesmos. Por meio da deconvolução de Euler foi observado o mesmo comportamento magnético, diferindo apenas com relação a boa resposta do contato entre as estruturas existentes na Bacia do Tacutu, que tornou-se mais visível (Figura 4.13, detalhe 8A). Uma resposta semelhante foi obtida por Munis & Silveira (2003) ao analisarem os dados magnéticos dessa feição.

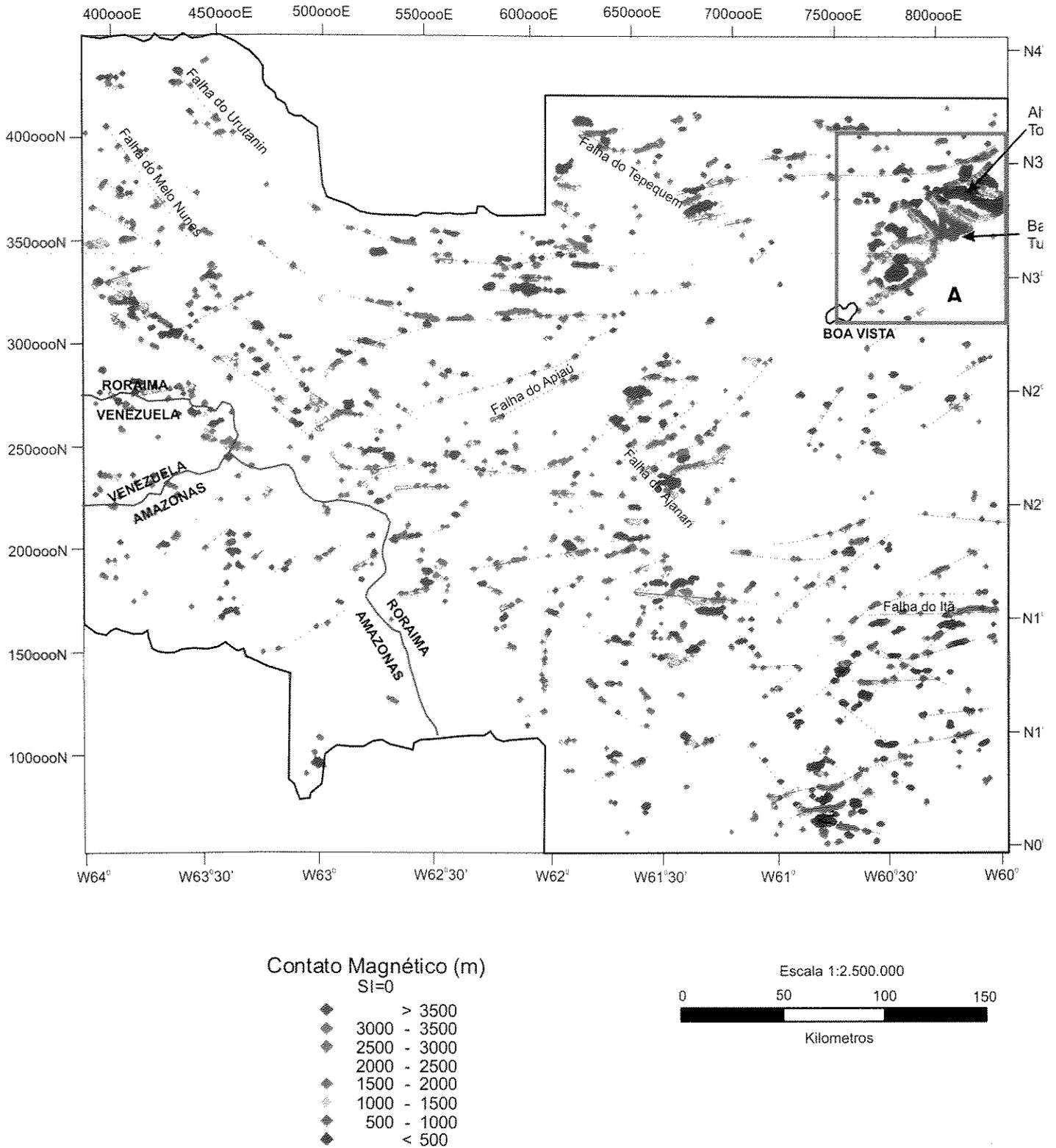


Figura 4.14 - Imagem da Deconvolução de Euler com Índice Estrutural igual a zero (IE=0).

#### 4.1.4 Domínios Magnéticos-Estruturais

Com base na distribuição de lineamentos e corpos magnéticos obtidos dos filtros de primeira derivada vertical, fase e amplitude do sinal analítico e gradiente horizontal do campo magnético anômalo, como também dos domínios magnéticos (Figura 4.2), foi possível identificar 4 domínios magnéticos-estruturais, denominados de DME1, DME2, DME3 e DME4 (Figuras 4.15 e 4.16). Apesar de correlacionáveis, respectivamente, aos domínios litoestruturais Parima (DP), Uraricoera (DU), Guiana Central (DGC) e Anauá-Jatapu (DAJ), denominados por Reis & Fraga (1998) e Reis *et al.* (2003), os limites foram modificados neste trabalho, com base na interpretação dos dados magnéticos.

##### 4.1.4.1 Domínio Magnético-Estrutural 1 (DME1)

Este domínio está localizado na porção noroeste da área e corresponde ao domínio litoestrutural Domínio Parima (DP) de Reis & Fraga (1998) e Reis *et al.* (2003), porém com uma pequena modificação no traçado do limite sudeste que se encontra em contato com o DME3. O limite nordeste coincide com o contato entre os Domínios Parima (DP) e Uraricoera (DU) dos referidos autores e também com o DME2. O limite sul e sudoeste pode ser traçado, configurando, dessa forma, um contato até então desconhecido para a região pesquisada. São observadas anomalias magnéticas lineares com direções preferenciais NW-SE e, secundariamente, E-W (Figura 4.15, diagrama de roseta 1). Estas anomalias estão caracterizadas por amplitudes e frequências que variam de alta a média e refletem a presença de descontinuidades estruturais do Cinturão Parima. O truncamento dessas descontinuidades, próximo ao Cinturão Guiana Central, pode ser observado na Figura 4.16, detalhe A.

O relevo magnético desse domínio é heterogêneo, podendo-se distinguir dois subdomínios com respostas bem diferentes, 1a e 1b. No subdomínio 1a o relevo magnético é baixo, representado por uma textura plana e suave, indicando pouca movimentação tectônica nessa porção, correspondendo a partes das suítes Metamórfica Parima (PPsmp), Intrusiva Surucucus (MPsisu), Máfica Serra da

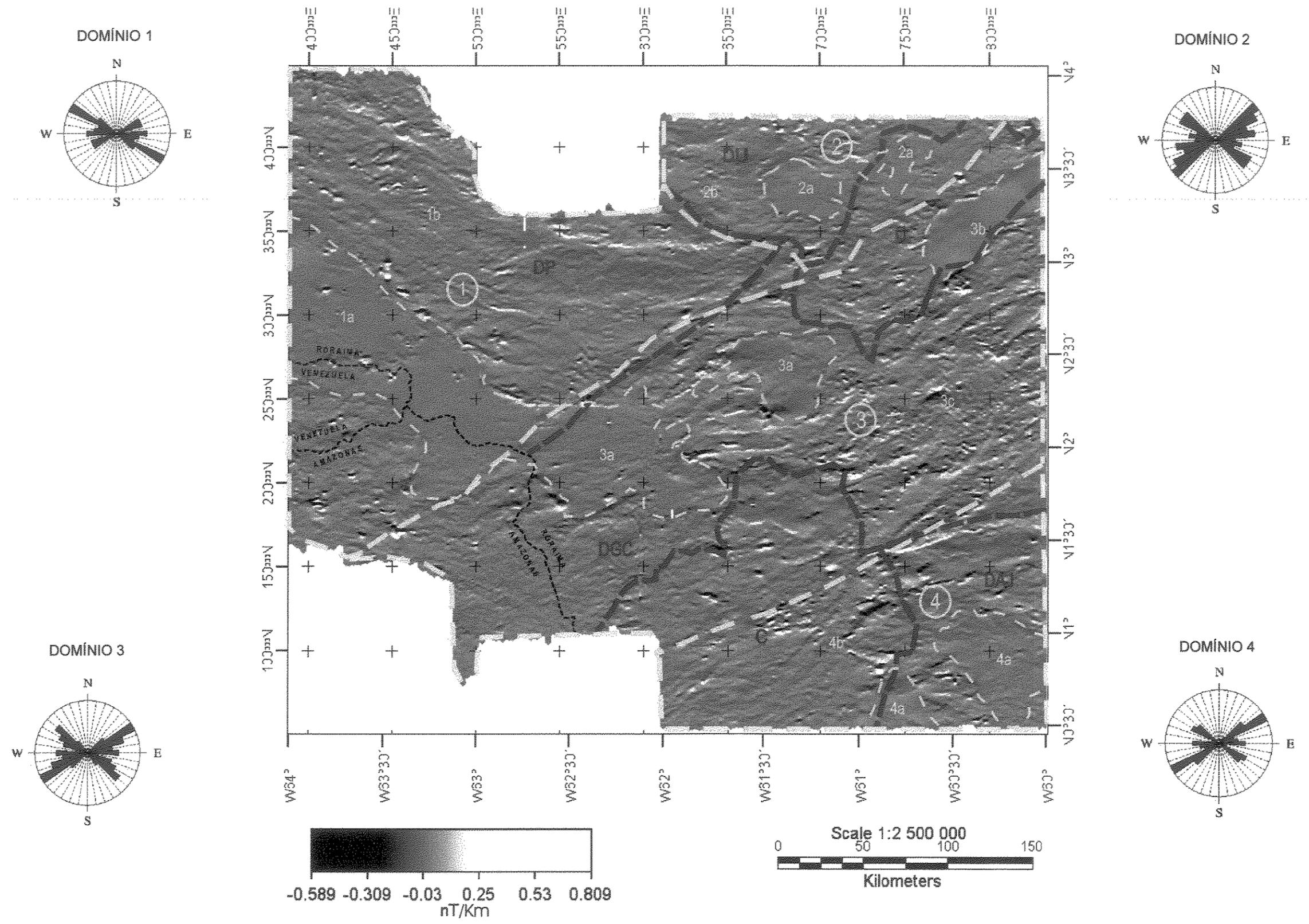


Figura 4.15 - Domínios magnéticos-estruturais da área de estudo (1, 2, 3 e 4 em amarelo) a partir da primeira derivada vertical do campo magnético anômalo, comparados aos domínios litoestruturais de Reis & Fraga (1998) e Reis *et al.* (2003): DP-Parima, DU-Uraricoera, DGC-Guiana Central, DAJ-Anauá-Jatapu e C-Cobertura sedimentar (em vermelho).

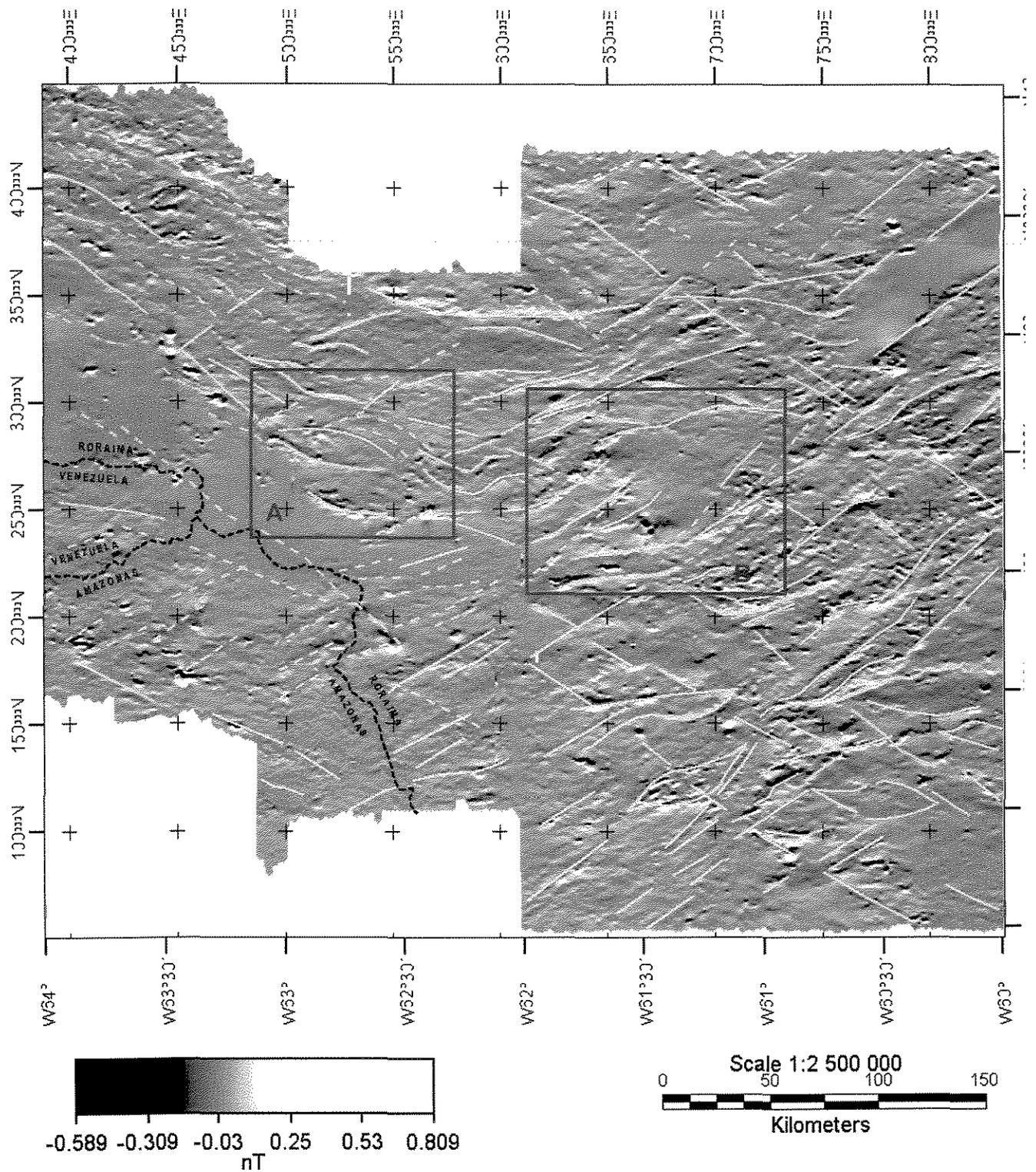


Figura 4.16 - Imagem da primeira derivada vertical do campo magnético anômalo com os principais lineamentos magnéticos (linha amarela) e detalhes A e B (quadrado azul).

Estrutura (PPsmse) e Complexo Cauaburi (PPcc). No subdomínio 1b, o relevo magnético é alto, representado por uma textura rugosa, evidenciando uma zona bastante afetada tectonicamente, sendo associada às rochas da Suíte Metamórfica Uraricoera (PPsmu), Supergrupo Roraima (MPsgr), Suíte Intrusiva Erico (PPsie) e Suíte Intrusiva Marauia (MPsima).

#### 4.1.4.2 Domínio Magnético-Estrutural 2 (DME2)

Este domínio está localizado na porção nordeste, cujo contato oeste é coincidente com o Domínio Parima (DP) e com o DME1. O limite sudeste coincide com o DME3.

Neste domínio, são observadas feições magnéticas lineares, com direções preferenciais NE-SW compatível com a orientação do Cinturão Guiana Central, mas que se encontra além do limite definido para o cinturão. Assim como no DME1, estruturas E-W são provenientes do truncamento deste domínio pelo Guiana Central, enquanto que os com direção NW-SE estão relacionados com o Cinturão Parima (Figura 4.15, diagrama de roseta 2). Quanto ao relevo magnético podem-se separar dois subdomínios, 2a e 2b. O subdomínio 2a corresponde a um relevo baixo, representado por uma textura plana, indicando pouca perturbação tectônica. Apesar dessa textura, a área está associada, preferencialmente, aos paragnaisses e *matacherts* Cauarane. O subdomínio 2b apresenta textura rugosa associado, predominantemente, aos *metacherts* do Grupo Cauarane (PPgcm), rochas sedimentares da Formação Boa Vista (Ffbv) e granodioritos da Suíte Intrusiva Pedra Pintada.

#### 4.1.4.3 Domínio Magnético-Estrutural 3 (DME3)

Este domínio localiza-se na porção central da imagem, estendendo-se de nordeste a sudoeste, com direção NE-SW e corresponde, efetivamente, ao Cinturão Guiana Central. Seu limite norte se faz com DME1 e DME2 e na porção sul com o DME4, como pode ser observado nas Figuras 4.15 e 4.16. Esses limites diferem dos definidos por Reis & Fraga (1998) e Reis *et al.* (2003) para os domínios litoestruturais, principalmente em relação à área correspondente à cobertura

sedimentar na porção sul da região. Parte desse limite tem sido considerado como a falha do Itã pela CPRM (2000b), porém essa falha tem orientação E-W, que difere da orientação predominante das estruturas do Cinturão Guiana Central. As informações magnéticas da referida falha indicam que esta feição se prolonga cortando toda a área estudada e não tem relação com o Cinturão Guiana Central. Desse modo, é considerado, neste trabalho, que o limite magnético sul deste cinturão está situado à oeste desta falha, associado a uma anomalia de alta amplitude com forma linear NE-SW, que pode ser observada também na área coberta por depósitos aluvionares (Figura 4.12). Os lineamentos magnéticos desse domínio apresentam alta amplitude, com direção preferencial para NE-SW; observam-se também grandes unidades magnéticas com formas lenticulares e sigmóidais, algumas vezes seccionadas por falhas de direção NW-SE (Figura 4.16, detalhe B), além de lineamentos com direções E-W e NW-SE. Estas feições condizem com o quadro de intensa reativação tectônica a que essa região foi submetida (Figura 4.15, diagrama de roseta 3).

Três subdomínios foram identificados, 3a, 3b e 3c. No subdomínio 3a, o relevo é suave e representado por uma textura plana, correspondendo às suítes metamórficas Parima (PPsm), Rio Urubu (PPsmru1) e Intrusiva Mucajai (MPsim) e, provavelmente, tem continuidade no DME1. No subdomínio 3b, o relevo é baixo com textura muito plana e homogênea, correspondendo à região do hemigraben do Tacutu e o 3c, predominante na área, apresenta relevo alto com textura bastante rugosa, bastante heterogêneo, indicando alternância de zonas extremamente deformadas com outras moderadamente afetadas.

#### 4.1.4.4 Domínio Magnético-Estrutural 4 (DME4)

Este domínio está localizado na porção sudeste da área em contato com o DME3. O limite desse domínio é bem diferente do proposto por Reis & Fraga (1998) e Reis *et al.* (2003) para os domínios estruturais Guiana Central e Anauá-Jatapu. Pode-se observar na Figura 4.16 que anomalias magnéticas lineares tem direção NE-SW associadas ao Cinturão Guiana Central, porém fora dos limites deste. Os lineamentos NW-SE tem continuidade com o Cinturão Parima e, E-W, provavelmente

originadas pelo truncamento do Cinturão Guiana Central neste domínio (Figura 4.15, diagrama de roseta 4).

Foram individualizados dois subdomínios 4a e 4b. O 4a apresenta baixo relevo magnético e textura plana, provavelmente com pouca perturbação tectônica, podendo ser associado a parte da Suíte Intrusiva Igarapé Azul (PPsiia) e depósitos aluvionares (Fda). O 4b, apresenta alto relevo magnético e textura rugosa indicando intensa movimentação tectônica e provável associação com áreas de influência das suítes intrusivas Mapuera (PPsim), Água Branca (PPsiab), Igarapé Azul (PPsiia) e depósitos aluvionares (Fda).

## 4.2 Interpretação e Integração dos Dados Aerogamaespectrométricos

### 4.2.1 Recuperação e Correção dos Dados Gamaespectrométricos do Projeto Uraricoera

Na interpretação dos resultados obtidos da espectrometria de raios gama, levou-se em consideração os fatores que podem ter influenciado as medidas de radiação. Segundo Grasty *et al.* (1997) e Gunn (1988) os principais fatores são a cobertura do solo, a umidade, a cobertura vegetal, a topografia e o gás radônio, os quais teoricamente devem ter sido corrigidos pela empresa executora do levantamento aéreo. Foi constatado que nos dados do Projeto Uraricoera, o valor do coeficiente  $\beta$  foi trocado pelo  $\gamma$  na correção do efeito Compton e os valores usados para o coeficiente de atenuação atmosférica apresentavam problema.

Os dados gamaespectrométricos originais do projeto Uraricoera, estão representados nos gráficos da Figura 4.17. Nos canais radiométricos versus a altura de vôo, nota-se o crescimento exponencial positivo dos valores, quando deveria ocorrer o contrário, pois quanto maior a altura do vôo, maior a atenuação atmosférica. Isto mostra que a correção para altura de vôo não foi bem executada.

Esses dados foram corrigidos por Costa (1999) e Amaral *et al.* (1999) para uma parte da área abrangida pelo referido projeto, a partir de programas desenvolvidos pelo Prof. Dr. Gilberto Amaral. Esses programas foram aplicados, nesta pesquisa, para toda a área correspondente ao projeto Uraricoera.

Retirando-se a correção realizada pela PROSPEC nesses dados, o comportamento da correlação tornou-se negativa entre as contagens e a altura de vôo (Figura 4.18) do tipo:

$$Y = A \cdot e^{-\mu \cdot X}$$

onde:

$\mu$  - é o coeficiente de atenuação atmosférica

A - é o coeficiente que corresponde à contagem na superfície.

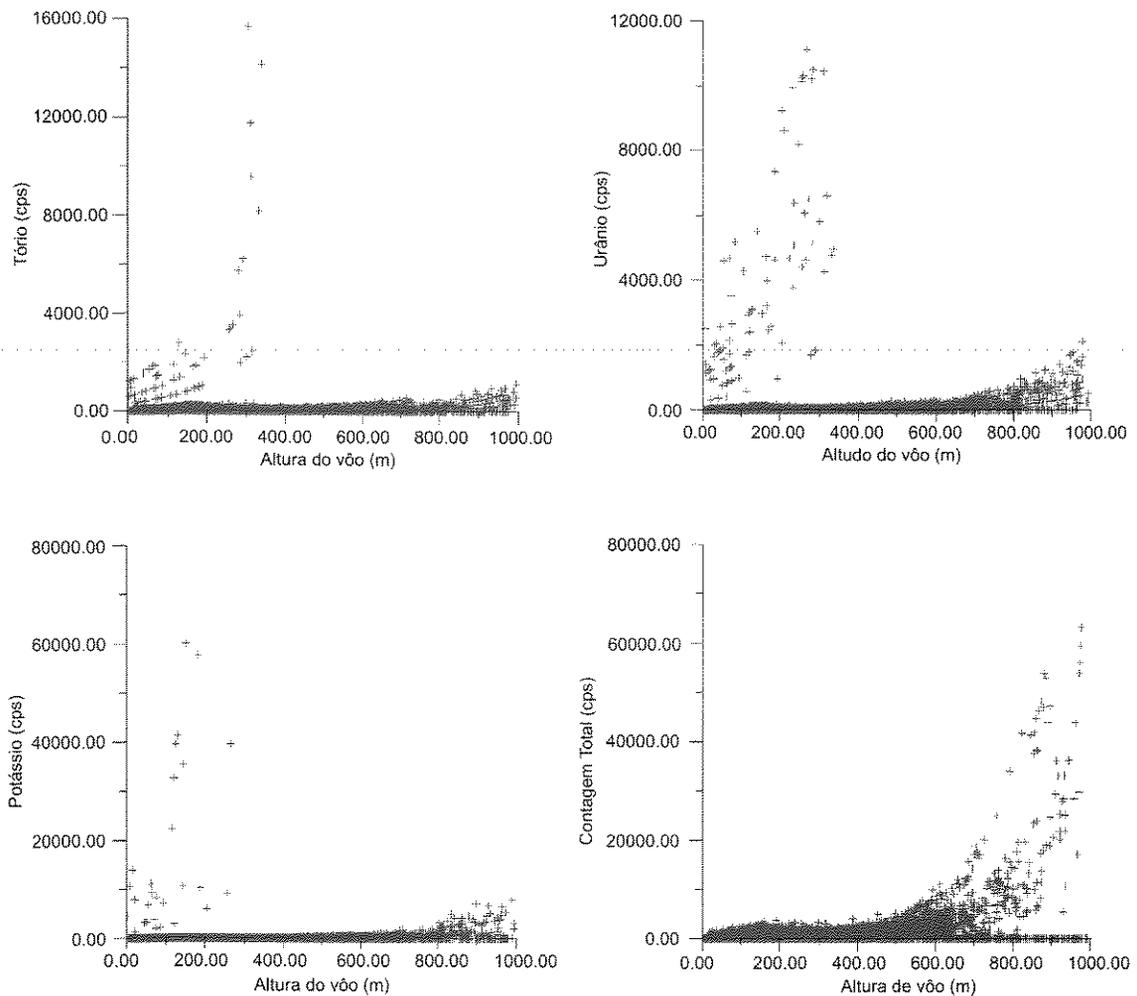


Figura 4.17 – Gráficos dos canais radiométricos versus altura do voo, a)tório, b)urânio, c)potássio e d)contagem total, correspondente aos dados originais do projeto Uraricoera (corrigidos com o valor  $\mu$  da PROSPEC).

Efetuando-se uma transformação logarítmica em ambos os lados da equação, a expressão torna-se:

$$\ln Y = \ln A - \mu \cdot X$$

Que corresponde à equação de uma reta, do tipo:  $y = a + b \cdot x$ ,

onde:

$\ln A$  - corresponde à intersecção no eixo y;

$\mu$  - é o coeficiente de atenuação atmosférica;

$b$  - é o coeficiente angular da reta.

Ajustando-se os pontos obtidos pela regressão linear simples por mínimos quadrados, foram obtidos os resultados da tabela 4.2.

