



Identificação de Áreas Favoráveis à Formação de Zonas de Alteração Hidrotermal com Mineralizações em Ouro, Utilizando a Integração de Dados Aerogeofísicos, Geológicos e Imagens de Satélite.

Marcelo Russo Bendelak & Eder Cassola Molina ¹IAG-Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – USP, bendelak@iaq.usp.br, eder@iaq.usp.br

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Gold mineralization is known to occur associated with shear zones cutting Early Proterozoic rocks in Ceará State, Northern Brazil. The regional geologic setting of these occurrences is not well established and the available geologic mapping is generally at a scale of 1:250,000 to 1:100,000.

This project focuses on the region of Iguatu Sheet (SB.24-Y-B) where one of these gold occurrences is known, named Fortuna, in milonitic zones associated with quartz veins with pyrite, hosted by sericite-quartz schists. Available regional geological data for this area includes 1:250,000 geologic and metallogenetic maps produced by CPRM, airborne geophysics of the Iguatu Project, including gamma spectrometry and magnetometry, and Landsat Thematic Mapper multispectral remote sensing data (path/row 217/64 and 217/65).

The objective of this work is to carry out an integrated analysis of these data for gold exploration, looking for evidences of potential areas. To pursue this objective, textual and lithological information was extracted from Landsat/TM, as well as spectral information related to the occurrence of hydrothermal alteration affecting the rocks. Gamma-ray data provided information on the compositional variation of the rocks, thus defining the main lithological and tectonic units. Magnetic data was used to define the main structural features of the region, and the analysis of lineaments.

The information obtained from this dataset was then integrated using digital methods, allowing an assessment of their combined use and characterizing areas of greater potential for gold mineralization in the Iguatu Sheet region (SB.24-Y-B).

1-Introdução

Neste trabalho é abordada a utilização conjunta de três tipos de informações (geológicas, aerogeofísicas e Landsat 5/TM), com enfoque principal na caracterização geofísica da área e no estudo da distribuição de zonas anômalas que possam indicar possíveis mineralizações, utilizando como área de estudo a região da Folha Iguatu na porção centro-sul do Estado do Ceará, delimitada pelas coordenadas: 40°30'W / 5°00'S - 39°00'W / 7°00'S (Figura 1).

Foram analisados os aspectos estruturais, litológicos e mineralógicos através do processamento e análise das

informações texturais das imagens LANDSAT 5/TM e dados aeromagnetométricos. Utilizando as informações tonais das imagens LANDSAT 5/TM integradas aos dados aerogamaespectrométricos, foi possível identificar e diferenciar a composição litológica da área estudada, além de evidenciar possíveis "assinaturas" das zonas favoráveis a diversos tipos de mineralizações contidas nesses dados.

A área de estudo possui mapeamentos geológicos anteriores nas escalas 1:500000, 1:250000 e 1:100000, além do levantamento aerogeofísico Projeto Iguatu realizado pela NUCLEBRAS em 1976 e 1977, com dados gamaespectrométricos e magnetométricos.

A existência desses dados de mapeamento proporciona uma base de comparação entre os dados preexistentes e os resultados deste trabalho.

2 - Dados geológicos

A estratigrafia utilizada para a área de estudo foi baseada no trabalho realizado por CPRM (1998). No caso da Folha Iguatu SB.24-Y-B em escala 1:250.000, as informações básicas ligadas à geologia estrutural, geofísica, litoquímica e geocronologia são restritas. Os dados de CPRM (op. cit.) basearam-se em observações de campo realizadas na área e em informações de áreas próximas, com constituição litológica similar, propondo um novo quadro geológico coerente com modelos modernos para a evolução geológica da área, como os sugeridos por Sá *et al.* (1995).

Ainda segundo CPRM (op. cit.) o quadro litostratigráfico proposto, está dividido em:

- **Arqueano:** rochas do Complexo Cruzeta, com evidências de retrabalhamento nos ciclos Transamazônico e Brasileiro constituídas por ortognaisses tonalíticos a granodioríticos, associadas a metabasitos e metaultrabasitos.

- **Paleoproterozóico:** rochas do Complexo Granjeiro, (seqüência vulcanossedimentar exalativa); Complexo Ceará, (metassedimentos de médio a alto grau e magmatitos plutônicos), compostos por ortognaisses calcialcalinos típicos de arco magmático e por ortognaisses graníticos a granodioríticos ligados a eventos pré a sin-colisionais.

- **Mesoproterozóico:** rochas do Grupo Orós, uma seqüência metapelítico-psamítica, com vulcanismo bimodal associado, depositada em ambiente de rifte intracontinental.

