

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)



Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	<p>Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-472-6 DOI 10.22533/at.ed.726191107</p> <p>1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario</p> <p style="text-align: right;">CDD 509.81</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 22 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A EVOLUÇÃO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL EM MINAS GERAIS	
Marília Carvalho de Melo	
Alexandre Magrineli dos Reis	
Zuleika Stela Chiacchio Torquetti	
Germano Luís Gomes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.7261911071	
CAPÍTULO 2	11
ANÁLISE DA RADIAÇÃO SOLAR NOS MESES DE JANEIRO E FEVEREIRO POR MODELAGEM COMPUTACIONAL USANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS	
Arini de Menezes Costa	
Neyla Danquá dos Ramos	
Antonio Alisson Pessoa Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.7261911072	
CAPÍTULO 3	24
ANÁLISE QUALITATIVA E PROVENIÊNCIA DOS MINERAIS PESADOS DA PRAIA DE MUITA ÁGUA, MUNICÍPIO DE IMBITUBA, LITORAL CENTRO-SUL DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL	
Patrícia Tortora	
Luiz Felipe Poli Schramm	
Norberto Olmiro Horn Filho	
DOI 10.22533/at.ed.7261911073	
CAPÍTULO 4	38
APLICAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA (EIV) EM RONDONÓPOLIS/MT: DA OMISSÃO LEGISLATIVA AO PREJUÍZO AMBIENTAL COLETIVO	
José Adolfo Iriam Sturza	
Cristiano Nardes Pause	
DOI 10.22533/at.ed.7261911074	
CAPÍTULO 5	52
ATUALIZAÇÃO DE LIMITES POLÍTICO-ADMINISTRATIVOS:O CASO DOS ESTADOS DA BAHIA E SERGIPE	
Christiane Freitas Pinheiro de Jesus	
Nelson Wellausen Dias	
Fernanda dos Santos Lopes Cruz	
Acacia Maria Barros Souza	
José Henrique da Silva	
João Carlos Marques Silveira	
DOI 10.22533/at.ed.7261911075	
CAPÍTULO 6	61
AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE TRECHOS DA RODOVIA RN-118	
Alisson Cabral Barreto	
Milany Karcia Santos Medeiros	
Alyne Karla Nogueira Osterne	
Ricardo Leandro Barros da Costa	
Lanna Celly da Silva Nazário	
DOI 10.22533/at.ed.7261911076	

CAPÍTULO 7 78

CARACTERIZAÇÃO DE UM SOLO TIPO MASSAPÊ PARA VERIFICAÇÃO DO SEU POTENCIAL EXPANSIVO

Larissa da Silva Oliveira
Stephanny Conceição Farias do Egito Costa

DOI 10.22533/at.ed.7261911077

CAPÍTULO 8 88

CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA ARGILA VERMELHA USADA EM TRATAMENTOS FACIAIS

Ana Paula Zenóbia Balduino
Michele Resende Machado
Mônica Rodrigues Ferreira Machado
Giovanni Cavichioli Petrucelli

DOI 10.22533/at.ed.7261911078

CAPÍTULO 9 93

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E MORFOLÓGICA DA HETEROJUNÇÃO $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ OBTIDA POR METODO QUIMICO

Daniele Galvão de Freitas
Isabela Marcondelli Iani
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Ubirajara Coletto Junior
Chrystopher Allan Miranda Pereira
Alexandre Zirpoli Simões
Leinig Perazolli
Maria Aparecida Zaghete

DOI 10.22533/at.ed.7261911079

CAPÍTULO 10 106

CÉLULAS COMBUSTÍVEIS: UMA VISÃO TECNOLÓGICA SOBRE BIOGÁS

Débora da Silva Vilar
Milson dos Santos Barbosa
Isabelle Maria Duarte Gonzaga
Aline Resende Dória
Lays Ismerim Oliveira
Caio Vinícius da Silva Almeida
Dara Silva Santos
Luiz Fernando Romanholo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.72619110710