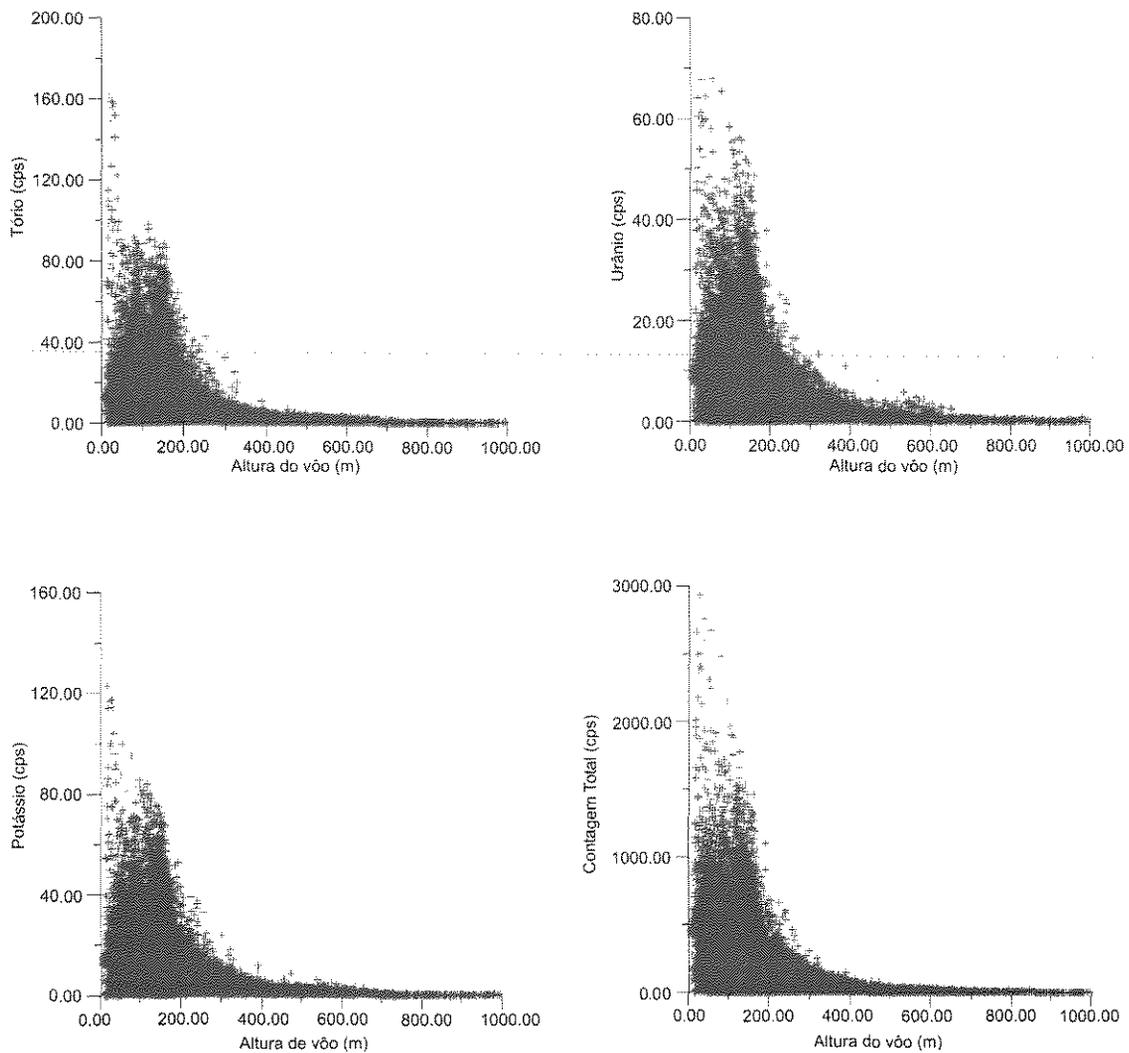


Figura 4.18 - Gráficos dos canais radiométricos a) tório, b) urânio, c) potássio e d) contagem total, versus a altura de vôo, correspondente aos dados originais do projeto Uraricoera sem a correção da atenuação atmosférica.

Tabela 4.2 - Valores obtidos após aplicação da regressão linear simples por mínimos quadrados.

CANAL	LN A	$\mu$	COEF. DE CORRELAÇÃO	COEF. DETERMINADO
Th	2.8487	-0.0051952	0.90891	0.95337
U	2.5532	-0.0044498	0.89518	0.94614
K	3.0688	-0.0033521	0.96146	0.98054
CT	5.2871	-0.0037855	0.96830	0.98402

Verifica-se na Tabela 4.2, que o ajuste foi bastante bom e fornece valores para os coeficientes de atenuação ( $\mu$ ) bastante distintos dos utilizados pela PROSPEC para correção dos dados do projeto Uraricoera, respectivamente,

0.00669, 0.00658, 0.00824 e 0.00734, para Th, U, K e CT. Estes valores foram calculados pela empresa, com dados obtidos em múltiplos vôos sobre linhas fixas, próximas à cidade de Boa Vista, sob condições distintas daquelas dos vôos rotineiros tais como pressão, temperatura, umidade do ar e altitude. Isto talvez justifique as discrepâncias encontradas.

A partir das correções efetuadas nos dados do projeto Uraricoera, as respostas gamaespectrométricas permitiram uma melhor correlação com as unidades litológicas da área. Como exemplo, pode-se observar que antes da correção, a resposta das rochas com alto conteúdo potássico da Suíte Intrusiva Surucucus (MPsisu), não mostrava qualquer tipo de correlação com o canal do potássio. Porém, após a correção, estas são perfeitamente correlacionáveis com os valores mais elevados desse canal representado em vermelho (Figura 4.19).

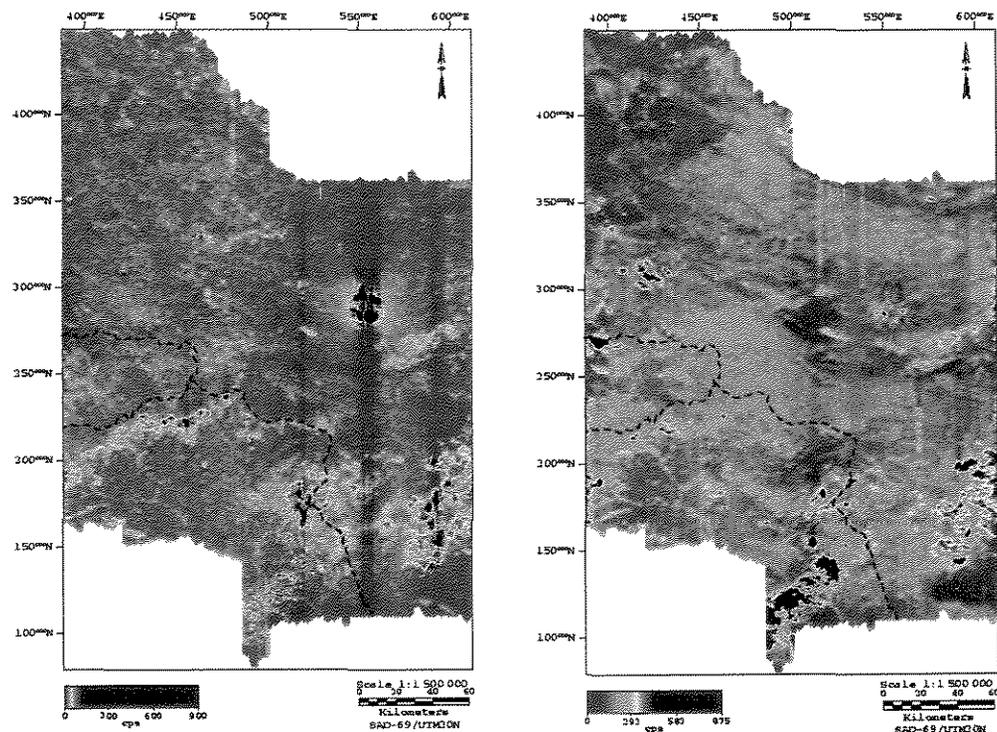


Figura 4.19 - Canal do potássio: a) dados sem correção e b) dados corrigidos.

## 4.2.2 Correlação entre os Dados Gamaespectrométricos e as Unidades Geológicas

Após o procedimento acima mencionado (item 4.2.1), foi realizada a homogeneização dos projetos Uraricoera e Rio Branco; os canais gamaespectrométricos foram analisados individualmente e em conjunto, por meio do canal de Contagem Total e das imagens ternárias. As assinaturas foram correlacionadas às unidades geológicas a fim de estabelecer relações de ocorrência e concentração dos radioelementos, levando em consideração tanto o conhecimento litológico de cada unidade geológica, como também a correlação entre os radioelementos e as rochas ígneas (Dickson & Scott 1997).

Para que haja uma boa compreensão sobre o texto a seguir deve-se sobrepor o anexo – 2 a todas as figuras mencionadas no texto abaixo.

### *i) Tório*

As imagens obtidas para o canal do tório discriminam domínios bem distintos que apresentam intervalos com concentração alta (Tha), intermediária (Thi) e baixa (Thb) (Figura 4.20). Altas concentrações de tório, acima de 19.0 ppm, distribuem-se em grande parte na porção central, ao longo do Cinturão Guiana Central. Esses valores são correlacionados a alguns corpos de ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu (Th1a) e de biotita granito porfirítico da Suíte Intrusiva Mucajaí (Th2a). Mais a sudoeste, estes apresentam boa correlação com os monzo e sienogranitos da Suíte Intrusiva Igarapé Reilau (Th3a).

No setor leste, ainda no âmbito do Cinturão Guiana Central, as altas concentrações de tório têm correlação com os ortognaisses de forma alongada, com direção NE-SW, da Suíte Metamórfica Rio Urubu (Th1a). A sudeste, no limite sul deste cinturão, as anomalias estão associadas a pequenas áreas de ocorrência de granitos das suítes intrusivas Igarapé Azul (Th4a) e Mapuera (Th5a). No setor nordeste existe correlação com as rochas sedimentares da Formação Serra do Tucano (Th6a) e com os metassedimentos do Grupo Cauarane (Th7a). Valores elevados também estão associados aos granitos da Suíte Intrusiva Surucucus (Th8a) no extremo oeste e na porção central, tanto fora quanto dentro da área do Cinturão

Guiana Central. Além disso, podem-se também observar médias concentrações de tório em pequenos trechos dos rios Branco, Uraricoera, Surumu e Tacutu.

Valores com concentração intermediária, entre 6.5 ppm e 19.0 ppm, distribuem-se por toda a área, tornando difícil a sua delimitação. Na porção central, próximo as anomalias com alto valor de tório, essas concentrações estão associadas aos ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu (Th1i) e com os granitos da Suíte Intrusiva Mucajá (Th2i) e a leste, aos ortognaisses e augen gnaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu (Th1i). A sudeste, essa correlação é representada por algumas áreas de ocorrência de granitos das suítes intrusivas Igarapé Azul (Th4i) e Água Branca (Th9i). A nordeste, os valores intermediários de tório têm boa correlação com os paragnaisses e metacherts do Grupo Cauarane (Th7i), enquanto que a norte esses valores são correlacionados aos ortognaisses, migmatitos e metagranitóides da Suíte Metamórfica Uraricoera (Th10i). No extremo oeste, esses valores se apresentam associados aos granitos das suítes intrusivas Surucucus (Th8i) e Auaris (Th11i), com os xistos e metapiroxênitos da Suíte Metamórfica Parima (Th12i). Esses valores intermediários também apresentam boa correlação com os depósitos aluvionares da rede de drenagem, como pode ser observado ao longo dos rios Branco, que corta toda a área com direção NNE-SSW, Uraricoera, Surumu e Tacutu, localizados na porção norte e nordeste, Mucajá e Apiaú, na porção central, e Anauá, Barauana e Igarapé do Jaburu situados à sudeste da área.

Baixas concentrações de tório, entre 0 ppm e 6.5 ppm, também se distribuem amplamente pela área. Na porção noroeste, apresentam uma boa correlação com as rochas sedimentares do Supergrupo Roraima (Th13b), com os metapiroxênitos da Suíte Metamórfica Parima (Th12b) e com os ortognaisses, migmatitos e metagranitóides da Suíte Metamórfica Uraricoera (Th10b). Na porção central pode-se observar uma anomalia com forma sigmoidal alongada NE-SW, no limite norte do Cinturão Guiana Central, associada com rochas das suítes Metamórfica Parima, Intrusiva Serra da Prata e Metamórfica Rio Urubu (Th14b). Mais a sudoeste, o limite norte desse cinturão é bem marcado por meio do contato linear (NE-SW) existente entre as concentrações baixas e intermediárias, cuja área corresponde ao Complexo Cauaburi (Th15b), que é constituído por gnaisses, granodioritos, metadacitos e metagranodioritos. Pode-se também notar, na porção sul, que a baixa anomalia



de tório é associada aos depósitos aluvionares (Th16b).

## *ii) Urânio*

As imagens obtidas para o canal do urânio apresentam concentrações que variam de alta a baixa. As altas concentrações, maiores que 17.0 ppm (Ua), estão localizadas, principalmente, na porção central e sudoeste, ao longo do Cinturão Guiana Central, enquanto os valores intermediários (Ui) dominam amplamente na região de estudo e os valores baixos (Ub) estão localizados na porção nordeste e noroeste (Figura 4.21).

No Cinturão Guiana Central, as altas concentrações estão associadas aos ortognaisses, biotitas granitos e granitos das suítes Metamórfica Rio Urubu (U1a), Intrusiva Mucajaí (U2a) e Surucucus (U3a), respectivamente, enquanto que a sudoeste estas tem relação com os monzo e sienogranitos da Suíte Intrusiva Igarapé Reilau (U4a) e monzogranitos da Suíte Intrusiva Marauia (U5a). Nas demais porções esses altos valores estão localizados em pequenas áreas, como pode ser observado a oeste, correlacionado com os granitos da Suíte Intrusiva Surucucus (U3a). A leste, os valores anômalos de urânio mostram correlação com pequenos corpos circulares da Suíte Metamórfica Rio Urubu (U1a) e com os granitos da Suíte Intrusiva Mapuera (U4a), no limite leste da área.

A concentração intermediária varia entre 5.0 ppm a 17.0 ppm e distribui-se amplamente por toda a área. Esses valores, em geral estão correlacionados com as altas anomalias de urânio que ocorrem nas porções central, sudoeste, norte, oeste e leste. Porém, devido ao fato de o urânio ser mais móvel que o tório, este apresenta uma maior distribuição de valores intermediários na região e podem estar associados aos depósitos aluvionares (U5i). Esse fato pode ser atribuído a maior mobilidade do U, quando se torna exavalente. Valores intermediários permitem discriminar unidades geológicas como os xistos e metapiroxênitos da Suíte Metamórfica Parima (U6i) e os ortognaisses, migmatitos e metagranitóides da Suíte Metamórfica Uraricoera (U7i), ambos na porção noroeste; discriminam também os granodioritos, gnaisses, metadacitos e metagranodioritos do Complexo Cauaburi (U8i), no setor sudoeste e os paragnaisses do Grupo Cauarane (U9i), a nordeste. A sul e sudeste

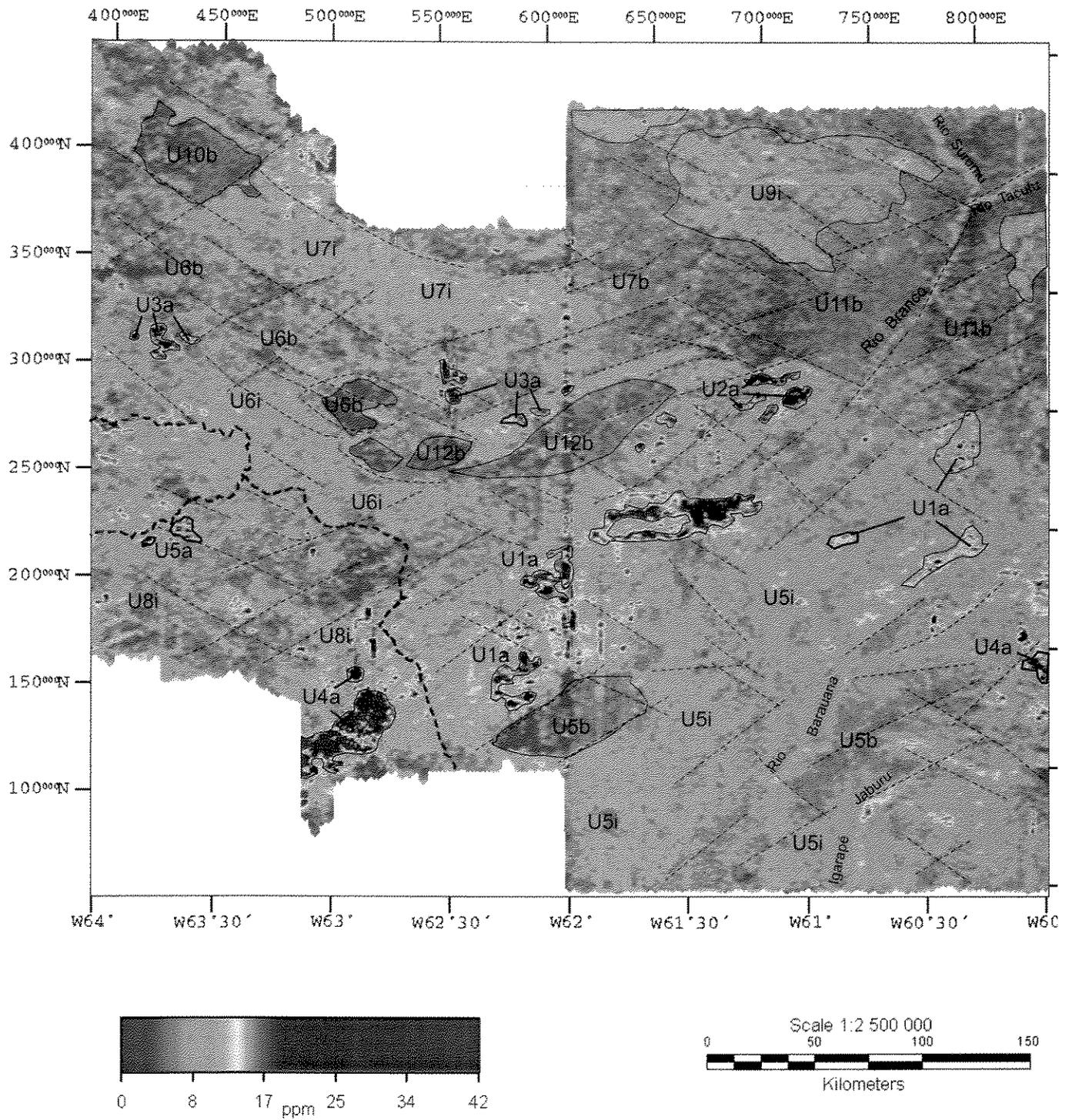


Figura 4.21 – Imagem do canal do urânio micronivelado. Cada símbolo representa um domínio citado no decorrer do texto

as concentrações intermediárias de urânio são razoavelmente uniformes, sendo impossível distinguir diferenças entre os litotipos.

Essas concentrações também estão distribuídas ao longo do sistema de drenagem no setor nordeste e central da área de estudo (rios Surumu, Tacutu, Apiaú e parte do rio Branco) e devem ser decorrentes do transporte desse radioelemento das áreas elevadas situadas a norte do estado.

Baixas concentrações de urânio, que entre 0 e 5.0 ppm apresentam boa correlação com as rochas sedimentares do Supergrupo Roraima (U10b) e demarcam algumas anomalias com forma alongada NW-SE das suítes metamórficas Parima (U6b) e Uraricoera (U7b), ambas situadas a noroeste. A sul as baixas anomalias estão associadas, em grande parte, aos depósitos aluvionares (U5b) e a nordeste, com a Formação Boa Vista (U11b).

É interessante notar que várias feições sigmóidais podem ser discriminadas próximas ao limite norte do Cinturão Guiana Central (U12b), que possuem tanto baixos teores de tório quanto de urânio.

### *iii) Potássio*

Altas concentrações de potássio, com valores acima de 5.0%, estão distribuídas preferencialmente ao longo do Cinturão Guiana Central e nos limites leste e oeste da área. Geralmente, estas anomalias estão associadas aos corpos graníticos da Suíte Intrusiva Surucucus (K1a), monzogranitos da Suíte Intrusiva Marauia (K2a), monzogranitos e sienogranitos da Suíte Intrusiva Igarapé Reilau (K3a), ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu (K4a) e gnaisses, granodioritos, metadacitos e metagranodioritos do Complexo Cauaburi (K5a) (Figura 4.22). Tais anomalias, quando comparadas àquelas dos outros canais gamaespectrométricos, mostram que esses dados são compatíveis com o conjunto de granitóides e ortognaisses distribuídos na região.

Desse mesmo modo, valores anômalos desse radioelemento são correlacionados às biotitas sienogranitos a monzogranitos das suítes intrusivas Mapuera (K6a) e Igarapé Azul (K7a), ambas na porção sudeste, enquanto que, a leste, esses valores estão associados com os ortognaisses e augen gnaisses da

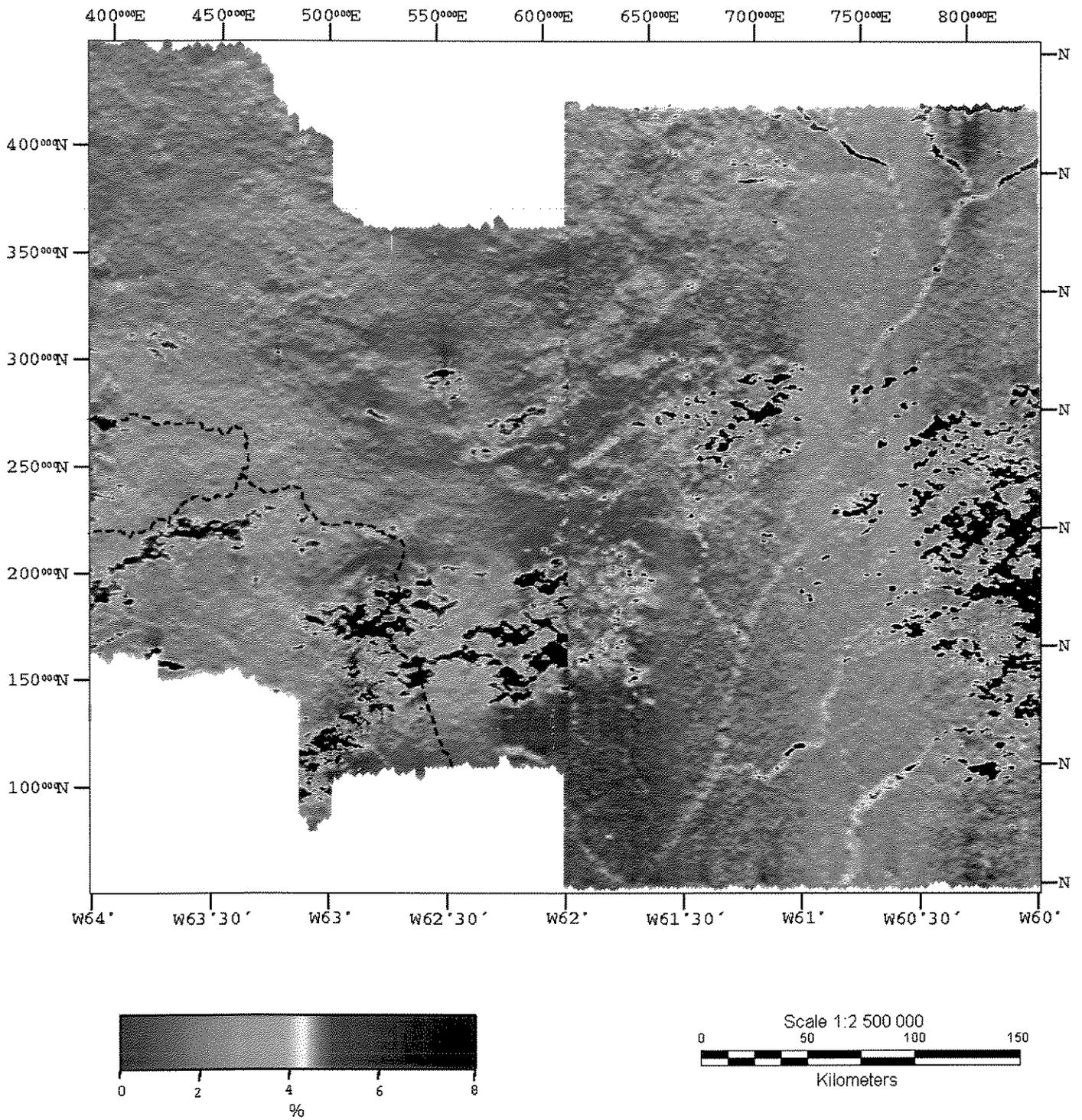


Figura 4.22 – Imagem do canal do potássio em pseudolor.

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SECÃO CIRCULANTE

Suíte Matamórfica Rio Urubu (K4a).

As anomalias observadas ao longo de drenagem e em depósitos aluvionares, como no rio Anauá e Igarapé do Jaburu, a sudeste, têm correlação com as unidades graníticas Mapuera e Igarapé Azul, enquanto que as ocorrências nos rios Parimé, Surumu e Tacutu, a nordeste, são provenientes das suítes intrusivas Pedra Pintada e Saracura e/ou das vulcânicas ácidas e intermediárias do Grupo Surumu. Essa alta concentração de potássio em depósitos aluvionares tem origem, de acordo com Dickson & Scott (1997), no processo de lixiviação de minerais que contém potássio e que são incorporados nos argilo-minerais durante a sedimentação.

Com relação aos valores intermediários e baixos desse canal, apesar de ter sido aplicado o micronivelamento, os ruídos não foram completamente eliminados, como pode ser observado na Figura 4.22. Essas feições prejudicaram na análise da correlação entre as unidades geológicas e suas concentrações. No entanto, pode-se notar que os valores intermediários estão situados próximos às áreas com altas concentrações e, secundariamente, ao longo de drenagens. As feições sigmóidais que são notadas nos demais canais também podem ser visualizadas, pois possuem baixos teores de potássio (K8b).

#### *iv) Contagem Total*

A imagem de contagem total (Figura 4.23) mostra que no Cinturão Guiana Central, as altas concentrações, acima de 2367 cps, estão associadas aos litotipos das unidades Mucajaí (CT1a) e Rio Urubu (CT2a), na porção central, e com as suítes intrusivas Igarapé Reilau (CT3a) e Marauia (CT4a), a sudoeste. Mais a leste, as anomalias alongadas, com direção NE-SW, também estão associadas à Suíte Metamórfica Rio Urubu (CT2a), mas a sudeste, essa correlação é com pequenos corpos da Suíte Intrusiva Igarapé Azul (CT5a). A oeste, entretanto, essas anomalias mostram associação com alguns corpos da Suíte Intrusiva Surucucus (CT6a).

Os valores intermediários variam entre 789 cps e 2367 cps e também mostram correlação com as unidades que possuem altas concentrações ao longo do Cinturão Guiana Central. Esse mesmo comportamento também é notado no extremo oeste da área onde ocorrem vários corpos graníticos das suítes intrusivas Surucucus

(CT6i), Marauia (CT4i) e Auaris (CT7i). Assim como destacado nos canais do U e Th, a assinatura radiométrica dos metassedimentos do Grupo Cauarane (CT8i), Uraricoera (CT9i) e Cauaburi (CT10i) estão correlacionados a valores intermediários.

Os valores mais baixos variam de 0 a 789 cps e são, geralmente, associados às rochas da Suíte Metamórfica Parima (CT11b), Uraricoera (CT9b), Grupo Cauarane (CT8b), Supergrupo Roraima (CT12b), Formação Boa Vista (CT13b) e os depósitos aluvionares (CT14b). Algumas unidades granito-gnáissicas como o Complexo Cauaburi (CT10b) e alguns litotipos das suítes Metamórfica Rio Urubu (CT2b) e intrusivas Serra da Prata e Pedra Pintada (CT15b) também apresentam valores muito baixos.

Assim como foi observado nos demais canais, as feições estruturais peculiares, tais como lineamentos, sigmóides (CT16b) e geometria da bacia paleoproterozóica da serra do Uafaranda (CT12b) foram realçadas e podem ser vinculadas aos elementos estruturais inerentes aos cinturões Guiana Central e Parima.



v) *Imagens ternárias*

A imagem ternária RGB (*K-red, Th-green, U-blue*) corrobora com as associações encontradas anteriormente, da análise dos canais radiométricos. Na Figura 4.24, o branco representa a contribuição elevada de tório, urânio e potássio, enquanto o preto equivale à menor contribuição dos três radioelementos. Valores em proporções equivalentes de concentração são representados pela tonalidade magenta para a contribuição de potássio e urânio, amarela de potássio e tório e o ciano para a de urânio e tório.

