



Estudo da Radioatividade Natural da Região de Presidente Figueiredo (AM) Utilizando Espectrometria Gama – Resultados Preliminares

José Ribamar S. da Silva*, Francisco Y. Hiodo*, Jean-Marie Flexor**, Rutenio L. C. de Araujo***

*Instituto Astronômico e Geofísico, USP, **Observatório Nacional, ***Universidade do Amazonas

Abstract

In President Figueiredo's area (AM), (1° - 3°S, 59° - 61°W, along the highway BR-174 between km 98 and 202) a radiometric profile was accomplished seeking to verify the existence of relationships among the observed contents in K, U and Th and the characteristic litho-stratigraphic units of the geology of the area. It was used a portable spectrometer, Scintrex GAD-6, and the count rates were converted into concentrations after calibration with the sets of large concrete calibration pads facilities of IRD-CNEN. The obtained results show a variability of the concentrations plenty characteristic for each one of the elements. The contents in potassium show concentrations varying from 2 to 7%. The uranium presents an average concentration of 6 ppm eU with values that can reach 36 ppm eU in outcrop zones. Thorium presents an average concentration of 30 ppm eTh reaching 60 ppm in areas of outcrop and lateritic horizons. The gamma-ray spectrometry showed to be a tool adapted for mapping the geological characteristics of the environment crossed by the studied profile. However in zones of lateritic covering, the meaning of the measures of gamma-ray radioactivity of the superficial materials is more complex since it involves mechanisms of concentration and/or removal of radionuclides during weathering processes, pedogenesis and landscape evolution.

INTRODUÇÃO

Durante uma missão de coleta de dados geofísicos, realizado na região de Presidente Figueiredo (AM) pela Universidade Federal do Amazonas em 1996, com um cintilômetro portátil de contagem total, foram encontrados valores variando de 40 cps, em terrenos essencialmente arenosos, para 1700 cps sobre rochas graníticas aflorantes, indicando valores elevados da radioatividade natural. Este fato suscitou o interesse em realizar um estudo mais detalhado da radioatividade por meio de espectrometria-gama num perfil atravessando a porção Norte da Bacia Sedimentar do Amazonas ao longo da rodovia federal BR-174 que corta varias das unidades litoestratigráficas representativas da região. A espectrometria-gama permite a determinação "in situ" das concentrações dos radioelementos naturais presentes nos solos e rochas superficiais, sendo uma ferramenta efetiva para o mapeamento do ambiente geológico bem como para a localização e caracterização de contaminantes radioativos ambientais. O objetivo principal deste trabalho é obter perfis das concentrações dos elementos radioativos das séries naturais do U, Th e do K, e estabelecer relações entre os teores e características geológicas da região.

SÍNTESE DA GEOLOGIA LOCAL

A região de Presidente Figueiredo localiza-se na porção Norte da Bacia Sedimentar do Amazonas, entre as coordenadas 1°S e 3°S de latitude e 59°W e 61° W de longitude. As unidades litoestratigráficas pertencentes à região são cortadas pelo perfil realizado ao longo da BR-174. A região ao sul do perfil é caracterizada pela existência dos sedimentos da Bacia Amazônica como por exemplo, as coberturas lateríticas, que são resultado do intemperismo químico das rochas com ocorrência freqüente em clima tropical (Mathieu et al, 1995), e a Formação Nhamundá, unidade de maior expressão da região estudada (CPRM, 1998). Esta apresenta na sua seção aflorante, rochas silicáticas com estratificação cruzada tabular e plano paralela bem como diamictitos pelítico-arenosos e quartzo/arenitos finos (Nogueira, 1997). A porção ao norte é caracterizada basicamente pela existência de rochas firmes, com por exemplo as do Granito São Gabriel que, segundo o mapa geológico, apresenta biotita, granito, granitocataclástico, adamelito e apresenta constantemente titanita de granulação grossa. Ao longo do perfil foram encontradas 2 afloramentos que foram explorados como pedreiras atualmente desativadas. A primeira, localizada no km 151, expõe rochas vulcânicas ácidas e a segunda, no km 202, é constituída de rochas do Granito São Gabriel. Ao longo do perfil aparecem outros afloramentos de dimensões menores que também irão contribuir para a caracterização da assinatura radiométrica do levantamento gamaespectrométrico realizado.

