

## Gamaespectrometria Aplicada à Prospecção de Ouro na Folha Botuverá-SC

Luiz Fornazzari Neto<sup>(1,2)</sup>; Francisco José Fonseca Ferreira<sup>(2)</sup>; Adriane Fátima de Campos<sup>(2,3)</sup>

<sup>(1)</sup> Curso de Pós-Graduação em Geologia-UFPR; <sup>(2)</sup> Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada, LPGA/UFPR;

<sup>(3)</sup> Curso de Graduação em Geologia-UFPR, Bolsista PIBIC/CNPq

### Abstract

One of the modern applications of gamma spectrometry is the identification of hydrothermally altered areas and the investigation of their relationships with mineralizing processes in a number of geological settings. The research initially investigates the gamma spectrometric responses along a flight line that crosses an area of hydrothermal alteration associated with the intrusion of a small granitoid massif, over which gold occurs within sulphide-rich quartz veins in a shear zone. In a second step, the gamma spectrometric variables were analysed in detail along the 37 flight lines over an area of 15' x 15'. The results point to at least three new exploratory targets based on the higher  $F = K \cdot U / Th$  values and on eU and K anomalies when normalized by the Th and also on the lower Th/K ratios.

### Introdução

A gamaespectrometria é tradicionalmente utilizada como apoio ao mapeamento geológico regional e à prospecção mineral. Recentemente, a transformação das contagens por segundo em concentrações de K (%), eU e eTh em ppm, tem permitido extrair informações importantes destes dados, em correspondência à integração de dados exploratórios multifonte. Uma das aplicações modernas da gamaespectrometria, aérea e terrestre, é a possibilidade de identificar áreas alteradas hidrotermalmente e explorar suas relações com os processos de mineralizantes em vários ambientes geológicos. A área selecionada situa-se na porção centro-leste do estado de Santa Catarina (Folha Botuverá – 1:50.000), compreendida entre as coordenadas 27°00' e 27°15' de latitude sul e 49°15' e 49°00' de longitude oeste (Figura 1). Nesta região encontram-se diversas ocorrências de ouro em rocha e aluviões, mapeamento geológico, dados aerogeofísicos (magnetométricos e gamaespectrométricos), geoquímica de sedimentos de corrente e concentrados de bateia, divulgados por Caldaso *et al.* (1995). Neste sentido, o presente trabalho busca avaliar o potencial do método gamaespectrométrico, a partir de dados do BARMP (1997), para localizar tratos de alteração hidrotermal vinculados à mineralizações de ouro em veios e associados com corpos granitóides e zonas de

cisalhamento, além de sugerir novos alvos exploratórios na Folha Botuverá –SC.

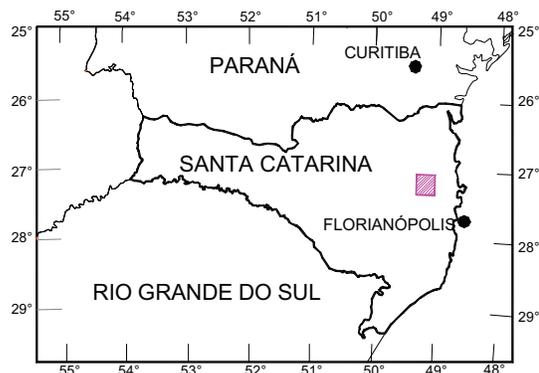


Figura 1 – Mapa de localização da área estudada.

### Contexto Geológico

A Folha Botuverá está inserida na porção central do Escudo Catarinense, envolvendo um núcleo do embasamento remobilizado (Arqueano). Afloram também um cinturão metavulcano-sedimentar do Proterozóico Inferior-Médio, com direção geral N50E (Complexo Brusque de Silva & Dias, 1981); uma cobertura Vulcano-Sedimentar (Bacia do Itajaí) e granitóides do Proterozóico Superior-Eopaleozóico (Kaul, 1976).

O Complexo Brusque na área agrupa as seguintes unidades (Caldaso *et al.*, 1995): 1) unidade vulcano-sedimentar - MVS (metabásicas porfíricas e xistos magnesianos, subordinadamente metagabros, metabasaltos finos e variolíticos, metapelitos, metarritmitos pelítico-arenosos e metacalcários); 2) unidade carbonática – MCC (metacalcários, subordinadamente metapelitos, metabásicas porfíricas e xistos magnesianos); 3) unidades siliciclásticas pelítico-arenosas – MPA1 (filitos e filitos grafitosos) e MPA2 (micaxistos e quartzitos micáceos granatíferos); 4) unidade siliciclástica areno-pelítica – MAP (metarritmitos pelítico-arenosos).