- **Neoproterozóico a Cambro-Ordoviciano (Ciclo Brasileiro):** são representados por granitóides calcialcalinos e alcalinos, relacionados a um regime transcorrente; por sedimentos anqui-metamórficos do Grupo Rio Jucá, subdividido nas Formações Angico Torto, Cococi e Melancia, que preenchem a Bacia Transtensiva de Cococi; por corpos ígneos, menores,

representando as últimas manifestações tectono-magmáticas desse ciclo.

- **Mesozóico:** Grupo Iguatu formado por coberturas sedimentares (unidades Inferior, Média e Superior) e rochas básicas representadas por diques de diabásios e microgabros, relacionados, em parte, ao magmatismo Ceará Mirim.

- **Formações superficiais cenozóicas:** cartografadas como coberturas colúvio-eluviais e Formação Moura, do Terciário-Quaternário e aluviões recentes do Quaternário.

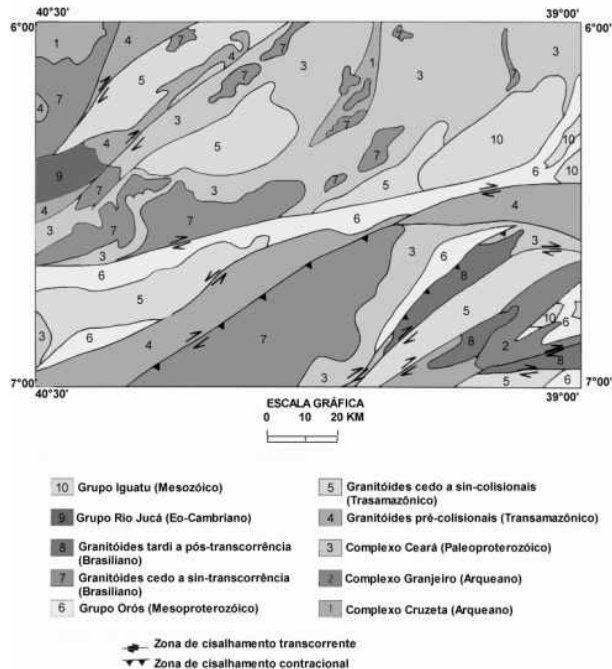


Figura 1 – Mapa geológico simplificado da Folha Iguatu (modificado de CPRM, 1998).

2.1 - Geologia estrutural

Mello (1976) correlacionou as estruturas regionais próximas à área estudada com os Cinturões Móveis do Pré-Cambriano do Sudoeste Africano. Posteriormente subdividiu-se o Escudo do Nordeste Brasileiro em três sub-províncias estruturais: o Cinturão Sergipano, Cinturão Caririano e o Cinturão Transversal, compreendendo um pequeno segmento crustal da Província Borborema (Almeida *et al.* 1977). A Zona Transversal é considerada uma faixa orogênica formada pela aglutinação de distintos terrenos alóctones durante o Ciclo Brasileiro (800 a 600 Ma.) (Vasconcelos *et al.* 1997).

Medeiros *et al.* (1996) sustentaram, para a mega-estruturação brasileira do Domínio da Zona Transversal, um modelo em dominó, em que os cisalhamentos Brasileiros com direção NE-SW corresponderiam a transcorrências sinistrais, e os de direção EW a cisalhamentos dextrais.

As estruturas locais observadas são falhamentos longitudinais originalmente transcorrentes, concordantes com o Lineamento Patos, relacionados a esforços compressivos, cronologicamente distintos dos que originaram os pequenos falhamentos transcorrentes, transversais à estruturação regional. Os falhamentos

gravitacionais têm traços coincidentes ou não com os falhamentos transcorrentes regionais e representam reativações de estruturas pretéritas (Prado *et al.* 1980).

Os dobramentos da região são em sua maior parte lineares e contínuos por toda área e assumem uma posição secundária em relação aos falhamentos. São comuns distúrbios localizados, subordinados aos falhamentos, representados por encurvamento, deslocamento e truncamento dos elementos estruturais (Prado *et al.* op.cit.).

2.2 - Modelo tectônico e evolução

O modelo tectônico proposto por Mello (1979) considera que o Lineamento Patos segmenta uma grande área em dois blocos estruturalmente discordantes. Na região localizada a sul deste lineamento situa-se a Zona Transversal, e ao norte o Cinturão Caririano.

Segundo CPRM (1998), podemos dividir a evolução tectônica da área em três períodos de deformação.

