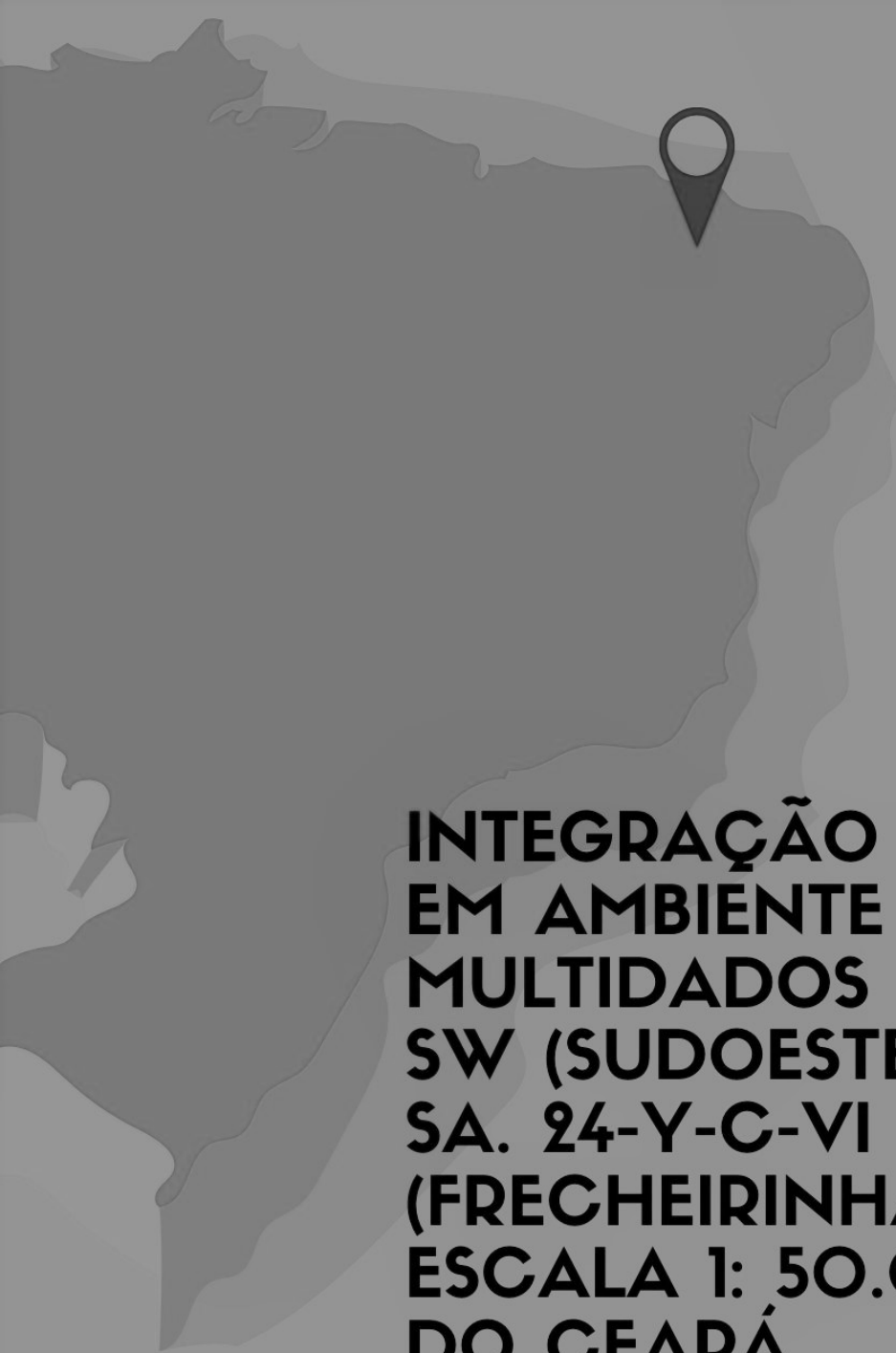




**INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA
EM AMBIENTE SIG DE
MULTIDADOS DA REGIÃO
SW (SUDOESTE) DA FOLHA
SA. 24-Y-C-VI
(FRECHEIRINHA) NA
ESCALA 1: 50.000, NW
DO CEARÁ**

DÉBORA SORAYA SOARES AGUIAR
CAMILA NASCIMENTO ALVES



**INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA
EM AMBIENTE SIG DE
MULTIDADOS DA REGIÃO
SW (SUDOESTE) DA FOLHA
SA. 24-Y-C-VI
(FRECHEIRINHA) NA
ESCALA 1: 50.000, NW
DO CEARÁ**

Débora Soraya Soares Aguiar
Camila Nascimento Alves

**INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA EM AMBIENTE SIG
DE MULTIDADOS DA REGIÃO SW (SUDOESTE)
DA FOLHA SA. 24-Y-C-VI (FRECHEIRINHA) NA
ESCALA 1: 50.000, NW DO CEARÁ**

Edição 1

Belém-PA



2021

<https://doi.org/10.46898/rfb.9786558890386>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

I61

Integração geológica em ambiente SIG de multidados da região SW (Sudoeste) da folha SA. 24-Y-C-VI (Frecheirinha) na escala 1: 50.000, NW do Ceará [recurso digital] / Débora Soraya Soares Aguiar, Camila Nascimento Alves. -- 1. ed. -- Belém: RFB Editora, 2021.

6.404 kB; PDF: il.

Inclui Bibliografia.

Modo de acesso: World Wide Web.

ISBN: 978-65-5889-038-6

DOI: 10.46898/rfb.9786558890386

1. Geologia. 2. Geotecnologias. 3. Pesquisa. 4. Estudo.

I. Título.

CDD 551.430981



Nossa missão é a difusão do conhecimento gerado no âmbito acadêmico por meio da organização e da publicação de livros digitais de fácil acesso, de baixo custo financeiro e de alta qualidade!

Nossa inspiração é acreditar que a ampla divulgação do conhecimento científico pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Equipe RFB Editora

Copyright © 2021 da edição brasileira.
by RFB Editora.

Copyright © 2021 do texto.
by Autores.

Todos os direitos reservados.



Todo o conteúdo apresentado neste livro, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Obra sob o selo *Creative Commons*-Atribuição 4.0 Internacional. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Conselho Editorial:

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - UFOPA (Editor-Chefe).

Prof.^a Dr.^a. Roberta Modesto Braga - UFPA.

Prof. Me. Laecio Nobre de Macedo - UFMA.

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida - UFOPA.

Prof.^a Dr.^a. Ana Angelica Mathias Macedo - IFMA.

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva - IFPA.

Prof.^a Dr.^a. Elizabeth Gomes Souza - UFPA.

Prof.^a Me. Neuma Teixeira dos Santos - UFRA.

Prof.^a Me. Antônia Edna Silva dos Santos - UEPA.

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa - UFMA.

Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho - UFSJ.

Prof.^a Dr.^a. Isabella Macário Ferro Cavalcanti - UFPE.

Diagramação:

Danilo Wothon Pereira da Silva.

Arte da capa:

Pryscila Rosy Borges de Souza.

Imagens da capa:

www.canva.com

Revisão de texto:

Os autores.



Home Page: www.rfbeditora.com.

E-mail: adm@rfbeditora.com.

Telefone: (91)3085-8403/98885-7730.

CNPJ: 39.242.488/0001-07.

Barão de Igarapé Miri, sn, 66075-971, Belém-PA.



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 INTRODUÇÃO	12
2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DE ESTUDO	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
4 MATERIAIS.....	25
4.1 DADOS CARTOGRÁFICOS.....	26
5 METODOLOGIA.....	29
5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	30
5.2 COMPOSIÇÃO DO BANCO DE DADOS EM MEIO DIGITAL	30
5.3 IMAGENS DE SENSORES REMOTOS.....	30
5.4 PRÉ-PROCESSAMENTO E PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS LANDSAT/TM.	30
5.5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DA RAZÃO ENTRE BANDAS.....	33
5.6 AEROGEOFÍSICA.....	35
6 RESULTADOS	39
6.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DADOS MAGNETOMÉTRICOS	40
6.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DADOS GAMAESPECTROMÉTRICOS.....	44
6.3 INTEGRAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS	45
6.4 A FOLHA FRECHEIRINHA (SA. 24-Y-C-VI-3)	53
6.5 MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)	58
6.6 LITOESTRATIGRAFIA.....	59
6.7 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA.....	59
7 CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS.....	65
SOBRE AS AUTORAS.....	67
ÍNDICE REMISSIVO.....	68



APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias implica a disponibilização de ferramentas mais precisas e eficazes que servem de alicerce para a criação de novas informações. No que diz respeito à geologia, um claro exemplo dessa afirmativa é o uso crescente de geotecnologias para a execução de procedimentos de pesquisa mais eficazes, bem como de uma cartografia geológica de maior precisão.





CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO



1.1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho pode ser caracterizado basicamente como a extração, manipulação e análise de informações integradas a partir de produtos de sensoriamento remoto agregados a dados geológicos e aerogeofísicos pré-existentes, os quais foram integrados por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Essas ações possibilitaram a geração de imagens, a confecção de mapas temáticos diversos (domínios aerogeofísicos, lineamentos estruturais, unidades geomorfológicas, etc.) e finalmente a apresentação de um mapa geológico, em escala de 1: 50 000, contendo todas as informações obtidas, e a sua descrição detalhada.

Para tal foram utilizados dados pré-existentes do SW da Folha Frecheirinha, NW do Estado do Ceará, advindos, principalmente de relatórios da disciplina Estágio de Campo II, estes resgatados, organizados e transformados para arquivo em meio digital; imagens digitais do sensor *Thematic Mapper* do satélite LANDSAT - 5; e imagens processadas de dados aerogeofísicos (magnetométricos e gamespectrométricos).

1.2 OBJETIVO

Integrar dados e informações primárias e secundárias pré-existentes sobre cartografia geológica em uma base única, associados ao tratamento, análise e interpretação de produtos de sensores remotos, além de dados aerogeofísicos, da porção SW da Folha Frecheirinha (SA. 24-Y-C-VI-03), NW do Ceará.

Nas diferentes etapas do trabalho, as atividades efetuadas concentraram objetivos específicos podem ser assim arranjados:

- Processar e interpretar imagens de sensores remotos, de forma a verificar sua utilização na distinção dos elementos de cunho geológico;
- Utilizar mapas de dados aerogeofísicos;
- Gerar um banco de dados em meio digital dos mapeamentos geológicos realizados;
- Disponibilizar as informações em uma base na escala 1: 50.000;
- Descrever de forma detalhada o mapa geológico dessa área;
- Integrar os dados levantados na bibliografia e os interpretados em um sistema de informação geográfica (SIG);



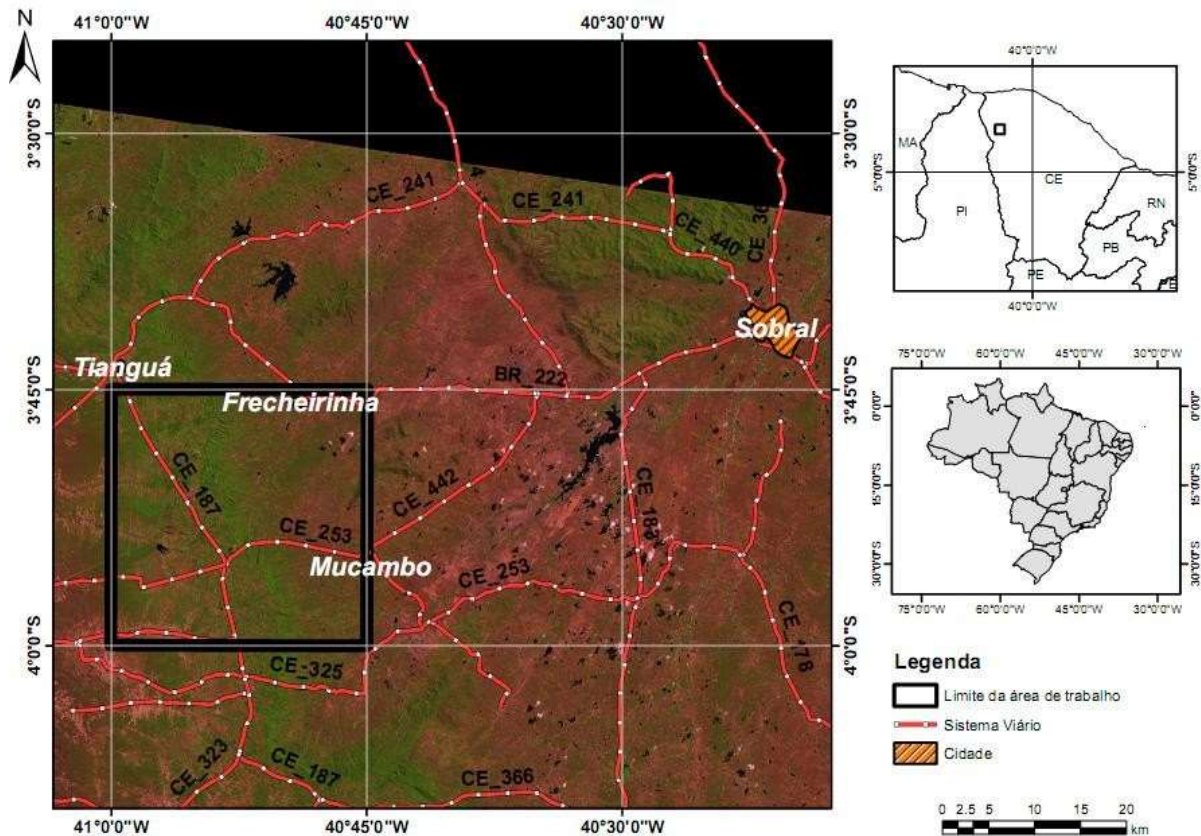
CAPÍTULO 2

LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de trabalho está localizada na região noroeste do Ceará envolvendo a porção sudoeste da Folha Frecheirinha (SA. 24-Y-C-VI-3), no recorte de 1:50.000. É limitada pelos paralelos $03^{\circ}45'00''$ (9585252) e $04^{\circ}00'00''$ (9557665) de latitude sul, e pelos meridianos $41^{\circ}00'00''$ (277878) e $40^{\circ}45'00''$ (305709) de longitude oeste.

A CE- 187, partindo da cidade de Tianguá, e a CE- 253, partindo da cidade de Mucambo são as principais rodovias que seccionam a área. Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização da área de trabalho a partir da imagem de composição RGB-543.



2.1 DA CIDADE DE FRECHEIRINHA

A população do Município de Frecheirinha, segundo o Censo de 2000, é de 11.832 habitantes com população estimada de 13.389 habitantes no ano de 2008. A densidade demográfica é de 86,43 hab/km² apresentando uma taxa de urbanização de 54,62%. A Sede do Município conta com abastecimento de água (CAGECE), fornecimento de energia elétrica (COELCE), serviço telefônico (TELEMAR), agência de correios e telégrafos (EBCT), serviço bancário (BEC, CAIXA AQUI, BANCOS POSTAL), hospitais, hotel, escolas de ensino fundamental e médio e campus avançado da Universidade Estadual Vale do Acaraú e FACIB. Atualmente, a produção industrial representa a principal fonte de renda e ocupação na cidade, que se destaca como um importante pólo produtor de lingerie de excelente qualidade, exportada para os mais diversos mercados consumidores nacionais e internacionais. São aproximadamente 10 empre-

sas que geram cerca de 400 empregos diretos e outros indiretos. Em 2006, o PIB do Município alcançou R\$ 35.292,000,00 sendo o PIB per capita de R\$ 2.633,00 (IPECE, 2007).





CAPÍTULO 3

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA



Buscando proporcionar maior clareza e entendimento sobre os assuntos tratados no trabalho faz-se necessário definir de forma objetiva alguns conceitos que envolvem as ferramentas nele empregadas, como cartografia, sensoriamento remoto e aerogeofísica. E como essas geotecnologias vêm se consolidando e agregando ao conhecimento.

3.1 CARTOGRAFIA

O ser humano trabalha de acordo com suas necessidades, busca reduzir suas limitações e alcançar facilidades para uma vida plena. Uma dessas buscas inclui conhecer o planeta que habita, principalmente por uma questão de sobrevivência. Sabe-se que há séculos, se localizar não era tão simples. Para superar esse problema, o homem passa a criar instrumentos que possibilitem sua orientação, assim surgindo elementos como mapas e bússolas. Logo, tais necessidades convergem para o surgimento da Cartografia.

