



GAMAESPECTROMETRIA NO NORDESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

Maria Irian de M. Duarte , Gilberto Amaral

IG/UNICAMP, Brazil

ABSTRACT

Processing and interpretation of airborne gamma spectrometric data of the Rio das Velhas Supergroup, Quadrilátero Ferrífero, one of the best geologically studied area of Brazil. The main objective of this paper is to evaluate the use of digital image processing on gamma spectrometric data for a better understanding of the geology of the area, which encloses important gold deposits.

INTRODUÇÃO

A aerogeofísica tem se destacado como ferramenta essencial no mapeamento geológico e exploração mineral (Reeves 1985, Santos Filho *et al.* 1994) . A aerogamaespectrometria, um dos métodos geofísicos mais importantes, baseia-se na medida da radiação gama produzida pela desintegração radioativa do ^{40}K , ^{232}Th e ^{238}U nos materiais terrestres, o que possibilita a individualização de litologias de acordo com o seu teor nestes elementos. Apesar de medir radiação superficial, seus resultados guardam considerável semelhança com aqueles obtidos pelos mapeamentos geológicos (Luiz & Silva 1995).

A disponibilidade de dados digitais, geológicos e geofísicos, referentes ao Projeto Rio das Velhas (DNPM 1993), favoreceu a realização deste trabalho, que empregou técnicas de processamento digital de imagens para sua análise, com o fim de estudar a distribuição das principais litologias e suas relações com os principais depósitos minerais.

A área escolhida localiza-se no nordeste do Quadrilátero Ferrífero, centro de Minas Gerais, o principal distrito mineiro do país. Área clássica do Pré-Cambriano brasileiro, ela encerra diversos depósitos minerais, principalmente de ouro, ferro e manganês. Diversas jazidas, depósitos e ocorrências de ouro conhecidas nesta área, incluindo as principais minas subterrâneas em atividade no Brasil, situam-se no Supergrupo Rio das Velhas, um *greenstone belt* Arqueano (Ladeira, 1988).

TRATAMENTO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS

A utilização dos dados geofísicos sob a forma de imagens, exige uma etapa inicial de processamento dos dados originais, envolvendo correções relativas ao método, filtragens e geração de malhas. Para o Projeto Rio das Velhas, os dados gamaespectrométricos fornecidos, foram previamente submetidos a correção para atenuação atmosférica, efeito Compton e remoção de *background*.

Conversão de contagem por segundo (cps) para teor - A conversão dos dados de contagem por segundo para teores na superfície, foi efetuada através dos procedimentos de Amaral & Pascholati (1998), onde as sensibilidades para U, Th e K são obtidas através de modelos teóricos envolvendo volume do cristal e altura de vôo. Assim, as contagens nos canais do potássio, urânio e tório, foram convertidas, respectivamente, em % de K, ppm de eU e ppm de eTh na superfície.

Geração de malhas regulares - Após as correções, os dados gamaespectrométricos foram interpolados pelo método de mínima curvatura para gerar malhas regulares (grids). O espaçamento entre as linha de vôo no Projeto Rio das Velhas foi de 250 m, e foi escolhido um espaçamento de 30 m para as dimensões das células do grid.

Processamento dos dados digitais aerogeofísicos - O processamento dos dados digitais aerogeofísicos foi realizado no programa ER-Mapper. Foram utilizadas técnicas de processamento digital nas imagens gamaespectrométricas (realce de contraste, composições coloridas, classificações e pseudocor):

- *Pseudocor* - consistiu, basicamente, em atribuir uma cor a cada nível de cinza de uma imagem monocromática.
- *Composições coloridas* - obtida alocando simultaneamente os canais gamaespectrométricos de K, Th e U c às três cores primárias, vermelho, verde e azul.
- *Classificação supervisionada* - O processo de classificação consiste em atribuir cada pixel da imagem a uma classe. Essa atribuição é feita com base em critérios estatísticos, onde cada pixel é alocado à classe para a qual ele apresenta a maior probabilidade (máxima verossimilhança).

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS GAMAESPECTROMÉTRICAS

Nesta etapa buscou-se analisar e interpretar os dados gamaespectrométricos com o fim de determinar possíveis feições significativas para a caracterização da geologia da área de estudo, sumarizada na Figura 1.

