

Aplicação de Técnicas de Processamento Digital de Imagens Aerogeofísicas na Interpretação Geológica de um Trato SE de Rondônia

FRANCISCO JOSÉ F. FERREIRA*/UFPR, CRISTINA PRADO BICHO/UNICAMP, ALVARO P. CRÓSTA/UNICAMP, RICARDO MOACYR DE VASCONCELLOS/CPRM

ABSTRACT

This paper presents some results obtained from the applications of image processing techniques to airborne geophysical data (magnetometry and gamma-spectrometry), focusing on the Presidente Médici 1:250,000 topographic sheet, located in the State of Rondonia, Brazil. These techniques included some standard data enhancement and integration algorithms, together with algorithms designed for dealing with airborne geophysics. These results led to a better definition and understanding of the distribution of regional geological units and tectonic framework of the study area.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem sido frequente, na literatura internacional, a utilização de técnicas de processamento digital de imagens na manipulação de dados geoquímicos e geofísicos exploratórios. Essa metodologia tem sido aplicada com sucesso em dados aerogeofísicos regionais, definindo com mais facilidade os domínios litológicos e as estruturas geológicas do que os tradicionais mapas de contorno.

O presente trabalho mostra os resultados preliminares do processamento e interpretação de dados aerogamaespectrométricos e aeromagnetométricos distribuídos no âmbito da Folha Presidente Médici (1:250.000), RO, balizada pelos paralelos 11°00'S/12°00'S e meridianos 61°30'W/63°00'W (Figura 1). É fruto de Convênio entre a CPRM e o Instituto de Geociências da UNICAMP, que visa o apoio ao mapeamento geológico, em escala 1:100.000, das folhas Paulo Saldanha (11°30'S-12°00'S/62°30'W-62°00'W) e Rio Paró (11°30'S-12°00'S/61°30'W-62°00'W), ora em execução pela CPRM.

AQUISIÇÃO E PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os dados aerogeofísicos pertencentes aos projetos Picaás Novos (CPRM 1983a) e Serra dos Parecis (CPRM 1983b) foram processados e integrados, no âmbito da Folha Presidente Médici, pelo Escritório do Rio de Janeiro da CPRM.

Os aerolevantamentos (magnetométrico e gamaespectrométrico) foram executados a uma altura média de 150m do terreno com espaçamento de 2km entre as linhas de voo, posicionadas segundo a direção N-S. As medidas do campo magnético total, do potássio (K), do urânio (U), do tório (Th) e da contagem total (CT), foram tomadas a cada 100m ao longo das linhas de voo. A metodologia utilizada nos aerolevantamentos, assim como as correções aplicadas aos dados magnéticos e gamaespectrométricos, podem ser encontradas em CPRM (1983 a,b).

Os dados aerogeofísicos corrigidos foram submetidos a um programa bidirecional de geração de malhas, de forma a contemplar a natureza anisotrópica da distribuição das informações. Dessa forma, foram construídas malhas de 250x250m para os seguintes temas: magnético residual

(nT), K (cps), U (cps), Th (cps), CT (cps) e razões U/Th, U/K e Th/K. Com o objetivo de melhor explorar os dados aeromagnetométricos residuais, foi aplicado um conjunto de programas de filtragem bidimensional, planimétrico, o qual opera a partir de malhas e no domínio da frequência. Assim, foram geradas as seguintes malhas filtradas (250x250m): redução ao pólo, susceptibilidade magnética aparente, componente regional, continuação para cima (1000m), primeira e segunda derivadas verticais. Complementarmente foi construída uma malha de pseudo-iluminação (N-S) dos dados do campo magnético residual.

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS AEROGEOFÍSICAS

As malhas temáticas geradas pela CPRM, descritas no item anterior, foram transferidas para o sistema de processamento de imagens do Laboratório de Processamento de Informações Geo-referenciadas (LAPIG), do Instituto de Geociências da UNICAMP, onde foram transformadas em imagens monocromáticas de 8 bits. Nessas imagens, o espectro de valores de cada malha é representado em um intervalo de 256 níveis de cinza, o que representa uma compressão da resolução original das variáveis geofísicas, a qual deve ser levada em consideração. O processamento consistiu na aplicação de técnicas de realce e de combinação e fusão das informações geofísicas.

