



Aplicação de sensores remotos e dados aerogeofísicos na cartografia geológica da região de Madalena, Domínio Ceará Central da Província Borborema

Marcus Leandro Teixeira Andrade^a, Guttenberg Martins, David Lopes de Castro & Raimundo Mariano Gomes Castelo Branco

Recebido em 19 de dezembro de 2003 / Aceito em 04 de outubro de 2004

Resumo

O processamento digital de imagens do sensor ETM+ do Landsat 7 e de dados aerogeofísicos (magnéticos e radiométricos), além de um levantamento geológico em uma área situada a leste da cidade de Madalena, na região central do Ceará, forneceu subsídios para a proposição de controles lito-estruturais e geofísicos sobre a ocorrência de corpos anfíbolíticos na porção oriental do Domínio Ceará Central da Província Borborema. Nesta região, aflora um conjunto supracrustal constituído por paragneisses diversos, corpos anfíbolíticos e ortogneisses tonalíticos, cujos contatos laterais e principais feições estruturais são bem marcadas nas imagens de satélite. O arcabouço tectônico da área envolveu ao menos a geração de duas fases de deformação, caracterizadas pela presença de lineações minerais e de estiramento com mergulhos suaves a moderados, além de gerações de dobramentos em várias escalas. Os dados radiométricos de contagem total apontaram a presença de duas associações litológicas contrastantes, as quais foram também reconhecidas no levantamento geológico. Enquanto que, anomalias magnéticas positivas apresentam forte correlação com os afloramentos de corpos máfico-ultramáficos.

Palavras-Chaves: Sensoriamento remoto, cartografia geológica, aerogeofísica, Madalena - CE

Abstract

Remote sensing and airborne geophysical data illustrate their usefulness to enhancement amphibolitic bodies in the Madalena Region, Central Ceará Domain of Borborema Province. Furthermore, a geological field survey was carried out to confirm the results obtained based on digital processing. This region aggregates two litho-stratigraphic units – an amphibolite-paragneiss association with minor gndite horizons and tonalite gneisses as an intrusive body. The tectonic architecture of this region is characterized by two generations of folds, a penetrative gneissic banding and stretching lineations with moderate rake. Landsat TM 7 ETM+ images show tectonic lineaments which related to regional foliation and kilometric folds, and its colour scale variations to primary compositions of the paragneisses. High total count values are concentrated on muscovite-bearing gneisses, where as low values on hornblende bearing gneisses and minimum peaks on amphibolite rocks. In the magnetic map, anomalous values are associated to amphibolite rocks and magnetic lineaments to regional structures.

Keywords: Remote sensing, geological mapping, airborne geophysics, Madalena - CE

^aLaboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto - DEGECEO - UFC, Campus Universitário do Pici, Bloco 912, 60.450-766 Fortaleza - CE, e-mail: gmartins@ufc.br

1. Introdução

Terrenos pré-cambrianos portadores de associações lito-tectônicas com expressiva quantidade de rochas máfico-ultramáficas são geralmente alvos preferenciais para a pesquisa de minério de cromo, platina, ouro, etc. Na região central do estado do Ceará, ocorrências de complexos máfico-ultramáficos foram inicialmente documentadas na região de Tróia (Andrade, 1969) e, posteriormente, levantamentos geológicos e geocronológicos mais recentes reconheceram uma assembléia metavulcano-sedimentar de idade arqueana do tipo “*Greenstone Belt*” com mineralizações em cromita e elementos do grupo da platina (Pessoa et al., 1984, 1986).

Na região Madalena (Fig. 1), rochas anfíbolíticas têm sido documentadas em levantamentos cartográficos desde a década de 70 (e.g., Projeto RADAMBRASIL). Cavalcante et al. (1986) distinguiu três unidades litológicas nesta região: a) rochas gnáissicas e migmatíticas diversas, com o predomínio de biotita-gnaisses e biotita-hornblenda-gnaisses de composição granítico-tonalítica; b) rochas gabro-dioríticas; e c) rochas ultrabásicas. Segundo Santos & Brito Neves (1984), os anfíbolitos desta região constituem um núcleo migmatítico com significativa herança máfico-ultramáfica, pertencente ao Domínio Ceará Central da Província Borborema. Neste domínio, associações meta-vulcano-sedimentares de idades paleoproterozóicas e arqueanas compõem o

