

Uso de imagens do sensor ETM⁺ do Landsat 7 na seleção de áreas potencialmente ricas em ferro

Cristian Dikson Araujo da Silva
Fernando Gilson de Sousa Borges
Clovis Vaz Parente
Cynthia Romariz Duarte

Universidade Federal do Ceará – UFC/DEGEO
Campus do Pici, Bloco 912, CEP 60455-760 Fortaleza, CE, Brasil
cristiandikson@msn.com; borgesjpr@hotmail.com;
{clovis, cynthia.duarte}@ufc.br

Abstract. The present study utilized multispectral data of the Landsat 7 ETM+ for the selection of areas potentially iron enriched. This region is located within the municipalities of Santa Quitéria Catunda and Hidrolândia, Ceará Central Domain, located in the Province Borborema, at Ceará State. Borborema The Province covers an extensive area in northeastern Brazil Precambrian age formed by the collision of Cratons São Luiz – Oeste Africano e São Francisco – Congo-Kasai in the latest Neoproterozoic, forming a wide range orogenic Pan African – Brasileiro. To minimize atmospheric effects, the Dark Object Subtraction method was used, mainly observed in the bands of blue and green. The transformation Minimum Noise Fraction (MNF) and the statistical method of principal components analysis (APC) were applied to ETM+ Landsat 7 reflected bands, producing a highlight potential areas enriched in iron. The ratio between the bands of red and blue visible bands 3 and 1 respectively, and the subtraction of those bands, also showed great enhancements, assisting in the selection of areas potentially enriched in iron. The data processing multispectral ETM allowed the choice of several possible targets with high iron concentration. Treatment methods of generating images showed excellent image enhancements that will be of great assistance to the field stage, with regard to planning and sites to be visited and described more closely and the geologic mapping of the entire area.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, geoprocessamento, mineralizações de ferro, Remote Sensing, iron mineralizations.

1. Introdução

O presente trabalho tem por objetivo principal a seleção de áreas potencialmente enriquecidas em ferro, através da utilização de imagens orbitais multiespectrais. A região está inserida dentro dos municípios de Santa Quitéria, Catunda e Hidrolândia (Figura-1), no Domínio Ceará Central, localizada na Província Borborema (Arthaud *et al* 1998, Fetter 1999).

A Província Borborema compreende uma extensa área do Nordeste do Brasil de idade pré-cambriana formada pela colisão dos Cratons São Luiz – Oeste Africano e São Francisco – Congo-Kasai, no Neoproterozóico tardio, formando uma larga faixa orogênica Pan Africana – Brasileira. O Terreno Santa Quitéria possui delimitação ainda pouco rigorosa, compreendendo em geral uma faixa batolítica situada a leste da Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II, com suas rochas possuindo idades de cristalização (U-Pb) em zircão variando de 614 a 664,8 Ma e com idades modelos T_{DM} variando entre 0,9 e 1,16 Ga (Fetter *et al* 2003).

Segundo esses autores, este domínio é caracterizado por uma tectônica tangencial com nappes envolvendo gnaisses e migmatitos do embasamento policíclico (Transamazônico e Brasileiro) e rochas metassedimentares proterozóicas. Embasamento e rochas supracrustais, foram atingidos por metamorfismo da fácies xisto-verde a granulito. A colisão brasileira foi marcada por uma intensa tectônica tangencial, acompanhada de um importante espessamento crustal, seguida de movimentos de translação ao longo de mega zonas de transcorrências dextrais, por exemplo, a zonas de cisalhamento dúctil sobral-pedro II e Ôros que delimitam o domínio, a compreensão desta complexa evolução tectônica passa pelo conhecimento, a nível

regional, da geometria da foliação, das direções de transporte tectônico, marcado pela lineação de estiramento, e da cronologia dos acontecimentos, fornecida pela geocronologia.

