



Interpretação de dados gamaespectrométricos do Projeto Rio do Sangue, Mato Grosso.

Loiane Gomes de Moraes Rocha - UnB/IG-LGA, Augusto César Bittencourt Pires - UnB/IG-LGA, Roberto Alexandre Vitória de Moraes - InterGeo e Chris Busnello Fianco – UnB/IG-LGA

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 11th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 24-28 August 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do 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

This paper presents the results of an extensive processing, interpretation and geological integration of airborne gamma-ray spectrometric data. It comprised data from 30.360 linear kilometers of profiles, spaced 2000 m apart, covering an area of 54.000 km² in northwest Mato Grosso State (Rio do Sangue Project, DNP/M/DGM/CPRM). Individual and composite images of K, Th, U and TC data channels (RGB and CMY), allowed the interpretation of radiometric units. The integration of geophysical and geological information leads to a better picture of the lithological units present in the project area.

Introdução

A região estudada compreende a área do Projeto Rio do Sangue (<http://www.cprm.gov.br/aero/1000/aero1000.htm> - referência 1037), localizada na porção noroeste do Estado de Mato Grosso. Por ser uma região onde predominam as florestas (prosseguimento da Floresta Amazônica), é área de difícil acesso. Esses fatores contribuem para que a geologia da área seja pouco estudada e, conseqüentemente, pouco conhecida.

Os dados de gamaespectrometria tem sido de grande auxílio nos mapeamentos geológicos, permitindo obter informações sobre unidades litoestruturais aflorantes. Este é um fato de extrema importância quando se tenta entender o arcabouço geológico de uma determinada área onde estão presentes solos e outras coberturas que dificultam ou impedem a realização do mapeamento geológico. A gamaespectrometria permite, onde possível, uma interpretação de forma sistemática e contínua de assinaturas que possibilitam um melhor discernimento sobre a geologia de áreas com essas características.

Foram aplicadas técnicas de processamento, apresentação, interpretação e integração dos dados de gamaespectrometria, as quais incluem uma série de processos objetivando a obtenção da melhor imagem possível, sua interpretação qualitativa e sua integração às demais informações disponíveis.

O presente estudo teve como principal objetivo verificar como informações gamaespectrométricas poderiam ser úteis ao mapeamento geológico.

Localização

A área estudada (Figura 1) localiza-se na porção noroeste do Estado de Mato Grosso. Situa-se, geologicamente, na parte sudoeste do Cráton Amazônico, no domínio da Província Geocronológica Rio Negro-Juruena (Tassinari & Macambira, 1999).

Esta província é constituída por uma zona intensa de ocorrência de granitos e migmatitos, desenvolvida através de uma sucessão de arcos magmáticos de idades entre 1,8 e 1,55 Ga (Tassinari & Macambira, 2004). O embasamento da província é composto por gnaisses, granodioritos, tonalitos, migmatitos, granitos e anfibolitos (Tassinari & Macambira, 2004). As direções estruturais predominantes são NW-SE, cortadas em algumas áreas por estruturas NE-SW (Tassinari & Macambira, 2004). Ocorrem granitóides produzidos por eventos posteriores de anatexia intrudindo o embasamento (Tassinari & Macambira, 2004). A área é reconhecida pelas ocorrências de ouro, metais base e diamante. O ouro e metais base como cobre, zinco e chumbo encontram-se em corpos mineralizados que formam o Depósito de Sulfeto Polimetálico da Serra do Expedito (Néder *et al.*, 2000) também conhecido como Depósito Polimetálico de Aripuanã. O diamante é encontrado na área tanto em depósitos do tipo *placer* quanto em corpos kimberlíticos associados principalmente à Província Diamantífera de Juína.