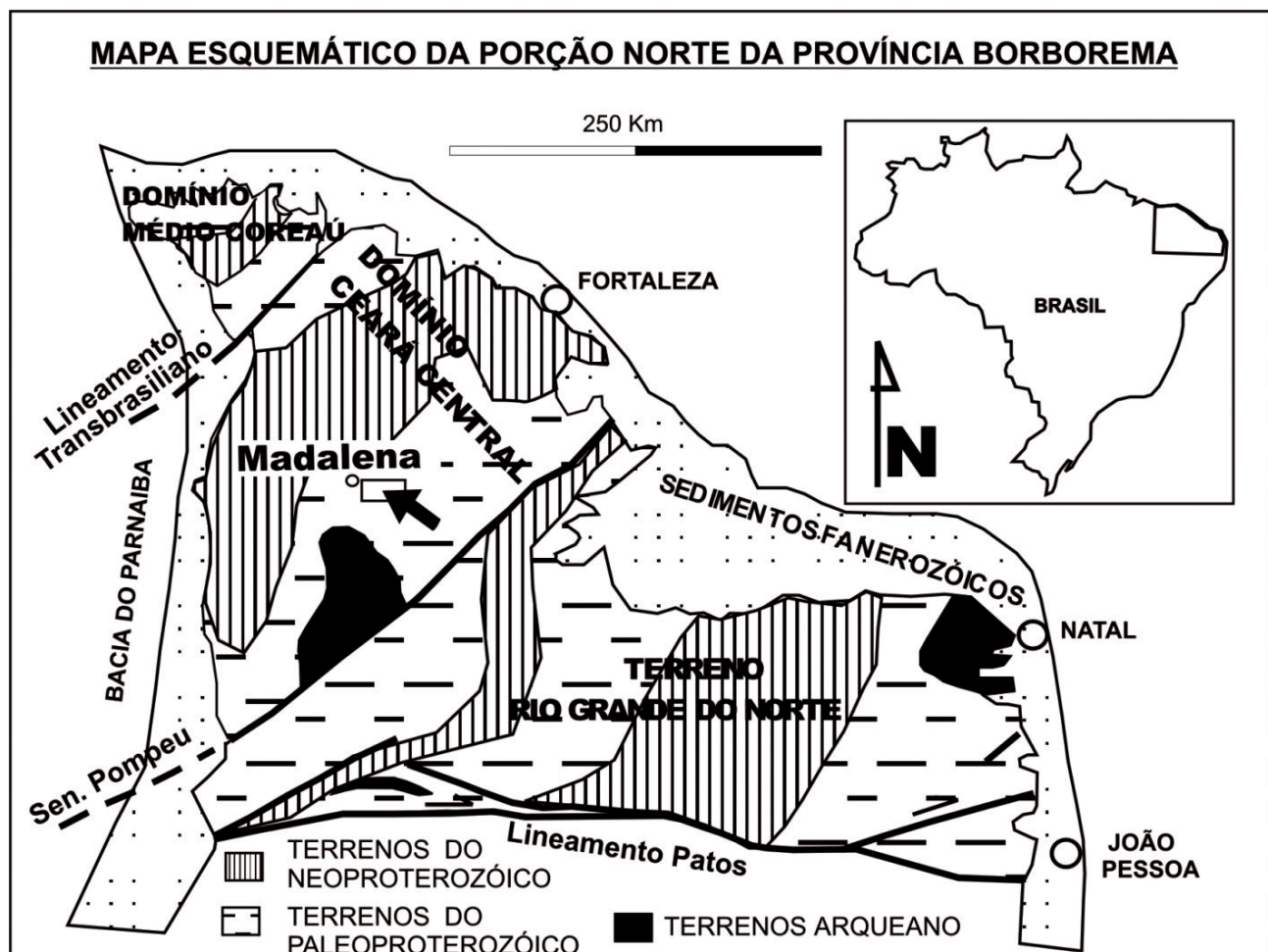


Fig. 1. A subdivisão da porção norte da Província Borborema (Domínios Ceará Central, Médio Coreau e Terreno Rio Grande do Norte) com os principais lineamentos tectônicos (Senador Pompeu, Patos e Transbrasiliiano), destacando os terrenos arqueanos (Tróia, Ceará Sul e São José do Campestre) e terrenos paleoproterozóicos e neoproterozóicos. A região estudada é apontada pela seta no centro da figura.

embasamento, sobre o qual repousam discordantemente uma cobertura plataformar de idade neoproterozóica (Caby & Arthaud, 1983; Fetter *et al.*, 1997, 2000).

Os corpos anfibolíticos das regiões de Choró, Quixeramobim e Quixadá, adjacentes ao município de Madalena foram documentados por vários autores (Arthaud & Landim, 1995; Oliveira, 1977; Martins *et al.*, 1997; Torquato & Santos, 1998; Fetter, 1999; Martins, 2000; Fernandes, 2001). Estes autores denominaram um conjunto supracrustal constituído por uma unidade paragnáissica (Paragnaisse Choró) com intercalações subordinadas de metapelitos e metapsamitos e uma unidade anfibolítica (Anfibolito Algodões) compostas por corpos anfibolíticos com ou sem granada de granulação diversa como “Suite Metamórfica Algodões-Choró”. De forma que a presença de corpos anfibolíticos na porção oriental do Domínio Ceará Central da Província Borborema tem sido recorrentemente registrada em diversos documentos. Entretanto na região de Madalena, aonde atribui-se a presença de corpos máfico-ultramáficos (Brito Neves, 1975, 1983, 1986), poucos documentos fornecem uma cartografia geológica detalhada.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal contribuir para o reconhecimento do arcabouço lito-tectônico dos corpos anfibolíticos da porção oriental do Domínio Ceará Central. Para tanto, são integradas informações obtidas pelo processamento digital de produtos de sensoriamento remoto orbital e dados aerogeofísicos (magnéticos e radiométricos) com uma cartografia geológica tradicional de uma área de 222 km² a leste da cidade de Madalena. A Figura 1 mostra o contexto geológico, no qual está inserida a área em foco neste trabalho, ressaltando sua inserção na porção norte da Província Borborema.

2. Processamento dos dados do sensor ETM do Landsat 7

Os dados do sensor ETM+ Landsat 7 (30 m de resolução para as bandas de 1 a 7 e 15 m para

a banda 8, pancromática) foram processados utilizando-se o *software* ENVI 3.6. Com o objetivo de realçar contrastes litológicos e a identificação de lineamentos estruturais foi estabelecido um procedimento padrão para o processamento digital da imagem Landsat, que envolveu a escolha da área de interesse na imagem, a obtenção de imagens falsa-cor RGB e de razões de bandas, e por fim, a obtenção de imagem a partir do análise das componentes principais.

Após várias combinações de bandas espectrais constatou-se que as imagens falsa-cor RGB 753 e 543 apresentam as melhores visualizações dos aspectos estruturais e das variações litológicas (Fig. 2a). Nas operações entre os valores dos níveis de cinza foram utilizadas as bandas 7, 5, 3 e 1, obtendo assim uma imagem falsa-cor RGB das razões 7/1, 5/1 e 3/1, respectivamente (Fig. 2b). Essa imagem realça os diversos segmentos litológicos e, em particular, as variações dos tons de azul e verde denotaram solos ricos em ferro, possivelmente derivados dos corpos máfico-ultramáficos, além de um forte contraste entre os padrões litológicos das porções setentrional e meridional da área. Também ficou evidente o complexo padrão estrutural da região. A partir da análise das principais componentes (APC) obteve-se uma imagem falsa-cor RGB para as três primeiras PC's, sendo possível visualizar melhor o padrão de redobrimento na porção NW da área (Fig. 2c).

3. Arcabouço lito-estrutural

Os trabalhos de coleta de dados geológicos tiveram um mapa-base na escala de 1:50.000 confeccionado a partir das cartas topográficas publicadas pelo Minter/SUDENE (folhas SB.24-V-B-V e SB.24-V-B-VI). Na região cartografada (Fig. 3), ocorre uma seqüência metamórfica paraderivada composta por biotita-gnaisses, anfibólio-gnaisses, muscovita-biotita-gnaisses e gonditos, com intercalações concordantes de corpos anfibolíticos. Entretanto, na porção oeste-sudoeste da área afloram ortognaisses de composição tonalítica. As relações entre os ortognaisses tonalíticos e a seqüência meta-