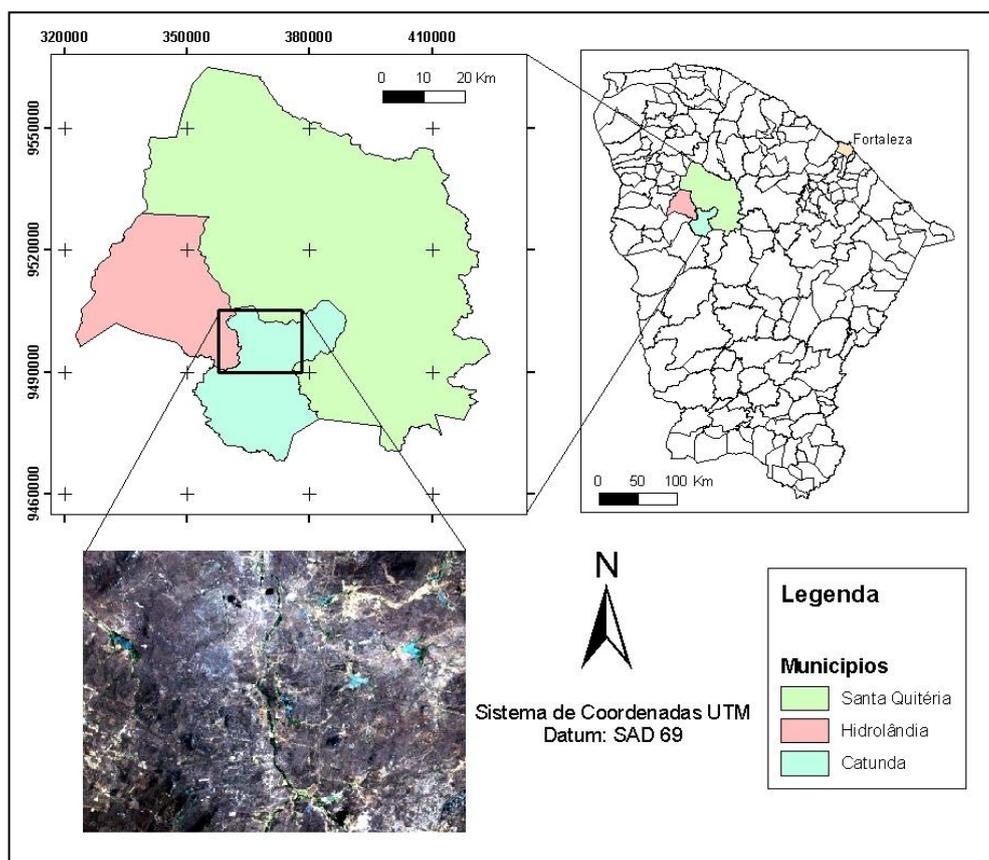


Figura-1: Mapa de localização da área.

O complexo Tamboril-Santa Quitéria está inserido na unidade geotectônica do domínio ceará central. Uma das suas características marcantes é a intensa migmatização associada à presença de grande volume de granitos anatóticos e de restitos constituídos essencialmente por anfibólitos e rochas cálciossilicáticas. De acordo com Fetter *et al.* (2003) os protólitos desta unidade foram gerados em ambiente de arco magmático continental, com localização a oeste e mergulho para leste. Esta conclusão foi baseada na idade dos modelos das rochas migmatizadas, protólitos de granito a diorito, e da sola metassedimentar da unidade, com idades variadas do modelo do Neoproterozóico.

As rochas metaplutônicas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, segundo os dados, implicam em mistura de magmas juvenis Neoproterozóico com gnaisses paleoproterozóico ao redor. As rochas metassedimentares da base seriam produto da erosão do material juvenil. A intensa deformação e a anatexia avançada, adquiridos durante o pico da colisão brasiliana, dificulta a reconstituição da geometria do arco. Os Granitóides brasilianos em todas as cadeias, e nos estágios sucessivos da colisão marcam uma geração, neste caso, os pré-colisionais ou arcos magmáticos continentais, associados à subducção.

