



## Processamento e interpretação de dados aerogeofísicos da região de Januária-Itacarambi-Montalvânia – MG

Evandro Machado da Cunha Filho(\*), Luciano Teixeira de Oliveira(\*), Augusto César Bittencourt Pires, Roberto Alexandre Vitória de Moraes - LABORATÓRIO DE GEOFÍSICA APLICADA - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - (LGA/UnB)

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

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

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of The 8<sup>th</sup> International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represent 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

The following work has as its primary objective to process and analyse airborne geophysical data from the state of Minas Gerais, geologically included in the northern portion of the São Francisco craton composed of rocks from the Bambuí Group.

Each magnetic and gamma-ray profile was analysed and applied an adequate filter to eliminate spurious values. After this process both data set was gridded and microlevelled. Finally, magnetics and gamma-ray products were generated and interpreted aiming to determine geological structure, such as strain zones, fractures and faults, as well as regions with the same magnetic and gamma-ray spectrometric behavior that were clustered by domains. Such domains possibly define regions of different rock types.

### Introdução

A área de pesquisa localiza-se na região norte do estado de Minas Gerais (MG), na qual estão inseridos os municípios de Januária, Itacarambi e Montalvânia.

Uma das etapas do trabalho foi o processamento dos dados aerogeofísicos, magnetométricos e gamaespectrométricos disponibilizados, utilizando o software Geosoft Oasis (versão *Montaj* 5.2). Isto foi seguido pela interpretação dos produtos obtidos, delimitando-se estruturas e domínios magnéticos e unidades radiométricas. A aquisição dos dados foi realizada pela Secretaria de Estado de Minas e Energia (SEME) do Governo de Minas Gerais em parceria com Megafísica Survey Aerolevantamentos S.A.

### Contexto geológico

A região de Januária, extremo norte do Estado de Minas Gerais, está inserida, geologicamente, na porção norte do Cráton São Francisco, onde as rochas sedimentares neoproterozóicas, que estão relacionadas ao Grupo Bambuí, recobrem o cráton (Figura 1).

O Grupo Bambuí é constituído por extensas coberturas sedimentares neoproterozóicas. Este grupo é caracterizado por sedimentação em plataforma marinha epicontinental estável, alongada no sentido norte-sul. Sua bacia de deposição apresenta um fraco gradiente de subsidência no seu fundo, havendo sido formada em águas rasas, ocasionando uma constância nas litologias

em enormes distâncias, juntamente com variações faciológicas bruscas em função de modificações paleogeográficas.

Branco & Costa (1961) definiram a primeira seqüência estratigráfica para o Grupo Bambuí como composta por poucos metros de conglomerados na base (Formação Carrancas), calcários e mármores da Formação Sete Lagoas, sobrepostos por espessa seqüência argilo-carbonatada (Formação Rio Paraopeba), com a inclusão dos membros Serra de Santa Helena (ardósias), Lagoa do Jacaré (siltitos calcíferos com lentes de calcários), os arcósios do membro Três Marias e os siltitos, folhelhos e verdetes carbonáticos do membro Serra da Saudade. Posteriormente, Dardenne (1978) redividiu o Grupo Bambuí em seis formações incluindo a Formação Jequitai na base. As formações que constituem o Grupo Bambuí variam muito de espessura devido a subsidência maior ou menor da bacia. Mesmo assim, as correlações litoestratigráficas entre elas são seguras.

### Métodos utilizados no processamento dos dados

A partir da utilização do software Geosoft, os dados de aeromagnetometria foram tratados buscando-se obter uma melhor qualidade, gerando mapas adequados à interpretação. Para tal, foram necessários uma série de procedimentos que otimizaram os dados adquiridos.

Primeiramente gerou-se um mapa das linhas de vôo buscando verificar o posicionamento das linhas de vôo. Perfis rebatidos permitiram eliminar ruídos presentes, em cada perfil voado. Com a aplicação de um filtro de diferença à quarta, os valores anormais, gerados por imperfeições nas gravações digitais disponibilizadas, foram rastreados. Cada perfil foi analisado individualmente, sendo eliminados os ruídos encontrados.