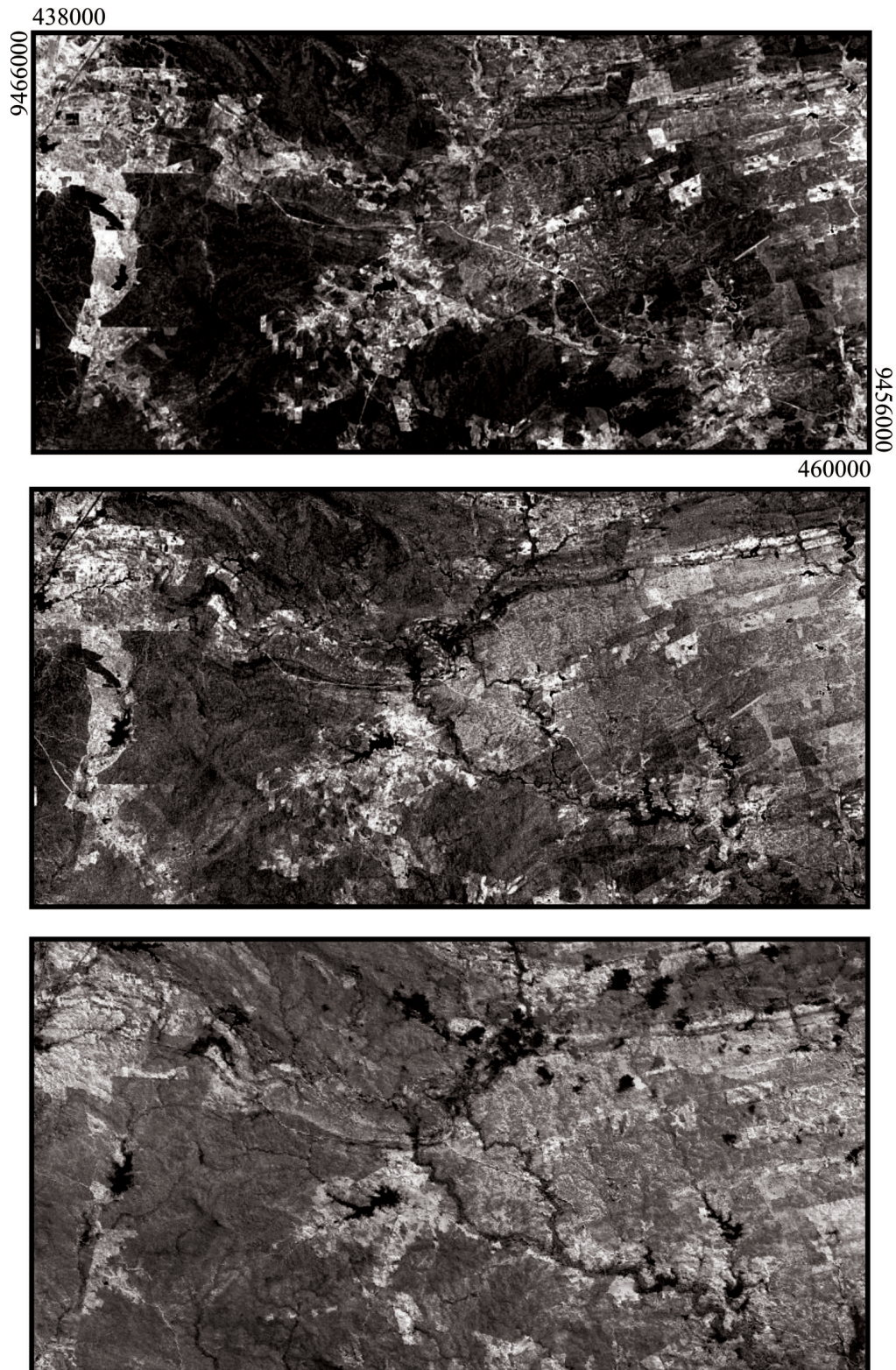


Fig. 2. (a) Imagem falsa-cor RGB composta com as bandas 543 para a área situada à leste da Cidade de Madalena, região central do Estado do Ceará. (b) Imagem falsa-cor RGB formada pelas razões 7/1, 5/1 e 3/1, respectivamente. Destacam-se os aspectos estruturais, os solos argilosos ricos em ferro (“massapê”) em tons azuis, como apresentando na parte esquerda superior (mancha azul), bem como contrastes litológicos entre a parte norte e porção centro-sul. (c) Imagem falsa-cor RGB para as PC’s 1, 2 e 3, respectivamente. Os padrões estruturais da parte esquerda superior ficam bem definidos, destacando as charneiras de dobramentos de escala quilo-métrica e dobramentos meno-res subordinados. Este padrão assemelha-se ao tipo 3 ou “laço” de Ramsay.

mórfica paraderivada não foram claramente observadas nos trabalhos de campo. Mas, com base em correlações lito-estratigráficas com áreas adjacentes, as quais serão discutidas adiante, pressupõem-se um caráter intrusivo para os ortognaisses.

Na porção norte da área (Fig. 3), os biotita-gnaisses e os muscovita-biotita-gnaisses formam uma faixa quilométrica de direção geral E-W. Esses litotipos geralmente apresentam granulação fina a média e distinguem-se em termos petrográficos pela quantidade de muscovita. Na porção centro-sul, ocorrem os anfibólio-biotita-gnaisses com intercalações de corpos anfibolíticos e lentes de biotita-gnaisses (Fig. 4a). Os contatos entre estes tipos litológicos são concordantes e paralelos à estrutural geral da área.

Os corpos anfibolíticos são encontrados como lentes aparentemente concordantes, de espessuras métricas a decamétrica, com contatos concordantes com os paragnaisses (Fig. 4b). Geralmente, as rochas anfibolíticas apresentam granulação fina a média, aspectos bandados e em alguns casos, miloníticos. Na porção sul, os biotita-gnaisses associados ao corpo anfibolítico constitui um “tipo silicoso”, sugerindo uma possível alteração hidrotermal. Os gonditos são encontrados na porção nordeste da área, associados aos paragnaisses e anfibolitos. Esses apresentam texturas granoblásticas finas, com grãos arredondados de granadas formando um proeminente bandamento com quartzo. Os ortognaisses tonalíticos encontrados no extremo oeste da área exibem bandamento gnáissico bem definido, granulação média a grossa, coloração em tons de cinza e, em alguns afloramentos, são observados diques sin-plutônicos de composição semelhante (Fig. 4c).

Os dados estruturais obtidos no levantamento de campo mostraram que o arcabouço estrutural da área é caracterizado pelas seguintes feições: a) presença de bandamento gnáissico tanto nas rochas orto como para-derivadas; b) planos de foliações com mergulhos variando de norte e sul; c) lineações minerais com *rakes* moderados de 05° a 30° apontando para NE e SE; d) dobras de amplitude métrica a quilométrica

com eixos mergulhando para E; e e) a presença de diques tardios de direções NW-SE, observados nos ortognaisses tonalíticos. A partir dos dados estruturais obtidos em campo foi possível determinar três eventos deformativos: D_n – primeiro evento dúctil responsável pelo bandamento gnáissico das rochas supracrustais da porção central e norte da área; D_{n+1} – segundo evento dúctil que atingiu toda área, responsável pela geração das “mega-dobramentos” e do bandamento gnáissico nos ortognaisse-tonalítico; e D_{n+2} – o terceiro evento de natureza rúptil, responsável pelas injeções de diques nos ortognaisse-tonalítico.

Uma seqüência de dobramentos foi identificada a partir das variações das direções dos mergulhos dos planos de foliação e das interpretações visuais obtidas nas imagens false-color RGB. Essas dobras foram interpretadas como uma seqüência de dobramentos antiformais e sinformais de amplitude quilométrica (F_{n+1}), com eixos mergulhando com direção E-W, que formam um aparente padrão de redobramento do tipo 3 ou laço (Ramsay, 1967). Também são cartografadas dobras de amplitudes métricas (F_n), evidentes em afloramentos naturais e em cortes de estrada.

Para descrição do arcabouço estrutural, a área foi dividida em três porções: 1- porção oeste, na qual predomina a ocorrência dos ortognaisse-tonalíticos; 2- porção norte, na qual é encontrada uma associação de biotita-gnaisse e muscovita-biotita-gnaisses intercalados ou não com níveis anfibolíticos; e 3- porção central, uma associação dos anfibólio-biotita-gnaisses e anfibólio-gnaisse intercalado com níveis anfibolíticos (Fig. 3).