Dados Gamaespectrométricos

As informações geofísicas usadas neste trabalho fazem parte do projeto Rio do Sangue (DNP/M/DGM/CPRM) de 1978. Compreendem 30.360 km de perfis, com linhas de vôo espaçadas de 2.000 m, com direção N-S e linhas de controle espaçadas de 20.000 m com direção E-W, distribuídas numa área com 54.000 km². Os vôos usados na amostragem acompanharam a topografia local (*drape flight*) a uma altura nominal de 150 m, com medições tomadas a cada segundo (CPRM, 2009).

Método

Um conjunto de etapas e fases seguidas da geração das imagens gamaespectrométricas foi realizado com objetivo de que estas representassem os dados nos quais se basearam.

Os dados de gamaespectrometria foram processados utilizando-se o *software* OASIS/MONTAJ, versão 5.1.8 (GeosoftTM, 1998). Os produtos com as interpretações e integrações foram gerados no ArcView GIS, versão 3.3 (ESRITM, 2002), do Laboratório de Geofísica Aplicada da UnB.

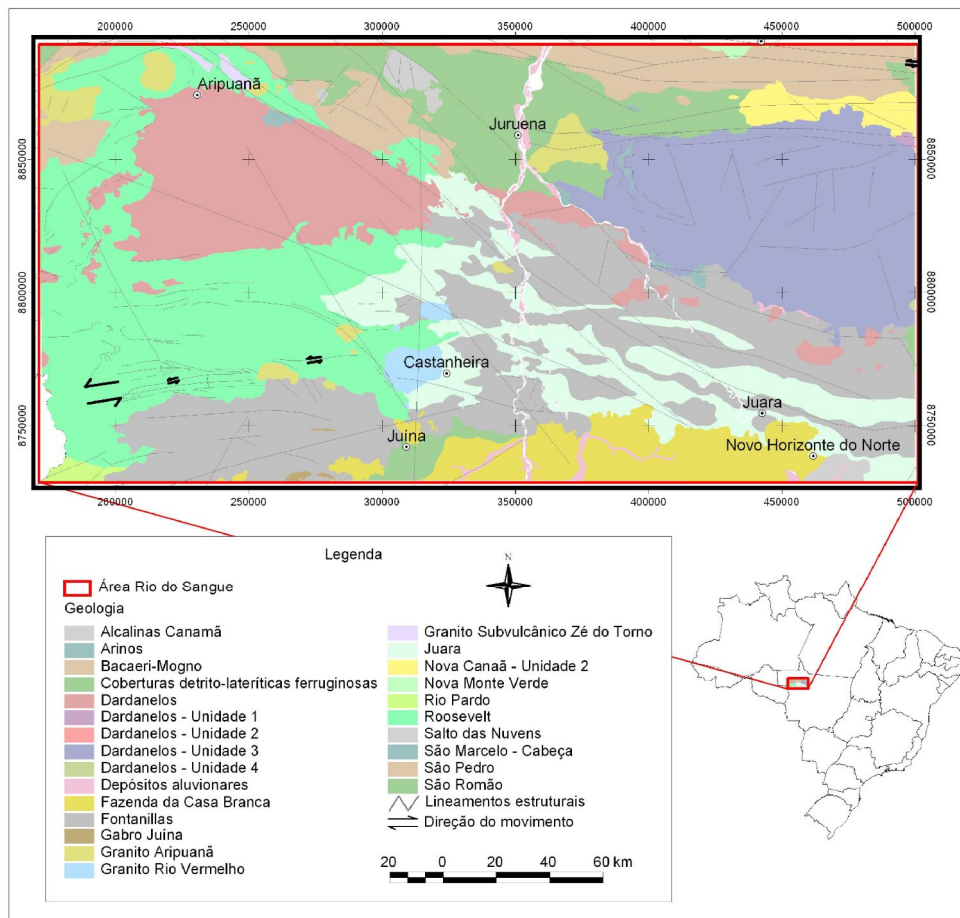


Figura 1 – Localização e Geologia da Área do Projeto Rio do Sangue.

