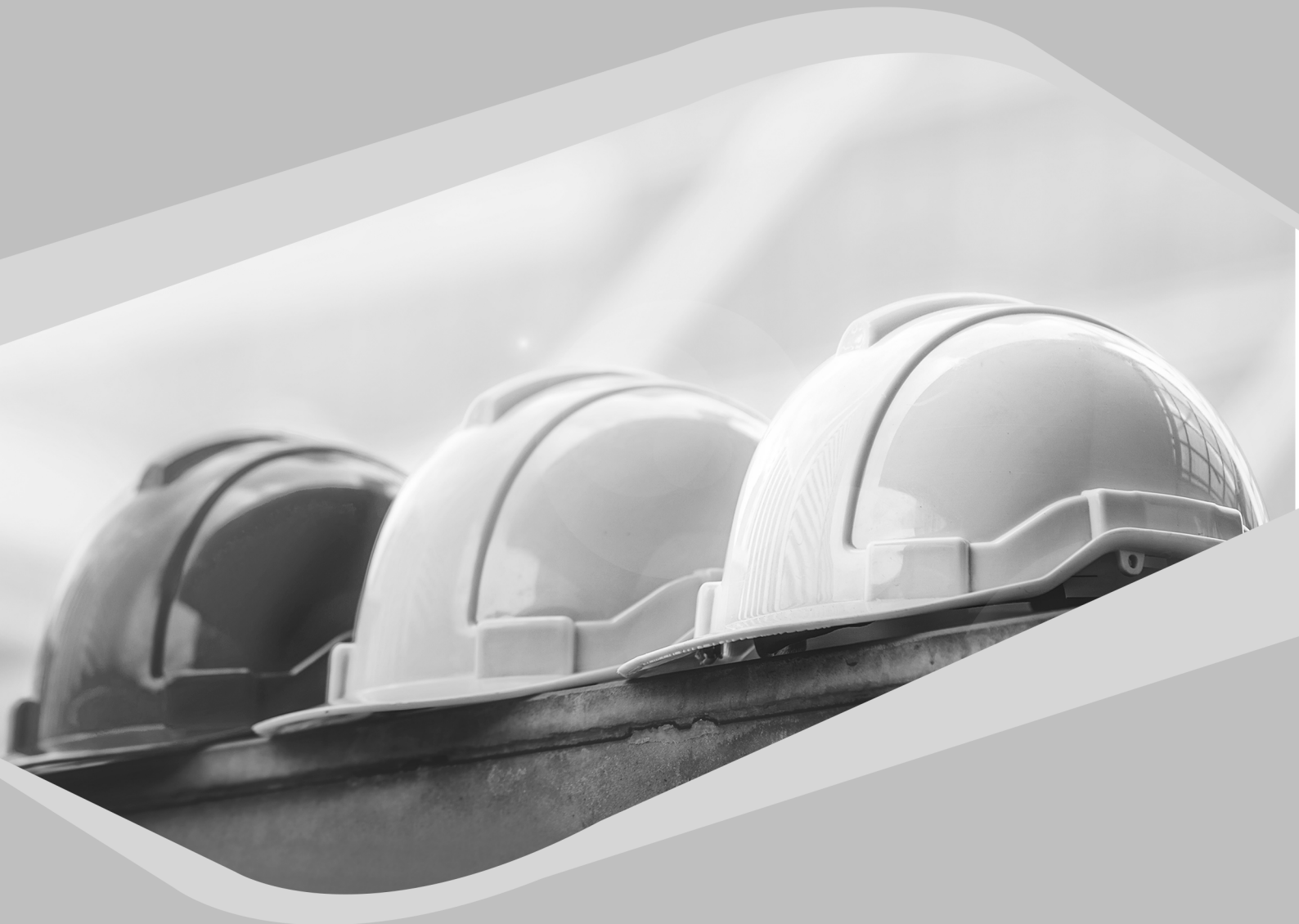


**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO
(ORGANIZADORES)**



**RESULTADOS DAS PESQUISAS
E INOVAÇÕES NA ÁREA
DAS ENGENHARIAS**

**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO
(ORGANIZADORES)**



**RESULTADOS DAS PESQUISAS
E INOVAÇÕES NA ÁREA
DAS ENGENHARIAS**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
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. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

R436 Resultados das pesquisas e inovações na área das engenharias [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-86002-21-8

DOI 10.22533/at.ed.218200303

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.
3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

A obra “Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias” contempla dezoito capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas e inovações aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia.