Os dados foram então interpolados utilizando o método bi-direcional algoritmo que ofereceu o melhor resultado (RamGrid, Geosoft<sup>TM</sup>). Esta interpolação foi conduzida para todos os produtos magnetométricos e gamaespectométricos.

Foi efetuado um micronivelamento, algoritmo de interpolação que ofereceu o melhor resultado na malha de dados interpolados para eliminar a influência dos desnivelamentos das linhas de vôo nas malhas de amostragem. A técnica consiste na aplicação de filtro passa-alta e filtro passa-baixa em direções ortogonais de uma malha. Com a filtragem, tenta-se separar efeitos superficiais, alta freqüência (compactação, intemperismo, contatos geológicos, feições estruturais), efeitos profundos, baixa freqüência (espessura da crosta, feições geológicas regionais, profundidade de desmagnetização) e efeitos intermediários (normalmente aplicados a prospecção mineral; Blum, 1999).

Por fim, foi gerado um mapa do campo magnético anômalo, cujo transformação linear forneceu outros dois produtos (amplitude do sinal analítico e fase do sinal analítico) em que são realçadas as fontes e a textura do relevo magnético presentes. Também foram obtidos quatro produtos gamaespectrométricos (mapa de contagem total, mapa do canal de potássio, mapa do canal do tório, mapa do canal de urânio). Todas as malhas usadas tiveram célula quadrática com 50 metros de lado, característica esta que ficou diretamente relacionada à resolução da imagem gerada.

Para os produtos gamaespectrométricos foi utilizado uma técnica básica de realce digital que combina três bandas ou três imagens derivadas quaisquer, com as três cores primárias R (*red*), G (*green*) e B (*blue*) dos monitores de vídeos coloridos (Meneses et al, 1991). Esta forma de visualização integra os valores quantitativos de radiação dos três elementos radiogênicos com as três cores respectivamente.

### Produtos aerogeofísicos

*Mapa do campo magnético anômalo* – Ilustra a variação na susceptibilidade/magnetização magnética dos corpos presentes na área (figura 2).

*Mapa da amplitude do sinal analítico* - Importante na determinação de parâmetros, como localização de limites (geológicos e estruturais) e profundidades de corpos (figura 3). O mapa é baseado na aplicação de derivadas horizontais e verticais, que realçam os gradientes nas bordas de corpos magnéticos.

*Mapa da fase do sinal analítico* - Eficiente no mapeamento das feições lineares do relevo magnético, comumente relacionáveis às feições texturais/estruturais dos materiais geológicos subjacentes (figura 4).

*Modelo Digital do Terreno* - Gerado a partir dos dados altimétricos, adquiridos durante o recobrimento aéreo da área (figura 5).

*Mapa de composição ternária RGB / KThU* – Visualização integrada dos padrões de radiação para os três radionuclídeos naturais (figura 6).

### Métodos utilizados na interpretação dos dados

A interpretação iniciou-se com a análise do campo magnético anômalo, da amplitude do sinal analítico, da fase do sinal analítico e dos canais do potássio, tório, urânio e contagem total, com o intuito de individualizar domínios com comportamentos distintos e padrões de assinaturas que traduzem feições importantes. Para isso os produtos magnetométricas e gamaespectrométricas foram exportados para o Software ESRI-ArcView™ 3.2, onde tais unidades e lineamentos foram digitalizados em Sistema de Informações Geográficas (SIG).

A partir das unidades magnéticas, foi definido o arcabouço estrutural da área e a elaborado o mapa de domínios e estruturas magnéticas (figura 7).

A análise do canal de contagem total permitiu a definição dos domínios gamaespectrométricos, bem como a análise da contribuição de cada canal individualmente (K,

Th e U), utilizando-se de imagens em composição ternária do tipo RGB/KThU.

A interpretação do canal de K e Th requer uma análise conjunta com o comportamento topográfico da área, devido a alta mobilidade destes elementos. Esta interpretação possibilitou a geração de um mapa de domínios gamaespectrométricas com assinaturas radiométricas semelhantes (figura 8).