Os corpos granitóides intrudidos no Complexo Brusque, são conhecidos como granitóide Faxinal (biotita-hornblenda sienito a sieno-monzogranito, quimismo metaluminoso, alcalino, do tipo A); Suíte Valsungana/Guabiruba (sieno e monzogranitos a granodioritos, quimismo predominantemente metaluminoso a peraluminoso, calcialcalinos a alcalinos, gerados a partir de fonte mista) e fácies Indaiá (monzogranitos, sieno-granitos e

## Gamaespectrometria Aplicada à Prospecção de Ouro

granodioritos). Estas suítes afetaram termicamente as rochas encaixantes, gerando zonas de *hornfels* bem desenvolvidas (Figura 2).

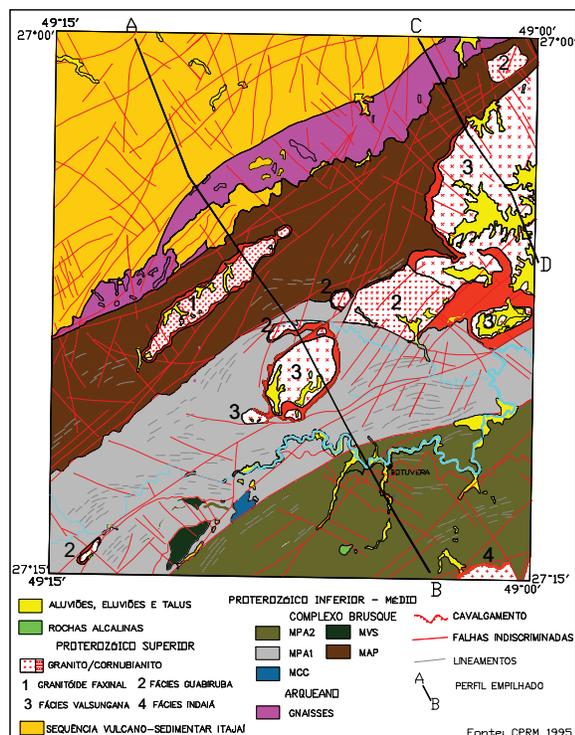


Figura 2 – Mapa geológico da Folha Botuverá-SC.

### Metodologia

A metodologia aplicada consistiu da análise crítica detalhada das variáveis gamaespectrométricas (K, eTh, eU), contidas no banco de dados do aerolevanteamento Serra do Mar Sul, transformadas para concentrações em % e ppm, respectivamente, pelo *Brazil Airborne Radiometric Mapping Project* (BARMP, 1997). A partir daí foram geradas novas variáveis: razões U/Th, Th/K, U/K, parâmetro  $F = K \cdot U / Th$  (Gnojek & Prichystal, 1985); anomalias de K normalizadas pelo Th (Kd) e anomalias de U normalizadas pelo Th (Ud), ambas de Pires (1995). O aerolevanteamento foi realizado a uma altura média de 120m, espaçamento em torno de 1000m entre as linhas de voo e intervalo de amostragem médio de 56m ao longo das linhas de voo (CPRM, 1978).

Inicialmente foram calculadas as estatísticas básicas do conjunto de dados (9250 amostras distribuídas em 37 linhas de voo) para cada variável gamaespectrométrica, com o objetivo de apreciar o comportamento de suas distribuições amostrais e determinar suas médias, desvios-padrão e limiares.

O processamento dos dados para a geração de mapas de contorno, realizado no pacote *Geosoft*<sup>TM</sup> v.

4.3, utilizou o método de interpolação da mínima curvatura. Foram testados diversos tamanhos de células para a interpolação, selecionando-se aquelas de 700x700m e de 250x250m, em função da irregularidade do espaçamento entre as linhas de voo. Todas as malhas geradas foram exportadas para o pacote *ER Mapper*<sup>TM</sup> v. 6.0, onde foram transformadas em imagens e sobrepostas a um modelo digital de terreno (MDT), gerado a partir da digitalização e interpolação de todas as curvas de nível da carta plani-altimétrica da Folha Botuverá (1:50.000), do IBGE.