A constante transformação que a sociedade vem sofrendo é produto de um trabalho de desenvolvimento de pesquisas e tecnologia que aplicadas se tornam inovação.

O estudo sobre materiais e seu comportamento auxiliam na compreensão sobre seu uso em estruturas e eventualmente podem determinar o aparecimento ou não de patologias.

As pesquisas sobre a utilização de ferramentas computacionais permitem o aprimoramento da gestão de diversas atividades e processos de produção.

São abordadas também nessa obra as pesquisas sobre a forma de ensinar, utilizando as tecnologias em favor do processo de ensino e aprendizagem.

Diante disso, esperamos que esta obra instigue o leitor a desenvolver ainda mais pesquisas, auxiliando na constante transformação tecnológica que o mundo vem sofrendo, visando a melhoria da qualidade de vida na sociedade. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE JUNTAS SOLDADAS DISSIMILARES NA PROPAGAÇÃO DE TRINCAS | |
| Daniel Nicolau Lima Alves Marcelo Cavalcanti Rodrigues José Gonçalves de Almeida | |
| DOI 10.22533/at.ed.2182003031 | |
| CAPÍTULO 2 | 13 |
| ANÁLISE DE ÍONS DE CLORETO E SUA INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO | |
| Ana Paula dos Santos Pereira Danielle Cristina dos Santos Lisboa Lucas Nadler Rocha Alberto Nunes Rangel Claudemir Gomes de Santana Renata Medeiros Lobo Müller | |
| DOI 10.22533/at.ed.2182003032 | |
| CAPÍTULO 3 | 25 |
| ANÁLISE DO SISTEMA CONSTRUTIVO E SEUS MATERIAIS CONSTITUINTES COM ENFÂSE NO AÇO COMO SOLUÇÃO PARA REFORÇOS ESTRUTURAIS | |
| Marcos Bressan Guimarães Vinícius Marcelo de Oliveira Maicá Diorges Carlos Lopes Rafael Aésio de Oliveira Zaltron Arthur Baggio Pietczak Bianca Milena Girardi Bruna Carolina Jachinski | |
| DOI 10.22533/at.ed.2182003033 | |
| CAPÍTULO 4 | 38 |
| UTILIZAÇÃO DE SIG NA GESTÃO DOS IMPACTOS DA ÁGUA RESIDUAL DA ETE NO MUNICÍPIO DE CANDEIAS – BAHIA | |
| Gisa Maria Gomes de Barros Almeida. Helder Guimarães Aragão. Rodrigo Alves Santos. | |
| DOI 10.22533/at.ed.2182003034 | |
| CAPÍTULO 5 | 47 |
| AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE INSTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EM CONCRETO ARMADO COM INCLUSÃO DE NÚCLEOS RÍGIDOS | |
| Thadeu Ribas Lugarini Ana Carolina Virmond Portela Giovannetti | |
| DOI 10.22533/at.ed.2182003035 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 6 | 58 |
| APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS BIM NO ORÇAMENTO DE OBRA - ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DASOS | |
| Susan Pessini Sato | |
| Leonardo Padoan dos Santos | |
| Bruno Pscheidt Cenovicz | |
| DOI 10.22533/at.ed.2182003036 | |
| CAPÍTULO 7 | 69 |
| LOW-COST SUNLIGHT CONCENTRATORS TO IMPROVE HEAT TRANSFER DURING WATER SOLAR DISINFECTION | |
| Bruno Ramos Brum | |
| Rossean Golin | |
| Zoraidy Marques de Lima | |
| Danila Soares Caixeta | |
| Eduardo Beraldo de Moraes | |
| DOI 10.22533/at.ed.2182003037 | |
| CAPÍTULO 8 | 81 |
| ESTUDOCOMPARATIVOUSANDODIFERENTESRESINASPARADETERMINAÇÃO DE ISÓTOPOS DE TÓRIO | |
| Mychelle Munyck Linhares Rosa | |
| Maria Helena Tirollo Taddei | |