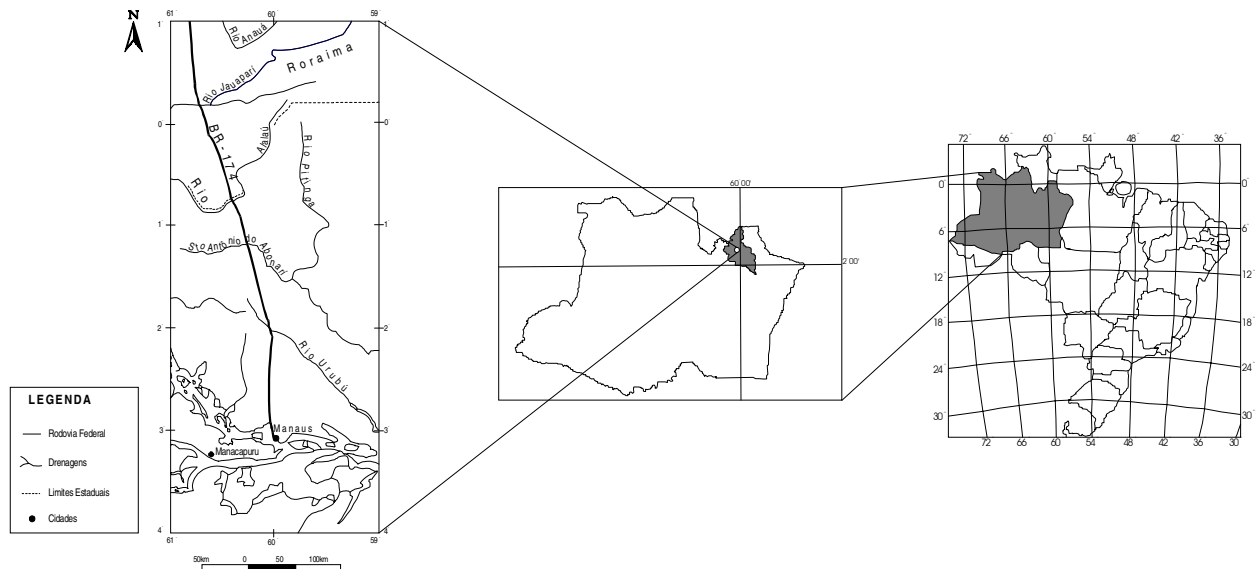


Figura 1 – Mapa de localização da região de Presidente Figueiredo.

CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

A radiação-gama de interesse deste trabalho é um processo radioativo natural cujas fontes mais significativas são: i) o potássio, onde uma pequena fração de 0.012% é radioativa (^{40}K), produzindo radiação gama de 1,461 MeV; ii) o urânio, onde o ^{238}U é o elemento pai de uma série de decaimento com 13 radionuclídeos intermediários terminando no isótopo estável ^{206}Pb . Durante seu decaimento, estes radioelementos produzem um espectro complexo de radiação gama, sendo utilizado o fotopico do ^{214}Bi (1,764 MeV) para medidas quantitativas do urânio, onde é admitida uma situação de equilíbrio radioativo para todos os membros da série. Deve se notar que este procedimento é estritamente correto se o depósito estudado estiver em equilíbrio secular, pois os diversos membros da série radioativa são quimicamente diferentes, podendo ser separados durante processos geoquímicos. Em particular, no caso dos depósitos geológicos observados no presente trabalho, solos e mantos de intemperismo derivados de granitos podem estar em desequilíbrio radioativo (razões das atividades $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ e $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U} \neq 1$) (Mathieu, 1995). iii) o tório. O ^{232}Th é o elemento pai de outra série radioativa natural com 11 produtos de filiação, praticamente sempre em equilíbrio radioativo, resultando num espectro complexo com radiação mais característica de 2,615 MeV devida do ^{208}Tl . Quando a radiação gama atravessa a matéria ela interage com elétrons e núcleos atômicos através de diversos mecanismos que dependem da energia, da densidade e do número atômico médio dos materiais que constituem o substrato. Assim, cerca de 90% da radiação gama de 2,615 MeV (^{208}Tl , família do tório) observada na superfície de um afloramento rochoso correspondem à emissão produzida nos primeiros 20 cm enquanto que na superfície de uma alteração ou solo correspondem à emissão produzida nos primeiros 40 cm do substrato (Nielson et al, 1991).