Os ortognaisses tonalíticos que afloram no extremo-oeste da área apresentam bandamentos gnáissicos bem penetrativos (S_{n+1}), com mergulhos moderados a suave (18° a 60°) para SE e S-SW, lineações minerais e de estiramento com *rakes* moderados e direções para E-SE. Na porção central da área, as foliações (S_n , S_{n+1}) apresentam mergulhos para NE, SW e NW, com intensidade variável; lineações de *rake* moderado e direções para NE e SE; dobras (F_{n+1}) de escala quilométrica, como evidenciado nas imagens

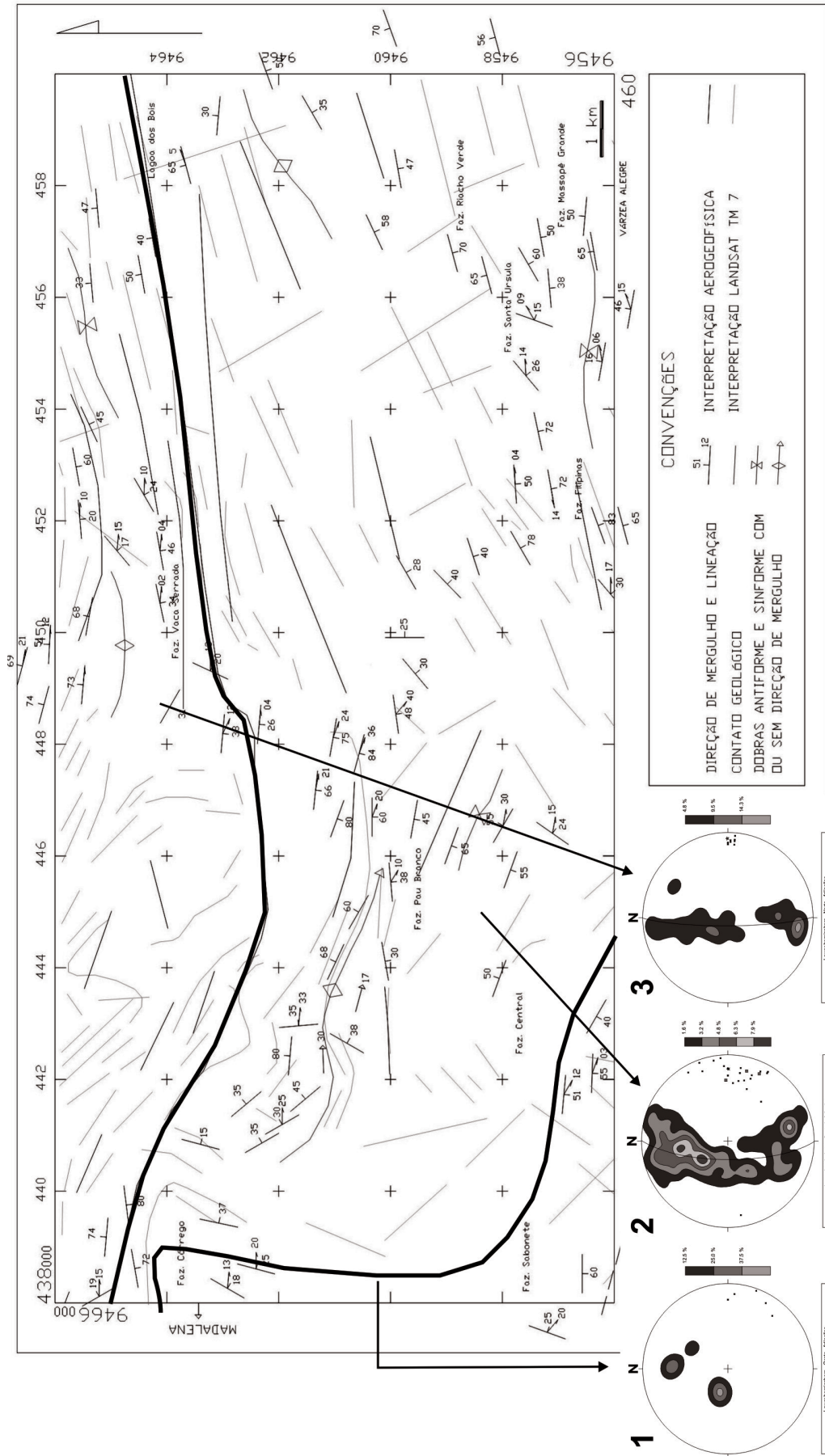


Fig. 3. Mapa lito-estrutural da área a leste de Madalena com subdivisão em domínios estruturais: 1 - domínio oeste composto pelos ortognaisses tonalíticos; 2 - domínio norte formado pelos biotita-gnaisses e muscovita-biotita-gnaisses; e 3 - domínio central: anfibólio-biotita-gnaisses e corpos anfibolíticos. Abaixo do mapa encontram-se os estereogramas com projeção para o hemisfério inferior para cada domínio. Estes apresentam isolinhas de concentração dos pólos das foliações (S para os domínios 2 e 3, S₁ para o domínio 1) e pontos representando as lineações minerais e de estiramento.