A análise e interpretação dos dados gamaespectrométricos foi realizada através da definição de áreas com níveis radiométricos distintos, utilizando-se para isso imagens em pseudocor e RGB.

Os dados radiométricos apresentaram, em geral, uma ampla variabilidade nas imagens analisadas, fornecendo subsídios para a discriminação litológica. A partir da análise da imagem dos canais radiométricos do potássio, tório e urânio em RGB, foi possível delimitar visualmente diferentes domínios litológicos (Figura 2). O vermelho representa a influência apenas do canal do potássio, o verde do canal do urânio e o azul do canal do tório. A cor amarela reflete uma mistura em proporções semelhantes de potássio e urânio, a cor ciano, dos canais de urânio e tório e a cor magenta, do tório e potássio. A presença dos três elementos radiométricos em proporções iguais é exibida pela cor branca, enquanto a cor preta demonstra os valores mínimos destes elementos.

Esta imagem (Figura 1) apresenta um predomínio geral do canal do potássio na área, evidenciado pelos tons avermelhados, sendo que apenas na porção norte existe uma proporcionalidade entre os três canais e/ou um predomínio do tório e urânio, caracterizado pelos tons azulados e branco, que corresponde à área de influência do granito Peti. Em alguns locais da porção sudoeste os três canais apresentam valores baixos, sendo representados em tons escuros e correspondem, no terreno, à presença de crostas lateríticas.

A imagem do canal do potássio é marcada por uma distribuição radiométrica heterogênea, com teores variando de 0,01 a 1,47%. Ao norte, a área com teor radiométrico variando entre 0,9 e 1,4% está relacionada a presença do corpo granítico Peti. No centro e ao sul da área, as anomalias com teor variando de 0,5 a 1,1 % compreendem parte da Formação Córrego do Sítio, onde esses altos valores podem estar associados a processos de alteração hidrotermal. Os valores intermediários de potássio (0,2 - 0,9%) são correlacionados a parte da Formação Mindá e às unidades do Grupo Maquiné. Os baixos teores potássicos (0-0,2%) refletem as litologias do Supergrupo Minas ao sul da área, unidade Quebra Osso (rochas ultrabásicas), a leste, e coberturas lateríticas a noroeste, além dos locais onde são constatadas as ocorrências de formações ferríferas na Formação Santa Quitéria. O baixo teor constatado na Formação Mindá e Córrego do Sítio ao norte da área, pode estar relacionado com a presença de coberturas lateríticas ou de área parcialmente inundada pela represa do Peti.

A imagem do canal radiométrico de tório possui teor variando de 0,7 a 34 ppm. Ao norte da área destaca-se uma anomalia da ordem de 15 a 34 ppm, correlacionável à presença de um corpo granítico com provável enriquecimento em tório da ordem de 15 a 34 ppm. A NW é evidenciada uma anomalia com teor variando de 2 a 15 ppm, correlacionável à coberturas lateríticas. As demais áreas possuem uma distribuição homogênea, os valores intermediário de tório (8-16 ppm) são correlacionados com as unidades do Supergrupo Minas e com a Formação Córrego do Sítio, todas as outras unidades do Supergrupo Rio das Velhas apresentam baixos teores (0-8ppm).