CAPÍTULO 11 121

COLAPSIBILIDADE DE UM PERFIL DE SOLO NÃO SATURADO

Roger Augusto Rodrigues
Alfredo Lopes Saab
Gustavo Tavernaro Tambelli

DOI 10.22533/at.ed.72619110711

CAPÍTULO 12 133

COMPARATIVO DE CUSTOS DIRETOS ENTRE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL E ABERTURA DE VALA PARA INSTALAÇÃO DE DUTOS

Milagros Alvarez Sanz
Yuri Daniel Jatobá Costa
Carina Maia Lins Costa
Gracianne Maria Azevedo do Patrocínio

DOI 10.22533/at.ed.72619110712

CAPÍTULO 13 147

CONCENTRAÇÃO DE FOSFATO NO IGARAPÉ DO MESTRE CHICO - MANAUS-AM

Mikaela Camacho Cardoso
Mauro Célio da Silveira Pio

DOI 10.22533/at.ed.72619110713

CAPÍTULO 14 156

DETERMINATION OF URANIUM AND THORIUM USING GAMMA SPECTROMETRY: A PILOT STUDY

Diango Manuel Montalván Olivares
Evelin Silva Koch
Maria Victoria Manso Guevara
Fermin Garcia Velasco

DOI 10.22533/at.ed.72619110714

CAPÍTULO 15 163

DINÂMICA SOCIOESPACIAL EM PEQUENAS CIDADES:A PAISAGEM GEOGRÁFICA DE OUVIDOR (GO)

Angélica Silvério Freires
Idelvone Mendes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.72619110715

CAPÍTULO 16 177

DIVERSIDADES DE CRITÉRIOS EM AVALIAÇÕES DE IMPACTOS AMBIENTAIS: CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTUDOS SOCIOECONOMICOS

Giseli Dalla Nora
Patricia Regina Alves Palermo

DOI 10.22533/at.ed.72619110716

CAPÍTULO 17 184

EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA GESTORES PÚBLICOS: FORMAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÕES

Mary Lúcia da Silva Ferreira Lima
Laura Rocha de Castro
Marina Marques Gimenez
Ronei Pacheco de Oliveira
Amanda Baldochi Souza

DOI 10.22533/at.ed.72619110717

CAPÍTULO 18	190
ESTUDO DA TÉCNICA DE MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES COM COLUNAS DE BRITA EM UM TRECHO DO SISTEMA VIÁRIO DO CENTRO METROPOLITANO DO RIO DE JANEIRO	
Fernanda Valinho Ignacio Bruno Teixeira Lima Juliano de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.72619110718	
CAPÍTULO 19	203
FORMOSO DO ARAGUAIA-TO: DESENVOLVIMENTO REGIONAL E AGRONEGÓCIO	
Roberto de Souza Santos	
DOI 10.22533/at.ed.72619110719	
CAPÍTULO 20	222
INCISÕES EROSIVAS URBANAS: UM PROBLEMA AMBIENTAL EM BOM JESUS DAS SELVAS (MA)	
José Sidiney Barros José Milton de Oliveira Filho	
DOI 10.22533/at.ed.72619110720	
CAPÍTULO 21	229
MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA NA EDUCAÇÃO INFANTIL E ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL	
Tânia Barbosa de Freitas Mirian Ferreira de Brito	
DOI 10.22533/at.ed.72619110721	
CAPÍTULO 22	238
MINERALIZAÇÃO AURÍFERA EM ZONA DE CISALHAMENTO, GARIMPO CUTIA, SERRA LESTE, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJAS, BRASIL	
Gilberto Luiz Silva	
DOI 10.22533/at.ed.72619110722	
SOBRE OS ORGANIZADORES	244

DETERMINATION OF URANIUM AND THORIUM USING GAMMA SPECTROMETRY: A PILOT STUDY

Diango Manuel Montalván Olivares

Centro de Pesquisa em Ciência e Tecnologia das Radiações, Universidade Estadual de Santa Cruz.
Ilhéus-Bahia.

Evelin Silva Koch

Centro de Pesquisa em Ciência e Tecnologia das Radiações, Universidade Estadual de Santa Cruz.
Ilhéus-Bahia.