As técnicas de realce são aquelas que se aplicam às imagens originais com intuito de realçar feições de interesse. Neste grupo incluem-se o aumento de contraste, o fatiamento de intervalos, a filtragem por convolução e a colorização dos níveis de cinza.

As técnicas de combinação e fusão de dados são aquelas que permitem a integração e justaposição das diferentes variáveis tais como imagens de satélite, de radar, geofísicas, geoquímica e outras. Dentre elas podemos destacar a composição colorida RGB, a eliminação de correlação pelo processamento IHS, o aumento de contraste por decorrelação e as operações aritméticas.

Várias técnicas acima mencionadas foram utilizadas para interpretação dos dados aerogeofísicos da Folha Presidente Médici (Crósta *et al.*, 1992). Para realce das principais feições das imagens foram utilizados o aumento de contraste, a colorização e a filtragem por convolução. A filtragem corresponde à técnica que permite realçar a existência de gradientes de níveis de cinza no limite entre duas áreas distintas. Este gradiente caracteriza uma descontinuidade e constitui uma feição de alta frequência geralmente associada a falhas, fraturas e contatos litológicos.

O aumento de contraste consiste numa transformação radiométrica pixel a pixel, adequada para melhorar a discriminação visual das feições com baixo contraste na imagem. Esta transformação se faz através de modificações no histograma das imagens.

A colorização foi utilizada, principalmente, para

observação de pequenas mudanças nas intensidades das variáveis, uma vez que o olho humano é mais sensível às variações de cores do que às variações de tons de cinza.

Nas imagens de contagem total (CT) e campo magnético residual (MR) utilizou-se a técnica IHS, conforme a metodologia proposta por Fernandez-Alonso & Tahon (1991). Inicialmente aplicou-se um filtro de convolução de dimensões 3x3 pixels, com os seguintes valores: 1,1,1,0,0,0,-1,-1,-1. Esse filtro gera uma aproximação da primeira derivada vertical (FVD), produzindo imagens de relevo sombreado com realce direcional E-W. Embora este filtro não seja matematicamente equivalente à primeira derivada, o resultado final é bastante similar. Para combinar as informações temáticas das imagens originais com as informações texturais das imagens filtradas (FVD) utilizou-se a transformação IHS-RGB. A imagem FVD foi alocada à componente I, CT à componente H e uma imagem gerada com DN=128 (50% de saturação) à componente S. Procedeu-se então à transformação para o sistema RGB, para efeito de exibição no monitor de vídeo. O mesmo procedimento foi repetido para a imagem MR. Nas imagens resultantes os limites das descontinuidades se mostraram consideravelmente mais nítidos quando comparados às imagens originais.

Com o objetivo de localizar as feições aerogeofísicas no terreno, procedeu-se a fusões individuais entre a banda 5 do LANDSAT/TM e as imagens K, U, Th e CT através da adição de imagens.

AEROGAMAESPECTROMETRIA

Apesar da atenuação da radiação gama pela cobertura vegetal (Travassos & Figueiredo, 1992), observou-se uma boa correspondência entre as unidades geológicas mapeadas e os dados aerogamaespectrométricos. As imagens gamaespectrométricas definiram, em função dos maiores índices de U, K e Th, a presença de um corpo granítico na porção central da folha Rio Pardo, com aproximadamente 10km de largura e 60km de extensão (Figura 2). Este corpo, denominado Suíte Granítica Rio Pardo (Silva & Bahia 1992), é bastante homogêneo, sendo constituído essencialmente por monzogranitos. Dentro da suíte é possível observar áreas contendo valores maiores de radiação, associadas à presença de matacões. Nestes locais, a ausência de solo propicia uma melhor detecção dos raios gama pela espectrometria aérea.