O primeiro período deformacional as rochas sedimentares preexistentes evoluíram para metassedimentos (fácies xisto verde) e manifestações vulcânicas de natureza ácida a intermediária.

O segundo período deformacional tem características rupturais, provocadas por esforços compressivos, sendo marcado pelo fim destes esforços e o início de um regime distensivo com a atuação de um leve metamorfismo, combinado a um magmatismo ácido com características pós-metamórficas provocando pequenas deformações e em áreas isoladas um metamorfismo termal.

No último período deformacional considerado por esta proposta, foi evidenciado um tectonismo de natureza tafrogênica, marcada por reativações gravitacionais dos grandes falhamentos transcorrentes e por derrame fissural de basalto formando um dique com orientação EW próximo a cidade de Lavras da Mangabeira. Este período termina com a deposição de sedimentos imaturos em depressões esculpidas em rochas metamórficas pré-cambrianas.

2.3 - Mineralizações

As mineralizações auríferas encontradas na área estudada ocorrem em zonas milonitizadas, nas localidades dos Sítios Fortuna e Oiteiros. Em Fortuna estas mineralizações estão associadas a veios de quartzo com sulfetos, encaixados em sericita-quartzoxisto (Prado *et al.* 1980). Não há estudos petrográficos sobre a paragênese mineral, mas a associação do ouro com sulfetos é evidenciada nas frentes de lavra. No sítio Oiteiros o ouro ocorre em diminutos grãos (pepitas), disseminados em veios de quartzo leitoso, encaixados em paragneisses e distribuídos numa faixa de até 10m de largura associada a um feixe de falhas transcorrentes. As cavidades deixadas pela oxidação dos sulfetos ("box works") servem de guia para prospecção do ouro e os minerais da ganga são representados pelo quartzo e pirita.

O volume expressivo de mobilizados de quartzo e de faixas com minerais neo-formados justificam também estudos para pesquisa de ouro nas falhas de Farias Brito, Iara e Granjeiro, nesta mesma região (Prado *et al.* 1980).

3 - Resultados

3.1-Processamento dos dados Landsat 5/TM

A metodologia de processamento dos dados Landsat 5/TM consistiu na aplicação de técnicas de aumento de contraste, filtragem de frequências espaciais, razões entre bandas, análise por principais componentes, a técnica FPCS (*Feature Oriented Principal Component Selection*), entre outras, utilizadas para realçar as diferenças litológicas e estruturais existentes na área.

As composições coloridas foram utilizadas para uma melhor visualização regional da área de estudo e para diferenciar e detalhar a litologia da região. A combinação das bandas 1, 4 e 7; 4, 3 e 1; 1, 3 e 5 e 4, 5 e 7 em RGB foram as de melhor resultado para a diferenciação de contatos litológicos.

Na composição colorida 531 utilizou-se a técnica de BCET (*Balanced Contrast Enhancement Technique*), desenvolvida por Liu (1991) para o aumento do contraste de cor de uma forma balanceada. Com isso, buscou-se ressaltar as relações entre os corpos ricos em óxido de ferro e as áreas ricas em argilominerais.

A técnica de razão entre bandas também foi utilizada na discriminação de litologias e de outros tipos de coberturas em uma cena. Neste processo a radiação do terreno e o albedo são suprimidos e a variação de radiação atribuída à reflectância espectral dos materiais geológicos é realçada. A razão entre as bandas 4/1 obteve imagens com brilho anômalo e com expressões topográficas bastante reduzidas. A razão TM 3/1 foi utilizada para discriminar melhor o óxido de ferro, a TM 5/7 carbonatos e minerais portadores da molécula hidroxila, a TM 4/3 acentuar o "red edge" na vegetação e a TM 5/4 para realçar zonas silicificadas de alteração.

Técnicas de análise por principais componentes foram utilizadas na tentativa de suprimir efeitos de irradiância presentes em todas as bandas e com isso extrair informações sobre rochas hospedeiras, mineralizações e alteração hidrotermal em imagens Landsat/TM. A PC1 é livre de ruídos e produz uma boa representação topográfica da área, por conter informações do sombreamento topográfico e do albedo superficial. Nas PCs de número mais elevado aparecem o ruído e a reflectância espectral dos materiais superficiais. Outra técnica utilizada neste trabalho foi a transformação IHS para a decorrelação e contraste de imagens e a integração de dados de vários tipos.