| Luan Teixeira Vieira Cheberle | |
| Paulo Sergio Cardoso da Silva | |
| Vera Akiko Maihara | |
| DOI 10.22533/at.ed.2182003038 | |
| CAPÍTULO 9 | 88 |
| DESENVOLVIMENTO EM LABORATÓRIO DE UM TUBO DE VENTURI ACOPLADO A UM RESERVATÓRIO PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO, VELOCIDADE E VAZÃO DE FLUIDOS | |
| Joilson Bentes da Silva filho | |
| Adalberto Gomes de Miranda | |
| José Costa de Macêdo Neto | |
| DOI 10.22533/at.ed.2182003039 | |
| CAPÍTULO 10 | 96 |
| PROPOSTADEDESIGNDOCOMPONENTETANQUEMODULARDECOMBUSTÍVEL PARA AERONAVE AS 350 ESQUILO | |
| Abilio Augusto Corrêa | |
| Daniel Brogini de Assis | |
| DOI 10.22533/at.ed.21820030310 | |
| CAPÍTULO 11 | 107 |
| OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA MICROEMPRESA DE DOCES ARTESANAIS DA AMAZÔNIA UTILIZANDO O PDCA | |
| Karla Josiane de Lima Baia | |
| Rita de Cássia Ferreira Xavier | |
| Maria Beatriz Costa de Souza | |
| David Barbosa de Alencar | |
| DOI 10.22533/at.ed.21820030311 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 12 | 118 |
| AUDITORIA INTERNA COMO PROVIMENTO À GESTÃO DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL | |
| Phelippe Moura da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.21820030312 | |
| CAPÍTULO 13 | 125 |
| APLICAÇÕES DE REDES DE SENSORES SEM FIO | |
| Arthur M. Barbosa | |
| Paulo Fernandes da Silva Júnior | |
| Ewaldo Eder Carvalho Santana | |
| Marcos Erike Silva Santos | |
| Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira | |
| Pedro Carlos de Assis Júnior | |
| Marcelo da Silva Vieira | |
| Rodrigo César Fonseca da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.21820030313 | |
| CAPÍTULO 14 | 145 |
| A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FÉRREO “CAXIAS DO SUL – PORTO DO RIO GRANDE”: UM ESTUDO DE PERSPECTIVA ECONÔMICO-LOGÍSTICO NO ESCOAMENTO DE CARGAS | |
| Giovanni Luigi Ferreira Schiavon | |
| Helenton Carlos da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.21820030314 | |
| CAPÍTULO 15 | 155 |
| CONTROLE DE SISTEMAS LINEARES BASEADOS EM LMIS | |
| Ana Flávia de Sousa Freitas | |
| Amanda Viera da Silva | |
| Wallysonn Alves de Souza | |
| Rafael Pimenta Alves | |
| DOI 10.22533/at.ed.21820030315 | |
| CAPÍTULO 16 | 162 |
| APOIO À DECISÃO ASSOCIANDO A COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS AO MONTE CARLO AHP (CPP-MCAHP) | |
| Luiz Octávio Gavião | |
| Annibal Parracho Sant’Anna | |
| Gilson Brito Alves Lima | |
| Pauli Adriano de Almada Garcia | |
| Sergio Kostin | |
| DOI 10.22533/at.ed.21820030316 | |
| CAPÍTULO 17 | 178 |
| EVOLUÇÃO DAS PESQUISAS CIENTÍFICAS ACERCA DA APLICABILIDADE DAS METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: UMA ANÁLISE NOS PERIÓDICOS INDEXADOS PELA SCOPUS | |
| Lucas Capita Quarto | |
| Sônia Maria da Fonseca Souza | |
| Cristina de Fátima de Oliveira Brum Augusto de Souza | |

Fabio Luiz Fully Teixeira
Fernanda Castro Manhães

DOI 10.22533/at.ed.21820030317

CAPÍTULO 18 192

PROJETO DE DESIGN DE MASCOTE PARA JOGO MOBILE

Cristina Trentini
Airam Teresa Zago Romcy Sausen
Paulo Sérgio Sausen
Maurício De Campos
Fabiane Volkmer Grossmann

