

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(Organizadores)

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias



Atena
Editora
Ano 2022

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(Organizadores)

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharias: criação e repasse de tecnologias

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: criação e repasse de tecnologias /
Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João
Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0039-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.394222803>

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz
(Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Na sociedade atual, onde cada vez mais se necessita de informações rápidas e eficientes, o repasse de tecnologias é uma das formas mais eficazes de se obter novas tendências mundiais. Neste cenário destaca-se as engenharias, as quais são um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria contínua de processos.

Estudar temas relacionados a engenharia é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmos de maneira mais eficaz. O aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de engenharia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura.

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO DE NOVAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS PARA AS HABITAÇÕES RIBEIRINHAS NO MUNICÍPIO DE AQUIDAUANA – MS

Vitória Barros de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228031>

CAPÍTULO 2..... 7

ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE INFILTRAÇÃO ASSOCIADAS AO SISTEMA CONVENCIONAL DE DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL EM UM LOTEAMENTO DA CIDADE DE CATALÃO-GO

Eliane Aparecida Justino

Everton Vieira de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228032>

CAPÍTULO 3..... 22

ANÁLISE ESTRUTURAL EM FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS CONSIDERANDO A INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Davidson de Oliveira França Júnior

Michele Martins Arruda

Jéssica Ferreira Borges

Paola Mundim de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228033>

CAPÍTULO 4..... 41

ONDE O EDIFÍCIO E A CIDADE SE ENCONTRAM: CONEXÕES NA ORLA DE MACEIÓ-AL

Morgana Maria Pitta Duarte Cavalcante

Matheus Santana Correia

Luanne de Andrade Brandão

Sarah Pace


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228034>

CAPÍTULO 5..... 55

GESTÃO DE OBRAS RESIDENCIAIS EM CONDOMÍNIO DE CASAS: ESTUDO DE CASO

Maria Aridenise Macena Fontenelle

Érica Karine Filgueira Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228035>

CAPÍTULO 6..... 63

AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA SENSAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE EXTERNO UNIVERSITÁRIO

Betty Clara Barraza de La Cruz

Lilian dos Santos Fontes Pereira Bracarense

Fernanda Martins Milhomem


Isabela Maciel Macedo
Laís Carolina dos Santos Mota
Eduardo Castro Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228036>

CAPÍTULO 7..... 76

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS DE UM PAINEL PRÉ-MOLDADO


Aline Islia Almeida de Sousa
Adeildo Cabral da Silva
João Paulo Sousa Costa de Miranda Guedes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228037>

CAPÍTULO 8..... 92

ESTUDO COMPARATIVO DE METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE ²²⁶Ra E ²²⁸Ra EM AMOSTRAS SÓLIDAS AMBIENTAIS


Aluísio de Souza Reis Júnior
Geraldo Frederico Kastner
Renata Dias Abreu Chaves
Roberto Pellacani Guedes Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228038>

CAPÍTULO 9..... 99

ANÁLISE POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA, MÉTODO K₀ NA DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS EM GRÃOS DE MILHO


Wellington Ferrari da Silva
Renata Priscila de Oliveira Paula
Dayse Menezes Dayrell

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228039>

CAPÍTULO 10..... 108

DATA SCIENCE PARA MULTI-PREVISÃO: APLICADO A PROTEÇÃO DE FURTO DO TRANSPORTE DUTOVIÁRIO DE PETRÓLEO E DERIVADOS

Renivan Costa da Silva


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280310>

CAPÍTULO 11 126

DYNAMIC FUZZY COGNITIVE MAPS DEVELOPMENT TECHNIQUE INSPIRED IN ANT COLONY OPTIMIZATIONS, SWARM ROBOTICS, AND SUBSUNCTION ARCHITECTURE

Márcio Mendonça
Marta Rúbia Pereira dos Santos
Fábio Rodrigo Milanez
Wagner Fontes Godoy
Marco Antônio Ferreira Finocchio
Carlos Renato Alves de Oliveira
Mario Suzuki Junior
Ricardo Breganon


Francisco de Assis Scannavino Junior
Lucas Botoni de Souza
Michele Eliza Casagrande Rocha
Vicente de Lima Góngora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280311>