Buscou-se também um tratamento alternativo mais detalhado das variáveis gamaespectrométricas, através da análise e interpretação dos dados em perfis empilhados, explorando o curto espaçamento entre as amostras ao longo das linhas de voo. Desta forma foram definidas anomalias a partir de todas as 37 linhas de voo da área. As linhas que continham as principais anomalias foram empilhadas juntamente com os respectivos perfis topográfico e geológico. Para este trabalho foram selecionados apenas os picos das anomalias do parâmetro F, os quais foram inseridos na base gráfica e representados em planta, no sentido de investigar suas relações, espaciais e genéticas, com as ocorrências, estações, zonas anômalas de concentrado de bateia e áreas favoráveis para ouro indicadas por Caldasso *et al.* (1995).

As ocorrências de ouro em rocha foram plotadas com a seguinte numeração: 1 - Morro do Carneiro Branco (filões de quartzo com Au e Ag situados na borda norte do granitóide Lageado Baixo, fácies Guabiruba); 2 - Braço da Cristalina (filões de quartzo+volframita+ouro associados a um corpo granitóide alongado do fácies Valsungana/Guabiruba); 3 - Tigrano (filões de quartzo aurífero); 4 - Russo; 5 - Três Barras; 6 - Gaspar Alto e 7 - Quati (filões de quartzo auríferos encaixados em siltitos da Bacia do Itajaí).

Para os concentrados de bateia, os referidos autores consideraram estações anômalas aquelas onde foram identificadas mais de 5 partículas de ouro, enquanto as zonas anômalas representariam o agrupamento de duas ou mais estações anômalas contíguas. A zona anômala 1, reunindo as maiores concentrações de pintas de ouro da área, revelou estações com 15, 16, 35 e 50 pintas; a zona 2 agrupou quatro estações com 1 a 5 pintas; a zona 3 indicou três estações variando de 1 a 5 pintas; as zonas 4 e 5 com quatro bacias entre 1 e 7 pintas; e, finalmente, a zona 6 com estações entre 1 e 6 pintas.

As áreas favoráveis para mineralizações de ouro foram as seguintes: A - mineralização aurífera filoneana na periferia dos granitóides (ocorrências do MCC e do Tigrano); B - periferia e porção central do

## Gamaespectrometria Aplicada à Prospecção de Ouro

granitóide Faxinal; C – filões de quartzo associados a volframita e ouro (ocorrências do Braço da Cristalina e do Russo); D – correspondente à zona anômala 5 (granitóide Valsungana) e E – vinculada à zona anômala 6.

### Resultados obtidos e discussão

Os resultados obtidos são apresentados nas figuras 3, 4, 5, 6 e 7. As discussões priorizaram a correlação das anomalias gamaespectrométricas com dados geológicos, pintas de Au em concentrados de bateia, zonas anômalas e áreas favoráveis para ouro apresentadas por Caldasso *et al.* (1995) para, em seguida e com base nesta correlação, sugerir novos alvos exploratórios.

A resposta gamaespectrométrica da área favorável A, a qual envolve as ocorrências do MCB e do Tigrano (Figura 7), foi estabelecida através dos perfis empilhados apresentados na Figura 3, em correspondência com o perfil geológico A-B, onde observa-se claramente incrementos da razão U/Th, do parâmetro F e das anomalias Ud e Kd. As anomalias de F, acima da média mais três desvios padrão, também estão relacionadas com baixas razões Th/K, ambas indicativas de alteração hidrotermal, verificada por ocasião da definição da assinatura gamaespectrométrica terrestre da ocorrência do MCB (Fornazzari *et al.*, neste congresso).

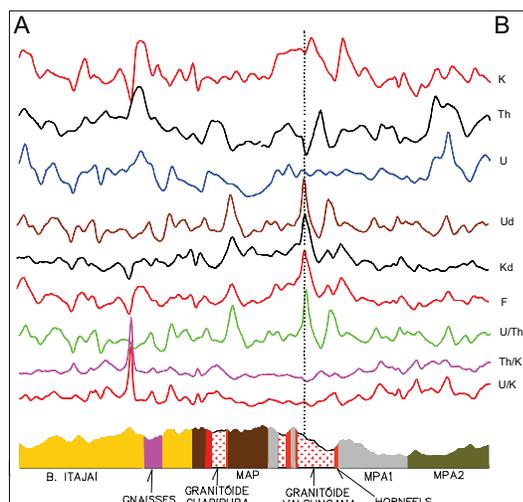


Figura 3 – Assinatura gamaespectrométrica da zona anômala A (ocorrências MCB e Tigrano).