Maria Victoria Manso Guevara

Centro de Pesquisa em Ciência e Tecnologia das Radiações, Universidade Estadual de Santa Cruz.
Ilhéus-Bahia.

Fermin Garcia Velasco

Centro de Pesquisa em Ciência e Tecnologia das Radiações, Universidade Estadual de Santa Cruz.
Ilhéus-Bahia.

ABSTRACT: This paper presents the results of a pilot experiment aimed at standardizing procedures for the CPqCTR/UESC Gamma Spectrometry Laboratory (LEG) for the quantification of natural radioactive elements in solid environmental samples. The concentrations of ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K in two sediment matrix belonging to the Caetité-BA region were determined, by using the absolute method with uncertainties about 5%. The results were obtained using gamma spectrometry with a high-resolution p-type HPGe detector. As a closure, the absorbed dose, radium equivalent

activity and the annual effective dose were calculated.

KEYWORDS: Gamma Spectrometry, ^{238}U and ^{232}Th concentration, Outdoor dose.

DETERMINAÇÃO DE URÂNIO E TÓRIO USANDO ESPECTROMETRIA GAMA: ESTUDO PILOTO

RESUMO: Este trabalho apresenta os resultados de um experimento piloto com o objetivo de padronizar procedimentos para o Laboratório de Espectrometria Gama (LEG) do CPqCTR/UESC para a quantificação de elementos radioativos naturais em amostras ambientais sólidas. Foram determinadas as concentrações de ^{238}U , ^{232}Th e ^{40}K em duas matrizes sedimentares pertencentes à região de Caetité-BA, utilizando o método absoluto com incertezas em torno de 5%. Os resultados foram obtidos usando a técnica de espectrometria gama com um detector de HPGe tipo-p de alta resolução. Finalmente, foram calculadas a dose absorvida, a atividade equivalente do rádio e a dose anual efetiva.

PALAVRAS-CHAVE: Espectrometria gama, concentração de ^{238}U e ^{232}Th , dose externa.

1 | INTRODUCTION

Environmental assessments are one of the permanent activities, in which universities and their research centers are involved, and they can impact on a positive way in a given region. Gamma-ray spectrometry is one of the most widely used techniques for environmental radioactivity assessment (HANNAN et al, 2015; SANTOS et al, 2017). It allows to perform a precise quantitative analysis of the radionuclide concentration (natural or anthropogenic) in different types of environmental samples, without the application of laborious sample preparation (AGBALAGBA et al, 2012).

However, the quantification of radionuclide in extended sources, by using the absolute method, requires the knowledge of the efficiency detection. The efficiency curve can be experimentally obtained by using a “poly-energetic standard source” with geometry and a matrix composition similar to the studied samples. When these “standard sources” are not available, the efficiency curve for volumetric sources can be obtained from point-like sources of calibration using the efficiency transfer method (VARGAS et al, 2003). Two sediment samples belonging to Caetité region, where it is concentrated nowadays the uranium ore activity in Brazil were analyzed. The efficiency curve determined in (MONTALVÁN-OLIVARES et al, 2017) was used for quantifying the amount of uranium, thorium and potassium in both samples.

This paper presents the results of a pilot experiment aimed at standardizing procedures from the Research Center in Sciences and Technologies of Radiations (CPqCTR/UESC) LEG for the quantification of natural radioactive elements (^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K) in solid environmental samples.

Based on the fact, that mining is catalogued by the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) as a potential source of exposure to natural radioactive elements (UNSCEAR, 2000) different radiological magnitudes were also calculated.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 Sample collection and preparation

The sediment samples (SS1 and SS2) were collected from two specific sites of the influence region of uranium mining in Caetité, Bahia.