### Interpretação

As assinaturas magnéticas lineares fortemente marcadas na amplitude do sinal analítico (figura 3) e na fase do sinal analítico (figura 4) enfatizam o posicionamento das fontes magnéticas na área de estudo. A determinação destas estruturas pela presença de feições magnéticas lineares, sugere estruturas geológicas planares, tais como zonas de cisalhamento, fraturas ou falhas preenchidas por material magnético, estruturas estas também marcadas pela variação na susceptibilidade magnética das rochas.

Os lineamentos interpretados na porção sul da área apresentam tendências estruturais com direção NW-SE, NE-SW e E-W, sugerindo alto grau de complexidade nas relações cinemáticas de deformação. No mapa da fase do sinal analítico observam-se estruturas lineares NW-SE deslocando estruturas NE-SW e sobrepondo-se as demais tendências.

No mapa de campo magnético anômalo (figura 2) o comportamento magnético distinto entre a porção sul e norte da área está bem marcado. Ao norte nota-se um relevo magnético bastante suave com ondulações de baixa frequência, indicando um embasamento magnético mais profundo, enquanto que ao sul, o relevo movimentado e diversificado indica o embasamento magnético mais raso, caracterizado por ondulações de alta frequência, além de feições lineares cortando o embasamento.

A amplitude do sinal analítico auxiliou a determinação da intensidades relativas da magnetização nos domínios magnéticos e seus limites espaciais, permitindo a classificação das unidades em seis domínios distintos (figura 7).

A porção sul da área é representada, em sua maioria, pelo domínio de amplitudes altas nos valores do sinal analítico, que ocupa uma faixa com eixo principal NE-SW numa forma elipsoidal. (figura 6). Com a fase do sinal analítico se teve uma idéia da textura do relevo magnético. Na porção sul a textura do relevo magnético também possui orientação preferencial NE-SW e esta entrecortada por lineamentos em várias direções.

As diversas unidades radiométricas presentes na área estão apresentadas no mapa de domínios gamaespectrométricos (Figura 8) e foram individualizadas usando-se da extensão *habitat digitizer*, do ESRI-ArcView™ 3.2, que gera um esquema de classificação dos domínios em classes previamente estipuladas, podendo ser facilmente modificado.

Estes domínios foram delimitados pela interpretação visual da imagem ternária de KThU (composição em

falsa cor RGB – Figura 6) e das imagens dos canais de K, U e Th individualmente, ambas associadas à análise do modelo digital de terreno (figura 5), que contribui para o estudo melhor análise da fonte de cada elemento radioativo. As variações quantitativas destes radionuclídeos exigiram três categorias para a classificação dos domínios: baixo, médio e alto.

Para interpretação da imagem nas composições em falsa cor, a análise foi auxiliada pelo gráfico apresentado por Blum, 1999 (Figura 9), que expõe a variação pela média do conteúdo de K, U, e Th para algumas rochas com o acréscimo de SiO<sub>2</sub>. As cores finais resultantes da combinação dos teores de K, U, e Th, comparadas ao teor em sílica sugerem um litotipo específico para cada porção da área. Assim a cor final para uma região com altos teores simultâneos para K, U e Th, numa imagem RGB (K, Th, U), mostra-se branca e inversamente outra com baixos teores, apresenta-se com a cor final negra, podendo sinalizar que sejam granitóides e vulcânicas máficas/ultramáficas respectivamente.

### Conclusão

O processamento dos dados aerogeofísicos permitiu obter resultados satisfatórios, havendo-se otimizado os dados usados e gerados produtos de alta qualidade. As interpolações, micronivelamentos e filtragens possibilitaram a geração de uma malha regular dos dados amostrados com a eliminação dos ruídos remanentes e os desnivelamentos nas linhas de voo.

A interpretação dos produtos geofísicos permitiu a demarcação e o posicionamento das fontes magnéticas e sua associação aos grandes domínios litológicos, bem como a caracterização das feições lineares certamente ligadas à fraturamentos/falhamentos, o que contribuiu para a definição do arcabouço estrutural da área.

Uma correlação espacial mais detalhada entre as unidades geofísicas e as geológicas é prejudicada devido à falta de conhecimento sobre as propriedades físicas das diversas litologias da área e o escasso conhecimento geológico e estratigráfico detalhado da área estudada.