O uso de imagens orbitais multiespectrais auxilia para a seleção de diferentes feições geológicas, visto que rochas diferentes interagem com a luz de maneira diferente. Portanto, o uso dessas imagens contribui para a seleção de regiões que apresentam comportamento, do ponto de vista espectral, semelhante ao do ferro.

2. Metodologia de trabalho

Imagens do sensor ETM⁺ do Landsat 7 foram utilizados no reconhecimento de possíveis áreas ricas em ferro.

Para o processamento das imagens do sensor ETM⁺ foi necessário minimizar os efeitos atmosféricos, presentes principalmente nas bandas do azul e do verde visível, onde o espalhamento atmosférico tende a ser mais intenso. A correção atmosférica foi realizada utilizando método *Dark Object Subtraction*, esse método consiste na subtração do pixel de menor valor da imagem (próximo a zero) e subtrair esse valor dos demais pixels da imagem.

Depois de os dados corrigidos, com o objetivo de reduzir o número de dimensões espectrais, foi aplicada a transformação *Minimum Noise Fraction* (MNF), destacando possíveis áreas ricas em ferro (Figura-2), essa mesma técnica foi utilizada por Carrino *et al* (2008) individualizando superfícies supergênicas (ricas em ferro) pré-mapeadas.

O método estatístico das Componentes Principais (PCs) (Figura-3), a razão entre bandas (Figura-4), a subtração entre bandas (Figura-5) e a manipulação do contraste dos níveis de cinza foram utilizados para realçar diferentes feições geológicas com possíveis concentrações elevadas de ferro.

A subtração de bandas sejam elas diferentes bandas de uma mesma imagem, ou a mesma banda de diferentes imagens serve para realçar pequenas diferenças espectrais, a subtração entre bandas é bastante útil na identificação de diferenças sutis em comportamento espectral de determinados alvos em imagens multiespectrais. Um exemplo é a identificação de minerais formados por óxidos de ferro, que exibem alta reflectância no vermelho e baixa reflectância no azul, de forma que uma diferença entre as bandas 3 e 1 do ETM⁺/Landsat 7 vai realçar as áreas com solo rico em ferro (Crosta, 1992-1993).

A divisão (razão) entre imagens é sem dúvida uma operação matemática mais comum em processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, sendo bastante utilizada na identificação de varias feições geológica, como zonas de alteração hidrotermal relacionadas à concentração de minerais (Crosta, 1993).

O tratamento das imagens foi realizado no *software* ENVI importando seus dados para o *software* ArcGis, afim de serem interpretados e extraídos os elementos de interesse, como: os locais com possível teor de ferro elevado, drenagem, características texturais e topográficas.

Posteriormente os alvos de possível enriquecimento em ferro serão avaliados por trabalhos de campo, sendo todos os alvos descritos e analisados em relação aos seus teores de ferro.

3. Resultados e Discussão

A região estudada, por ser uma região árida, não apresenta uma grande cobertura vegetal, aparecendo cobertura significativa apenas nas regiões fluviais, facilitando a investigação geológica.

A transformação MNF, aplicada as imagens do sensor ETM⁺, destacou em azul algumas áreas, provavelmente ricas em ferro (Figura-2).

O tratamento das imagens (composições coloridas, razão e subtração de bandas), foi baseado, no comportamento espectral do ferro, que reflete bem a banda do vermelho visível e pouco a banda do azul visível.

Por esse motivo foi utilizado, para gerar a figura 3, a PC que tivesse uma maior contribuição, seja ela positiva ou negativa, para a banda 3 do sensor. Sendo o PC4 o de maior contribuição, como pode ser visto na tabela estatística de contribuição dos PCs para cada banda (Tabela-1).

Para a geração das figuras 3 e 4, foi realizado a razão e a subtração, respectivamente, das bandas correspondentes ao vermelho e ao azul visível, realçando as áreas com bons teores de ferro.