A técnica FPCS (*Feature Oriented Principal Component Selection*) foi utilizada neste trabalho com o intuito de destacar espectralmente áreas de ocorrência de minerais portadores da molécula hidroxila e de minerais do tipo oxi-hidróxidos de ferro, baseada principalmente na análise estatística da covariância de autovetores, onde as PCs com informações espectrais são associadas ao tipo de coberturas secundárias das áreas alvas (Crósta e Moore, 1989; Loughlin, 1991). Estes minerais são de grande importância na pesquisa de ouro, por serem produtos superficiais derivados das assembléias mineralógicas de zonas de alteração hidrotermal, como os sulfetos (oxi/hidróxidos de Fe) e argilas de alteração hidrotermal (minerais contendo a molécula de hidroxila), (Nash e Wright, 1994; Biondi, 1990). Nas imagens resultantes da aplicação desta técnica (FPCS) as regiões de coloração branca representam a ocorrência conjugada da hidroxila e dos óxidos e hidróxidos de ferro. Essas regiões podem indicar áreas com resposta espectral de

possíveis zonas de alteração hidrotermal, favoráveis à concentração de mineralizações auríferas (Figuras 2 e 3). As imagens do Landsat 5/TM fornecem também boas informações para caracterização de estruturas, onde as interpretações feitas através de imagens Landsat TM, combinadas ao modelo digital do terreno, serviram para mapear a geologia e a geomorfologia da área no estudo.

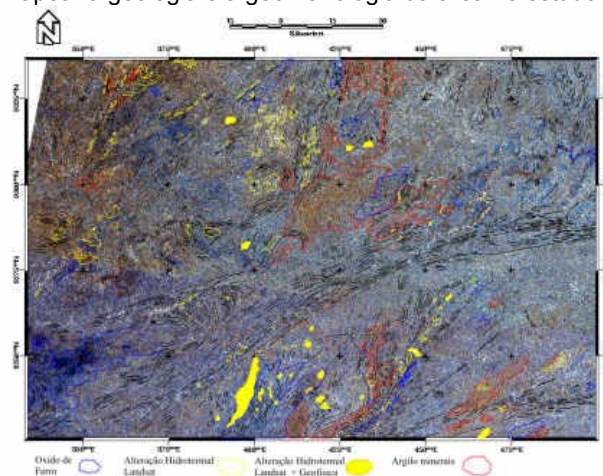


Figura 2 – Imagem de satélite representando as regiões com maiores concentrações de óxido de ferro contornadas pela cor azul, argilo-minerais contornadas pela cor vermelha e as possíveis alterações hidrotermais contornadas pela cor amarela. As áreas preenchidas pela cor amarela representam as regiões onde as respostas à identificação de possíveis zonas de alteração foram favoráveis nas imagens de satélite.

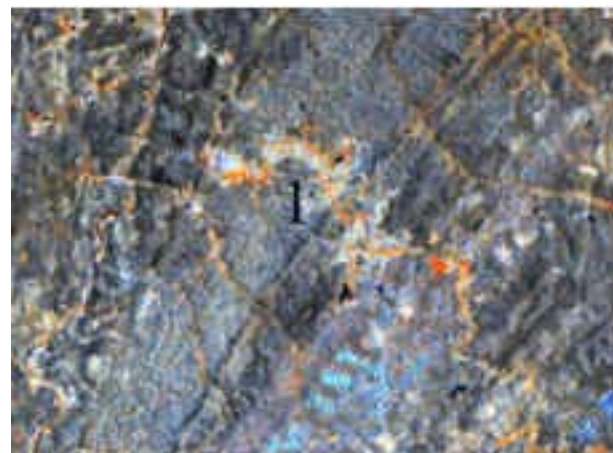


Figura 3 – Detalhe da imagem acima representando a região onde está localizada a mineralização conhecida previamente (1 - Mina de ouro).

Os resultados obtidos foram representados na forma de composições coloridas, imagens em tons de cinza e mapas de lineamentos.

3.2 - Processamento dos dados aerogeofísicos

Os dados aerogeofísicos utilizados neste trabalho são parte do Projeto Iguatu, realizado pela NUCLEBRAS em 1976, que está subdividido em três áreas, sendo utilizada apenas a área Iguatu 1 com as seguintes características: 195 linhas de voo com direção N45W e distância entre as

linhas de 1km e pontos amostrais a cada 100m, resultando em 126.628 pontos coletados. Os dados sofreram um pré-processamento feito pelo quadro de geofísicos da CPRM-RJ. Os dados gamaespectrométricos foram previamente submetidos a correções para atenuação atmosférica, efeito Compton e remoção do background. Nos dados magnetométricos foram corrigidas as variações diurnas e retirado o campo magnético total.