Os maiores valores de radiação das imagens foram registrados na folha Paulo Saldanha e estão relacionados à ocorrência de pequenos corpos graníticos denominados Granitóides São Pedro (Scandolara & Rizzotto, 1992). Esses corpos correspondem a sienogranitos contendo altas porcentagens de feldspato potássico, allanita, esfero, zircão e apatita, minerais portadores dos elementos radioativos responsáveis pela alta emissão de raios gama. Outras anomalias de K existem na área, como aquelas do canto NE, as quais podem representar rochas granitóides. Estas correspondem também a fortes radiações de U e Th. A maior anomalia de K do quadrante NW parece estar relacionada aos conglomerados, arenitos arcoseanos e arcóseos

pertencentes à cobertura plataformal proterozóica de origem continental (Silva 1983). Essas rochas são pobres em U e Th, como mostram as baixas razões Th/K e U/K.

As imagens gamaespectrométricas definem muito bem, pelos baixos teores de K, U e Th, uma faixa E-W ao sul da Folha Presidente Médici, denominada Complexo Granulítico Santa Luzia (Figura 2). Este complexo é composto por enderbitos, trondjemitos e metagabros granulizados (Silva & Bahia 1992; Scandolara & Rizzotto 1992). São comuns intercalações de rochas granitóides, indicadas nas imagens pela elevação dos níveis radioativos.

Outra feição bem caracterizada é a presença de uma extensa cobertura terciária-quadernária no canto SW das imagens, permeada pelo traçado do Rio São Miguel. Essa feição é melhor refletida nas imagens das razões Th/K e U/K, onde os elevados índices destas razões indicam enriquecimentos de U e Th em relação ao K.

No contexto das rochas sedimentares paleozóicas do Gráben de Pimenta Bueno (Pinto Filho *et al.* 1977), a gamaespectrometria mostrou-se eficaz no discernimento entre arenitos e folhelhos. A análise das imagens mostrou que os folhelhos são caracterizados por altos valores de Th e U, e contém mais Th do que U, em função das baixas razões U/Th.

A interpretação das imagens gamaespectrométricas definiu ainda as principais estruturas geológicas da área. Uma das mais proeminentes é a Falha Presidente Hermes (Pinto Filho *et al.* 1977), limite setentrional do Gráben de Pimenta Bueno. Outras tendências estruturais nas direções NW, NNW, NE e EW foram facilmente interpretadas, notadamente o Lineamento Rio Branco (Figura 2).

AEROMAGNETOMETRIA

A imagem do campo magnético residual define com clareza, em função da maior porcentagem de minerais ferromagnéticos, todo o segmento meridional da Folha Presidente Médici ocupado pelo Complexo Granulítico Santa Luzia. A maior concentração destas rochas dispõe-se no canto SW da área (Figura 3), não tendo sido caracterizada nas imagens gamaespectrométricas em função da cobertura terciária-quadernária já referida.

Outras assinaturas magnéticas marcantes são a Falha Presidente Hermes e a conjunção, no centro da área, de zonas de falha com direções NE e NW, que imprimem um caráter arqueado à estrutura. A julgar pelas imagens aeromagnéticas filtradas, a atividade magmática da feição arqueada parece ter sido mais intensa na porção correspondente ao seu ápice, havendo aí uma maior concentração de material básico-ultrabásico. Tal atividade possibilitou também a colocação de corpos magnéticos de forma cilíndrica, ou cônica, como atestam inúmeras anomalias dipolares controladas por essas zonas de falha (rochas alcalinas-ultrabásicas?), talvez relacionadas às ocorrências diamantíferas dos rios São Pedro e Machado.

