



Construção de Blocos Transportáveis para Calibração de Detectores Gama Aerotransportados e Terrestres

Dionísio Uendro Carlos^{1,7} & Fernando Brenha Ribeiro²

¹Pós-Graduação em Geofísica (IAG/USP). Tel.: (11) 3091 2789. Fax: (11) 3091 5034. E-mail: dionisio@iag.usp.br

²Departamento de Geofísica (IAG/USP). Tel.: (11) 3091 4748. Fax: (11) 3091 5034. E-mail: brenha@iag.usp.br

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility 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 construction of transportable radioactive concrete sources for portable and airborne gamma-ray spectrometers calibration is described in some detail. The eight concrete sources were constructed following the model adopted by the Geological Survey of Canada and have the dimensions of 1 m x 1 m x 0,3 m.

Two sources containing only the bulk concret mass were designed for background radiation observations. Three sources are particularly enriched in one of the three main natural radioactive elements (K, U, Th) with traces of the other two. The remaining three sources contain varying amounts of the radioactive elements.

Introdução

Levantamentos radiométricos, aéreos e terrestres, começaram a serem utilizados no reconhecimento de mineralizações de urânio no final da década de 1940 (Cook, 1952). Esses levantamentos utilizavam detectores do tipo Geiger-Müller, inicialmente com um único tubo e, posteriormente, com arranjos de diversos tubos para aumentar a sensibilidade de detecção. A partir da década de 1950 cintiladores de contagem total passaram a ser utilizados. Esses instrumentos forneciam uma medida da radioatividade total do ambiente, sem identificar os elementos radioativos responsáveis por essa radioatividade. Além disso, na época, ainda não havia uma sistemática bem estabelecida para calibração desses instrumentos, para uso em levantamentos aéreos e de campo, e não havia sido estabelecida uma padronização dos procedimentos de aquisição e processamento dos dados radiométricos.

Equipamentos, procedimentos de calibração e a metodologia de aquisição de dados espectrométricos, onde os elementos responsáveis pela radioatividade ambiente podem ser identificados, obtidos tanto no campo como em levantamentos aéreos, começaram a

serem desenvolvidos a partir da década de 1960 (Adams e Freyer, 1964; Doig, 1968; Darnley et al., 1969; Darnley, 1970). Desde a metade da década de 70, levantamentos aero-gama-espectrométricos, com detectores de NaI(Tl) começaram a ser utilizados para mapeamentos geológico e mineral (Lønborg et al., 1976).

A necessidade de se obter informações quantitativas sobre a distribuição dos elementos radioativos naturais levou várias instituições, como o Laboratório Nacional de Risø na Dinamarca (Lønborg et al., 1978), o Departamento de Energia dos Estados Unidos (Ward, 1978) e o Serviço Geológico do Canadá (Grasty & Charboneau, 1974) a desenvolver instalações apropriadas para a calibração de gama espectrômetros portáteis e aerotransportados. Em geral, essas instalações consistem de padrões de radioatividade, na forma de blocos de concreto, contendo concentrações distintas de potássio, urânio e tório. Nas primeiras instalações, os blocos de concreto foram construídos fixos no solo, com grandes dimensões e, via de regra, expostos à ação do tempo. Mais recentemente, Grasty et al (1991) desenvolveram blocos de calibração menores e transportáveis e que podem ser abrigados com facilidade. No Brasil, a primeira instalação para a calibração de espectrômetros gama portáteis foi construída no Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Barreto et al 1986).

No que segue, é apresentado o projeto de construção de blocos transportáveis de concreto radioativo atualmente em desenvolvimento no Laboratório de Geofísica Nuclear do Departamento de Geofísica do IAG – USP. Os blocos foram construídos seguindo o modelo de fontes de calibração transportáveis proposto por Grasty et al (1991).

Método

O processo de calibração de um espectrômetro gama consiste em estabelecer fatores de conversão entre as contagens, ou taxas de contagens, registradas pelos instrumentos e as concentrações dos elementos radioativos no material que os sensibilizou.

Os elementos que contribuem para quase toda a radioatividade natural são o potássio, o urânio e o tório. O potássio é identificado e quantificado nos espectros gama pelo pico de absorção total de 1460 keV característico do seu único isótopo radioativo natural o ⁴⁰K. O urânio natural é composto por uma mistura dos isótopos ²³⁸U

(99,3%) e ^{235}U (0,7%). Ambos os isótopos formam séries radioativas longas com um grande número de emissores gama. A superposição dos espectros de cada emissor forma o complexo espectro gama desse elemento. Em levantamentos aéreos e terrestres, o urânio é identificado e quantificado pelo pico de absorção total com 1764 keV, característico do ^{214}Bi , que pertence à série do ^{238}U . O tório existente na natureza é composto quase exclusivamente pelo isótopo ^{232}Th , que também forma uma série radioativa longa com diversos emissores gama e é identificado pelo pico de absorção total de 2614 keV do ^{208}Tl .