Os dados aerogeofísicos foram utilizados para detectar a variabilidade composicional das rochas, discernir as principais unidades estruturais e tectônicas da região e evidenciar melhor lineamentos já definidos. A integração destes dados geofísicos aerotransportados com os de sensoriamento remoto serviram para definir melhor contatos geológicos e feições estruturais.

Os dados fornecidos pela CPRM já haviam sido convertidos de contagem por segundo, para valores em percentual para o canal do potássio e em ppm para os canais do tório e urânio, que permitiu realizar as razões entre os canais, U/K, K/Th e U/Th para a caracterização de áreas alteradas por processos metassomáticos e hidrotermais.

Para o processo de gridagem foram seguidas as informações contidas nos trabalhos de Hansen (1993), Vasconcelos *et al.* (1994) e Stevanato *et al.* (1995) para a seleção do algoritmo interpolador e a dimensão das células a serem geradas na confecção do grid.

Após a gridagem dos dados aerogeofísicos foram então constatados ruídos provocados principalmente pelas linhas de voo com direção N45W, em alguns casos agravados por deslocamentos destas na direção NW e outras para SE. Foram aplicadas filtragens para supressão de ruído nestes dados, além da correção de posicionamento de algumas das linhas deslocadas e a supressão de outras.

Várias das técnicas citadas anteriormente para as imagens de satélite também foram utilizadas nos dados aerogeofísicos. Uma delas foi a classificação digital não supervisionada dos dados gamaespectrométricos, que serviu para caracterizar todos os *pixels* e separá-los em classes distintas na imagem, as quais puderam ser relacionadas aos tipos de coberturas mediante a associação com dados de referência terrestre.

Os canais de dados aerogeofísicos foram representados por imagens em pseudocor, e com os canais radiométricos de U, K e Th foram geradas composições coloridas RGB e uma imagem resultante da classificação não supervisionada, buscando definir os domínios de cada mineral na área e correlacioná-los com a geologia. Valores anômalos dentro dos corpos de mesma composição litológica e próximos a zonas de cisalhamento podem indicar possíveis zonas de alteração dentro destes corpos ou a concentração e a percolação de fluidos mineralizantes e, portanto possíveis alvos para estudo de mineralizações.

As razões entre os canais radiométricos serviram para delimitar áreas anômalas com alguma importância para minerais de valor econômico. A razão Th/U, indica áreas de enriquecimento de urânio em relação ao tório isto pode caracterizar distúrbios nos corpos graníticos e possíveis zonas de alteração hidrotermal. A razão K/Th também serviu para identificar pontos anômalos de possíveis alterações hidrotermais, onde uma das

anomalias observadas está posicionada sobre uma mina para exploração de ouro. (Figuras 4 e 5)

Nos dados magnéticos, foram utilizados filtros que atuam no domínio espacial, para destacar e modelar a forma dos corpos magnéticos. Os principais filtros utilizados foram os direcionais do tipo Sobel, redução ao equador, continuação para cima e 1° e 2° derivada vertical. Os dados magnetométricos foram combinados com o modelo digital do terreno para facilitar a interpretação da relação entre as principais feições estruturais e a resposta magnética das rochas.

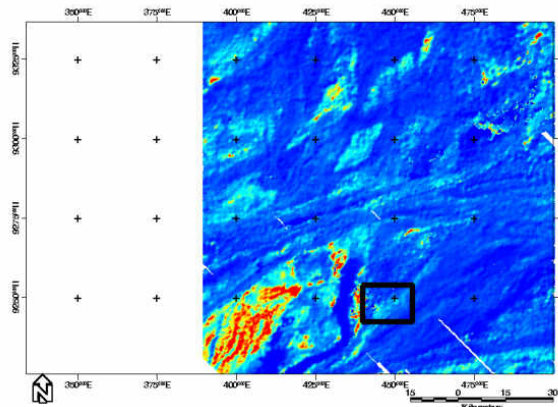


Figura 4 – Razão K/Th onde os tons claros representam enriquecimento de potássio em relação ao tório indicando áreas de possíveis alterações hidrotermais.