INSTRUMENTAL

O perfil radiométrico foi efetuado com um espectrômetro-gama portátil Scintrex modelo GAD-6 com cristal cintilador NaI(Tl) de 5" x 4", GSP-3. Este equipamento, registrando em quatro canais, permite obter simultaneamente a contagem total bem como as contribuições nas janelas do potássio (^{40}K - $E_{\gamma} = 1,461$ MeV), do urânio (^{214}Bi - $E_{\gamma} = 1,764$ MeV) e do tório (^{208}Tl - $E_{\gamma} = 2,615$ MeV). O aparelho é concebido de modo a discriminar as seguintes faixas de energia: Contagem Total (Canal #1): de 800 a 2770 keV, potássio (Canal #2): de 1380 a 1560 keV, urânio (Canal #3): de 1660 a 1900 keV e tório (Canal #4): de 2440 a 2650 keV. O controle do ganho do equipamento é obtido através de um sistema de estabilização automática usando a energia do fotopico do radioisótopo artificial ^{133}Ba como referência. Para o posicionamento dos pontos de medida foi utilizado um equipamento GPS, SRVYII, com precisão planimétrica de aproximadamente 50 m.

CALIBRAÇÃO

As concentrações nos radioelementos K, U e Th de um levantamento gama-espectrométrico "in situ" são obtidas a partir da conversão das taxas de contagens em cada uma das três janelas dos elementos correspondentes. O espalhamento Compton dos raios gama devido ao substrato, ao ar e ao próprio detetor provoca o registro de contagens nas janelas do potássio e do urânio (de energias mais baixas) de uma fonte que só contém tório, o mesmo acontecendo na janela do potássio devido a uma fonte que só contém urânio. Para o equipamento utilizado, este efeito foi removido utilizando "pads" de calibração do IRD - Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, constituídos por um conjunto de 8 blocos de concreto de grandes dimensões com teores em K, U e Th conhecidos com precisão. As taxas de contagem corrigidas para o ruído de fundo estão relacionadas com as concentrações dos blocos e as sensibilidades de cada uma das janelas do espectrômetro através da relação matricial

$$N = SC \quad (1)$$

onde N é uma matriz 7x3 representando as taxas de contagens nas 3 janelas e nos 7 blocos de calibração e C é a matriz 7x3 das concentrações. Os 3x3 elementos da matriz de sensibilidade S que representam as taxas de contagem de uma concentração unitária do i -ésimo elemento na j -ésima janela ($i,j=K, U, Th$) são obtidos resolvendo o sistema superabundante de equações (1) (27 equações a 9 incógnitas) por mínimos quadrados (Grasty et al, 1991). As leituras das contagens no campo são convertidas em concentrações através da relação matricial

$$C = N/S \quad (2)$$

DESCRIÇÃO DAS MEDIDAS REALIZADAS

O perfil radiométrico realizado atravessa litótipos da Bacia Amazônica, do centro para a borda norte, caracterizando-se pela existência de evidências tectônicas que se desenvolveram no Quaternário, formando várias quedas d'água (Sarges, 1998). Neste perfil foram efetuadas medidas da radioatividade em 116 estações com um intervalo de 1 km e 21 medidas complementares foram feitas em afloramentos e pedreiras localizados em estradas vicinais. A determinação do ruído de fundo regional foi efetuada sobre uma ponte de madeira atravessando um riacho de 2m de profundidade, localizada na direção do perfil. O tempo de integração para todas as medidas foi de 120 s.

RESULTADOS. DISCUSSÃO

As contagens obtidas para as janelas do K, U e Th foram convertidas em concentrações de %K, eU(ppm) e eTh (ppm) a partir da matriz de sensibilidade do espectrômetro. Os resultados são apresentados nas figuras 2, 3 e 4 e constituem observações pontuais dos teores em estações espaçadas de km em km sobre um perfil de cerca de 102 km. A variabilidade das concentrações de cada elemento é bastante característica. Os teores em potássio (fig. 4) apresentam picos de concentração variando de 2 a 7% que estão associados à existência de afloramentos: seqüência de rochas vulcânicas entre os km 130 e 140 bem como a presença de duas pedreiras localizadas nos km 151 e 202. As coberturas lateríticas que representam porções importantes do perfil, mostram concentrações extremamente baixas, resultado da forte lixiviação do K durante os processos de intemperismo. O perfil dos teores de U (fig.2) apresenta uma variabilidade menor do que a do K, com teores médios de 6 ppm eU e valores extremos de concentração podendo atingir 36 ppm eU nas zonas onde ocorrem afloramentos. Valores mais baixos das concentrações estão associadas a solos e coberturas lateríticas onde o urânio foi solubilizado e lixiviado durante os processos de alteração, pedogênese e evolução geomorfológica durante os quais verifica-se uma situação de desequilíbrio radioativo que acontece geralmente para os elementos da série do ^{238}U (Megumi, K., 1979; Mathieu, *op. cit.*). O perfil das concentrações de Th (fig. 3) apresenta teor médio de 30 ppm eTh podendo atingir 60 ppm nas regiões onde ocorrem os afloramentos e entre os km 105 a 128, onde ocorre uma formação de argila vermelhada com concreções ferruginosas, intercalada na qual aparece um areal (estação 35, km 124,5) onde o teor cai praticamente para zero. O mesmo acontece para os perfis do K e do U.