A Falha Presidente Hermes corresponde ao limite norte do gráben de Pimenta Bueno. A Falha de Itapuã é considerado

por Pinto Filho *et al.* (1977), Ferreira (1983), Silva (1983) e Siqueira (1989) o limite meridional do Gráben. Entretanto, considera-se a feição ora denominada Falha de São Pedro (Figura 3) como sendo o limite sul do gráben. Desse modo, as maiores espessuras de sedimentos paleozóicos encontrar-se-iam preservadas em estreito corredor (aproximadamente 20 km de largura), sendo que as exposições de rochas fanerozóicas a sul da Falha de São Pedro podem se constituir em simples progradações que extrapolaram os limites originais do gráben. A presença de rochas pré-cambrianas identificadas em alguns leitos de drenagens (C.R.Silva, comunicação pessoal) parece confirmar a reduzida espessura dos sedimentos entre as falhas de São Pedro e Itapuã.

As rochas sedimentares proterozóicas aflorantes no canto NW da área, condicionadas pela Falha Presidente Hermes e pelo ramo NE da estrutura arqueada, devem constituir o embasamento geológico da sequência paleozóica do Gráben de Pimenta Bueno. Prova disto é a existência de um *horst*, no ápice da estrutura arqueada, preenchido por sedimentos proterozóicos em domínio de rochas fanerozóicas do citado gráben (Silva 1983).

Em decorrência do exposto acima, a estimativa de 1300m de espessura da coluna sedimentar paleozóica do gráben, inferida por Siqueira (1989) com base em seções superpostas de sísmica de refração rasa e de eletrorresistividade (Soeiro *et al.* 1982), pode ter sido superestimada já que os contrastes de velocidade e condutividade entre os sedimentos fanerozóicos e proterozóicos não são significativos. Ademais, afloram no gráben folhelhos radioativos e outras rochas integrantes da Formação Cacoal, a qual constitui a base da coluna sedimentar paleozóica cuja espessura mínima é de 230m (Siqueira, 1989). Dessa forma, é possível que os dados geofísicos terrestres tenham indicado um *datum*, sísmico e elétrico, correspondente ao embasamento da cobertura proterozóica, talvez de idade arqueana/proterozóica inferior.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1) O processamento digital de imagens aplicado a dados aerogeofísicos regionais mostrou-se eficaz no discernimento das principais unidades litológicas e do arcabouço tectônico da área estudada, realçando sobremaneira o conteúdo original dos mesmos e facilitando a sua interpretação.

2) Em áreas de ocorrência de corpos graníticos, a maior detecção de raios gama pela espectrometria aérea pode resultar tanto da variação faciológica como do grau de exposição da rocha.

3) Definiu-se a Falha de São Pedro, considerada como o limite meridional do Gráben de Pimenta Bueno. Juntamente com a Falha Presidente Hermes foram consideradas zonas controladoras do magmatismo alcalino e kimberlítico Mesozóico.

4) Finalmente, é posta em discussão a questão da espessura sedimentar paleozóica preservada no Gráben de Pimenta Bueno e, em decorrência, na Bacia dos Parecis, a qual pode ter sido superestimada em trabalhos anteriores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CPRM 1983a. *Projeto Aerogeofísico Pacaás Novos. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Convênio DNPM/CPRM.* Rio de Janeiro, Relatório Final (inédito).

CPRM 1983b. *Projeto Aerogeofísico Serra dos Parecis. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Convênio DNPM/CPRM.* Rio de Janeiro, Relatório Final (inédito).

CRÓSTA, A.P., FERREIRA, F.J.F., BICHO, C.P. & AMARAL, G. Processamento digital de imagens geofísicas na Folha Presidente Médici (SC.20-Z-C), Rondônia. In: *Congr. Bras. Geol.*, 37, São Paulo, SBG, 1992, Boletim de Resumos Expandidos, Volume 1, Simpósios.

FERREIRA, M.J.C. 1983. *Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais. Folha SC.20-V-D (Pimenta Bueno). Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Convênio DNPM/CPRM.* Porto Velho, Relatório Final (inédito).

PINTO FILHO *et al.* 1977. *Projeto Sudeste de Rondônia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Convênio DNPM/CPRM.* Porto Velho, Relatório Final (inédito).