Ao longo do Cinturão Guiana Central pode-se observar uma boa correlação dos três radioelementos com os corpos graníticos das suítes intrusivas Igarapé Reilau (RGB1) e Mucajaí (RGB2), respectivamente, nas porções sudoeste e central. Em ciano essas assinaturas equivalem aos ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu (RGB3), que estão localizados nas porções central e centro-leste do cinturão. A alta contribuição do potássio observada em vermelho na porção sudoeste mostra associação com os granitos da Suíte Intrusiva Marauia (RGB4) e Complexo Cauaburi (RGB5).

No setor leste predominam também altos teores de potássio relacionados aos ortognaisses e augen ganisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu (RGB3), enquanto os granulitos dessa unidade geológica apresentam menor quantidade de potássio. Ainda neste setor, podem ser observadas anomalias alongadas NE-SW (em ciano) com quantidades similares de tório e potássio; essas anomalias estão associadas também, aos ortognaisses da Suíte Rio Urubu (RGB3).

Fora do limite do Cinturão Guiana Central predominam baixos teores dos radioelementos, exceto no setor oeste, onde os altos teores (branco) estão relacionados aos granitos da Suíte Intrusiva Surucucus (RGB6). A norte, no domínio da Suíte Uraricoera (RGB7), os teores de tório são mais elevados do que os de urânio, porém, estes não foram realçados devido à influência dos ruídos do canal de potássio. A noroeste, a Suíte Parima (RGB8) destaca-se por discriminar duas zonas contíguas, uma com baixa concentração de radioelementos, em preto, e a outra com valores intermediários de tório e urânio em tons azuis e verdes.

As rochas sedimentares do Supergrupo Roraima (RGB9) a noroeste, assim como outras anomalias alongadas com direção NW-SE no domínio do Cinturão Parima (Suíte Metamórfica Parima), mostram baixos teores nos três canais (em preto). Na área central, na zona de truncamento do Cinturão Parima com o Cinturão Guiana Central, algumas anomalias alongadas NE-SW e feições com características sigmóidais são realçadas por possuírem baixos teores de U-Th-K. Essas informações, quando associadas às informações estruturais e aeromagnéticas, são bons indicadores da deformação tectônica nessa região.

Por fim, na porção sul, as baixas concentrações dos radioelementos são decorrentes dos depósitos sedimentares recentes que também podem ser observados acompanhando o sistema de drenagem, porém com maior teor de potássio.

A imagem ternária CMY (K-Cyan, Th-Magenta, U-Yellow) completa as observações obtidas a partir da imagem RGB, como pode ser observado na Figura 4.25, onde o preto representa a contribuição elevada de tório, urânio e potássio, enquanto o branco equivale a menor contribuição dos três radioelementos. Valores intermediários são representados pela tonalidade verde para a contribuição de potássio e urânio, azul para a de potássio e tório em vermelho para a tório e urânio. Nessa figura, os lineamentos e sigmóides presentes na região, tornam-se muito mais visíveis.

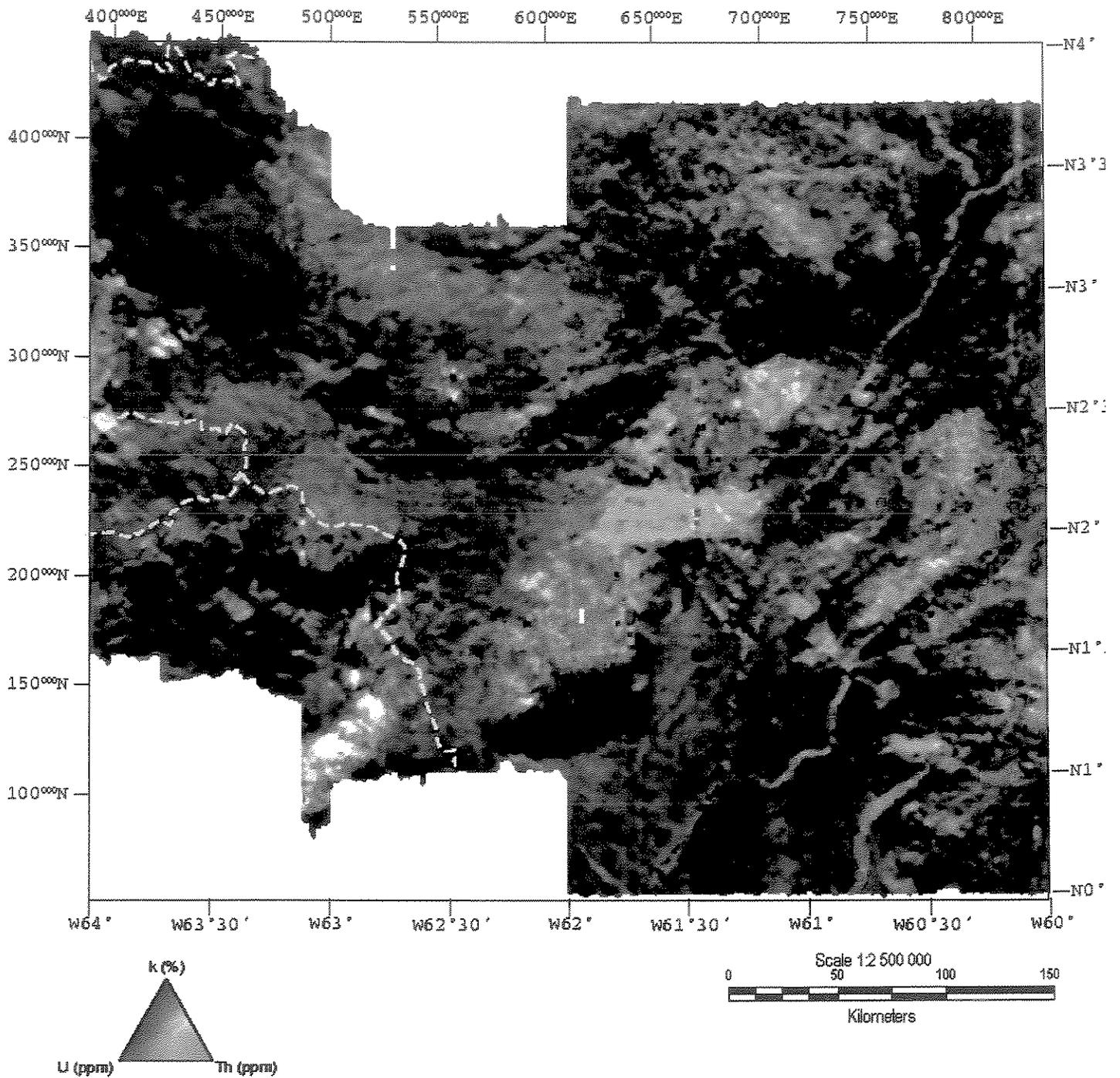


Figura 4.24 – Imagem ternária RGB (K-Red, Th-Green, U-Blue).

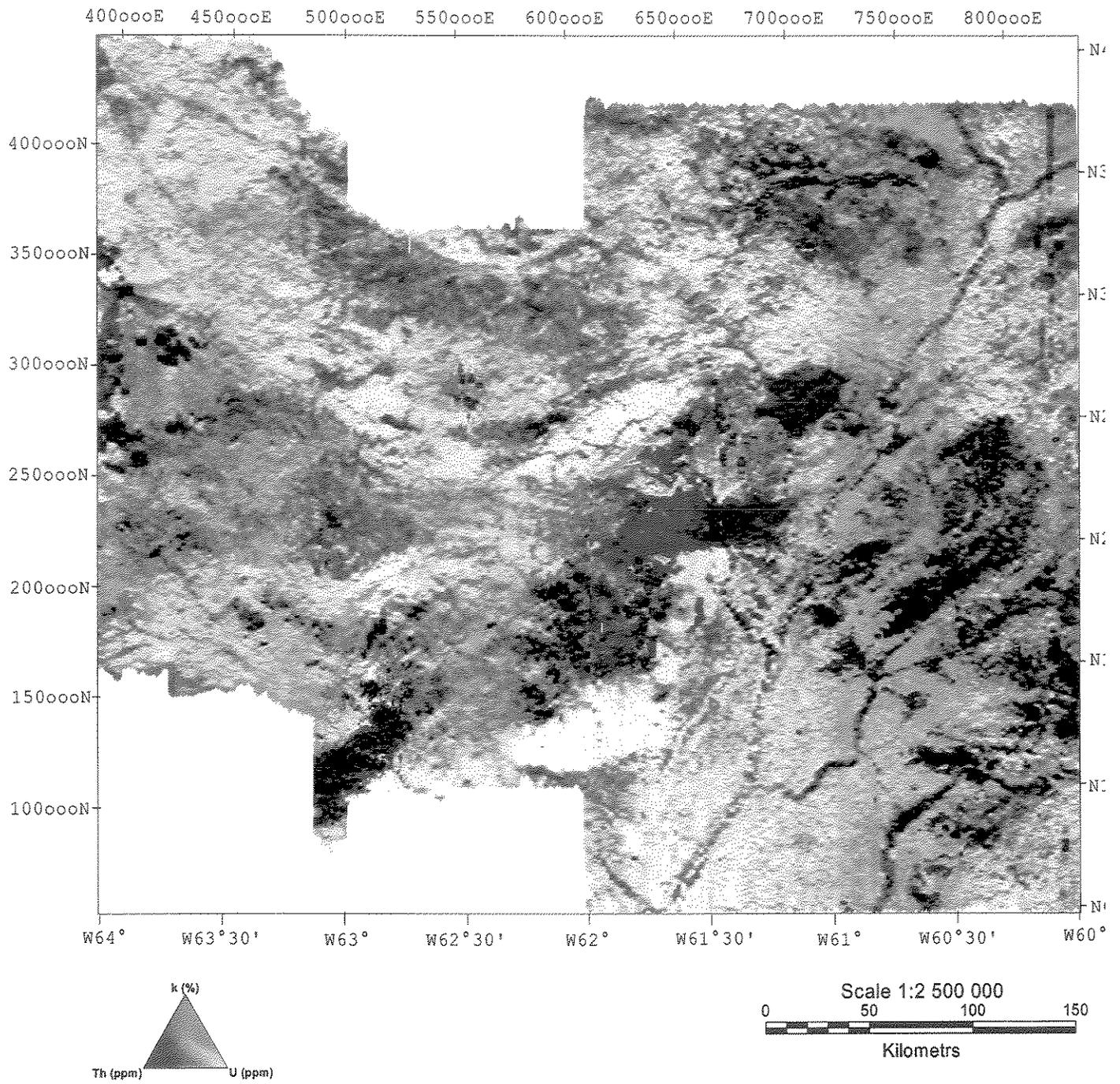


Figura 4.25 – Imagem ternária CMY (K-Cyan, Th-Magenta, U-Yellow).

## **CAPÍTULO 5 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

### **5.1 Análise e Interpretação das imagens Landsat-5/TM**

As imagens Landsat-5/TM foram utilizadas para a identificação e extração dos lineamentos e também para a integração com os dados aerogeofísicos. A correlação entre a resolução espectral e a litologia, para a identificação de litotipos, foi prejudicada devido à extensa cobertura vegetal da área. Apesar disso, foi possível discriminar várias unidades geológicas a partir da análise visual das imagens, cujas informações foram comprovadas nos trabalhos de campo e correlacionadas com os mapas geológicos existentes. Para facilitar a correlação entre as unidades geológicas e as discussões relativas às respostas apresentadas nas imagens estudadas, recomenda-se o uso do anexo 2 sobre as figuras 5.1 e 5.2.

Inicialmente, a melhor composição colorida para correlacionar as respostas espectrais com as feições de superfície foi obtida pelo triplete 4, 5, 7 e 5, 4, 1. Na Figura 5.1 pode-se observar que a maior parte da área é representada pela tonalidade vermelha onde foi alocada a banda 4, correspondendo à cobertura vegetal. Em tons ciano, são discriminados as rochas sedimentares da Formação Boa Vista, no setor norte, e os depósitos aluvionares, a sul. Essa tonalidade também corresponde às supracrustais do Paleoproterozóico do Grupo Cauarane (PPgcm e PPgcp) na porção norte e, também, às rochas básicas do Complexo Vulcânico Apoteri (Ffa), a nordeste.

Ainda na Figura 5.1, pode-se também analisar o contraste geomorfológico entre as serras, em vermelho, e as planícies que variam do amarelo ao alaranjado; as porções elevadas possuem tonalidades mais claras e as rebaixadas, tons mais escuros. A baixa correlação espectral apresentada nas imagens Landsat-5/TM foi em decorrência, principalmente, da vasta cobertura vegetal da região e da pouca exposição das unidades litológicas no Escudo das Guianas. Gibbs & Barron (1993), já haviam salientado que esses fatores contribuem para a ausência de conhecimento geológico elucidativo para a região de estudo.

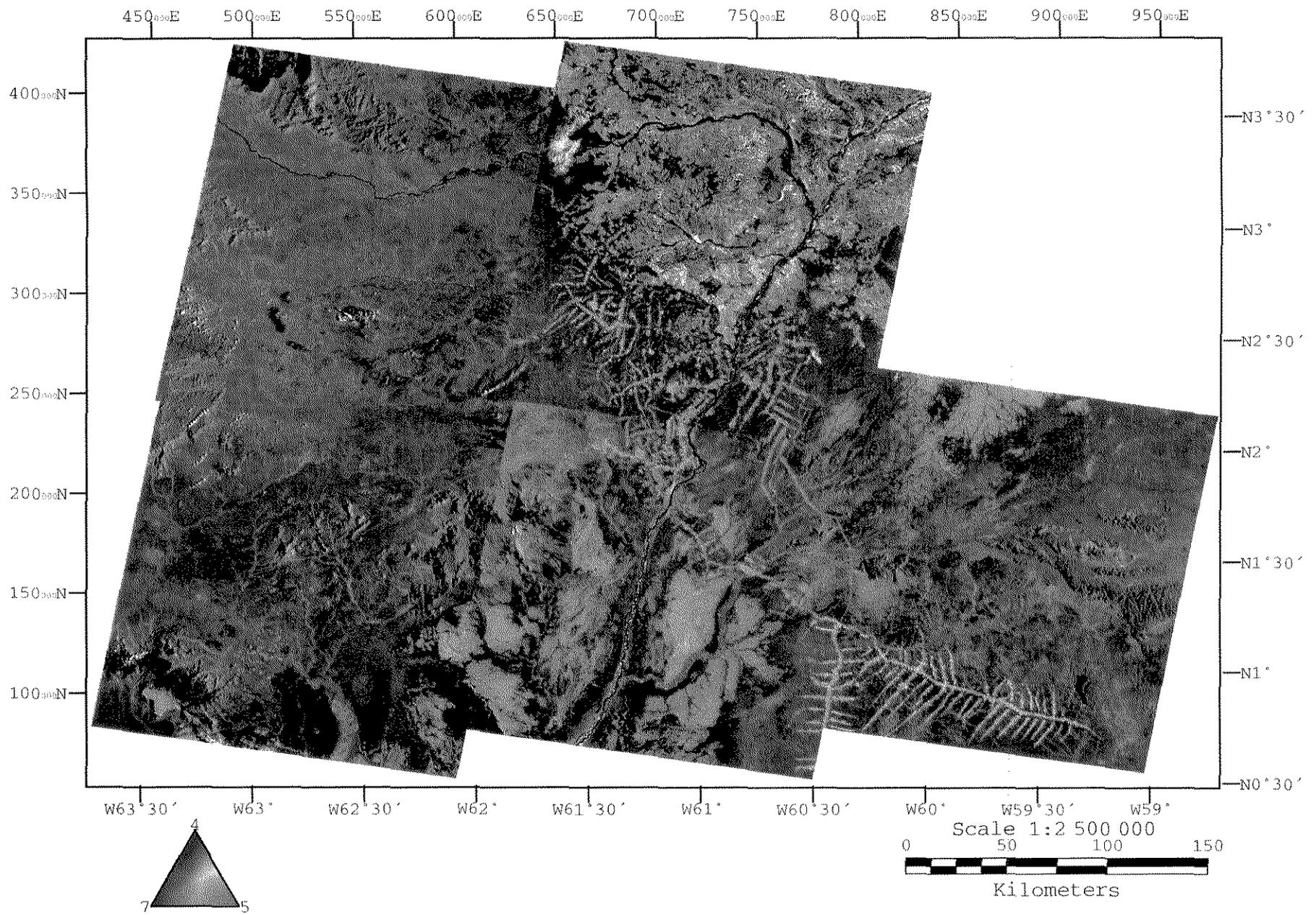


Figura 5.1 – Mosaico das cenas 231/59, 232/58 e 59, 233/58 e 59 em RGB-457.

Fatos como esse justificam ainda mais o uso de ferramentas geofísicas, como dados de aerolevantamentos (magnetométricos e gamaespectrométricos), já tratadas nos capítulos anteriores, como subsídio para o avanço no reconhecimento e mapeamento de unidades geológicas. Além disso, o estudo das imagens de satélite para reconhecimento de feições estruturais mostrou-se bastante importante para a compartimentação estrutural da região do Cinturão Guiana Central.

### **5.1.1. Análise dos lineamentos**

Para a análise e extração dos lineamentos foram analisadas todas as bandas, com destaque para as bandas 4 e 5, que melhor realçaram as feições estruturais da região, conforme pode ser notado na Figura (5.2). Esses elementos individualizados compreendem a lineamentos que representam fraturas e, por vezes, foliações, e que quando dispostas em seqüência compõem significativos lineamentos da área em questão.

Na figura 5.2 estão representadas várias feições lineares obtidas a partir da aplicação de filtros direcionais e análise por principal componente nas imagens Landsat-5 TM. Os lineamentos maiores, em azul, são originados da junção de pequenos traços, cuja interpretação revela feições estruturais importantes. Em vermelho, estão representados elementos menores, tais como traço de fraturas, foliação e falhas. A partir do traçado dos lineamentos foi possível visualizar que a região de estudo está compartimentada, fundamentalmente, em dois setores bem distintos, um na porção central com direção NE-SW, correspondente ao domínio geológico estrutural do Cinturão Guiana Central (CGC), e o outro nos setores noroeste, norte e sudeste, com direção NW-SE, associado ao Cinturão Parima (CP) (Figura 5.2). Embora essas direções se destaquem no quadro geológico estrutural, outras também são notadas, como as feições E-W e N-S, secundárias e que, portanto, não chegam a delimitar compartimentos tectônicos.

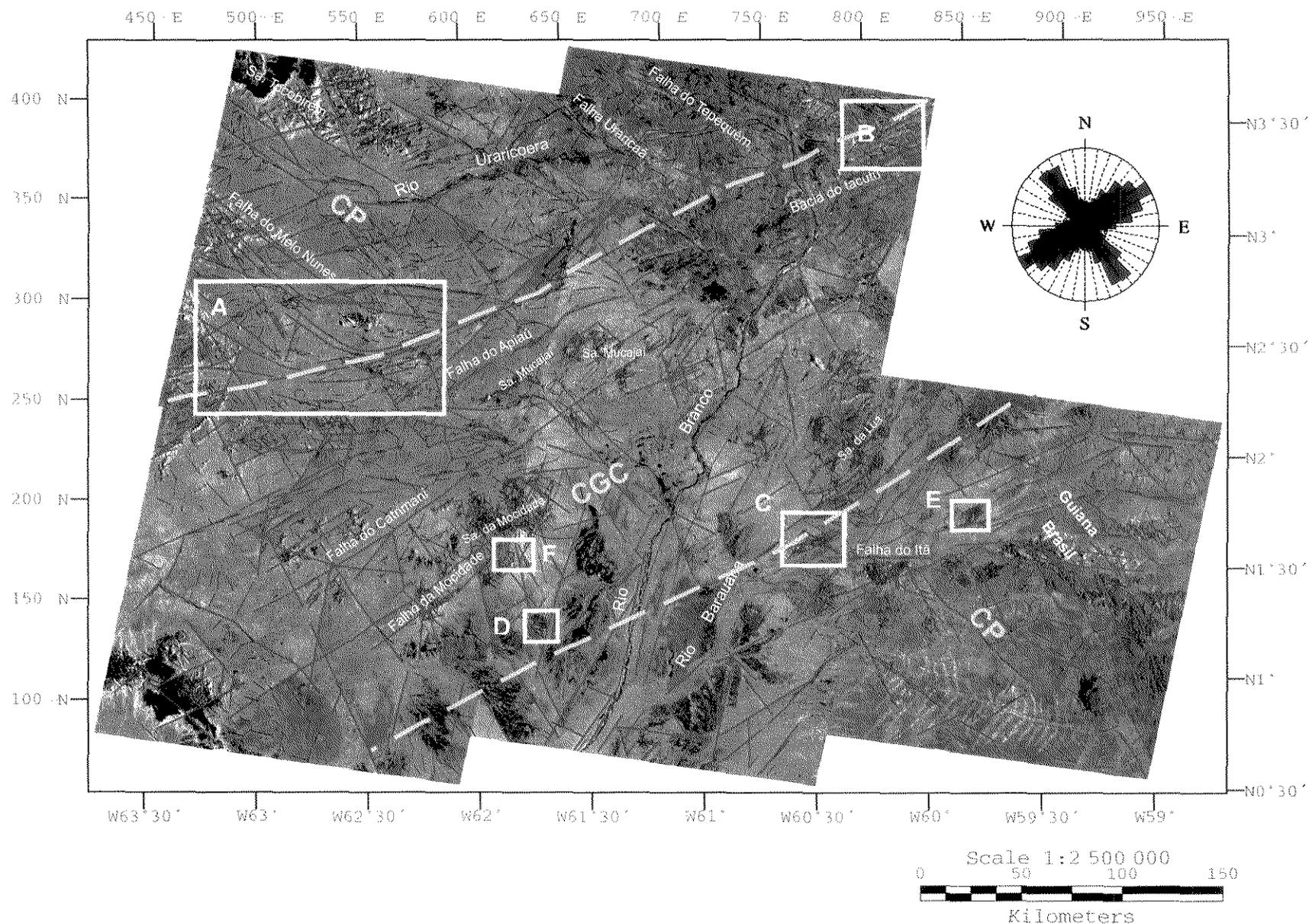


Figura 5.2 – Mosaico da banda 4 (cenas 231/59, 232/58 e 59, 233/58 e 59) com os principais lineamentos (azul e vermelho) e os compartimentos estruturais (linha amarela): CP-Cinturão Parima e CGC-Cinturão Guiana Central. Note a localização de algumas feições estruturais abordadas nas figuras subseqüentes (em branco). O diagrama de roseta corresponde aos traços vermelhos.

Na porção noroeste predominam lineamentos NW-SE que correspondem às feições lineares observadas ao longo da rede de drenagem, orientação de cristas de relevo ou como falhas e fraturas. Algumas dessas estruturas coincidem com as falhas mapeadas pelo projeto RADAMBRASIL (1975), como por exemplo, as falhas do Urutanin, Melo Nunes e Araçá, e também representam os limites da serra Uafaranda, localizada mais a noroeste da região (Figura 5.2 e Anexo-1).

O controle dessa estruturação é efetivo no sistema de drenagem, como na orientação do médio curso do rio Uraricoera, e também, no relevo mostrado pelo alongamento das serras Urutanin, Urutaiuí e Tocobirém, dentre outras. Essas estruturas são também identificadas como fortes anomalias magnéticas lineares e são limites de unidades litológicas. No entanto, esses lineamentos da porção noroeste não se propagam na área central, próximo ao limite norte do Cinturão Guiana Central, conforme pode ser notado nas diversas imagens magnéticas e gamaespectrométricas produzidas (Figuras 4.16, 4.12, 4.21, 4.22, 4.23).

Próximo ao limite norte do Cinturão Guiana Central, pode ser observado inúmeros arqueamentos e inflexões dos lineamentos NW-SE. Um bom exemplo desse comportamento tectônico é mostrado na região próxima ao rio Mucajaí, conforme a Figura 5.3. Nessa figura observa-se que vários lineamentos NW-SE, representados tanto pela morfologia das serras quanto pelos lineamentos observados no relevo arrasado da região estão obliterados pela estrutura contínua e marcante com direção NE-SW. Essa estrutura, conforme se observou nos dados aerogeofísicos abordados no capítulo 4, representa o limite norte do Cinturão Guiana Central. A análise cinemática dessa estrutura revela deslocamento transcorrente com cinemática sinistral ao longo desse limite, compatível com a interpretação de Costa *et al.* (2002).

Na parte norte da área estudada, esses lineamentos com direção NW-SE também mostram associação com as falhas do Uraricaá e Tepequém, nas serras homônimas, respectivamente, e mostram um *trend* paralelo aos lineamentos do setor noroeste. A falha do Uraricaá se estende para sudeste, cortando o hemigraben do Tacutu. Segundo Gibbs & Barron (1993) esse hemigraben é limitado na porção sudoeste, estado de Roraima, por uma falha noroeste ao longo do baixo rio Mucajaí.

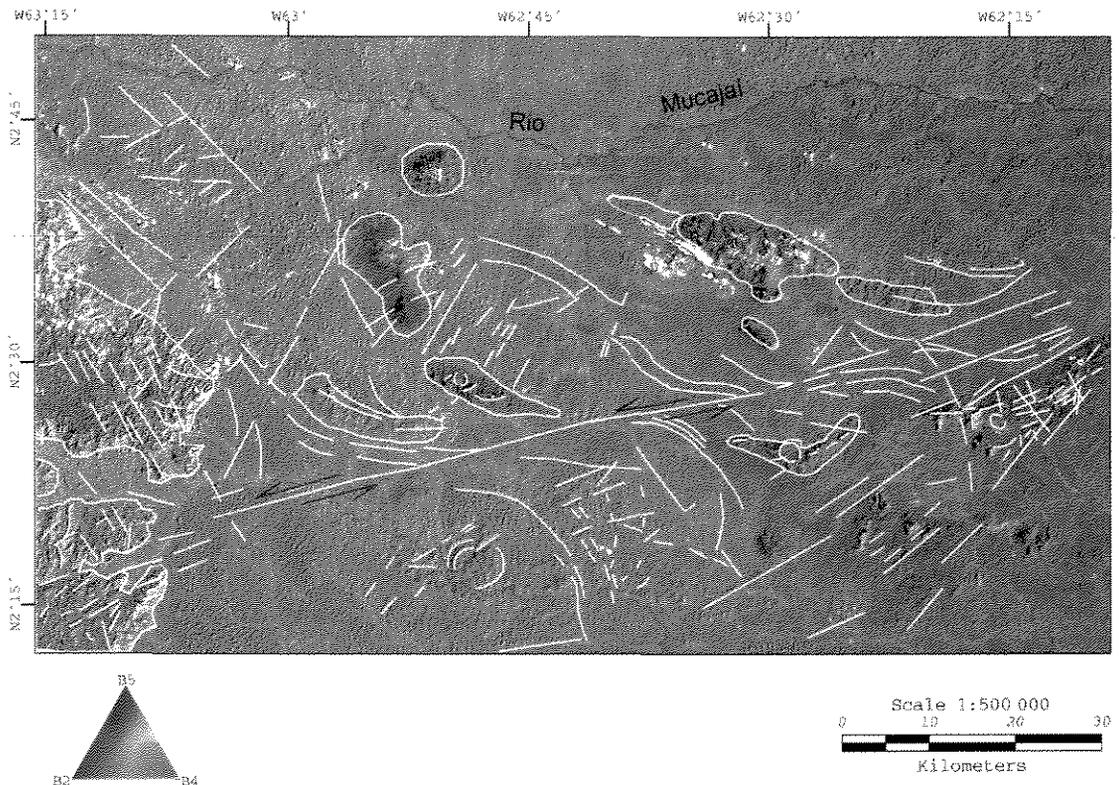


Figura 5.3 – Detalhe da Figura 5.2 (A), cena 233/58 em RGB-542, onde estão realçados as inflexões do Cinturão Parima (NW-SE) próximo ao limite norte do Cinturão Guiana Central (NE-SW) (linha branca), com indicação sinistral.

