



MEDIÇÕES DE RADIAÇÕES IONIZANTES E CHUVAS NA REGIÃO TROPICAL DO BRASIL - DINÂMICA NOS TEMPOS.

Inacio M. Martin^{1*}, Rodrigo R. F. Carvalho¹, Rafael A. Gomes¹, Marcelo P. Gomes¹.

1. Departamento de Física, Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, São José dos Campos, SP 12228-900, Brasil.

*inaciomalmonge@uol.com.br

RESUMO: Durante 07/03/2017 a 28/06/2017, foram monitorados os raios-gama de baixa energia e as chuvas a cada minuto em São José dos Campos. Neste período, foi possível ver o processo dinâmico que ocorre entre a presença de radiação ionizante de baixa energia e variação da intensidade da chuva em mm / min na mesma região. Esta correlação positiva de chuva / radiação é muito perceptível na região tropical do Brasil, o que é certamente devido à presença da desintegração do Urânio ^{238}U para Rádio ^{226}Ra e chegando ao Radônio ^{222}Rn com emissão de partículas α e radiação gama de baixa energia. Em breve, a chuva interfere na presença da exalação local do gás radônio causando a lavagem deste gás na baixa atmosfera aumentando a intensidade de radiação medida momentaneamente no local. Este trabalho mostra essa dinâmica observada neste período do ano de 2017 que houve clima chuvoso e seco no local.

PALAVRAS-CHAVE: Raios gama, Radiação Ionizante e Análise de chuva.

ABSTRACT: During 03/07/2017 to 06/28/2017, the low energy gamma rays and the rains were monitored every minute in São José dos Campos. In this period, it was possible to see the dynamic process that occurs between the presence of low energy ionizing radiation and rain intensity variation in mm / min in the same region. This positive correlation of rain / radiation is very noticeable in the tropical region of Brazil, which is certainly due to the presence of the decay of ^{238}U Uranium to Radium ^{226}Ra and reaching radon ^{222}Rn with emission of particles α and low energy gamma radiation. Soon, rain interferes with the presence of local exhalation of the radon gas causing the washing of this gas in the low atmosphere increasing the intensity of radiation measured momentarily in the place. This work shows this dynamics measured in this interval of the year 2017, where was rainy and dry climate in the place.

KEYWORDS: Gamma-Ray, Ionizing radiation, Rainfall analysis

1. INTRODUÇÃO.

Na interface solo/ar da superfície da Terra, a radiação ionizante é composta principalmente de gás radônio, da radiação telúrica do solo e a radiação do raio cósmico primário e secundário. No entanto, é difícil separar ao longo do tempo a intensidade da radiação ionizante que emana de cada

componente à medida que as energias se sobrepõem. A radiação telúrica está dada por ^{238}U , ^{235}U , ^{40}K , ^{232}Th e é constante para cada região [1]. O gás de radônio que vem da desintegração de ^{238}U da crosta terrestre [2] para Ra-226 e Rn-222 chegando nos isótopos ^{214}Pb , ^{214}Po e ^{214}Bi dando radiação α e gama. A radiação cósmica primária consiste principalmente em prótons galácticos e extragalácticos e do Sol com energia muito alta que interage com a atmosfera da Terra produzindo o EAS (Extensive Air Showers) [3]. A eficiência desta interação é máxima quando ocorre em altitudes entre 15 e 17 km nos trópicos que formam raios cósmicos secundários com componentes muônicas, mesônicas e neutronicas que chegam para a superfície da Terra na região [4]. Estas radiações causam problemas de saúde para a tripulação e os passageiros da aviação civil e estão presentes no início da estratosfera chamada máximo de Pfozter. No entanto, esta componente contribui menos para a concentração de radiação na superfície da Terra. Outra possível fonte de radiação ionizante na atmosfera inferior da Terra é produzida por descargas elétricas entre nuvens-terra, terra-nuvens e nuvens-nuvens. Raios-X, raios gama, nêutrons e partículas beta são todos formados pelo cone do relâmpago [5]. Outras fontes de radiação ionizante são as produzidas em clínicas médicas, dentais e hospitais, mas essas radiações são principalmente controladas em pequenas áreas.