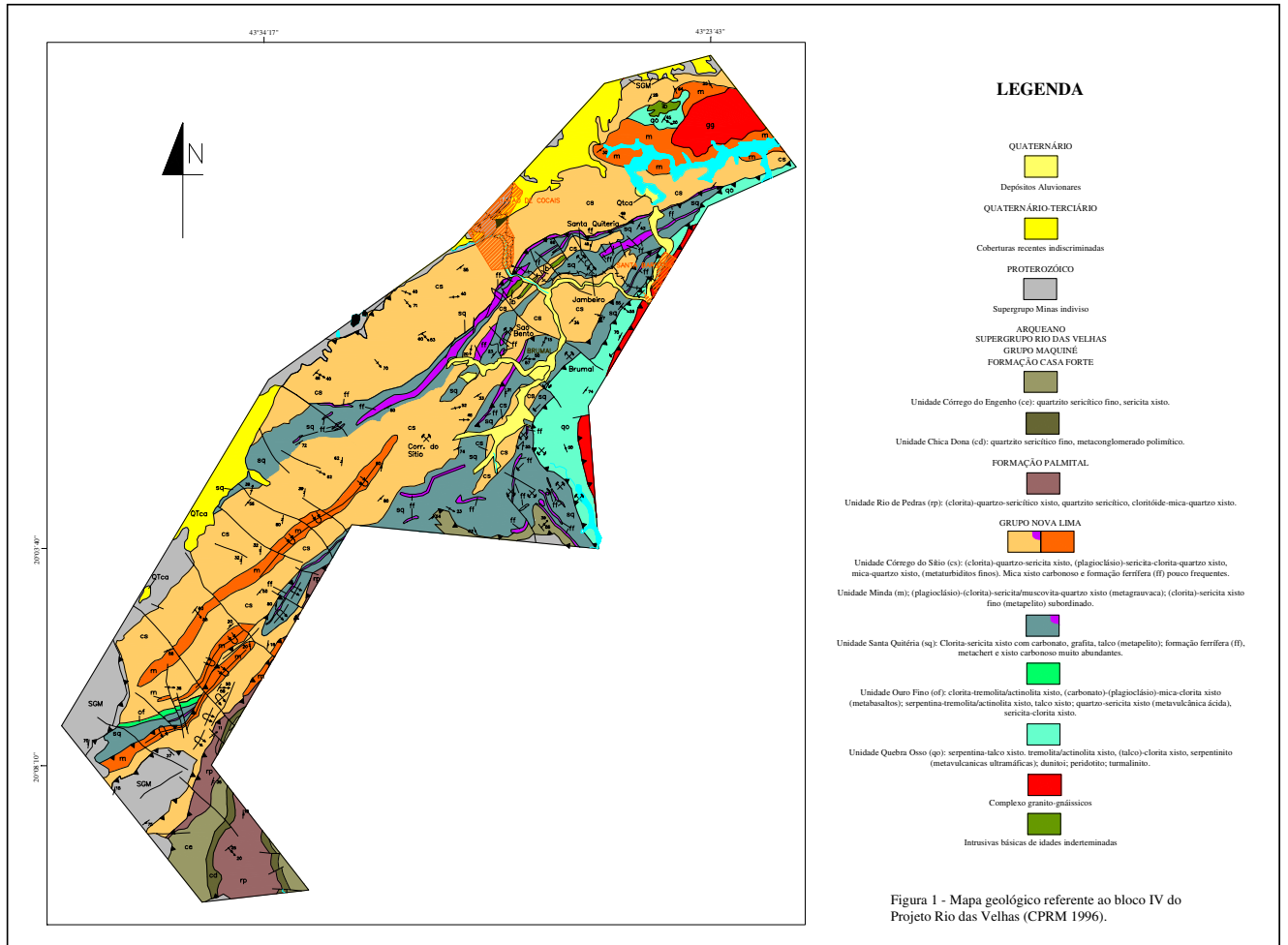
A imagem do canal radiométrico de urânio apresenta-se muito ruidosa, provavelmente devido ao efeito do radônio na atmosfera, sendo claramente observada a direção das linhas de vôo do aerolevantamento (SE/NW). A área possui um teor de urânio variando de 0,9 a 7,5 ppm, estando os maiores teores de correlacionados à presença do corpo granítico ao norte da área (4-7,5 ppm). No centro-oeste da área os teores de urânio variam entre 0,3 e 2 ppm e são correlacionados à Formação Córrego do Sítio. Nesta mesma unidade, em sua porção sul, os valores de urânio variam entre 2 e 4 ppm. Teores intermediários de urânio (0,3 a 3 ppm), no noroeste e sudoeste da área, são correlacionados às coberturas lateríticas, enquanto que os menores teores, no leste da área (0,1 – 2 ppm), são correlacionados à unidade Quebra Osso.

Foi realizada a classificação supervisionada dos dados gamaespectrométricos, com o objetivo de individualizar áreas com comportamento similar, e assim estabelecer uma melhor correlação dos mesmos com as litologias existentes na área. Para essa classificação foram utilizados os limites das próprias unidades geológicas para definir áreas de treinamento, de modo a obter parâmetros estatísticos para os valores radiométricos para cada uma delas (Figura 3).

Analisando os valores da Figura 3, referente ao canal do potássio, pode-se afirmar que os valores médios encontrados para as diferentes litologias presentes na área de estudo estão, de modo geral, abaixo da média em termos de abundância relativa deste elemento (Van Schmus 1995). Apenas para as Formações Quebra Osso, Ouro Fino e as formações ferríferas, os valores médios de potássio estão acima da média, possivelmente devido à influência das alterações hidrotermais e metassomáticas a que foram submetidas estas seqüências durante os diversos eventos que afetaram a região.