DOI 10.22533/at.ed.21820030318

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 198

ÍNDICE REMISSIVO 199

ESTUDO COMPARATIVO USANDO DIFERENTES RESINAS PARA DETERMINAÇÃO DE ISÓTOPOS DE TÓRIO

Data de aceite: 27/02/2020

Data de submissão: 27/11/2019

Mychelle Munyck Linhares Rosa

Ambientis Radioproteção

Barueri – SP

<http://lattes.cnpq.br/8598605750156425>

Maria Helena Tirollo Taddei

Comissão Nacional de Energia Nuclear /
Laboratório de Poços de Caldas (CNEN / LAPOC)

Poços de Caldas – MG

<http://lattes.cnpq.br/6725354568006924>

Luan Teixeira Vieira Cheberle

Ambientis Radioproteção

Barueri – SP

<http://lattes.cnpq.br/8738008402382900>

Paulo Sergio Cardoso da Silva

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
(IPEN / CNEN - SP)

São Paulo – SP

<http://lattes.cnpq.br/2223288359945590>

Vera Akiko Maihara

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
(IPEN / CNEN - SP)

São Paulo – SP

<http://lattes.cnpq.br/0927285681187372>

RESUMO: O tório é um elemento radioativo natural que é amplamente encontrado na crosta terrestre. É um elemento muito comum

em formações minerais nas regiões de altos níveis de radioatividade natural, portanto, a determinação do mesmo em amostras ambientais é de extrema importância. Os isótopos de tório (^{228}Th , ^{230}Th e ^{232}Th) foram determinados em um material de referência, amostra IAEA Soil-327, para a validação dos dois métodos, esses isótopos também foram analisados em dois grupos de amostras de alimentos, empregando as diferentes resinas. A preparação inicial aplicando uma dissolução ácida foi a mesma para ambos, no primeiro foi utilizada a resina de troca iônica (DOWEX 1x2) e a eletrodeposição em plaquetas de prata. No segundo método, foi utilizada microprecipitação com fluoreto de cério e a resina cromatográfica específica (TEVA). No final, ambas as análises foram quantificadas por espectrometria alfa. Nos dois métodos os resultados foram satisfatórios para o material de referência, com um erro relativo inferior a 4% para ^{228}Th , ^{230}Th e ^{232}Th . A análise de variância para amostras de alimentos analisados mostrou não haver diferença significativa entre os métodos utilizados para a determinação dos isótopos de tório. As principais diferenças encontradas entre os métodos foram resolução de espectro, tempo e custo da análise.

PALAVRAS-CHAVE: Isótopos de tório, eletrodeposição, microprecipitação.

A COMPARATIVE STUDY USING DIFFERENT RESINS TO DETERMINE THORIUM ISOTOPES

ABSTRACT: Thorium is a naturally occurring radioactive element that is widely distributed in the crust of the Earth. This element is very common in mineral formations in regions with high levels of natural radioactivity, therefore, its determination in environmental samples is important. Thorium isotopes (^{228}Th , ^{230}Th , and ^{232}Th) were determined in a reference material, the IAEA Soil 327 sample, to validate the two methods, these isotopes were also analyzed in two groups of food samples, employing these different resins. The initial preparation with acid dissolution is the same to both, in the first is used anion exchange resin (DOWEX 1x2) and electrodeposition in silver planchets. And in the second method is used a specific chromatographic resin (TEVA) and cerium fluoride microprecipitation. At the end both analyses are quantified by alpha spectrometry. The two methods the results obtained were satisfactory for the reference material used, with relative error of less than 4% for ^{228}Th , ^{230}Th , and ^{232}Th . The analysis of variance for samples foods analyzed seen to be no significant difference between the methods used for thorium isotopes determination. The main differences found between methods were spectrums resolutions, time and cost of analysis.

KEYWORDS: Thorium isotopes, electrodeposition, microprecipitation.