2. METODOLOGIA.

O detector de raios gama para o intervalo de energia de 200 keV a 10.0 MeV consiste em um cristal cintilador de Iodeto de Sódio de 3 polegadas de altura por 3 polegadas de diâmetro (3" x 3"), dopado com Tálio. Esse cristal é diretamente acoplado a uma fotomultiplicadora (PM), que registra os pulsos vindos do cintilador e com amplificação e um conversor analógico digital sinais registrado por um computador [6]. Esse conjunto experimental é visto na Figura 1 localizada na sala interna de uma torre de 25 metros de altura em relação ao solo (torre ACA).



Figura 1. Vista do cintilador gama com eletrônica associada e computador

O cintilador acoplado a fotomultiplicadora está envolvido numa camada fina de alumínio para torna-lo portátil. O conjunto (cintilador + eletrônica associada + aquisição de dados) depende apenas de um laptop com bateria carregada para medir a radiação durante até 5 horas contínuas. No entanto para series de medidas longas usa-se rede elétrica ou energia fotovoltaica. O cintilador e eletrônica associada foram calibrados em termos de energia e intensidade de contagens por minuto

no laboratório de física experimental de ensino do ITA utilizando fontes radioativas e um analisador espectral de contagens versus energia no intervalo de 0.2 a 10 MeV (Milhão de elétron Volt), [7,8].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

As medidas foram realizadas entre os dias 07/03/2017 até 28/06/2017 no mesmo local mostrado na Figura 1, na torre ACA de 25 metros de altura[7]. O intervalo entre cada medida foi escolhido em 1 minuto. Assim foi possível verificar tempos com chuvas e a dinâmica da radiação ionizante na região. A Figura 2 mostra durante todo esse período 12 chuvas vistas através dos picos de aumento da radiação, provocado por essas chuvas.

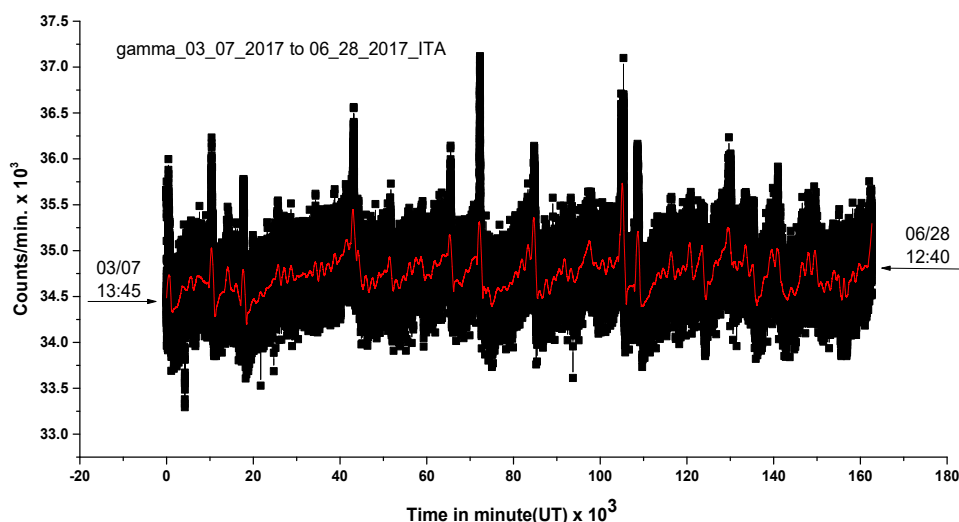


Figura 2. Medidas da radiação gama no intervalo de energia de 0.2 a 10.0 MeV (Milhões elétron Volt), a cada minuto entre 07/03 e 28/06 de 2017.