Os espectros dos três principais elementos radioativos naturais se sobrepõem, de forma que um dos espectros interfere sobre os outros dois. Os procedimentos de calibração foram propostos para eliminar essa interferência e permitir a quantificação desses elementos. Os procedimentos de calibração estão bem descritos na literatura (Ribeiro et al, 2005 e as referências nele citadas). De uma forma geral, os procedimentos de calibração requerem o uso de fontes de radiação gama com atividade conhecida e com coeficientes de absorção, semelhantes aos coeficientes de absorção dos materiais geológicos, de uma forma geral.

Resultados

O Laboratório de Geofísica Nuclear construiu oito blocos de calibração (Tabela 1). Dois blocos destinam-se à observação da radiação de fundo (BKG1 e BKG2). O bloco (K1) contém essencialmente potássio, enquanto que o bloco (U) é enriquecido em urânio e o bloco (TH) é enriquecido em tório. Além disso, foram construídos três blocos (M1, M2 e M3) contendo quantidades diferentes dos três elementos radioativos.

Na construção dos blocos de concreto radioativo foram utilizados como fonte primária de potássio feldspato potássico (ortoclásio) com 8% de K. Como fonte primária de urânio foi utilizado o mineral caldasito com 0,3 % de U e 0,1% de tório. Como fonte primária de tório foi utilizado o mineral monazita com 4,8% de tório e 0,2% de urânio. A Tabela 1 apresenta as concentrações nominais dos três elementos radioativos naturais nos oito blocos de concreto.

Tabela 1. Concentrações nominais de potássio, urânio e tório nos blocos de concreto radioativo construídos no Laboratório de Geofísica Nuclear do IAG – USP.

Bloco	K(%)	eU(ppm)	eTh(ppm)
BKG1	-	-	-
K	7	-	-
U	-	50	-
TH	-	-	150
BKG2	-	-	-
M1	3,5	3,4	35
M2	5,0	10	70
M3	1,5	20	10

A construção dos blocos

Os blocos destinados à estimativa da radiação de fundo, BKG1 e BKG2, consistem de concreto na proporção de 1:2:3 em massa de cimento, brita de basalto, com dimensões da ordem de um centímetro (brita 1), e areia comum de construção. As massas de cada componente, 134 kg de cimento, 234 kg de brita e 351 kg de areia, foram medidas em uma balança eletrônica com precisão de 20 g.

Os blocos U e TH têm, essencialmente, a mesma constituição dos blocos destinados a observação da radiação de fundo. A essa composição foram adicionados aproximadamente 2 kg de monazita, no caso do bloco TH e aproximadamente 12 kg de caldasito, no caso do bloco U.

O bloco K1 foi projetado com uma concentração de 7% em massa de potássio. Para se atingir esse valor, na sua construção os 351 kg de areia comum (utilizadas para construção dos blocos BKG1 e BKG2) foram substituídas por feldspato moído com granulação semelhante à da areia e a brita de basalto foi substituída por nódulos de feldspato potássico com dimensões equivalentes às da brita.

Nos blocos M1, M2 e M3, dependendo das concentrações desejadas de K, U e Th, a areia comum foi substituída, em parte (M1 e M3) ou totalmente (M2), por feldspato potássico moído. A cada bloco foram adicionados o minério de urânio e a monazita.

Na preparação do concreto para os blocos BKG1 e BKG2, as massas totais de areia, brita e cimento, foram divididas pela metade de maneira que a betoneira de 400L, que foi utilizada, não ficasse com o seu volume totalmente tomado, o que dificultaria a homogeneização da mistura.

A preparação do concreto foi iniciada adicionando-se água à metade da massa total de cimento, com a betoneira em movimento. A mistura foi homogeneizada por aproximadamente 5 minutos. Em seguida metade da massa total de brita foi adicionada e a mistura homogeneizada entre 10 e 15 minutos. Metade da massa total de areia foi, então, acrescentada aos poucos, junto com mais água, até atingir a consistência desejada para o concreto. Uma vez atingida a consistência desejada, a mistura foi homogeneizada por mais 45 minutos. Em seguida a massa de concreto foi retirada da betoneira e reservada.

O processo foi repetido com o restante do material. Ao final, as duas frações foram misturadas juntas por mais 45 minutos. O bloco K1 foi preparado da mesma forma, utilizando-se o material apropriado.

Para elaboração dos blocos U, TH, M1, M2 e M3 a areia (ou o feldspato moído) foi inicialmente seca e a sua massa total dividida em 3 partes iguais. O mesmo foi feito com as massas dos minérios a serem utilizados para cada um deles. Cada fração de areia recebeu a correspondente fração de minério e foi homogeneizada por aproximadamente 1 hora. Em seguida cada uma das frações originais foram divididas em três partes iguais. Três novas frações de areia foram então obtidas

misturando-se 1/3 de cada uma das 3 frações originais. As novas frações foram novamente misturadas por aproximadamente 30 minutos. No final desse processo, as três frações resultantes foram misturadas juntas por 60 minutos. A areia contendo os minérios de urânio, tório e potássio foi, então, utilizada na preparação dos blocos de concreto.

Conclusões

Foram construídos oito blocos de calibração no Laboratório de Geoquímica e Geofísica Nuclear do IAG/USP. Os blocos apresentam a sua superfície livre de fissuras em número significativo e a porosidade do concreto é, aparentemente, baixa. A qualidade do concreto na retenção do gás radônio ainda não foi verificada.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Sr. João do Carmo Guedes Moura, funcionário do IAG – USP, pela orientação e ajuda na confecção dos blocos de concreto e ao Sr. Mario Gonçalves da Silva Jr. por sua assistência na fase de preparação do concreto. Os autores agradecem, também, à Dra. Maria Helena Tirollo Taddei da CNEN pela ajuda na obtenção dos materiais necessários para a elaboração do trabalho. Esse trabalho foi desenvolvido com recursos financeiros provenientes do convênio ANP/EPUSP/USP. D. U. C. agradece a bolsa de mestrado do CNPq, processo número 133122/2004-2. O trabalho de pesquisa de F. B. R. é parcialmente financiado pelo CNPq, processo 302488/83-9.

Referências

- Adams, J. A. S. & Fryer, G. E.**, 1964, Portable γ -ray spectrometer for field determination of thorium, uranium and potassium. In J. A. S. Adams and W. M. Lowder (eds.) – *The Natural Radiation Environment*, pp. 577-596. Chicago, University of Chicago Press.
- Barreto, P.M.C., Austerlitz, C., Malheiros, T., Løvborg, L.**, 1986, Radioactive concrete sources at IRD/CNEN, Brazil, for the calibration of uranium exploration and environmental field instruments. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear, IRD/DEX-3/CNEN. Rio de Janeiro.
- Cook, J. C.**, 1952, An analysis of airborne surveying for surface radioactivity, *Geophysics*, Vol. 17, No.4, p 687-706.
- Darnley, A. G., Bristow, Q., Donhoffer, D. K.**, 1969, Airborne gamma-ray spectrometer experiments over the Canadian Shield. In: *Nuclear techniques and mineral resources*, IAEA, Vienna, 163-185.
- Darnley, A. G.**, 1970, Airborne gamma-ray spectrometry: *Can. Min. Metall. Bull.*, Vol. 73, p20-29.
- Doig, R.**, 1968, The natural gamma-ray flux: in-situ analysis: *Geophysics*, Vol. 33, No.2, p.311-328.
- Grasty, R. L., Charbonneau, B. W.**, 1974, Gamma-ray spectrometer calibration facilities, Geological Survey of Canada, paper 74-1B, 69-71.
- Grasty, R. L., Holman, P. B., Blanchard, Y. B.**, 1991, Transportable calibration pads for ground and airborne gamma-ray spectrometers. Geological Survey of Canada, paper 90/23, Ottawa.
- Løvborg, L., Kirkegaard, P., Christiansen, E. M.**, 1976, Design of NaI(Tl) scintillation detectors for use in gamma-ray surveys of geological sources. In: *Exploration for uranium ore deposits*, IAEA, Vienna, 127-148.
- Løvborg, L., Bøtter-Jensen, L., Kirkegaard, P.**, 1978, Experience with concrete calibration sources for radiometric field instruments: *Geophysics*, Vol. 43, No.3, p 543-549.
- Ribeiro, F. B., Carlos, D. U., Hiodo, F. Y., Strobino, E. F.**, 2005, A least squares procedure for calculating the calibration constants of a portable gamma-ray spectrometer, *Radiation Protection Dosimetry Advance Access* published on February 9, 2005, 1-15.
- Ward, D. L.**, 1978, Construction of calibration pads facility Walker Field, Grand Junction, Colorado, Rep. GJBX-37 (78). US Department of Energy, Grand Junction, CO, 16pp.