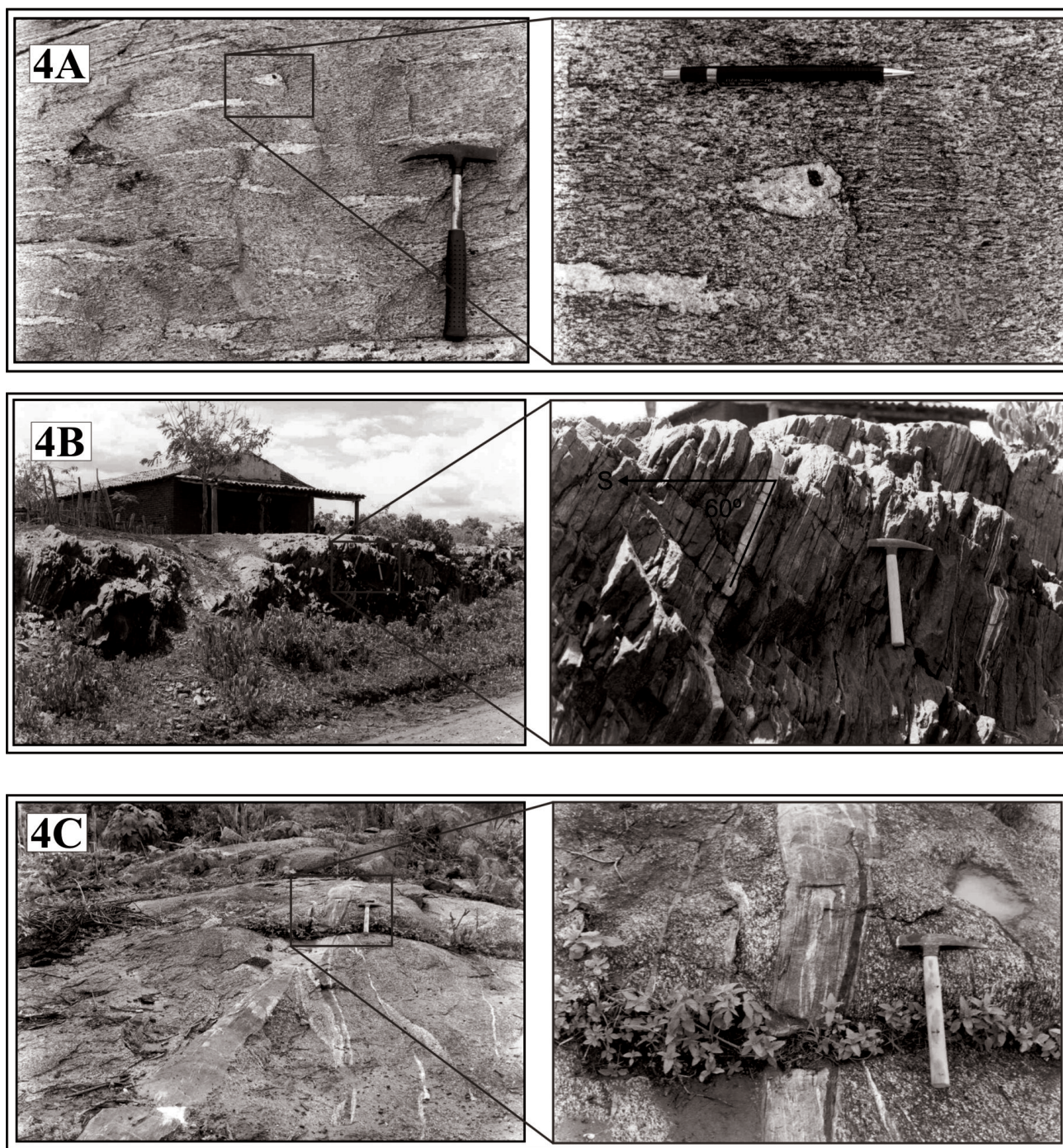


Fig. 4. Fotografias dos aspectos gerais de afloramentos e de detalhe dos tipos litológicos: (a) afloramento de corte de estrada de anfibólio-biotita-gnaisses, mostrando mobilizados de quartzo e plagioclásio bastante estirados e paralelos às lineações de rake suave e direção E-W, coordenadas UTM – 449132,9463820; (b) corpos anfibolíticos localizados na Fazenda Pau Branco, coordenadas UTM – 446219,9460187; (c) afloramento natural de ortognaisses tonalíticos cortados por diques.

falsa-cor RGB (Fig. 2), com planos axiais e eixos paralelos às direções das lineações minerais e de estiramento (NE e SE). A porção norte apresenta características estruturais semelhantes às da porção central, mergulhos das foliações para NW e SW, lineações minerais e de estiramento com *rake* moderado com direção geral para E.

4. Processamento dos dados aerogeofísico

Os dados aero-magnéticos e aeroradiométricos foram levantados pelo Projeto Itatira (CPRM/MME, 1995) em novembro de 1977, integrando 80.000 km de perfis com intervalos de amostragem de 1 s (um segundo) e

uma altura de vôo de 150 m. As linhas de vôo têm direção N – S e E – W com espaçamentos de 0,5 e 20 km, respectivamente. As linhas E – W foram correspondentes às linhas de controle de qualidade do levantamento geofísico e correção da variação diurna do campo geomagnético (Castro *et al.*, 2002). A área total do levantamento é de 38.000 km² e abrange quase toda porção norte do Estado do Ceará. Apesar da disponibilidade de dados radiométricos nos canais de U, Th, K e Contagem Total (CT), neste trabalho foi utilizado apenas o canal de CT, por apresentar melhor correlação com a geologia de superfície (Fig. 5).

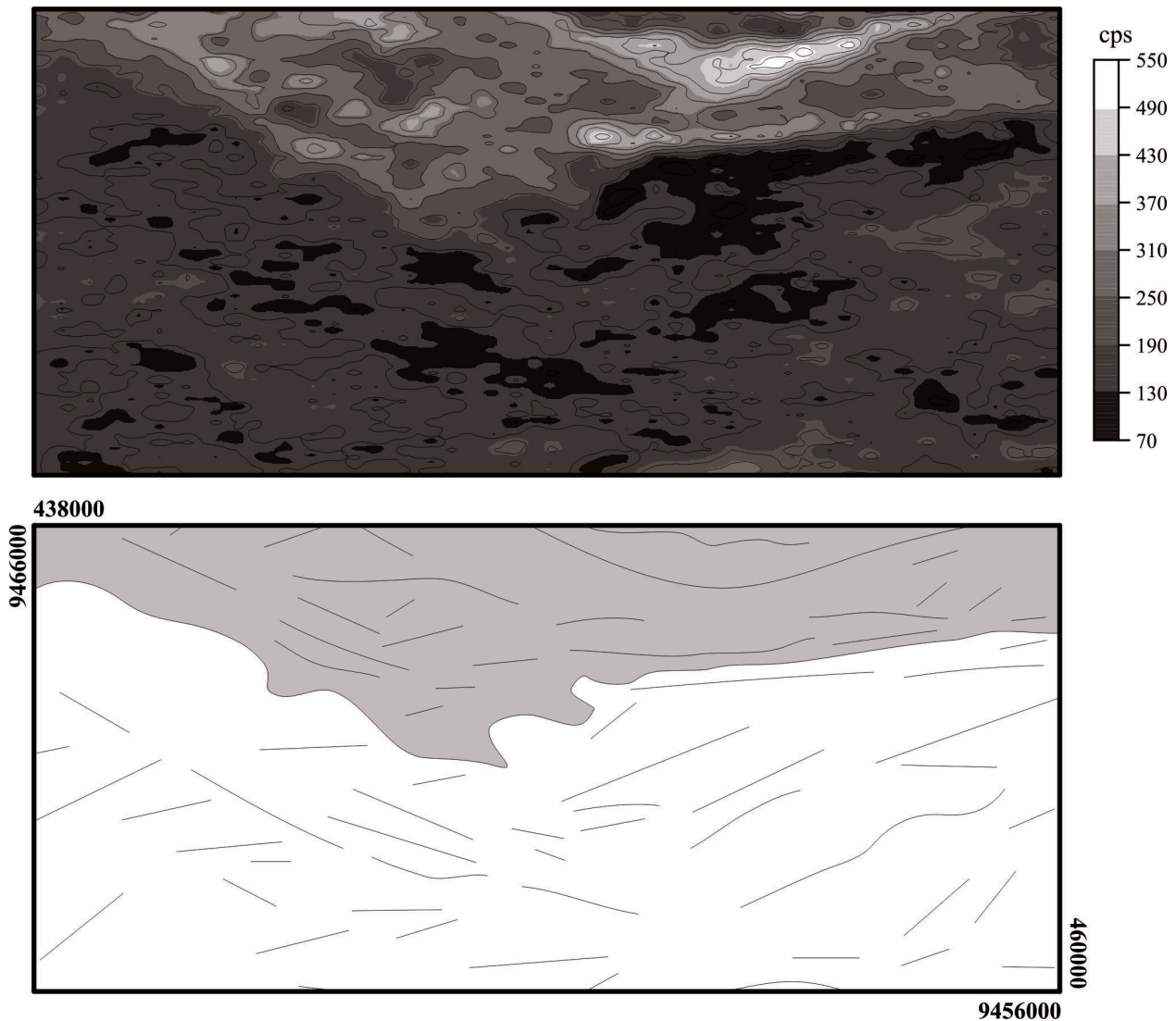


Fig. 5. Mapa de anomalias radiométricas (CT) após a aplicação do Filtro Azimutal. A área hachurada representa a unidade radiométrica que ocupa a porção norte da área. As lineações radiométricas mostram uma suave inflexão de NW-SE para NE-SW, concordante com dados das imagens remotas e estruturais.