CAPÍTULO 12..... 140

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DISTRIBUÍDA DE UM BANCO DE TRANSFORMADORES REGULADORES USANDO A NORMA IEC 61499


Marcos Fonseca Mendes
Bruna Pletikoszits Andrade Parcianello

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280312>

CAPÍTULO 13..... 155

ANTENA DE MICROFITA COM *PATCH* EM ESPIRAL DE ARQUIMEDES *DUAL-BAND* EM 2,45 GHZ E 5,8 GHZ

Rafael Alex Vieira do Vale
Idalmir de Souza Queiroz Júnior
Humberto Dionísio de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280313>

CAPÍTULO 14..... 167

REDUÇÃO DE CAPEX E OPEX COM A GESTÃO INTEGRADA DO INVENTÁRIO DE TELECOMUNICAÇÕES


Eduardo Camargo Langrafe
Cristiano Henrique Ferraz
Eduardo Vasconcelos Lopes Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280314>

CAPÍTULO 15..... 179

APLICAÇÃO DE ÁRVORES DE DECISÃO EM UM BANDO DE DADOS PARA LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM MEDIDORES INTELIGENTES


Marcel Ayres de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280315>

CAPÍTULO 16..... 195

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE LÂMPADAS UV-C EM SERPENTINAS DE RESFRIAMENTO

Andressa Paes Pereira
Alexandre Fernandes Santos
Ariel Dov Ber Gandelman
Eliandro Barbosa de Aguiar
Heraldo José Lopes de Souza


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280316>

CAPÍTULO 17.....203

KILOMETRAJE RECORRIDO, DESGASTE DE RUEDAS Y FRENOS EN BOGÍES DE TRANSMISIÓN Y REMOLQUE EN TRENES ELÉCTRICOS

Gustavo David Valera Mendoza

Gianni Michael Zelada García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280317>

CAPÍTULO 18.....219

NOVAS METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÕES ACÚSTICAS – INFRASSONS E RUÍDO DE BAIXA FREQUÊNCIA


Huub H.C. Bakker

Mariana Alves-Pereira

Richard Mann

Rachel Summers

Philip Dickinson

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280318>


CAPÍTULO 19.....234

PROPAGAÇÃO DE ONDAS EM UM CRISTAL FONÔNICO COM DEFEITOS

Hélio Vitor Cantanhede da Silva

Hudson Douglas Silva Morais

Edson Jansen Pedrosa de Miranda Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280319>

CAPÍTULO 20.....242

OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS TÉRMICAS DE SOLIDIFICAÇÃO E ANÁLISE DE MICROESTRUTURA DA LIGA DE ALPACA 2 C/ Pb

Márcio Valério Rodrigues de Mattos

Rogério Teram


Maurício Silva Nascimento

Vinicius Torres dos Santos

Marcio Rodrigues da Silva

Antonio Augusto Couto

Givanildo Alves dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280320>

CAPÍTULO 21.....256


SÍNTESE DE FILMES DE ÓXIDO DE ZINCO DOPADOS COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA APLICADOS EM SENSORES DE GÁS



Luana Martins de Carvalho

César Renato Foschini

Kléper Rocha

Carlos Eduardo Cava

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280321>

CAPÍTULO 22.....	270
THERMAL ANNEALING EFFECTS ON SOL-GEL SYNTHESIZED Cu_2O NANOPARTICLES	
Angela Alidia Bernal Cárdenas	
José Pedro Mansueto Serbena	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280322	
CAPÍTULO 23.....	276
GESTÃO ESTRATÉGICA DAS TECNOLOGIAS COGNITIVAS: UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA NA ÁREA DA SAÚDE	
Gerson Tolentino Galvão Leite Andrade	
Getúlio Kazue Akabane	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280323	
CAPÍTULO 24.....	301
CARACTERIZAÇÃO DO DESIGN COMO FACILITADOR DA INOVAÇÃO RADICAL	
Ruth Matovelle Villamar	
Manuel Lecuona Lopez	
Adriana Gonzalez Hernández	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280324	
CAPÍTULO 25.....	314
BANDEIRA TÊXTIL DA TECIDOTECA: ANÁLISE POR DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E ALONGAMENTO DO TECIDO JEANSWEAR	
Ronaldo Salvador Vasques	
Fabrício de Souza Fortunato	
Márcia Regina Paiva de Brito	
Natani Aparecida do Bem	
Elaine Regina Brito Maia	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280325	
SOBRE OS ORGANIZADORES	326
ÍNDICE REMISSIVO.....	327