A metodologia seguida pode ser agrupada nas seguintes etapas:

- foram feitos testes gerais de consistência das informações contidas nos arquivos digitais usados (banco de dados do **Geosoft™** (.gdb)), constando de plotagens para exame dos resultados gravados e detecção de alguma irregularidade objetivando um controle adicional sobre a qualidade dos dados;
- foram realizadas interpolações em malhas regulares com células quadráticas de 500 metros de lado. Depois de ensaiados vários algoritmos interpoladores disponíveis, o que ofereceu o melhor resultado foi o baseado na Curvatura Mínima;

As imperfeições notadas (corrugações) foram corrigidas, objetivando homogeneizar a representação espacial dos dados interpolados. Foram usadas técnicas de micronivelamento (Minty, 1991) e de decorrugação (Geosoft, 1996).

O processamento consistiu da geração de uma série de temas usados na interpretação. Estes temas foram as

seguintes imagens: dos canais de potássio, tório, urânio e contagem total (todos em **cps**), das composições coloridas RGB (K:Th:U) e CMY (K:Th:U) e das razões (U/Th, U/K e Th/K). Estes temas permitiram a elaboração dos mapas de interpretação dos domínios e estruturas gamaespectrométricas.

Interpretação e Integração

A metodologia utilizada envolveu basicamente:

- estudo das imagens isoladas dos canais de Contagem Total, Potássio, Tório e Urânio, (CT, K, Th e U, respectivamente) Figuras 3, 4, 5 e 6;
- análise do canal de contagem total para a definição de grandes domínios gamaespectrométricos, bem como a análise da contribuição relativa de cada um dos outros canais;
- uso de composições em falsa cor (imagem ternária) do tipo RBG e CMY (Figuras 7, 8) com os canais de K, Th e U para definir unidades e/ou domínios com assinaturas gamaespectrométricas semelhantes;

- uso das razões U/Th, Th/K e U/K na análise da sua correlação com os diversos domínios gamaespectrométricos;
- estudo das feições lineares que pudessem significar elementos estruturais importantes no contexto da área (fraturamento/falhamentos e contatos);
- classificação destes temas na elaboração do mapa interpretativo dos domínios e estruturas gamaespectrométricas (Figura 13).

A análise das imagens ternárias (RGB e CMY) foi baseada na cor final resultante das combinações de cores nas imagens componentes, cor final esta que reflete diretamente os teores de K, Th e U em cada porção da área ou unidade interpretada (Moraes *et al.*, 2003). Assim a cor final para uma região com altos teores simultâneos para K, Th e U, numa composição RGB (K:Th:U), mostra-se branca e inversamente outra com baixos teores, apresenta-se com a cor final negra. Esta assinatura composta final é de grande utilidade no discernimento do provável tipo litológico que a produziu. Embora os dados do Projeto Rio do Sangue não estejam calibrados e sejam apresentados em cps, as relações presentes na Figura 2 se mantêm nas imagens RGB e CMY.

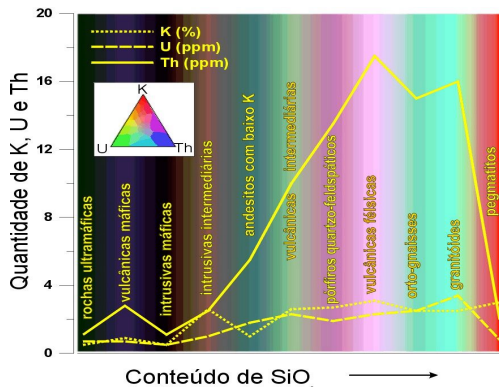


Figura 2 – Variação pela média do conteúdo de K, U, e Th para rochas com o acréscimo de SiO₂ (Blum, 1999).