Vale salientar que os domínios geofísicos e geológicos mapeados não mostram correlação superficial entre si. O mesmo se aplica entre os domínios e unidades magnéticas e radiométricas. A própria natureza das exposições geológicas na superfície (aluvões e depósitos quaternários) e os campos físicos quando traduzidos nos contrastes que os explicam (magnético, fontes a várias profundidades; radiométricos, fontes nos primeiros 50 cm de profundidade) devam responder pelas discrepâncias observadas.

### Referências

Bittencourt, J. S., Monteiro, L. V. S., Bello, R. M. S., Oliveira, T. F., e Juliani, C., 2001, Metalogênese do zinco e Chumbo na região de Vazante – Paracatu, Gerais, *in*: Pinto, C. P. e Martins-Neto, M. A. (Eds.), *Bacia do São Francisco, Geologia e Recursos Minerais*, SBG/MG, Belo Horizonte, 161-198.

Blum, M., *Processamento e Interpretação de Dados de Geofísica Aérea no Brasil Central e sua Aplicação à*

*Geologia Regional e à Prospecção Mineral: Tese de Doutorado nº 30 (IG/UnB), 229p.*

Branco, J.J.R. & Costa, M.T. 1961. Roteiro de Excursão Belo-Horizonte – Brasília. *In*: 14o Cong. Bras. Geol. Publicação 15, 25p.

Brito-Neves, B. B.; Cordani, U. G., 1981, Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic. *Precambrian Research*, **53** : 23-40.

Dardenne, M.A. 1978a. Síntese sobre a Estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. *In*: An. 30º Congr. Brasileiro de Geologia. Recife. Vol. 2 p. 597-610.

GEOSOFT, 1996, MAGMAP 2-D; Frequency domain processing: Canadá, GEOSOFT Inc.

Meneses, P. R.; Assad, E. D.; Sano, E. E. 1991. Introdução ao processamento de imagens digitais de satélites e sensoriamento remoto: Textos Universitários. Brasília, Editora da Universidade de Brasília, 67p.

Misi, A., 2001. Estratigrafia Isotópica das seqüências do Supergrupo São Francisco, coberturas Neoproterozóicas do Cráton do São Francisco. Idades e correlações, *in*: Pinto, C. P. e Martins-Neto, M. A. (Eds.), *Bacia do São Francisco, Geologia e Recursos Minerais*, SBG/MG, Belo Horizonte, 161-198.

### Agradecimentos

Agradecemos a Companhia de Mineração do estado de Minas Gerais (COMIG) pelo fornecimento dos dados ao Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade de Brasília (UnB) para o desenvolvimento desta pesquisa e pelo apoio técnico e científico deste laboratório.

### Figuras

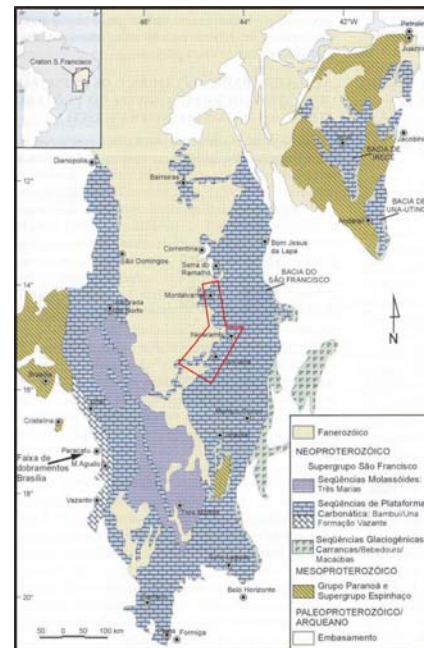


Figura 1 - Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco (modificado de Misi, 2001).