ESTUDO COMPARATIVO DE METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE ^{226}Ra E ^{228}Ra EM AMOSTRAS SÓLIDAS AMBIENTAIS

Data de aceite: 01/03/2022

Aluíso de Souza Reis Júnior

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) - Campus da UFMG Pampulha

Geraldo Frederico Kastner

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) - Campus da UFMG Pampulha

Renata Dias Abreu Chaves

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) - Campus da UFMG Pampulha

Roberto Pellacani Guedes Monteiro

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) - Campus da UFMG Pampulha

RESUMO: Os radionuclídeos ^{226}Ra e ^{228}Ra fazem parte das séries de decaimento do ^{238}U e ^{232}Th , respectivamente, e oferecem riscos radiológicos se liberados no meio ambiente por atividades antrópicas. O CDTN há muitos anos realiza um Programa de Monitoração Ambiental destacando-se dentre outras a determinação destes radionuclídeos em amostras sólidas, solos, sedimentos e plantas, utilizando o método de contagem proporcional o qual envolve etapas de digestão ácida, separação radioquímica e contagem após crescimento de 30 dias para equilíbrio radioativo do radônio resultando em um tempo total de análise de cerca de 60 dias.

Com o objetivo de reduzir o tempo de análise, em aproximadamente a metade, para pequenas quantidades de amostra a ser analisada, em porta amostra de aproximadamente 15 mL, foi desenvolvida uma metodologia utilizando a técnica de espectrometria gama baseada na medida direta dos emissores gama ^{214}Bi e ^{228}Ac , respectivamente produtos do decaimento do ^{226}Ra e ^{228}Ra . Com a redução significativa da contagem de fundo (*background*) por meio da utilização de um sistema de ventilação adequado para a eliminação da presença de radônio no ambiente do laboratório, foi possível reduzir a quantidade de amostra para análise, melhorar a eficiência de contagem com consequente aumento de sensibilidade da técnica sendo possível atingir níveis de atividade entre 0 e 3 Bq g^{-1} . Para fins de validação da metodologia foram realizados ensaios comparativos entre as duas metodologias analíticas, com base nas técnicas de contagem proporcional, utilizando o analisador Multi-detector Manual System – MDS / MPC-9604 subsystem da Protean Instrument Corporation – PIC e espectrometria gama, utilizando um detector HPGe coaxial modelo 5019, com 50% de eficiência nominal da CANBERRA. Um padrão certificado do New Brunswick Laboratory (NBL), RM 42-4 (0,520 \pm 0,006 %U) foi utilizado para fins de calibração. Os resultados obtidos por ambas as metodologias para amostras de sedimentos apresentaram boa concordância nos valores das atividades considerando os baixos níveis de atividades estudados e limites de detecção de 0,001 Bq. g^{-1} para ^{226}Ra e 0,1 Bq. g^{-1} para ^{228}Ra .

PALAVRAS-CHAVE: ^{226}Ra , ^{228}Ra , Espectrometria gama.

ABSTRACT: Radionuclides ^{226}Ra and ^{228}Ra are part of the ^{238}U and ^{232}Th decay series, respectively, and pose radiological risks if released into the environment by human activities. CDTN has been carrying out an Environmental Monitoring Program for many years, highlighting, among others, the determination of these radionuclides in solid samples, soils, sediments and plants, using the proportional counting method which involves stages of acid digestion, radiochemical separation and counting after growth 30 days for radioactive radon equilibrium resulting in a total analysis time of about 60 days. In order to reduce the analysis time by approximately half for small amounts of sample to be analyzed, in a sample port of approximately 15 mL, a methodology was developed using the gamma spectrometry technique based on the direct measurement of ^{214}Bi gamma emitters and ^{228}Ac , respectively decay products of ^{226}Ra and ^{228}Ra . With the significant reduction in the background count through the use of an adequate ventilation system to eliminate the presence of radon in the laboratory environment, it was possible to reduce the amount of sample for analysis, improve the counting efficiency with consequent increased sensitivity of the technique being possible to reach activity levels between 0 and 3 Bq g⁻¹. For the purposes of methodology validation, comparative tests were performed between the two analytical methodologies, based on proportional counting techniques, using the Multi-detector analyzer Manual System – MDS / MPC-9604 subsystem by Protean Instrument Corporation – PIC and gamma spectrometry, using a model 5019 coaxial HPGe detector with 50% nominal efficiency from CANBERRA. A New Brunswick Laboratory (NBL) certified standard, RM 42-4 (0.520 ± 0.006 %U) was used for calibration purposes. The results obtained by both methodologies for sediment samples showed good agreement in the activity values considering the low levels of activities studied and detection limits of 0.001 Bq.g⁻¹ for ^{226}Ra and 0.1 Bq. g⁻¹ for ^{228}Ra .