Para o processamento digital dos dados aeromagnéticos e aeroradiométricos foi utilizado o *software Potential Field* versão 2.2, do Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS. Este programa permite a interpolação dos dados originais em uma malha regular, visualizada em mapas de isovalores, como também a aplicação de filtros espectrais. A eliminação do ruído, facilmente observado ao longo da linha de vôo do levantamento (N – S), foi executada com a aplicação de um filtro azimutal (Fig. 5). Esse procedimento reduz qualquer conteúdo de sinal de alta frequência numa direção pré-determinada (Cordell et al., 1992).

Durante a magnetização das rochas, os minerais ferro-magnesianos registram a direção do campo geomagnético na sua estrutura cristalina. Por outro lado, uma rocha que apresenta direção de magnetização diferente ao campo magnético atual gera uma anomalia magnética deslocada do corpo magnético. Neste sentido, a aplicação do filtro de redução ao polo tem o objetivo de eliminar este efeito, centralizando o pico das anomalias sobre suas respectivas fontes magnéticas (Fig. 6). Devido ao fato da região encontrar-se próxima ao equador magnético, a aplicação deste filtro provoca uma inversão da polaridade das

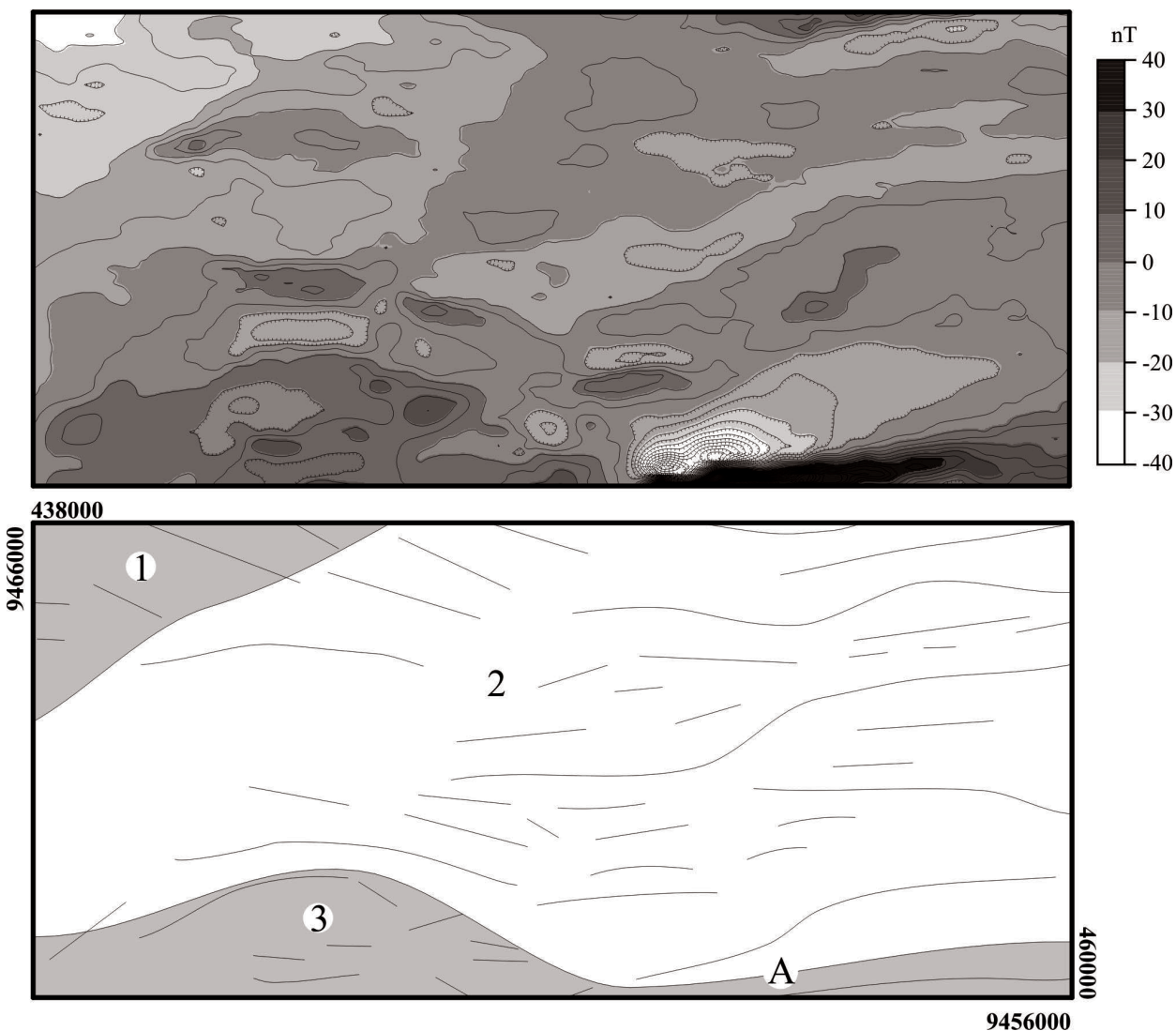


Fig. 6. Mapa de anomalias magnéticas reduzidas ao pólo para baixas latitudes magnéticas. Três unidades magnéticas podem individualizadas na área (1, 2 e 3). Uma proeminente anomalia encontra-se no extremo sul da área associada a um corpo anfibolítico sub-aflorante (A).

anomalias, posicionando valores positivos sobre os tipos litológicos mais magnetizados (Blakeley, 1996). Os parâmetros utilizados para este filtro foram a inclinação magnética de -4° e a declinação de $-20,75^\circ$.

O filtro de sinal analítico 3-D é uma técnica de filtragem, na qual obtêm-se as derivadas horizontais e vertical do campo magnético reduzido ao pólo. Esta técnica tem como objetivo principal amplificar os curtos e atenuar os longos comprimentos de onda do sinal nas três direções ortogonais, representando a magnitude do gradiente total. Os resultados desta técnica fornecem medidas da quantidade de magnetização independente dos parâmetros do campo

magnético e da direção de magnetização dos corpos. Os lineamentos magnéticos são bem realçados pelas amplitudes do sinal analítico 3-D (Fig. 7), contudo ruídos de alta frequência foram amplificados, denotando o caráter instável deste filtro.

5. Discussões e conclusões

A interpretação dos dados de sensores remotos (Fig. 2) consistiu preliminarmente na correlação espacial destes com dados geológicos coletados nos trabalhos de campo. Os produtos falsa-cor RGB 543 e 753 permitiram a identificação de lineamentos estruturais com