Tabela-1. Tabela estatística de contribuição dos PCs para cada banda do sensor ETM⁺.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Banda 1	0.398988	0.423841	0.435301	0.393259	0.390002	0.406113
Banda 2	0.479846	0.388003	0.170817	-0.007940	-0.612215	-0.463845
Banda 3	0.380585	0.064126	-0.027053	-0.856963	0.094727	0.327035
Banda 4	-0.602847	0.212121	0.676203	-0.253987	-0.236059	0.118730
Banda 5	0.109471	-0.243584	0.414786	-0.172373	0.545710	-0.655075
Banda 6	-0.300505	0.749248	-0.388980	-0.129138	0.332557	-0.264100

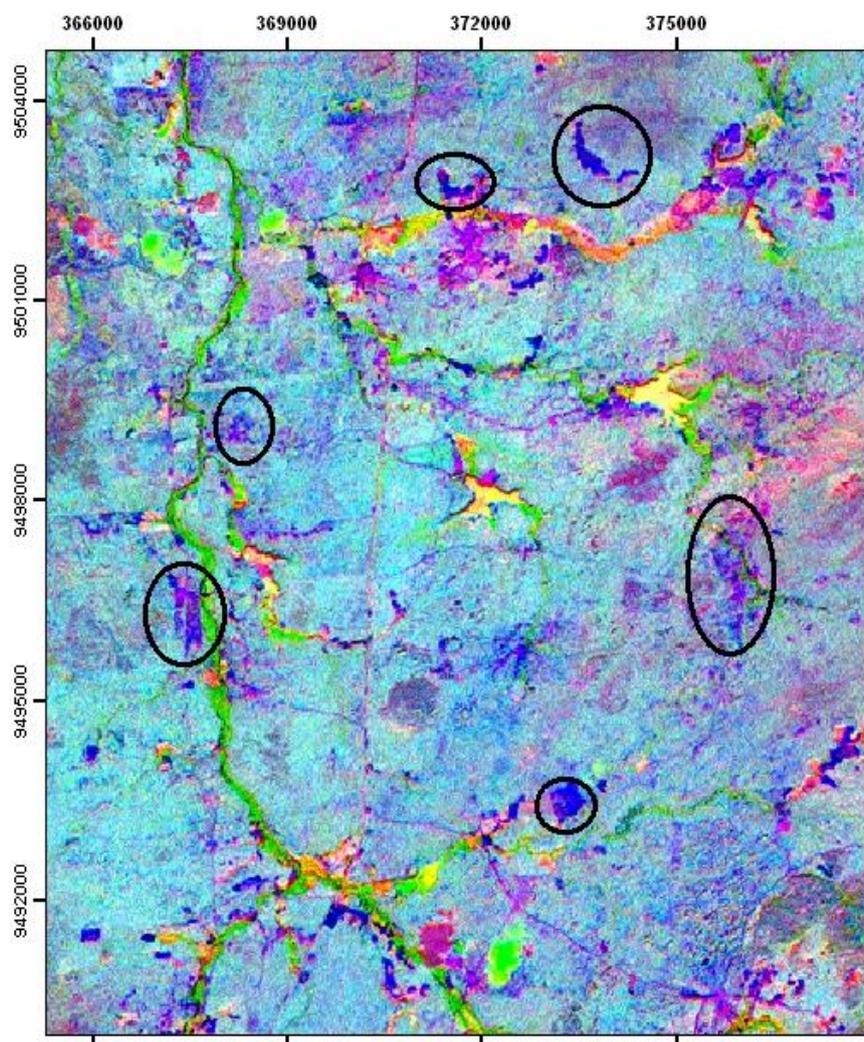


Figura-2: Imagem com composição colorida MNF5 (R), MNF4 (G) e MNF3 (B), realçando, em azul, áreas potencialmente enriquecidas em ferro (elipses pretas). Sistema de coordenadas UTM – SAD 69.