3.1.1 Mapa Geológico

Em 1815 foi apresentado o Mapa Geral dos Estratos da Inglaterra e do País de Gales, por Willian Smith (1769-1839), um marco na história da geologia, pois se trata do primeiro mapa geológico confeccionado, no qual o autor ordenou as camadas de rochas e as datou com base em fósseis. Em 2008, foi criado o primeiro mapa digital do Planeta Terra, através da reunião de geólogos de 79 países no projeto OneGeology, financiado pela UNESCO, com acesso gratuito para qualquer país, evidenciando a evolução dos mapas geológicos e sua necessidade no mundo moderno.

3.1.2 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento Remoto, de acordo com Colwell (1997), pode ser definido como a arte, a ciência e a tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre objetos físicos do meio ambiente, através do processo de gravação, medição e interpretação de imagens e representações digitais de padrões de energia derivada de sistemas de sensores sem contato direto.

Dessa forma, o Sensoriamento Remoto é uma técnica de obtenção de informações sobre um objeto, uma região, uma feição ou um fenômeno do Planeta, porém sem a ocorrência de contato físico com os alvos.

A radiação eletromagnética (REM) é a energia eletromagnética usada na obtenção dos dados, sendo composta de várias faixas de frequência de ondas de energia, formando o chamado espectro eletromagnético (Figura 5), podendo ser absolvida ou

emitida pelos alvos. Essa interação varia conforme as propriedades de tais alvos e do meio.

Portanto, para que se adquira dados por SR necessita-se de uma fonte de energia, seja natural (sensores passivos) ou artificial (sensores ativos); interações entre a energia e a superfície terrestre; interação da energia com a atmosfera que ela atravessa é um sensor.

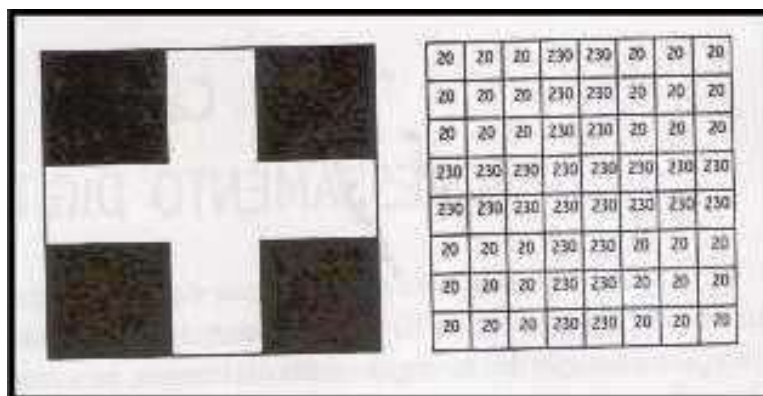
3.1.3 Processamento Digital

Visa fornecer ferramentas que facilitem a identificação e extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. Neste processo são removidos diversos tipos de degradações e distorções que comprometam a extração de informações da imagem.

3.1.4 Estrutura das imagens

Uma imagem digital pode ser considerada como sendo uma matriz quando os índices de linhas de colunas identificam um ponto na imagem e o correspondente valor do elemento da matriz identifica o nível de cinza naquele ponto, conhecido como DN (Digital Number). Os elementos dessa matriz digital são chamados comumente de "pixel" (Figura 8). O DN de uma imagem representa a intensidade de energia eletromagnética (refletida ou emitida) medida pelo sensor, para a área da superfície da Terra correspondente ao tamanho de um pixel. O DN corresponde sempre à média da intensidade da energia refletida ou emitida por diferentes materiais presentes nesse pixel (SANTOS, 2002).

Figura- 8- Exemplo de uma imagem simples (cruz), mostrada a direita em sua forma digital, como uma matriz numérica. Nesta, cada cela ou "pixel" possui uma localização definida por linha e coluna e o valor de cinza correspondente, que varia de 0 (preto) a 255 (branco).



Fonte: Crósta (1993).

3.1.5 Correção Geométrica

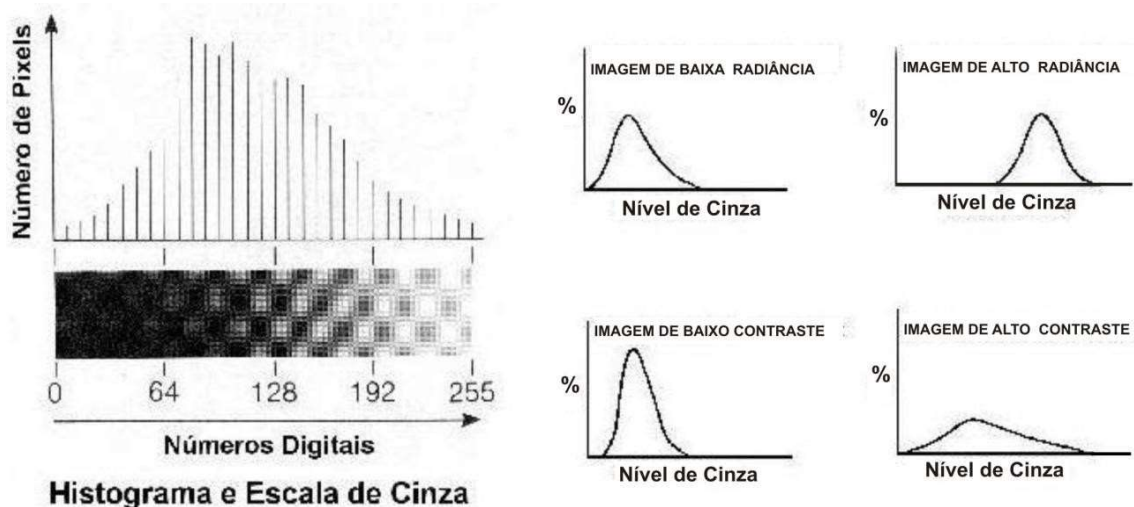
A correção geométrica visa eliminar dois tipos de erros que, frequentemente, ocorrem nos dados de satélites: os devido ao movimento do satélite e aqueles determinados pela curvatura da Terra. Além desses, ocorrem também, os erros ditos panorâmicos, causados pelo tamanho dos pixels fora do nadir (visada na perpendicular). Em outras palavras, a correção geométrica pode ser entendida como a transformação dos dados de sensoriamento remoto, de tal modo que eles adquiram as características de escala e projeção próprias de mapas (MATHER, 1987).

3.1.6 Histograma da Imagem

A distribuição dos DN's de uma imagem são representados por um histograma, que informa quantos pixels na imagem possuem cada valor disponível de DN, ou qual a proporção da imagem corresponde a cada valor possível de DN (SANTOS, 2002).

Durante o processamento são considerados os tons de cinza como DN's de cada *pixel* de uma imagem, o que significa dizer que quanto maior o espalhamento do DN, mais tons de cinza, logo maior contraste da imagem (Figura 9).

Figura- 9- Histograma e suas características para diferentes imagens.



Fonte: site do Labgis, UERJ.

3.1.7 Composição colorida

O artifício cor é de total relevância em se tratando de sensoriamento remoto, já que este permite uma melhor identificação e distinção entre os alvos, aumentando a acuidade do sistema visual humano.

Associando cores primárias (vermelho, verde e azul) às informações espectrais, contidas em três bandas quaisquer dos sistemas sensores, obtem-se uma composição colorida, a chamada composição RGB (do inglês, red, green e blue), como por exem-

plo, a associação comum, da banda 3 com a cor vermelha, da banda 4 com a cor verde e da banda 5 com a cor azul.

3.1.8 Filtragem

A filtragem espacial é uma técnica utilizada para atenuar os efeitos dos ruídos existentes em uma cena imageada (ruídos de diferenças de sensibilidades dos sensores e de erros na transmissão do sinal) utilizando-se, neste caso, os filtros denominados de passa-baixa. O produto final após o uso dos filtros passa-baixa é uma diminuição da variação dos níveis de cinza da cena, usando-se os filtros passa-alta para realçar regiões de transição dentro de uma cena (realce de borda). As filtrações espaciais também proporcionam uma alteração no contraste das imagens (SANTOS, 2002).

3.1.9 Classificação de imagens

O principal objetivo é distinguir e identificar, através das composições, as diferenças entre os materiais superficiais, quer sejam eles do tipo de vegetação, padrões de uso do solo ou outros.

A classificação automática de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto diz respeito à associação de cada pixel da imagem a um “rótulo” descrevendo um objeto real (vegetação, solo, água etc). Desta forma os valores numéricos (DNs) associados a cada pixel, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esse pixel são identificados em termos de um tipo de cobertura da superfície terrestre imageada, chamadas então de temas. Pode-se dizer assim, que uma imagem de sensoriamento remoto classificada é uma forma de mapa digital temático (SANTOS, 2002).

3.2 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS

Nesta etapa de análise e interpretação de dados, são utilizadas principalmente técnicas visuais, sendo necessário atentar para questões como: época da obtenção de imagens de satélite, tipo de produto, bandas espectrais e escala das imagens.

No presente trabalho, a análise e interpretação das imagens atenta para o entendimento geológico da área, no que diz respeito a identificação de limites litológicos e realce de feições, principalmente de ordem estrutural, para posterior integração de dados, juntamente com imagens aerogeofísicas.

3.3 AEROGEOFÍSICA

Sabe-se que as variações nos campos físicos podem ser também observadas em ar, por meio dos levantamentos aéreos, o que compõe a vertente conhecida como Aerogeofísica.

As tecnologias aerogeofísicas surgiram na década de 1940 com o primeiro sistema aeromagnético com finalidades militares. No Brasil, o primeiro levantamento aéreo data de 1953, em São João Del Rei (MG) em busca de urânio. Com a evolução dos sensores, dos sistemas de navegação, da eletrônica digital e da informática, a aerogeofísica ganhou profundidade, precisão e rapidez, tornando-se uma ferramenta fundamental para reduzir riscos exploratórios e gerar avanço no conhecimento geológico (BOLETIM SBGf n.2 /2007).

3.3.1 Magnetometria

A magnetometria estuda as distorções do campo magnético terrestre que são causados pelas diferentes concentrações de minerais magnéticos nos materiais geológicos, aferindo a susceptibilidade magnética presente em alguns minerais, como por exemplo, a magnetita, ilmenita e pirrotita, permitindo o cálculo do campo magnético de uma superfície isolada.

O campo magnético compreende três componentes principais: o campo geomagnético (principal), o campo magnético anômalo (< 1%), e o campo externo (fontes externas).

O campo geomagnético recebe sua maior influência da contribuição do núcleo da Terra, não sendo útil ao mapeamento, já que apresenta valores de fontes muito profundas e torna-se necessário retirar sua influência subtraindo o *IGRF

-International Geomagnetic Reference Field; o campo magnético anômalo corresponde as variações locais nas rochas e na assembléia mineral da crosta próxima à superfície que produzem perturbações locais que são as anomalias de interesse para a exploração mineral (RIBEIRO, 2002); o campo externo, originado fora da crosta terrestre, está associado principalmente a correntes elétricas nas camadas ionizadas da atmosfera devido à interação com os ventos solares.

A magnetização das rochas, advinda dos minerais magnéticos, pode ser causada por uma magnetização induzida, quando provocada pelo campo atual da Terra, ou por uma magnetização remanescente, quando o material magnético é resfriado abaixo de sua temperatura Curie** na presença do campo magnético.

A susceptibilidade magnética é a medida do grau a qual uma substância pode ser magnetizada por indução no campo magnético terrestre. Os materiais que apresentam uma susceptibilidade magnética muito fraca e em sentido oposto ao campo externo são os diamagnéticos, os materiais com atração fraca são os paramagnéticos e os materiais com forte atração são denominados ferromagnéticos (BLAKELY, 1996).

3.3.2 Gamaespectrometria

A desintegração de elementos radioativos decorre da instabilidade do núcleo do átomo que libera energia através da emissão de partículas alfa (α), beta (β) e radiação gama (γ).

Os dados gamaespectrométricos são obtidos justamente a partir dessa radiação gama (γ), com capacidade de penetração de aproximadamente 30cm de profundidade. Os elementos potássio (K), tório (Th) e urânio (U) são as principais fontes de radiação gama (γ), já que compõe rochas de diversos tipos e produzem radiação com energia e intensidade suficiente para serem medidos na altitude em que são feitos os levantamentos aéreos.

Embora tais dados se mostrem eficientes e importantes para a construção do entendimento geológico, é necessário tratá-los com bastante acuidade, haja vista que vários fatores podem influenciar na medição da radiação emitida contribuindo para uma interpretação equivocada.

3.4 SIG (SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA)

O geoprocessamento pode ser entendido como a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados obtidos de objetos ou fenômenos geograficamente identificados ou extrair informações desses objetos ou fenômenos, quando eles são observados por um sistema sensor. Sua aplicação abrange diversas áreas do conhecimento, inclusive a Geologia.

O SIG (Sistema de Informação Geográfica) pode ser definido como um conjunto de ferramentas utilizadas para realizar o geoprocessamento, que apresenta como características principais:

- Permite inserir e integrar numa única base de dados (banco de dados) informações espaciais provenientes de diversas fontes, como cartografia, imagem de satélite, dados censitários, dados de cadastro rural e urbano, dados de rede e MNT (Modelo Numérico de Terreno).
- Oferece mecanismo para combinar várias informações através de algoritmos de manipulação e análise, bem como de consulta, recuperação, visualização e plotagem do conteúdo dessa base de dados georreferenciados.

Para Souza Filho & Crosta 2003 os modelos de análise espacial desenvolvidos em Sistemas de Informações Geo-Referenciadas (SIGs) visam combinar dados espaciais para descrever e analisar interações, de modo a fazer previsões por meio de modelos prospectivos empíricos, que forneçam apoio para a definição de sítios de maior potencial para a ocorrência de depósitos minerais, ou de outros fenômenos geológicos.



CAPÍTULO 4

MATERIAIS



4.1 DADOS CARTOGRÁFICOS

4.1.2 Topográficos

Utilizou-se a base planialtimétrica da Folha Frecheirinha (Figura 16), em escala de 1:100.000, disponibilizada tanto em formato analógico pelo IBGE/SUDENE, como em formato digital, pelo IPECE, no site (<http://www.ipece.ce.gov.br/>).

4.1.3 Mapeamentos Geológicos pré-existent

Tais dados foram adquiridos e catalogados do acervo técnico relativo a disciplina Estágio de Campo II, especificamente ao Projeto Mucambo/1993, realizado pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (IG/UFGA).

Além destes o Mapa Geológico do Ceará produzido pela CPRM (2003) foi utilizado como referência juntamente com as bibliografias levantadas sobre a área.

4.1.4 Dados De Sensoriamento Remoto

Os dados de sensoriamento remoto são representados pelas imagens do Radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e pelas imagens Landsat TM.

Do sensor TM-Landsat 5 foi utilizada a cena da órbita/ponto 218/063, adquirida em 06 de novembro de 1984.

4.1.5 Dados Aerogeofísicos

Foram usadas imagens aeromagnetométricas e aerogamaespectrométricas cedidas pela CPRM, obtidas através do Projeto Acaraú, levantadas em 1974, cujos detalhes estão descritos a seguir:

Projeto: RIO ACARAU Código: 1022

1. Limites aproximados:

Latitudes (Min/Max): $-04^{\circ} 30'$ / $-02^{\circ} 46'$

Longitudes (Min/Max): $-41^{\circ} 30'$ / $-4^{\circ} 02'$

Originalmente, devido as bases cartográficas disponíveis o levantamento foi dividido em 2 (duas) subáreas: A primeira delimitada pelas longitudes $-41^{\circ} 30'$ $-41^{\circ} 00'$ e a segunda subárea delimitada pelas longitudes $-41^{\circ} 00'$ $-40^{\circ} 00'$.

2. Época do levantamento:

Subárea 1:

23/08/1975 - 08/12/1975

Subárea 2:

22/08/1975 – 12/12/1975

3. Aeronaves utilizadas: 1

Aeronave Islander prefixo PTK-KAB05

Numeração dos perfis:

Line 12 a 1671 tie 9011 a 9301 ($335 + 19 = 354$ perfis)

- Subárea 1:

line 12 a 561 tie 9011 a 9111 ($111 + 8 = 119$ perfis)

- Subárea 2 :

line 562 a 1671 tie 9211 a 9301 ($224 + 11 = 235$ perfis) 06 - Espaçamento entre perfis de medida (line): 1 km

- Direção das linhas de medida: Norte-Sul
- Intervalo de amostragem: 2 segundos (aproximadamente 110 m) 09 - Magnetômetro: Geometrics G-803
- Gamaespectrômetro: Exploranium DIGRS-3001
- Volume dos cristais detectores: 830,94 polegadas cúbicas. (cristais de iodeto de sódio ativado por Tálcio)

Vale ressaltar que neste trabalho não houve pré-processamento, processamento de dados, ou qualquer tipo de tratamento das imagens, sendo que esta parte já foi realizada e concedida por Santos (2009).