SCANDOLARA, J.E., RIZZOTTO, G.J. & SILVA, L.C. 1992. Geologia da região de Nova Brasilândia, Sudeste de Rondônia. In: *Congr. Bras. Geol.*, 37, São Paulo, SBG, 1992, Boletim de Resumos Expandidos, Volume 2, Sessões Temáticas, p. 154-155.

SIQUEIRA, L.P. 1989. Bacia dos Parecis. *B. Geoci. PETROBRÁS* 3(1/2):3-16, jan./jun., Rio de Janeiro, RJ.

SILVA, U.N. 1983. *Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais. Folha SC.20-Z-C (Presidente Médici). Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Convênio DNPM/CPRM.* Porto Velho, Relatório Final (inédito).

SILVA, C.R.; BAHIA, R. & SILVA, L.C. 1992. Geologia da região de Rolim de Moura - Sudeste de Rondônia. In: *Congr. Bras. Geol.*, 37, São Paulo, SBG, 1992, Boletim de Resumos Expandidos, Volume 2, Sessões Temáticas, p. 152-154.

SOEIRO, R.S. *et al.* 1982. *Projeto Prospecção de Carvão Energético em Rondônia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Convênio DNPM/CPRM.* Porto Velho, Relatório Final (inédito).

TRAVASSOS, J.M. & FIGUEIREDO, I. 1992. Avaliação da blindagem de uma floresta à radiação gama natural emitida pelo solo. *Rev. Bras. Geofis.*, 10:55-64.

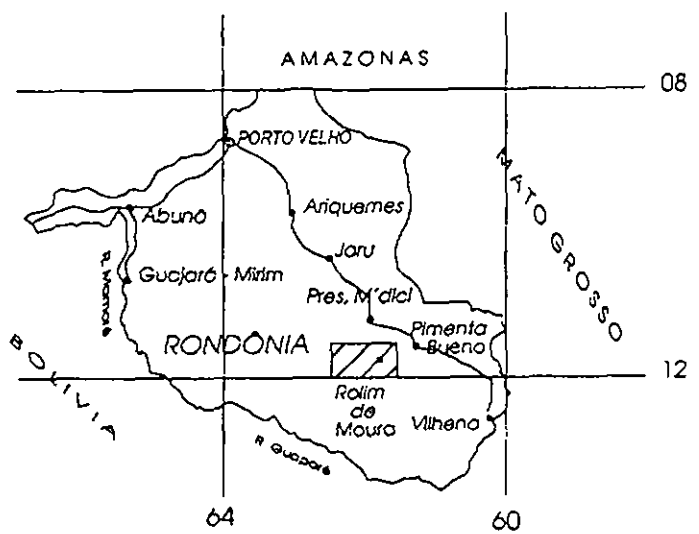
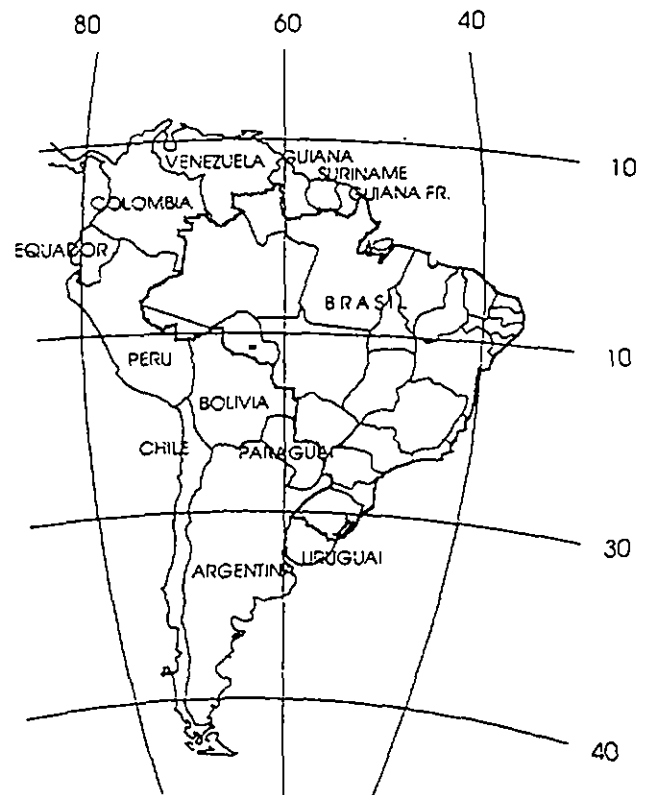