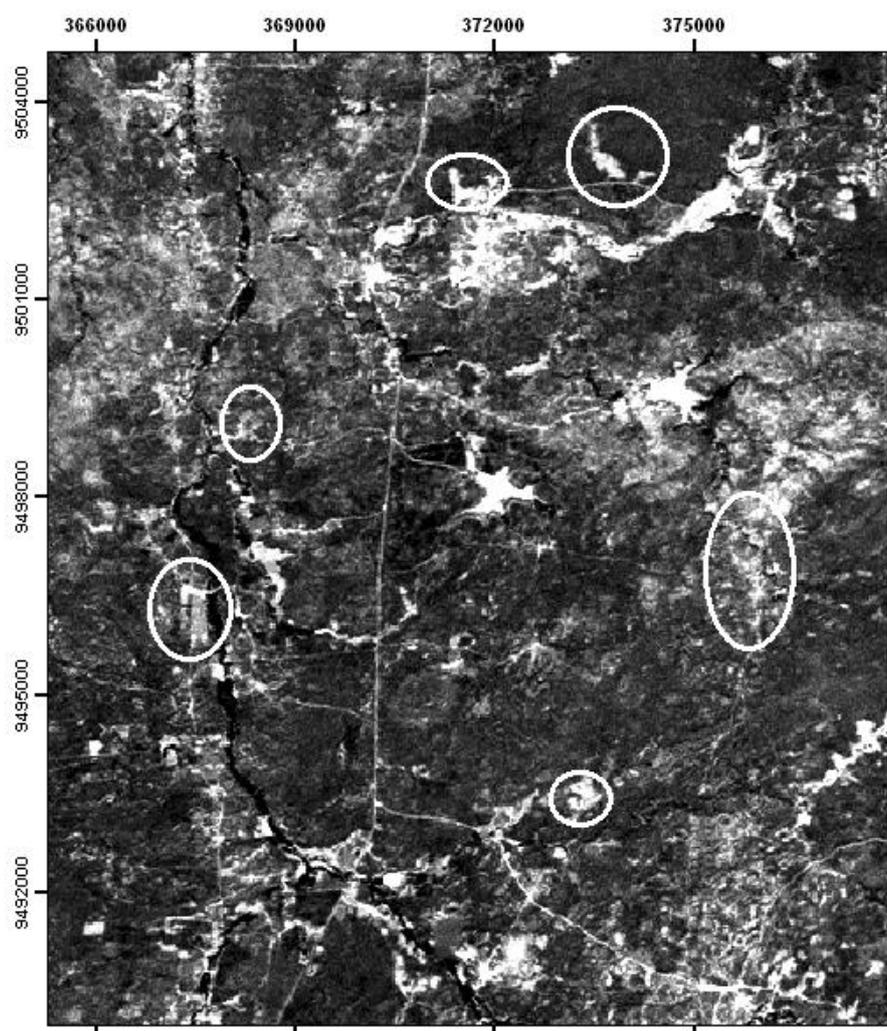


Figura-3: Imagem PC4, realçando áreas potencialmente enriquecidas em ferro (elipses brancas). Sistema de coordenadas UTM – SAD 69.