Dos produtos magnetométricos foram aproveitadas as imagens do Campo Magnético Anômalo (CMA), da Primeira Derivada Vertical (DZ) e a Amplitude do Sinal Analítico (ASA), enquanto dos produtos gamaespectrométricos, as dos canais de potássio (K), tório (Th), urânio (U), contagem total (CT) e a composição ternária RGB. (Todas essas imagens serão expostas no capítulo de metodologia)





CAPÍTULO 5

METODOLOGIA



5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Como artifício essencial na execução de qualquer trabalho, neste a pesquisa bibliográfica é contínua, utilizada não apenas como subsídio para o entendimento do contexto regional no qual se insere a área piloto, mas auxiliando também nas fases interpretativas e conclusivas que compõem o estudo.

5.2 COMPOSIÇÃO DO BANCO DE DADOS EM MEIO DIGITAL

Após o resgate do acervo se fez necessário o armazenamento dos dados recuperados, ou seja, a composição de um banco de dados em meio digital. Para tal, foram retiradas informações existentes nos relatórios da disciplina Estágio de Campo II- Projeto Mucambo (1993), que contém desde dados logísticos a geológicos, porém vale ressaltar que muitos destes materiais foram extraviados ou estão em péssimas condições.

Os vetores tais como rodovias, estradas, drenagem, açudes, entre outros, foram repassados para as imagens do Mosaico Geocover 2000, onde foram editados novamente, permitindo mudança na posição desses objetos ou acréscimos de mais elementos. Os mapas dos estágios encontrados também foram georreferenciados e digitalizados para posterior comparação com outras informações já vetorizadas.

5.3 IMAGENS DE SENSORES REMOTOS

Além do recorte da cena Geocover, utilizado para vetorização e ajuste de informações, outros produtos de sensores remotos (imagens do radar SRTM e Landsat TM) foram fundamentais na execução do trabalho, os quais por meio da análise visual contribuíram principalmente na interpretação de porções onde ficaram eventuais lacunas, ou seja, não cobertas por dados de campo. O uso da imagem de radar SRTM disponível na internet gratuitamente, possibilitou a confecção do Modelo Digital de Terreno (MDT), juntamente com as curvas de nível com equidistância de 20 metros, contribuindo principalmente na extração de informações de cunho geomorfológico.

5.4 PRÉ-PROCESSAMENTO E PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS LANDSAT/TM.

As imagens Landsat/TM foram processadas e interpretadas a fim de se obter informações de cunho geológico, atentando para aspectos texturais e estruturais destacados nas formas de relevo, indicadores tanto da composição litológica como das estruturas geológicas presentes no substrato.

Embora no geral as imagens Landsat-ETM apresentem vantagens em relação a Landsat 5-TM, para este trabalho optou-se pela utilização desta última, já que na área piloto as imagens ETM estavam com a qualidade comprometida pela presença de nu-

vens. As imagens Landsat 5-TM são disponibilizadas gratuitamente na internet, e são compatíveis com a escala de trabalho proposta.

Para o recobrimento da área de trabalho utilizou-se apenas uma cena do Landsat 5-TM (WRS 2: 218/063 de 06/11/1987). A partir da qual as imagens obtidas para as bandas 1, 3, 4, 5 e 7 foram tratadas.

Tais imagens de bandas foram reduzidas a um único arquivo, a partir do qual foi limitada e recortada a área de interesse .

a. Correção atmosférica

A correção atmosférica é uma medida realizada a fim de corrigir distorções espectrais causadas pelo espalhamento da radiação eletromagnética devido a sua interação com a atmosfera, ou seja, que dependendo do comprimento de onda (λ), a atmosfera interfere na resposta espectral dos alvos, modificando o valor dos *pixels*.

b. Aplicação de realce de imagem

Realizadas tais correções, buscou-se ressaltar as informações geológicas e estruturais, fazendo uso de técnicas de realce, para melhorar as imagens que apresentam um contraste espectral de baixa qualidade.

As filtragens são muito utilizadas para realçar bordas, feições lineares e padrões de textura. Isso é feito através da supressão ou realce de determinadas frequências espaciais (IBGE 2001).

c. Análise e interpretação das bandas individuais

Após a iniciativa de melhorar a qualidade das imagens, tem lugar a fase de análise e interpretação das bandas individuais, no caso, a 4, 5 e 7. Estas foram escolhidas por serem as mais indicadas no caso de aplicações geológicas (LILLESAND; KIEFER, *apud* SulSoft (2000).

A análise individual dessas bandas, de forma discriminada, favoreceu a separação de algumas feições ocorrentes na região (Figuras 22, 23 e 24).

Figura 22- Banda 4 do Landsat TM, com destaque em azul para diferenciação de texturas e em vermelho na identificação de estruturas.

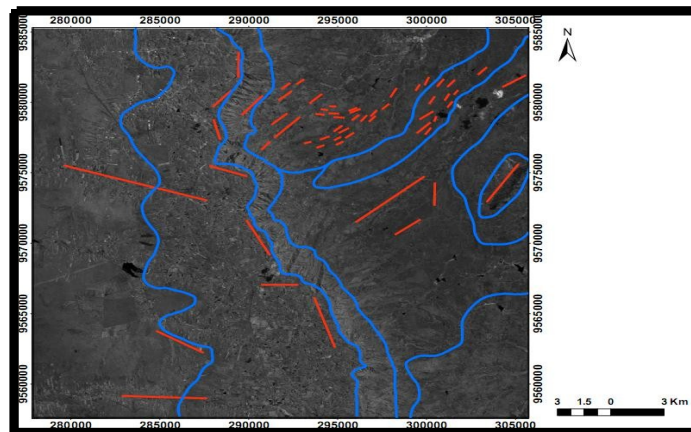


Figura 23- Mapa da banda 5 do Landsat/TM com contraste gaussiano novamente se destacando diferenças texturais (em vermelho) e a presença de estruturas (em azul).

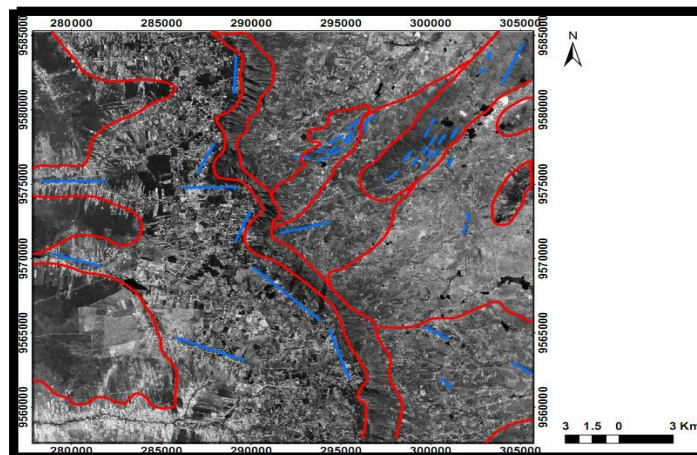
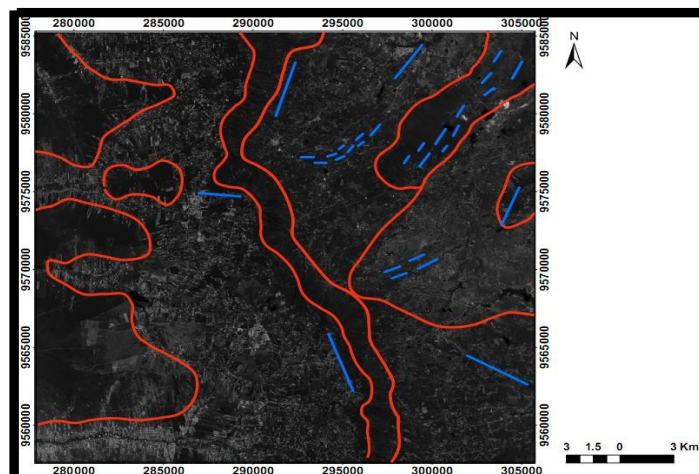


Figura 24- Mapa da banda 7 com contraste gaussiano, no qual são limitados domínios texturais (em vermelho) e destacadas estruturas.



A partir dessas bandas individuais foi possível observar certas repetições texturais e relacionar com os dados geológicos pré-existentes, como é o caso da borda da

Bacia do Parnaíba, que ocupa a porção oeste da área, e é bastante perceptível, principalmente por sua amplitude. Na parte leste, destacam-se o morro residual de direção NE-SW correspondente a Serra do Carnutum, representante do Granito Mucambo, e uma faixa alongada de mesma direção, associada às ardósias da Formação Caiçaras, do Grupo Ubajara, na qual também se atenta para as estruturas, já que dados da literatura indicam a ocorrência de uma zona de cisalhamento.

d. Análise e interpretação de composições coloridas

As permutações de composições coloridas geram imagens variadas e possibilitando comparações. Dentre as composições coloridas efetuadas destacaram-se, a RGB-345, RGB- 543, RGB- 435, RGB- 574 e RGB- 752 (Figuras 25 a 29), as quais, foram inseridas transformações lineares (Ajuste Linear de Contraste) e não lineares de contraste (Gaussiano e Equalização de histograma). As variações de composições coloridas mostram de forma melhorada o que já se observou nas bandas individuais. Além da identificação da Bacia do Parnaíba, fica mais evidente a tendência de organização NE-SW das demais unidades, e a presença de foliações incipientes, no centro superior da área.

5.5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DA RAZÃO ENTRE BANDAS

Para tornar cada vez mais expressivas as diferenças espectrais dos alvos, foram incluídas ainda, imagens RGB resultantes das razões entre as bandas, sendo elas, (5/7; 5/3; 7/4) e (7/5; 5/4; 4/7), observadas nas figuras 30 e 31, respectivamente.

Nessas imagens também são evidenciadas as feições anteriormente destacadas, porém, na figura 29, nota-se uma mudança textural mais incisiva que permitiu identificar a unidade dos depósitos coluvionares no sopé da Serra da Ibiapaba, e ainda, no eixo leste-sudeste da área um domínio diferenciado, correlacionado a unidade do Granito Mucambo.

Figura 30- Mapa da imagem RGB das razões entre bandas (5/7; 5/3; 7/4).

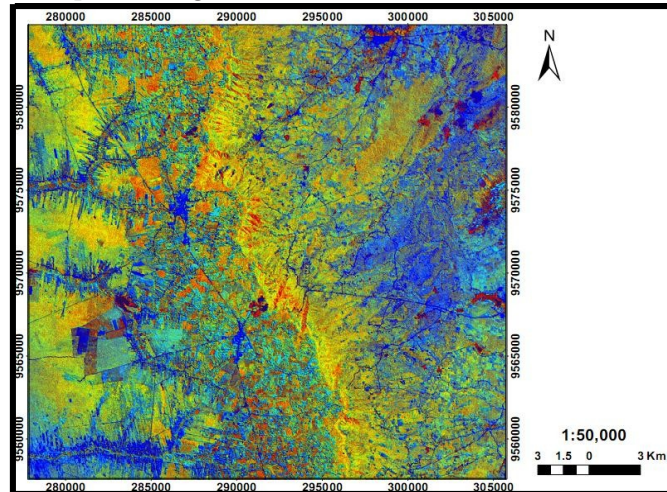
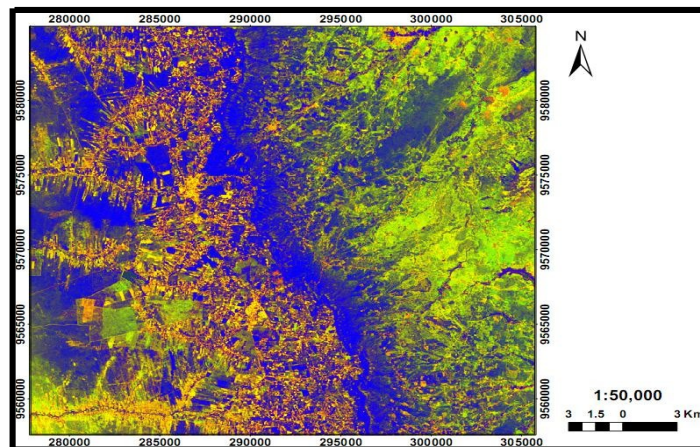


Figura 31- Mapa da imagem RGB das razões entre bandas (7/5; 5/4; 4/7).



5.5.1 Análise de imagens do espaço IHS

As imagens IHS representam uma composição alternativa ao conhecido RGB. No espaço IHS, as cores são definidas por três atributos: Intensidade (*Intensity-I*), Matiz (*Hue-H*) e Saturação (*Saturation-S*), diferente do espaço RGB, onde são usadas as cores primárias.

Nesta parte do processamento, as imagens RGB foram transportadas para o espaço IHS, e assim modificadas, permitindo a inserção de contrastes nos canais produzidos, para o então retorno ao espaço RGB, com a apresentação dos produtos alcançados. Para a área de trabalho foram destacadas as composições com as bandas 3,4 e 5 (Figura 32), 4, 1 e 3 (Figura 33) e 7, 5 e 2 (Figura 34).

Figura 32- Mapa da imagem da transformação IHS nas bandas 3,4 e5.

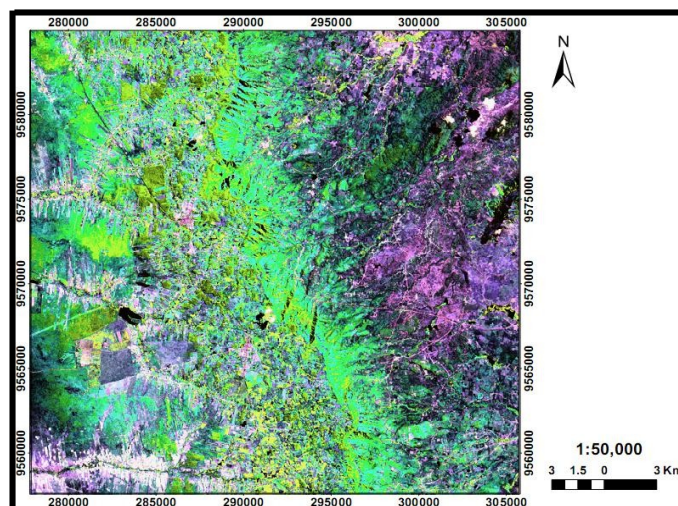
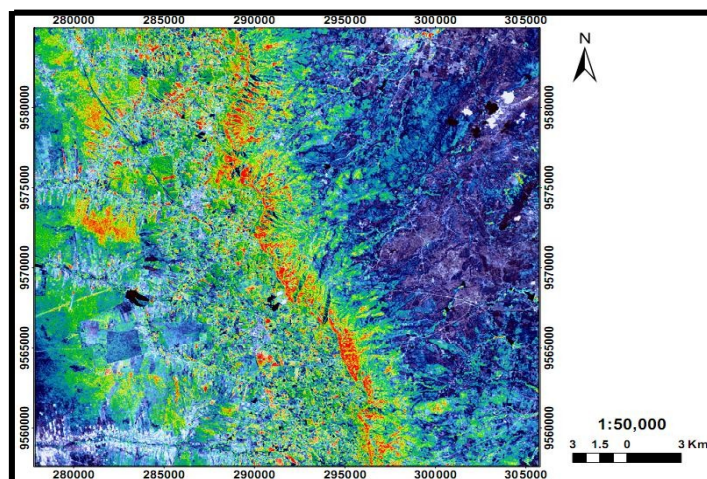


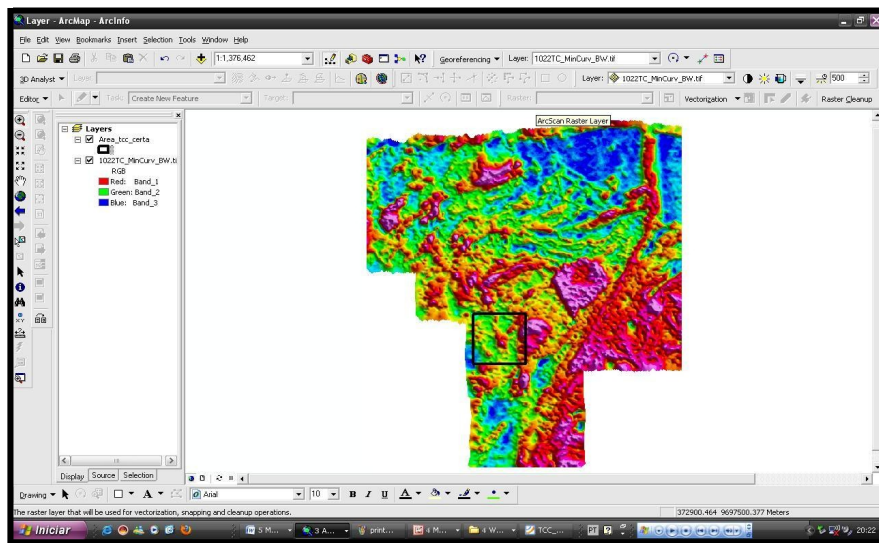
Figura 33- Mapa da imagem da transformação IHS nas bandas 4, 1 e 3.