1 | INTRODUCTION

Thorium is a radioactive element that occurs naturally in low concentrations in the Earth's crust. In its pure form is a silvery-white heavy metal that is about as dense as lead. In nature, almost all thorium is thorium-232, although several additional isotopes can be present in small amounts. Of the 26 known isotopes of thorium, only 12 have half-lives greater than one second, and of these only 3 have half-lives sufficiently long to warrant a concern (MASSARI & RUBERTI, 2013).

The most important thorium isotopes are ^{232}Th and ^{228}Th of the natural thorium series and ^{234}Th and ^{230}Th which are decay products of natural uranium series (LAURIA et al, 2012).

Thorium is generally a health hazard only if it is taken into the body. External gamma exposure is not a major concern because thorium emits only a small amount of gamma radiation (MASSARI & RUBERTI, 2013).

The longer-lived naturally occurring isotopes of thorium are all alpha emitters, so the alpha spectrometry technique can be used to quantify them directly (LIESER, 2001).

The electrodeposition is very used on the preparation of thorium samples. Electrodeposition is one of more possibilities for application of electro-gravimetric methods to determine of some trace amount radionuclides (MÁTEL & HOLÝ, 2006).

An alternative method of preparing actinide alpha counting sources was

developed instead of electrodeposition. The method uses micro-precipitation with cerium fluoride and provides a quicker, simpler way of preparing alpha counting sources in routine, production-type laboratories that process many samples daily (MAXWELL, 2008).

In this study thorium isotopes, ^{228}Th , ^{230}Th , and ^{232}Th , were determined in a reference material, the IAEA Soil 327 sample, to validate the two methods. These isotopes were also analyzed in two groups of food samples belonging to the diet of the population of a city in southeastern Brazil, using electrodeposition in silver planchets for one group and cerium fluoride microprecipitation for the other group.

2 | MATERIALS AND METHODS

The Reference Material IAEA- Soil 327 (IAEA, 2001) was analyzed to compare the methods using different resins to determine thorium radioisotopes. Approximately 2 g of sample were dissolved with three concentrate acids (nitric, perchloric, and hydrofluoric) for both methods.

The samples of the two analyzed groups were dried at 75 °C and crushed. Approximately 100 g of food sample was burnt to obtain ash at 450 °C for 24 hours in a muffle furnace. After that, the ash samples were dissolved with two concentrate acids (nitric, and perchloric). The final solution was evaporated, and the salts are dissolved with 8 M nitric acid and 3 M nitric acid, for groups one and two, in order.

The ^{229}Th tracer was added in the sample solution containing thorium to determine the chemistry recuperation. For the first method the final solution was evaporated, and the salts dissolved with 8 M nitric acid for determination using anion exchange resin (DOWEX 1x2) and electrodeposition. For the other method, the salts were dissolved with 3 M nitric acid and the determination of Th radioisotopes were done using the specific chromatographic resin (TEVA) and microprecipitation.

Method 1: Anion exchange resin (DOWEX 1x2) and electrodeposition – Radiochemistry Th separation was carried out using DOWEX 1x2 anion exchange resin preconditioned with 8 M nitric acid. The sample in nitric media was percolated through anion column DOWEX 1x2 resin. Thorium was retained and eluted with concentrated hydrochloric acid.

The eluted solution was dried on a hot plate and the salts dissolved with the electroplating solution at pH 2.3. The electroplating solution was prepared using concentrated sulfuric acid, 0.3 M sodium sulfate and deionized water.

The radioisotopes were electrodeposited on polished silver planchets using an

electrical current of 1.0 A for 90 minutes.

Method 2: Chromatographic resin (TEVA) and microprecipitation – Radiochemistry Th separation was carried out using the TEVA, that is a specific chromatographic resin, pre-conditioned with 3 M nitric acid. The sample in nitric media was percolated through TEVA resin. Thorium was retained and eluted with 6 M HCl and 9 M HCl.

The eluted fraction was micro-precipitated with a solution of Cerium Fluoride. The precipitate obtained was filtered using a polypropylene filter with 0.1 μm porosity and 2.5 cm diameter and dried under a lamp.