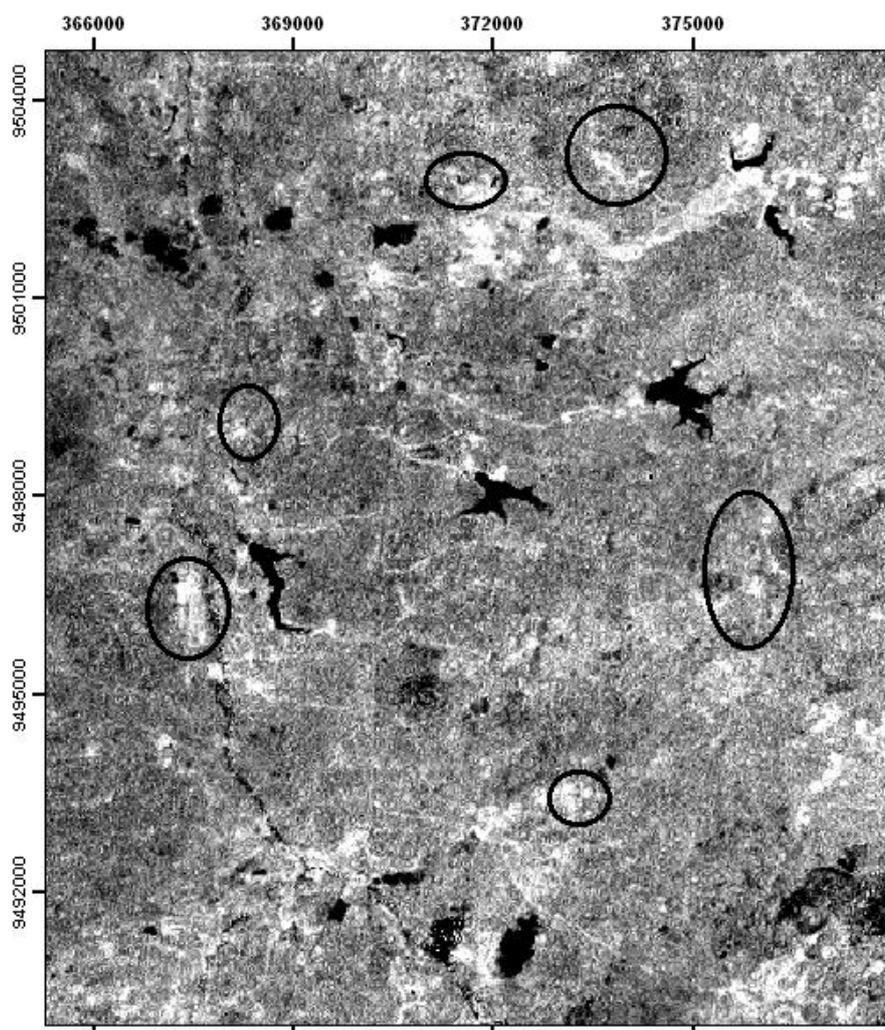


Figura-4: Imagem da razão entre as bandas 3 e 1, realçando as áreas potencialmente enriquecidas em ferro (elipses pretas). Sistema de coordenadas UTM – SAD 69.

