



Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)



Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 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 Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

Prof^ª Dr^ª 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 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
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Projeto, análise e otimização na área das engenharias

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P964 Projeto, análise e otimização na área das engenharias /
Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-696-6

DOI 10.22533/at.ed.966210601

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz
(Organizador). II. 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

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.

APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril. Destaca-se ainda a apresentação das áreas da engenharia e elétrica e eletrônica, com a busca da redução de custos e automação de processos.

Da ênfase em alguns trabalhos voltados a realizar um levantamento econômico dos de processos e o estudo das áreas térmicas.

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.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE MICROCONTROLADORES NA AUTOMAÇÃO DE SHOPPING CENTER

Rafael Jacinto dos Santos
Guilherme Henrique Ferreira Neves
Luiz Felipe Costa Rosa
Washington Junio Ferreira Resende

DOI 10.22533/at.ed.9662106011

CAPÍTULO 2..... 8

ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS INVERSORES DE TRÊS NÍVEIS NPC E PONTE H

Kennedy Ricardo da Silva
Abinadabe Silva Andrade

DOI 10.22533/at.ed.9662106012

CAPÍTULO 3..... 20

VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS POR LUMINÁRIAS LED NO SETOR INDUSTRIAL

Bruno Sousa de Castro
Antonio Manoel Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.9662106013

CAPÍTULO 4..... 34

PROJETO PARA ELABORAÇÃO DE UMA PEN PLOTTER

Rafael Ferreira da Silva
Welton Abreu Rosa
Luciana Paro Scarin Freitas
Jorge Luis Ribeiro dos Santos Júnior
Luís Henrique Chouay Dall’Agnese
Grégori da Cruz Balestra

DOI 10.22533/at.ed.9662106014

CAPÍTULO 5..... 40

DEPRECIAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS USANDO OS MÉTODOS LINHA, COLE, PERCENTAGEM CONSTANTE E CAIRES

Adalberto Gomes de Miranda
Jonhunny Jeyson da Costa Gandra
Adailza Aparício de Miranda
Steven Frederick Durrant
José Costa de Macêdo Neto
Adailson Aparício de Miranda

DOI 10.22533/at.ed.9662106015

CAPÍTULO 6..... 56

ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PELA FALTA DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NO CUSTO DA EXECUÇÃO DE UMA CRECHE TIPO 1 PADRÃO FNDE EM

CARUARU-PE

Matheus Henrique Pacheco Bezerra
Maria Victória Leal de Almeida Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.9662106016

CAPÍTULO 7..... 70

ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES ARRASTADORES NA MISTURA AZEOTRÓPICA ÁGUA/1-PROPANOL POR MEIO DO XSEOS

Erich Potrich
Larissa Souza Amaral

DOI 10.22533/at.ed.9662106017

CAPÍTULO 8..... 78

PROJETO DE ELEMENTOS FINITOS: FLEXÃO EM BARRAS COM DIFERENTES MATERIAIS

Gabriel Brandão Santos
Gleudson Silva Figueiredo
Jullyane Milena Silva de Figueiredo

DOI 10.22533/at.ed.9662106018

CAPÍTULO 9..... 93

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE COMPÓSITO DE MATRIZ DE GESSO REFORÇADO COM CAPIM

Diogo Antonio Correa Gomes
Eduardo Hélio de Novais Miranda
Gustavo Monteiro Costa Sbampato Resende
Henrique Andrade Alvarenga Barbosa
Márcia Aparecida Imaculada de Oliveira
Mariane Duarte Resende
Thaiane Oliveira Marcelino

DOI 10.22533/at.ed.9662106019

CAPÍTULO 10..... 100

PROJETO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO MECÂNICA DE UM GUINCHO DE IÇAMENTO PARA LOCOMOÇÃO DE CARGAS

Antonio Rodrigues Freitas de Carvalho
Diógenes Linard Aquino Freitas
Eduardo Ataíde de Oliveira
Jardielson José da Costa Almeida
Lucas Filipe de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.96621060110

CAPÍTULO 11..... 113

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE REFRIGERADOR PORTÁTIL BASEADO NO EFEITO PELTIER

Bruno Almeida Miranda Silva
Vitor Alves Pimenta
Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060111

CAPÍTULO 12..... 124

PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO TERMO-HIDRÁULICO DE NANOFLUIDOS NA REFRIGERAÇÃO DE REATORES NUCLEARES À ÁGUA LEVE

Alexandre Melo de Oliveira
Amir Zacarias Mesquita
Isabela Carolina Reis

DOI 10.22533/at.ed.96621060112

CAPÍTULO 13..... 131

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO ESCOAMENTO DE AR EM DIFUSORES PARA APLICAÇÃO NA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Silmara Bispo dos Santos
Rodrigo Sabino Pereira
Francisco Carlos Lima de Souza
Keteri Poliane Moraes de Oliveira
Edson Godoy

DOI 10.22533/at.ed.96621060113

CAPÍTULO 14..... 144

FATORES DE EQUILÍBRIO E DOSES EM MINAS SUBTERRÂNEAS BRASILEIRAS

Talita de Oliveira Santos
Zildete Rocha
Paulo Cruz
Vandir de Azevedo Gouvea
Flávia Luiza Soares Borges
João Batista de Siqueira
Laura Cardoso Takahashi