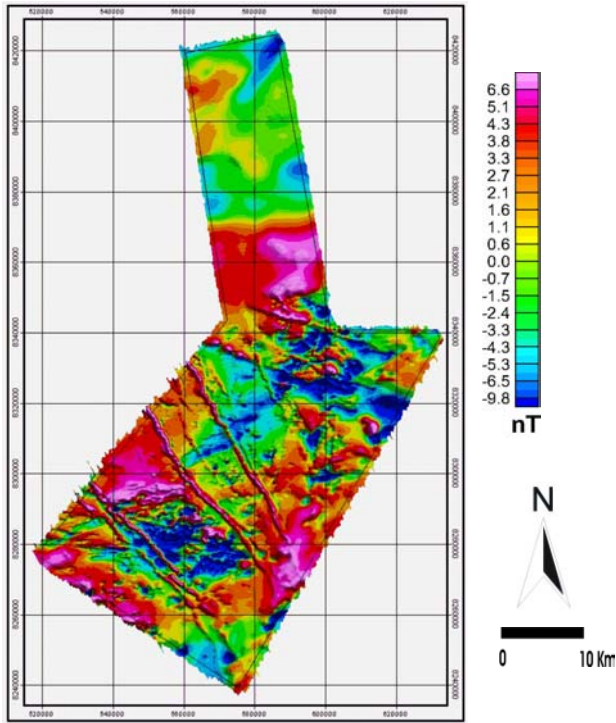


Figura 2 - Mapa aerogeofísico do campo magnético anômalo.

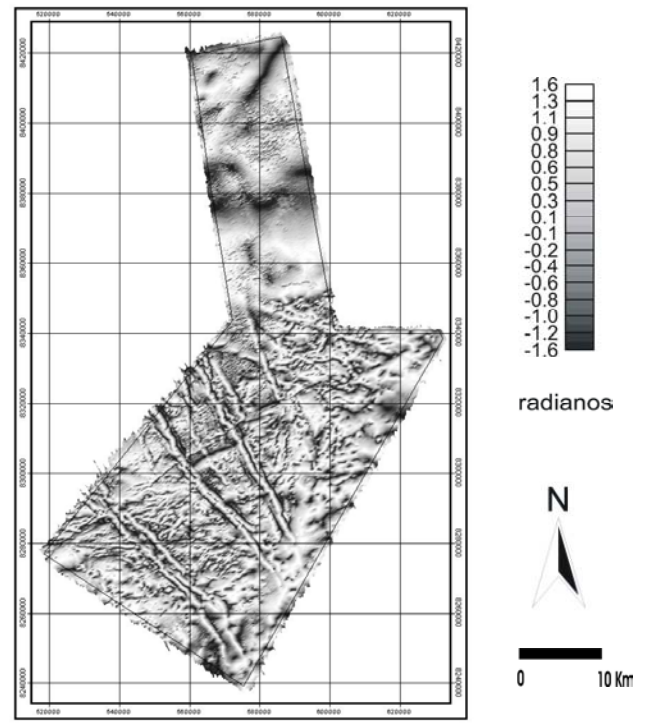


Figura 4 - Mapa aerogeofísico da fase do sinal analítico.

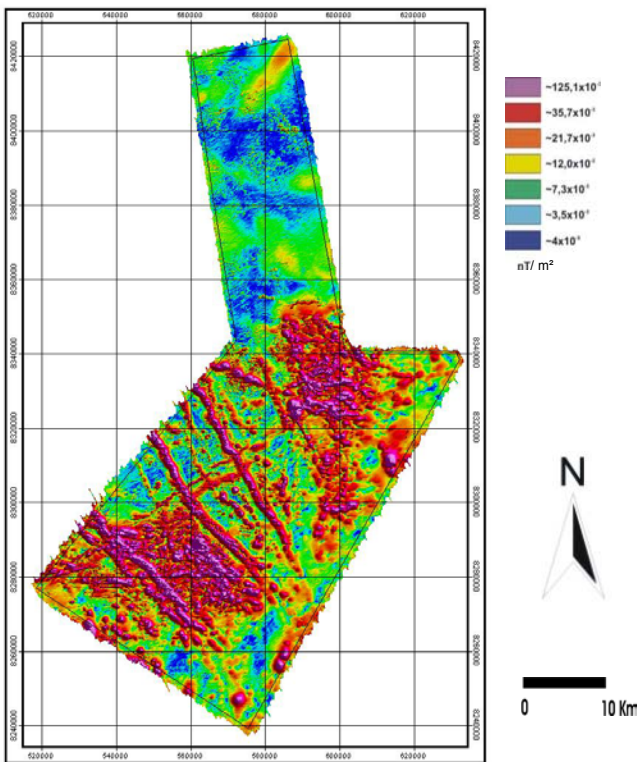


Figura 3 – Mapa aerogeofísico da amplitude do sinal analítico.