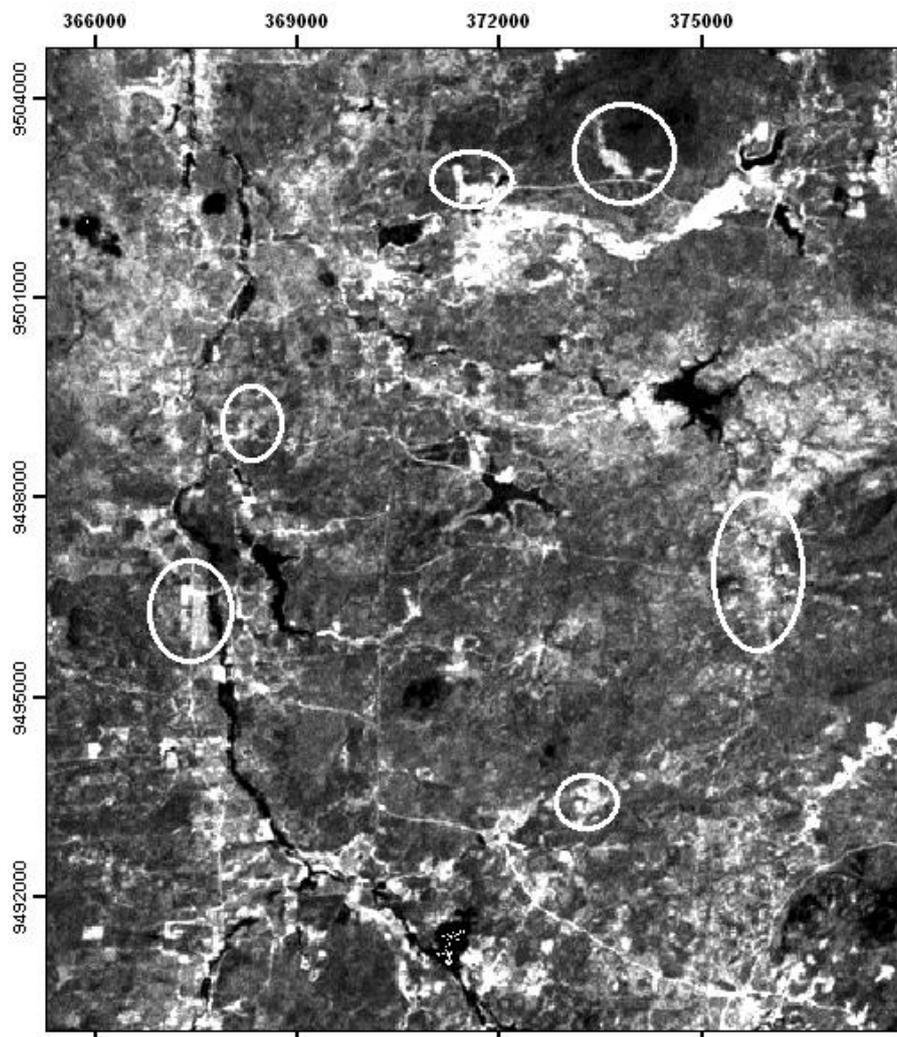


Figura-5: Imagem da subtração das bandas 3 e 1, realçando as áreas potencialmente enriquecidas em ferro (elipses brancas). Sistema de coordenadas UTM – SAD 69.

4. Conclusões

O tratamento dos dados multiespectrais do sensor ETM⁺, permitiram a escolha de vários alvos com possível concentração de ferro elevado. O fato da região não apresentar muita cobertura vegetal facilitou bastante na interpretação dos resultados, pois sem essa cobertura vegetal as diferentes texturas e contrastes observados, nas imagens, representam, portanto, alvos geológicos. Os métodos de tratamento das imagens mostraram excelentes realces gerando imagens que serão de grande auxílio para a etapa de campo, no que diz respeito ao planejamento e aos locais a serem visitados e descritos com mais atenção, bem como o mapeamento geológico de toda a área.

Agradecimento

Ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará – DEGEO/UFC.

Referências

Arthaud, M.H.; Vasconcelos, A.M.; Nogueira Neto, J.A.; Oliveira, F.V.C.; Parente, C.V.; Monié, J.P.; Caby, R.; Fetter, A.H.; 1998. Main structural features of precambrian domains

from Ceará (NE Brazil). **International Conference on Precambrian and Cratons Tectonics, Ouro Preto**, Abstracts, 84-85.

Arthaud, M.H. Evolução neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da sedimentação a colisão continental brasileira. Tese de doutorado N°081. Instituto de Geociências (IG), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF. 2007.

Carrino, T.A.; Souza Filho, C.R.; Leite, E.P. Processamento e integração de imagens multiespectrais, de radar e aerogeofísicas do Bloco Serra Leste (Carajás, PA) e discussão do potencial para a mineralizações de ferro. **Revista Brasileira de Geofísica**, (2008) 26(2): 123-140.

Crosta, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Instituto de geociências, Departamento de metalogênese e geoquímica. Campinas, SP: IG/Unicamp. 1992, 1993. 170p.

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, Dept. of Geology, Kansas University, USA., 164p.

Fetter, A.H.; Santos, T.J.S.; Van Schmus, W.R.; Hackspaker, P.C.; Brito Neves, B.B.; Arthaud, M.H.; Nogueira Neto.; Wernick, E. 2003. Evidence for Neoproterozoic continental arc magmatism in the Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of West Gondwana. *Gondwana Research*, 6, 265-273.