CONCLUSÕES

A espectrometria-gama de campo mostrou ser uma ferramenta apropriada para mapear características do ambiente geológico atravessado pelo perfil escolhido para o presente trabalho. Os teores obtidos para o K, U e Th mostram estar correlacionados com a variabilidade litológica da região. Em zonas de cobertura laterítica espessa, o significado das medidas da radiação-gama do material superficial é mais complexo e envolve mecanismos de desequilíbrio radioativo e de concentração e/ou remoção dos radionuclídeos durante os processos de alteração, formação de solos e evolução da paisagem

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Amazonas pelo apoio financeiro e liberação para a realização do curso de mestrado.

REFERÊNCIAS

- CPRM - 1998 **Mapa Geológico da porção Norte da Bacia Sedimentar do Amazonas**
- NIELSON, D.L., LINPEI, C. and S.H. WARD - 1991 - **Gamma-Ray Spectrometry and Radon Emanometry in Environmental Geophysics**. *Geotechnical and environmental geophysics, Vol 1, Review and tutorial, H.S. Ward (editor), Investigations in Geophysics 5, :219-250p.*
- GRASTY, R.L., HOLMAN, P.B. and BLANCHARD, Y.B. - 1991 - **Transportable Calibration Pads for Ground and Airborne Gamma-Ray Spectrometers**. *Geological Survey of Canada. Paper 90-23.*
- MEGUMI, K. - 1979 - **Radioactive Disequilibrium of Uranium and Actinium Series Nuclides in Soil**. *J. Geophys. Res., 84, 3677-3682.*
- NOGUEIRA, A.C.R.; SOUZA, V.; SOARES, E.A.A. - 1997 - **Contribuição à Tectônica cenozóica da região de Presidente Figueiredo, norte de Manaus – AM**. In: *Simp. Nac. Est. Tect., 6. Pirinópolis: SBG, p. 123-125.*
- SARGES, R.S. and NOGUEIRA, A. C.R. - 1998- **Origem e Evolução das Cachoeiras de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas**. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia.*
- MATHIEU, D., BERNAT, M. and NAHON, D. - 1995 - **Short-Lived U and Th Isotope Distribution in a Tropical Late-rite Derived From Granite (Pitinga River Basin, Amazonia, Brazil): Application to Assessment of Weathering rate**. *Earth and Planetary Science Letters. 136, : 703-714p.*

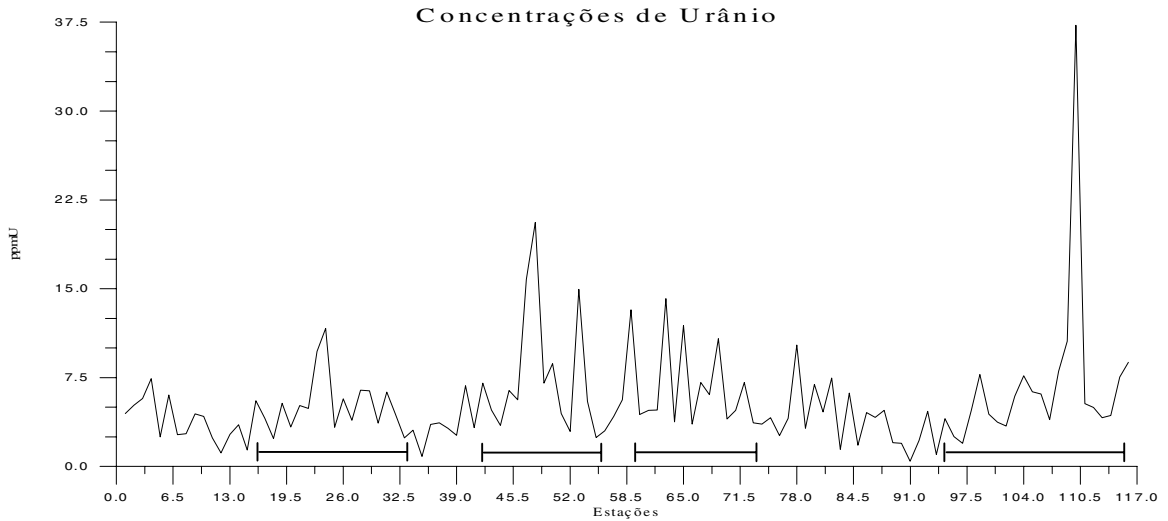


Figura 2 – Perfil das concentrações de Urânio (ppm eU)