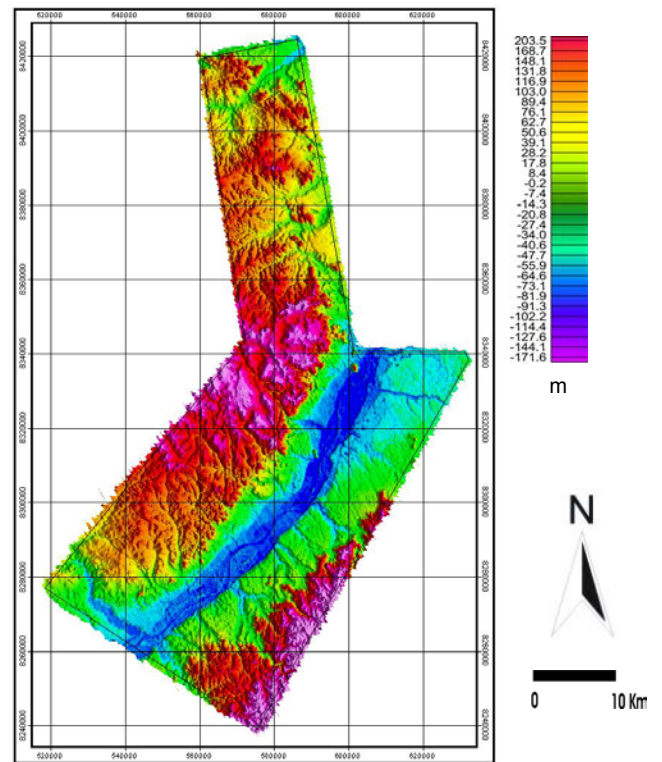


Figura 5 - Modelo Digital do Terreno.



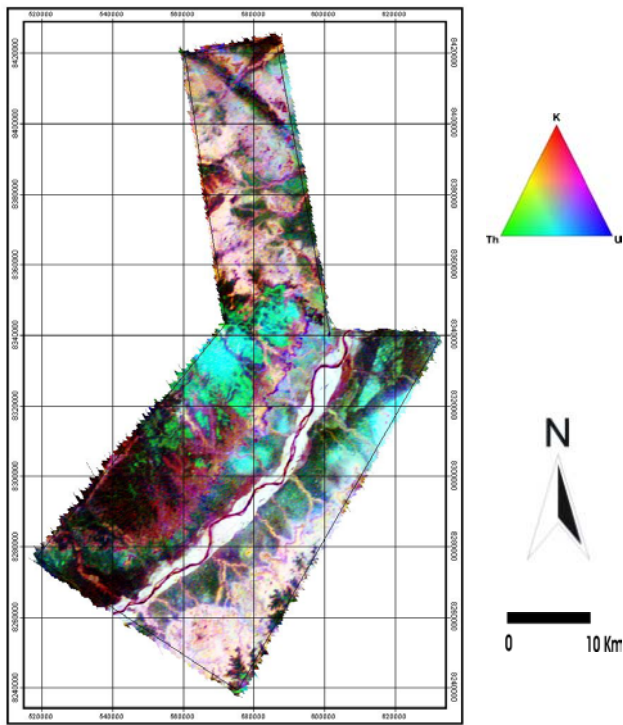
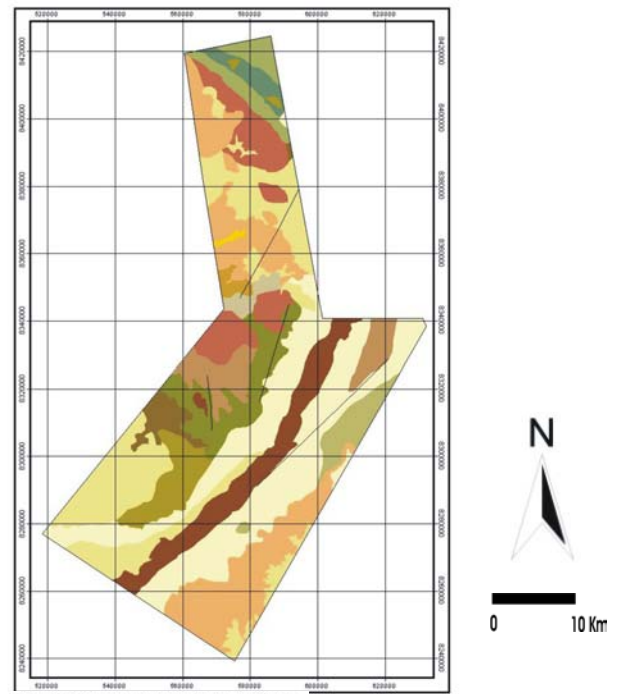