Essa falha, provavelmente, seria a extensão sudeste da falha Uraricaá que aparentemente desloca a hemigraben no sentido dextral. No setor sudeste, abaixo do limite sul do Cinturão Guiana Central, vários lineamentos NW-SE observados parecem corresponder à continuação do Cinturão Parima. Os dados estruturais dos lineamentos no diagrama de roseta (Figura 5.2) mostram que a direção geral do Cinturão Parima encontra-se em uma faixa de direção  $N25^{\circ}-45^{\circ}W$ .

Na porção central predominam lineamentos NE-SW que correspondem às feições lineares que foram identificadas a partir do padrão de drenagem, relevo, foliações, falhas e fraturas. Essas estruturas de caráter rúptil e dúctil estão associadas à intensa deformação a qual essa região foi submetida ao longo do Cinturão Guiana Central. A essas feições lineares estão associadas as falhas do Apiaú, Catrimani e Mocidade (Figura 5.2 e Anexo-1) e várias formas lenticulares,

sigmoidais notadas nos mapas aeromagnéticos (Figura 4.15) e gamaespectrométricos (Figuras 4.20 a 4.23). O arranjo litológico nesse setor mostra formas alongadas que se distribuem como serras e morros orientados NE-SW. Esses lineamentos são caracterizados por feições contínuas por toda a porção central em uma zona de aproximadamente 150 quilômetros de largura. Embora haja predomínio da estruturação ligada ao Cinturão Guiana Central, estão presentes direções NW-SE, NNW-SSE e WNW-SSE, possivelmente ligados a eventos de deformação posteriores ao Cinturão Guiana Central.

A influência da estruturação desse cinturão também é visível no sistema de drenagem que muda abruptamente do padrão subdendrítico para subparalelo, principalmente na região da bacia do Tacutu, correspondente à reativação do Cinturão Guiana Central no Mesozóico (Figura 5.4). Nessa figura observa-se que os lineamentos NE-SW controlam a rede de drenagem no setor correspondente à bacia do Tacutu gerando um padrão paralelo (A) destoando do padrão geral da região que é dendrítico e subdendrítico (B). O alongamento das serras da Mocidade, Mucajaí, Apiaú e da Lua, dentre outras, seguem também esta orientação (Figura 5.2).

Geralmente, a intensa deformação das rochas nesse setor é visível nas imagens de satélite, representadas, sobretudo por deformações do tipo dúctil. Como exemplo, é mostrado na região da serra Barauana (Figura 5.5), onde se pode visualizar dobras assimétricas envolvidas por uma geometria maior em sigmóide descontínuo e fraturado. A orientação dessa estrutura compreende a orientação geral do Cinturão Guiana Central. Além disso, a orientação e geometria das dobras apresentadas na região de estudo, conforme Costa & Hasui (1997), CPRM (1999), dentre outros, são compatíveis com o regime tectônico convergente do referido cinturão tectônico. O aspecto descontínuo notado, relativo a zonas de falhas e fraturas, reflete os aspectos da deformação rúptil posterior ao evento principal.

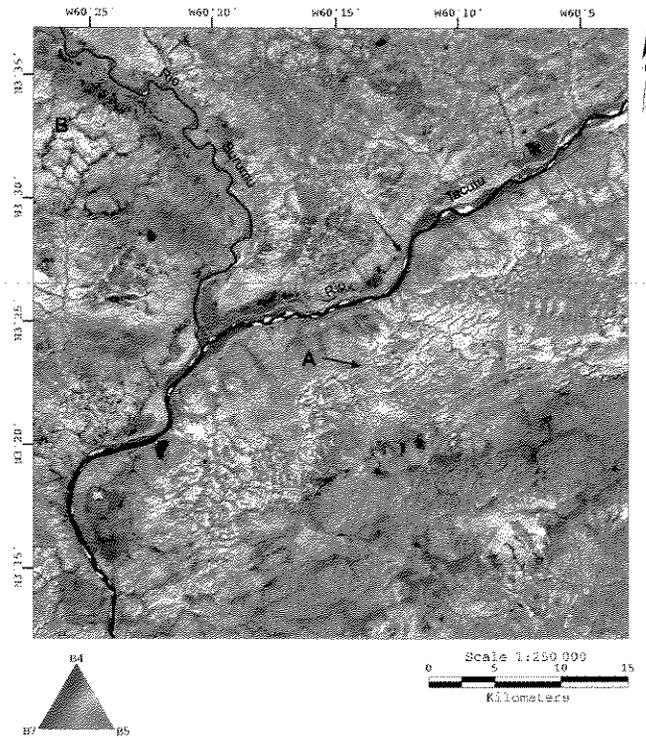


Figura 5.4 - Detalhe da Figura 5.2 (B), cena 232/58 em RGB-457, onde pode ser notado o padrão de drenagem subparalelo controlado pela direção NE-SW (A) e o subdendrítico (B) encaixado tanto na direção NW-SE quanto NE-SW.

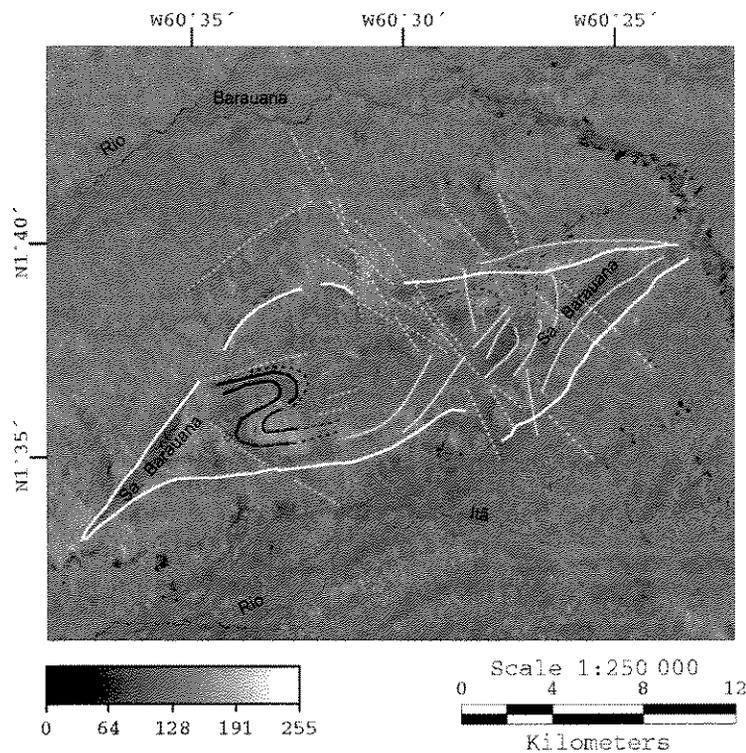


Figura 5.5 - Detalhe da Figura 5.2 (C), cena 232/59, em tons de cinza, que mostra uma megadobra (em vermelho) e sistemas de falhas (em amarelo), envolto em provável sigmóide (em branco).

Além dessa estrutura, pode ser observada outra feição tectônica na zona de deformação do Cinturão Guiana Central, próximo ao rio Água Boa do Univini, região centro sul. Essa megafeição rotacionada trata-se, provavelmente, de um corpo granítico, na área da Suíte Intrusiva Mapuera (Paleoproterozóico), mas não a ela pertencente (Figura 5.6). A análise cinemática dessa feição aponta uma deformação sinistral.

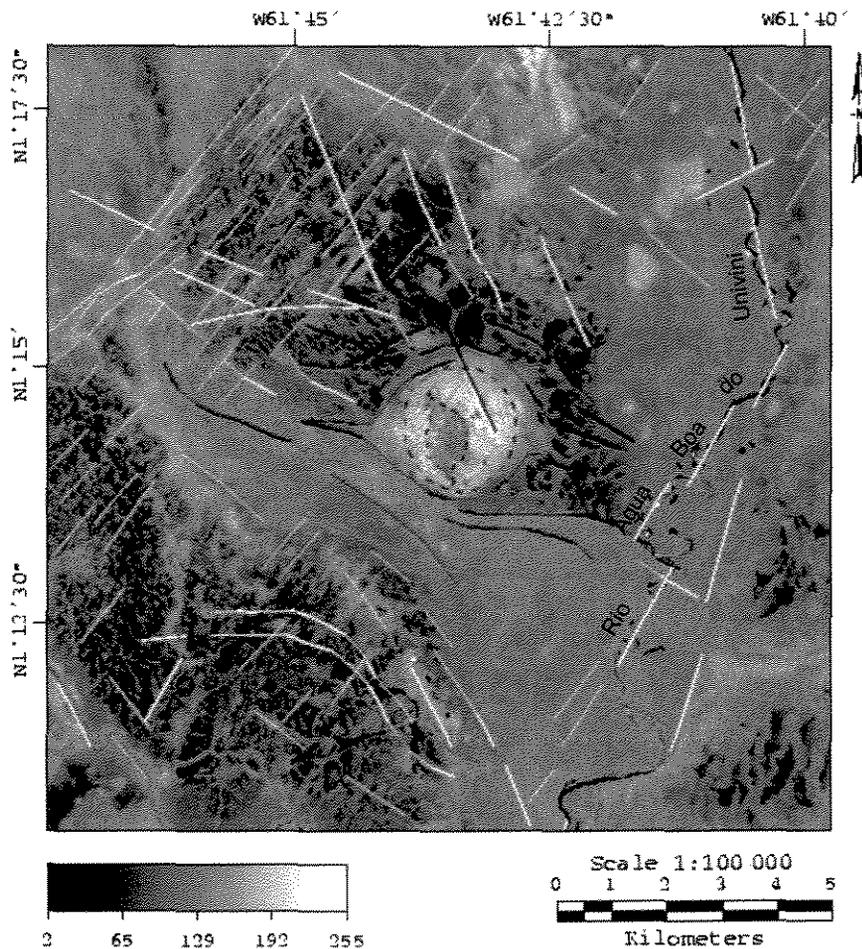


Figura 5.6 - Detalhe da Figura 5.2 (D), cena 232/59, em tons de cinza, onde pode ser observado o corpo granítico na região do rio Água Boa do Univini. A estrutura mostra deformação dúctil (traço vermelho) e diversas feições ruptéis (traço amarelo).

Adicionalmente à feição acima mencionada, outras estruturas de mesmo porte puderam ser observadas. Na região próxima à fronteira Brasil-Guiana foram identificadas megafeições de caráter dúctil semelhantes a foliações S-C em

ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu (Figura 5.7). Essa megaestrutura possui dimensão em torno de 6 km e é caracterizada por duas zonas cisalhantes e uma zona interna composta por lineamentos que mostra inflexões nos limites com as referidas zonas. Esse tipo de feição quando comparada com estruturas dúcteis pode estar representando a foliação do tipo S-C. A consideração dessa estrutura como indicador cinemático indica uma deformação dextral.

Algumas áreas, entretanto, mostram-se preservadas com formas circulares com pouco ou sem deformação, apesar da intensa deformação observada ao longo do CGC, como por exemplo, os corpos graníticos de idade mesoproterozóica e as intrusivas básicas, da região da serra da Mocidade (Figura 5.8).

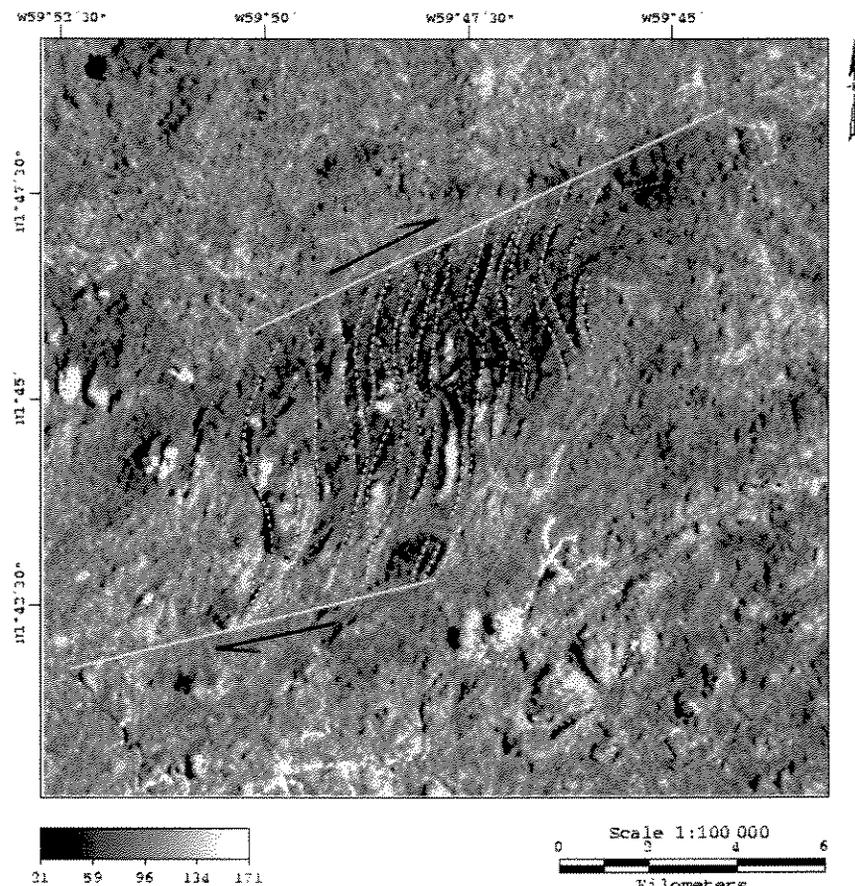


Figura 5.7 - Detalhe da Figura 5.2 (E), cena 231/59, em tons de cinza, onde pode ser identificada uma megafoliação do tipo S-C nos ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu.

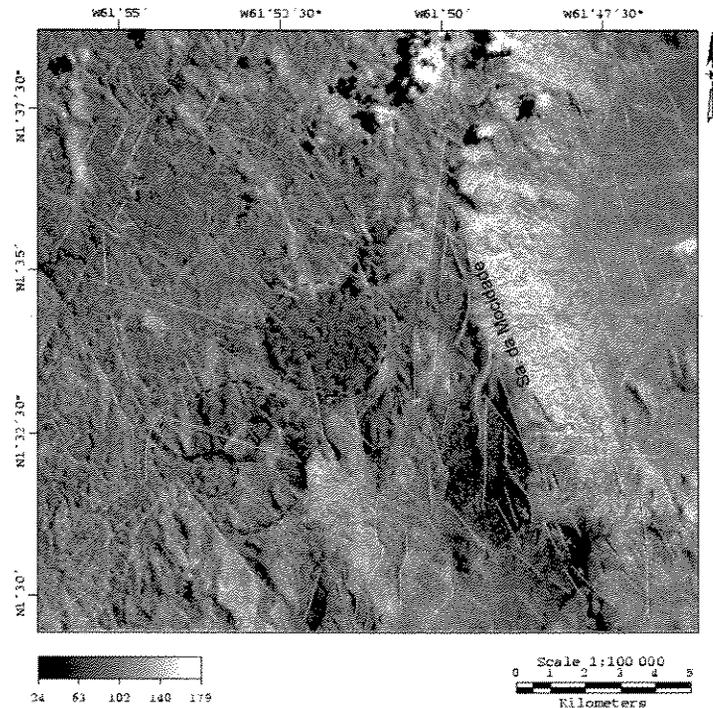


Figura 5.8 - Detalhe da Figura 5.2 (F), cena 232/59, que mostra a estrutura circular pouco deformada, possivelmente intrusivas básicas (vermelho), em meio as supracrustais Cauarane na região da serra da Mocidade.

De acordo com o diagrama de roseta (Figura 5.2), os *trends* preferenciais NE-SW associados ao Cinturão Guiana Central mostram que as estruturas desse cinturão possuem direção entre  $N40^{\circ}$ - $80^{\circ}$ E.

Além dos lineamentos acima descritos outros, secundariamente, também podem ser identificados na Figura 5.2, associados às direções E-W e N-S. Os de direção E-W cortam, basicamente, as direções NE-SW como pode ser observado na porção centro sul da área. Na Falha do Itã, a leste, estas feições são bem evidentes nos dados aeromagnéticos. Os *trends* N-S podem ser observados ao longo dos rios Branco e Barauana.

Essas estruturas, quando comparadas àquelas obtidas dos dados aerogeofísicos (lineamentos magnéticos e gamaespectrométricos) mostram correspondências significativas, cuja discussão será abordada no item 7.1. Porém, os principais lineamentos reconhecidos são compatíveis com os existentes nos mapas geológicos da região e novas estruturas foram reconhecidas como pode ser

observado nas Figuras 5.3, 5.5, 5.6 e 5.7.

## **5.2 Análise e interpretação do Modelo Digital de Elevação por interferometria da missão SRTM**

Quatro unidades de relevo são descritas para o estado de Roraima, segundo o IBGE (1991), denominadas de Planalto Amazonas-Orenoco com até 2.010 m de altitude, Planalto Residual da Amazônia Setentrional (até 800 m), Depressão da Amazônia Setentrional (até 200 m) e Planície Interiorana. Analisando os aspectos geomorfológicos e as unidades de relevo acima expostas, foi possível observar as seguintes correlações baseadas nos dados de interferometria da missão SRTM (Figura 5.9):

1) O Planalto Amazonas-Orenoco caracteriza-se por áreas elevadas com até 2.010 m de altura, e é representado por relevo tabular e montanhoso. Compreende as serras Surucucus, Parima, Urutanin, Tocobirem, Urutaiui, Uafaranda, Melo Nunes, Couto de Magalhães e Urucuzeiro, situadas no setor noroeste e oeste do Estado, e também algumas serras isoladas na porção centro-oriental (serras Apiaú, Mocidade, Pacu, Ipiranga, Mucajaí e Prata). Na porção sudoeste, este relevo compreende ainda o conjunto formado pelas serras Araçá, Gurupira e Gurupiri. E, na porção leste, compreende as serras Copa, Lua e Tracajá.

2) O Planalto Residual da Amazônia Setentrional tem dimensão pouco expressiva na região; corresponde aos maciços dissecados com altitude até 800 m. Localizado a leste da área, este relevo está representado pela serra Anauá.

3) A Depressão da Amazônia Setentrional corresponde ao relevo aplainado e dissecado cuja altitude não é superior a 200 m, localizada principalmente nas porções nordeste, central e sudeste da área.

4) A Planície Interiorana corresponde aos depósitos aluvionares na porção sul ao longo do rio Branco.

Essas unidades de relevo também podem ser observadas no Modelo Digital de Elevação (MDE), o qual possibilita a visualização das superfícies geomorfológicas de modo rápido e interativo.



## CAPITULO 6 – GEOCRONOLOGIA U-Pb e Sm-Nd e GEOQUÍMICA ISOTÓPICA Sm-Nd

### 6.1 Introdução

A época em que se formou o Cinturão Guiana Central ainda está por ser melhor definida. Gaudette *et al.* (1996) apresentaram idades U-Pb (TIMS) entre 1.943 Ma e 1.911 Ma, em gnaisses granitóides, associados a granulitos charnockíticos do Complexo Kanuku na Guiana. Entretanto, a melhor informação sobre a idade do metamorfismo desse cinturão foi obtida por Santos *in* CPRM (2004) a partir do método U-Pb (SHRIMP) em um augen gnaisse, que mostrou uma idade de  $1.879 \pm 4$  Ma para bordas recristalizadas em zircões ígneos de  $1.950 \pm 9$  Ma. Assim sendo, esses dados revelam um intervalo de pelo menos 60 Ma para a evolução metamórfica.

Os dados isotópicos de neodímio (Nd), disponíveis para o Cinturão Guiana Central, são limitados e se restringem aos trabalhos de Gaudette *et al.* (1996), Faria *et al.* (2002), Fraga (2002), Santos *et al.* (2003), Reis *et al.* (2003) e CPRM (2004).

Na tentativa de contribuir para o entendimento da evolução deste cinturão, foram efetuadas análises isotópicas de Nd e U-Pb com o objetivo de datar o metamorfismo no Cinturão Guiana Central e identificar diferentes domínios geológicos, tendo como base a assinatura isotópica das unidades previamente definidas na região.

### 6.2 Amostras analisadas

O acervo de dados geocronológicos e isotópicos disponíveis para a área inclui análises obtidas desde a década de 1970, a partir dos métodos Rb-Sr, U-Pb, K-Ar, Pb-Pb e U-Pb (SRHIMP). Porém, as idades modelo das unidades geológicas e a idade do metamorfismo que afetou esta região ainda não estão devidamente estabelecidas.

No mapeamento geológico foi possível reconhecer e coletar os litotipos internos e adjacentes ao Cinturão Guiana Central. Uma das questões fundamentais refere-se à

época em que se formou este cinturão. A presença de ortognaisses biotíticos e de granada micaxistos/gnaisses na região, com foliação coincidente com a orientação geral NE-SW do cinturão, permite levantar a hipótese de que esta área represente uma zona de colisão entre o Complexo Imataca, de idade arqueana ( $>2.8$  Ga, Hunley *et al.* 1968 *in* Gibbs & Barron 1993), a noroeste, e o arco magmático Anauá, a sudeste ( $2.028 \pm 9$  Ma, Faria *et al.* 2002). A única informação sobre a idade do metamorfismo no Cinturão Guiana Central, no estado de Roraima provém de Santos *in* CPRM (2004) e N.J. Reis (comunicação verbal), que obtiveram idade de  $1.879 \pm 4$  Ma (U-Pb SHRIMP) para bordas recristalizadas em zircões ígneos da Suíte Metamórfica Rio Urubu, datados de  $1.950 \pm 9$  Ma.

Com o intuito de estabelecer a idade do metamorfismo, foi analisada uma amostra de titanita metamórfica de um biotita ortognaisse (SC-203b), pelo método U-Pb, e duas amostras de granada de granada gnaiss (SC-61a e SC-58) pelo método Sm-Nd. Os dados analíticos encontram-se na Tabela 6.1a e b. Além destas análises, foram selecionadas 36 amostras representativas das diferentes unidades geológicas do Cinturão Guiana Central e áreas adjacentes, para a determinação de idades modelos em rocha total (Tabela 6.2). Os dados obtidos foram integrados e interpretados em conjunto com aqueles disponíveis na literatura.

Tabela 6.1a - Dados de U-Pb em titanita da Suíte Metamórfica Rio Urubu.

ação da amostra	Tam. (mg)	U (ppm)	Pb (ppm)	Th	Th/U	Pb206/ Pb204	Pb207*/ U235	(pct)	Pb206*/ U238	(pct)	Correl. Coef. (rho)	Pb207*/ Pb206*	(pct)	Pb206*/ U238 Age	Pb207*/ U235 Age	Pb207 Pb206 Age
C 203b																
	0,11	233	148,41	9,6	0,0413305	608,9882	5,5514	2,57	0,34253	2,57	0,99907	0,117543	0,111	1898,8	1908,6	1919,
	0,092	265,93	139,86	11,83	0,0444854	705,608	4,7358	0,271	0,292545	0,27	0,997018	0,117408	0,0209	1654,2	1773,6	1917,

Tabela 6.1b - Dados isotópicos Sm-Nd para duas amostras de granada gnaiss do Grupo Cauarane. Análise em granada (SC-61a gt e SC-58 gt) e rocha total (RT) (SC-61a e SC-58).

Amostra	Sm(ppm)	Nd(ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ $\pm 2\text{SE}$	$\epsilon(\text{o})$	$T_{\text{DM}}$ (Ga)
SC 61a (RT)	6,658	38,070	0,1057	0,511183+/-10	-28,38	2,62
SC 61a gt	3,317	11,216	0,1788	0,512102+/-06	-	-
SC 58 (RT)	4,694	27,874	0,1018	0,5112085+/-07	-26,39	2,39
SC 58 gt	9,407	46,008	0,1236	0,511559+/-06	-	-

Tabela 6.2- Resultados isotópicos de Sm-Nd obtidos para as seguintes unidades geológicas: PP<sub>ma</sub> - Complexo Metamórfico Anauá (SC-101); PP<sub>gc</sub> - Grupo Cauarane (SC-04, SC-37, SC-49 e SC-58), PP<sub>sipp</sub> - Suíte Intrusiva Pedra Pintada (SC-51, SC-67 e SC-222), PP<sub>siab</sub> - Suíte Intrusiva Água Branca (SC-97 e SC-215), PP<sub>smru</sub> - Suíte Metamórfica Rio Urubu (SC-01, SC-09, SC-14a, SC-89, SC-180b e SC-192), PP<sub>sisp</sub> - Suíte Intrusiva Serra da Prata (SC-33, SC-210 e SC-212), PP<sub>siia</sub> - Suíte Intrusiva Igarapé Azul (SC-104), PP<sub>gs</sub> - Grupo Surumu (SC-166, SC-83b, SC-50 e SC-46), PP<sub>sis</sub> - Suíte Intrusiva Saracura (SC-157); PP<sub>gi</sub> - Grupo Iricoumé (SC-90), PP<sub>sim</sub> - Suíte Intrusiva Mapuera (SC-95 e SC-19). Domínios litoestruturais: CGC-Cinturão Guiana Central, AJ-Anauá-Jatapu e U-Uraricoera. Os valores condriticos usados para normalização do  $\epsilon_{Nd}$  (T) foram de  $^{143}Nd/^{144}Nd=0,512638$  e  $^{147}Sm/^{144}Nd=0,1967$  de acordo com DePaolo (1981). A localização das amostras encontra-se no Anexo 5.