5.6 AEROGEOFÍSICA

Após o uso das imagens de satélite, recorreu-se aos dados aerogeofísicos como ferramenta de auxílio na confecção do mapa geológico final. Como já foi dito, as imagens apresentadas foram cedidas por Santos (2009). O que foi feito condiz apenas com o recorte e georreferenciamento de algumas imagens da área de interesse (através do *software* ArcGis 9.3), a partir de mosaicos da área original do projeto (Figura 35), para posterior análise e integração.

Figura 35- Imagem aérea de dados gamespectométricos de Contagem Total (CT) do Projeto Rio Acaraú, com destaque para o recorte da área de trabalho.



5.6.1 Análise dos dados magnetométricos

As imagens aeromagnetométricas são produtos gerados com o intuito de permitir uma melhor visualização das anomalias e realçar mudanças bruscas das propriedades físicas das unidades geológicas.

As imagens aproveitadas foram do **Campo Magnético Anômalo (CMA)**, que auxilia na interpretação da estruturação da área de trabalho (Figura 36), a da **Primeira Derivada Vertical (DZ)**, que mede a taxa de variação do campo magnético anômalo à medida que se distancia ou se aproxima verticalmente da fonte causadora (BLAKELY, 1996), onde o realce das altas frequências pode ajudar na definição de feições superficiais, contatos, descontinuidades e lineamentos (Figura 37), e por fim, a imagem de **Amplitude do Sinal Analítico (ASA)** que apresenta uma assinatura localizada das fontes magnéticas, realçando as bordas dos corpos largos e o centro dos corpos estreitos, independente das direções magnéticas da fonte e do campo magnético da Terra (BLUM et al. 1999), dessa forma contribuindo na representação de contatos (Figura 38).

Figura 36- Mapa do Campo Magnético Anômalo micronivelado da área de trabalho.

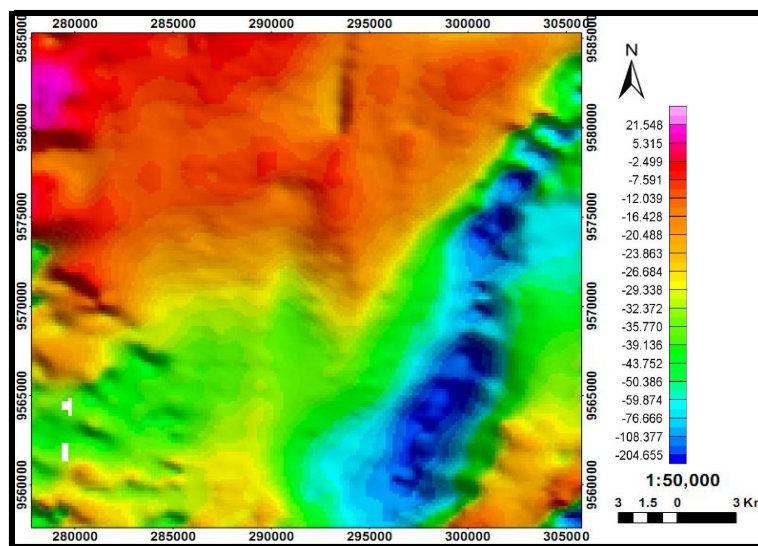


Figura 37- Mapa Magnetométrico da Primeira Derivada Vertical (DZ).

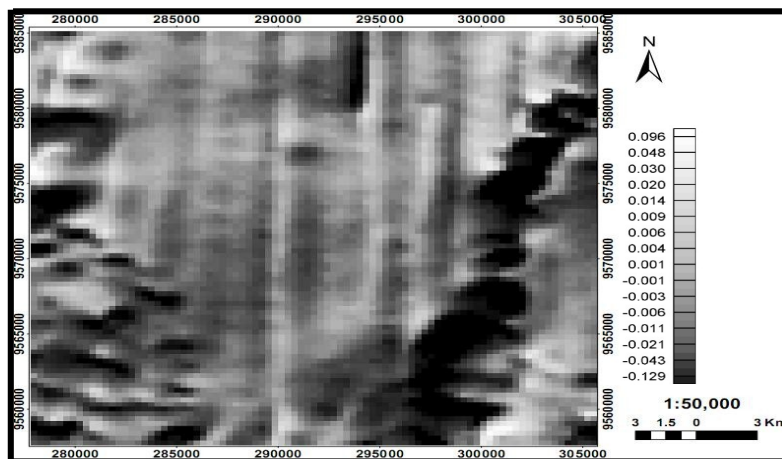
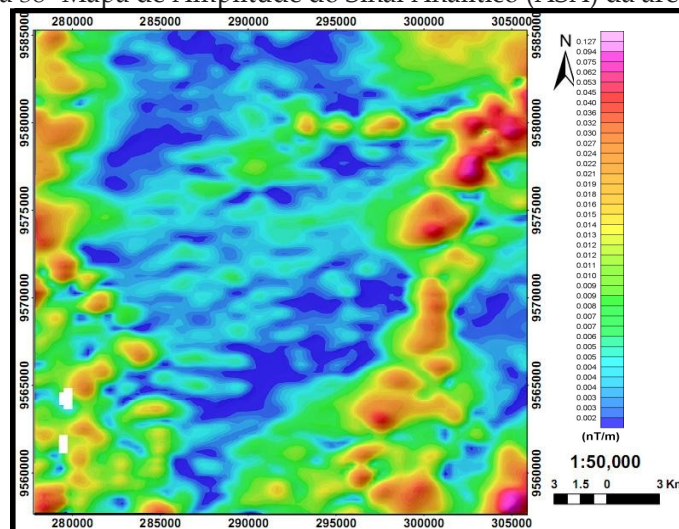


Figura 38- Mapa de Amplitude do Sinal Analítico (ASA) da área piloto.







CAPÍTULO 6

RESULTADOS



6.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DADOS MAGNETOMÉTRICOS

Foi possível a individualização de três domínios magnéticos (Figura 39) por meio da imagem de amplitude de sinal analítico, da qual juntamente com a imagem do campo magnético anômalo foram extraídos os principais lineamentos magnéticos estruturais observados na área de estudo (Figura 40).

Figura 39- Mapa de domínios individualizados a partir da imagem de amplitude do sinal analítico (ASA), referente a área de trabalho.

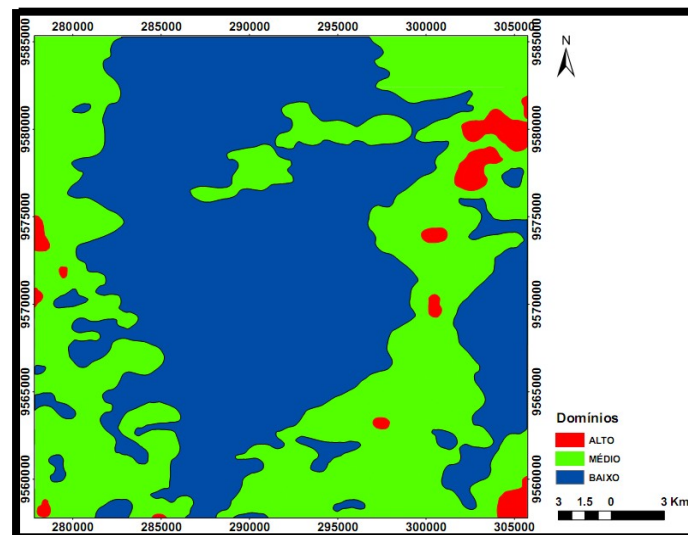
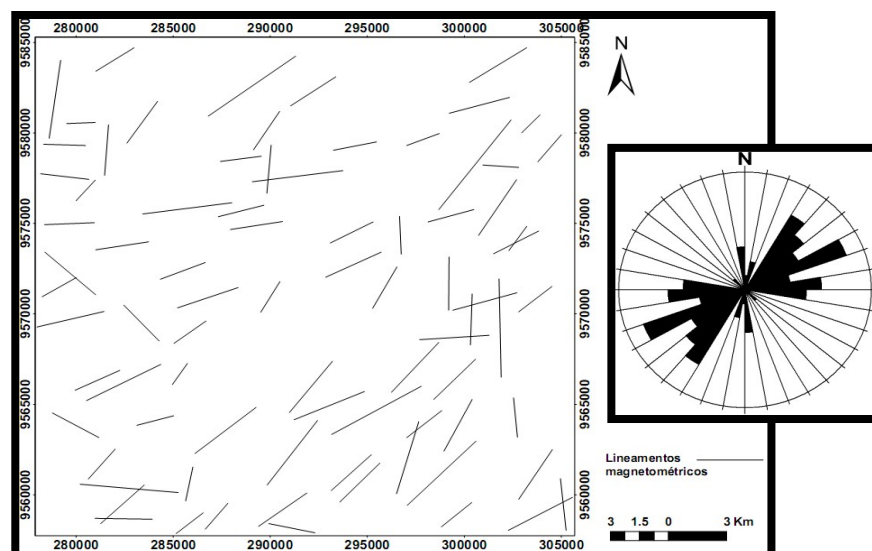


Figura 40- Lineamentos magnetométricos interpretados a partir das imagens do campo magnético anômalo (CMA) e da amplitude de sinal analítico (ASA), juntamente com a rosácea derivada representando os máximos direcionais para NE-SW.



As zonas consideradas baixas ($0,002 - 0,011$ nT/m) são as mais significativas da área, ocupando a porção centro - norte, afunilando já a sul, com uma parte separada a leste. Correspondem as rochas sedimentares do Grupo Serra Grande (Bacia do Parnaíba), as seqüências metassedimentares do Grupo Ubajara, representados por meta-

calcários, metarenitos, metassiltitos, ardóseas, lentes de quartzitos, além de parte do Granito Mucambo.

Os valores considerados médios (0.012 – 0.036 nT/m) ocorrem em geral em contato com os baixos valores de gradiente magnético, mostrando-se associados a borda do Granito Mucambo, as rochas metassedimentares da Formação Trapiá, a porção mais oeste da Bacia do Parnaíba, e na parte NE, com os calcários e metacalcários da Formação Frecheirinha.

As zonas de altos valores (0.037 - 0.127 nT/m) estão restritas ao interior das zonas de médios valores. São as menos representativas, dispostas na forma de pequenos corpos circulares irregulares. Na parte extremo SE da área, essas zonas estão associadas aos conglomerados polimíticos compostos por fragmentos de rochas da Formação Massapê, que tem o contato bem marcado com o Granito Mucambo pela Falha Café-Ipueiras, enquanto que a NE, esses corpos possivelmente representam rochas de uma zona de hornfels (com biotitas, anfibólios e piroxênios) gerada pela intrusão do Granito Mucambo em contato com os metarenitos da Formação Trapiá.

Em relação aos lineamentos magnéticos interpretados, estes foram extraídos das três imagens observadas, referentes ao campo magnético anômalo, a amplitude do sinal analítico e a primeira derivada vertical (z).

Foram observados lineamentos cujo *trend* principal é NE-SW coincidente com o comportamento regional. No setor leste da área, as estruturas demarcam fortemente o contato magnético do Granito Mucambo, seja a oeste como a Formação Trapiá, seja a sudeste, com a Formação Massapê.

Por fim, compreende-se que as respostas magnéticas não fundamentam separação de unidades ou litotipos específicos, mas contribuem na delimitação de corpos e na identificação de estruturas.

6.1.2 Análise dos dados gamaespectrométricos

Os dados aéreos de gamaespectrometria ajudam principalmente na diferenciação de litotipos, contribuindo para a separação das unidades da área de trabalho.

As imagens empregadas para análise e interpretação foram: os canais individuais de K (potássio), Th (tório) e U (Urânio), contagem total (CT) e a composição ternária RGB.

Canal de Potássio: O canal de Potássio representa o elemento de maior abundância entre os três elementos radiométricos analisados, pois o K está presente em prati-

camente todas as rochas, mas principalmente nas graníticas, podendo ser facilmente lixiviado e transportado.

Canal de Tório: O tório é o elemento mais inerte dos três radioelementos. Ao mostrar-se mais enriquecido que os demais pode caracterizar regiões de intemperismo químico mais atuante.

Canal de Urânio: O Urânio é o elemento de menor concentração. Quando ocorre em ambientes oxidantes é solúvel, formando minerais com óxido de ferro e carbonatos.

Contagem Total: Compreende a medida de toda radiação gama de um levantamento gamaespectrométrico. Potássio, urânio e tório são elementos que ocorrem com radioisótopos que produzem raios de energia e intensidade suficiente para serem medidas em espectrômetros de raios gama com cada um associado a um pico (Minty 1997).

Composição Colorida RGB: Representa uma composição em falsa-cor dos canais de potássio, tório e urânio, onde para cada radioelemento é atribuída uma cor, no caso das composições coloridas RGB: o vermelho (R-red) para as rochas ricas em potássio; o verde (G-green) para as rochas ricas em tório; o azul (B- blue) para rochas ricas em urânio; o amarelo para rochas ricas em potássio e tório; o branco para rochas ricas em potássio, tório e urânio; o preto relacionado a ausência dos três radioelementos.

Nas figuras 41, 42, 43, 44 e 45 são mostrados os mapas gamaespectrométricos dos canais: potássio (K), tório (Th), urânio (U), contagem total (CT) e a composição ternária RGB, respectivamente.

Figura 41- Mapa Gamaespectrométrico do canal de potássio do SW da Folha Frecheirinha.

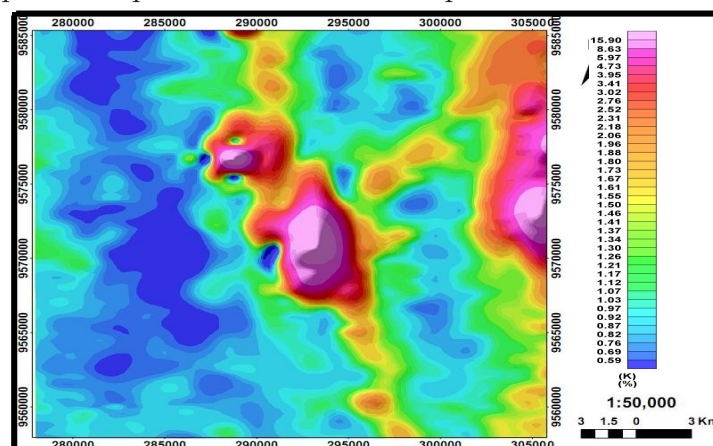


Figura 42- Mapa Gamaespectrométrico do canal de tório da área de trabalho.

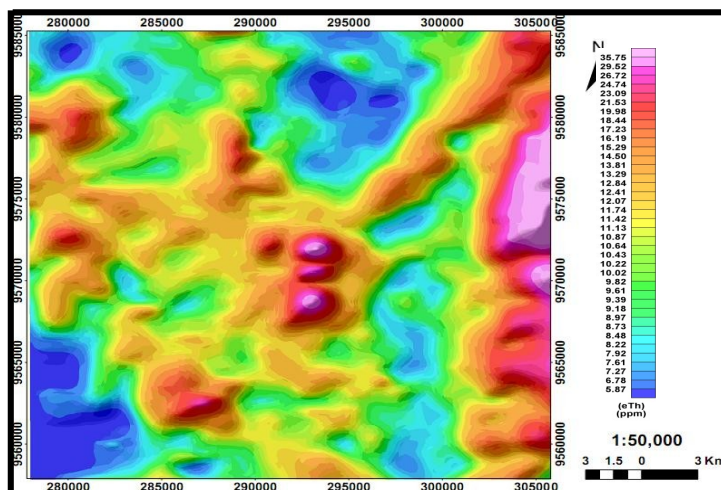


Figura 44- Mapa Gamaespectrométrico do canal de contagem total da área.