A área favorável B, representada pelo granitóide do fácies Faxinal, não apresentou resposta indicativa de alteração hidrotermal, apesar das altas contagens de pintas de ouro em concentrados de bateia, sugerindo que os processos de mineralização devem ser distintos dos anteriores. A área favorável C não

foi avaliada em função da falta de dados (grande espaçamento das linhas de voo). A área D, de forma semelhante à área favorável B, não apresentou resposta típica das verificadas para as ocorrências MCB e Tigrano, talvez pelos motivos apresentados anteriormente, apesar da presença das zonas anômalas 4 e 5, verificando-se o mesmo comportamento para as ocorrências Gaspar Alto e Quati (6 e 7, respectivamente, Figura 7). Finalmente, na área favorável (E), foi identificado apenas um pico anômalo do parâmetro F, no centro da zona anômala 6.

Com base na assinatura das ocorrências do MCB e do Tigrano, foram propostos três novos alvos exploratórios para ouro (Figura 7), os quais devem refletir estilos semelhantes de mineralização. O primeiro alvo (F1) localiza-se na borda do granitóide Valsungana, a noroeste da área; o segundo (F2) situa-se no granitóide Guabiruba, porção centro-leste da Folha e o terceiro (F3) está hospedado na região de xistos da unidade MPA1 do Complexo Brusque e posicionado à oeste da ocorrência do Tigrano, possivelmente no prolongamento da mesma estrutura de direção E-W.

A assinatura gamaespectrométrica do alvo F1 pode ser observada na Figura 4, onde destaca-se, do mesmo modo que na Figura 3, incrementos da razão U/Th, do parâmetro F e das anomalias Ud e Kd, associadas com baixas razões Th/K, portanto indicando uma área de alteração hidrotermal. É importante ressaltar que o alvo F1 encerra duas estações anômalas de Au, além de representar os mais elevados índices do parâmetro F e as mais baixas razões Th/K de toda a área, conforme a Figura 5.

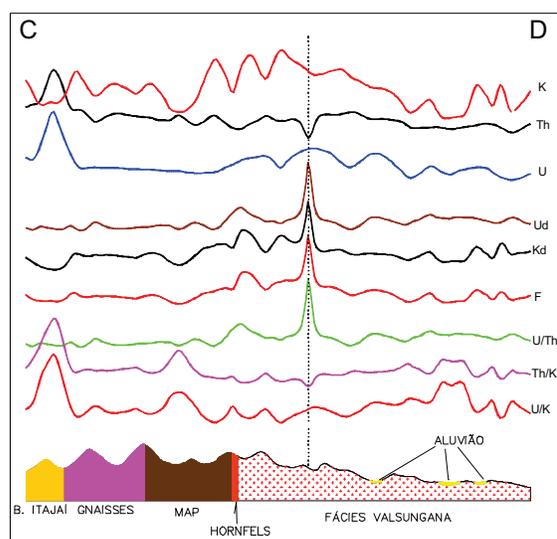


Figura 4 – Assinatura gamaespectrométrica do alvo exploratório F1.

## Gamaespectrometria Aplicada à Prospecção de Ouro

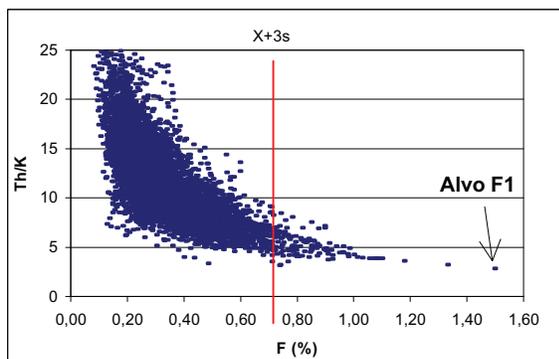


Figura 5 – Correlação entre os parâmetros Th/K e F.

A Figura 6 representa a imagem do parâmetro F sobreposta ao modelo digital do terreno (MDT), onde observa-se as anomalias correspondentes às ocorrências MCB e Tigrano (centro da área, perfil A-B), assim como os novos alvos sugeridos, **F1** (extremo NW da área, perfil C-D), **F2** e **F3** (compare com a Figura 7). As demais anomalias indicadas na Figura 7, apesar de não terem recebido o *status* de alvos exploratórios, em função da ausência de indicativos geoquímicos e geológicos, devem também ser verificadas em campo.