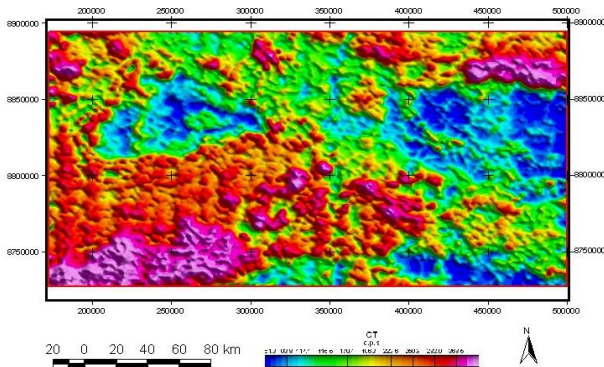


Figura 3 – Imagem do Canal da Contagem Total.

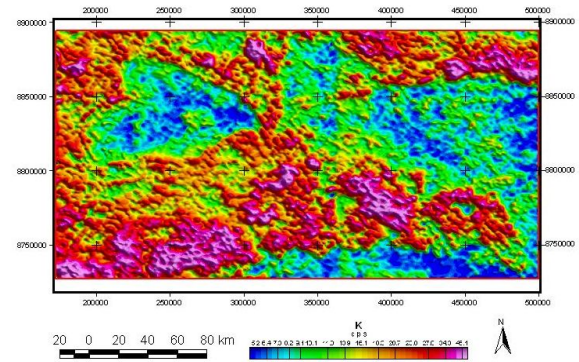


Figura 4 – Imagem do Canal do Potássio.

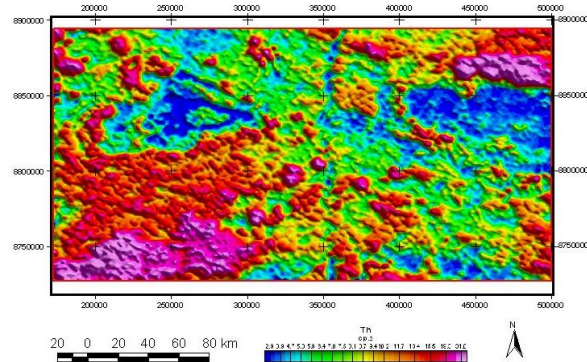


Figura 5 – Imagem do Canal do Tório.

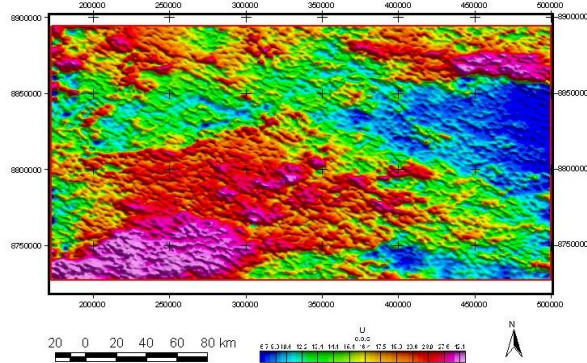


Figura 6 – Imagem do Canal do Urânio.

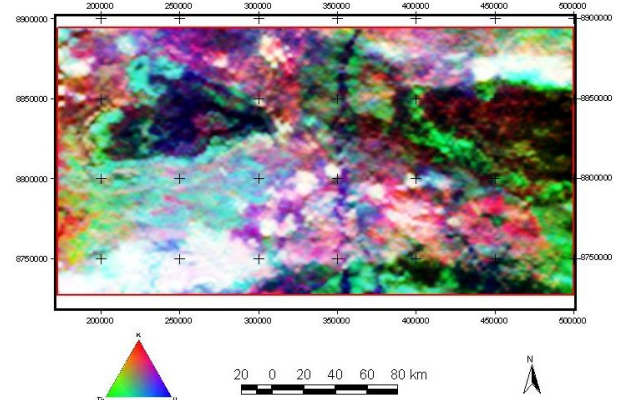


Figura 7 – Imagem Ternária RGB (K:Th:U).