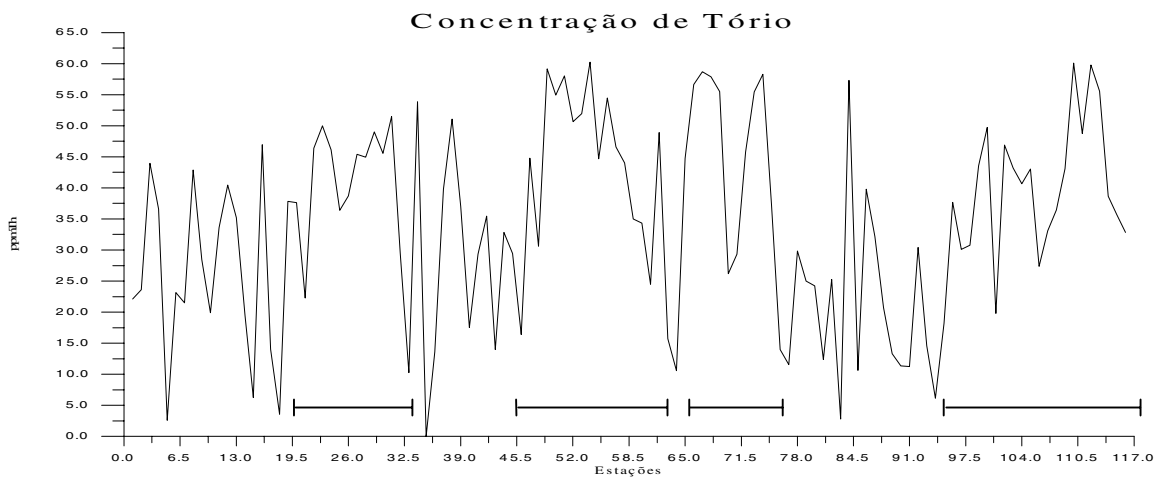


Figura 3 -- Perfil das concentrações de Tório (ppm eTh)

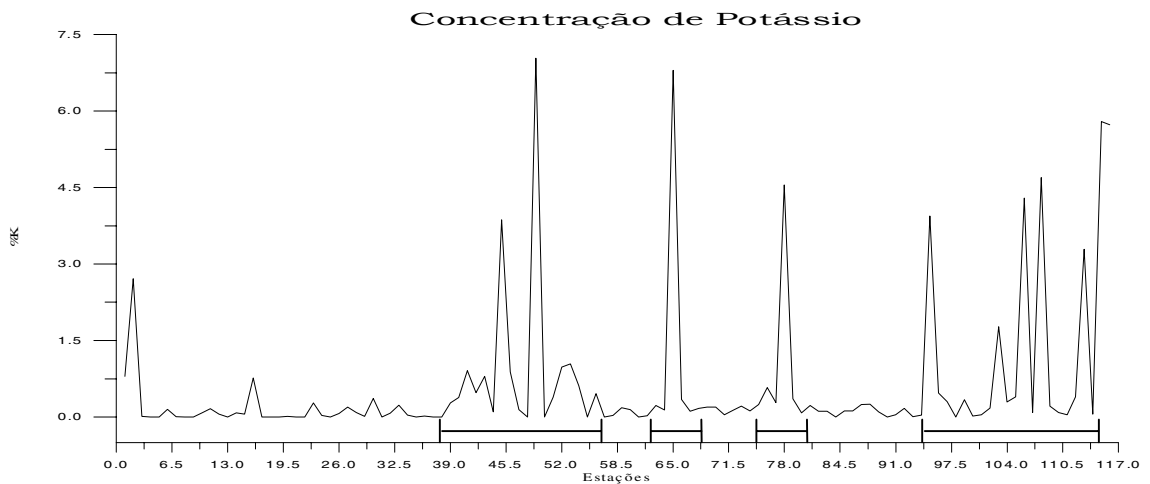


Figura 4 -- Perfil das concentrações de Potássio (%K)