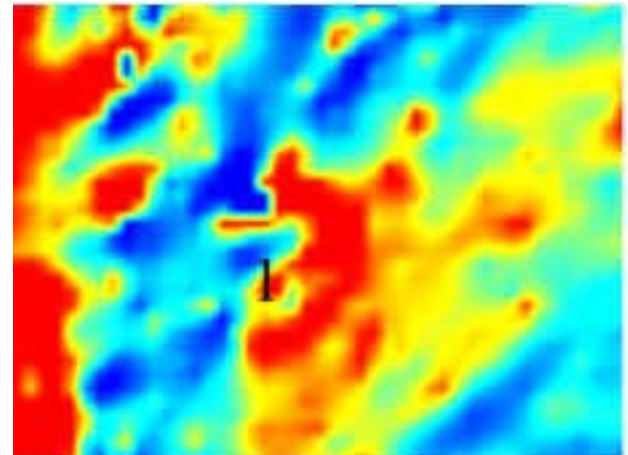


Figura 5 - Área em detalhe da imagem acima representando a anomalia observada sobre a mineralização conhecida na área de estudo (1 - Mina de ouro).

3.3 - Mapas digitais

Utilizaram-se as cartas plani-altimétricas para extrair informações sobre o relevo e a hidrografia da área. O mapa geológico da Folha Iguatu (1:250.000) (CPRM, 1998), foi convertido em formato digital, servindo como base para as observações sobre a geologia da área. Com a sobreposição do mapa geológico digital aos dados aerogeofísicos e as imagens do Landsat-5/TM, pode-se constatar que os contatos geológicos poderiam ser melhorados e que alguns corpos têm composição mineralógica diferente da proposta pelo mapa. A

combinação do mapa com os dados de sensoriamento remoto facilitou a interpretação e a avaliação dos resultados obtidos pelas técnicas de processamento digital de imagens, e a adição de um modelo digital de elevação (Figura 6) proporcionou a melhora da visualização e interpretação das relações entre os diversos tipos de rocha e o relevo.

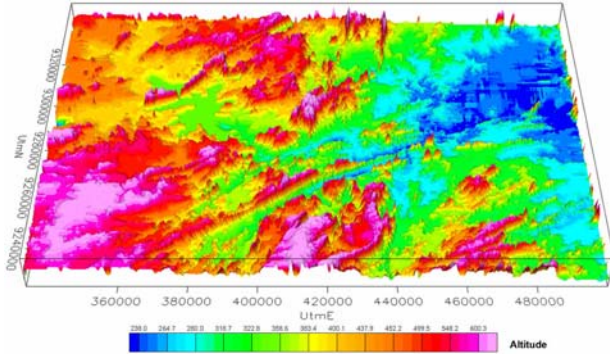


Figura 6 – Modelo digital do terreno proposto para área

3.4 - Integração de dados geológicos, informações aerogeofísicas e de imagens de satélite Landsat5/TM

Nesta etapa do trabalho os mapas topográficos e geológicos, convertidos para o formato digital, foram integrados com os resultados obtidos pelas técnicas de processamento digital das imagens Landsat-5/TM e dos dados aerogeofísicos. Com isso foi possível definir áreas com potencial para formação de concentrações de ferro combinadas a possíveis alterações, com características hidrotermais vinculadas a zonas de cisalhamento. Estes fatores colaboram para a concentração de fluidos mineralizantes, selecionando assim possíveis áreas-alvo para a prospecção de ouro.

Após a aplicação das técnicas de processamento digital de imagens e do processamento dos dados aerogeofísicos, foi confeccionado um mapa contendo uma síntese de toda a interpretação dos diversos dados utilizados, onde foram delimitadas as diferentes unidades litológicas. Uma comparação deste mapa com mapas propostos anteriormente mostra que foi possível redefinir alguns dos limites entre os tipos de rocha, contribuindo assim para a interpretação da evolução geológica da área.

Com a integração da imagem de satélite com os dados aeromagnetométricos foi possível mostrar a relação entre estes lineamentos com as feições magnéticas e os limites entre as anomalias positivas e negativas. As falhas delimitadas através das imagens de satélite possuem resposta magnética expressiva e limitam de forma discordante alguns corpos litológicos da área.

Com a integração entre os dados magnetométricos, lineamentos e o MDE, puderam ser realizadas interpretações dos lineamentos com as feições magnéticas.

Já com a integração entre dados gamaespectrométricos e Landsat-5/TM, puderam ser definidos alguns contatos litológicos, além da comparação das respostas anômalas de possíveis alterações hidrotermais observadas nos dados gamaespectrométricos com as obtidas nas técnicas de contraste utilizadas nas imagens de satélite, obtendo bons resultados (Figuras 7a e 7b).