Para o canal do tório, seus valores médios, de acordo com a figura 3, apresentam um empobrecimento nas Formações basais do Grupo Nova Lima (Quebra Osso e Ouro Fino), e um enriquecimento no resto das unidades do Supergrupo Rio das Velhas, o que pode ser explicado pelo caráter mais básico da base daquele Grupo, aliado a enriquecimento devido a processos de laterização.

O canal do urânio apresenta um comportamento bastante semelhante ao do tório, com exceção da Formação Mindá e do Membro Rio de Pedras, que exibem valores médios acima do normal para as litologias que compõem esta unidades. De qualquer forma, é importante ressaltar que relacionar as concentrações dos radioelementos de forma quantitativa é tarefa complexa, face aos problemas ocasionados por fatores naturais, como por exemplo a atenuação da radiação gama pela vegetação e umidade do solo, como também pela complexidade litológica da área de trabalho.



CONCLUSÕES

Os dados gamaespectrométricos apresentaram, no geral, uma boa variabilidade nas imagens analisadas, permitindo examinar sua correlação com as unidades litológicas. Entretanto, não é possível, a partir desses dados, discriminar todas as unidades representadas nos mapas mais recentes (CPRM, 1996). A imagem do canal do potássio é a que melhor reproduz os litotipos discriminados na área de estudo. Na imagem do canal do tório destaca-se ao norte da área, a presença de um corpo granítico com enriquecimento em tório. A imagem do canal do urânio, apresenta-se bastante ruidosa, o que prejudica sua melhor utilização.

A partir da análise multivariada, realizada sobre os canais radiométricos, foi possível definir melhor a distribuição dos radioelementos nas unidades geológicas presentes na área de trabalho e tecer algumas considerações: a) algumas das unidades descritas na área de estudo por CPRM (1996) estão intimamente ligadas, no que tange à sua origem e composição, como por exemplo, Formações Córrego do Sítio e Mindá. Neste caso, é muito difícil a separação dessas unidades como sugere CPRM (*op cit.*); b) apenas as Formações Córrego do Sítio, Quebra Osso, Santa Quitéria (principalmente com formações ferríferas associadas), unidades do Grupo Maquiné, coberturas lateríticas, além dos terrenos granito-gnaissícos são bem discriminados a partir dos dados gamaespectrométricos; c) foi possível constatar que nas Formações Quebra Osso e Ouro Fino ocorreu um enriquecimento dos três canais radiométricos, o que pode estar relacionado a eventos metamórficos-hidrotermais ocorridos na área; d) na Formação Mindá e Membro Rio de Pedra, os valores de urânio se apresentam com níveis radiométricos acima do normal.

REFERÊNCIAS

- CPRM. 1996. Projeto Rio das Velhas. Mapa geológico integrado: texto explicativo. CPRM, Belo Horizonte, MG. Escala 1:100.000. 122 p.
- Ladeira, E. A. 1988. Metalogenia dos Depósitos de Ouro do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: In: Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral. Principais Depósitos Minerais do Brasil: Metais básicos não-ferrosos, ouro e alumínio. Brasília: DNPM. 3 : 393-411.
- Luiz, J.G. and Silva, L.M.C. 1995. Geofísica de prospecção. Belém, Universidade Federal do Pará: CESUP, 311 p.

Amaral, G. and Pascholati, E.M. 1998. Transformação dos dados aerogeofísicos do Projeto Rio das Velhas para uso em integração de dados. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Belo Horizonte. Anais : 396.

Reeves, C.V. 1985. Airborne geophysics for geological mapping and regional exploration. ITC journal, 3:147-161.

Santos Filho, J.L.; Araújo, A.H. and Carvalho Jr., O.A. 1994. Expressão geofísica da alteração hidrotermal no Greenstone Belt de Guarinos, Goiás. In: SBG, Simpósio de Geologia do Centro-oeste, 4, Brasília. Anais, 92-94.