KEYWORDS: ^{226}Ra , ^{228}Ra , Gamma spectrometry.

1 | INTRODUÇÃO

Rádio é um elemento radioativo do qual nenhum isótopo estável é conhecido. O número de massa dos isótopos conhecidos variam de 206 a 230 e suas meia vidas ($T_{1/2}$) variam de 182 ns para ^{216}Ra a 1600 anos para ^{226}Ra . Os dois isótopos de rádio ^{226}Ra e ^{228}Ra ocorrem naturalmente e são membros das duas cadeias de decaimento: ^{226}Ra ($T_{1/2}$ = 1600 anos) pertence à série do urânio cujo precursor é o isótopo ^{238}U e ^{228}Ra ($T_{1/2}$ = 5,75 anos) é membro da série do tório cujo precursor é o isótopo ^{232}Th . ^{226}Ra emite partículas alfa ($E_{\alpha} = 4,784$ MeV e $E_{\alpha} = 4,601$ MeV) e raios gama ($E_{\gamma} = 186,21$ keV), podendo ser diretamente determinado usando sua partícula α ou suas emissões γ ou indiretamente por seus produtos de decaimento de vida curta (^{222}Rn ($T_{1/2} = 3,82$ d); ^{214}Pb ($T_{1/2} = 26,8$ m); ^{214}Bi ($T_{1/2} = 19,9$ m)). ^{228}Ra é um emissor de partícula beta de baixa energia e por esta razão técnicas que usam partículas beta ($E_{\text{Bmax}} = 2,1$ MeV) ou raios gama ($E_{\gamma} = 338,32$ keV; $E_{\gamma} = 911,20$ keV; $E_{\gamma} = 968,97$ keV) de seu produto de decaimento ^{228}Ac são usadas na determinação de sua atividade [1].

A determinação de radionuclídeos específicos tem ampla aplicação em programas de monitoração ambiental e para avaliação do padrão de qualidade e potabilidade da água. A

determinação de alguns radionuclídeos pertencentes às séries radioativas naturais do ^{235}U , ^{238}U e ^{232}Th faz parte do escopo destes programas, pois são considerados críticos, ou seja, provavelmente contribuem para uma maior dose seja por ingestão, inalação ou radiação externa [2]. Os isótopos de rádio são importantes do ponto de vista de proteção radiológica e proteção ao meio ambiente. Sua alta toxicidade tem estimulado o contínuo interesse em pesquisa de metodologias para determinação destes isótopos em diversos tipos de amostra [3]. Sendo assim, órgãos reguladores internacionais têm mostrado crescente interesse na regulamentação do nível de atividade de rádio na maioria dos produtos industriais e de consumo. A EPA (US *Environmental Protection Agency*) que regulamenta os níveis de atividade para a água de consumo humano, limita a concentração máxima para a soma de ^{226}Ra e ^{228}Ra em 185 mBq L^{-1} . Na Alemanha, a regulação para água mineral e água para consumo humano restringe, respectivamente, a concentração a valores máximos de 125 mBq L^{-1} e 20 mBq L^{-1} para ^{226}Ra e ^{228}Ra [4].

No CDTN, há um programa de monitoração ambiental responsável pela coleta de diversos tipos de matrizes como água, efluente, sedimento, filtro retentor de aerossóis, solo e plantas de forma a monitorar a liberação de rejeitos radioativos no meio ambiente, atendendo às exigências de órgãos fiscalizadores [2].