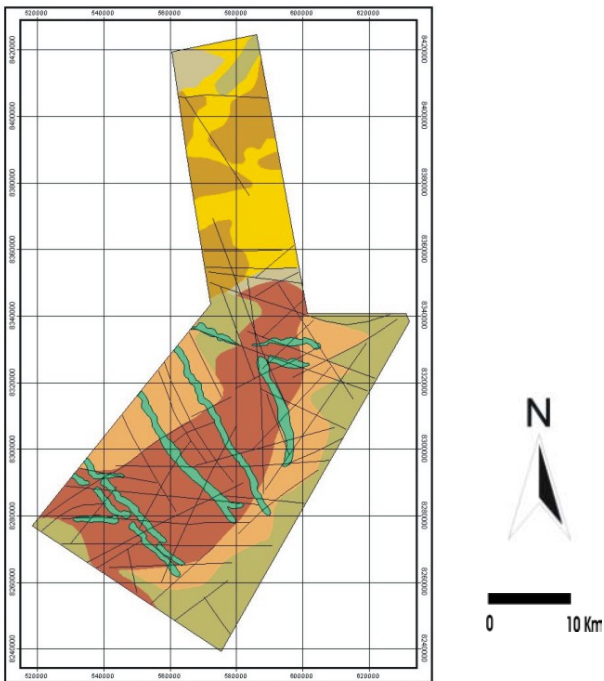
Figura 6 - Mapa de composição ternária RGB / KThU.



Domínios gamaespectrométricos

- Alto K, Alto Th, Alto U
- Alto K, Alto Th, Baixo U
- Alto K, Alto Th, Médio U
- Alto K, Médio Th, Médio U
- Baixo K, Alto Th, Alto U
- Baixo K, Alto Th, Médio U
- Baixo K, Baixo Th, Baixo U
- Baixo K, Médio Th, Baixo U
- Baixo K, Médio Th, Médio U
- Médio K, Alto Th, Alto U
- Médio K, Baixo Th, Baixo U
- Médio K, Baixo Th, Médio U
- Médio K, Médio Th, Alto U
- Médio K, Médio Th, Baixo U
- Médio K, Médio Th, Médio U

Figura 8 - Mapa de interpretação gamaespectrométrica



Domínios magnetométricos

- alta Amplitude do Sinal Analítico
- baixa Amplitude do Sinal Analítico
- média Amplitude do Sinal Analítico
- médio alta Amplitude do Sinal Analítico
- médio baixa Amplitude do Sinal Analítico
- muito baixa Amplitude do Sinal Analítico

Figura 7 - Mapa de interpretação magnetométrica

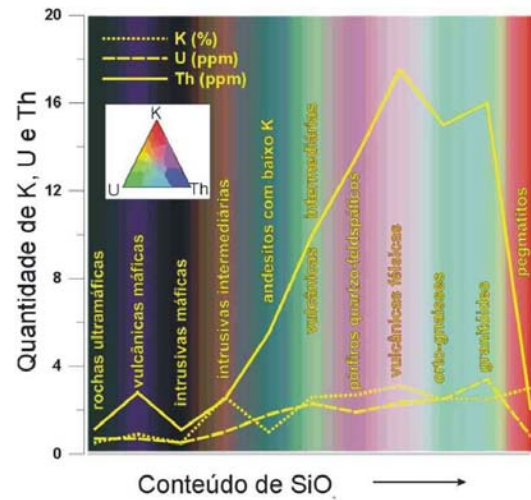


Figura 9 - Variação pela média do conteúdo de K, U, e Th para algumas rochas com o acréscimo de SiO<sub>2</sub> (Blum, 1999).