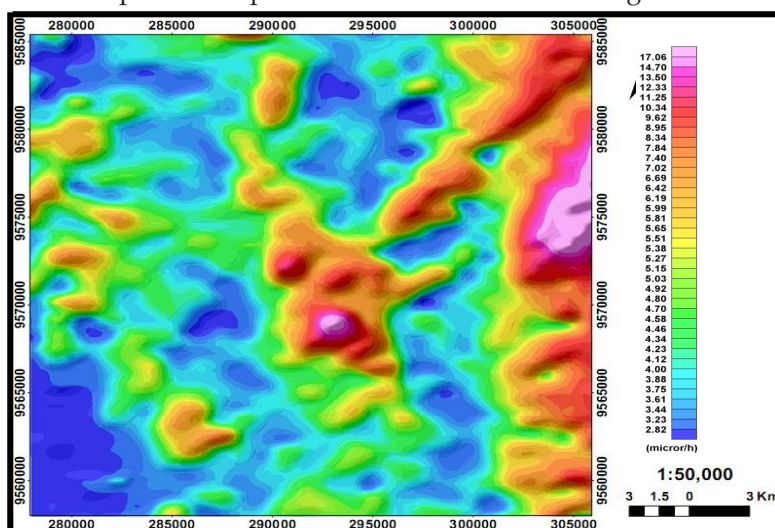
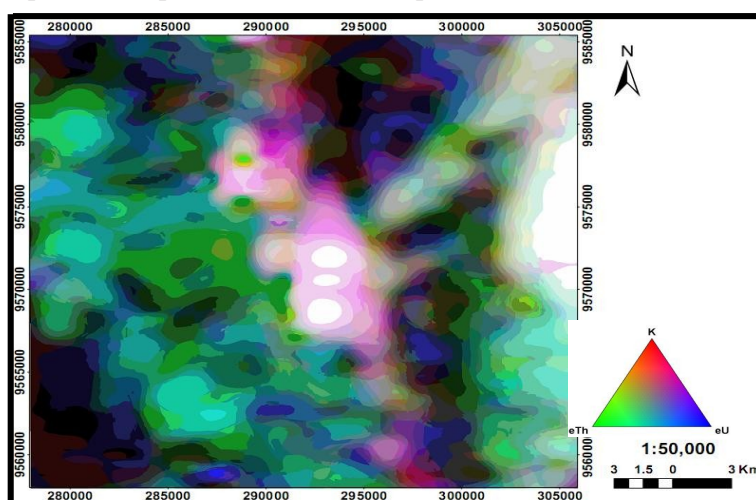


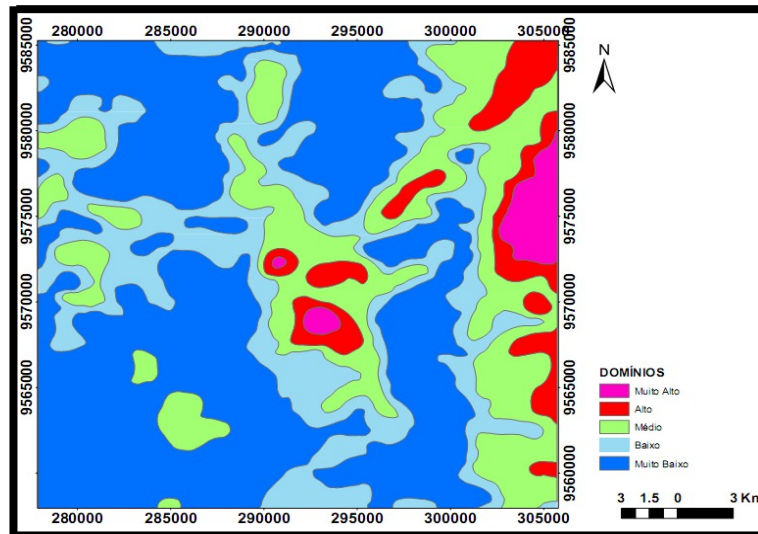
Figura 45- Mapa Gamaespectrométrico da composição ternária RGB da área de trabalho.



6.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DADOS GAMAESPECTROMÉTRICOS

A análise e interpretação dos dados de aerogamaespectrometria permitiram a visualização das diferentes respostas radiométricas, e ainda a confecção de um mapa de domínios (Figura 46) referentes a imagem do canal de contagem total para melhor correlação com as unidades ocorrentes na área.

Figura 46- Mapa de domínios gamaespectrométricos extraídos da imagem do canal de contagem total (CT).



O Granito Mucambo, por exemplo, quando observado na imagem RGB, apresenta coloração branca, o que implica a presença dos três radioelementos (K; Th; U) nas fases minerais ocorrentes nas rochas desse corpo. O potássio vem do k - feldspato e das micas, presentes em fases mais evoluídas, enquanto o urânio e o tório estão presentes em determinados minerais acessórios (zircão e monazita, respectivamente), e sofrem um aumento relativo de suas concentrações conforme o incremento da SiO₂, o que pode ser um indicativo de que na região SW da Folha Frecheirinha, a parte aflorante do Granito Mucambo é marcada por uma fácies de composição mais evoluída. No mapa de domínios o Granito apresenta respostas baixas a muito altas.

Outras respostas positivas, especialmente em relação ao potássio foram verificadas tanto em uma faixa alongada da área de sentido norte-sul, como em outra de sentido centro-nordeste. Nessas situações, tais respostas não representam ocorrências de rochas graníticas.

No primeiro caso, representa os depósitos coluvionares formados por blocos desagregados do Grupo Serra Grande, dispostos no sopé da Serra da Ibiapaba, resultantes da atuação de processos intempéricos e de transporte, o que permitiu a concentração do K e sua associação à estrutura dos argilominerais formados nesses blocos. O

mesmo acontece com o urânio, que segundo Dickson e Scott (1997) pode ser absorvido por argilas e precipitados quando associado a óxidos de Fe e carbonatos aumentando sua concentração próximo à superfície ou nos locais de deposição do material transportado. O Th, mesmo sendo o mais inerte, quando liberado também pode se acumular nas argilas ou em óxidos de Fe e Ti in situ ou no local de deposição (DICKSON; SCOTT 1997). A ocorrência desta unidade é associada a zonas de valores baixos, altos e muito altos.

O outro caso diz respeito a faixa que se estende da parte nordeste até o centro da área, de coloração branca, representada pelas ardósias da Formação Caiçaras, que tem em sua mineralogia muscovita, clorita e quartzo, indicando teores consideráveis de K, Th e U. Esta unidade é representada predominantemente por zonas médias e altas.

Na superfície das rochas sedimentares do Grupo Serra Grande, no setor leste da área, pelas respostas da contagem total, e pela análise individual dos canais, os teores de potássio são relativamente mais baixos que os de tório e urânio, sendo que nas partes noroeste e sudoeste os três elementos quase inexistem. Na imagem ternária a mistura de coloração verde e azul destaca os dois elementos, que podem ser associados ao intenso intemperismo químico, catalisado pelas drenagens circundantes, de forma que o Th e o U foram adsorvidos pelas argilas e reconcentrados nas capas ferruginosas superficiais, as quais os óxidos presentes têm afinidade com os mesmos. Os domínios relacionados a essa unidade são predominantemente de valores muito baixos, com zonas de valores baixos e médios dispersas.

6.3 INTEGRAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Após o estudo particularizado dos dados, buscou-se integrá-los e transformá-los em informações para a composição do mapa final.

Para realização de tal foram utilizadas as imagens radiométricas, (principalmente do canal de contagem total e a ternária-RGB), as imagens TM processadas e os dados geológicos pré-existent, cujas análises individuais foram agregadas em uma tabela informativa (Tabela 6).

Tabela 6- Dados obtidos pela análise e interpretação individual das ferramentas de suporte, organizados em forma de tabela.

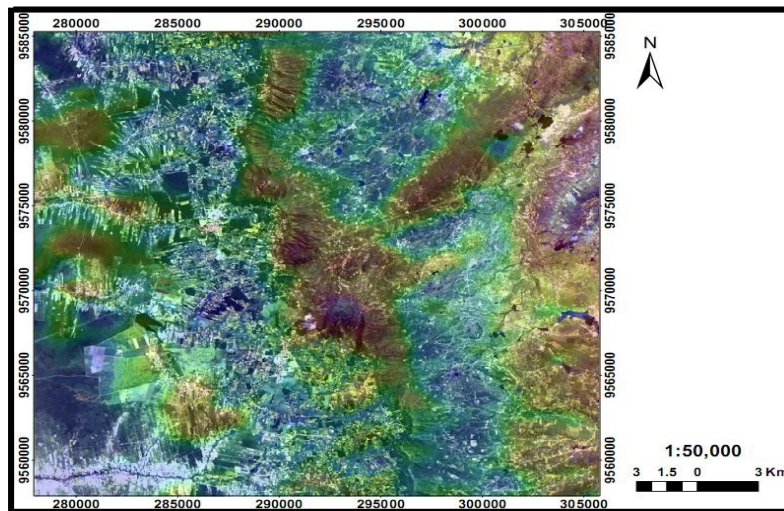
UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	DOMÍNIOS AEROGAMA ABRANGENTES (CANALCT)	DADOS DE CAMPO PRÉ EXISTENTES	DESTAQUE NAS IMAGENS TM	MÉDIAS DE COTAS TOPOGRÁFICAS (m)	
Grupo Serra Grande (Fm. Ipú e Tianguá)	Muito baixo; baixo; médio	Arenitos conglomeráticos com estratificações cruzadas acanaladas (Fm. Ipú).	—	760-950	
		Arenitos quartzo-feldspáticos; pelitos com estratificações cruzadas tabulares (Fm. Tianguá).			
Depósitos Coluvionares	Muito baixo; baixo; médio; alto; muito alto.	Material desagregado acumulado no sopé da Serra da Ibiapaba.	Todas	—	
Granito Mucambo	Muito alto; alto; médio.	Quartzo sienito; Monzogranito; sienogranito.	RGB-752; (5/7, 7/3, 5/4);	160-625	
Grupo	Fm. Coreau	Baixo; muito baixo.	Arenitos arcoseanos e pelitos.	RGB-345 (2%); 752;574.	125-275
	Fm. Fre-	Médio,	Calcários e	—	120-280

Grupo Ubaiara	Fm. Caiçaras	Alto; médio; baixo; muito baixo.	Ardósias alteradas; metassiltitos.	RGB- 543; (5/7, 5/3, 7/4); 435 (2%).	125-300
	Fm. Trapiá	Muito baixo; baixo; médio.	Metarenitos; e metassiltitos.	RGB-752; 754; (7/5, 5/4, 4/7).	125-225

Segundo Vasconcellos et al. (1994 apud CUNHA, 2002), o canal de contagem total, por incluir no seu espectro as radiações correspondentes ao urânio, tório e potássio, apresenta valores maiores de intensidade radioativa e conseqüentemente maior precisão estatística. Deve, por isso, ser preferencialmente utilizado, já que fornece uma correlação melhor com as unidades litológicas que os canais individuais desses radioelementos, favoráveis na definição de tipos de rochas.

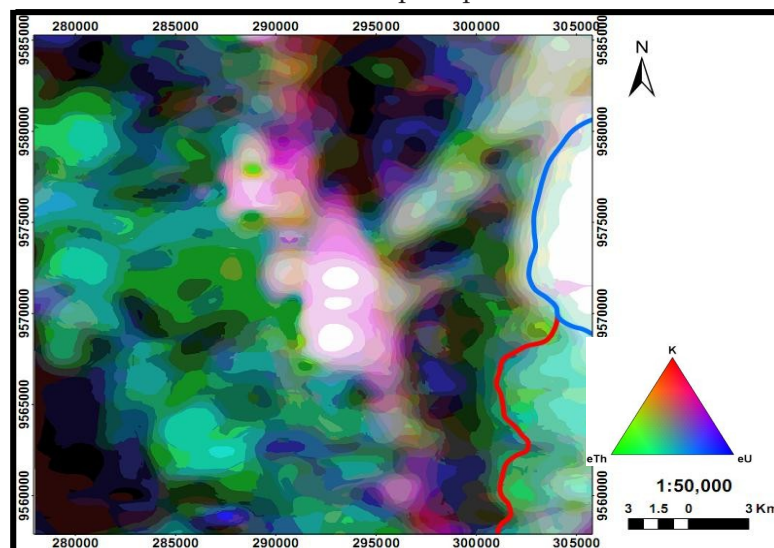
Na imagem a seguir (Figura 47), essa integração permite uma delimitação clara do granito Mucambo, com altos valores radiométricos na parte que representa a Serra do Carnutum. Isso ocorre porque esses elementos radioativos têm mais afinidades com as rochas ígneas ácidas, em detrimento às demais composições, além disso, esses teores apresentam variações em função de características químicas, mineralógicas, petrológicas e estruturais, conforme defende Vasconcellos et al. (1994 apud CUNHA, 2002). No caso do granito Mucambo, essas variações são perceptíveis, já que os valores não são mantidos de forma regular em sua total ocorrência. Em sua extensão na direção sul, os altos teores dão lugar a teores intermediários, evidenciando que os três elementos já não respondem de forma igual.

Figura 47- Mapa da imagem de contagem total sobreposta à imagem TM de composição colorida RGB-752.



A variação composicional é corroborada por dados de campo, os quais defendem uma tendência mais quartzo sienítica para seu centro (Serra do Carnutum), enquanto que nas áreas mais externas essa composição é mais granítica (sieno e monzogranito). Ainda atenta-se para sua porção mais arrasada, marcada por um relevo mais colinoso, formando interflúvios, na qual a imagem ternária (Figura 48) aponta uma resposta diferente, com um enriquecimento relativo de tório e urânio em relação ao potássio, embora a composição granítica seja mantida. Isso talvez ocorra devido o comportamento diferenciado dos três radioelementos no que diz respeito a suas susceptibilidades para redistribuição por processos supergênicos.

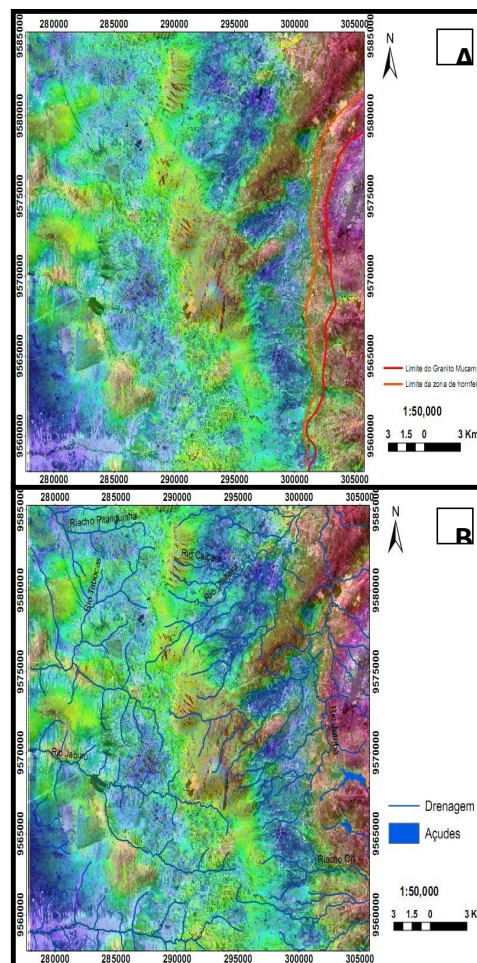
Figura 48- Mapa da imagem ternária destacando os limites do granito Mucambo com suas variações de respostas radiométricas; em azul marcado o limite no corpo onde há respostas semelhantes dos três radioelementos; em vermelho marcado limite do corpo onde tório e urânio são relativamente mais concentrados que o potássio.



A Formação Trapiá do Grupo Ubajara na qual foi atuante o processo de metamorfismo termal, também pôde ser facilmente delimitada. De acordo com dados de campo, os arenitos desta formação, conforme mais próximos da borda oeste do granito ocorrem mais endurecidos e escurecidos, devido a atuação da auréola termal, definindo zonas internas e externas. Essa faixa de hornfels alcança extensões de 500m a 2km, sendo encontrada principalmente nas drenagens do Rio Jatobá. No produto integrado a seguir (Figura 49 A B), esta zona interna é melhor identificada, estando entre os altos valores (Granito Mucambo) e baixos valores (zona externa da Formação Trapiá) das medidas do canal de CT.