AMOSTRA	DOMÍNIO	ROCHA	UNIDADE	* IDADE (Ma)	Sm(ppm)	Nd(ppm)	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$^{143}Nd/^{144}Nd$ ( $\pm 1s$ )	$\epsilon_{Nd}(O)$	$\epsilon_{Nd}(T)$	$T_{DM}(Ga)$
SC-19	AJ	Granito	PP <sub>sim</sub>	1.872±24	15,245	97,301	0,0947	0,511353+/-05	-25,07	-0,56	2,15
SC-95	AJ	Horn-biot-granito	PP <sub>sim</sub>	1.872±24	8,545	45,350	0,1139	0,511556+/-6	-21,10	-1,88	2,26
SC-90	AJ	Riodacito	PP <sub>gi</sub>	1.893±2	4,332	27,85	0,094	0,511269+/-6	-26,71	-1,76	2,25
SC-46	U	Riodacito	PP <sub>gs</sub>	1.984±9	5,862	34,549	0,1026	0,511396+/-8	-24,23	-0,26	2,25
SC-50	U	Dacito	PP <sub>gs</sub>	1.984±9	7,6449	39,791	0,1162	0,511646+/-13	-19,35	1,16	2,17
SC-53b	U	Riodacito	PP <sub>gs</sub>	1.984±9	9,610	52,88	0,1099	0,511369+/-15	-24,76	-2,39	2,45
SC-83b	U	Riodacito	PP <sub>gs</sub>	1.984±9	6,76	32,133	0,1272	0,511818+/-11	-16	1,72	2,14
SC-166	U	Riodacito	PP <sub>gs</sub>	1.984±9	8,390	46,91	0,1081	0,511505+/-5	-22,10	0,72	2,21
SC-91	AJ	Biotita granito	PP <sub>siia</sub>	1938±37	3,233	24,851	0,0786	0,511136+/-9	-29,29	-2,06	2,14
SC-104	AJ	Biot-granodiorito	PP <sub>siia</sub>	1.938±37	6,034	34,214	0,1066	0,511384+/-7	-24,47	-2,05	2,35
SC-17a	AJ	Granito	PP <sub>siia</sub>	1.938±37	10,435	57,519	0,1097	0,511410+/-6	-23,95	-2,32	2,38
SC-33	CGC	Granito deformado	PP <sub>sisp</sub>	1.934±3	8,473	45,72	0,1110	0,511599+/-6	-20,26	0,77	2,15
SC-210	CGC	Biotita granulito máfico	PP <sub>sisp</sub>	1.934±3	8,164	31,716	0,1556	0,512160+/-5	-9,33	0,89	2,31
SC-212	CGC	Cpx. granodiorito	PP <sub>sisp</sub>	1.934±3	3,537	16,731	0,1278	0,511754+/-22	-17,24	-0,14	2,28
SC-01	CGC	Leucogranito	PP <sub>smru</sub>	1.938±8	8,435	58,3	0,0875	0,511253+/-10	-27,01	0,15	2,15
SC-09	CGC	Granito	PP <sub>smru</sub>	1.938±8	9,276	55,037	0,1019	0,511465+/-5	-22,89	0,71	2,14
SC-14a	CGC	Biotita granito	PP <sub>smru</sub>	1.938±8	2,443	9,382	0,1574	0,512252+/-24	-7,54	2,26	2,13
SC-14c	CGC	Horn-gabronorito	PP <sub>smru</sub>	1.938±8	2,523	9,604	0,1588	0,512219+/-11	-8,18	1,14	2,28
SC-40b	CGC	Biotita granito	PP <sub>smru</sub>	1.938±8	3,859	20,144	0,1158	0,511562+/-48	-20,99	-0,96	2,30
SC-89	CGC	Gnaiss	PP <sub>smru</sub>	1.938±8	6,281	40,67	0,0934	0,511229+/-9	-27,49	-1,79	2,29
SC-157	CGC	Leucogranito	PP <sub>smru</sub>	1.938±8	10,991	56,49	0,1176	0,511642+/-9	-19,42	0,57	2,21
SC-180b	CGC	Anfibolito	PP <sub>smru</sub>	1.938±8	10,62	63,04	0,1019	0,511451+/-6	-23,16	0,35	2,16
SC-192	CGC	Granito gnaiss	PP <sub>smru</sub>	1.938±8	5,923	34,88	0,1026	0,511441+/-39	-23,34	-0,02	2,19
SC-87b	AJ	Biot-granodiorito	PP <sub>siab</sub>	1.891±7	7,025	37,684	0,1127	0,511563+/-6	-20,98	-1,46	2,22
SC-97	AJ	Biotita granito	PP <sub>siab</sub>	1.891±7	2,878	19,484	0,0893	0,511233+/-6	-27,41	-2,04	2,21
SC-215	AJ	Biotita granito	PP <sub>siab</sub>	1.891±7	6,54	38,61	0,1024	0,511436+/-6	-23,44	-1,36	2,19
SC-51	U	Granito	PP <sub>sipp</sub>	1.958±11	6,905	38,236	0,1092	0,511511+/-6	-21,98	0,01	2,22
SC-67	U	Biotita granito	PP <sub>sipp</sub>	1.958±11	2,905	20,067	0,0875	0,511172+/-6	-28,60	-1,69	2,25
SC-222	U	Granito	PP <sub>sipp</sub>	1.958±11	7,383	42,06	0,1061	0,511455+/-10	-23,13	-0,94	2,24
SC-04	CGC	Gnaiss	PP <sub>gc</sub>	1.969±4	4,239	23,003	0,1114	0,511523+/-9	-21,75	-0,19	2,25
SC-37	CGC	Gnaiss	PP <sub>gc</sub>	1.969±4	8,53	47,385	0,1089	0,511457+/-6	-23,04	-0,84	2,3
SC-49	CGC	Paragnaisse	PP <sub>gc</sub>	1.969±4	6,065	34,825	0,1053	0,511305+/-6	-26	-2,91	2,43
SC-58	CGC	Granada gnaiss	PP <sub>gc</sub>	1.969±4	4,694	27,874	0,1018	0,511285+/-7	-26,39	-2,41	2,39
SC-61a	CGC	Granada gnaiss	PP <sub>gc</sub>	1.969±4	6,658	38,070	0,1057	0,511183+/-10	-28,38	-2,78	2,62
SC-170a	CGC	Biotita gnaiss	PP <sub>gc</sub>	1.969±4	2,860	14,225	0,1215	0,511674+/-9	-18,80	0,69	2,25
SC-101	AJ	Gnaiss	PP <sub>ma</sub>	2.028±9	6,079	48,328	0,076	0,510914+/-12	-33,64	-2,21	2,35

\* Referência das idades usadas para o cálculo do  $\epsilon_{Nd}(T)$ : PP<sub>ma</sub>=U-Pb SHRIMP (Faria *et al.* 2002), PP<sub>siab</sub>=U-Pb SHRIMP (Santos *in* Reis *et al.* 2003), PP<sub>gi</sub>=Pb-Pb (Macambira *et al.* 2002), PP<sub>sim</sub>=U-Pb SHRIMP (Santos *in* Reis *et al.* 2003), PP<sub>gs</sub>=U-Pb (Santos *et al.* 2003), PP<sub>siia</sub>=Pb-Pb (Almeida *et al.* 1997), PP<sub>sisp</sub>=Pb-Pb (Fraga 2002), PP<sub>smru</sub>=U-Pb SHRIMP (Santos *in* Reis *et al.* 2003), PP<sub>sipp</sub>=U-Pb SHRIMP (Santos *in* Reis *et al.* 2003), PP<sub>gc</sub>= U-Pb (Santos *in* Santos *et al.* 2003).

### 6.3 - Geocronologia U-Pb e Sm-Nd

Na tentativa de acrescentar novos dados, para colaborar com a interpretação e evolução do Cinturão Guiana Central, foram datadas duas amostras no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília utilizando os métodos U-Pb e Sm-Nd. Os minerais analisados pelo método U-Pb correspondem a frações de titanita metamórfica provenientes de um biotita ortognaisse (SC-203b) da Suíte Metamórfica Rio Urubu. Pelo método Sm-Nd foram analisadas granadas de dois granada gnaisse (SC-61a e SC-58) pertencentes ao Grupo Cauarane. O resultado U-Pb para o biotita ortognaisse é apresentado no diagrama de concórdia da Figura 6.1, onde foi obtido o valor de  $1.920 \pm 2$  Ma, enquanto os resultados Sm-Nd indicaram valores de  $1.910 \pm 150$  Ma, onde o erro dessa idade pode estar relacionado às inclusões microscópicas, geralmente de biotita, presentes na granada, (Anczkiewicz & Thirlwall 2003), não investigadas nesta pesquisa (Figura 6.2). A outra idade é  $1.910 \pm 45$  Ma, como mostrado no diagrama de isócrona Sm-Nd (Figuras 6.3). Esses valores não são compatíveis com o obtidos por Santos *in* CPRM (2004) e indicam uma idade mais antiga para o metamorfismo, ou ainda que esse evento tenha atuado em pulsos diferentes ao longo do Cinturão Guiana Central.

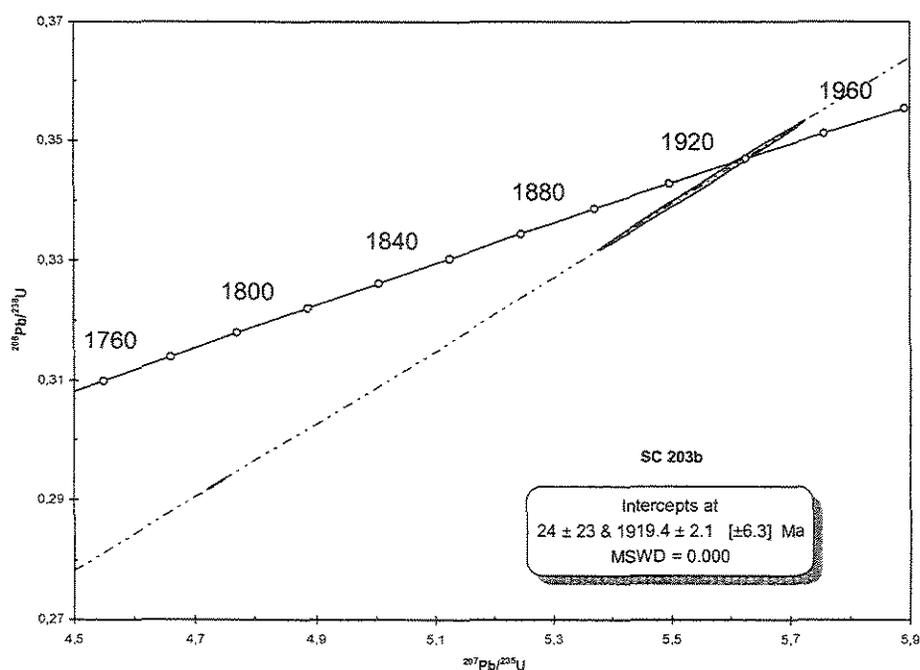


Figura 6.1 - Diagrama de concórdia mostrando os dados U-Pb obtidos para titanita de biotita ortognaisse da Suíte Metamórfica Rio Urubu.

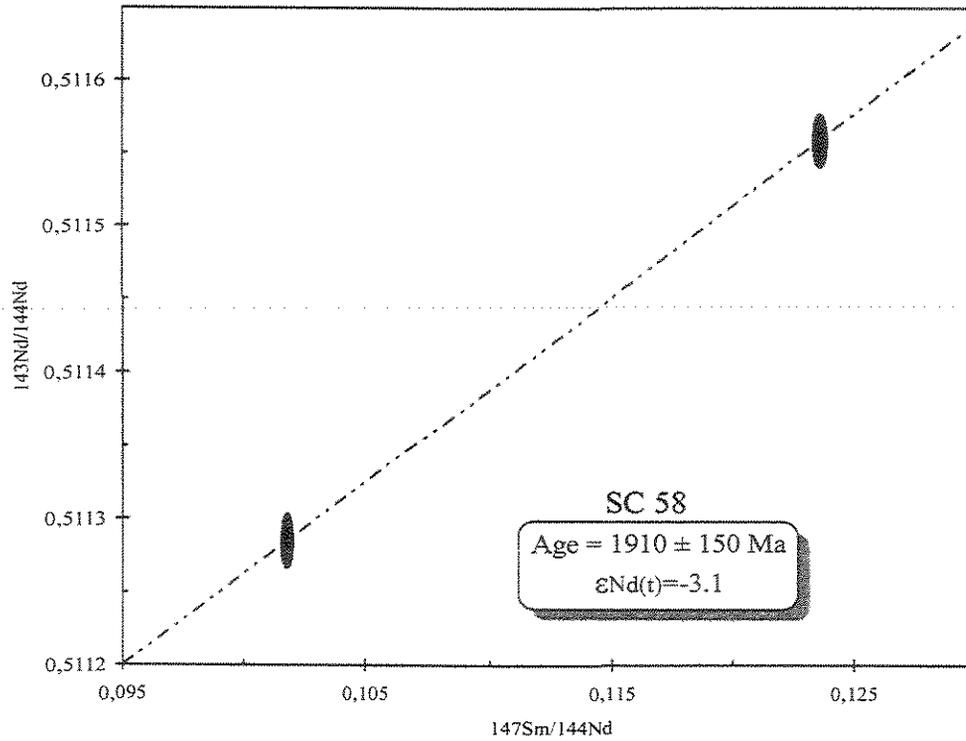


Figura 6.2 - Diagrama de isocróna Sm-Nd obtidos para granada (GR) e rocha total (RT) de granada gnaiss do Grupo Cauarane (amostra SC-58).

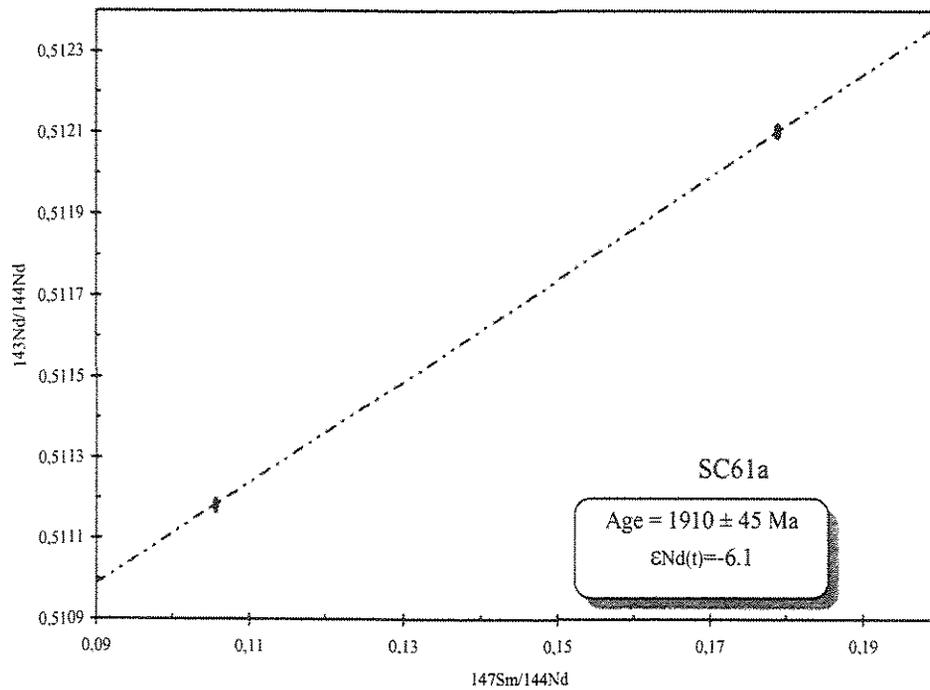


Figura 6.3 - Diagrama de isocróna Sm-Nd obtidos para granada (GR) e rocha total (RT) de granada gnaiss do Grupo Cauarane (amostra SC-61a).

#### 6.4 - Idades Modelos - Resultado e Discussão

O sistema isotópico Sm-Nd tem sido utilizado com sucesso para estudos regionais de evolução da crosta continental e também aplicado na avaliação do crescimento crustal e dos processos de retrabalhamento através do tempo geológico (DePaolo 1980, Harris *et al.* 1984, Harris 1996, Maboko & Nakamura 1996 e Henry *et al.* 2000). As informações teóricas sobre esse sistema podem ser encontradas nos trabalhos desenvolvidos por DePaolo (1980 e 1988), dentre outros.

O samário (Sm) e o neodímio (Nd) são elementos do grupo Terras Raras ou Lantanídeos. Pelo fato dos mesmos apresentarem números atômicos e raios iônicos muito próximos, e, também, íons positivos de mesma valência, tornam-se praticamente isoquímicos. Esses elementos são encontrados em vários minerais formadores de rochas, como, por exemplo, micas, plagioclásio, clinopiroxênio e granada e em minerais acessórios, como allanita, monazita, zircão e apatita. Desse modo, esses minerais são utilizados para datação de rochas antigas (Pimentel & Charnley 1991, Harris 1996).

No sistema Sm-Nd é adquirida a idade modelo que corresponde a uma medida do tempo transcorrido desde que a amostra foi originalmente extraída do manto para formar a crosta continental. Esse valor será igual à sua idade de colocação somente se a rocha for um produto simples de cristalização de um magma derivado do manto superior (Arndt & Goldstein 1987, Pimentel & Charnley 1991 e Harris 1996). No caso de uma fusão crustal, a idade modelo Nd fornecerá a época na qual a área fonte da rocha foi extraída do manto. Se a rocha for originada de fontes variadas, ou seja, não cogenéticas, sua idade modelo será a idade média ponderada da contribuição de cada fonte envolvida (Arndt & Goldstein 1987 e Henry *et al.* 2000).

Foram analisadas 36 amostras representativas de 10 unidades geológicas da área pesquisada (Anexo 5). As idades modelo e os parâmetros isotópicos, obtidos no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília, são apresentados na Tabela 6.2. A seguir serão discutidos os dados obtidos para cada uma das unidades geológicas analisadas, de acordo com os domínios litoestruturais definidos por Reis & Fraga (1998) e Reis *et al.* (2003) (Figura 2.4). Para auxiliar nas discussões desses

dados será levada em consideração a assinatura geoquímica disponível na literatura para a integração e interpretação dos resultados.

### **Domínio Anauá-Jatapu**

As amostras analisadas deste domínio estão localizadas na porção sudeste do Cinturão Guiana Central e correspondem às unidades Complexo Metamórfico Anauá (PPcma), às suítes intrusivas Igarapé Azul (PPsiia), Água Branca (PPsiab) e Mapuera (PPsim) e às vulcânicas do Grupo Iricoumé (PPgi) (Anexo 5).

Segundo Faria *et al.* (2002), o Complexo Metamórfico Anauá (PPcma) é considerado a unidade mais antiga da região estudada, com idade de  $2.028 \pm 9$  Ma (U-Pb SHRIMP),  $T_{DM}$  de 2.31 Ga e  $\epsilon_{Nd(T)}$  igual a -0.02. Para a amostra analisada desse domínio, foi obtido o valor de  $T_{DM}$  de 2.35 Ga com  $\epsilon_{Nd(T)}$  igual a -2.21 para um gnaíse (SC-101). De acordo com o diagrama de evolução isotópica  $\epsilon_{Nd}$  versus o tempo geológico (Figura 6.4), nota-se que essa unidade geológica é, provavelmente, originada de uma fonte mantélica diferente das demais unidades do domínio Anauá-Jatapu. Esses valores são compatíveis com os obtidos por Faria *et al.* (2002), que propuseram um ambiente de arco magmático com derivação mantélica e pouca ou nenhuma contaminação crustal.

Para a Suíte Intrusiva Igarapé Azul (PPsiia) foram analisadas duas amostras de biotita granito (SC-91 e SC-104) e uma em um granito (SC-17a). Para essas rochas foram encontrados valores de  $T_{DM}$  que variam de 2.38 Ga a 2.14 Ga, com  $\epsilon_{Nd(T)}$  entre -2.32 e -2.05. Almeida *et al.* (1997) obtiveram a idade de  $1.938 \pm 37$  Ma (Pb-Pb) para essa unidade. A assinatura geoquímica mostra que os granitóides dessa suíte têm caráter peraluminoso e sin-colisional (CPRM 2000). Esses dados, aliados a  $\epsilon_{Nd(T)}$  negativo, indicam, provavelmente, origem a partir da fusão de crosta continental pré-existente.

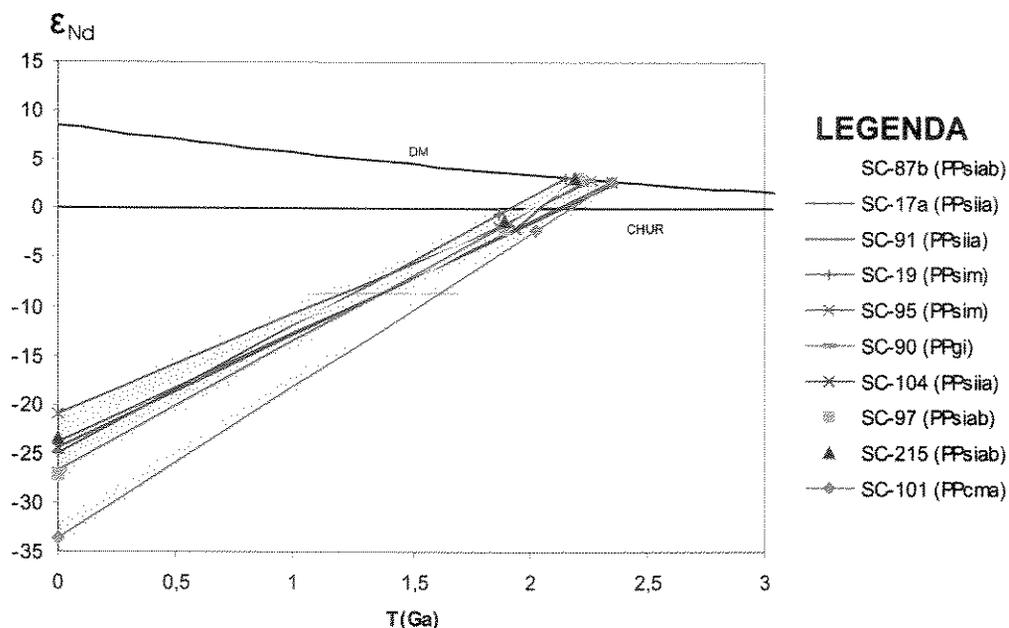


Figura 6.4 - Diagrama de evolução isotópica  $\epsilon_{Nd}$  versus tempo geológico T (Ga) para o domínio Anauá-Jatapu. As siglas da legenda correspondem as seguintes unidades: Complexo Metamórfico Anauá (PPcma), suítes intrusivas Igarapé Azul (PPsia), Água Branca (PPsiab) e Mapuera (PPsim) e Grupo Iricoume (PPgi). Campos hachurados destacam as amostras com evolução diferentes.

Para o Grupo Iricoumé (PPgi) foi realizada apenas uma análise em riodacito (SC-90). A análise isotópica obtida mostrou um valor de  $T_{DM}$  igual a 2.25 Ga e  $\epsilon_{Nd(T)}$  - 1.76. As idades do vulcanismo Iricoumé têm sido estabelecidas em  $1.893 \pm 2$  Ma, com características geoquímicas calcialcalina e  $T_{DM}$  entre 2.13 e 2.54 (CPRM 2000 e 2004). Observando o gráfico da Figura 6.5, pode-se considerar que essa unidade provavelmente tem origem da mesma fonte crustal que originou as suítes intrusivas desse domínio litoestrutural.

As idades obtidas da Suíte Intrusiva Água Branca (PPsiab) correspondem a uma amostra de biotita granodiorito (SC-87b) e duas de biotita granito (SC-97 e SC-215). Os valores mostram  $T_{DM}$  que variam entre 2.22 Ga e 2.19 Ga com  $\epsilon_{Nd(T)}$  negativos de -2.04 a -1.36, similares aos demais dados das suítes desse domínio. Esses valores indicam uma residência crustal bem mais antiga que a idade de cristalização  $1.891 \pm 7$  Ma, estabelecida por Santos *in* Reis *et al.* (2003), para essa unidade. De acordo com a CPRM (2000 e 2004) as rochas provenientes dessa suíte

apresentam características tectônicas de uma fase pós-colisional com  $T_{DM}$  de 2.31 Ga a 2.21 Ga.

Duas amostras, uma de granito (SC-19) e outra de hornblenda-biotita-granito (SC-95) foram analisadas para a Suíte Intrusiva Mapuera (PPsim). Os resultados de  $T_{DM}$  obtidos são de 2.15 e 2.26 e  $\epsilon_{Nd(T)}$  -0.56 e -1.88. Esses dados também apresentam as mesmas características das demais suítes intrusivas, ou seja, originados a partir da fusão da crosta continental. De acordo com Santos *in* Reis *et al.* (2003), essa unidade tem idade de  $1.872 \pm 24$  Ma e, segundo a CPRM (2000), estes são anorogênicos e de caráter extensional.

Apesar da diferença que existe entre a idade de cristalização das suítes intrusivas Igarapé Azul, Água Branca e Mapuera e do Grupo Iricoumé, as idades modelos obtidas para essas unidades sugerem fusão parcial da crosta, semelhantes para essas quatro unidades (Figura 6.4) intrudidas nas rochas do Complexo Metamórfico Anauá.

### **Domínio Cinturão Guiana Central**

As amostras analisadas deste domínio estão localizadas no Cinturão Guiana Central e incluem as unidades supracrustais do Grupo Cauarane (PPgc), as rochas da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru) e os charnockitos da Suíte Intrusiva Serra da Prata (PPsisp) (Anexo 5).

O material analisado do Grupo Cauarane (PPgc) compreende duas amostras de gnaisses (SC-04 e SC-37) e três de paragneisses (SC-49, SC-58, SC-61a e SC-170a). Os valores de  $T_{DM}$  variam de 2.62 Ga a 2.25 Ga, com  $\epsilon_{Nd(T)}$  entre -2.91 e -0.19, com um único valor positivo igual a +0.69 (SC-170a) para um paragneisse, localizado próximo à fronteira com a Guiana (Anexo 5). Esses dados indicam um amplo espectro de idades modelo variando de arqueanas a paleoproterozóicas. Segundo a CPRM (1999), o Grupo Cauarane registra a intensa deformação e metamorfismo que estão associados à colisão transamazônica, onde foi promovida a agregação de núcleos antigos e/ou arcos magmáticos recém implantados na constituição do continente no final do Paleoproterozóico. Isso ocorreu ainda no Ciclo

Transamazônico, tendo em vista a idade de  $1.969 \pm 4$  Ma, determinada por Santos *in* Santos *et al.* (2003) para este grupo.

Os valores de idades modelo mais antigos e a predominância de  $\epsilon_{Nd(T)}$  negativos sugerem que os protólitos das supracrustais Cauarane são provenientes da erosão de uma área-fonte composta por litotipos mais antigos, provavelmente representados por uma crosta paleoproterozóica ou até mesmo arqueana.

As rochas analisadas da Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru) foram duas amostras de biotita granito (SC-14a e SC-40b), dois leucogranitos (SC-01 e SC-157), um granito (SC-09), um hornblenda gabronorito (SC-14c), um gnaiss (SC-89), um anfibolito (SC-180b) e um granito gnaiss (SC-192), distribuídas ao longo do Cinturão Guiana Central conforme o Anexo 5. As idades da Suíte Metamórfica Rio Urubu têm sido estabelecidas em  $1.938 \pm 8$  Ma por Santos *in* Reis *et al.* (2003), e a característica geoquímica dessa unidade é do tipo calcialcalina (CPRM 2000). Os valores de  $T_{DM}$  determinados são da ordem de 2.30 Ga a 2.13 Ga, com  $\epsilon_{Nd(T)}$  predominantemente positivos de +2.26 a +0.35 para seis amostras, e, secundariamente, negativos -1.79 e -0.02 para três amostras (SC-192, 89 e 40b) (Tabela 6.2). Os valores de  $\epsilon_{Nd(T)}$  positivos refletem, provavelmente, fontes mantélicas juvenis, enquanto que os valores negativos são reflexos de contaminação crustal ou de fusão da crosta mais antiga.