The samples were stocked and sealed in plastic bags in order to avoid any external contamination. After that, the samples were sent to our Environmental Samples Preparation Laboratory at the CPqCTR and prepared according to the procedure established in (IAEA, 2003). The granulometric reduction of the collected samples was done using a sieve of 170 mesh (90 μm). After the homogenization procedure, samples were dried in the oven at a temperature of 110 °C. At intervals of 2 hours, the mass of the samples was verified, until achieving a stable difference (lesser than 5 mg) in the dry weight, in temperature and humidity conditions about 20 °C and 40%, respectively.

The dried samples were hermetically sealed in two plastic containers (vessels) with a cylindrical geometry (6.2 cm² x 2.7 cm), previously identified. Finally, both samples were stored during 30 days in a desiccator in order to reach the secular equilibrium of radon with other elements of the natural radioactive series.

2.2 Experimental Setup

The experimental measurements were carried out using a coaxial p-type HPGe detector (model **GC2518**), manufactured by Canberra. The geometrical dimensions and spectrometric characteristics of the detector were verified by (MONTALVÁN-OLIVARES et al, 2017) and compared with those provided by the manufacturer. This detector has a nominal relative efficiency about 25% compared to 7.62 cm x 7.62 cm NaI (TI) detector. The measured resolution (FWHM) and the Peak-to-Compton ratio (P/C) for the ⁶⁰Co gamma- ray energy of 1.33 MeV were 1.72 keV and 58:1, respectively. These characteristics were in disagreement with those reported by the manufacturer for the same energy (1.62 keV and 61.6:1, respectively). The detector is installed in a 10-cm-thick lead shield, model 747 (CANBERRA, 2013). The HPGe is connected to a pre-amplifier (model **2002C**) and a Digital Spectrum Analyzer (DSA-200), with a shaping time of 4 μs. The course and fine gain were fixed in 40x and 1.0502x, respectively. A high voltage of 4000 V was applied to the detector.

The energy calibration function, which establishes the relation between gamma-ray energies and the electronic channels, was obtained in the energy range from 59-1408 keV. Adjustment of the experimental data was achieved by an excellent linear fit ($r^2=0.999$), whose parameters are: **m=0.2302 keV channels⁻¹** and **b= -0.6077 keV**.

The full-energy peak efficiency calibration was performed in the same energy range with point-like standard sources of: ²²Na, ⁶⁰Co, ¹³³Ba, ¹³⁷Cs, ¹⁵²Eu, ¹⁵⁵Eu and ²⁴¹Am. The spectrum acquisition time was chosen depending on the activity of the source to keep the statistical uncertainty in the peak area below 1%. Background radiation was measured for 72 h, and its contribution was subtracted from the corresponding standard source spectra.

3 | RESULTS

The samples were measured at 5 cm from the top of the detector for 72 h. Spectra were acquired using the software Genie 2000 (CANBERRA, 2006). Gamma-ray energies of 351 keV (²¹⁴Pb), 1120 and 1764 keV (²¹⁴Bi) were used for ²³⁸U calculations. The energies of 583 keV (²⁰⁸Tl) and 968 keV (²²⁸Ac) were used for ²³²Th calculations, and for ⁴⁰K quantification was used its own gamma-ray energy (1460 keV). The measured spectrum of the sample SS2, is shown in figure 1. Due to the analytic lines, used in the quantification procedure (highlighted in red), were above 350 keV, the spectrum is shown for energies greater than 300 keV.

The specific activity of ²³⁸U, ²³²Th and ⁴⁰K, corresponding to both sediment samples

from Caetité region, were obtained using the Absolute Method (Eq. 1):

$$A = \frac{CPS_S - CPS_{BG}}{\varepsilon \cdot I_\gamma \cdot m} \text{ (Bq} \cdot \text{kg}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

where CPS_S and CPS_{BG} represent the count rates in the full-energy peak and the background count rates, ε is the efficiency corresponding to energy E of interest, I_γ represents the photon yield or photon-emission probabilities to energy E , and m is the dried mass of the sample in kg.