As concentrações de rádio em amostras ambientais são, tipicamente, muito baixas e, portanto, pré-concentração e preparação química para tais amostras são necessárias. Apesar disso, algumas vezes análises de concentração de atividade do rádio são feitas muito próximas ao limite de detecção. É evidente que há um grande número de técnicas disponíveis para a determinação de isótopos de rádio em amostras ambientais. Vários métodos descritos são primariamente dedicados à determinação em matriz líquida, como a água potável, entretanto é possível, usando a preparação de amostras e procedimentos de separação, adaptar todos os métodos para aplicações em outros tipos de amostras líquidas, sólidas, como sedimentos e biota, e ainda amostras de ar coletadas por filtros. A co-precipitação de bário é usada como um método de análise de rádio devido às propriedades químicas muito similares do bário e do rádio. A exploração da habilidade do bário para reagir com um excesso de íons sulfato para produzir um precipitado permite a análise quantitativa de concentrações de atividades em nível ambiental do rádio em água [5]. O método utilizado no CDTN para determinação das atividades de ^{226}Ra e ^{228}Ra se baseia na contagem da atividade alfa total e beta total de um precipitado de sulfato de bário e rádio ($\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$) utilizando um contador proporcional com fluxo gasoso.

Este trabalho apresenta um estudo de desenvolvimento de metodologia para determinação de ^{226}Ra e ^{228}Ra por espectrometria gama, objetivando a redução do tempo de análise e simplificação do processo de preparo da amostra para amostras de sedimento. Além disso, foram realizados ensaios comparativos com a metodologia atual de análise (contador proporcional) para validação da mesma.

2 | METODOLOGIA

Um aspecto interessante da espectrometria gama é a habilidade para usar amostras que frequentemente requerem pouca, ou nenhuma, preparação radioquímica. Para materiais sólidos, incluindo solos e sedimentos, a amostra pode frequentemente ser diretamente colocada no porta-amostra após unicamente uma preparação básica (por exemplo: secagem ou peneiramento). Com a grande quantidade de amostras tipicamente usadas a homogeneidade das amostras é também facilmente obtida.

Para o ^{226}Ra e ^{228}Ra , construiu-se, respectivamente, curvas padrões com as seguintes atividades do urânio ou tório, em Bequerel (Bq): $0,00 < \text{atividade} \leq 5,00$. A faixa de trabalho para a atividade para a quantidade de amostra (25 gramas) é de $0,00/25 \text{ Bq g}^{-1}$ a $5,00/25 \text{ Bq g}^{-1}$. A incerteza nos resultados é calculada como sendo o desvio padrão utilizando a equação da melhor curva obtida por estatística no ajuste dos pontos experimentais.

Escolheu-se o porta-amostra, Fig. 1, tipo placa de petri de dimensões 49x12 mm fabricadas em poliestireno cristalino, adequado às medições a serem feitas. Isto significa que o porta-amostra deve ser inerte à radiação gama, ter um volume adequado para a quantidade de amostra a ser medida e poder ser hermeticamente fechado impossibilitando a fuga do gás radônio produzido na reação de decaimento do urânio ou do tório. Para garantir o equilíbrio secular do gás radônio com seus filhos a amostra foi mantida neste porta-amostra por 30 dias antes de sua utilização na espectrometria gama. Todas as amostras foram preparadas no mesmo porta-amostra obtendo-se assim uma geometria de contagem similar.



Fig 1: Porta-amostras usados na determinação da concentração de atividade de ^{226}Ra e ^{228}Ra em amostras de sedimento.

O detector HPGe coaxial modelo 5019 tem uma eficiência nominal de 50% e é operado com um software Canberra Genie 2000 para aquisição e análise de radiação gama.

A atividade do ^{226}Ra foi determinada assumindo equilíbrio secular com seus filhos, ^{214}Pb e ^{214}Bi . Sendo que os principais picos do chumbo foram mascarados pelos picos do ^{123}Ba e eventos Compton, só os picos do ^{214}Bi em 609,32, 768,37e 1120,29 keV foram usados para determinação da atividade do ^{226}Ra . A atividade do ^{228}Ra foi determinada

assumindo equilíbrio secular com seu filho ^{228}Ac . As amostras foram colocadas diretamente sobre o detector e foram medidas por 18000 segundos.