As idades modelo obtidas para a Suíte Intrusiva Serra da Prata (PPsisp), correspondem as amostras de um metagranito (SC-33), um granito (SC-210) e um biotita granito (SC-212). Segundo Fraga (2002) essa suíte é predominantemente anorogênica e apresenta idade modelo Nd de 2.18 Ga com  $\epsilon_{Nd(T)}$  de -3.15, interpretada como reflexo de fonte juvenil transamazônica com pequena residência crustal. Os dados aqui obtidos apontam valores de  $T_{DM}$  que variam entre 2.31 Ga e 2.15 Ga com  $\epsilon_{Nd(T)}$  entre -0.14 e +0.89. Mediante esses dados, a origem dessa unidade é compatível com a interpretação de Fraga (2002), porém com contribuição de fontes mais novas.

Analisando o gráfico da Figura 6.5, nota-se que apenas duas amostras da Suíte Metamórfica Rio Urubu (SC-14a e SC-14c) e uma da Suíte Intrusiva Serra da Prata (SC-210) indicam histórias de evolução diferentes dos demais litotipos desse

domínio. Porém, as idades modelo obtidas para essas três amostras demonstram um intervalo de tempo considerável entre si tratando-se de fusão de fontes de idades diferentes, como referido anteriormente.

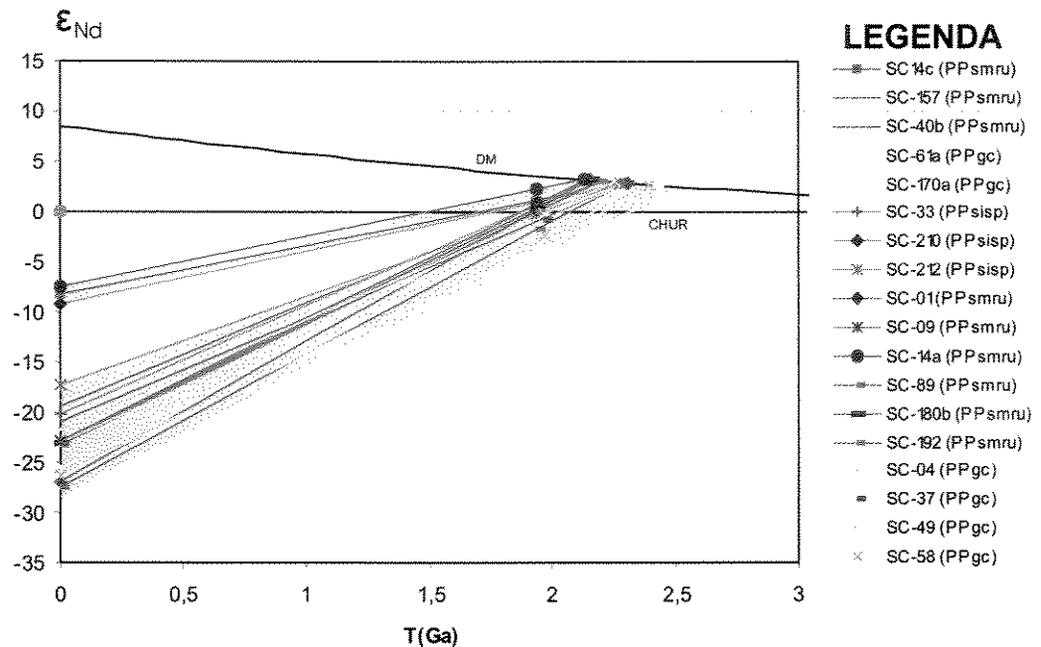


Figura 6.5 - Diagrama de evolução isotópica  $\epsilon_{Nd}$  versus tempo geológico T (Ga) para o domínio Cinturão Guiana Central. As siglas da legenda correspondem as seguintes unidades: Grupo Cauarane (PPgc), Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru) e Suíte Intrusiva Serra da Prata (PPsisp). Campos hachurados destacam as amostras com evolução diferenciada.

### Domínio Uraricoera

As amostras analisadas deste domínio estão localizadas na porção norte do Cinturão Guiana Central e incluem as rochas vulcânicas do Grupo Surumu (PPgs) e os granitos da Suíte Intrusiva Pedra Pintada (PPsipp) (Anexo 5).

As rochas do Grupo Surumu (PPgs) correspondem a um dacito (SC-50) e a quatro riodacitos (SC-46, SC-53b, SC-83b e SC-166). Os valores de  $T_{DM}$  determinados variam de 2.45 Ga a 2.17 Ga, com  $\epsilon_{Nd(T)}$  entre +1.72 e -2.39, obtidos a partir da idade determinada por Santos *et al.* (2003) de  $1.984 \pm 9$  Ma. Esses valores combinados com a assinatura calcialcalina (Reis *et al.* 2000) indicam que as rochas vulcânicas tiveram origem num arco magmático.

Os litotipos analisados da Suíte Intrusiva Pedra Pintada (PPsipp) compreendem duas amostras de granitos (SC-51 e SC-222) e um biotita granito (SC-

67). Os valores de  $T_{DM}$  variam de 2.25 Ga a 2.22 Ga, com  $\epsilon_{Nd(T)}$  entre +0.01 e -1.69, obtidos a partir da idade de  $1.958 \pm 9$  Ma determinada por Santos *in Reis et al.* (2003). Esses dados são compatíveis com os dados obtidos para o Grupo Surumu (Figura 6.6), onde se pode observar que os mesmos encontram-se plotados em um intervalo de tempo bastante similar. Isso provavelmente indica fontes cogenéticas para as rochas do Grupo Surumu e Pedra Pintada, cuja análise é coerente com a assinatura geoquímica calcialcalina reportada por Fraga *et al.* (1997c) e com idades em zircões, considerando-se os erros.

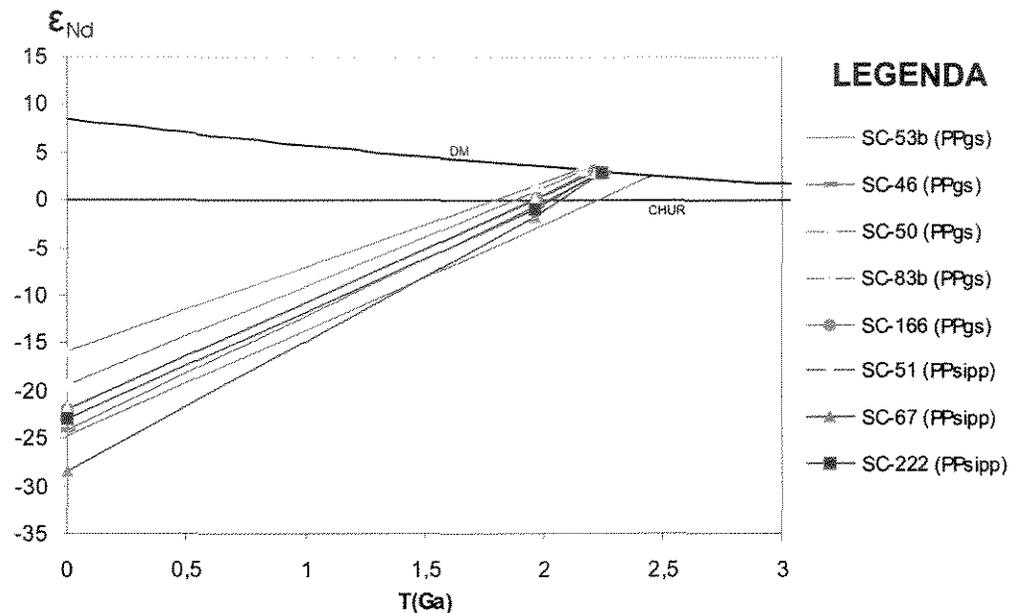


Figura 6.6 - Diagrama de evolução isotópica  $\epsilon_{Nd}$  versus tempo geológico T (Ga) para o domínio Uraricoera. As siglas da legenda correspondem as seguintes unidades: Grupo Surumu (PPgs), Suíte Intrusiva Pedra Pintada (PPsipp).

## **CAPÍTULO 7 - INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS**

Para a interpretação em conjunto dos produtos gerados foi efetuada a integração de 4 bandas, sendo a imagem ternária (RGB e CMY) dos três canais radiométricos (K, U, Th) e o canal de amplitude do sinal analítico e, posteriormente, à imagem obtida aplicou-se a classificação não supervisionada. Outras integrações, cujos resultados também se apresentaram satisfatórios, foram obtidas utilizando os dados gamaespectrométricos e magnéticos, tanto com as bandas 4 e 5 do Landsat - 5/TM, como com o MDE da missão SRTM. Com os resultados obtidos, foi possível fazer correlação das unidades geológicas conhecidas e sugerir novos contatos para a área pesquisada (Anexo 6). Vale ressaltar que o Anexo 2 deve ser sobreposto às Figuras 7.1 e 4.24 para visualização da geologia.

### **Grupo Cauarane (PPgc)**

Os paragnaisses do Grupo Cauarane apresentam valores radiométricos variados. Os corpos localizados na serra da Mocidade mostram alto teor de tório e não apresentam correlação com nenhum outro corpo desse Grupo. Porém, aqueles mapeados próximos ao rio Uraricoera e a sul do hemigraben do Tacutu, são similares e apresentam alto teor de tório e potássio e baixo urânio (Figura 4.24). Desse modo, os limites desses corpos não são bem definidos; ocorre ainda variação no conteúdo de potássio, como pode ser observado no corpo que se encontra na margem direita do rio Uraricoera, dificultando a correlação direta das respostas radiométricas com as rochas (Figura 7.2a e Anexo 6). O comportamento magnético desse litotipo é predominantemente baixo, como esperado para paragnaisses. Porém, algumas anomalias intermediárias mostram o reflexo da variação litológica. Os valores altos também podem ser observados em várias áreas como foi observado na serra da Mocidade.

A outra faciologia envolvida no Grupo Cauarane, correspondente aos metacherts, destaca-se por valores médios a altos de potássio, cuja amplitude magnética elevada em função da presença de ferro e magnetita na sua composição. Desse modo, pode-se dizer que, devido à diferença faciológica existente nesse

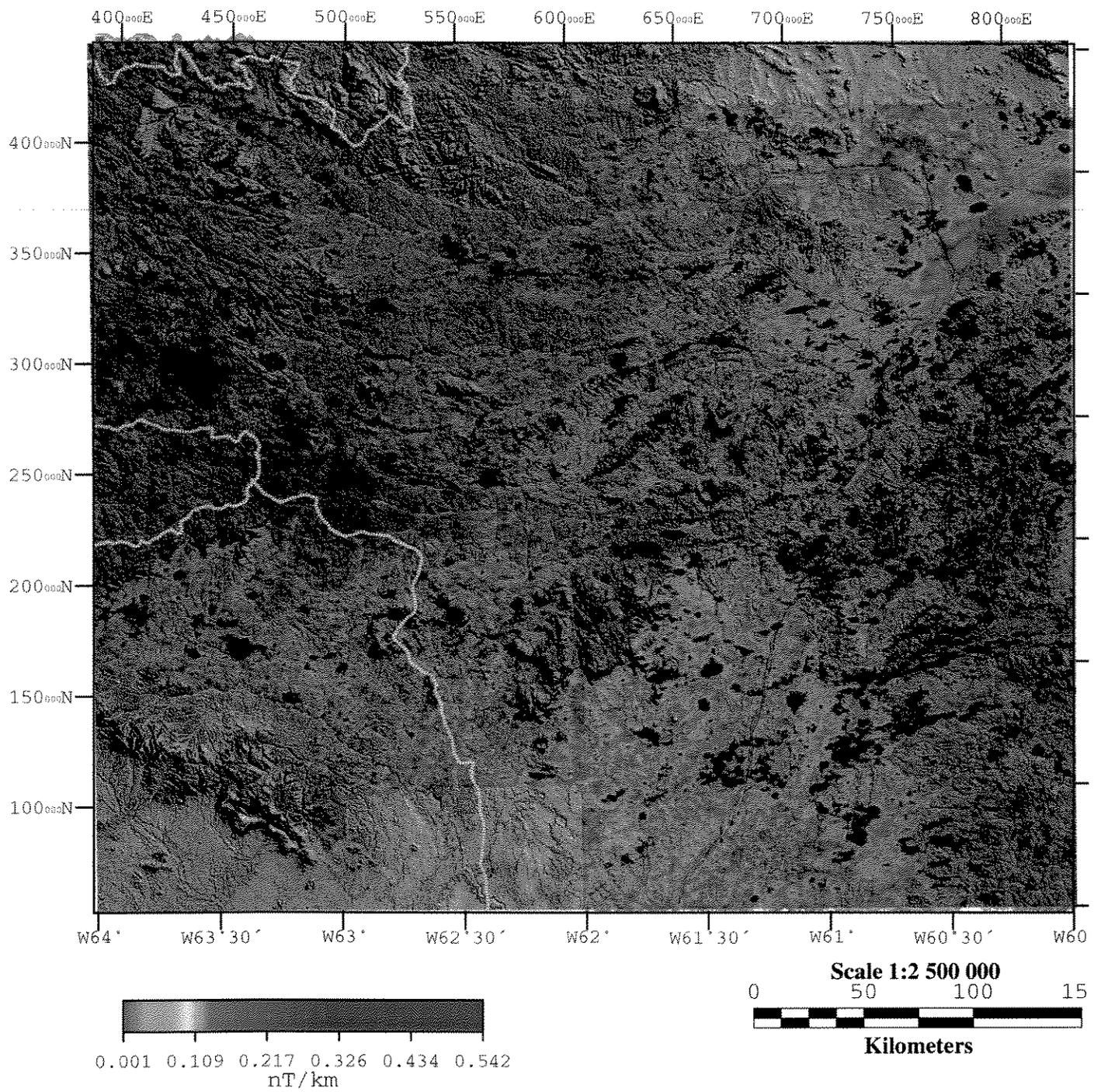
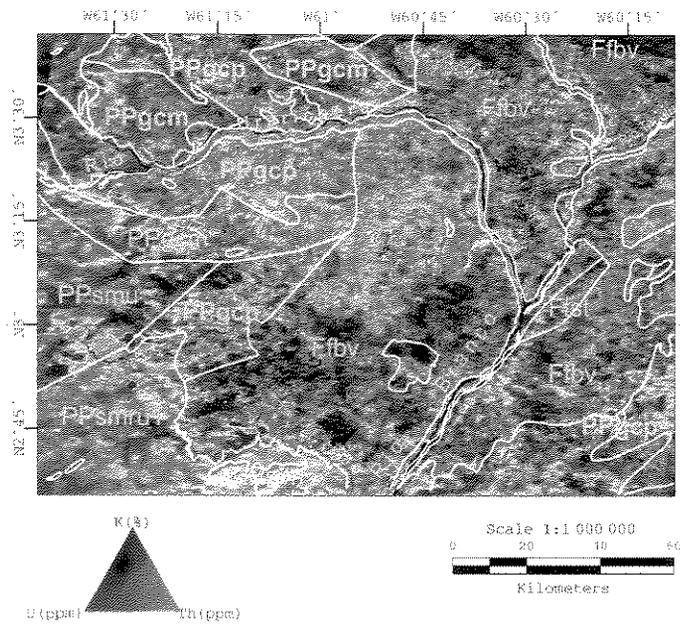
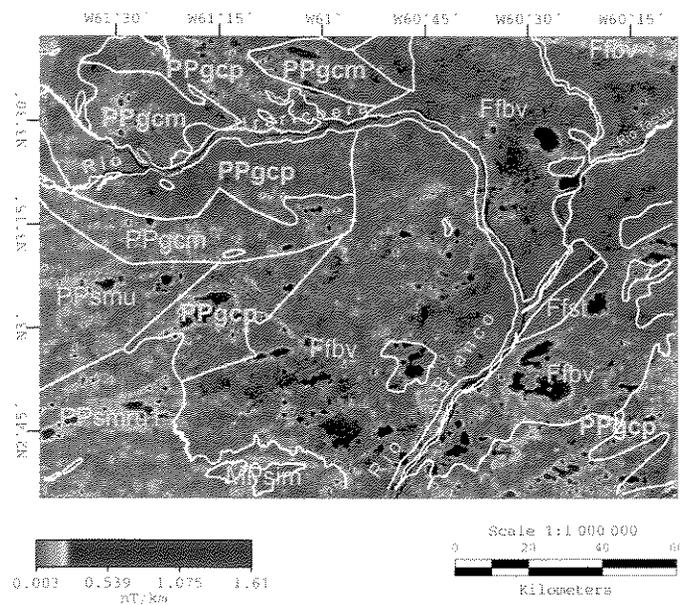


Figura 7.1 - Amplitude do sinal analítico integrado ao MDE da missão SRTM.



a



b

Figura 7.2 - Integração da banda 4, cena 232/58, com a imagem ternária RGB-KThU (a) e amplitude do sinal analítico (b) do Grupo Cauarane. As siglas significam: Ffbv-Formação Boa Vista, Ffst-Formação Serra do Tucano, PPsmtu-Suíte Metamórfica Uraricoera, PPgc-Grupo Cauarane-metacherts e p-paragnaisse.

Grupo, o limite gamaespectrométrico e magnético não é visivelmente correlacionado com os contatos estabelecidos pelos mapas geológicos existentes (Figura 7.2b e Anexo 6).

A predominância de paragnaisses ou metacherts não está bem delimitada de acordo com os dados aerogeofísicos, pois em áreas onde foi estabelecido como de paragnaisse, também devem ocorrer metacherts ou, ainda, granitos da Suíte Intrusiva Pedra Pintada, localizados a norte dessa área.

De acordo com Dickson & Scott (1997) a resposta gamaespectrométrica para as rochas paraderivadas, em geral, apresentam baixo conteúdo de radioelementos. No entanto, podem ocorrer algumas variações dependendo da composição da rocha fonte, pois o metamorfismo não afeta o conteúdo dos radioelementos.

### **Suíte Metamórfica Parima (PPsmp)**

Esta unidade é constituída por xistos, quartzitos e enclaves de anfibolitos e metapiroxenitos. Ocorre na porção oeste com formato alongado na direção NW-SE. A assinatura gamaespectrométrica indica que esta unidade é bem definida por apresentar alto conteúdo de tório e médio de urânio, tons verde e ciano (Figura 7.3a e Anexo 6). O limite norte, entre esta unidade e a Suíte Metamórfica Urariqüera (PPsmu), é bem marcado pelo contraste entre o tório e os teores variados de urânio e potássio que são observados na unidade Uraricoera. Este limite é retilíneo e, provavelmente, está associado a um contato tectônico. A sul, o contato entre esta unidade e o Complexo Cauaburi (PPcc) tem forma irregular e apresenta valor intermediário de urânio e potássio em tons magenta e azul (Figura 7.3a e Anexo 6).

A amplitude magnética dessa unidade é baixa e o limite pode ser facilmente reconhecido tanto a norte quanto a sul. Esses dados são concordantes com as informações gamaespectrométricas (Figura 7.3b e Anexo 6).

De acordo com o mapa geológico proposto por Reis *et al.* (2003) a Suíte Parima estende-se mais a norte, até a serra do Uafaranda, enquanto que a sul está em contato com um conjunto de granitóides que ocorrem na Venezuela, e no estado do Amazonas, com o Complexo Cauaburi (PPcc). Porém, verificou-se que esses contatos definidos no mapa geológico não correspondem às respostas dos dados aerogeofísicos analisados. Isto se torna mais visível a partir da integração da

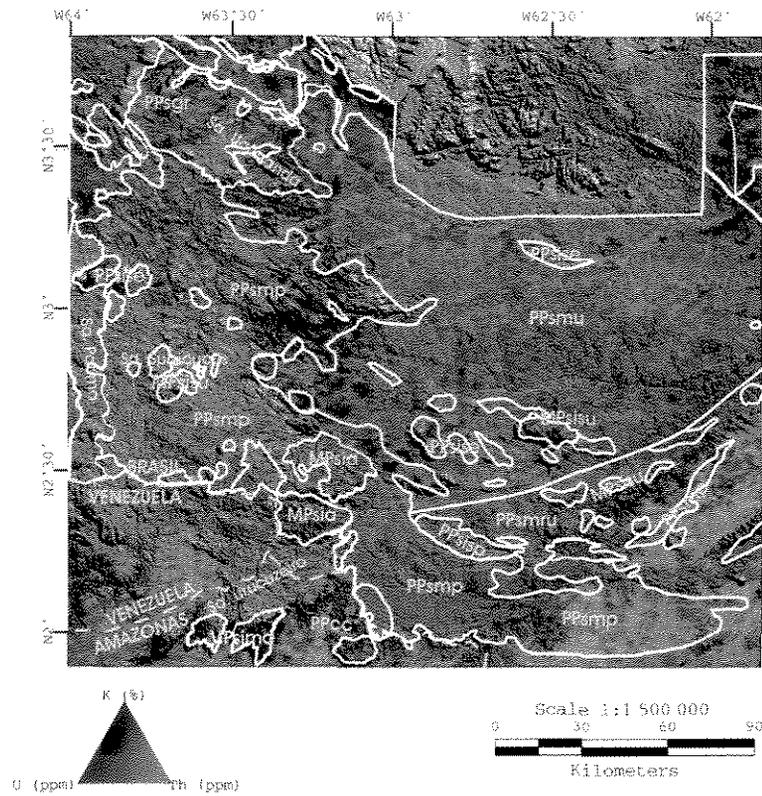


Figura 7.3a - Imagem ternária RGB-KThU integrado ao MDE da missão SRTM e unidades geológicas de Reis *et al.* (2003). Onde: PPsmP-Suíte Metamórfica Parima, PPsmru-Suíte Metamórfica Rio Urubu, PPsisP-Suíte Intrusiva Serra da Prata, PPsmse-Suíte Máfica Serra da Estrutura, MPsima-Suíte Intrusiva Marauia, MPsis-Suíte Intrusiva Surucucus, MPsia-Suíte Intrusiva Auaris e PPcc-Complexo Cauaburi.

imagem ternária com a amplitude do sinal analítico. Desse modo, pode-se sugerir novos contatos geofísicos para essa unidade, caracterizados por 11 domínios correlacionáveis, ou não, com as unidades geológicas conhecidas (Figura 7.3c e Tabela 7.1).

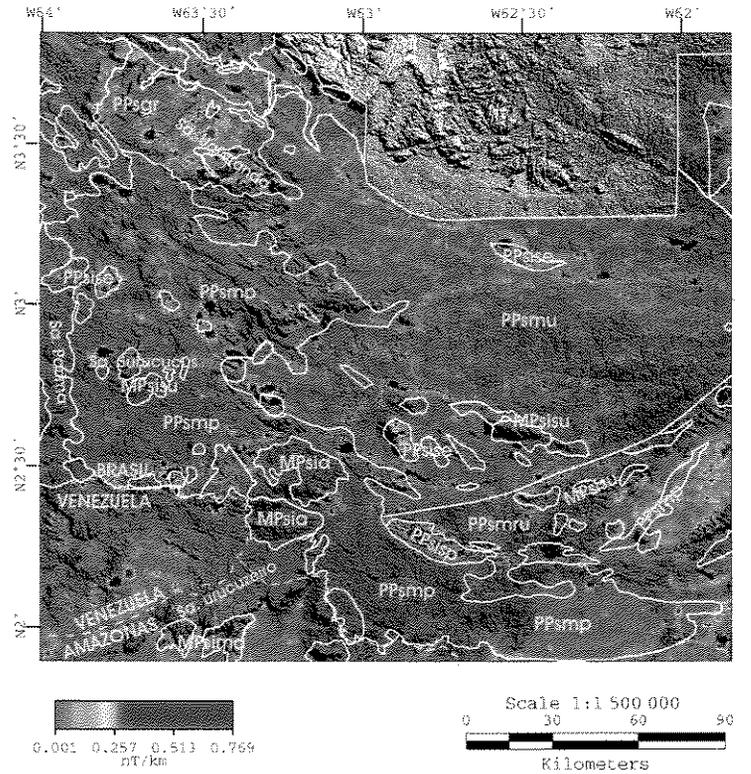


Figura 7.3b - Imagem da amplitude do sinal analítico integrado ao MDE da missão SRTM e unidades geológicas de Reis *et al.* (2003).

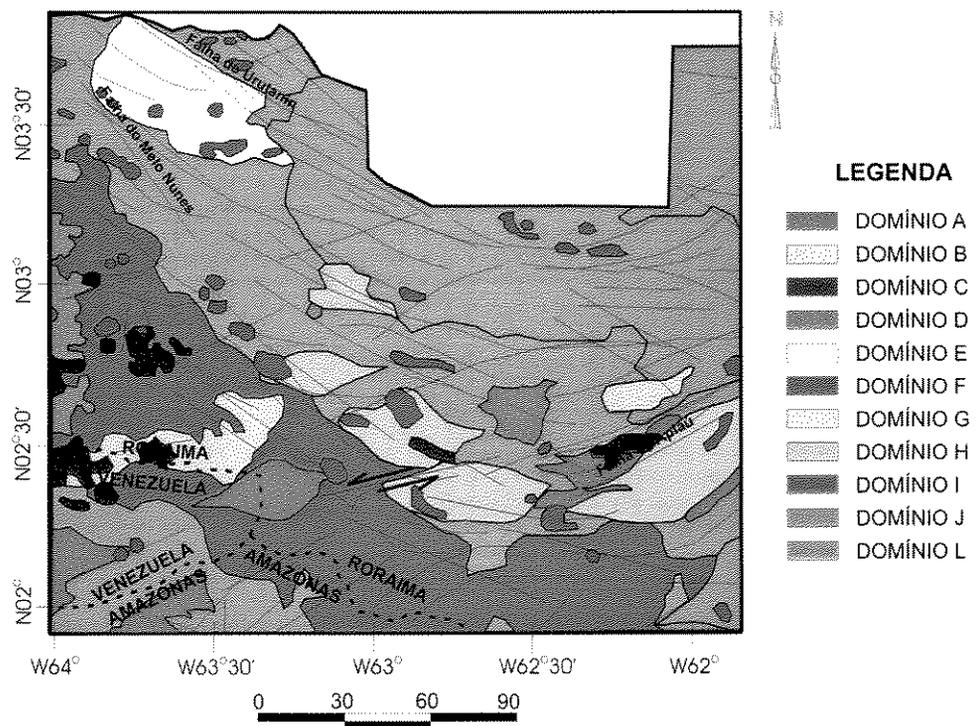


Figura 7.3c - Imagem dos domínios geofísicos e imagens de satélite.

Tabela 7.1- Características gerais dos 11 domínios geofísicos definidos para a região Parima e Uraricoera. Os valores de cada domínio foram determinados como: A-alto, I-intermediário e B-baixo.