Verificando na Figura 2 observa-se uma chuva moderada entre 43 a 43.5 x 10³ minutos a partir do início do monitoramento da série de radiação. Ampliando o gráfico nessa região mostra-se o detalhe da ocorrência da chuva via medida da radiação ionizante (raios gama) nesse intervalo como pode ser mais bem visualizada na Figura 3. Esses detalhes são importantes para melhor definir os efeitos da radiação provocada pelas chuvas.

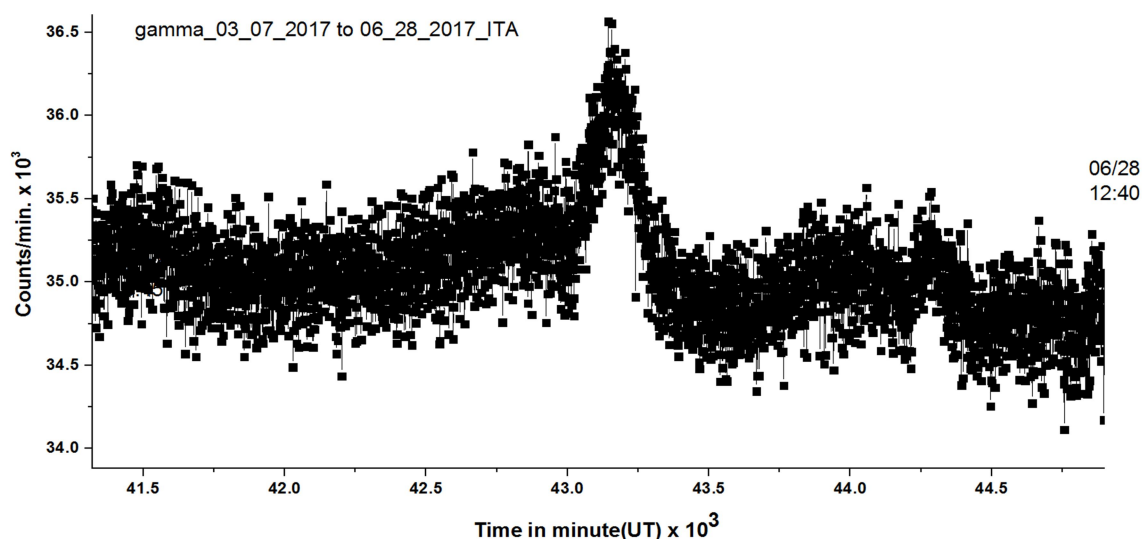


Figura 3. Monitoramento de chuva através da radiação gama no intervalo entre 43 a 43.5 x 10³ minutos após início das medidas.

Note nesse monitoramento da radiação na Figura 4 mostra-se um “zoom” próximo ao intervalo de 72000 minutos após o início das medidas onde uma frente fria passa na região culminando com uma chuva intensa provocada por essa frente fria. Durante 5 dias houve um pequeno aumento da radiação gama local, acarretando no final desses cinco dias uma chuva intensa. Essa dinâmica meteorológica estabelecida é bastante observada na região nesse período de tempo entre cinco a sete dias provocando chuvas e coberturas de nuvens menos ou mais intensas.