Para fins de validação da metodologia utilizando a técnica de espectrometria gama foram realizados ensaios comparativos entre as duas metodologias a espectrometria gama e a técnica de contagem proporcional. Foram analisadas oito amostras de sedimento do Programa de Monitoração Ambiental do CDTN relativas a duas coletas (Outubro de 2015 e Janeiro de 2016) e quatro diferentes pontos de amostragem [6].

Pelo método de contagem proporcional, a determinação de ^{226}Ra e ^{228}Ra nas amostras de sedimento foi realizada por digestão ácida, separação química e contagem, após crescimento de 30 dias para equilíbrio radioativo do radônio, em contador proporcional de fluxo de gás (Multi-detector Manual System – MDS / MPC-9604 subsystem da Protean Instrument Corporation – PIC). As atividades alfa total e beta total são determinadas e relacionadas com o conteúdo de Ra-226 e Ra-228, respectivamente, no precipitado de $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$ [7].

3 | RESULTADOS

A análise de ^{226}Ra e ^{228}Ra em sedimentos, via a otimização da técnica de espectrometria gama, mostrou-se adequada sendo relativamente rápida, barata e precisa. As amostras foram analisadas por HpGe e os resultados foram obtidos da análise de diferentes registros de diferentes espectros de amostras. Espectros da radiação de fundo (*background*) foram determinados utilizando um sistema de ventilação adequado para a eliminação da presença de radônio no ambiente do laboratório [7] e as intensidades dos principais picos subtraídos dos picos das amostras de sedimentos. Um número expressivo de espectros foi analisado considerando a formação do equilíbrio secular entre ^{226}Ra e seus filhos ^{214}Pb e ^{214}Bi para obtenção da sua concentração de atividade e equilíbrio secular entre ^{228}Ra e seu filho ^{218}Ac para a determinação de sua concentração de atividade.

Os resultados de ^{226}Ra e ^{228}Ra no sedimento dos ensaios comparativos, obtidos pela espectrometria gama e pela técnica de contagem proporcional, visando a validação da metodologia desenvolvida, estão apresentados nas Tab. 1 e 2:

Amostra	Ra-226 – PIC Bq g^{-1}	Ra-226 – E. G. Bq g^{-1}	Ra-228 – PIC Bq g^{-1}	Ra-228 – E. G. Bq g^{-1}
10/007/042	$0,05 \pm 0,03$	$0,08 \pm 0,10$	$0,20 \pm 0,08$	$0,16 \pm 0,07$
10/007/043	$0,06 \pm 0,05$	$0,09 \pm 0,10$	$0,20 \pm 0,10$	$0,18 \pm 0,07$
10/007/045	$0,05 \pm 0,04$	$0,05 \pm 0,10$	$0,11 \pm 0,07$	$0,10 \pm 0,07$
10/007/051	$0,09 \pm 0,06$	$0,06 \pm 0,10$	$0,09 \pm 0,10$	$0,10 \pm 0,07$

Onde PIC = contagem proporcional.

E. G.= espectrometria gama.

Tab. 1: Resultados de Sedimento – Coleta de Outubro/2015.

Amostra	Ra-226 – PIC Bq g ⁻¹	Ra-226 – E. G. Bq g ⁻¹	Ra-228 – PIC Bq g ⁻¹	Ra-228 – E. G. Bq g ⁻¹
10/007/042	0,03 ± 0,02	0,06 ± 0,10	0,18 ± 0,06	0,17 ± 0,07
10/007/043	0,05 ± 0,04	0,09 ± 0,10	0,19 ± 0,08	0,17 ± 0,07
10/007/045	0,05 ± 0,04	0,06 ± 0,10	0,12 ± 0,07	0,10 ± 0,07
10/007/051	0,07 ± 0,05	0,05 ± 0,10	0,10 ± 0,09	0,11 ± 0,07

Onde PIC = contagem proporcional.

E. G.= espectrometria gama.

Tab. 2: Resultados de Sedimento – Coleta de janeiro/2016.

Os resultados indicam que a concentração em atividade do ²²⁶Ra e ²²⁸Ra variaram, respectivamente, de 0,05 a 0,85 Bq g⁻¹ e 0,09 a 0,19 Bq g⁻¹ para as amostras de sedimento analisadas. A detecção destas atividades muito baixas foi possível porque foram utilizadas as facilidades disponíveis no laboratório para diminuir a contagem de fundo no caso da espectrometria gama através da ventilação do ambiente de contagem.