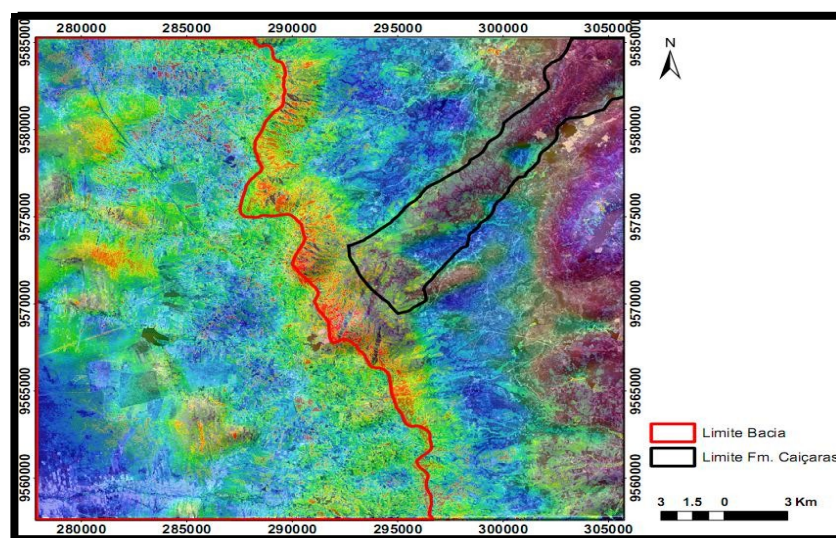
A referência a essa zona é feita mais a critério de entendimento geológico e justificativa para as respostas espectrais e radiométricas das imagens, já que no mapa final não haverá esta separação, apenas do limite do corpo intrusivo com os arenitos da Formação Trapiá, metamorfisados ou não.

Figura 49- Mapas obtidos a partir da integração da imagem do canal CT com a imagem TM produzida na transformação IHS das bandas 3, 4 e 5; no mapa A, destacam-se os limites entre o granito Mucambo e a zona interna composta por hornfels; no mapa B foram inseridos elementos de drenagem, onde é possível identificar o Rio Jatobá, caracterizado pela ocorrência de hornfels em seu leito.



O produto integrado a seguir (Figura- 50) permitiu uma demarcação coerente sobre a quebra positiva da borda da bacia, e como as outras imagens, também ressaltou a faixa de direção NE-SW referente às rochas da Formação Caiçaras. Tais rochas, descritas predominantemente como ardósias, são caracterizadas, em sua maioria, por estarem cataclasadas, condição esta que apóia informações regionais sobre a existência de uma zona de cisalhamento atingindo a área. A resposta positiva do canal de CT pode ser relacionada a isso, já que veios com material quartzo-feldspático se instalam nessas zonas de menor tensão, e de acordo com Darnley e Grasty (1991), o teor de SiO₂ influi nas concentrações dos três radioelementos.

Figura 50- Mapa do resultado da sobreposição da imagem do canal CT sobre a imagem TM processada através da transformação IHS (413), onde se limitou a área de abrangência da borda da Bacia (Grupo Serra Grande) e da Fm. Caiçaras.



Ainda sobre este mesmo produto integrado (Figura 51) foram limitadas as formações Frecheirinha e Coreaú, as quais os baixos valores do canal de CT se assemelham aos da Formação Trapiá. Comportamentos análogos também observados em suas respostas espectrais nas imagens TM, expondo as similaridades entre essas unidades, como o caráter sedimentar e metassedimentar de suas rochas.

No caso das formações Frecheirinha e Coreaú, a principal variação do canal de CT foi causada pelas respostas radiométricas do urânio, como mostra a imagem ternária (Figura 52). Wedepohl (1969) e Gabelman (1977) consideraram que normalmente a concentração de urânio é maior em siltitos e argilitos que em arenitos. Como as duas unidades apresentam litotipos com intercalações de pelitos, essa afirmativa não seria um critério para delimitá-las. Por esse motivo essa diferenciação foi baseada principalmente em informações

Figura 51 - Mapa do resultado da sobreposição da imagem do canal CT sobre a imagem TM processada através da transformação IHS (413), agora com a delimitação das formações Frecheirinha e Coreau.

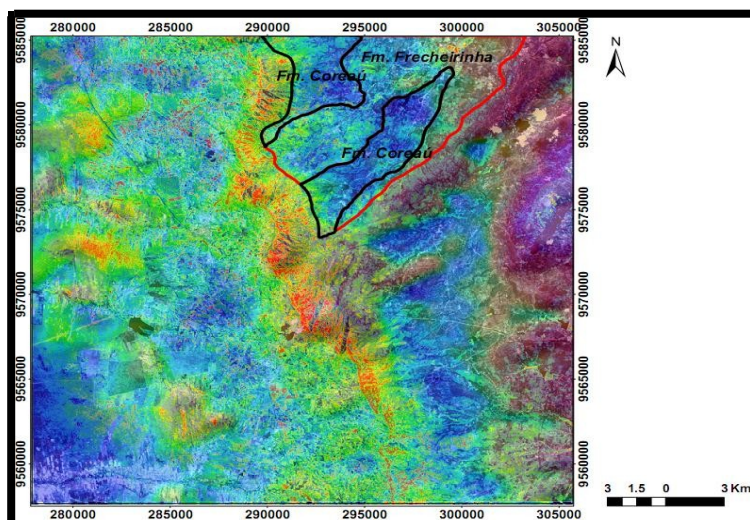
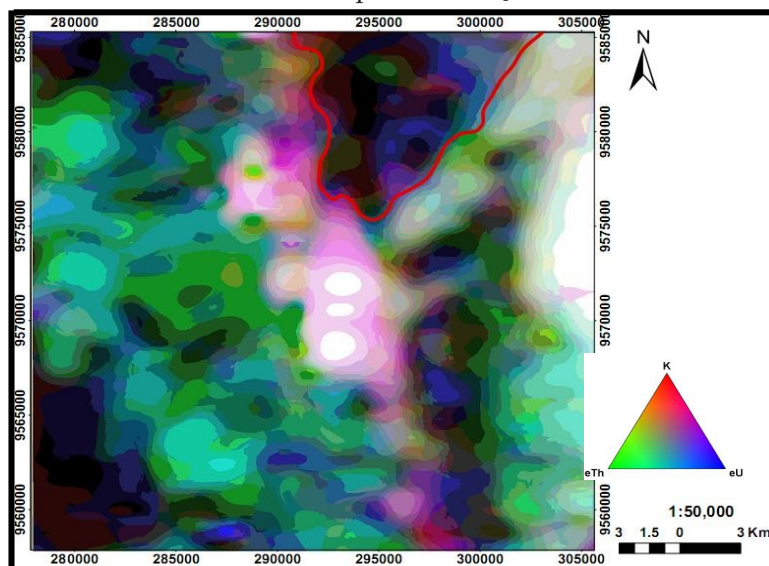


Figura 52- Mapa da composição ternária RGB, delimitando em vermelho a faixa de ocorrência das formações Frecheirinha e Coreau, dentro da qual a coloração azul, referente ao urânio se destaca.

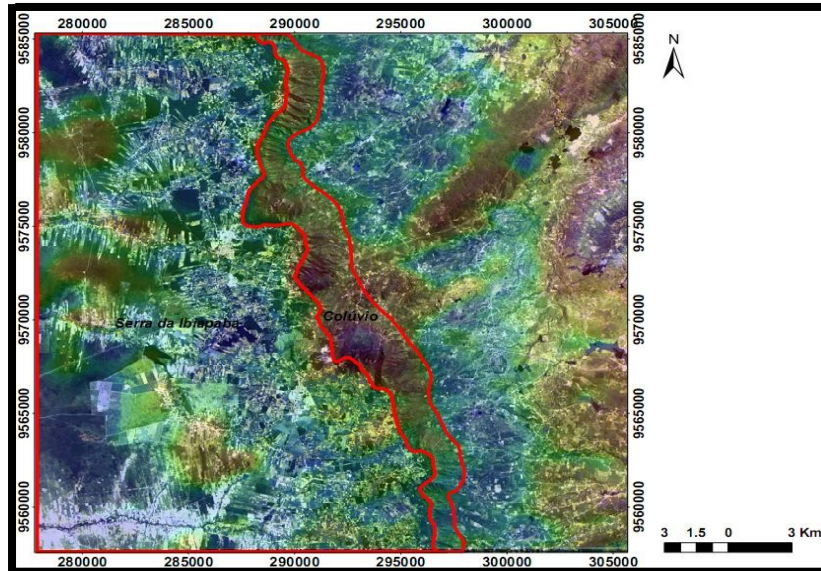


A unidade coluvionar da área se caracteriza por concentrar no sopé da Serra da Ibiapaba material sedimentar desagregado. Na imagem (Figura-53) é marcada por uma longa faixa de direção NW -SE, com respostas radiométricas relevantes do canal de contagem total, justificadas pela ação dos processos intempéricos e de transporte que favorecem a concentração do K, Th e U. Nessa situação principalmente, é importante considerar, que em áreas com uma espessa camada de solo, os horizontes superiores nem sempre são resultado de alteração da rocha logo abaixo.

No que diz respeito ao topo da Serra, são bastante perceptíveis os canais de drenagem e as áreas ocupadas. Quanto ao canal de CT, os valores considerados médios ocorrem dispersos, principalmente em áreas mais colinosas, entre os interflúvios. Pela imagem ternária, nota-se que a sudoeste e a noroeste praticamente não há resposta

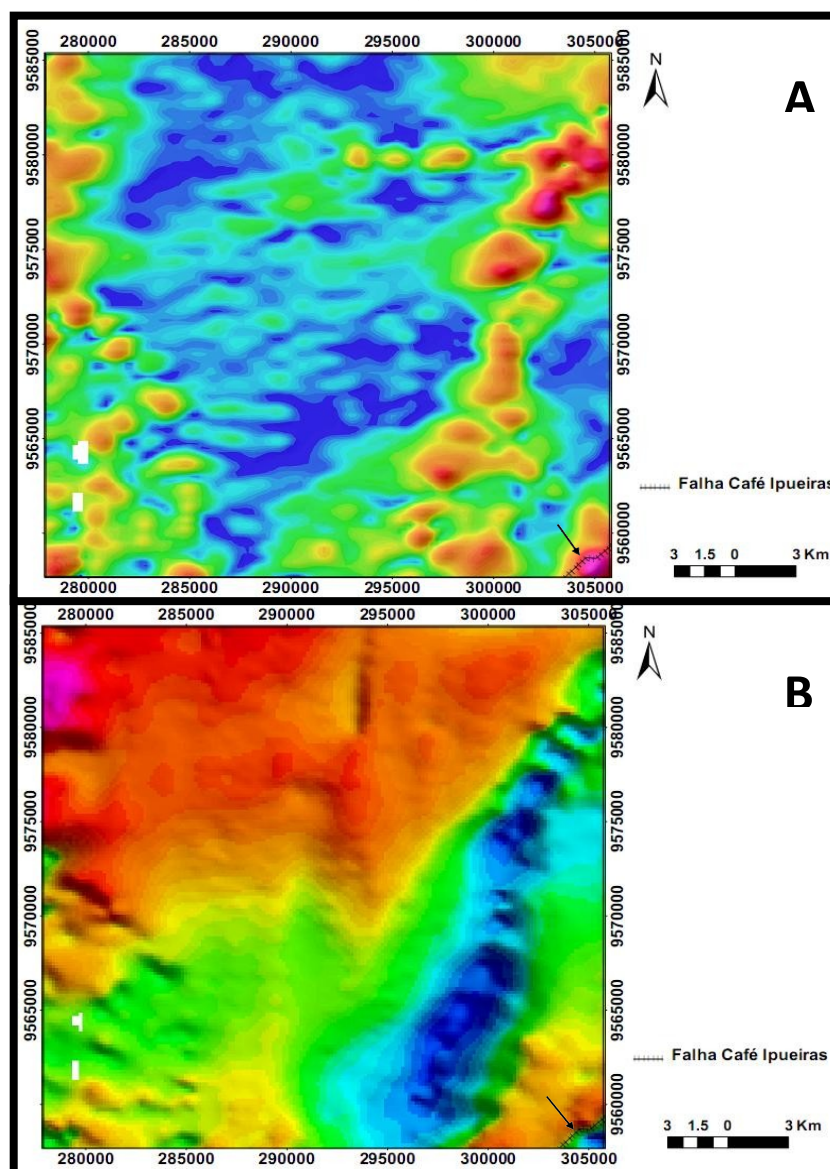
dos elementos, enquanto nas outras porções, Th e U se destacam em relação ao potássio, o que pode ser justificado pela maior mobilidade e solubilidade geoquímica deste elemento, sob condições de intemperismo (WILFORD; BIERWIRTH; CRAIG, 1997), enquanto o Th e U tendem a se reconcentrar nas capas ferruginosas superficiais.

Figura 53- Mapa do produto integrado da imagem TM RGB-752 sob a imagem do canal de contagem total, no qual são destacados em vermelho a borda da Serra da Ibiapaba e o limite dos depósitos coluvionares.



Além das unidades já individualizadas através da integração, há ainda uma pequena ocorrência associada aos conglomerados da Formação Massapê, no extremo sudeste da área (limitada pelo Granito Mucambo), na qual não se observou variação textural relevante que tenha permitido particularizá-la por meio das imagens TM e/ou gamaespectrométricas. Porém esta unidade é bem balizada nas imagens magneto-métricas (Figura 54 A e B), que melhor destacam feições estruturais, como é o caso, já que o contato entre a Formação Massapê e o Granito Mucambo é justamente demarcado pela Falha Café-Ipueiras, já descrita na literatura regional do NW da Província Borborema.

Figura 54- Mapas magnetométricos com destaque para as respostas do SE da área, evidenciando uma descontinuidade, representada pela Falha Café-Ipueiras que limita o Granito Mucambo da Formação Massapê; A- Imagem do campo magnético anômalo (CMA); B- Imagem de amplitude do sinal analítico (ASA).



6.4 A FOLHA FRECHEIRINHA (SA. 24-Y-C-VI-3)

Com base em todas as atividades realizadas nas etapas anteriores foi possível chegar-se a confecção do produto principal desse trabalho, um mapa geológico integrado de escala 1: 50 000 correspondente ao SW da Folha Frecheirinha, identificada no padrão cartográfico internacional como SA. 24- Y- C- VI-3.

Trata-se de um único produto agregando diversas e distintas informações, sobretudo geológicas e geomorfológicas.

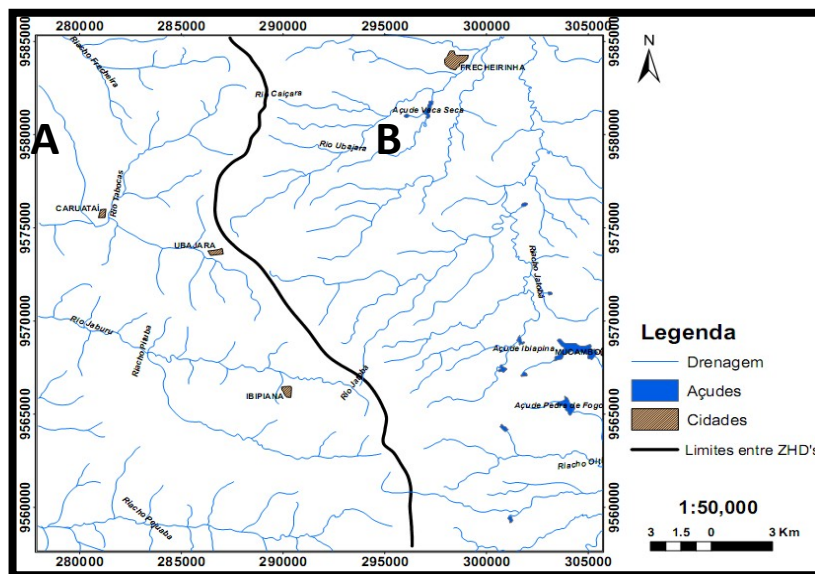
b) CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

- Drenagem

A organização da drenagem da área apresenta um padrão predominantemente dendrítico, tendo como constituintes os açudes Ibiapina, Pedra de Fogo e Vaca Seca; e os rios Tabocas, Ubajara, Jaburu, Caiçara, dentre outros, sendo que a drenagem secundária, em sua maioria, é de caráter intermitente.

Para essa rede foram definidas duas Zonas Homólogas de Drenagem (Figura 55), a saber:

Figura 55- Mapa de drenagem da área de trabalho dividido em duas zonas homólogas, A e B, em destaque.

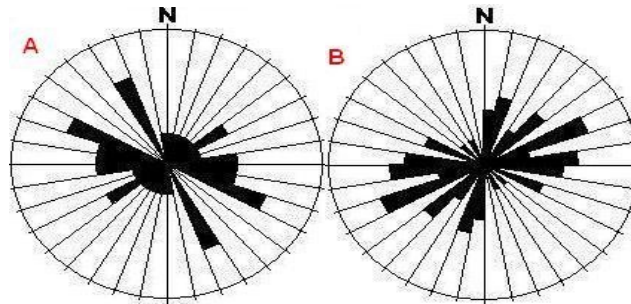


ZHD A: Representa a Serra da Ibiapaba, localizada na porção oeste da área. Apresenta densidade baixa, sinuosidade mista, angularidade média, tropia bidirecional, assimetria fraca e formas de meandros isolados, arcos e cotovelos. O topo da Serra corresponde, além do material inconsolidado resultante da erosão, aos arenitos da Formação Tianguá. O caráter sedimentar do material rochoso favorece a permeabilidade da água superficial, implicando em uma densidade mais baixa. De acordo com os alinhamentos retirados dessa Z.H.D. sua orientação preferencial é NW-SE, estes mais incidentes como pode ser verificado na rosácea (Figura 56 A).

ZHD B: Zona com densidade média, sinuosidade mista, angularidade baixa, tropia bidirecional, assimetria fraca e formas de meandros isolados, arcos e cotovelos. Tal Z.H.D. representa as unidades metassedimentares do Grupo Ubajara, uma pequena porção da Formação Massapê (Grupo Jaibaras) juntamente ao Granito Mucambo. Tem como preferência a direção NE-SW (Figura 55.B), em função da ocorrência de uma zona de cisalhamento à NE da área, além da proximidade com a Falha Café-Ipueiras mais a SE, de mesma direção. A presença de falhas e zonas de cisalhamento

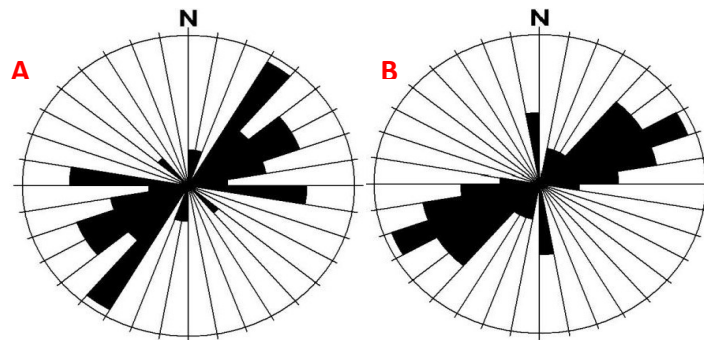
corroborar a ocorrência de atividade tectônica que pode estar ligada com as formas anômalas observadas.

Figura 56- Rosáceas confeccionadas no *Stereonet* referentes às zonas homólogas A e B, com seus respectivos trends principais para NW-SE e NE-SW.



Para termos de comparação foram confeccionadas rosáceas derivadas dos lineamentos magnetométricos, os quais foram separados para cada zona homóloga. Figura 57.

Figura 57- Rosáceas representativas dos principais lineamentos magnetométricos divididos conforme as zonas homólogas de drenagem A e B, respectivamente.

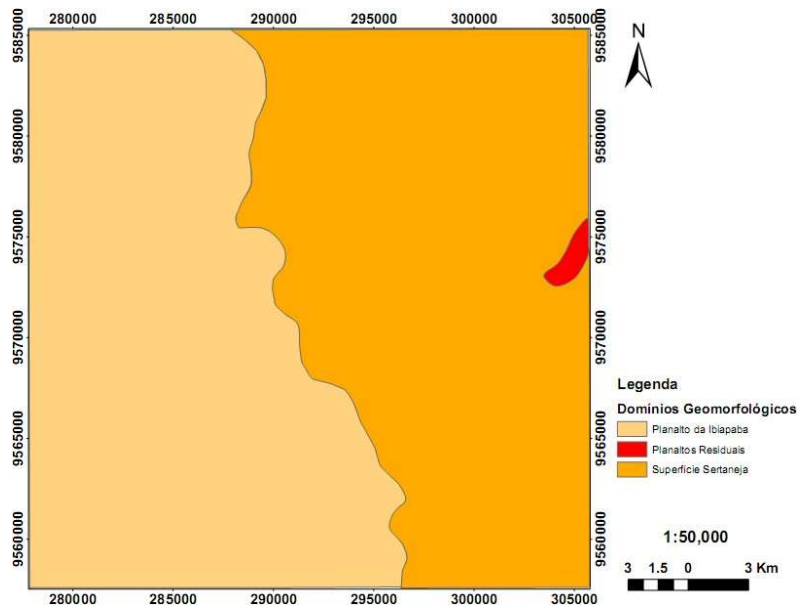


Através das rosáceas produzidas, nota-se que os lineamentos aerogeofísicos para a zona homóloga A apresentam majoritariamente direções NE-SW, ou seja, diferem dos lineamentos de drenagem de direção NW-SE, não apresentando relação para a área correspondente a Serra da Ibiapaba. Por outro lado, os máximos observados para a zona homóloga B nos lineamentos magnetométricos, genericamente se assemelham aos encontrados nos lineamentos de drenagem. Ambos convergem para a direção NE-SW nas unidades correspondentes a Superfície Sertaneja e aos Planaltos Residuais.

- Relevo

Na área estudada foi possível a individualização de três unidades de relevo, correlacionáveis, de acordo com Moreira e Gato (1981) a **Superfície Sertaneja**, **Planalto da Ibiapaba** e **Planaltos Residuais** (Figura 58).

Figura 58- Mapa de domínios geomorfológicos do SW da Folha Frecheirinha (24 -Y-C-VI-3). Confeccionado a partir de cotas de relevo no *software* Arcgis 9.3.



É válido ressaltar, que esta divisão apresenta como subsídio a análise e interpretação das imagens TM e SRTM, que não deixam dúvidas sobre essa diferenciação, não só pelos aspectos texturais verificados, mas principalmente pela variação altimétrica apresentada.

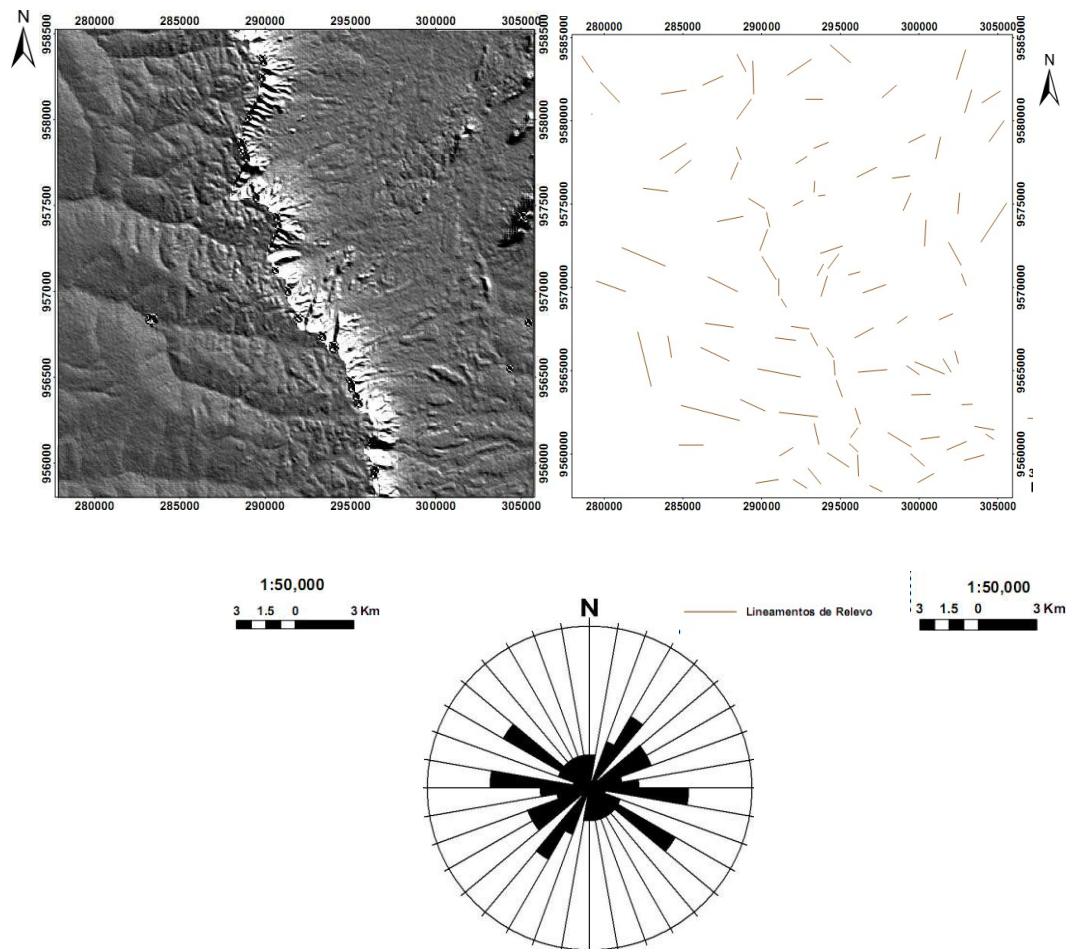
A **Superfície Sertaneja** representa a parte mais basal do relevo. Devido esta baixa expressão topográfica não apresenta altas cotas, alcançando, nessa região, até 250 metros. Nela ocorrem as unidades metassedimentares do Grupo Ubajara (Trapiá, Caiçaras, Frecheirinha e Coreaú), uma pequena parte dos conglomerados da Formação Massapê (Grupo Jaibaras), além da parte erodida do Granito Mucambo. Na parte oeste da área, o **Planalto da Ibiapaba**, unidade que representa a Bacia do Parnaíba, atinge cotas muitas vezes superiores a 950 metros. É juntamente com a Superfície Sertaneja a unidade preponderante, principalmente a sul da área, onde a bacia sofreu uma inflexão para leste.

Os **Planaltos Residuais**, unidade de ocorrência mais remota, localizada a leste da área, condiz a Serra do Carnutum, sustentada pelo Granito Mucambo. Tal Serra alcança altitudes de até 700m, e apesar do formato arqueado, a parte inserida na área mostra-se direcionada para NE-SW.

- Relevo Sombreado

Foi utilizada a imagem de Relevo Sombreado (RS), gerada no *software* ArcGis 9.3, a partir da imagem SRTM. A imagem de RS possibilitou a extração dos principais alinhamentos de relevo da Folha SA-24-Y-C-VI-03, os quais foram associados aos aspectos texturais bem definidos permitindo a análise. Figura 59.

Figura 59- Mapa de relevo sombreado sobre o mapa de lineamentos, juntamente com a rosácea identificando os principais trends definidos.



A imagem de Relevo Sombreado mostra claramente a separação das duas principais unidades, Superfície Sertaneja e Planalto da Ibiapaba, a leste e a oeste da área, respectivamente. Esta separação bem marcada caracteriza claramente o caráter assimétrico do relevo e também impede o destaque de um trend único de lineamentos.

No Planalto da Ibiapaba foram retirados menos lineamentos, sendo que estes mais destacados nas direções NW/W-SE/E, estando de acordo com a estruturação da Bacia do Parnaíba, de orientação NS e escapas erosivas voltadas pra leste e oeste.

Os lineamentos referentes a Superfície Sertaneja mostram máximos para NE-SW, o mesmo se observa na borda da Serra do Carnutum, representando os Planaltos Residuais, bastante alinhada na mesma direção. Novamente se ressalta a influência as principais estruturas regionais, como a Falha Café-Ipieiras, a sudeste da área, e uma zona de cisalhamento identificada a nordeste.

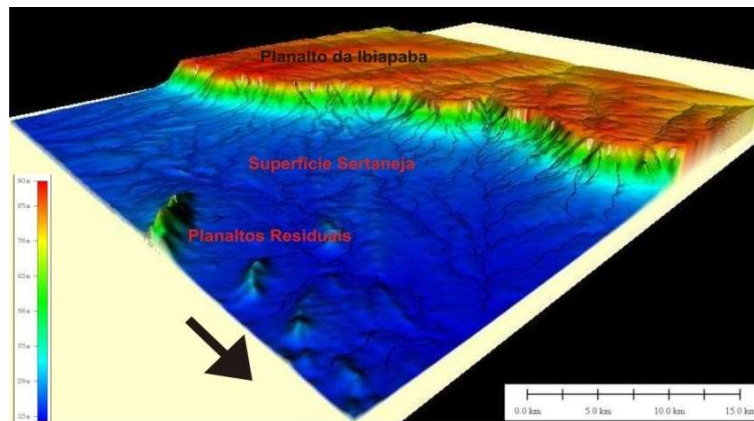
Outra questão evidenciada na imagem, é a clara diferença textural atentada na parte sudeste da área, com um relevo mais ondulado, sem forte apelo altimétrico, com

sulcos de drenagem bem destacados, mostrando a forte ação dos processos intempéricos sobre as rochas do Granito Mucambo, corroborando a individualização dessa unidade geológica.

6.5 MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)

A utilização de uma cena SRTM correspondente a área permitiu a elaboração de um Modelo Digital de Terreno (Figura 60), uma imagem de vista privilegiada, para uma absorção maior de informações.

Figura 60- Modelo Digital de Terreno (MDT) do SW da Folha Frecheirinha com destaque para as unidades geomorfológicas.



Além da boa visualização em 3D, a importância desse modelo remonta principalmente a questão topográfica, onde os patamares são bem definidos. Essa divisão é bastante clara na Serra da Ibiapaba, devido a sua grande amplitude. No topo, por exemplo, a coloração vermelha caracteriza um manto intempérico formada, sobretudo por arenitos silicificados, descansando sobre um material mais argiloso, este sobreposto as rochas ditas “sãs” que representam parte do Grupo Serra Grande, com os arenitos quartzo-feldspático da Formação Tianguá e os arenitos conglomeráticos da Formação Ipú.

Esta morfologia de paredão escarpado de grande amplitude e alta declividade, juntamente com esses níveis de diferentes altitudes e litologias, evidenciam o contínuo processo de erosão regressiva, onde o material desagregado da superfície tem energia suficiente para se acumular na encosta e formar depósitos coluvionares, resultando no recuo da Bacia e na evolução na Superfície Sertaneja, assim divulgando os terrenos mais antigos ou resistentes. Como por exemplo, o Granito Mucambo, que em grande parte, está inserido no contexto geomorfológico da Superfície Sertaneja por sua topografia não expressiva, também afetado por processos erosivos, sobre o qual, em suma, evoluiu um relevo homogêneo, colinoso, com vertentes predominantemente de perfil convexo, marcado por interflúvios amplos, por topos extensos e aplainados arredondados. Mas que ainda, por fatores climáticos e até mesmo geológicos que dominam e

direcionam tais ações intempéricas e erosivas permitiram sua preservação na forma de Planalto Residual, que corresponde a Serra do Carnutum, e na área é morfologicamente reconhecido por suas bordas dissecadas e conseqüente topo acentuado, e por fim, pela expressiva amplitude, como o Modelo acima demonstra.

6.6 LITOESTRATIGRAFIA

As unidades litoestratigráficas presentes na Folha Frecheirinha fazem, em sua maioria, parte do Domínio Médio Coreaú, inclusive as unidades da área de estudo, enquanto uma pequena porção compõe o Domínio Ceará Central.

Na figura abaixo (Figura 61) se pode observar uma coluna litoestratigráfica da da Folha Frecheirinha, proposta por Gorayeb et al. (1988), e logo em seguida um quadro litoestratigráfico esquemática (Figura 62) sugerido para o SW da Folha Frecheirinha (área de estudo):

Figura 62- Coluna litoestratigráfica esquemática da porção SW da Folha Frecheirinha.

ÉON	ERA	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO	
FANEROZÓICO	EOPALEOZÓICO	DEPÓSITOS COLUVIONÁREES	Qqa1	Material sedimentar inconsolidado constituído principalmente de blocos e matações de arenitos e conglomerados.	
		GRUPO SERRA GRANDE	FM. TIANGUÁ	Ssgt	Arenitos quartzo-feldspáticos de granulção fina a média, siltos e argilas esbranquiçados, folheios tabulares. Apresentam estratificação cruzada tabular, laminação plano-paralela e acamamentos ondulados.
			FM. IPÚ	Ssgi	Arenitos conglomeráticos e conglomerados polimíticos com estratificações cruzadas scanaladas.
		S. L. MUCAMBO MERUCCA	GRANITO MUCAMBO	ã1y4mu	Conglomerados polimíticos brechóides com diáclis angulosos de fragmentos de rochas ígneas numa matriz arenosa de composição arcozeana.
		GRUPO JAIBARAS	FM. MASSAPÉ	ã0jm	Composição variando de quartzos monzon tolsentito, granodiorito, granito monzonítico ao diorgranito. Mantém relações de contato do tipo intrusivo com as rochas metasedimentares dos grupos adjacentes.
			GRUPO UBAJARA	FM. COREAÚ	Npuc
		FM. FRECHEIRINHA		Npuf	Calcários e metacalcários de coloração cinza escuro e cinza azulado, puros ou impuros constituindo camadas de margas e metasilos.
		FM. CAIÇARAS		Npuca	Ardeias alteradas com cores marrom-avermelhadas e amonaxadas, foliadas, com intercalações de metasilos.
		FM. TRAPIÁ		Nput	Metarenitos de granulção fina, com marrom-avermelhada com tonalidades avermelhadas, intercalados com metasilos e quartzos puros. Apresentam marcas onduladas, acamamento de mar, laminação plano-paralela e estratificação cruzada tabular e plano-paralela.
		PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO		

6.7 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

A amalgamação de arcos de ilhas durante o Paleoproterozóico possibilitou a formação do Complexo Granja, representante do embasamento do Domínio Médio Coreaú e onde ocorrem rochas de alto grau, como gnaisses ortoderivados, enderbitos, kinzigitos e quartzitos. No decorrer do Ciclo Transamazônico essa e outras massas

continentais convergiram, formando um núcleo siálico, que segundo Abreu et al. (1988) representariam a infracrosta.

O Ciclo Transamazônico foi também muito importante na estruturação geométrica da área, marcada por um forte padrão NE-SW, cujos elementos configuram um sistema direcional denominado por Abreu et al. (1988) de Cinturão de Cisalhamento Noroeste do Ceará, onde se destaca o Lineamento Sobral Pedro II, que controla toda tectônica e evolução da região.

Para Abreu et al. (1988), no Neoproterozóico ocorreria um esquema de oceanização, não sendo possível definir desde quando e sob que circunstâncias, se fragmentando o “núcleo siálico” (num possível rifteamento), ou fechando um domínio oceânico.

É nesse contexto, nas margens dos blocos siálicos, que ocorreria a sedimentação do Grupo Ubajara, o qual posteriormente teria suas sequências lançadas por meio de empurrões e nappes durante a inversão da placa litosférica oceânica, assim configurando o fechamento do domínio supracitado. Neste mesmo processo se insere o Arco Magmático de Santa Quitéria, descrito por Fetter et al. (2003), que também teria sua evolução relacionada ao consumo do domínio oceânico.

Nesse cenário orogênico ocorreu um evento metamórfico, o qual afeta sob condições de baixo grau as rochas do Grupo Ubajara.

A ocorrência desses fatos produziria uma cadeia de montanhas não tão expressiva, associado a isso um ambiente com influência glacial e periglacial que se estende ao Paleozóico, corroborado pelos arenitos da Formação Ipú, com a presença de tilitos.

Após tais processos tectônicos, a região usufruiu de um período de calma, com um “relaxamento” das tensões, o que coincidiria com os últimos atos da Orogênese Brasileira, em torno de 532 Ma (VAUCHEZ et al. 1995), e o início dos processos extensionais, assim permitindo a formação de grábens, que aprisionariam materiais sedimentares oriundos da desagregação da cadeia de montanhas, caracterizados como “molassas”.

Os sedimentos do Grupo Jaibaras estão inseridos nesse contexto, dentre eles, os referentes a Formação Massapê, ocorrente na área. Essas rochas juntamente com as de outras sequências, após esse “embaciamento”, configuram o que hoje se conhece como Gráben Jaibaras.

A formação deste gráben foi resultante da elevada taxa de estiramento da litosfera. Segundo Keen (1987) a medida que a litosfera se adelgaça, a astenosfera ascende abaixo da região estirada. Se este processo for rápido, a astenosfera soerguida sofrerá

decréscimo de pressão enquanto a temperatura se mantém alta. Com a diminuição da pressão ocorre a fusão parcial separando porções basálticas das rochas do manto. O prosseguimento da extensão crustal leva a ruptura do assoalho desta bacia proporcionando a colocação de corpos rasos, no caso da área, o Granito Mucambo, que provavelmente se instalou aproveitando a zona de menor tensão referente a Falha Café-Ipueiras, produto da recorrência da ZSPII.

A instalação deste Granito, proporcionou na área de trabalho, o segundo evento metamórfico, por meio da geração de uma áureola de contato nas rochas da Formação Trapiá.

Posteriormente a Província Borborema experimentou uma fase de transição e seguiu apresentando um clima frio. Com o fim do Ciclo Brasileiro ocorreu o resfriamento da crosta, resultando em sua contração térmica no Cambro-Ordoviciano, o que permitiu a reativação de antigas estruturas, e a conseqüente instalação de grábens, o que deu origem a Depressão Pós-Ordoviciano do Parnaíba, na qual o Grupo Serra Grande está inserido, que corresponde a uma sequência proveniente de um ciclo transgressivo-regressivo que indica a primeira ingressão marinha na bacia em área subsidente (GÓES; FEIJÓ, 1994).





CAPÍTULO 7

CONCLUSÃO



Ao final do trabalho foi possível:

- Demonstrar a eficiência das técnicas de processamento digital das imagens como recurso, associado aos sistemas de informações geográficas (SIG) na integração de dados aplicados no reconhecimento de feições de cunho geológico;
- Fornecer em meio digital as informações vetorizadas através dos dados cartográficos utilizados, o que consequentemente implica na disponibilização da cartografia geológica da folha SA-24-Y-C-VI-3 (SW da Folha Frecheirinha, NW do Ceará), facilitando o acesso sobre a mesma;
- Reconhecer o comportamento dos principais lineamentos da área por meio de imagens TM e magnetométricas (aerogeofísica), principalmente no que diz respeito aos relacionados a tectônica rúptil;
- Correlacionar as imagens gamaespectrométricas, em termos superficiais com as rochas presentes na área de trabalho;
- Delimitar contatos entre as unidades e corpos por meio dos produtos integrados, oriundos da junção de imagens TM e gamaespectrométricas, comparando-os com os arranjos espaciais definidos nos projetos pré-existentes, permitindo uma definição espacial mais confiável;
- Identificar por meio de imagens TM as principais feições estruturais como direcionadas para NE-SW, interpretadas como sendo influenciadas pelo Lineamento Sobral Pedro II, de ocorrência próxima a área de estudo;
- Organizar e sistematizar dados dispersos em um SIG, o que contribui no avanço do conhecimento sobre a região;
- Confeccionar um mapa geológico final e sua descrição;
- Compreender a evolução geológica da área como resultante de processos de sedimentação, metamorfismo, estruturação e magmatismo ocorrentes principalmente no Neoproterozóico e início do Paleozóico;

Por fim, o desenvolvimento do trabalho contribuiu principalmente, no que diz respeito a solidificação de conceitos e a aplicação prática das técnicas aprendidas no decorrer da graduação.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. A. M.; GAMA JR, T. G.; GORAYEB, P. S. S.; HASUI, Y. 1988. *O Cinturão de Cisalhamento Noroeste do Ceará*. In: Cong. Latino Americano de Geologia, 7. Belém, 1988. Anais ... Belém, SBG. v. 1. p. 20 - 34.
- ABREU, F. A. M.; GORAYEB, P. S. S.; HASUI, Y. 1993. *Grábens eopaleozóicos do oeste cearense - Considerações sobre as sequências litoestratigráficas*. In: Simp. Geol. Nordeste, 15. Natal, 1993. Atas.. Natal, Bol. Soc. Bras. Geol. Nuc. Nordeste. v. 13. p. 29-31.
- AEROGEOFÍSICA: *50 anos sobrevoando o Brasil*. Boletim SBGf, Rio de Janeiro, n. 2, 2007. Disponível em: <<http://www.sbgf.org.br/publicações/boletins2007.html>>. Acesso em: 03/01/2011.
- BLAKELY, R.J. 1996 *Potencial theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press, Cambridge, 441 pp.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2003. *Mapa geológico do Estado do Ceará – escala 1: 2.500.000*. Fortaleza-CE.
- COLWELL, R. N. *“Hi story and Place of Photographic Interpretation.”* In *Manual of Photographic Interpretation*. American Society for Photogrammetry & Remote Sensing, Bethesda, Md., 1997, pp. 33–48.
- CRÓSTA, A. P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Campinas, SP. IG/UNICAMP. 1993.170 p.
- CUNHA, E.R.S.P. *Integração digital de imagens de radar e Landsat-TM, dados geológicos e aerogamaespectrométricos no auxílio ao mapeamento geológico da região do Complexo Granítico Estrela (PA)*. São José dos Campos. 132p. (INPE-9858-TDI/868). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, 2002.
- DICKSON, B. L.; SCOTT, K. M.. *Interpretation of aerial gamma-ray surveys - adding the geochemical factors*. AGSO Journal 17(2):187-200.
- GABELMAN J. 1977. *Migration of U and Th exploration significance*. Study in geology N. 3. AAPG. 168 p.
- GÓES, A. M., FEIJÓ, F.J.. *Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobrás*. Rio de Janeiro, vol. 8, T. 57-67.1994.
- GUNN, P.J. 1998. *Interpretation of airborne magnetic and radiometric surveys*. Course. Agso 150p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/atlasescolar/apresentacoes/tecnicas.swf>>. Acesso em 03 de janeiro de 2011.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ-IPECE. [Bases cartográficas]. Disponível em: <www.ipece.ce.gov.br>. Acesso em: 09 de setembro 2010.

KEEN, C.E., 1987. *Some important consequences of lithospheric extension*. In: Coward, M. P., Dewey, J.F. & Hancock, P.L. (eds). *Continental extensional tectonics*. Geological Society Special Publication, 28:67-73.

MATHER, P. M. *Computer processing of remotely-sensed images: an introduction*. Chichester: John Wiley and Sons, 1987. 352p.

RIBEIRO, J. W. A. 2002. *O Arcabouço da Região de Chega-Tudo e Cedral, Noroeste do Maranhão, Com Base em Sensores Geofísicos*. TESE DE MESTRADO.

SANTOS, E.J. & BRITO NEVES, B.B. 1984. *Província Borborema*. In: Almeida, F.F.M. & Hasui, Y. Eds. *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo, Ed. Edgar Blucher. p. 123-186.

SANTOS, F. A. A. 2002. *Processamento digital de imagem de sensoriamento remoto: Noções básicas*. Manaus. 40p.

SOBRE AS AUTORAS

Débora Soraya Soares Aguiar

Geóloga formada pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e consultora em geologia aplicada.

Camila Nascimento Alves

Doutorado no Instituto Militar de Engenharia (IME), com ênfase em Geotecnia ambiental. Mestrado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em geotecnia e graduação em Geologia, pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Professora substituta da Universidade do Estado do Pará (UEPA) e Universidade Federal do Pará (UFPA).

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ambiente 4, 18, 60

Análise 12, 21, 23, 24, 30, 31, 35, 41, 44, 45, 56

Área 12, 14, 19, 21, 26, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 43, 44, 45, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 64

C

Campo 22, 23, 30, 36, 40, 41, 48, 49, 53

Ceará 4, 12, 14, 26, 59, 60, 64, 65

Composição 14, 20, 27, 30, 34, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 51

D

Dados 7, 26, 30, 40, 44, 45

Digital 19, 30, 58, 65

Drenagem 30, 49, 51, 54, 55, 58

E

Energia 14, 18, 19, 23, 42, 58

F

Folha 4, 12, 14, 26, 42, 44, 53, 56, 58, 59, 64

Frecheirinha 4, 12, 14, 26, 41, 42, 44, 50, 51, 53, 56, 58, 59, 64

G

Geológica 4, 9, 12, 58, 64

Geológico 12, 18, 21, 22, 23, 30, 35, 49, 53, 64, 65

Granito 33, 41, 44, 49, 52, 53, 54, 56, 58, 61

I

Informações 9, 12, 18, 19, 20, 23, 30, 31, 45, 50, 53, 58, 64

Integração 21, 35, 47, 49, 52, 64

L

Lineamentos 12, 36, 40, 41, 55, 57, 64

M

Mapa 12, 18, 21, 35, 44, 45, 49, 53, 57, 64

Multidados 3

O

Ocorrência 18, 24, 33, 45, 47, 49, 51, 52, 54, 55, 56, 60, 64

R

Região 3

Rochas 18, 22, 23, 40, 41, 42, 44, 45, 47, 50, 58, 59, 60, 61, 64

S

Serra 33, 40, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61

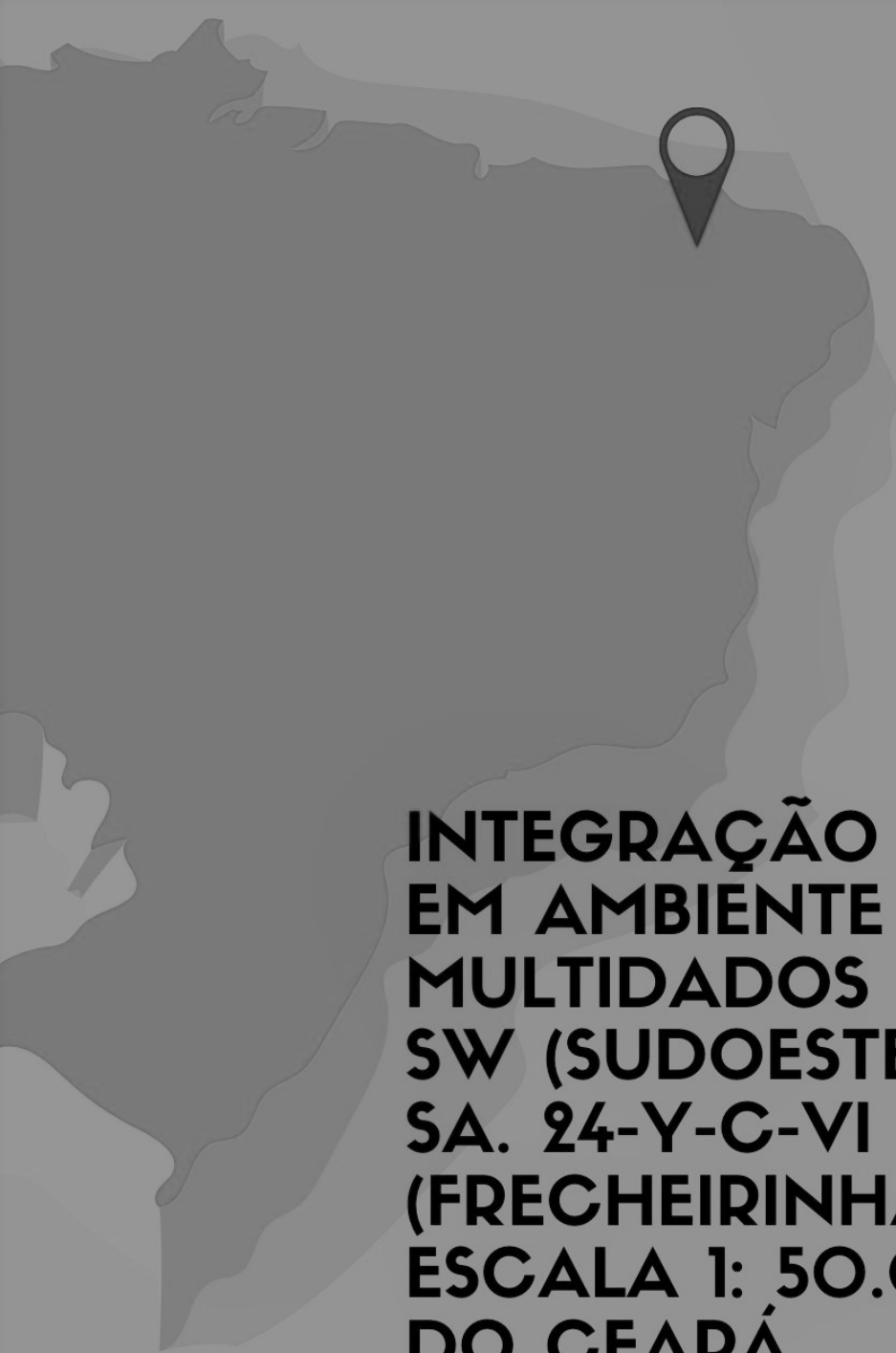
SIG 3, 4, 12, 23, 64

U

Urânio 22, 23, 27, 42, 44, 45, 47, 48, 50, 51

Z

Zona 33, 41, 49, 50, 54, 55, 57, 61



**INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA
EM AMBIENTE SIG DE
MULTIDADOS DA REGIÃO
SW (SUDOESTE) DA FOLHA
SA. 24-Y-C-VI
(FRECHEIRINHA) NA
ESCALA 1: 50.000, NW
DO CEARÁ**



**INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA
EM AMBIENTE SIG DE
MULTIDADOS DA REGIÃO
SW (SUDOESTE) DA FOLHA
SA. 24-Y-C-VI
(FRECHEIRINHA) NA
ESCALA 1: 50.000, NW
DO CEARÁ**