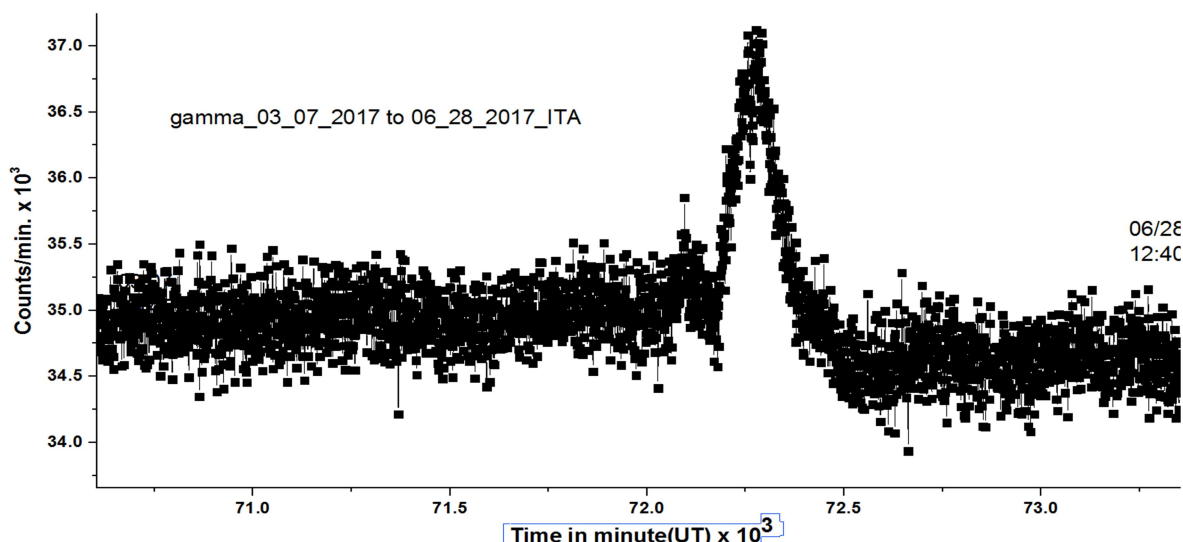


Figura 4. Intervalo do monitoramento da radiação que houve chuva entre 72.0 a 72.5 x 10³ minutos.

Durante o período de 129.5 a 130.5 x 10³ minutos houve chuvas intermitentes variáveis em intensidades, veja detalhes na Figura 5.

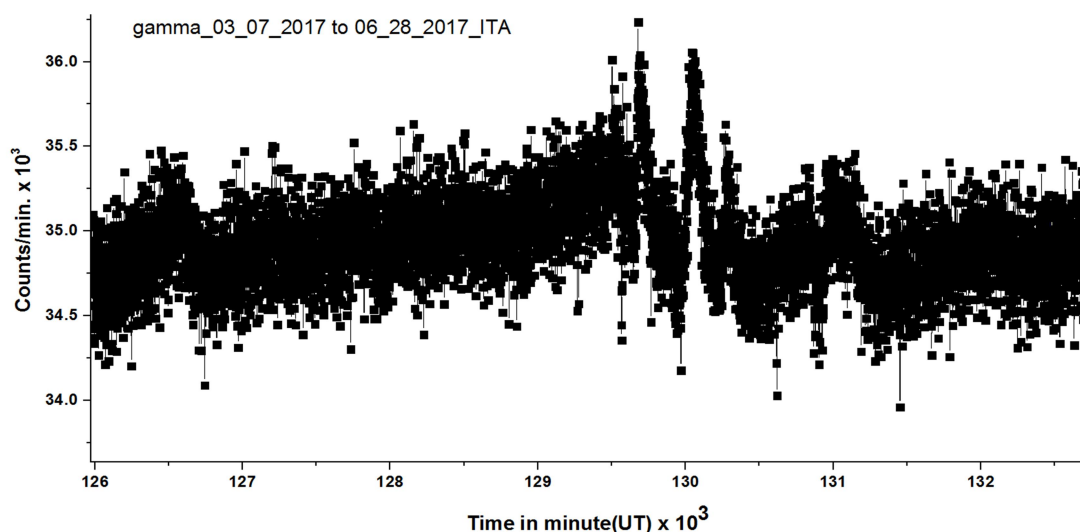


Figura 5. Chuvas intermitentes e variáveis em intensidades, entre 129.5 a 130.5×10^3 minutos.

Outra chuva moderada que alterou a intensidade de radiação gama medida pode ser observada no tempo de $\sim 141 \times 10^3$ minutos após início do monitoramento como mostra a Figura 6. Antes dessa chuva a temperatura local subiu até 30° graus centígrados no dia anterior a chuva devido a chegada de uma frente fria vinda do sul do Brasil.