Para ²²⁶Ra os resultados para espectrometria gama foram, praticamente, sempre maiores que aqueles para contagem proporcional. De acordo com Mairing et al.[8], o impacto de variações temporais na velocidade de contagem de certos picos provocados por variações no nível de radônio no laboratório é mais sério nas atividades calculadas nos picos para ²¹⁴Pb, os quais são usados para estimar a atividade de ²²⁶Ra.

Já para ²²⁸Ra os resultados para espectrometria gama foram, praticamente, sempre menores que aqueles para contagem proporcional. É interessante notar, que os resultados para a atividade do ²²⁸Ra apresentam um erro menor quando consideradas as duas coletas na comparação dos dois métodos.

4 | CONCLUSÃO

Foram realizados ensaios comparativos entre duas metodologias analíticas, com base nas técnicas de contagem proporcional e na espectrometria gama. Os resultados obtidos por ambas as metodologias para amostras de sedimentos apresentaram boa concordância nos valores de atividades considerando os baixos níveis de atividades estudados e limites de detecção de 0,001 Bq g⁻¹ para ²²⁶Ra e de 0,1 Bq g⁻¹ para ²²⁸Ra.

Os métodos foram comparados com respeito à exatidão, limites de detecção e tempo gasto para as determinações. Os métodos para ambos os radionuclídeos, ²²⁶Ra e ²²⁸Ra, concordam dentro da incerteza experimental, apresentam limites de detecção semelhantes e na espectrometria gama diminui-se o tempo e o custo da análise em relação à contagem proporcional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CDTN pelo suporte técnico ao trabalho desenvolvido.

REFERÊNCIAS

[1] M. Kobler, W. Preube, W. Gleisberg, B. Schafer, I. T. Heinrich and B. Knobus, "Comparison of methods for the analysis of ^{226}Ra in Water Samples", *Applied Radiation and Isotopes* 61, pp. 387-392, (2002).

[2] C. M. Peixoto e V. M. F. Jacomino, "Programa de monitoração ambiental do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Revisão 2008". CNEN/CDTN, Belo Horizonte, Publicação CDTN-963, (2008).

[3] H. M. Diab and W. M. Abdellah, "Validation of ^{226}Ra e ^{228}Ra Measurements in Water Samples Using Gama Spectrometry analysis," *Journal of Water Resource and Protection*, Vol. 5, pp. 53-57, (2013).

[4] IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications No. IAEA/AQ/19, "Analytical Methodology for the Determination of Radium Isotopes in Environmental Samples", International Atomic Energy Agency, Vienna (2010).

[5] W. C. Burnet and W. C. Tai, "Determination of Radium in Natural Waters by a Liquid Scintillation", *Analytical Chemistry*, Vol. 64(15), pp. 1691-1697, (1992).

[6] Peixoto, C. M. e Jacomino, V. M. F. "Programa de Monitoração Ambiental do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear", Publicação CDTN, 918, 2003.

[7] J. M. Godoy et al., "Development of a sequential method for the determination of ^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{228}Th , ^{226}Ra , ^{228}Ra and ^{210}Pb in environmental samples," *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 182(1), pp. 165–169 (1994).

[8] A. Muring, T. Gafvert, T. B. Aleksandersen., "Implications for analysis of ^{226}Ra in a low-level gamma spectrometry laboratory due to variations in radon background levels," *Applied Radiation and Isotopes*, Vol. 94, pp 54-59, (2014).