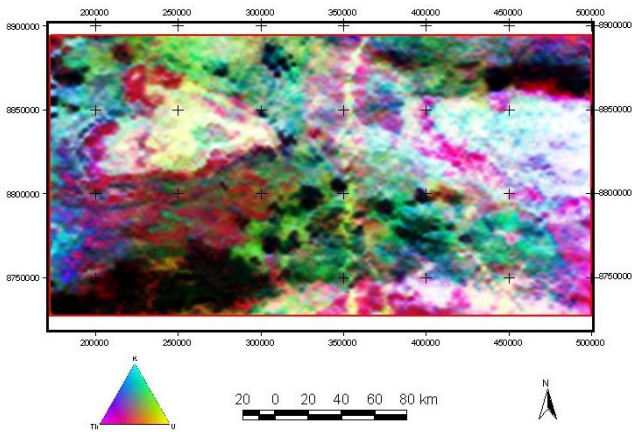


Figura 8 – Imagem Ternária CMY (K:Th:U).

A interpretação qualitativa conjunta de todas as imagens gamaespectrométricas geradas foi efetuada em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). A técnica que serviu de base foi criada originalmente com o objetivo de classificar polígonos delineados pela interpretação visual de imagens georreferenciadas (Pan & Harris, 2000 *in* Moraes *et al.*, 2003). Permite elaborar esquemas de classificação eficientes e delinear rapidamente as características dos polígonos (áreas) de interesse (Moraes *et al.*, 2003).

Para a interpretação visual das imagens gamaespectrométricas foi observada a variação dos teores de potássio, tório e urânio, divididos em três categorias, cada qual deles, em baixo, médio e alto. Nos canais individuais os teores de K, Th e U foram analisados com base na imagem em falsa cor (ternária). Nas imagens dos canais K, Th e U, os baixos teores são identificados pela cor azul e os altos, pela cor magenta, os demais intermediários estão definidos na sua respectiva escala de cor.

Dessa maneira foram delineadas 46 unidades gamaespectrométricas para a região em estudo (Figura 9).

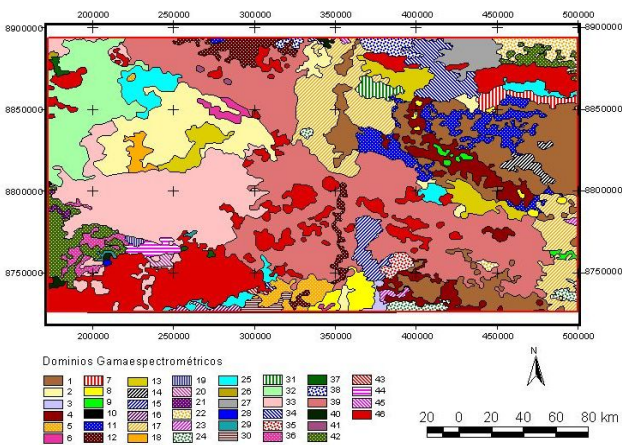


Figura 9 – Mapa dos Domínios Gamaespectrométricos.

As características de cada unidade, em função de seu conteúdo de K, Th e U, estão definidas na Tabela 1.

Tabela 1 – Tabela com a classificação das unidades litogamaespectrométricas, classificadas por seus teores de K, Th e U

Domínio	K	Th	U
1	Baixo	Baixo	Baixo
2	Baixo	Baixo	Médio - Baixo
3	Baixo	Baixo	Médio
4	Baixo	Médio - Baixo	Baixo
5	Baixo	Médio - Baixo	Médio - Baixo
6	Baixo	Médio	Médio - Baixo
7	Baixo	Médio	Baixo
8	Baixo	Alto	Médio - Baixo
9	Baixo	Alto	Médio
10	Baixo	Alto	Alto
11	Médio - Baixo	Baixo	Baixo
12	Médio - Baixo	Baixo	Médio
13	Médio - Baixo	Médio - Baixo	Médio - Baixo
14	Médio - Baixo	Médio - Baixo	Baixo
15	Médio - Baixo	Médio - Baixo	Médio
16	Médio - Baixo	Médio - Baixo	Alto
17	Médio - Baixo	Médio	Médio - Baixo
18	Médio - Baixo	Médio	Médio
19	Médio - Baixo	Médio	Médio - Alto
20	Médio - Baixo	Médio	Alto
21	Médio - Baixo	Médio - Alto	Médio - Baixo
22	Médio - Baixo	Médio - Alto	Médio
23	Médio - Baixo	Alto	Médio

24	Médio - Baixo	Alto	Médio - Alto
25	Médio - Baixo	Alto	Alto
26	Médio	Médio - Baixo	Baixo
27	Médio	Médio	Médio
28	Médio	Médio	Médio - Alto
29	Médio	Médio - Alto	Médio
30	Médio - Alto	Baixo	Médio
31	Médio - Alto	Médio - Baixo	Baixo
32	Médio - Alto	Médio - Baixo	Médio - Baixo
33	Médio	Alto	Alto
34	Médio - Alto	Médio	Médio - Alto
35	Médio - Alto	Médio - Alto	Médio
36	Médio - Alto	Alto	Médio
37	Médio - Alto	Alto	Alto
38	Alto	Médio - Baixo	Médio
39	Alto	Médio - Baixo	Médio - Alto
40	Alto	Médio	Médio
41	Alto	Médio	Médio - Alto
42	Alto	Médio - Alto	Médio
43	Alto	Médio - Alto	Médio - Alto
44	Alto	Médio - Alto	Alto
45	Alto	Alto	Médio - Baixo
46	Alto	Alto	Alto

O mapa dos domínios gamaespectrométricos mostra boa correlação com as informações geológicas conhecidas, porém, é de se destacar a quantidade de indicações não cartografadas geologicamente (Figura 10). As principais unidades geológicas que ocorrem na área são bem demarcadas através dos domínios gamaespectrométricos. As Unidades Fontanillas, Alcalinas Canamã e Nova Canaã (Unidade 2) estão relacionadas aos domínios que apresentam altos teores para os elementos K, Th e U. As feições circulares bem destacadas nas imagens RGB e CMY, e envolvidas pelos

polígonos do mapa dos domínios gamaespectrométricos correspondem aos corpos graníticos interpretados como Granito Aripuanã e Granito Rio Vermelho, que também têm assinaturas que revelam altos teores de K, Th e U. Domínios com teores mais baixos dos três elementos delimitam bem unidades geológicas como a Suite Intrusiva São Romão e as Formações Dardanelos (Unidades 1 e 3) e Fazenda da Casa Branca.

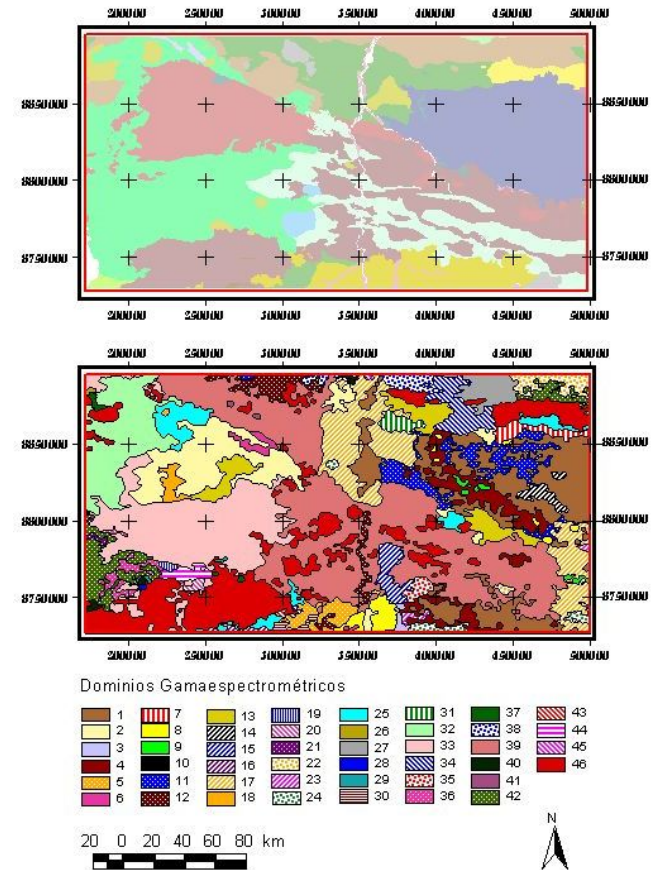


Figura 10 – Comparação entre o Mapa Geológico da Área e o Mapa de Domínios Gamaespectrométricos.

A análise individual e composta das imagens dos canais de K, Th, U e CT, bem como de suas razões (U/Th, Th/K e U/K) e das imagens ternárias (RGB e CMY) permitiu a identificação de feições lineares que possivelmente demarcam elementos estruturais como fraturas, falhas e contatos. Dessa forma, foi possível esboçar um mapa com as estruturas interpretadas na área (Figura 11). Existe uma boa correlação entre o mapa de lineamentos estruturais conhecidos na área e o mapa de estruturas gamaespectrométricas interpretadas (Figura 12).

A composição do mapa de domínios e estruturas gamaespectrométricas mostra que existe uma forte integração entre ambos, onde se observa que os contatos entre certos domínios estão associados à estruturação interpretada para a área (Figura 13).

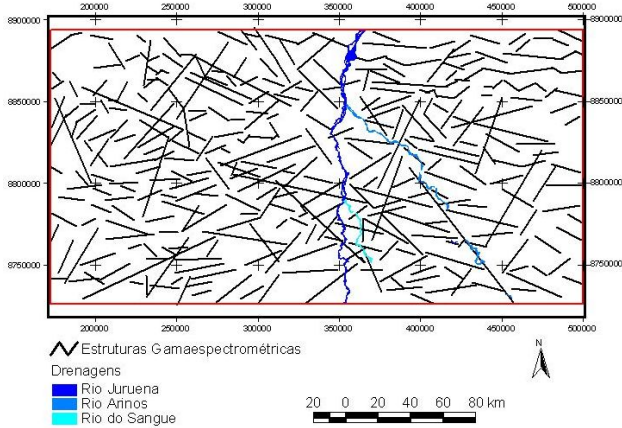


Figura 11 – Mapa com as Estruturas Gamaespectrométricas Interpretadas.

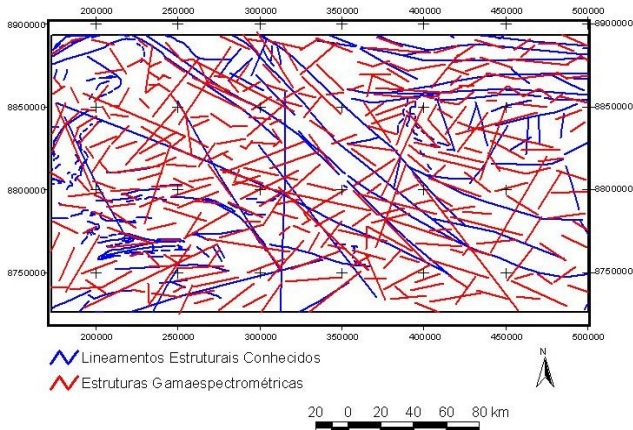


Figura 12 – Mapa com os Lineamentos Estruturais Conhecidos na Área e Estruturas Gamaespectrométricas Interpretadas.

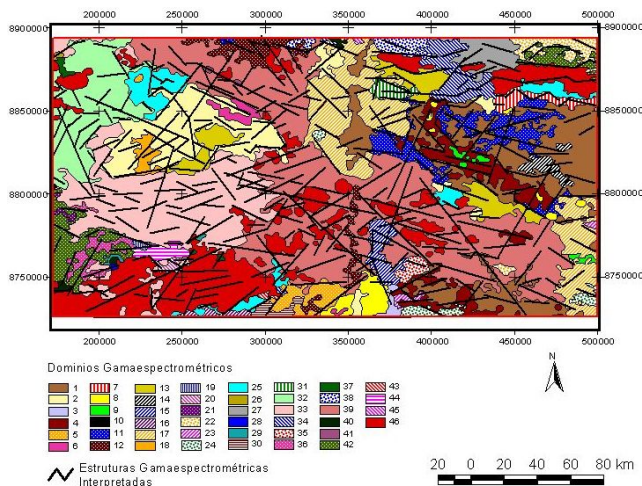


Figura 13 – Mapa de Domínios e Estruturas Gamaespectrométricas Interpretadas.

Conclusões

As análises feitas forneceram uma série de elementos de reflexão para o entendimento do comportamento da geologia da área. A gamaespectrometria, com a amostragem das emanções em radiações gama dos radioelementos naturais, possibilitou o detalhamento superficial do quadro representativo das rochas que afloram em toda a área. Em geral, o que se observou é que os mapas de domínios e estruturas gamaespectrométricas permitiram delinear algumas unidades e lineamentos em escala regional coincidentes aos geológicos de conhecidos na área. O mapa também destacou domínios menores indicando uma possível subdivisão das unidades já conhecidas resultando em um maior detalhamento contribuindo para a melhor compreensão da geologia da área. O mesmo também se aplicou às estruturas gamaespectrométricas interpretadas. Dessa forma, foi possível esboçar um quadro bastante rico em variações nas assinaturas gamaespectrométricas que devem ser melhor estudadas.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido a partir de uma dissertação de mestrado (Moraes Rocha, 2007), nesse contexto, a primeira autora agradece à CAPES pela bolsa de mestrado. Os autores agradecem também ao CNPQ pelo financiamento da pesquisa, à Intergeo pelo suporte na etapa de processamento de dados, ao LGA (UnB) por autorizar a utilização da infra-estrutura do laboratório, e à CPRM pela liberação dos dados do Projeto Rio do Sangue.

Referências

- Blum, M. L. B., 1999. Processamento e interpretação de dados de geofísica aérea no Brasil central e sua aplicação à geologia regional e à prospecção mineral: Tese de Doutorado, UnB.
- CPRM, 2009. <http://www.cprm.gov.br>, acessado em março de 2009.
- GEOSOFT, 1996, MAGMAP 2-D. Frequency domain processing: Canadá, GEOSOFT Inc. (2004)
- Minty, B. R. S., 1991. Simple micro-levelling for aeromagnetic data: Expl. Geoph., 22, 591-592.
- Moraes, R. A. V., Pires, A. C. B., Mello, G. A., Silva, C. A., e Souza, J. C. F., 2003. Interpretação de dados gamaespectrométricos da faixa de Unai-Paracatu-Vazante-Coromandel, Minas Gerais, in: 8th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, SBGf, Rio de Janeiro, vol.1.
- Moraes Rocha, L. G., 2007. Processamento, interpretação e integração dos dados aerogeofísicos do Projeto Rio do Sangue – MT, aplicados ao mapeamento geológico e à prospecção mineral: Dissertação de Mestrado, UnB. (<http://www.unb.br/ig/posg/mest/mest229.htm>)

- Neder, R. D.; Figueiredo, B. R.; Collins, C. ; Leite, J. A. D., 2000. The Expedito massive sulfide deposit, Mato grosso. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, p. 222-225.
- Pan, G. e Harris, D. P., 2000. Information synthesis for mineral exploration: EUA (New York) Oxford University Press, 461 p.
- Tassinari, C. C. G., e Macambira, M., J., B., 1999. Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. *Episodes, USA*, v. 22, n. 3, p. 174-182.
- Tassinari, C. C. G., e Macambira, M., J., B., 2004. A Evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R. and Brito Neves, B.B. (Eds.). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Ed. Beca, São Paulo. 471-485 p.