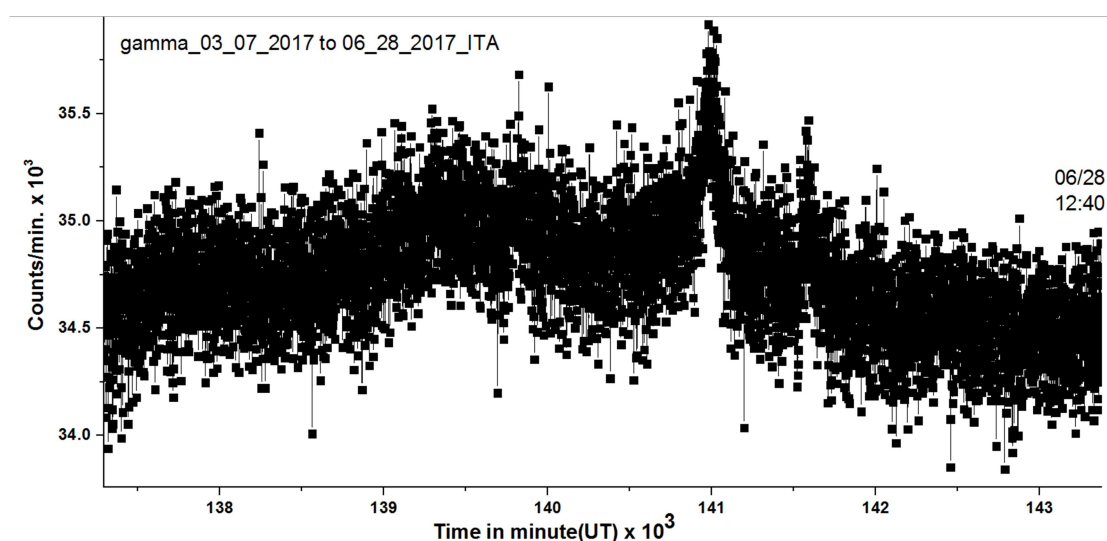


Figura 6. Chuva moderada verificada no tempo de ~ 141000 minutos de monitoramento.

Analisando a dinâmica da radiação gama medida de minuto a minuto em função do tempo em local fixo pode-se observar também a dinâmica da variação das chuvas ocorridas no mesmo local. Na Figura 7 mostra-se o espectro das chuvas em função do tempo medida no mesmo período e no mesmo local sempre com intervalo de um minuto entre cada medida realizada.

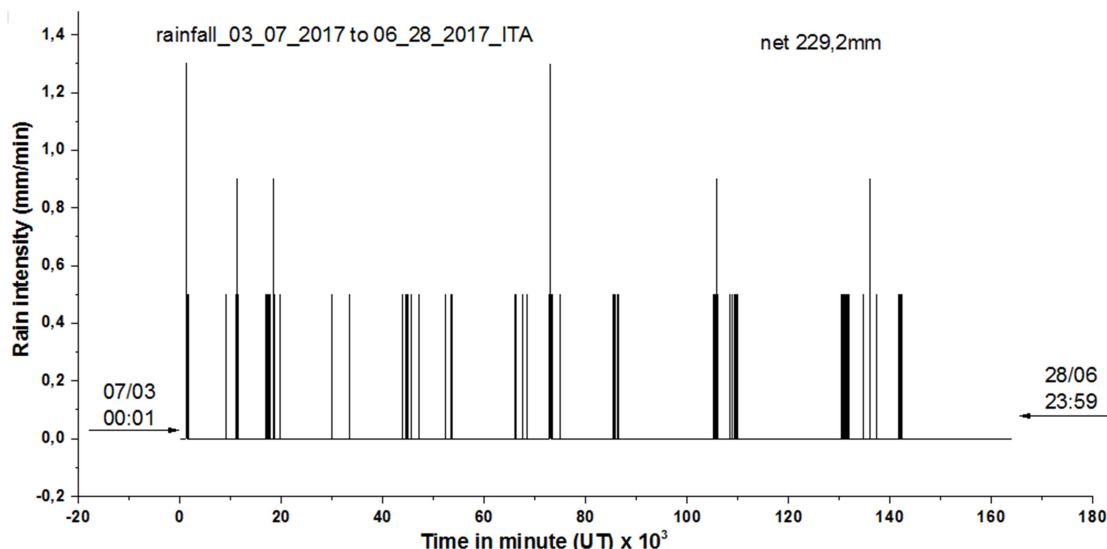


Figura 7. Espectro em função do tempo das chuvas ocorridas a cada minuto entre 07/03 a 28/06 de 2017.

Nota-se que em torno de 43×10^3 minutos na Figura 7 corresponde a uma chuva moderada observada na Figura 3 da radiação. Entre 72 a 73×10^3 minutos existe uma chuva intensa mostrada na Figura 7 correspondente ao aumento intenso da radiação verificado na Figura 4. Cuidadosamente pode-se correlacionar a Figura 7 (intensidade de chuvas no período) com a Figura 2 (intensidade de radiação gama no período). Logo na região tropical do Brasil devido a exalação do gás radônio torna-se possível correlacionar intensidade de radiação ionizante medida com intensidade de chuvas ocorridas no mesmo local.

4. CONCLUSÃO.

Neste trabalho utilizando um simples detector de raios gama no intervalo de energia 0.2 a 10.0 MeV foi possível correlacionar medidas de radiação com medidas de chuvas da região efetuadas no período 07/03 a 28/06 de 2017. Essa correlação positiva chuva/radiação é bem perceptível na região tropical do Brasil que certamente é devida a presença do decaimento do Urânio ^{238}U no Rádio ^{226}Ra e decaindo no Radônio ^{222}Rn com emissões de partículas α e **radiação gama** de baixa energia. Uma vez efetuada a calibração entre a intensidade de água e a intensidade de radiação gama no local fica possível medir intensidade de chuvas monitorando a radiação na região. Um outro trabalho está sendo efetuado no sentido de mostrar essa calibração com testes efetuados no laboratório do ITA[8].

5. REFERÊNCIAS.

- [1] BUIVAN, N. A., MARTIN, I. M., E JÚNIOR, A. T. *Measur. Natur. Rad. Diff. Atm. Dep.* v. 28, p. 178-191, 1988.
- [2] FUJINAMI, N. *Stud. Radn. Pro. Dist. Rad. Ra. Atm.* v. 44, p. 88-94, 2009.
- [3] GRIEDER, P.K.F. *Extensive Air Showers*, Springer: Verlag Berlin Heidelberg. 2010
- [4] MALYSHEVSKY, V. S. AND FOMIN, G. V.; Electromagnetic Radiation in the Atmosphere Generated by Excess Negative Charge in a Nuclear-Electromagnetic_Cascade. Disponível em:



<https://www.science.gov/topicpages/e/electromagnetic+cascade+shower.html>. Acesso em 06/07/2017.

[5] JAYANTHI U B, GUSEV A A, NERI J A C F, VILLELA T, JÚNIOR O P, PUGACHEVA G I, TALAVERA K C, MARTIN I M. *Grnd Gam. Rad. Assoc. Ligh. Precipitation*, v. 1, p. 177-810, 2005.

[6] RAVISANKAR, R., VANASUNDARI, K., CHANDRASEKARAN, A., RAJALAKSHMI, A., SUGANYA, M., VIJAYAGOPAL, P. & MEENAKSHISUNDARAM, V., *Meas. Nat. rad. Buil. Mat. Ind. Spectrometer*, v. 70, p. 699-704, 2012.

[7] BOARDMAN B J. Aware Electronic Corp. Disponível em: www.aw-el.com. Acesso em 03/07/2017.

[8] MATHEUS C. SILVA, DOUGLAS C. VILELA, VICTOR G. MIGOTO, MARCELO P. GOMES, INÁCIO M. MARTIN E SILVÉRIO J. GERMANO, *Ion. Rad. Measu. Instru. teach coll Brazil*, v. 52, p. 1-16, 2017.