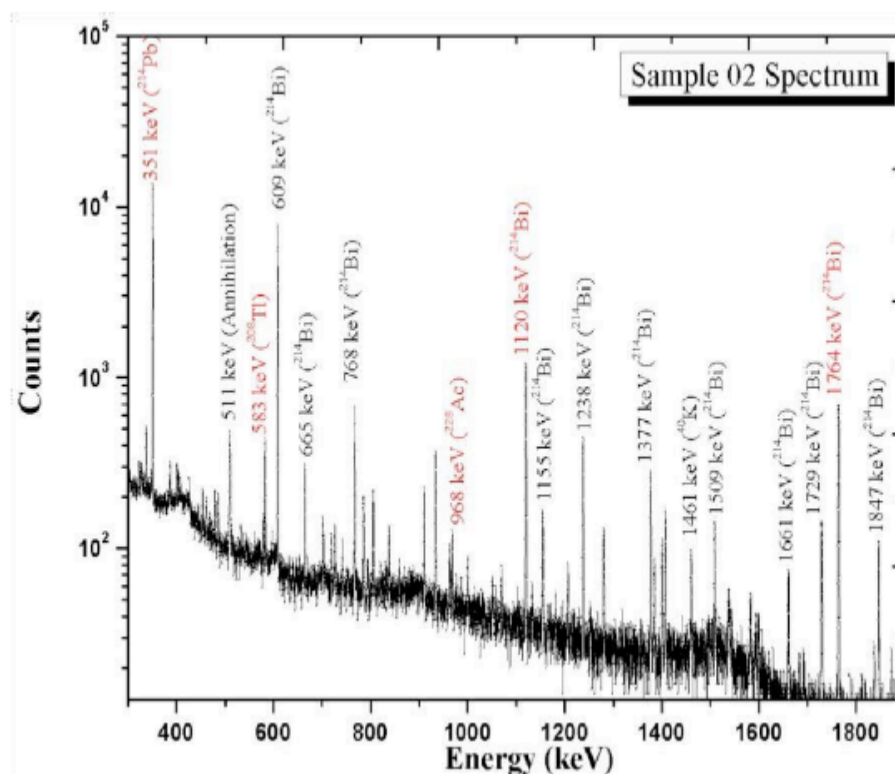


Figure 1: Measured spectrum of the sample SS2 acquired using GENIE 2000.

Energy and photon yield values were taken from the database of the International Atomic Energy Agency (IAEA, 2007). Background spectra were used for the calculation of the detection limits (DL) and the Minimum Detectable Activity (MDA). In this work was used the Currie modified criterion for the calculation of detection limit and therefore to MDA (KNOLL, 2010).

The efficiency curve was obtained after adjusting the nominal detector parameters using a Monte Carlo N-Particle eXtended (MCNPX) transport code (PELOWITZ, 2008), and using the efficiency transfer method. Correction factors such as solid angle for the volumetric sample and self-absorption correction factors ($F_{self-abs}$) were also taken into account to calculations. If the reader is interested, additional details can be found in (MONTALVÁN-OLIVARES et al, 2017). Figure 2 shows the efficiency curve in the energetic range of 53-1764 keV for the studied volumetric sample. Red points represent

Uncertainty source	Type	Relative error
Count rate	A	< 1 %
Radioactive decay	A	< 1 %
Photon yield	B	< 0.7 %
Geometric factor	B	~3 %
Self-Absorption factor	B	~2-3 %
Error interpolation	A	~2 %

Table 2: Uncertainty sources contributing to the total uncertainty of the efficiency (ε).

As a closure for this work, radiological protection magnitudes such as: the absorbed dose rate (D), the radium equivalent activity (Ra_{eq}) and the annual effective dose equivalent (H) for 1 m from the surface for adults were calculated according to (UNSCEAR, 2010).

The absorbed dose, due to gamma radiation resulting from exposure to the primordial radionuclide for both samples were: $1.4 \pm 0.1 \mu\text{Gy h}^{-1}$ and $3.7 \pm 0.1 \mu\text{Gy h}^{-1}$ for SS1 and SS2 respectively. The Ra_{eq} values for the two samples were: $3204 \pm 127 \text{ Bq kg}^{-1}$ (for SS1) and $8624 \pm 260 \text{ Bq kg}^{-1}$ (for SS2) and the annual effective dose values were: $1.7 \pm 0.1 \text{ mSv y}^{-1}$ for SS1 and $4.5 \pm 0.1 \text{ mSv y}^{-1}$ for SS2.