Thorium isotopes quantification: The Th radioisotopes for both methods were analyzed in an Alpha Analyst spectrometer with 12 PIPS (Passivated Implanted Planar Silicon) detectors (counting efficiency 18%), and Genie 2000/Alpha Analyst spectroscopy systems, from Canberra Industries for 200,000 seconds.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

Validation of methods: The activity concentrations of ^{228}Th , ^{230}Th , and ^{232}Th radioisotopes in the IAEA- Soil 327 obtained after radiochemistry separations are presented in the Table 1.

| Radionuclide | Method 1 Bq/kg | Method 2 Bq/kg | Recommended Value Bq/kg | 95% Confidence Interval |
|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| ^{228}Th | 37.0 \pm 1.7 | 37.3 \pm 1.6 | 38.2 | 37.2 – 39.2 |
| ^{230}Th | 33.3 \pm 1.5 | 33.2 \pm 1.6 | 34.1 | 32.4 – 35.8 |
| ^{232}Th | 37.6 \pm 1.7 | 37.2 \pm 1.5 | 38.7 | 37.2 – 40.2 |

Table 1: Results for different methods – IAEA-Soil 327.

The relative error (RE) was used as a measure of precision. RE is expressed as a percentage and has no units. The RE for analysis are present in the Table 2.

| Radionuclide | RE (%) Method 1 | RE (%) Method 2 |
|-------------------|--------------------|--------------------|
| ^{228}Th | 3.14 | 2.36 |
| ^{230}Th | 2.35 | 2.69 |
| ^{232}Th | 2.84 | 3.86 |

Table 2: The relative error.

By the results obtained these methodologies can be considered effective and efficient, since they presented relative error less than or equal to 4 %.

Foods samples analyzed: The activity concentrations of ^{228}Th , ^{230}Th and ^{232}Th radioisotopes in both groups of food samples obtained after radiochemistry separations are presented in the Table 3.

| Food Samples | Method 1 (Bq/kg) | | | Method 2 (Bq/kg) | | |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | ^{228}Th | ^{230}Th | ^{232}Th | ^{228}Th | ^{230}Th | ^{232}Th |
| Cereal | $0,12 \pm 0,01$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,19 \pm 0,01$ | < 0,01 | < 0,01 |
| Beans | $0,35 \pm 0,02$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,59 \pm 0,02$ | < 0,01 | $0,03 \pm 0,01$ |
| Vegetables | $0,37 \pm 0,02$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,68 \pm 0,04$ | $0,04 \pm 0,05$ | $0,01 \pm 0,01$ |
| Fruits | $0,14 \pm 0,01$ | < 0,01 | $0,01 \pm 0,003$ | $0,21 \pm 0,01$ | < 0,01 | $0,01 \pm 0,01$ |
| Nuts and Seeds | $4,05 \pm 0,15$ | $0,03 \pm 0,01$ | $0,03 \pm 0,01$ | $0,87 \pm 0,12$ | $0,01 \pm 0,003$ | < 0,01 |
| Flours, Pasta and Bakery Products | $0,15 \pm 0,02$ | $0,01 \pm 0,004$ | $0,01 \pm 0,004$ | $0,39 \pm 0,02$ | $0,06 \pm 0,01$ | < 0,01 |
| Cakes and Biscuits | $0,30 \pm 0,02$ | $0,06 \pm 0,01$ | $0,06 \pm 0,01$ | $0,29 \pm 0,44$ | < 0,01 | < 0,01 |
| Cattle Meat (beef) | $0,10 \pm 0,01$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,40 \pm 0,06$ | $0,07 \pm 0,01$ | $0,02 \pm 0,01$ |
| Pork | $0,04 \pm 0,01$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,36 \pm 0,04$ | $0,04 \pm 0,01$ | $0,01 \pm 0,01$ |
| Poultry | $0,03 \pm 0,01$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,19 \pm 0,01$ | $0,01 \pm 0,003$ | < 0,01 |
| Fish | $0,12 \pm 0,01$ | $0,03 \pm 0,005$ | $0,03 \pm 0,004$ | $0,30 \pm 0,04$ | < 0,01 | $0,02 \pm 0,01$ |
| Industrialized Meat and Offal | $0,25 \pm 0,01$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,37 \pm 0,05$ | $0,05 \pm 0,01$ | $0,01 \pm 0,01$ |
| Eggs | $0,08 \pm 0,01$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,50 \pm 0,08$ | < 0,01 | < 0,01 |
| Dairy Products | $0,05 \pm 0,01$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,87 \pm 0,17$ | $0,04 \pm 0,01$ | < 0,01 |
| Sweets | $0,07 \pm 0,01$ | $0,02 \pm 0,01$ | < 0,01 | $0,77 \pm 0,02$ | $0,05 \pm 0,01$ | $0,10 \pm 0,01$ |
| Oils and Fats | $0,31 \pm 0,05$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,45 \pm 0,07$ | $0,02 \pm 0,02$ | $0,02 \pm 0,01$ |
| Beverages | $0,03 \pm 0,01$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,03 \pm 0,01$ | < 0,01 | < 0,01 |
| Industrialized Products | $0,07 \pm 0,01$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,57 \pm 0,02$ | $0,03 \pm 0,003$ | < 0,01 |
| Salt | $0,26 \pm 0,04$ | < 0,01 | < 0,01 | $0,21 \pm 0,04$ | < 0,01 | < 0,01 |
| Water | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |

Table 3: Results for different methods – foods samples analyzed

The chemistry recovery analysis for method 1 (anion exchange resin and electrodeposition) varied from 62 e 100 % and for method 2 (chromatographic resin and microprecipitation) between 52 to 100 %.

The two methods employed in this study for thorium isotopes determination in food samples belonging to the diet of the population of a city in southeastern Brazil, were compared by applying analysis of variance ANOVA. This test presented, a statistical probability of approximately 95 %, meaning that both methods fit model well. The analysis of variance presents a *p-value* of 0.12036, greater than 0.05. Thus, there seen to be no significant difference between the methods used for thorium isotopes determination.

The main differences found between the method using exchange resin (DOWEX 1x2) and electrodeposition, and the specific chromatographic resin (TEVA) and microprecipitation are spectrum resolutions. The microprecipitation showed a

spectrum with not good resolution.

However, the time and cost of analysis using the specific chromatographic resin (TEVA) and microprecipitation is smaller and less expensive about the method exchange resin (DOWEX 1x2) and electrodeposition.

Typically, the method using TEVA resin takes two to three days while the other method takes up to six days. Besides the method using the ion exchange resin spends larger amounts of acids due to the large volume of the resin and at the end of the analysis still has the value of the silver planchets for electrodeposition which makes it more expensive.

The method for the determination of actinides and strontium in samples has been developed at the Savannah River Site Environmental Lab (Aiken, SC, USA) that could be used in emergency response situations. The method utilizes a rapid acid digestion method and a streamlined column separation process with stacked TEVA, TRU and Sr resin cartridges. Alpha emitters were prepared using cerium fluoride microprecipitation for counting by alpha spectrometry (MAXWELL et al, 2010).

Quantitative methods for the determination of actinides have been developed for environmental samples. The procedures include aggressive dissolution, separation by anion-exchange resin, separation and purification by extraction chromatography (e.g., TRU, TEVA and UTEVA resins). Anion exchange has proved to be a strong tool to treat large volume samples, and extraction chromatography shows an excellent selectivity and reduction of the amounts of acids (LEE et al, 2005).

4 | CONCLUSION

Although exchange resin (DOWEX 1x2) and electrodeposition technique requires a refined chemistry process in relation to the chromatographic resin (TEVA) and microprecipitation technique, that requires little treatment of the sample, both methods presented high precision and good accuracy in the results. After the various analyzes in this study, it was possible to conclude that both methods are suitable for determination of thorium radioisotopes.

REFERENCES

IAEA – International Atomic Energy Agency. **Reference Sheet: Reference Material IAEA-327 Radionuclides in Soil**. Vienna, 2001.

LAURIA, D. C.; ROCHEDO, E. R. R.; GODOY, M. L. D. P.; SANTOS, E. E.; HACON, S. S. Naturally occurring radionuclides in food and drinking water from a thorium-rich area. **J. Radiation and Environmental Biophysics**, v. 51, p. 367-374, 2012.