Ao se integrar os três tipos de dados (gamaespectrométricos, magnetométricos e imagens de satélite) obtém-se resultados favoráveis à identificação de possíveis alterações hidrotermais. Isto ocorre devido à diminuição da ambigüidade nos resultados obtidos por este tipo de processamento facilitando a diferenciação pelas características físicas e respostas espectrais e geofísicas para uma mesma área.

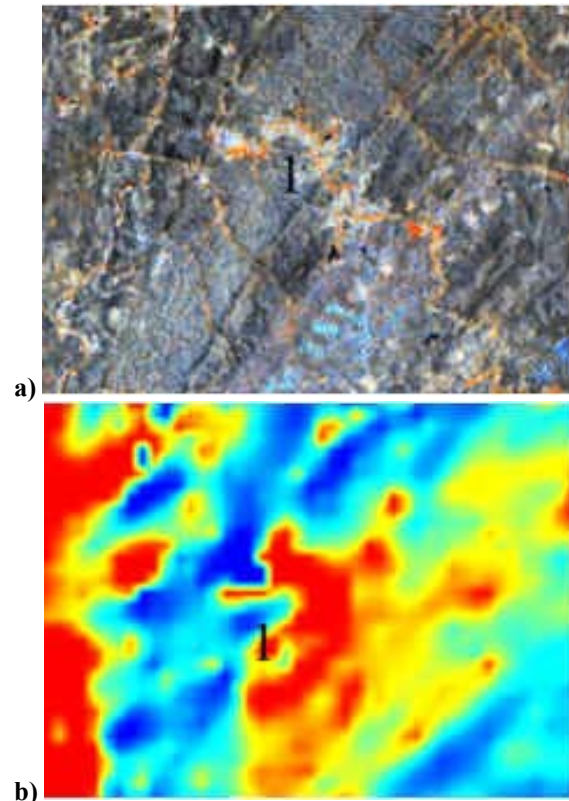


Figura 7 – Imagens representativas da resposta espectral (a - Técnica FPCS) que foi integrada aos dados gamaespectrométricos (b - razão K/Th) da área mineralizada (1 - Mina de ouro).

4 – Conclusões

Neste trabalho procurou-se aplicar e avaliar as técnicas de processamento de dados aerogeofísicos (magnetométricos e gamaespectrométricos) e de dados multispectrais das imagens do satélite Landsat5/TM, integradas às informações geológicas disponíveis para da folha Iguatu, com enfoque principal em zonas de alteração hidrotermal com possíveis mineralizações auríferas.

Devido às grandes dimensões da área de estudo, estes métodos são os mais viáveis para trabalhos de prospecção mineral a nível regional, possibilitando a delimitação de áreas-alvo para estudos mais detalhados.

Com a geração do modelo digital do terreno, foi evidenciado o controle litológico na morfologia do terreno, exercido principalmente pelos corpos granitoides, onde se concentram as maiores altitudes da região.

O processamento digital da imagem Landsat5/TM apresentou bons resultados devido à ausência de cobertura vegetal provocada pelo clima árido da região. Com esta imagem foi possível limitar e delinear os

contatos entre as diferentes litologias da área, além de identificar feições estruturais.

Com a utilização de composições coloridas foi possível identificar áreas com respostas espectrais favoráveis a concentrações de ferro e argilominerais, e as duas em conjunto, que podem representar possíveis áreas de alteração hidrotermal. Com a técnica FPCS (*Feature Oriented Principal Component Selection*) estas mesmas áreas também foram identificadas mostrando uma semelhança nos dois tipos de processamento. Com isso foram demarcadas as regiões com melhor resposta espectral, indicando possíveis alvos para prospecção mineral de ouro.

Apesar dos problemas encontrados nos dados magnéticos, eles serviram para a caracterização de feições estruturais e para o estabelecimento da relação entre as unidades litológicas com as fontes magnéticas.

Com a composição colorida em RGB dos canais de U, K e Th foi possível delimitar as áreas aproximadas e os limites das unidades geológicas, constatar a constituição mineralógica destes litotipos e identificar pontos de valores elevados para cada radioelemento. O canal de contagem total em pseudocor mostrou resultados semelhantes.

Para uma avaliação dos domínios espectrais dos canais radiométricos foi realizada uma classificação não supervisionada utilizando os canais radiométricos e suas razões. Como resultado foram obtidas classes, inteiramente correlacionáveis as litologias da região.

