

Identificação de zonas de alteração hidrotermal através de dados aerogamaespectrométricos ao longo da faixa Mateus Leme-Pitangui, MG.

Érico Natal Pedro Zacchi⁽¹⁾, Adalene Moreira Silva⁽¹⁾

1-Laboratório de Geofísica Aplicada, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

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

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th 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 focused on identifying of hydrothermal processes associated to mineral deposits through aerogeophysical data in the Mateus Leme – Pitangui, state of Minas Gerais, Brazil. The RGB ternary image was used to delineate the gamma-spectrometric anomalies, correlated with zones of hydrothermal alteration that suggest targets for future prospects.

Introdução

Devido à associação entre depósitos minerais e processos hidrotermais, o reconhecimento de áreas de alteração hidrotermal é de grande importância para a prospecção mineral. Dados geofísicos terrestres e aéreos tem sido largamente empregados nessa tarefa nos últimos anos, uma vez que variações mais expressivas nas concentrações relativas entre radioelementos podem ser indicativas de processos anômalos relacionados com hidrotermalismo. Dados gamaespectrométricos terrestres e químicos de vários depósitos de Cu e Cu-Pb-Zn mostram que a concentração de potássio aumenta em zonas de alteração, enquanto as concentrações de tório permanecem inalteradas. Desta forma, altos valores da razão K/Th são bons indicativos de zonas de alteração hidrotermal (Shives *et. al.* 1997). Brauhart *et. al.*(1998) apresentam alguns exemplos de anomalias gamaespectrométricas sobre zonas mineralizadas, coincidentes com altas razões U/Th ou K/U, relação também observada por Airo (2002). Huston *et. al.* (1998) mostram que a utilização integrada de dados aerogamaespectrométricos e de isótopos de oxigênio em rocha total ($\delta^{18}O$) mapeiam fácies de alteração hidrotermal em escalas regional a local em distritos do tipo VHMS na parte central do Cráton de Pilbara. No Brasil, trabalhos dessa natureza podem ser facilmente encontrados (Pires & Harthill 1989, Pires 1990, Pires 1995, Soares *et al.* 2004, Silva *et. al.* 2007).

Apesar de sua proximidade com a porção oeste do Quadrilátero Ferrífero (Figura 01), a faixa Mateus Leme-Pitangui permanece pouco estudada e,

embora consista em um ambiente favorável para a existência de depósitos metálicos, com rochas da

sequência *greenstone belt* do Supergrupo Rio das Velhas profundamente alteradas hidrotermalmente ao longo de uma zona colisional, seus depósitos de ouro apenas recentemente foram alvo de pesquisas mais detalhadas (Frizzo *et. al.* 1991, Heineck 1997, CPRM 1998). Outros metais, como cobre, níquel e cobalto são relatados apenas indícios. Em compensação a região destaca-se pelos recursos não metálicos, cujo principal bem mineral é o agalmatolito, utilizado para carga mineral e para a fabricação de refratários (Lara-Filho 1997). Outro bem mineral não metálico relacionado com o hidrotermalismo é o quartzo hialino, que apesar de abundante na região (Stoiber *et. al.* 1945), já não é alvo de extração regular, sendo objeto de garimpos intermitentes.

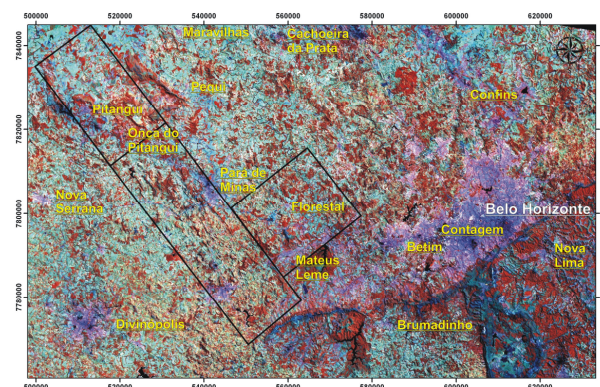


Figura 01 - Localização das áreas de estudo, localizadas a noroeste do Quadrilátero Ferrífero.

Contexto Geológico

A faixa Mateus Leme-Pitangui está situada na porção meridional do Cráton do São Francisco, onde predominam terrenos gnáissicos migmatíticos meso a neoarqueanos, a sequência *greenstone belt* neoarqueana do Supergrupo Rio das Velhas, e a sequência de plataforma carbonática de idade neoproterozóica do Grupo Bambuí (Romano 2006). Ocorrem ainda duas gerações de diques básicos posicionados entre o Paleoproterozóico e o Neoproterozóico, veios de quartzo cataclásticos e depósitos cenozóicos (Figura 02).

A principal feição tectônica da área é denominada de Lineamento Pitangui (Romano & Noce 1995), de direção NW-SE, com largura máxima de 20 Km e

com três zonas de cisalhamento principais. Caracteriza-se como uma zona de colisão entre dois núcleos crustais arqueanos, o Complexo Divinópolis (ao sul) e o Complexo Belo Horizonte (ao norte). O *greenstone belt* Rio das Velhas caracteriza a bacia oceânica desenvolvida na zona de colisão entre os dois blocos crustais, ao longo do lineamento.

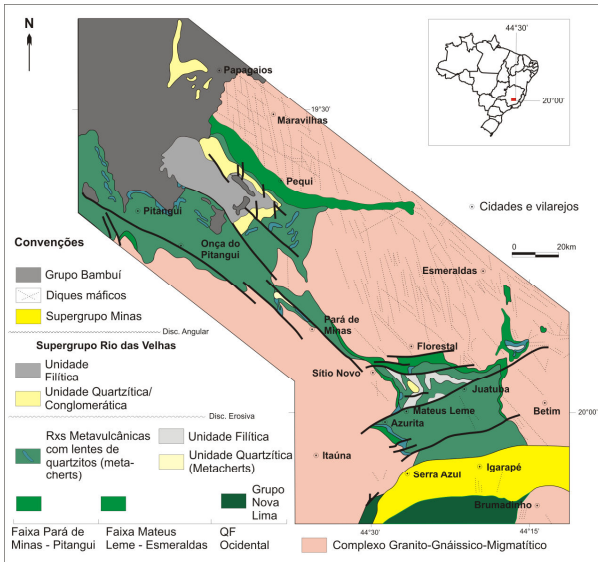


Figura 02- Mapa litoestratigráfico da faixa Pitangui-Mateus Leme, MG (modificado de Romano 1993).

Alteração Hidrotermal

Entre os principais trabalhos para a caracterização da alteração hidrotermal na região estão o de Teixeira & Kuyumjian (1991) e Romano (1993), que consideram a como sendo epitermal, e produzida por um sistema de *hot springs*, ou alteração hidrotermal pós-vulcanica. Um novo modelo, com a alteração hidrotermal concomitante com a instalação de uma zona de cisalhamento, tem sido mais difundido nos últimos anos (Romano & Paiva 1997). Romano & Carmo (1992) e Romano (1993) propõe a cartografia das zonas de alteração hidrotermal para a região do sinclínório de Pitangui-Pequi (Figura 03). Esses autores subdividem a alteração hidrotermal em três zonas: zona peraluminosa, zona sericítica e zona propilitica. Zonas de cloritização, carbonatação, epidotização e sulfetação podem ser individualizadas em trabalhos de detalhe (Frizzo *et. al.* 1991).

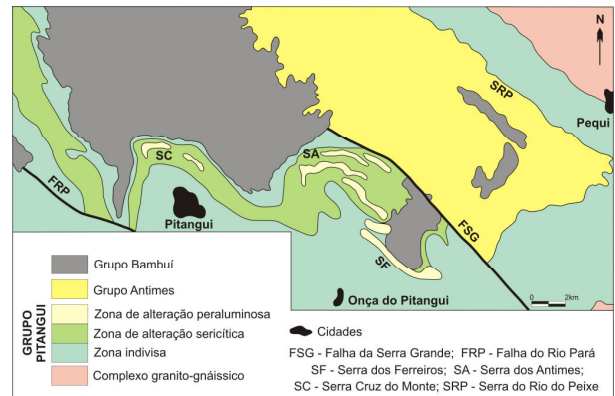


Figura 03 – Zoneamento da alteração hidrotermal na região do Sinclínório de Pitangui-Pequi (modificado de Romano 1993).

Dados Aerogeofísicos

A área de trabalho é coberta pelos dados do Projeto Pitangui-São João Del Rey-Ipatinga, como parte do programa de levantamento aerogeofísico do governo de Minas Gerais. Os métodos empregados nesse levantamento foram o magnetométrico e o gama espectrométrico, com altitude constante de 100 m, segundo linhas de voo orientadas em N30W com espaçamento de 250 m, com linhas de controle perpendiculares e espaçadas em 2500 metros. Os dados gamaespectrométricos foram analisados e corrigidos quanto à presença de inconsistências (concentrações negativas de radio-elementos) e à distribuição de linhas de voo. Os canais de potássio (K), equivalente de tório (eTh), equivalente de urânio (eU) foram interpolados em malhas regulares de 62 m através do método da curvatura mínima, e apresentados em composição ternária RGB (Figura 04).

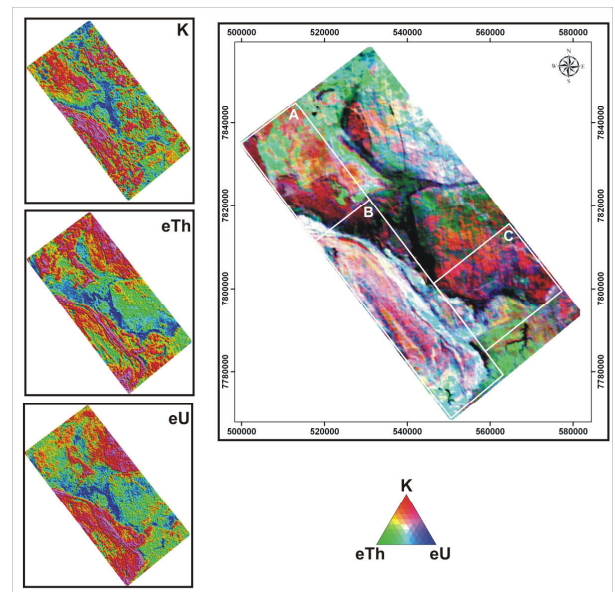


Figura 04 – Composição ternária com os canais individuais dos radioelementos da faixa Pitangui – Mateus Leme.

Metodologia

Dentro da área de cobertura dos dados gamaespectrométricos foram selecionadas três áreas, denominadas respectivamente de A, B e C. Esse procedimento buscou uma redução no volume de dados para análise estatística, além de selecionar as áreas de maior interesse para a prospecção mineral. A área A cobre parte do sinclínrio de Pitangui-Pequi, a área B cobre a Serra do Andaime, a noroeste de Pará de Minas, e a área C cobre a região entre Florestal e Mateus Leme. A partir dos dados corrigidos, procurou-se determinar a correlação entre os valores de tório e potássio para cada uma das áreas de estudo, e analogamente a correlação entre o tório e o urânio (Figura 05).

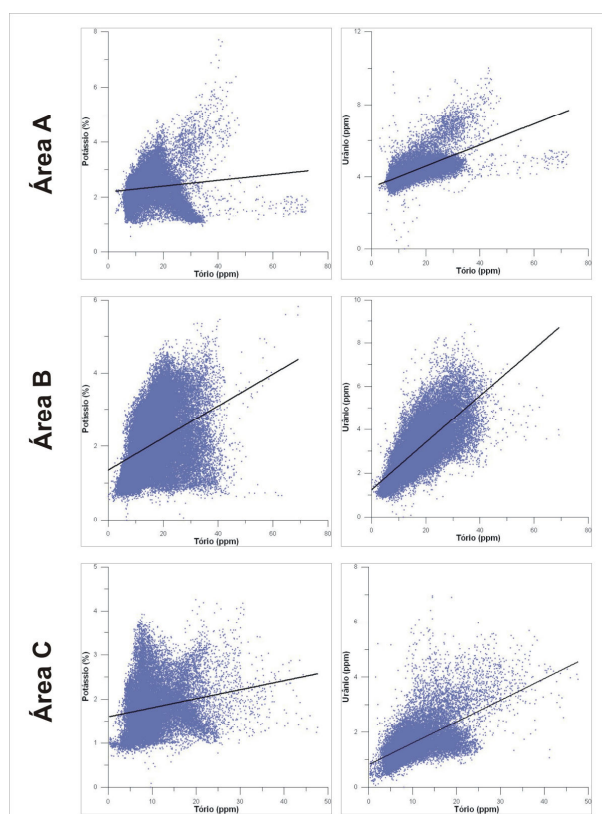


Figura 05 – Gráficos de correlação potássio x tório e urânio x tório para as três áreas de estudo.

O algoritmo desenvolvido por Pires (1995) foi criado para suprimir contribuições primárias e realçar o potássio anômalo, e baseia-se na teoria de que a relação potássio/tório é representada por uma função linear que passa pela origem. O procedimento é análogo para o urânio. Para o potássio temos a relação:

$$K_i = (\text{média de } K_s / \text{média } Th_s) * Th \quad (1)$$

Onde K_i é o valor ideal do potássio, definido a partir da concentração de tório para aquele ponto de observação. Posteriormente os desvios dos valores reais a partir dos valores ideais calculados para cada ponto foram obtidos usando a equação:

$$K_d = (K_s - K_i) / (K_i) \quad (2)$$

Também foi calculado para cada uma das áreas de detalhe o parâmetro F, que é expresso pela relação:

$$F = (K * eU) / eTh \quad (3)$$

Os resultados obtidos para o potássio anômalo, urânio anômalo e parâmetro F foram então combinados em composição ternária RGB, onde as zonas de alteração hidrotermal são realçadas em coloração branca, para as três áreas (respectivamente Figuras 06, 07 e 08).

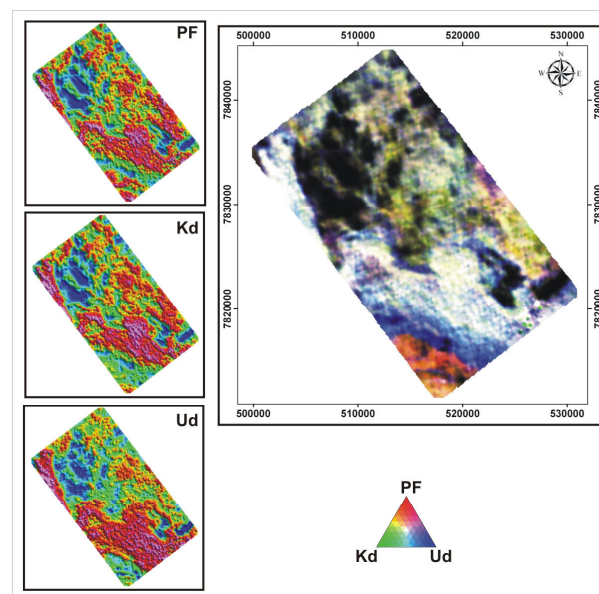


Figura 06 – Composição ternária com o parâmetro F, potássio anômalo e urânio anômalo para a área A.

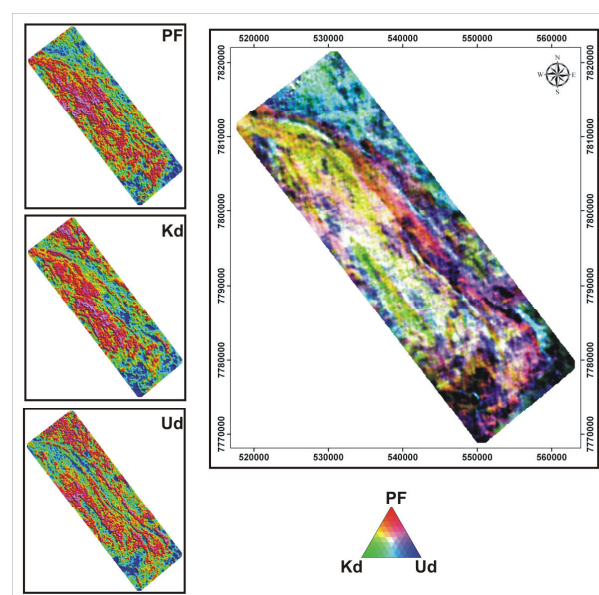


Figura 07 – Composição ternária para a área B, onde a alteração hidrotermal é destacada na coloração branca.

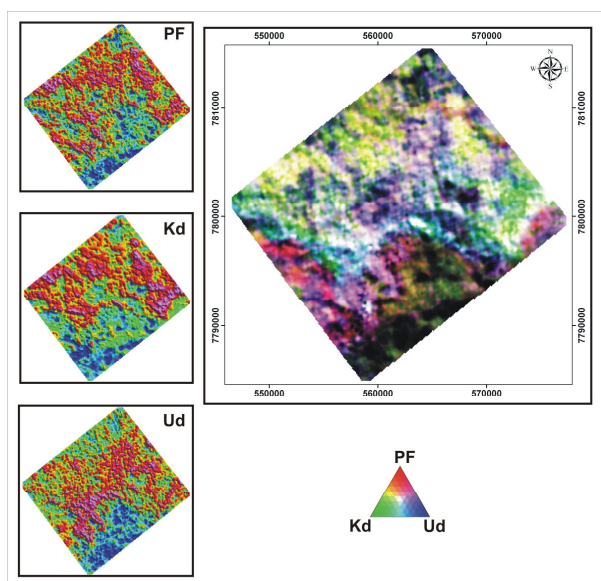


Figura 08 – Zonas de alteração hidrotermal da região próxima à Mateus Leme (área C).

A partir da integração desses produtos foram gerados mapas individuais para o zonamento da alteração hidrotermal, juntamente com as ocorrências minerais (ouro, agalmatolito e quartzo hialino), procurando caracterizar diferentes graus de hidrotermalismo (Figura 09).

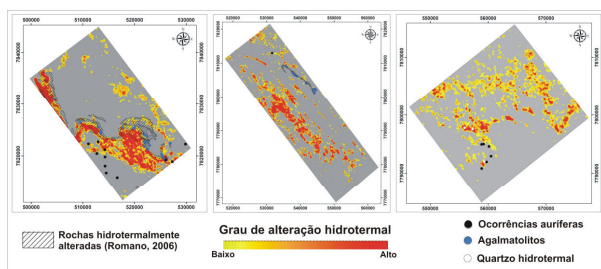


Figura 09 – Mapas de alteração hidrotermal obtidos a partir da integração do potássio anômalo, urânio anômalo e parâmetro F para as três áreas de estudo.

Conclusões

Este trabalho consiste em um estudo preliminar para o mapeamento e caracterização de zonas de alteração hidrotermal através de dados aerogeofísicos. Os resultados obtidos mostram boa correlação com o atual estágio de conhecimento da área, principalmente na região do sinclínrio de Pitangui-Pequi (área A), onde o mapeamento das zonas de alteração é melhor detalhado. Na Serra do Andaime (área B) não houve grande correlação, embora áreas próximas tenham sido mapeadas, e novos alvos de interesse possam ser destacado para investigações futuras. Na área C as ocorrências de quartzo hialino coincidem com zonas de elevado grau de alteração hidrotermal, enquanto as ocorrências de ouro concentram-se em porções marginais, com menor grau de alteração.

Referências Bibliográficas

Airo, M.-L., 2002. Aeromagnetic and aeroradiometric response to hydrothermal alteration. *Surveys in Geophysics* 23: 273-302.

Brauhart, C.W., Groves, D.I., Morant, P.-1998- Regional alteration systems associated with volcanogenic massive sulfide mineralization at Panorama, Pilbara, Western Australia *Economic Geology*, 93: 292 – 302.

CPRM, 1998. Programa Nacional de Prospecção de Ouro (PNPO) – Mapa de jazimentos auríferos (área MG-01-Pitangui, MG). Superintendência de Belo Horizonte.

Frizzo, C., Takai, V., Scarpelli, W., 1991. Auriferous mineralization at Pitangui, Minas Gerais. In: Ladeira, E. A. ed. *BRAZIL GOLD'91*. Rotterdam, Balkema. P 579-583.

Heineck, C.A. 1997. Geologia e mineralizações do *Greenstone Belt* Rio das Velhas na região de Mateus Leme, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. IGC/UFMG, Belo Horizonte, MG. 154p.

Huston, D.L., Brauhart, C.W., Wellman, P. & Andrew, A.S. 1998- Gamma-ray spectrometric and oxygen-isotope mapping of regional alteration halos in massive sulphide districts: an example from Panorama, central Pilbara Craton. *AGSO Research Newsletter* 29, p.14.

Lara-Filho, J. 1997. Geologia do talco e pirofilita. In: Principais depósitos minerais do Brasil, Volume IV, parte C. Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília, 529-544.

Pires, A.C.B. & Harthill, N. 1989. Statistical analysis of airborne gamma-ray data for geological mapping purposes: Crixás-Itapaci area, Brazil. *Geophysics*, 54(10).

Pires, A.C.B. 1990. Statistical characterization of greenstone sequences using magnetic and gamma-ray spectrometric data, Guarinos-Pilar de Goiás area, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.* 20(1-4):293-298.

Pires, A.C.B. 1995. Identificação geofísica de áreas de alteração hidrotermal, Crixás-Guarinos, Goiás. *Rev. Bras. Geoc.*, 25(1): 61-68.

Romano, A.W. & Carmo, J.C.C. 1992. Litoestratigrafia e alteração hidrotermal das rochas do supergrupo Rio das Velhas no sinclínrio de Pitangui-Pequi, Minas Gerais. *Rev. Esc. Minas*, 45(1 e 2):115-117.

Romano, A.W., Noce, C.M. 1995. Feições Estruturais do Lineamento Pitangui-Congonhas. In *SNET 5*. Gramado, 1995. *Anais...*, Gramado, SBG : 76-77.

Romano, A.W.; Paiva, C.T. 1997. Evolução de eventos tectônicos, metamórficos e de alteração hidrotermal ao longo de uma zona de cisalhamento; exemplo do Lineamento Pitangui, parte meridional do Craton do São Francisco, MG. In *SNET 6*. Pirenópolis, 1997. *Anais...* Pirenópolis, SBG: 21-22.

Romano, A.W. 1993. O Supergrupo Rio das Velhas da Faixa Mateus Leme-Pitangui- parte meridional do Cráton

de São Francisco, MG - e seu sistema de alteração hidrotermal. *Geonomos*, 1(1): 16-32.

Romano, A.W., 2006. Follha Pará de Minas. Programa Geologia do Brasil. Universidade Federal de Minas Gerais/CPRM. 69p.

Shives, R. B. K. Charbonneau, B.W & Ford, K. L. 1997. The detection of Potassic by Gamma-ray spectrometry – Recognition of Alteration Related to Mineralization. Proceedings of Exploration 97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration, 747-752.

Silva, A.M., Oliveira, C.G., Marquez, G.C., Pires, A.C.B. 2007 – Geophysical Responses Of Hydrothermal Rocks Associated With Copper-Gold Mineralization in the Neoproterozoic Mara Rosa Magmatic Arc, Central Brazil. In: MILKEREIT, B. – 2007 - Exploration in the Millenium. Proceedings of the Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration. V2, 1179-1183.

Soares, M. S., Koppe, J.C., Costa, J.F.C.L., Rolim, S.B., 2004. Interpretação das anomalias de potássio hidrotermal e parâmetro F da região do Complexo Bossoroca, São Sepé, RS. *Rev. da Esc. de Minas, Ouro Preto*, 57 (1): 39-44.

Stoiber, R.E., Tolman, C., Butler, R.D., 1945. Geology of quartz crystal deposits. *American Mineralogist*. Vol. 30. p. 219-229.

Teixeira, N.A., Kuyumjian, R.M., 1991. The Mateus Leme-Pitangui hydrothermal zone: Do they represent a fossil hot spring system in the Rio das Velhas greenstone belt, Central Brazil? In: Ladeira, E. A. ed. *BRAZIL GOLD'91*. Rotterdam, Balkema. P 171-177.