LEE, S. H.; LA ROSA, J.; GASTAUD, J.; POVINEC, P. P. The development of sequential separation methods for the analysis of actinides in sediments and biological materials using anion-exchange

resins and extraction chromatography. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 263 (2), p. 419–425, 2005.

LIESER, K. H. **Nuclear Chemistry and Radiochemistry - Fundamentals and Applications**, 2nd ed. Darmstadt, Wiley-VCH, 2001.

MASSARI, S.; RUBERTI, M. Rare earth elements as critical raw materials: Focus on international markets and future strategies. **Elsevier**, v. 38 (1), pp. 36-43, 2013.

MÁTEL, L.; HOLÝ, K. **Prírodná rádioaktivita V. Chemické a rádiochemické kontaminanty životného prostredia**, **Omega Info**, Bratislava, 2006.

MAXWELL S. Rapid analysis of emergency urine and water samples. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 275 (3), p. 497–502, 2008.

MAXWELL, S.; CULLIGAN, B. K.; NOYES, G. W. Rapid separation method for actinides in emergency air filter samples. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 68(12), p. 2125-2131, 2010.

ÍNDICE REMISSIVO

A

AHP estocástico 162

Aluminized tetra pak package 69

Análise 1, 2, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 20, 24, 25, 26, 27, 29, 37, 42, 43, 44, 45, 48, 49, 56, 57, 64, 81, 102, 109, 110, 113, 118, 122, 123, 134, 155, 156, 160, 162, 163, 173, 177, 178, 181, 182, 183, 185, 189, 190, 191, 193

Auditoria 118, 119, 121, 122, 123, 124

Auditoria interna da qualidade 118, 119, 121

B

Bim 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68

Bipartição do tanque 96

C

Campo de deformação 1, 8, 9, 10

Campo de tensão 1, 10

Carro de competição 126, 134, 141

Colunas manométricas 88, 93, 94

Comparação 49, 55, 58, 61, 64, 65, 105, 132, 148, 149, 164, 171, 174, 193

Concreto 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 37, 47, 48, 49, 52, 56, 57, 62

Contaminação de combustível 96, 97

Controle de sistemas lineares 155, 160

Corrosão 3, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 23, 24, 101

Cpp-mcahp 162, 163, 165, 166, 168, 174

D

Dados geoespaciais 38, 40

Desigualdades matriciais lineares 155, 156

Desvios de trinca 1

Drinking water 69, 70, 78, 79, 80, 86

Durabilidade 13, 14, 15, 18, 19, 22, 23

E

Edifícios de concreto armado 47, 57

Efluente 38, 39, 43, 44

Eletrodeposição 81

Envelhecimento 13, 14, 19, 22, 24

Equação de bernoulli 88, 90, 93, 95

Escherichia coli 69, 70, 71, 72, 79

Estruturas metálicas 5, 26, 32, 33, 37

Ete 38, 39, 40, 43, 44, 45

F

Fabricação artesanal 107

Foil from beverage can 69

G

Gerenciamento da produção 107

I

Instabilidade global 47, 56

Isótopos de tório 81

J

Juntas soldadas dissimilares 1, 2

L

Lmis 155

M

Microprecipitação 81

Mirror 69, 71, 72, 74, 77, 78

Monte carlo 162, 163, 164, 168, 175, 176, 177

N

Núcleos rígidos 47, 49, 51, 55, 56

O

Orçamento 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 198

Otimização de processos 107

P

Pseudomonas aeruginosa 69, 70, 71, 72, 79, 101

Q

Qgis 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45

Qualidade 16, 23, 39, 40, 41, 45, 67, 108, 111, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 146, 181, 182, 186

Qualidade ambiental urbana 125, 126

Quantitativos 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 184

R

Redes de sensores sem fio 125, 126, 127, 143

Reforço estrutural 25, 26, 27, 29, 32, 37, 99

S

Sig 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 197

Sistema bola-viga 155, 156, 158, 160

Sodis 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80

Subabastecimento 96, 97

T

Tubo de venturi 88, 92, 93, 95

 **Atena**
Editora

2 0 2 0