Van Schmus, W.R. 1995. Natural Radioactivity of the Crust and Mantle. In: Thomas J. Ahrens Global Earth Physics, a handbook of physical constants. Washington: AGU Books Board, p.283-291.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar seus agradecimentos à COMIG pela cessão dos dados aerogeofísicos e à Fundação Cordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado concedida à autora M^a Irian de M. Duarte.

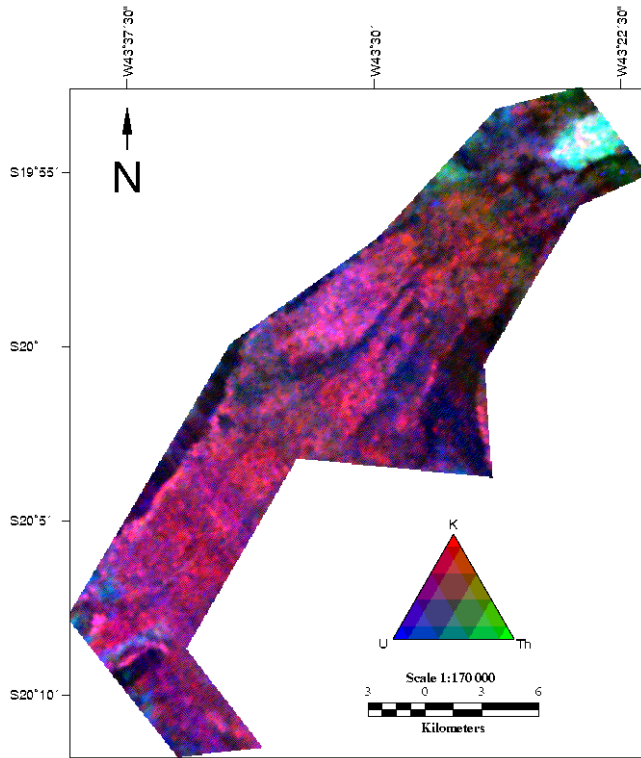


Figura 2 – Imagem dos canais radiométricos do potássio, tório e urânio em RGB

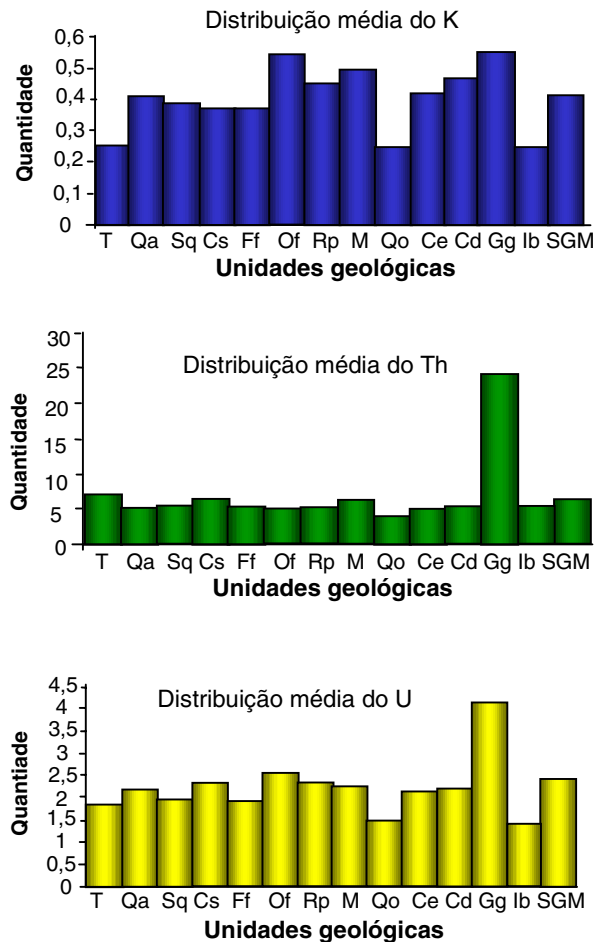


Figura 3 - Distribuição dos radioelementos nas unidades geológicas presentes na área de trabalho (T - Terciário; Qa - Quaternário; Sq - Santa Quitéria; Cs - Córrego do Sítio; Ff - Formação ferrífera; Of - Ouro Fino; Rp - Rio de Pedra; M - Mindá; Qo - Quebra Osso; Ce - Córrego do Engenho; Cd - Chica Dona; Gg - Granito gnaisse; Ib - Intrusivas básicas; SGM - Supergrupo Minas).