The annual effective dose values do not exceed the accepted as safe limit for occupationally exposed persons (20 mSv y^{-1}) (UNSCEAR, 2010). They are even included in the radiation dose limits to mine workers at different uranium operations around the world ($< 4.8 \text{ mSv}$) (NIELSEN et al, 2015).

4 | CONCLUSIONS

The pilot experiment carried out in the CPqCTR/UESC LEG established a methodology to perform quantitative procedure of radionuclides by using the Absolute Method. Its successful application allowed to determine the concentration of ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K in two sediments samples belonging to the Caetité region and the assessment of the outdoor dose, which do not exceed the regulated levels. This work itself does not constitute an environmental study, because there are not enough sampling points for characterizing the region.

5 | ACKNOWLEDGMENTS

The authors acknowledge Funding Authority for Studies and Projects (FINEP 338/2009) for the financial support to acquire the spectrometer, and also Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) and Chemical Engineering Academic Centre of the State University of Santa Cruz for the financial support to participate in the Metrologia 2017 event.

REFERENCES

- Agbalagba E O, Avwiri G O and Chadumoreh Y E 2012 **Spectroscopy measurement of natural radioactivity and assessment of radiation hazard indices in soil samples from oil fields environment of Delta State, Nigeria** *J. Environ. Radioact.* 109 64-70.
- Canberra 2013 **Model 747 and 747E Lead Shield** (Meriden: Canberra Industries, Inc.).
- Canberra 2006 **Genie™ 2000: Spectroscopy Software** (Meriden: Canberra Industries, Inc.).
- Hannan M, Wahid K and Nguyen N 2015 **Assessment of natural and artificial radionuclides in Mission (Texas) surface soils**. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 305 573-82.
- International Atomic Energy Agency (IAEA) 2003 **IAEA - TECDOC -1360 Collection and preparation of bottom sediment samples for analysis of radionuclides and trace elements** (Vienna: International Atomic Energy Agency).
- International Atomic Energy Agency (IAEA) 2007 **Update of X-Ray and Gamma-Ray Decay Data Standards for Detector Calibration and Other Applications** (Vienna: International Atomic Energy Agency).
- Knoll G F 2010 **Radiation Detection and Measurements** (United States of America: John Wiley & Sons, Inc.).
- Montalván-Olivares D M, Manso-Guevara M V and Velasco F G 2017 **Determination of the HPGe detector efficiency in measurements of radioactivity in extended environmental samples**. *Appl. Radiat. Isot.* 130 34-42.
- Nielsen S P, Ross P and Andersson K G 2015 **Predicted Radiation Exposure from Mining at Kvanefjeld: Introduction to Radiation, Review of Baseline Information, and Predicted Radiation Exposures from Kvanefjeld Mining, Mineral Processing and Refining** (Roskilde: DTU-Nutech).
- Pelowitz D B (ed) 2008 **MCNPX™ User's Manual Version 2.6.0** (Los Alamos: Los Alamos National Laboratory).
- Santos J J A, Amaral R S, Menezes R S C, Álvarez J R E, Santos J M N, Fernández Z H, Bezerra J D, Silva A A, Damascena K F R and Maciel N J A 2017 **Influence of terrestrial radionuclides on environmental gamma exposure in a uranium deposit in Paraíba, Brazil**. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 141 154-9.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2000 **Sources and Effects of Ionizing Radiation** (New York: United Nations).
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2010 **Annex B: Sources and Effects of Ionizing Radiation- UNSCEAR 2008 - Report to General Assembly With Scientific Annexes vol 1:Sources** (New York: United Nations).
- Vargas M J, Díaz N C and Sánchez D P 2003 **Efficiency transfer in the calibration coaxial p-type HPGe detector using the Monte Carlo method**. *Appl. Radiat. Isot.* 58 707-12.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera: Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo: Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-472-6