Com a integração dos dados, foi possível comparar as respostas e corrigir pequenas distorções, como por exemplo o limite entre os corpos litológicos. Neste caso ressaltamos o excelente resultado obtido pela combinação da razão entre os canais radiométricos K e Th, onde foram identificadas faixas anômalas em áreas de possíveis alterações hidrotermais definidas através da técnica FPCS utilizada nas imagens de satélite. Este resultado se mostra bastante confiável, visto que uma das áreas definidas pelo processamento está sobre pontos com mineralizações auríferas já encontradas e exploradas na área, representando assim os locais mais favoráveis para se realizar uma campanha de prospecção para extração de ouro na região. Esta informação pode ser utilizada para a caracterização de outras áreas com potencial aurífero na região.

5 – Agradecimentos

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento à pesquisa.

Ao Prof. Dr. Álvaro Crosta - Instituto de Geociências da UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas.

À CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear.

À CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

Ao senhor Alex Araújo, Diretor-Presidente do IPLANCE CE.

6 – Bibliografia

ALMEIDA, F. F. M. de *et al.* Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 7, Campina Grande, 1977. *Atas do...* Campina Grande, SBG, 1977. 449p. il. p. 363 - 391. João Pessoa, SBG, 1986. 556p. il. p. 270 - 281.

BIONDI, J.C. – 1990 – Metalogenias dos depósitos minerais em zonas de cisalhamento. Anais XXXIII.

Cong. Bras. Geol., Rio de Janeiro, SBG, v.3, PP: 1267 – 1274.

CPRM - Projeto Mapa Geológico do Estado do Ceará - escala 1:1.000.000 em preparação.

CPRM – 1998 – PLGB (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil) Carta Geológica Folha Iguatu (SB. 24 Y B) escala 1:250000. Relatório do projeto.

CROSTA, A.P., E MOORE, J.M., 1989, Enhancement of Landsat thematic mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais state, Brazil: a prospective case history in Greenstone Belt terrain, *in* Proceedings, 7th Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology, Calgary: Ann Arbor, Environmental Research Institute of Michigan, p. 1173-1187.

HANSEN, R.O. – 1993 – Interpretative Gridding by anisotropy kriging. *Geophysics*, 58. n°10. 1491-1497.

LIU, J.G. -1991- Balance contrast enhancement technique and its application in image colour composition. *International Journal Remote Sensing*, v. 12, n. 10, 2133-2151.

LOUGHLIN, W.P., 1991, Principal Component analysis for alteration mapping: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 57, p. 1163-1170.

MELLO, A. A. de - 1976 – Características Geológicas e Metalogenéticas dos Cinturões Móveis do Nordeste Oriental. Recife, CPRM., 82p.

MEDEIROS, V.C. – 1996 – Fotolineamentos e granitóides brasileiros do Domínio da Zona Transversal, NE do Brasil. In Cong. Brasil. de Geologia., 39. Salvador. Anais. vol. 1, p. 87 -89

NASH, G.D., E WRIGHT, P.M., 1994, The use of simple GIS techniques to create improved hydrothermal alteration maps from TM data, Steamboat Springs and Virginia City quadrangles, Nevada, USA, *in* Proceedings, 10th Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Vol. II: Ann Arbor, Environmental Research Institute of Michigan, p. 132-141.

PRADO, F. da S.; OLIVEIRA, A.A. de; LEITE, E.A.; GOMES, F.E.M.; SILVA, F.P. da; E COLARES, J.Q. dos S. – 1980 – Projeto Lavras da Mangabeira. Relatório Final. DNPM/CPRM 9SUREG-FO, Fortaleza. 120p., Il.

SÁ, J.M. ; McREATH, I. E LETTERIER, J. – 1995 – Petrology, geochemistry and geodynamic setting of Proterozoic igneous suites of the Orós Fold Belt (Borborema Province, Northeast Brazil) *J. South America Earth Sc.*, 8(3/4):299-314.

STEVANATO, R.; FERREIRA, F.J.F.; SOARES, P.C.; E SILVA, F.V. – 1995 – Desenvolvimento de métodos de interpolação espacial na composição de mapas aerogeofísicos. In: Cong. Inter. da Soc. Bras. de Geofísica, IV. Rio de Janeiro, vol. 1, p 252-255.

VASCONCELLOS, R.M.; METELO, M.J.; MOTTA, A.C. E GOMES, R.D. - 1994- Geofísica em levantamentos geológicos no Brasil. CPRM, Rio de Janeiro. 165p.

VASCONCELOS, A.M.; CAMPOS I.P. E MOURA A.V. – 1997 – Granitóides sin-tangenciais da região centro sul do Estado do Ceará – Nordeste do Brasil. XVII Simpósio de Geologia do Nordeste – Fortaleza – Ceará, Anais..., pag 138-139.