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerogeradores 219
Agentes de navegação cooperativos 127
Alpaca 242, 243, 244, 248, 255
Análise por ativação neutrônica 99, 100, 105, 106
Antena de Microfita 155, 158
Antena Espiral 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 164
Arquitetura de subsunção 127
Árvores de decisão 109, 111, 117, 125, 179, 180, 181, 182, 189
Assinatura acústica 219, 228, 229, 230
Automação distribuída 140, 142

B

Bandeiras têxteis 314, 324, 325

C

Capex 167, 168
Cidade 1, 2, 3, 5, 6, 7, 20, 21, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 53, 54, 55, 56, 58, 63, 64, 65, 66, 73, 75, 80, 99, 315
Conexão 41, 42, 43, 48, 175, 176, 177, 183, 296
Conexões 41, 66, 142, 149, 167, 172, 174, 175, 176, 177
Conforto térmico 63, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 73, 74, 75
Construção 1, 3, 26, 42, 44, 50, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 76, 77, 79, 80, 84, 88, 89, 90, 91, 150, 168, 169, 243, 294, 295, 324
Construção Civil 55, 56, 57, 58, 61, 62, 76, 77, 80, 88, 89, 90, 91
Controladores lógicos programáveis 140, 141
Controle 7, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 109, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 154, 170, 180, 243, 244, 245, 260, 281, 287
Cristais fonônicos 234, 236
Custos 55, 62, 108, 167, 168, 169, 170, 171, 181

D

Defeitos 234, 235, 261, 262, 315

E

Edifício 3, 4, 41, 42, 43, 44, 45, 50, 51, 52

Eficiência 92, 95, 99, 104, 156, 195, 197, 200, 264, 292

Enchentes 1, 2, 3, 4, 5

Espaços abertos 49, 63, 66, 74, 75

Espectrometria gama 92, 94, 95, 96, 97, 104

F

Filmes finos de óxido de zinco 256, 268

G

Gerenciamento de risco 276, 277, 278, 285, 287

Gestão 5, 55, 56, 58, 59, 62, 73, 75, 78, 88, 113, 154, 167, 168, 169, 171, 178, 276, 283, 299, 326

I

Inteligência artificial 111, 276, 278

Interação solo-estrutura 22, 23, 26, 27, 29, 35, 36, 39, 40

Inventário 78, 79, 83, 85, 167, 168, 169, 170, 171, 177

J

Jeanswear 314, 315, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324

L

Lâmpada UV-C 195, 196, 197, 198, 199, 200

Localização de faltas 179, 180, 182, 183, 191, 193

M

Mapas cognitivos dinâmicos 127

Medidores inteligentes 179, 180, 182, 183, 184, 185, 189, 191, 192

Método dos elementos finitos 22, 23, 27, 32, 39, 40, 234, 235

Microestrutura 242, 244, 245, 247, 252, 253, 254, 255

Milho 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107

N

Nanopartículas de prata 256, 257, 258, 261, 264, 265, 267, 268

Norma IEC 61499 140, 141, 142, 143, 144, 153, 154

Nutrientes 99, 100

O

Obras 42, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62

Opex 167, 168

P

Percepção térmica 63, 70, 72

Planejamento 21, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 79, 168, 171, 172, 246

Polarização 155, 156, 163, 164

População Ribeirinha 1, 2, 4

Processo 7, 26, 27, 45, 57, 58, 76, 78, 79, 84, 86, 94, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 124, 141, 144, 145, 153, 171, 172, 182, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 231, 243, 245, 247, 249, 252, 268, 276, 279, 280, 289, 290, 299, 316, 317

R

Recall 276, 277, 283, 284, 285, 286, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 299

Redes 7, 14, 17, 18, 19, 20, 109, 111, 138, 141, 142, 143, 155, 159, 167, 169, 170, 171, 172, 177, 179, 180

Redes elétricas inteligentes 169, 179, 180

Redução 7, 18, 20, 92, 94, 167, 168, 169, 197, 252, 268, 276, 278, 316

Rendimento 122, 195, 202

Robótica de enxame 127

Ruído 219, 220, 223, 225, 228, 229, 231, 234

S

Sapata 22, 24, 25, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 38, 39

Saúde Pública 8, 219, 224, 231, 281

Sensores de gás 256, 258

Simulação estrutural 22, 23

Sistema Multiagentes 127

Sistemas de distribuição 179, 180

Sonogramas 219, 226, 228

T

Tecidoteca 314, 315, 324, 325

Técnicas construtivas 1, 5

Tecnologias cognitivas 276, 278

Telecomunicações 167, 168, 169, 170, 177, 326

Transformadores reguladores de tensão 140, 141

Turbinas eólicas 219, 230

V

Variáveis térmicas de solidificação 242, 244, 248, 249, 255

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora


📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias



Atena
Editora
Ano 2022

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias