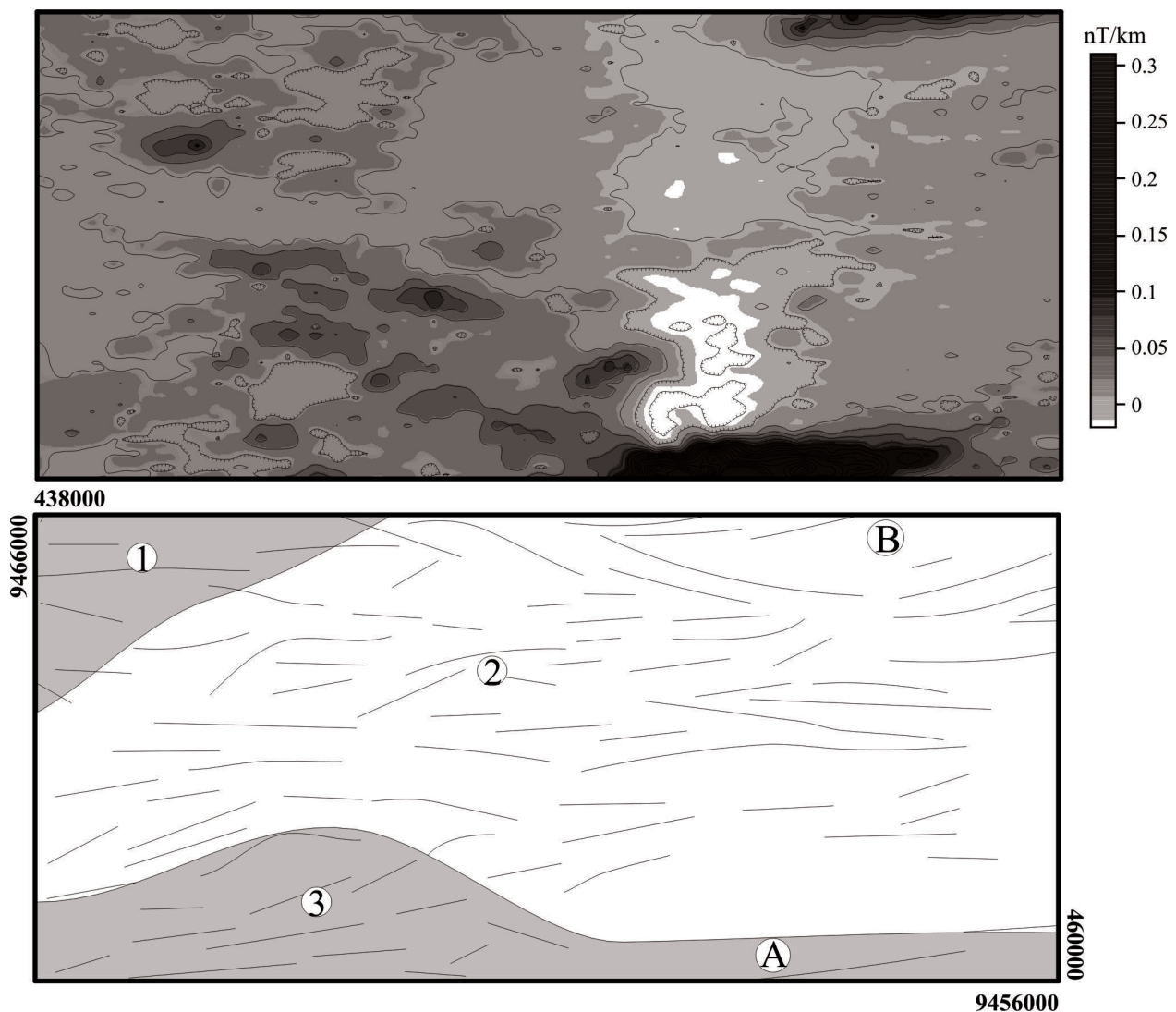


Fig. 7. Mapa do sinal analítico 3-D da área mapeada. As áreas hachuradas (1, 2 e 3) indicam as unidades magnéticas observadas na Fig. 6, bem como os máximos de amplitudes que marcam corpos anfíbolíticos aflorantes na região (A e B).

direções NE-SW na porção leste da área. Estes lineamentos estão associados às direções gerais das foliações, destacando-se a grande estrutura dobrada da porção nordeste. Uma segunda direção de lineamentos estruturais para NW-SE deve corresponder, provavelmente, a um conjunto de estruturas frágeis (juntas, fraturas, falhas, etc). Também foi possível, com base nas informações espectrais desses produtos, delimitar o contato entre os muscovita-biotita-gnaisses e suas encaixantes, além de inferir outros contatos. A imagem falsa-cor obtida das razões 7/1-5/1-3/1 permitiu realçar os contatos entre os muscovita-biotita-gnaisses e os hornblenda-biotita-gnaisses, confirmando as diferenças petrográficas identificadas nos trabalhos de campo, além de destacar o padrão estrutural da área. A imagem derivada da APC ressaltou as feições geológicas observadas nos produtos anteriores (FC RGB 543, 753 e 7/1-5/1-3/1) como o contraste de tonalidade e textura entre os diversos segmentos litológicos e a estruturação da área.

Os valores elevados dos dados radiométricos do canal de contagem total (CT) localizados na porção norte (Fig. 5), suportam a presença dos tipos litológicos muscovita-biotita-gnaisses e biotita-gnaisses. As anomalias positivas apresentam uma suave inflexão na porção central da área, com orientações NW-SE, a oeste, e ENE-WSW, a leste. Por outro lado, nas porções central e sul, contagens menores apontam a presença dos hornblenda-biotita-gnaisses, e valores mínimos estando relacionados aos corpos anfíbolíticos. A inflexão das lineações radiométricas, observada na unidade da porção norte, mostra-se aqui mais acentuada, acompanhando as orientações estruturais identificadas nas imagens remotas e na cartografia geológica em campo. Por conseguinte, os dados do canal CT demarcam fortemente na seqüência supracrustal dois domínios litológico bem distintos. Anomalias isoladas, localizadas nas porções sul e leste, associam-se às lentes de biotita-gnaisses, algumas apresentando tipos bastantes silicosos.

O mapa de anomalias reduzidas ao pólo (Fig. 6) pode ser dividido em três unidades magnéticas, as quais aparentemente não apresentam uma boa

correspondência com a geologia de superfície e os dados radiométricos. No extremo NW da área (1 na Fig. 6), o campo geomagnético é dominado por anomalias negativas de até -35 nT, com lineamentos NW-SE pouco expressivos. A unidade central (2) ocupa mais de 75% da área estudada com um relevo magnético suave, variando de -25 a 5 nT. Extensas anomalias negativas com direção E-W parecem separar sutilmente esta unidade em duas sub-áreas: uma mais positiva a sul e outra mais negativa a norte. Por fim, a unidade no limite sul da área (3) é formada por valores magnéticos positivos de até 25 nT, destacando-se um máximo de direção ENE-WSW associado a um corpo anfíbolítico, mapeado na região.

As amplitudes do de sinal analítico 3-D realçam os lineamentos magnéticos, bem como os corpos anfíbolíticos nos extremos sul e norte da área (A e B na Fig. 7, respectivamente). A orientação principal dos lineamentos é E-W, com raras direções ENE-WSW. As variações nos padrões dos lineamentos são pouco marcantes nas diferentes unidades magnéticas, ressaltando a monotonicidade magnética desta região.

De forma conclusiva, o arcabouço litoestratigráfico da região de Madalena, Domínio Ceará Central da Província Borborema, apresenta duas associações litológicas distintas: a) uma associação supracrustal de paragneisses (biotita-gnaiss, anfíbolio-biotita-gnaiss e muscovita-biotita-gnaiss com intercalações de finos níveis anfíbolíticos), corpos anfíbolíticos e camadas de gonditos; e b) ortogneisses tonalíticos. O arcabouço estrutural caracterizado pela presença de dois eventos deformacionais dúcteis (D_n e D_{n+1}), os quais foram responsáveis pela formação de penetrativo bandamento gnáissico de orientação geral E-W, de dobramentos de escala métrica a quilométrica com eixos apontando para E e planos axiais verticais a subverticais, lineações minerais e de estiramento com *rake* suave (05° a 30°) e direções de mergulho para NE ou SE. Por fim registra-se um evento rúptil, caracterizado na presença de fraturas extensionais de direção NW-SE, podendo está relacionado com o posicionamento de diques tardios.