Figura 1 - Mapa de Localização da área

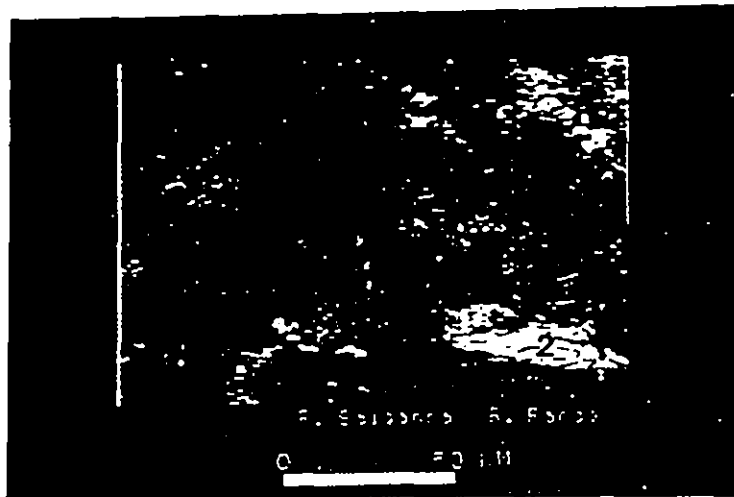


Figura 2 - Imagem da Contagem Gamaespectrométrica Total.
 1. Complexo Granulítico Santa Luzia; 2. Suíte Granítica Rio Pardo; 3. Falha de São Pedro.

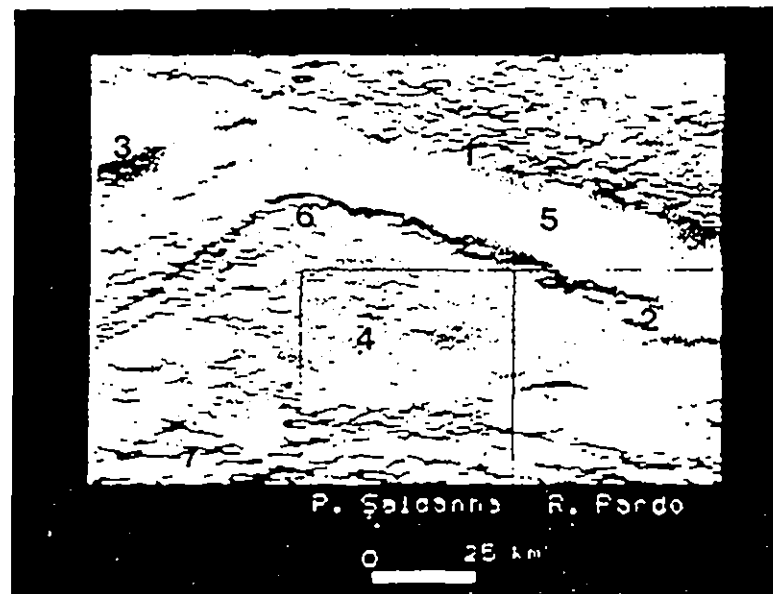


Figura 3 - Imagem Pseudo-iluminada do Campo Magnético Total
 1. Falha Presidente Hermes; 2. Falha de São Pedro; 3. Cobertura Proterozóica; 4. Arqueano/Proterozóico Inferior; 5. Gráben de Pimenta Bueno; 6. Horst Proterozoico; 7. Complexo Granulítico Santa Luzia