DOMÍNIO	CANAIS			SINAL ANALÍTICO	CORRELAÇÃO UNIDADE GEOLÓGICA
	Th	U	K		
A	B	A	A	I	Não correlacionável
B	I	B	B	B	Não correlacionável
C	A	A	A	B	Suíte Intrusiva Surucucus-tipo 1
D	A	B	A	B	Suíte Intrusiva Surucucus-tipo 2
E	B	I	I	I	Supergrupo Roraima
F	B	B	B	A	Suíte Máfica Serra da Estrutura
G	A	A	I	I	Não correlacionável
H	I	B	B	I	Não correlacionável
I	A	I	I	B	Suíte Metamórfica Parima
J	A	A	B	I	Suíte Metamórfica Uraricoera-tipo1
L	A	B	B	I	Suíte Metamórfica Uraricoera-tipo2

### Suíte Metamórfica Uraricoera (PPsmu)

A Suíte Metamórfica Uraricoera é constituída por vários tipos litológicos que variam da fácies xisto-verde a granulito, tais como granitóides, quartzo dioritos, dioritos, trondhjemitos e tonalitos, anfibólitos, biotita gnaisses; biotita-hornblenda gnaisses, esfero-biotita gnaisses; biotita-muscovita gnaisses; piroxênio-anfibólio gnaisses; paragnaisses, gnaisses kinzigíticos e migmatitos. De acordo com o limite geológico, esta unidade compreende uma área com forma curva na porção norte, que está em contato com as suítes metamórficas Parima e Rio Urubu.

Devido à grande diversidade litológica, essa unidade apresenta respostas gamaespectrométricas variadas. Na porção central, observa-se alto conteúdo de tório e urânio que está representado em verde e azul, mas predomina baixa contribuição de radioelementos (em preto) nas porções nordeste, sudoeste e sul (Figura 7.3a e Anexo 6). A oeste, abaixo da Serra do Uafaranda, prevalece a cor magenta indicando alto conteúdo de potássio, similar à resposta gamaespectrométrica das rochas sedimentares do Supergrupo Roraima (Figura 7.3a e Anexo 6).

Considerando que nessa unidade as rochas gnáissicas são predominantes, a resposta gamaespectrométrica deve realmente realçar a maior quantidade de tório (Dikson & Scott 1997). Entretanto, os corpos que apresentam tons pretos podem estar associados às rochas máficas que ocorrem nessa região, como por exemplo, a Suíte

Máfica Serra da Estrutura (Figura 7.3a e Anexo 6). A contribuição do urânio observada nesse setor pode ser decorrente de material intemperizado ou de coberturas sedimentares modernas.

Os contatos geológicos conhecidos entre as suítes metamórficas Parima e Rio Urubu não coincidem com os limites radiométricos, como pode ser observado na Figura 7.3a. Logo, pode-se sugerir novos contatos entre essas unidades (Figura 7.3c).

A amplitude magnética dessa unidade é variada apresentando anomalias com valores baixos, intermediários e altos. As altas amplitudes compreendem pequenos corpos alongados envolvidos por zonas de baixa anomalia. A geometria geral desta suíte mostra um corpo alongado NW-SE que se encurva, na porção central, para NE-SW. Tal característica pode ser indicativa da deformação tectônica decorrente do Cinturão Guiana Central (Figura 7.3a e Anexo 6). Os contatos geológicos dessa unidade possivelmente são tectônicos, pois, compreendem feições retilíneas e curvilíneas, tanto na resposta gamaespectrométrica quanto magnética, como pode ser observado nas Figuras 7.3a e b e Anexo 6.

#### **Suíte Metamórfica Rio Urubu (PPsmru)**

Esta unidade é constituída por biotita gnaisses e biotita-hornblenda gnaisses, com subordinados leucognaisses e hiperstênio gnaisses. Na área delimitada como pertencente a esta suíte, as características gamaespectrométricas mostram respostas distintas. Na porção central, o predomínio de altos teores de tório e urânio aparecem em verde e ciano, provavelmente associados às rochas ortognáissicas, comuns nessa unidade (Figura 7.4 e Anexo 6).

Na porção leste, à direita do rio Branco, a resposta radiométrica é similar à do setor central. Essa resposta está relacionada aos ortognaisses e augen gnaisses. Na parte sul da serra da Lua, a delimitação do corpo definido como augen gnaiss é representado, principalmente, por alto teor de tório e urânio. De acordo com as características radiométricas essa delimitação pode ser ampliada, correspondendo a um corpo bem maior do que aquele mapeado pela CPRM (2000) (Figura 4.24). O corpo granulítico apresenta alto teor de potássio e urânio e baixo tório, representado

pela cor ciano e verde que delimita uma área alongada. Essa delimitação é parcialmente coincidente com aquela descrita no mapa geológico (Figura 4.24).

No geral, a característica magnética dessa unidade é variada, apresentando uma maior concentração de amplitudes altas no setor centro leste, em relação ao setor sudoeste. Devido à composição fica difícil a separação dos litotipos desta unidade. Entretanto, pode-se notar o alongamento de algumas anomalias magnéticas segundo a orientação geral do Cinturão Guiana Central. O contato dessa unidade com a Suíte Metamórfica Uraricoera, na porção norte, é representado por um lineamento magnético NE-SW (Figura 7.1 e Anexo 6).

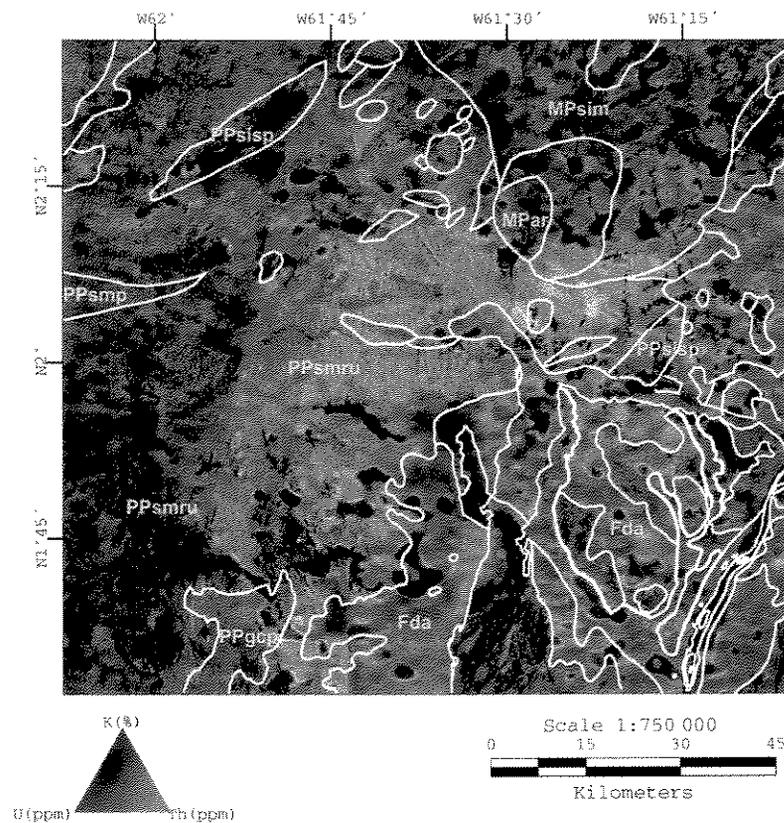


Figura 7.4 - Imagem ternária RGB-KThU integrado à banda 4 das cenas 232/59 e 233/59 e unidades geológicas de Reis *et al.* (2003). As siglas significam: PPsmp-Suíte Metamórfica Parima, PPsrmu-Suíte Metamórfica Rio Urubu, PPsisp-Suíte Intrusiva Serra da Prata, MPsim-Suíte Intrusiva Mucajaí, MPar-Anortosito Repartimento e Fda-Depósitos aluvionares.

### **Granitos Paleoproterozóicos**

Os granitos paleoproterozóicos correspondem às suítes intrusivas Pedra Pintada, Água Branca, Igarapé Azul e Mapuera, que compreendem um conjunto de biotita sieno a monzogranitos, granodioritos, tonalitos e quartzo monzodioritos.

Os litotipos da Suíte Intrusiva Pedra Pintada localizam-se na porção norte da área, mostram predominância de baixo teor dos radioelementos em preto, com pouca influência do tório e do urânio, em magenta e vermelho, como pode ser observado na imagem ternária RGB (Figura 4.24). A resposta gamaespectrométrica esperada seria de alto conteúdo de tório. No entanto, devido à pouca contribuição dos radioelementos, pode-se individualizar uma área significativa em preto, na porção sul, que ultrapassa os limites estabelecidos para esta suíte. Esse limite gamaespectrométrico envolve partes da Suíte Metamórfica Uraricoera e do Grupo Cauarane. Portanto, essa assinatura gamaespectrométrica parece corresponder a corpos graníticos deformados. A resposta magnética para esta unidade é relativamente baixa e mostra altas anomalias magnéticas pontuais.

Os granitos da Suíte Intrusiva Água Branca estão localizados na porção sudeste da área e apresentam duas respostas radiométricas: uma com alto teor de tório e a outra com alto conteúdo de potássio e urânio. A anomalia com alto conteúdo de tório e urânio apresenta formas bem definidas, com bom contraste, sendo realçada em verde e ciano, enquanto as anomalias com alto potássio e urânio são caracterizadas por áreas irregulares com tons magenta, vermelho e azul, localizadas, principalmente, no extremo sudeste da região. Essas respostas distintas indicam diferentes fácies. Magneticamente algumas áreas dessa unidade são bem realçada, com altos valores de amplitude (Figura 7.5 e Anexo 6).

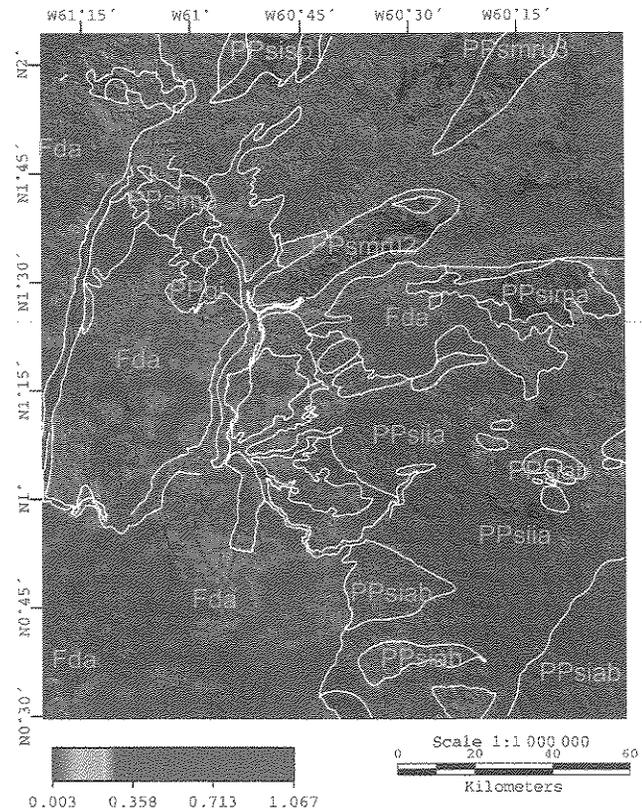


Figura 7.5 Amplitude do sinal analítico integrado ao MDE da missão SRTM. As siglas correspondem as seguintes unidades geológicas: PPsiaab-Suíte Intrusiva Água Branca, PPsiaa-Suíte Intrusiva Igarapé Azul, PPsima-Suíte Intrusiva Mapuera, PPgi-Grupo Iricoumé, PPsisp-Suíte Intrusiva Serra da Prata, PPsiru-Suíte Metamórfica Rio Urubu 2-Granulito e 3-augen gnaise, Fda-Depósitos aluvionares.

A assinatura gamaespectrométrica para os granitos associados à Suíte Intrusiva Igarapé Azul é variada. Alguns setores mostram alto teor de tório, outros alto teor de potássio e urânio. A forma geral dessas anomalias é irregular e possui resposta magnética predominantemente baixa, que os diferencia dos granitos da Suíte Intrusiva Água Branca (Figura 7.5 e Anexo 6). Desse modo, o contato entre essas duas unidades poderia ser melhor estabelecido.

Os biotita-sieno a monzogranitos da Suíte Intrusiva Mapuera são representados por alto teor de tório e intermediário teor de urânio. Essas repostas radiométricas são coerentes com a composição desses granitos. Essa unidade apresenta comportamento magnético que varia de baixo a intermediário.

É interessante notar na Figura 4.24 que a assinatura radiométrica das suítes paleoproterozóicas acima citadas são muito semelhantes e que em algumas dessas unidades os contatos definidos pela CPRM 1999 e CPRM 2000 (Anexo 2), têm boa

correlação. Porém pode-se notar também que outros corpos com a mesma assinatura são realçados, inclusive unidades mesoproterozóicas como, por exemplo, parte das suítes intrusivas Mucajaí e Igarepé Reilaú, além de novos corpos até então não identificados.

### **Grupo Iricoumé**

As litologias associadas ao Grupo Iricoumé compreendem rochas vulcânicas ácidas a intermediárias, predominando dacitos, andesitos e riolitos que ocorrem em apenas duas pequenas regiões na porção sudeste da área. As características da composição dessas rochas correspondem a valores intermediários de potássio e urânio, enquanto que a amplitude magnética varia de baixa a intermediária. Conforme Dickson & Scott (1997), vulcânicas ácidas a intermediárias podem ser discriminadas em levantamentos aerogamaespetrométricos pelo teor mais elevado de tório. Considera-se que a baixa correlação entre as unidades mapeadas e a resposta de radioelementos deva ser decorrente de fatores como a distribuição diminuta desta unidade na área investigada e/ou processos de intemperismo que podem mascarar os resultados.

### **Rochas Máficas e Ultramáficas**

As rochas paleoproterozóicas correspondem às suítes máficas Uraricaá, Serra da Estrutura e Tapuruquara. Elas compreendem gabros, gabros noritos e hornblenditos com forma circular distribuídos, respectivamente, a norte da serra da Lua, na porção noroeste e no setor sudoeste. Rochas máficas e ultramáficas apresentam, em geral, baixo conteúdo de radioelementos, sendo realçado pela cor preta (Figura 4.24 com sobreposição do Anexo 2). Entretanto, somente as suítes máficas Serra da Estrutura e Uraricaá apresentam esta resposta. A Suíte Tapuruquara mostra um teor intermediário de potássio e urânio, indicando uma composição diferente das demais.

As características magnéticas são coincidentes com a maioria das unidades mapeadas para as três suítes, sendo representadas por alta amplitude de sinal analítico (Figura 7.1 com a sobreposição do Anexo-2). Além das correlações

existentes, puderam ser identificados inúmeros corpos com mesma assinatura magnética, como pode ser observado nas Figuras 7.3b, c e Anexo 6.

### **Granitos Mesoproterozóicos**

Os granitos do Mesoproterozóico compreendem principalmente sieno a monzogranitos, pouco deformados, designados de Suíte Intrusiva Surucucus, Mucajaí, Auaris e Marauia.

A Suíte Intrusiva Surucucus, localizada no setor oeste e centro norte da área, corresponde a corpos com formato irregular e alongado, intrudidos nas suítes metamórficas Parima, Uraricoera e Rio Urubu. A principal característica, em termos de radioelementos, mostra que essa unidade é marcada pelo alto conteúdo de Th, K e U que resulta em tons escuros (Figura 7.3a), sendo possível identificar fácies distintas dentro dessa unidade (Figura 7.3c e Anexo 6 - Unidade C e D). Além disso, esses corpos são marcados pela baixa amplitude no sinal analítico. Os limites geológicos estabelecidos para os corpos aflorantes na região de estudo são, em parte, concordantes com os limites observados nos dados geofísicos.

Os granitos associados à unidade Mucajaí compreendem granitos rapakivi, sieno a monzogranitos; estes ocorrem na área central do Cinturão Guiana Central. O corpo denominado de batólito Mucajaí por Fraga *et al.* 2003, apresenta conteúdo elevado de tório e potássio e é bem marcado pela baixa amplitude magnética, entretanto, os corpos a norte desse batólito apresentam comportamento radiométrico e magnético alto e, segundo Fraga *et al.* (2003), são biotita-granitos e essa composição pode ser a causa da anomalia magnética.

Contíguo a esse batólito, o Anortosito Repartimento é caracterizado pela pouca contribuição dos radioelementos, observada em preto, e alta amplitude magnética, a qual define uma área maior do que a delimitada no mapa geológico.

A Suíte Intrusiva Auaris está localizada no setor oeste, próximo à fronteira com a Venezuela. Esta unidade é representada por assinaturas magnéticas e radiométricas variadas. Alguns corpos têm alto teor de tório e urânio e outros alto conteúdo de potássio e urânio (Anexo 6).

Os granitos da Suíte Intrusiva Marauia estão intrudidos no Complexo Cauaburi, na porção sudoeste, estado do Amazonas. Esta suíte tem alto valor de potássio e urânio e amplitude variando de baixa a intermediária (Figura 7.3a e b e Anexo 6).

### **Supergrupo Roraima**

Esta unidade está situada na porção noroeste do estado, na serra da Uafaranda. As rochas sedimentares desse supergrupo têm boa expressão radiométrica, sendo o potássio o único elemento presente nesta unidade, visualizado no tom magenta e vermelho. A amplitude é predominantemente baixa, com alguns setores altos. O contato dessa unidade com as suítes metamórficas Parima e Uraricoera é bem definido a partir dos canais radiométricos (Figura 7.3a e Anexo 6).

### **Formação Boa Vista e Depósitos Recentes**

As rochas sedimentares da Formação Boa Vista localizam-se na porção nordeste da área e podem ser observados com conteúdo variado de tório, urânio e potássio. A amplitude magnética é também heterogênea e esta variação deve-se, provavelmente, a corpos de composição máfica cobertos por estes sedimentos.

Devido à alta mobilidade, o urânio distribui-se de forma mais abrangente na porção sul da região, podendo ser relacionado aos depósitos recentes.

## CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES

A integração dos dados aerogeofísicos, imagens de satélite, geocronologia U-Pb e Sm-Nd e geoquímica isotópica Sm-Nd ressaltou, não só aspectos geológicos já conhecidos, como também evidenciou novas feições no Cinturão Guiana Central e áreas adjacentes.

Da análise das anomalias magnéticas de alta amplitude foi possível reconhecer assinaturas de unidades litológicas ocorrentes na região, como por exemplo as rochas máficas das suítes intrusivas Serra da Estrutura, Uraricaá e Tapuruquara, além da Suíte Intrusiva Água Branca, onde foram identificados vários corpos graníticos com alta susceptibilidade. As anomalias com baixa amplitude limitaram-se às rochas da bacia Parima e hemigraben do Tacutu, enquanto as amplitudes intermediárias mostraram uma melhor correlação com os ortognaisses Rio Urubu e paragnaisses Cauarane.

Foi possível identificar corpos que não constam nos mapas geológicos regionais, seja pela ausência de afloramento ou pela sotoposição por coberturas sedimentares, ou ainda, pela dificuldade de acesso. Blocos com alta e baixa amplitude magnética foram reconhecidos e, quando associados aos lineamentos magnéticos, possibilitou a individualização de quatro domínios, correlacionados aos domínios lito-estruturais estabelecidos para a região. O mais marcante é o domínio do Cinturão Guiana Central com feições lineares e lenticulares, segundo a direção NE-SW. O domínio Parima também é bem caracterizado, principalmente por anomalias lineares NW-SE, que mostram inflexões para E-W na zona de contato com o Cinturão Guiana Central.

A assinatura magnética confirmou que na área central o Cinturão Parima está obliterado pela deformação originada pelo Cinturão Guiana Central e permitiu identificar sua continuidade no setor sudeste.

A técnica de Fatiamento Magnético possibilitou a observação do comportamento tanto dos blocos, quanto dos limites desse cinturão, em profundidade. Os perfis resultantes desse processamento facilitaram na identificação em profundidade dos limites norte e sul do Cinturão Guiana Central.

Os dados radiométricos do Projeto Uraricoera e Rio Branco permitiram a identificação de domínios gamaespectrométricos associados às principais unidades litológicas da região. As suítes graníticas paleoproterozóicas mostraram uma assinatura bastante semelhante entre si, com alto teor de tório e urânio e baixo potássio. Para os granitos mesoproterozóicos, em particular, foram observadas diferenças radiométricas que podem representar fácies, como nas suítes intrusivas Surucucus, Igarapé Reilau e Mucajai.

Feições sigmoidais e lenticulares, localizadas, tanto na região do Cinturão Guiana Central quanto nas áreas adjacentes e destacadas nas imagens ternárias RGB e CMY, mostraram baixo conteúdo de radioelementos. Os elementos geométricos estruturais, como por exemplo, inflexões, feições sigmoidais e lenticulares, salientados na magnetometria, também foram realçados pela gamaespectrometria.

A resposta espectral das unidades litológicas, realçadas por meio de técnicas de processamento digital em imagens Landsat-5/TM, foi limitada. Porém estas, quando integradas aos dados geofísicos, facilitou na visualização e interpretação dos domínios gamaespectrométricos e magnéticos. Adicionalmente, feições de estrutura rúpteis e dúcteis, como, por exemplo, dobras, sigmoides, falhas, foliações e fraturas, foram reconhecidas em escala regional e associadas ao quadro geológico e estrutural. Nesse aspecto, o Modelo Digital de Elevação da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), integradas aos dados aerogeofísicos, permitiram observar o comportamento dos radioelementos em relação à topografia e identificar os lineamentos magnéticos associados às estruturas da região.

A integração dos dados aerogeofísicos permitiu a determinação dos limites magnéticos e tectônicos do Cinturão Guiana Central, até então desconhecidos. A análise cinemática de alguns dos elementos estruturais foi estabelecida conforme o deslocamento de corpos magnéticos e inflexões de lineamentos, indicando falhas transcorrentes sinistrais NE-SW no limite norte do Cinturão Guiana Central. Na porção sul foi identificado, nos dados aerogeofísicos, um *trend* E-W que corta todo o Cinturão Guiana Central, associado, provavelmente, a um evento de deformação mais jovem,

que afetou toda a região. Esse esboço geológico-estrutural evidencia a complexidade do quadro tectônico da região e sugere processos de reativação em épocas distintas.

As idades modelo obtidas nas litotipos ao longo do Cinturão Guiana Central forneceram  $T_{DM}$  paleoproterozóica, com  $\varepsilon_{Nd(T)}$  predominantemente negativo e podem representar uma mistura de crosta juvenil paleoproterozóica de derivação mantélica ou ainda, diferentes proporções de material crustal mais antigo. A idade do metamorfismo foi estabelecida em torno de  $1.910 \text{ Ma} \pm 45 \text{ Ma}$  a partir do método U-Pb e Sm-Nd.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida F.F.M., Hasui Y. 1984. O Pré-Cambriano do Brasil. Editora Edgar Blücher, São Paulo, 376p.
- Almeida F.F.M., Hasui Y., Neves B.B.B. 1976. The Upper Pre-Cambrian of South America. *Boletim do Instituto Geociências, IG*, São Paulo, 7: 45 - 80.
- Almeida F.F.M., Hasui Y., Neves B.B.B., Fuck R.F. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: *Atas do VII Simpósio de Geologia do Nordeste*. Campina Grande, PB, 363-391.
- Almeida M.E., Ferreira A.L., Pinheiro S.S. 2001. Principais associações graníticas do oeste do estado de Roraima. In: SBG/ Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 7, Belém, 4p.
- Almeida M.E., Ferreira A.L., Pinheiro S.S. 2003. Associações graníticas do oeste do estado de Roraima, Domínio Parima, Escudo das Guianas. *Géologie de la France*, 2-3-4: 134-159.
- Almeida M.E., Fraga L.M.B., Macambira M.J.B. 1997. New geochronological data of calcalkaline granitoids of Roraima State, Brazil. In: South-American Symposium on Isotope Geology, Campos do Jordão, SP, 2, *Abstracts*, 34-37.
- Amaral G. 1974. *Geologia Pré-Cambriana da Região Amazônica*, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de livre docência, 212 p.
- Amaral G. 1984. Província Tapajós e Rio Branco. In: Almeida F.F.M., Hasui Y. (coord.). *Pré-Cambriano do Brasil*. Ed. Blücher, São Paulo, 6-35.
- Amaral G. 1995. Processamento digital de imagens. Apostila, 159p.
- Amaral G., Pascholati E.M. 1998. Transformação dos dados aerogeofísicos do Projeto Rio das Velhas para uso em integração de dados. In: SBG, Congresso Brasileiro Geologia, 40, Belo Horizonte, *Resumos Expandidos*, p. 396.
- Amaral G., Ramgrab G.E., Mandetta P., Damião R.N. 1970. Determinações geocronológicas e considerações sobre a estratigrafia do Pré-Cambriano na porção setentrional do Território de Roraima. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 24, Brasília. *Boletim especial*,...Brasília: SBG, 1970. 77- 79.

- Amaral G., Ramgrab G.E., Oliveira I.W.B., Mandetta P., Damião R.N. 1970. Determinações geocronológicas e considerações sobre a estratigrafia do Pré-Cambriano da porção setentrional do Território de Roraima. In: SBG, Congresso Brasileiro Geologia, 24, Brasília, Boletim Especial, p. 77.
- Amaral G., Costa S.S., Pascholati E.M. 1999. Recovering old geophysical surveys: The case of the Uraricoera Project. In: SBGf, Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 6, Rio de Janeiro, CD-ROM.
- Amaro V.E. 1998. *Análise conjunta de dados geológicos, geofísicos e de sensoriamento remoto do setor extremo nordeste da Província Borborema, nordeste do Brasil, com ênfase nas zonas de cisalhamento dúcteis neoproterozóicas*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 393 p.
- Anczkiewicz R., Thirlwall M.F. 2003. Improving precision of Sm-Nd garnet dating by H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> leaching: a simple solution to the phosphate inclusion problem. In: Vance D., Müller W. Villa I.M. (eds) *Geochronology: Linking the isotopic record with petrology and textures*. *Geol. Soc. Spec. Public.* **220**:83-91.
- Arantes J.L., Mandetta P. 1970. Reconhecimento geológico dos rios Urariqüera, Aracaça, Parima e Uauaris. DNPM. Relatório Inédito (s. ident.), Boa Vista, Território Federal de Roraima.
- Arndt N.T., Goldstein S.L. 1987. Use and abuse of crust-formation ages. *Geology*, **15**: 893-895.
- Basei M.A.S., Teixeira, W. 1975. Geocronologia do Território de Roraima. In: DNPM, Conferência Geológica Interguianas, 10, Belém, Anais, 1: 453-473.
- Basei M.A.S. 1975. Geocronologia do Território Federal de Roraima e parte do norte do estado do Amazonas. Projeto RADAMBRASIL, relatório interno, Belém, PA, 19p.
- Berrangé J.P. 1977. The geology of southern Guyana, South America. *Overseas Mem. Institute Geologic of Science*, 4.
- Berrangé J.P., Dearnley R. 1975 The Apoteri volcanic formation: tholeiitic flows in the north Savannas graben of Guyana and Brazil. *Geol. Rundsch.*, Band 4, Helf 3, p. 883-899.