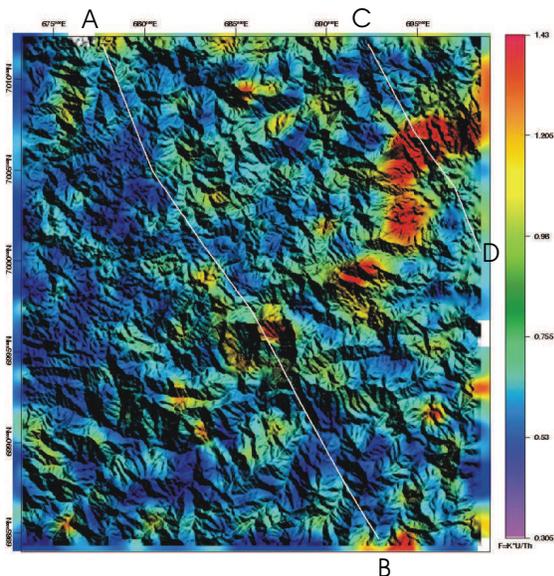


Figura 6 – Imagem do parâmetro F sobreposta ao MDT, indicando as principais anomalias.

### Conclusões

O trabalho permitiu indicar pelo menos três novos alvos exploratórios na Folha Botuverá-SC, com base na identificação de áreas de alteração hidrotermal, interpretadas pelo processamento de dados gamaespectrométricos e integração geológica.

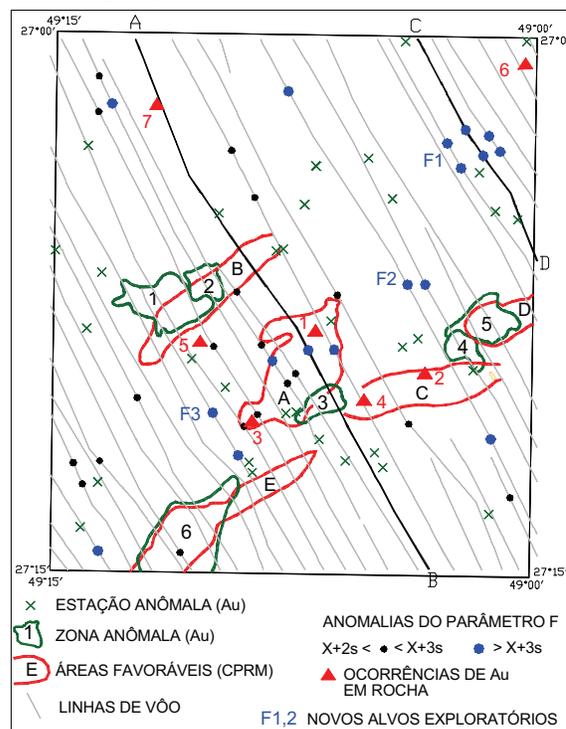


Figura 7 – Proposta de novos alvos exploratórios.

### Referências Bibliográficas

- BARMP 1997. Brazil Airborne Radiometric Mapping Project. Technical Report and Survey Atlas. A collaboration between PGW-CPRM, RJ.
- CPRM 1978. Projeto Aerogeofísico Serra do Mar Sul. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Relatório Final (inédito).
- Caldasso *et al.* 1995. Geologia da Folha Botuverá (SG.22-Z-D-I-2), Estado de Santa Catarina, escala 1:50.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, MME/SMM/CPRM, 303p.
- Fornazzari Neto, L.; Ferreira, F.J.F.; Forlin, M. 2001. Assinatura Gamaespectrométrica da Ocorrência de Ouro do Carneiro Branco-SC (neste congresso).
- Gnojek, I. & Prichystal, A. 1985. A new zinc mineralization detected by airborne gamma-ray spectrometry in northern Moravia (Czechoslovakia). *Geoexploration*, 23(4):491-502.
- Kaul, P.F.T. 1976. Projeto Brusque Serra do Tabuleiro. Brasil. Convênio DNPM/CPRM, Porto Alegre, 165p. (Relat. Inédito).
- Pires, A. C, B. 1995. Identificação Geofísica de Áreas de Alteração Hidrotermal, Crixás-Guarinos, Goiás. *Rev. Bras. Geoci.* São Paulo, 25(1):61-68.
- Silva, L.C. da & Dias, A.A. 1981. Projeto Timbó-Barra Velha. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 282p (inédito).