Por fim, as imagens falsa-cor RGB facilitaram sobremaneira a identificação das feições estruturais da região, assim como, a partir das variações de tons, a inferência dos contatos entre os vários tipos litológicos. Portanto, nos mapas de anomalias magnéticas, valores elevados estão relacionados com a ocorrência de rochas anfibolíticas e seus lineamentos magnéticos associados às estruturas regionais; os valores elevados das anomalias radiométricas do canal de contagem total estão associados com os biotita-gnaisses e muscovita-biotita-gnaisses; valores baixos com os biotita-hornblenda-gnaisses e os picos mínimos com rochas anfibolíticas. Desta forma foi possível identificar e fornecer controles geofísicos e geológicos para uma cartografia mais precisa dos corpos anfibolíticos da Região de Madalena, no Ceará Central.

Referências

- Andrade, G.F., 1969, Geologia e Mineralogia da área norte de Tróia-CE. Relatório de Graduação, Departamento de Geologia. UFPE, Recife, 132p.
- Arthaud, M.H. & Landim, D.F., 1995, Relações da Seqüência Metassedimentar de Quixeramobim com seu embasamento. 16º Simpósio de Geologia do Nordeste, **1**: 125-128.
- Blakeley, R.J., 1996, Potential theory in gravity and magnetic applications. Cambridge University Press, London, 441p.
- Brito Neves, B.B., 1975, Regionalização geotectônica do Pré-cambriano nordestino. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 198p.
- Brito Neves, B.B., 1983, O mapa geológico do Nordeste oriental do Brasil, escala 1:1.000.000. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociência da Universidade de São Paulo, 177p.
- Brito Neves, B.B., 1986. Tectonic regimes in the Proterozoic of Brazil. 12º Simpósio de Geologia do Nordeste, 235-251.
- Caby, R. & Arthaud, M.H., 1986, Major Precambrian nappes of the Brazilian belts, Ceará, Northeast Brazil. *Geology*, **14**: 871-874.
- Castro, D.L., Branco, R. M.G.C., Martins, G. & Castro, N.A., 2002, Radiometric, magnetic, and gravity study of the Quixadá batholith, central Ceará domain (NE Brazil): evidence for Pan-African/Brasiliano extension-controlled emplacement. *Journal of South American Earth Sciences*, **15**: 543-551.
- Cavalcante, J.C., Ferreira, C.A., Ramalho, R., Braun, O.P.G., Baptista, M.B. & Cunha, H.C.S., 1986, Mapa geológico do Estado do Ceará, escala 1:500.000. Fortaleza-CE. MME-DNPM-CEMINAS-SUDENE.
- Cordell, L. Phillips, J.D., Godson, R.H., 1992, US Geological Survey Potential Field Geophysical Software Version 2.2, USGS, Open File Report 9-18, 13p.
- Fernandes, A.H.M., 2001, Caracterização Petrográfica e Geoquímica de Rochas Metamáficas e Metaultramáficas da porção sul do distrito de Caio Prado-CE. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, 121p.
- Fetter, A.H., Van Schmus, W.R., Santos, T.J.S., Arthaud, M.H. & Nogueira Neto, J.A., 1997, Geologic history and framework of Ceará State; NW Borborema Province, NE Brazil. South-American Symposium on Isotope Geology, Extended Abstracts, Campos do Jordão - SP, **1**:112-114.
- Fetter, A.H., 1999, U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceará State, NW Borborema province, NE Brazil: Implications for the assembly of Gondwana. PhD thesis, Department of Geology, Kansas University, 157p.
- Fetter, A.H., Van Schmus, W.R., Santos, T.J.S., Nogueira Neto, J.A. & Arthaud, M.H., 2000, U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal evolution and basement architecture of Ceara State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the existence of the Paleoproterozoic supercontinent "Atlantic". *Revista Brasileira de Geologia*, **30** (1): 102-105.
- Martins, G., 2000, Litogeoquímica e Controles Geocronológicos da Suíte Metamórfica Algodões-Choró, Domínio Ceará Central, Província Borborema. Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas, 220p.
- Martins, G., Oliveira, M.I., Oliveira, E.P., Souza, C.R. & Arthaud, M.H., 1997, A Geologia da Sequência Anfibolítica Algodões e suas implicações para o quadro lito-estratigráfico da região central do Ceará. 17º Simpósio de Geologia do Nordeste, Fortaleza, 61-65.
- Oliveira, M.I., 1997, Geologia de uma região situada a nordeste de Quixeramobim (CE). Relatório de Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 34p.
- Pessoa, R.R. & Archanjo, C. J., 1984, Tectônica de empurrões na região de Tróia-CE. 33º Congresso Brasileiro de Geologia, **4**: 1721-1728.
- Pessoa, R.R., Brito Neves, B.B., Kawashita, K. & Pessoa, D.A.R., 1986, Contribuição ao estudo da evolução geocronológica do maciço de Tróia, 12º Simpósio de Geologia do Nordeste, João Pessoa - PB, 75-93p.
- PROJETO RADAMBRASIL, Folha Rio Jaguaribe. Campos, M., Braga, A.P.G., Souza, E.M., Silva, F.A.F. & França, J.B., 1976, Relatório Final. Recife/PE, CPRM/DNPM, 250 pp.
- Ramsay, J. G., 1967, Folding and fracturing of Rocks.

McGraw-Hill, New York, 405p.
 Santos, E.J. & Brito Neves, B.B., 1984, Província Borborema. In: Almeida, F.F.M. & Hasui, Y. (Coord). O Pré-Cambriano do Brasil. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 378 p.

Torquato, A.M.P. & Santos, J.S.O., 1998, Mapeamento geológico da região de Choró Limão (CE). Relatório de graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 78p.

REVISTA DE GEOLOGIA

ISSN-0103-2410

<http://www.revistadegeologia.ufc.br>

VOLUMES PUBLICADOS

<i>VOLUME 1, NÚMERO 1</i>	1988
<i>VOLUME 1, NÚMERO 2</i>	1988
<i>VOLUME 2, NÚMEROS 1/2</i>	1989
<i>VOLUME 3</i>	1990
<i>VOLUME 4</i>	1991
<i>VOLUME 5</i>	1992
<i>VOLUME 6</i>	1993
<i>VOLUME 7</i>	1994
<i>VOLUME 8</i>	1995
<i>VOLUME 9</i>	1996
<i>VOLUME 10</i>	1997
<i>VOLUME 11</i>	1998
<i>VOLUME 12</i>	1999
<i>VOLUME 13</i>	2000
<i>VOLUME 14</i>	2001
<i>VOLUME 15</i>	2002
<i>VOLUME 16, NÚMERO 1</i>	2003
<i>VOLUME 16, NÚMERO 2</i>	2003
<i>VOLUME 17, NÚMERO 1</i>	2004
<i>VOLUME 17, NÚMERO 2</i>	2004
<i>VOLUME 18, NÚMERO 1</i>	2005

* Os volumes 11 a 18 estão disponíveis em meio digital no site da Revista de Geologia