- Bettú D.F., Ferreira F.J. 2003. Condicionamento estrutural-magnético do embasamento da bacia Bauru no noroeste do estado do Paraná: implicações hidrogeológicas. In: SBGf, Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 8, Rio de Janeiro, CD-Rom.
- Bhattacharyya, B.K. 1966. Continuous spectrum of the total magnetic field anomaly due to rectangular prismatic body.. *Geophysics*, 31:97-121.
- Bicho C.P. 1994. *Processamento digital de imagens aerogeofísicas, Landsat TM e radar na Folha Presidente Médici/RO, com ênfase na caracterização metalogenética da suíte granítica Rio Pardo*. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Dissertação de Mestrado, 100 p.
- Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Gonçalves J.H., Baars F.J., Santos J.O.S., Abram M., Leão Neto R., Matos G.M.M. 2001. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: Sistema de Informação Geográfica e mapas na escala 1: 2.500.000. Brasília, 4cd.
- Blum M. L. B. 1999. *Processamento e interpretação de dados de geofísica aérea no Brasil Central e sua aplicação à geologia regional e à prospecção mineral. Doutorado em Geologia*. Universidade de Brasília, UNB, Brasília.
- Bosma W., Kroonenberg S.B., Maas K., Roever E.W.F. 1983. Igneous and metamorphic complexes of the Guiana Shield in Suriname. *Geol. Min.*, 62: 241-254.
- Braun O.P.G. 1973. Projeto Roraima, 2ª fase, Levantamento geológico integrado, relatório do mapeamento preliminar ao milionésimo correspondente à "fotointerpretação preliminar", DNPM/CPRM, Manaus, 218 p.
- Carvalho A.S. 1997. *Integração de Imagens de RADAR/JERS-1, TM/Landsat-5 e geofísicas para o mapeamento geológico da porção nordeste de Roraima, Brasil*. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Tese de Doutorado, 250 p.
- Chavez P.S., Berlin G.L., Sowers L.B. 1982. Statistical method for selecting Landsat MSS ratios. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 8: 23-30.

- Cordani U.G., Brito Neves B.B. 1982. The geologic evolution of South America during the archaean and early proterozoic. *Revista Brasileira de Geociências*, **12** (1-3): 78-88.
- Cordani U.G., Sato K. 1999. Crustal evolution of the South American Platform, based on Nd isotopic systematics on granitoid rocks. *Episodes*, 1999.
- Cordani U.G., Tassinari C.C.G., Teixeira W., Basei M.A.S., Kawashita K. 1979. Evolução tectônica da Amazônia com base em dados geocronológicos. In: *Congr. Geol. Chileno*, 2., Santiago. Actas, **4**: 137-148.
- Cordani U.G., Teixeira W., Tassinari C.C.G., Kawashita K., Sato K. 1988. The growth of the Brazilian shield. *Episodes*, **11**(3): 163 - 166.
- Costa J.A.V. 1999. *Tectônica da região nordeste do estado de Roraima*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Dissertação de Mestrado, 315p.
- Costa J.A.V., Costa J.B.S., Macambira, M.J.B. 2001. Grupo Surumu e Suíte Intrusiva Saracura – RR- Novas idades Pb-Pb, 7º Congresso de Geologia da Amazônia. (CD-Rom).
- Costa J.B.S., Hasui Y. 1991. O quadro geral da evolução tectônica da Amazônia. In: SBG, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 3, Rio Claro, *Resumos Expandidos*, 142-145
- Costa J.B.S., Hasui Y. 1997. Evolução geológica da Amazônia. In: Costa M. L. Angélica R. S. (Coord.). *Contribuição à geologia da Amazônia*, Belém, 16-90
- Costa J.B.S., Hasui, Y. 1992. Aspectos Tectônicos fundamentais do Proterozóico médio na Amazônia Brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, **22** (4): 487-492.
- Costa S.S. 1999. *Avaliação do conteúdo geológico em produtos de sensoriamento remoto da porção oeste do Estado de Roraima (Folha NA.20-V-D)*. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Dissertação de Mestrado, 83 p.
- Costa S.S., Amaral G. 1998. Processamento digital dos dados aeromagnéticos da Folha Urucuzeiro, Estado de Roraima. In: SBG, Congresso Brasileiro Geologia, 40, Belo Horizonte, *Resumos Expandidos*, p. 394

- Costa S.S., Pascholati E.M., Silva C.L. 2002. Análise estrutural do Cinturão Guiana Central, Roraima, através de dados aeromagnéticos. In: SBG/ núcleo nordeste, Congresso Brasileiro de Geologia, 51, João Pessoa, *Anais*, 156p.
- Costi H.T., Pinheiro S.S., Santiago A.F. 1984. Projeto Uatumã-Jatapu, Relatório Final, Manaus, DNPM/CPRM.
- CPRM. 1974. Projeto Roraima, Relatório Final, Manaus, DNPM/CRPM, vol. IA-D e II.
- CPRM. 1978. Projeto Molibdênio em Roraima, Relatório Final, Manaus. DNPM/CPRM, v.I-B.
- CPRM. 1979. Projeto Molibdênio em Roraima. Relatório Final. Manaus. DNPM/ CPRM, V.I-B., il.
- CPRM. 1981. Projeto Catrimani-Uraricoera. Relatório de Progresso. Manaus, DNPM/CPRM. v. I-A, I-B. 462 p.
- CPRM. 1993. *Projeto Alto Rio Negro*. Relatório de Progresso. Manaus: CPRM, 1993. 3 v. (Inédito)
- CPRM. 1994a. Serra do Ajanari. Folha NA.20-X-C-VI. Relatório Final. Manaus. CPRM/MME, 153p.
- CPRM. 1994b. Paredão. Folha NA.20-X-C-III. Relatório final. Manaus: CPRM/MME, 153p.
- CPRM. 1999. Programa Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB. Roraima Central, Folhas NA.20-X/ NA.21-V, Estado de Roraima, escala 1:500.000, Brasília/ SUREG-AM. 1 CD-Rom.
- CPRM. 2000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB. Caracaráí, Folhas NA.20-Z/ NA.21-Y, Estado de Roraima, escala 1:500.000, Brasília/ SUREG-AM. 1 CD-Rom.
- CPRM. 2002. Geologia e Recursos Minerais da Amazônia Brasileira, região cratônica. Sistema de Informações Geográficas – SIG. Mapa na escala de 1: 1.750.000. CD-Rom.
- CPRM. 2004. Folha NA.20/ NB.20 – Boa Vista – RR. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Sistema de Informações Geográficas – SIG. Mapa na escala de 1: 1.000.000. CD-Rom.

- Crósta A.P. 1992. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas: IG/UNICAMP, 170 p.
- Crósta A.P., Ferreira F.J.F., Bicho C.P., Amaral G. 1992. Processamento digital de imagens geofísicas na Folha Presidente Médici (SC.20-Z-C), Rondônia. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 37, São Paulo. *Boletim de Resumos Expandidos*, 146-148.
- Dall'Agnol R., Dreher A. M., Araujo J.F.V., Abreu, A. S. 1975. Granito Surucucu. In: DNPM, Conferência Geológica Interguianas, 10, Belém, *Anais*, 1: 340-388.
- Dall'Agnol R., Bittencourt J.S., Jorge João X.S., Medeiros H., Costi H.T., Macambira M.J.B. 1987. Granitogenesis in northern Brazilian region: a review. *Revista Brasileira de Geociências*, 17 (4), 382-403.
- Dall'Agnol R., Lafon J.M., Macambira M.J.B. 1994. Proterozoic anorogenic magmatism in the central Amazonian Province, Amazonian Cráton: Geochronological, petrological and geochemical aspects. *Mineralogy and petrology*, 50, 113-138.
- Dardenne M.A., Schobbenhaus C. 2001. *Metalogênese do Brasil*. Editora Universidade de Brasília, Brasília. 392p. II.
- DePaolo D.J. 1980. Source of continental crust: Neodymium isotope evidence for the Sierra Nevada and Peninsular Ranges. *Sciences*, 209: 684-687.
- DePaolo D.J. 1981. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc-alkaline granitic batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, California. *Journal of Geophysical Research*, 86 (B11): 10470-10488.
- DePaolo D.J. 1988. *Neodymium Isotope Geochemistry. – An introduction*. Springer. Berlin. 187p.
- Dias R.R., Paradella W.R. 1997. Integração de dados aéreos gamaespectrométricos com imagens TM - Landsat no mapeamento geológico da área do Pojuca, província mineral de Carajás. In: SBGf, *Revista Brasileira de Geofísica*, 15 (1): 23-333.
- Dickson B.L., Scott K.M. Interpretation of aerial gamma ray surveys-adding the geochemical factors. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*, 17, 187-200, 1997.

- Dobrin M.B., Savit C.H. 1988. Geophysical prospecting. New York, McGraw Hill. 867 p.
- Drury S.A. 1993. *Image interpretation in geology*. 2 ed. London, Chapman, Hall, 283 p.
- Duval J.S. 1982. Composite color images of aerial gamma-ray spectrometric data. *Geophysics.*, **48** (6): 722-735.
- Eiras J.F. Kinoshita E.M. 1988. Evidências de movimentos tectônicos transcorrentes na Bacia do Tacutu. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém. *Boletim de Resumos Expandidos*, 5, 2278-2172.
- Faria M.S.G., Santos J.O.S., Luzardo R., Hartmann L.A. 2002. The oldest island arc of Roraima State, Brazil – 2,03 Ga: zircon SHRIMP U-Pb geochronology of Anauá Complex. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 41, João Pessoa. *Boletim de Resumos Expandidos*, 306.
- Figueiredo E.S. 1993. *Projeto Mapas Metalogenéticos e de Pre visão de Percursos Minerais*. Folhas NA.20-X-D/NA.21-V-C, Boa Vista/Rio Tacutu, escala 1:250.000. Relatório Final. Manaus: DNPM/CPRM, 1983. 1v.
- Filardi M.C.L. 1998. *Contribuição à geologia da região do alto Rio Negro, utilizando o processamento digital de dados aerogeofísicos e de imagens de radar (RADAMBRASIL, JERS1-SAR)*. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 70 p.
- Fraga L.M.B. 2002. *A associação anortosito-mangerito-granito rapakivi (AMG) e suas encaixantes paleoproterozóicas: evolução estrutural, geocronologia e petrologia*. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará. Tese de Doutorado, 351p.
- Fraga L.M.B., Almeida M.E., Macambira M.J.B. 1997b. First lead-lead zircon ages of charnockitic rocks from Central Guyana Belt (CGB) in the State Roraima, Brazil. In: South-American Symposium on Isotope Geology, Campos do Jordão, SP, 2, Abstracts, 115-117.
- Fraga L.M.B., Araujo R.V., Duarte B.P. 1997a. Igneous charnockitic rocks of the Kanuku Complex and Serra da Prata Suite in the Central Guyana Belt (CGB),

- Roraima State, Brazil. In: International Symposium on Granites and Associated Rocks (ISGAM), 2, Salvador, BA, Abstracts, 112-113.
- Fraga L.M.B., Haddad R.C., Reis N.J. 1997c. Aspectos geoquímicos das rochas granitóides da Suite Intrusiva Pedra Pintada, norte do Estado de Roraima. *Revista Brasileira de Geociências*, **27** (1):3-12.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 1991. Geografia do Brasil - Região Norte. Rio de Janeiro: IBGE, **3**, 307p.
- Gaudette H.E., Olszewski Jr. W.J. 1981. Determination of radiometric ages, Amazonas Territory, Venezuela. In: Symposium Amazonico, 1, Venezuela. Memória... Venezuela, Dirección General de Minas y Geología, 733-746 (Boletim 10).
- Gaudette H.E., Olszewski Jr. W.J., Santos J.O.S. 1991. *Isotopic studies of the Amazonian Craton, States of Roraima, Amazonas and Rondonia, western Brasil - II*. [S.l. : s.n.], (Inédito).
- Gaudette H.E., Olszewski Jr. W.J., Santos J.O.S. 1996. Geochronology of Precambrian rocks from the North part of Guiana Shield, State of Roraima, Brazil. *Journal of South America Earth Sciences*, **9**, 185-195.
- Gibbs A.K., Barron C.N. 1993. The Guiana Shield Reviewed. *Episodes*, **2**: 7-14.
- Gioia S.M.C.L., Pimentel M.M. (2000). The Sm-Nd isotopic method in the geochronology laboratory of the University of Brasilia. *Anais da Academia Brasileira de Geociências*, **72**:219-245.
- Gouvêa Luiz J., Silva L.M.C. 1995. *Geofísica de prospecção*. 1 ed. Belém, 311p.
- Grasty R.L.; ST. John Smith, B., Minty B.R.S. 1997. Developments in the standardization and analysis of airborne gamma-ray data. In: *Proceedings of Exploration 97: 4<sup>TH</sup> Decennial International Conference on MINERAL Exploration edited by A.G. Gubins*;725-732.
- Gunn P.J. 1998. *Interpretation of airborne magnetic and radiometric surveys*. Course. AGSO. 150 p.
- Gunn, P.J. 1988. Regional magnetic and gravity responses of extensional sedimentary basins. *AGSO J. Austr. Geol. Geophysics*, **17**: 115-131.

- Gupta V.K., Ramani N. 1982. Optimum second vertical derivative in geologic mapping and mineral exploration. *Geophysics.*, **47**:1706-1715.
- Harris N.B. 1996. Radiogenic isotopes and the interpretation of granitic rocks. *Episodes*, **19**: 107-113.
- Harris N.B., Hawkesworth C.J., Ries A.C. 1984. Crustal evolution in north-east and east Africa from model Nd ages. *Nature*, **309**: 773-776.
- Hasui Y. 1993. Megaestruturação pré-cambriana do território brasileiro baseada em dados geofísicos e geológicos. São Paulo. Editora da UNESP, *Geociências*, **12** (1): 36-46.
- Hasui Y., Haralyi N.L.E., Schobbenhaus C. 1984. Elementos geofísicos e geológicos da região Amazônica: subsídios para o modelo geotectônico. In: Symposium Amazonico, 2, Manaus. *Anais*, DNPM, MME, 129-147.
- Hebeda E.H., Boelrijk N.A.I.M., Priem H.N.A., Verdurmen E.A.Th., Verschure R.A. 1973. Excess radiogenic argon in the Pre-Cambrian Avanavero Dolerite in western Surinam (South America). *Earth Planetary Sci. Letter*, **20** (2):189 - 200.
- Henry P., Stevenson R.K., Larbi Y. Garièpy C. 2000. Nd isotopic evidence for early to late Archean (3.4-2-7 Ga) crustal growth in the Western superior Province (Ontario, Canada). *Tectonophysics*, **322** (1-2): 135-151.
- <http://www.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>.
- Jorge João, X.S., Santos, C.A., Provost, A. 1985. Magmatismo adamelítico Água Branca (Folha Rio Mapuera, NW do Estado do Pará). In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 2, Belém. *Anais...* Belém: SBG, **1**, 93 - 109.
- Kroonenberg S.B, 1976. Amphibolite-facies and granulite-facies metamorphism in the Coeroeni-Lucie Area, southwestern Suriname. *Geologische Mijnbouwkundige Dienst Suriname*, Mededeling 25, 109-289.
- Lima M.I.C., Bezerra P.E.L. 1994. Síntese da geologia e metalogenia provisional do Estado de Roraima. In: *Caderno Geociências*, Rio de Janeiro. **10**: 11-22.
- Lima M.I.C., Oliveira E.P, Tassinari C.C.G. 1982. Cinturões granulíticos da porção setentrional do Cráton Amazônico. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, I, Belém, Pará, **1**, 147p.

- Maboko M.A.H., Nakamura E. 1996. Nd and Sr isotopic mapping of the Archaean-Proterozoic boundary in southeastern Tanzania using granites as probes for crustal growth. *Precambrian Research*, **71**: (1-2): 105-115.
- Macambira M.J.B., Almeida M.E., Santos L.S. 2002. Idade de zircão de vulcânicas do sudoeste de Roraima: contribuição para a redefinição do supergrupo Uatumã. In: Simpósio sobre Vulcanismo e Ambientes Relacionados, 2, Belém, Pará, anais.
- Mandetta P. 1970. *Datações geocronológicas de rochas do Território Federal de Roraima*. Belém: DNPM, 14 p.
- Mares S. 1984. *Introducion to applicad Geophysics*. Dordrecht: Reidel, 581 p.
- Martini J. M. 1995. *Análise integrada de dados aplicada ao estudo metalogenético da Serra de Carajás - PA*. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 121 p.
- Milligan P.R., Gunn P.J. 1997. Enhancement and presentation of airborne geophysical data. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*, **17** (2): 63-75.
- Minty B.R.S. 1991. Simple micro-leveling for aeromagnetic data. *Exploration Geophysics*, **22**: 591-592.
- Minty B.R.S. 1997. Fundamentals of airborne gamma-ray spectrometry. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*, **17** (2): 39-50
- Montalvão R.M.G., Muniz M.B., Issler R.S., Dall'agnol R., Lima M.I.C., Fernandes P.E.C.A., Silva G.G. 1975. Geologia. In: BRASIL. DNPM. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA.20 Boa Vista e parte das folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21. Rio de Janeiro. Levantamento de Recursos Naturais. **8**: 15-136.
- Montalvão R.M.G., Pithan J.H.L. 1974. Grupo Cauarane. Projeto RADAMBRASIL, relatório Interno, 21-G, Belém, Pará, 7p.
- Moraes R.A.V. 1978a. Projeto Uraricoera - Levantamentos aerogeofísicos. PROSPEC. CPRM. *Relatório Interno*.
- Moraes R.A.V. 1978b. Projeto Rio Branco - Levantamentos aerogeofísicos. PROSPEC. CPRM. *Relatório Interno*.

- Munis M., Silveira R.L. 2003. Aplicação do método de Euler em dados magnéticos do Graben do Tacutu – RR- Brasil. In: SBGf, Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 8, Rio de Janeiro, CD-Rom.
- Muniz M.B., Dall'Agnol R. 1974. Geologia do território brasileiro nas folhas Boa Vista (NA.20), Roraima (NB.20/21) e parte da Folha Tumucumaque (NA.21). In: SBG, Congresso Brasileiro Geologia, 28, Porto Alegre, *Anais*, 4: 247-267.
- Nabighian, M.N. 1972. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: Its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, 37:507-517.
- Nettleton L.L. 1976. *Gravity and Magnetism in oil prospecting*. 1 ed. Califórnia, San Diego, 464 p.
- O'Leary D.W., Friedman J.D., Pohn H.A. 1976. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. *Geological Society of America Bulletin*, 87:1463-1469.
- Oliveira M.J.R., Almeida M.E., Luzardo R., Faria M.S. 1996. Litogeoquímica da Suíte Intrusiva Água Branca - SE de Roraima. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador. *Anais...* Salvador: SBG, 2, 213-216.
- Petri S., Coimbra A.M., Amaral G., Ojeda y Ojeda H., Fúlfaro V.J., Ponçano W.L. 1986. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, 16: 372-415.
- Pimentel M.M., Charneley N. 1991. Intracrustal REE fractionation and implications for Sm-Nd model age calculations in the late-stage granitic rocks: an example from central Brazil. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 86: 123-138.
- Pinheiro S.S., Reis, N.J., Costi, H.T. 1990. Programa Levantamentos Básicos do Brasil. Geologia da região de Caburá, nordeste de Roraima, escala 1: 100.000. Estado de Roraima. DNPM/CPRM. Superintendência Regional de Manaus, 1 v.
- Priem H.N.A. 1973. Age of the Pre-cambrian Roraima Formation in north eastern South America: evidence from isotopic dating of Roraima pyroclastic volcanic rocks in Suriname. *Geological Society of America Bulletin*, 84, 1677- 1684.

- Projeto RADAMBRASIL. Folha NA.20 Boa Vista e parte das folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21. Rio de Janeiro. Levantamento de Recursos Naturais. **8**: 427.
- Ramgrab G.E., Bomfim L.F.C., Mandetta P. 1971b. Projeto Roraima – 2ª fase, Relatório Final, Manaus, DNPM/CPRM, 38p.
- Ramgrab G.E., Damião R.N., 1970. Reconhecimento geológico dos rios Anauá e Barauana. Relatório inédito. Boa Vista, DNPM, 40p.
- Ramgrab G.E., Oliveira J.F., Kuyumjian R.M., Bomfim L.F.C., Mandetta P. 1971a. Projeto Roraima – 1ª fase, Mapeamento geológico da área de Boa Vista-Lethern, DNPM/CPRM, 38p.
- Rao D.A.; Babu H.V., Narayan, P.V. 1981. Interpretation of magnetic anomalies due to dikes: the complex gradient method. *Geophysics*, **46**:1572-1578.
- Reid A.B., Allsop J.N., Granser H., Millet A.J., Sommerton I.W. 1990. Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution. *Geophysics*, **55**: 80-91.
- Reis N.J., Faria M.S.G., Fraga L.M.B, Haddad R.C. 2000. Orosirian calci-alkaline volcanism and the Orocaima Event in the Northern Amazonian Cráton, eastern Roraima state, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **30** (3), 380-383.
- Reis N.J., Faria M.S.G., Haddad R.C., Fraga L.M.B. 1999. Vulcanismo calci-alcalino paleoproterozóico do setor oriental do estado de Roraima – escudo das Guianas. In: SBG, Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados, 1, Gramado, Anais, 78.
- Reis N.J., Fraga L.M.B, Faria M.S.G., Almeida M.E. 2003. Geologia do Estado de Roraima, Brasil. *Géologie de la France*, 2-3-4: 121-134.
- Reis N.J., Fraga L.M.B. 1995. Granitogênese mesoproterozóica da porção central do Estado de Roraima - Petrologia e Litogeoquímica. In: Congresso Latino - Americano de Geologia, 8. Caracas. *Anais...* Caracas: [s.n.].
- Reis N.J., Fraga L.M.B. 1996. Vulcanismo Surumu – Estado de Roraima: caracterização do seu comportamento químico à luz de novos dados. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador, BA. *Anais.*, 2: 88-90.

- Reis N.J., Fraga L.M.B. 1998. Geologia do Estado de Roraima. Relatório inédito. Manaus. CPRM. 26 p.
- Reis N.J., Nunes N.S.V., Pinheiro S.S. 1994. A cobertura mesozóica do hemigraben Tacutu – Estado de Roraima. Uma abordagem ao paleo-ambiente da Formação Serra do Tucano. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia,, 38, Camboriú, SC, Anais., **3**, 234-235.
- Reis N.J., Yánez G. 1999. Estratigrafia do bloco sedimentar Pacaraima (BSP) ao longo da fronteira Brasil-Venezuela (Santa Helena de Uairén) – Monte Roraima). In: SBG/ Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 6, Manaus (AM). Resumo expandidos, 427-430.
- Roest W. R., Verhoef J., Pilkington M. 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. *Geophysics*, **57** (1): 116-125.
- Santos J.O.S. 1984. A parte setentrional do Cráton Amazônico (Escudo das Guianas) e a bacia Amazônica. Texto explicativo. In: Schobbenhaus, C., Campos, D.A., Derze, G.R., Asmus, H.E. *Geologia do Brasil. Mapa geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente incluindo Depósitos Minerais.*, escala 1:2.500.000. DNPM. Brasília, 57-91.
- Santos J.O.S., Faria M.S.G., Macambira M. 1997. Pb-Pb single crystal evaporation isotopic study on the post-tectonic, sub-alkalic, A-typemodern granite (Mapuera Intrusive Suite), State of Roraima, Northern Brazil. In: Symposium of Granites and Associated Rocks (ISGAM), 2, Salvador, BA. Abstract, 273-275.
- Santos J.O.S., Hartmann L.A., Gaudette H.E., Groves D.I., McNaughton N.J., Fletcher I.R. 2000. A new understanding of the province of the Amazon Cráton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd Geochronology. *Gondwana Research*, **3** (4): 453-488.
- Santos J.O.S., Olzweski W. 1988. Idade dos granulitos tipo Kanuku em Roraima. In: SBG/DNPM, Congresso Latino Americano de Geologia, 7, Belém, PA. *Anais.*, 378-388.
- Santos J.O.S., Potter P.E., Reis N.J., Hartmann L.A., Fletcher I.R., McNaughton N.J. 2003. Age, source, and regional stratigraphy of the Roraima Supergroup and

- Roraima-like outliers in the northern South America based on U-Pb geochronology. *Geological Society of America Bulletin*, **115** (3): 331-348.
- Santos J.O.S., Reis N.J., Chemale F., Hartmann L.A., Pinheiro S.S., McNaughton N.J. 2003. Paleoproterozoic evolution of northwestern Roraima State. Basence of Archean Crust, based on U-Pb and Sm-Nd isotope evidence. In: South American Symposium on Isotope Geology, IV, Salvador, Brazil, abstract.
- Santos J.O.S., Reis N.J., Hartmann L.A., McNaughton N.J., Fletcher I.R. 1999. Associação anortosito-charnockito-granito rapakivi no Calimiano do norte do Cráton Amazônico, estado de Roraima: evidências obtidas por geocronologia U-PB (SHRIMP) em zircão e baddeleyita. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 6, Manaus, AM. *Anais.*, 503-506.
- Santos J.O.S., Reis Neto J.M. 1982. Algumas idades de rochas graníticas do Cráton Amazônico In: Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador. *Anais...* 1982. **1**, 339 – 348.
- Sato K., Tassinari C.G.C. 1997. Principais eventos de acreção continental no Cráton Amazônico baseados em idades-modelo Sm-Nd, calculada em evoluções do estágio único e estágio duplo. In: M.L. Costa, R.S. Angélica (eds.) Contribuições à geologia da Amazônia, FINEP, SBG/NO, Belém, Pará, 91-143.
- Schobbenhaus C., Hoppe A. Lrk, A., Baumann A. 1994. Idade U/Pb do magmatismo Uatumã no norte do Cráton Amazônico, Escudo das Guianas (Brasil): Primeiros resultados. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camburiú, *Anais*, **2**, 395-397.
- Singh S. 1966. Geology and petrology of part of the Guiana Shield in south Savannas- REWA Area of Guiana. Geology Survey, BR., Guiana Bull., **37**: 127p.
- Spector A., Grant F.S. 1970. Statistical models for interpreting aeromagnetic data. *Geophysics*, **35**(2): 293-302.
- Tassinari C.C.G., Macambira M.J.B. 2004. A evolução tectônica do cráton Amazônico. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A. Carneiro, C.D.R. (orgs.), Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca. São Paulo. Cap XXVIII, 471-485.

- Tassinari C.G.C. 1996. O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos. Tese de livre Docência. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 139 p.
- Tassinari C.G.C., Macambira M.J.B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, **22** (3): 174-182.
- Teixeira W., Tassinari C.C.G., Cordani U.G., Kawashita K. 1989. A review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Precambrian Research*, **42**: 213-227.
- Telford W.M. 1990. *Applied Geophysics*. 2 ed. New York: Cambridge University Press, 770 p.
- Thompson D.T. 1982. EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data. *Geophysics*, **47**: 31-37.
- Thurston J.B., Smith R.S. 1997. Automatic conversion of magnetic data to depth, dip, and susceptibility contrast using the SPI (TM) method. *Geophysics*, **62**: 807-813.
- Vasconcellos R.M., Metelo M.J., Motta A.C., Gomes R.D. 1994. *Geofísica em levantamentos geológicos no Brasil*, Rio de Janeiro, CPRM, 165 p.
- Veiga Jr. J.P., Nunes A.C.B., Souza E.C., Santos J.O.S., Amaral J.E., Pessoa M.R., Souza S.A.S. 1979. Projeto Sulfetos do Uatumã, Relatório Final, Manaus, DNPM/CPRM, 6 v.

## **ANEXOS**

- 1 - Mapa geológico simplificado da área pesquisada.
- 2 - Mapa litológico.
- 3 - Fatiamento Magnético.
- 4 - Localização dos perfis magnéticos.
- 5 - Mapa de localização das amostras Sm-Nd.
- 6 - Mapa litogeofísico

**UNICAMP**  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE