

## Estudo experimental da variação gamaespectrometria das áreas com mineralizações em ouro, a noroeste do complexo intrusivo Lavras do Sul.

Ariele Battisti, Augusto Cezar Lara de Oliveira, \* Fernanda Silveira da Silva, Miguel Guterrez Carminatti, Delia Del Pila Montecinos de Almeida. (UNIPAMPA)

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12<sup>th</sup> 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

The intrusive complex Lavras do Sul, (CILS, RS, Brazil), presents a composition monzogranitic and syenogranitic. Hydrothermal significant changes have resulted in veins filled with quartz and gold. In the area where the mine Santo Exedito is found we were applied the method of Gamma-espectrometry, because we have as objective to find a geophysical signature. The study was conducted on two areas, one mineralized (old explored area), another supposedly not mineralized, close to each other, allowing work on the same lithological context. The results allowed the comparison of measurements, likewise the influence of hydrothermal processes active in the granite in the concentrations of K, U and Th present in the context geology of the region. These results indicate a positive correlation, i.e., an increase in the sign of K greater than that of U and Th in the mineralized zone, all with strong fluctuations compared with non-mineralized zone. The results of this method indicate the success of its use in potentially mineralized areas. (Fig.1)

(zona da Campanha no Sul do Estado), possui uma área de 2680 km<sup>2</sup>, seu processo de formação foi associado ao processo hidrotermal que atingiu o Granito Lavras. Atualmente existe uma maior dificuldade de se encontrar o ouro, pois as reservas naturais de fácil extração estão esgotadas ou possuem quantidades muito pequenas do metal para justificar uma grande exploração e extração. Para isto é necessária aplicação de novos métodos que não só encontrem o ouro (furos de sondagem, geoquímica) possibilitando até a sua cubagem, mas também métodos que possam apontar na região o local onde estes veios mineralizados existam, entre eles os métodos geofísicos. Empresas de grande porte, que atuam na área, já aplicaram alguns métodos aerogeofísicos de média escala (gamaespectrometria e magnético), perfilações geolétrica de detalhe (polarização induzida), mas não tiveram muito êxito. Isto aponta para a necessidade de encontrar um método ou conjunto de métodos terrestres de maior detalhe. Esta tarefa possui um caráter totalmente experimental, o que demanda muito tempo e deixa a pesquisa pouco atrativa para as empresas de geofísica e contratantes, pois implicaria em gastos sem garantia de retorno. Por outro lado este desafio é adequado para um estudo que visa o conhecimento e o aprendizado dos métodos e metodologias como também, na operação dos equipamentos utilizados na busca de assinatura geofísica que contribuam nas informações da área de pesquisa. O presente trabalho foi realizado na área onde encontra-se a Mina Santo Exedito, na região NW da cidade de Lavras do Sul, onde foi realizado o levantamento gamaespectrométrico.

### Método

Em Kearey (2002), pode-se encontrar que há mais de 50 isótopos radioativos de ocorrência natural, onde a maioria é rara ou somente fracamente radioativa. Os elementos K, U e Th são os únicos elementos naturais que ocorrem em abundância na natureza, como radioisótopos que produzem radiação gama com energia e intensidade suficiente para serem medidos em levantamentos gamaespectrométricos (terrestres e aéreos). Na gamaespectrometria é possível determinar as concentrações e os valores relativos dos radioisótopos K, U e Th em rochas e materiais intemperizados, a partir da detecção e quantificação da radiação gama emitida pelo decaimento natural desses elementos.

### Aquisição dos Dados

Para o levantamento dos dados gamaespectrométricos foi utilizado o gamaespectrômetro RS-230 BGO Super Spec, do fabricante Radiation Solutions Inc – Canadá com calibração de fábrica, de propriedade da UNIPAMPA

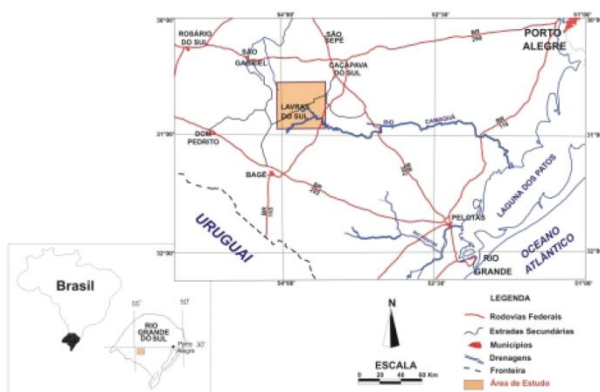


FIGURA 1 – Mapa de localização e acesso a Cidade de Lavras do Sul (RS). Fonte : PIRES, 2002.

### Introdução

A procura pelo ouro é uma das mais antigas atividades feitas pelo homem como meio de enriquecer, desde a técnica clássica do uso da bateia nos sedimentos em meandros dos rios até a extração direta da rocha fonte. O Distrito Aurífero de Lavras do Sul, localizado no Escudo Sul Riograndense

de Caçapava do Sul. A realização dos levantamentos, em área comprovadamente mineralizada e outro em área possivelmente não mineralizada, possibilita uma comparação dos resultados para a verificação da existência de uma influência do hidrotermalismo no granito. Para a realização das medidas, o aparelho foi configurado com uma janela de assay de 180 s e colocado para estabilizar em um ponto próximo da área. Na área mineralizada a cava possui orientação EW, para a correta verificação da influência lateral do processo hidrotermal no granito foram materializados 7 (sete) perfis com direção NS. Como parâmetro inicial é determinado que cada perfil tenha comprimento total de 60 m, espaçamento entre eles de 10 m, tendo como linha central o perfil 1 que passa sobre o centro da cava, os perfis pares crescem para W, e os ímpares para E. Cada perfil possui sua origem no centro (ponto zero) sobre a zona de falha, os valores positivos crescem com sentido para norte e os negativos para sul. O espaçamento entre os pontos de medida são crescentes e simétricos em relação à origem, com um espaçamento de 0,5 m entre o ponto 0 m até 2 m, depois de 1 m entre 2 m e 10 m e de 2 m entre 10 m até 30 m (figura 2a). Este espaçamento progressivo foi idealizado, pois, é esperado que a influência do hidrotermalismo seja progressivamente menor quanto mais afastado da zona de falha. Na área não mineralizada foram utilizados parâmetros semelhantes: 7 perfis com direção NS, espaçamento entre eles de 10 m e comprimento total de 60 m com a origem (ponto zero) no extremo norte da área (figura 2b). A maior diferença está no espaçamento entre os pontos de medida, que foram fixados em 2 m.

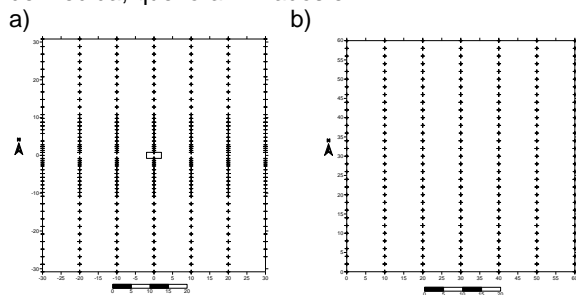


Figura 2– a) Croqui de pontos medidos sobre a área mineralizada, com 7 (sete) perfis ortogonais a cava (retângulo central de 4 x 1,8 m) com 60 m de comprimento e espaçamento entre os pontos de medida com distâncias progressivas conforme se afasta da cava. b) Croqui de pontos medidos sobre a área não mineralizada, com 7 (sete) perfis de 60 m cada e espaçamento entre os pontos de medida de 2 m. Unidades horizontais e verticais em metros.

## Resultados

Quando comparados os gráficos das contagens sobre a zona mineralizada e não mineralizada pode ser visto que existe uma mudança bem nítida na variação do comportamento gamaespectrométrico. Na área não mineralizada as oscilações são de pequena amplitude, e ocorrem sem um padrão definido (figura 3). Na área mineralizada, verifica-se de uma maneira geral que existe uma grande variação entre as medidas feitas próxima a

cava daquelas feitas mais afastadas. As oscilações são variáveis em amplitude, mas em todos os perfis ficam evidentes a cerca de 10 a 15 m para sul e entre 15 e 20 m para norte (figura 4), indicando que a zona de atuação do hidrotermalismo foi maior do que a esperada para este tipo de rocha. Isto pode evidenciar que o mecanismo hidrotermal atuou na remobilização destes elementos em teores perceptíveis para este método, ocorrendo assim um enriquecimento do K junto à zona hidrotermal assim como do U e Th concordando com resultados encontrados em situações análogas (ULBRICH, 2009 e FORNAZZARI NETO et al. 2009). Como as migrações químicas destes elementos estão controladas pelo processo hidrotermal que ocorre junto ao falhamento, ele pode ocorrer de maneira não homogênea, mesmo em áreas bem pequenas, devendo aparecer preferencialmente junto as fraturas que formam a zona de falha. Assim pode ser interpretado como uma evidência que a remobilização ocorreu apenas dentro da zona de falha, não havendo migração para fora da zona mineralizada. Deste modo os limites das variações nas medidas podem estar refletindo os limites geológicos de atuação na zona de falha e do hidrotermalismo. Outro ponto importante a ser salientado é a diminuição da amplitude das variações quando se afasta do perfil central para os perfis laterais. Isto pode estar evidenciando um caráter pontual para o mecanismo hidrotermal, a cava de exploração pode ter sido feita bem no centro do processo, onde possivelmente ocorreu a maior concentração mineral. Se este comportamento realmente existir, é esperado que as oscilações nas medidas tendam a desaparecer e o comportamento do gráfico se aproxime daqueles realizadas na zona não mineralizada.

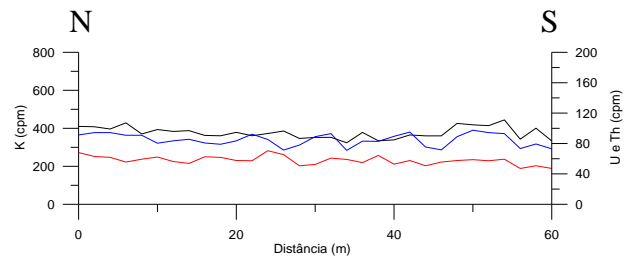


Figura 3 – Perfis central gamaespectrométricos sobre a área não mineralizada em contagem por minuto, linha preta representa os valores de K, a linha azul a contagem de Th e a vermelha a contagem de U.

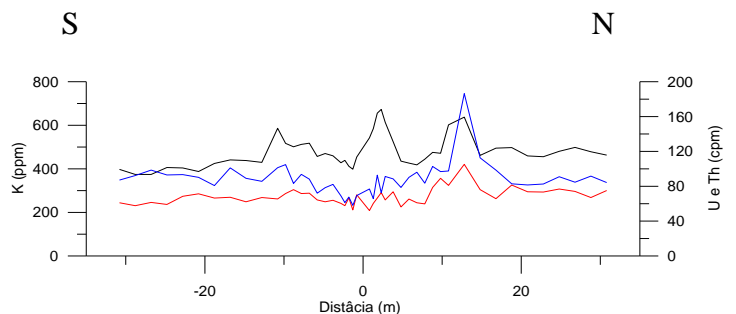


Figura 4 – Perfil central gamaespectrométricos sobre a área mineralizada em contagem por minuto, linha preta

representa os valores de  $K$ , a linha azul a contagem de  $Th$  e a vermelha a contagem de  $U$ .

Como os pontos de medida em ambas as áreas foram feitos na forma de uma malha quase regular com uma razoável quantidade de pontos, foram elaborados mapas das contagens dos elementos individuais e contagem total, verificando assim se é possível identificar o mesmo comportamento espacial identificado nos perfis dentro das duas áreas (figuras 5 e 6). Para a geração das malhas interpoladas e a construção dos mapas de contornos foi utilizado o programa Surfer 9 da empresa Golden Softwarer, interpoladas com o método da Krigagem e espaçamento de 5 m entre os nós da malha.

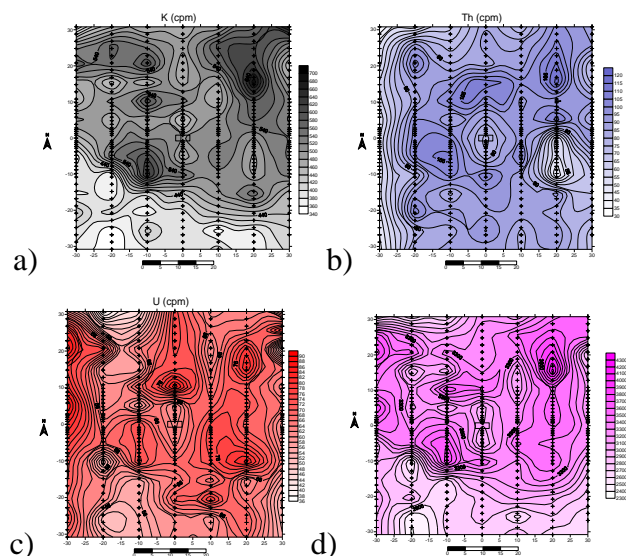


Figura 5 - Mapas de isolinhas de contagens de radiação gama referentes a área mineralizada com a localização dos pontos de medida. a) mapa de  $K$  com espaçamento de isolinhas de 20 cpm; b) mapa de  $Th$  com espaçamento de isolinhas de 5 cpm; c) mapa de  $U$  com espaçamento de isolinhas de 2 cpm; e d) mapa de contagem total com espaçamento de isolinhas de 100 cpm.

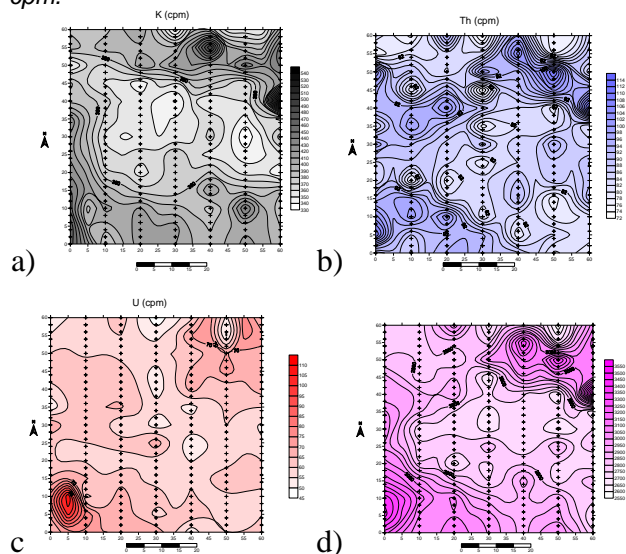


Figura 6 - Mapas de isolinhas de contagens de radiação gama referentes a área não mineralizada com a localização dos pontos de medida. a) mapa de  $K$  com espaçamento de isolinhas de 10 cpm; b) mapa de  $Th$  com espaçamento de isolinhas de 2 cpm; c) mapa de  $U$  com espaçamento de isolinhas de 2 cpm; e d) mapa de contagem total com espaçamento de 50 cpm.

No mapa de contagem total da área mineralizada (figura. 5d) observa-se um aumento na concentração dos radioisótopos no entorno da cava, mantendo o comportamento compatível com o observado nos gráficos individuais para cada perfil, onde novamente nota-se uma tendência na forma lenticular, podendo associar isso ao efeito do processo hidrotermal atuante na área. O mapa da área não mineralizada (figura 6d) possui características similares aos dados obtidos anteriormente, onde não se evidencia grandes concentrações desses radioelementos na área, isto possivelmente esta associado à homogeneidade na litologia. Os mapas gerados a partir dos dados medidos em perfis de  $K$ ,  $U$  e  $Th$  (figuras. 5a, 5b, 5c) forneceram algumas informações complementares, inicialmente verifica-se que os mapas não conseguiram refletir o comportamento espacial esperado, com a existência de uma anomalia central e com formato elipsoidal.

Portanto pode-se notar que outros comportamentos ficam evidenciados, observa-se que o mapa de  $K$  da área mineralizada (figura 5a) mostra um enriquecimento deste elemento quando comparado com o mapa da zona não mineralizada (figura 6a). Os valores máximos na zona mineralizada chegam a quase 800 cpm, e os médios em torno de 520 cpm; enquanto que na zona não mineralizada chegam no máximo a quase 550 cpm e os médios em torno de 430 cpm. Na zona mineralizada, os valores mais altos estão principalmente na região norte do mapa e mudam rapidamente para valores mais baixos na porção sudoeste com uma direção NO-SE. Esta variação pode refletir tanto o aumento de  $K$  na área devido ao processo hidrotermal, onde os maiores valores estão próximos a cava (como visto nos perfis); como até mesmo uma variação litológica com o aumento da quantidade de  $K$ -feldspatos. No mapa referente à zona não mineralizada o comportamento visto é exatamente o oposto: na região central ocorre uma diminuição nas contagens, podendo evidenciar uma variação local dentro do granito neste mineral. Os mapas de  $U$  e  $Th$  são menos eficazes em evidenciar alguns comportamentos típicos na zona mineralizada (figura. 5b, 5c), pois as anomalias presentes estão quase que todas cercado pontos específicos dentro dos perfis de medida. Nos mapas da zona não mineralizada (figura 6b, 6c) este efeito também ocorre, mas como as variações nas medidas são em menor amplitude (principalmente para o canal do  $U$ ) as anomalias são menores. O canal de  $Th$  na zona mineralizada tem um máximo próximo de 125 cpm e média de 105 cpm, enquanto que na não mineralizada os valores passam a ser de aproximadamente 115 cpm e 94 cpm. O canal de  $U$  na zona mineralizada tem um máximo próximo de 95 cpm e média de 84 cpm, enquanto que na área não mineralizada os valores passam a ser de aproximadamente 115 cpm (ponto de medida anômalo, possivelmente associado ao erro de medida do equipamento) e média de 65 cpm. A análise destes

resultados mostra que o mecanismo hidrotermal que afetou o granito e gerou os veios quartzosos mineralizados em ouro remobilizou os elementos  $K$ ,  $U$  e  $Th$  e em quantidades suficientes para que pudesse ser perceptível ao método da gamaespectrometria terrestre.

### Conclusões

O resultado obtido por este trabalho foi um estudo de dados gamaespectrométricos, coletados em uma região com presença de ouro em veios de quartzo associados ao hidrotermalismo dentro do Complexo Granítico Lavras do Sul, que respeitam e utilizam as informações geológicas existentes e acessíveis até o momento. Este trabalho permite as seguintes conclusões:

- Eficácia do método gamaespectrométrico na região de estudo em diferenciar e evidenciar as zonas afetadas pelo processo hidrotermal dentro do granito.
- O comportamento das emissões de radiação gama pelo  $K$ ,  $U$  e  $Th$  demonstraram oscilações no entorno da cava, os valores de  $K$  são maiores do que o de  $U$  e  $Th$  em cerca de 10X no máximo; e os valores  $U$  são mais baixos do que os de  $Th$ . Todos estes resultados estão de acordo com estudos anteriores (FORNAZZI et al., 2009).
- As oscilações de emissões de radiação dos três elementos são de pequena amplitude e sem um padrão definido na zona não mineralizada, refletindo a variação destes elementos na mineralogia do granito, independente da atuação do processo hidrotermal.
- Os valores medidos são instáveis na zona mineralizada, apresentando oscilações na amplitude que começa entre 10 a 15 m para sul e entre 15 a 20 m para norte.
- As variações nas medidas tendem a começar de maneira abrupta na zona mineralizada, possivelmente delimitando a zona de atuação do hidrotermalismo ou a amplitude lateral da zona de falha.
- Os mapas gerados a partir dos pontos de medida tem um melhor resultado para o mapa de contagem do  $K$  que mostrou um incremento da concentração deste elemento na zona mineralizada.
- O método gamaespectrométrico é eficaz em determinar zonas de atuação do hidrotermalismo devido à forte remobilização dos três elementos, causando variações bruscas nos valores medidos e limitados a zona de fraturas.
- A amplitude espacial da zona hidrotermalizada aparentemente possui aproximadamente 20 X 60 m (direção longitudinal e transversal a direção do veio mineralizado, respectivamente).
- A parametrização inicial (distância crescente entre os pontos de medida dentro do perfil; distância de 10 m entre perfis; 30 m de distância para cada lado do veio mineralizado; 180 s de tempo para aquisição dos dados;, etc.) são adequados para determinar zonas hidrotermalizadas pelo estudo dos perfis. Para os estudos através de mapas de contagem os parâmetros devem ser analisados e readequados para se obter um melhor resultado.

### Referências

FORNAZZARI NETO, L. ; FERREIRA, F. F. ; FORLIN, M. ROSTIROLLA, S. P. . Gamaespectrometria da Ocorrência de Ouro do Morro do Carneiro Branco. In: 7 Congresso Internacional de Geofísica, 2001, Salvador.

7th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, 2001.

KEAREY, Philip; BROOKS, Michael; HILL, Ian. **An Introduction to Geophysical Exploration**. 3. ed. [s.l.]. Blackwell. 2002. 262 p.

PIRES, Carlos Alberto da Fonseca. **Modelagem e avaliação de dados geofísicos e geoquímicos aplicada na pesquisa de metais básicos e Au no prospecto volta grande (complexo intrusivo lavras do sul, RS, Brasil)**. 2002. 230f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

ULBRICH, Horstpeter Herberto Gustavo José et al. Levantamento gamaespectrométrico em granito diferenciados: revisão da metodologia e do comportamento geoquímico dos elementos K, Th e U. **Geol.USP, Sér.Cient**, São Paulo, V. 9, n. 1, enero 2009. Disponível em <[http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519874X2009000100003&lng=es&nrm=is](http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519874X2009000100003&lng=es&nrm=is)>. Acesso em: 05 jun. 2010.