DOI 10.22533/at.ed.96621060114

CAPÍTULO 15..... 152

PHYSICAL DISTRIBUTION AND RADIOLOGICAL CONTRAST OF CEMENTS IMPLANTED *IN VITRO* VERTEBRAE

Carlos Julio Montaña Valencia
Sonia Seger Pereira Mercedes
Luciana Batista Nogueira
Tarcísio Passos Ribeiro de Campos

DOI 10.22533/at.ed.96621060115

CAPÍTULO 16..... 160

PROJETO DE UM PADRÃO UNIVERSAL DE BAIXO CUSTO PARA CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E INSPEÇÃO DE SOLDAGEM

Monalisa Pereira Silva
Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060116

SOBRE O ORGANIZADOR.....	170
ÍNDICE REMISSIVO.....	171

FATORES DE EQUILÍBRIO E DOSES EM MINAS SUBTERRÂNEAS BRASILEIRAS

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 08/12/2020

Talita de Oliveira Santos

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5267562662055432>

Zildete Rocha

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5324762511311519>

Paulo Cruz

Comissão Nacional de Energia Nuclear –
CNEN (Sede)
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Vandir de Azevedo Gouvea

Comissão Nacional de Energia Nuclear –
CNEN (Sede)
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/0686784224711808>

Flávia Luiza Soares Borges

Comissão Nacional de Energia Nuclear –
CNEN (Sede)
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/0032946771655881>

João Batista de Siqueira

Comissão Nacional de Energia Nuclear –
CNEN (Sede)
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Laura Cardoso Takahashi

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3177655691262101>

RESUMO: Rochas, solos e águas possuem radionuclídeos de ocorrência natural. Dentre estes, destaca-se o ^{238}U e ^{232}Th e seus produtos de decaimento. A distribuição de tais radioelementos em termos de concentração de atividade depende do tipo mineral e da origem. Dessa forma, todo processamento técnico de minerais resulta na liberação de radionuclídeos de meia-vida longa e curta, principalmente de radônio e sua progênie. Assim, é importante monitorar esse gás e seus produtos em minas subterrâneas a fim de avaliar o risco radiológico para os trabalhadores ocupacionalmente expostos. Inserido nesta preocupação que é global, medidas da concentração de radônio e da sua progênie, cálculo do fator de equilíbrio e estimativa de dose foram realizadas para 5 minas subterrâneas do Brasil. A concentração de radônio e da sua progênie foram determinadas utilizando os monitores contínuos AlphaGUARD PQ2000PRO (Saphymo) e DOSEman Pro (Sarad), respectivamente. O estado de equilíbrio entre o radônio e sua progênie foi avaliado. Baseado nestes dados, estimou-se a dose efetiva anual para os mineiros de acordo com a metodologia recomendada pela UNSCEAR, 2000. Assim, a Concentração de Radônio variou de 60 a 4964 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ e a Concentração Equivalente de Equilíbrio se encontra faixa de 12

a 1174 Bq.m^{-3} . O valor médio dos fatores de equilíbrio obtido para as 8 minas foi de 0,4 (0,2 – 0,7). Com isso, os valores de dose efetiva para os trabalhadores das minas medeiam o seguinte intervalo: 0,2 a 21 mSv.a^{-1} , com valor médio de $9,8 \text{ mSv.a}^{-1}$. Portanto, os resultados mostram a relevância de avaliar continuamente e permanentemente o comportamento do radônio e da sua progênie e de adotar medidas de segurança contra a radiação natural no ambiente de minas subterrâneas.

PALAVRAS-CHAVE: Radônio, Fator de Equilíbrio e Dose.

EQUILIBRIUM FACTORS AND DOSES IN BRAZILIAN UNDERGROUND MINES

ABSTRACT: Rocks, soils and waters have naturally occurring radionuclides. Among these, the ^{238}U and ^{232}Th and its decay products stand out. The distribution of such radioelements in terms of activity concentration depends on the mineral type and origin. Thus, all technical processing of minerals results in the release of radionuclides of long and short half-life, mainly radon and its progeny. Thus, it is important to monitor this gas and its products in underground mines in order to assess the radiological risk for occupationally exposed workers. In this global concern, measurements of radon concentration and its progeny, calculation of the equilibrium factor and dose estimation were performed for 5 underground mines in Brazil. The radon concentration and its progeny were determined using the continuous monitors AlphaGUARD PQ2000PRO (Saphymo) and DOSEman Pro (Sarad), respectively. The state of equilibrium between radon and its progeny was evaluated. Based on these data, the annual effective dose was estimated for miners according to the methodology recommended by UNSCEAR, 2000. Thus, the Radon Concentration ranged from 60 to 4964 Bq.m^{-3} and the Equivalent Equilibrium Concentration ranged from 12 to 1174 Bq.m^{-3} . The mean value of the equilibrium factors obtained for the 8 mines was 0.4 (0.2 – 0.7). As a course, the effective dose values for mine workers measure the following range: 0.2 to 21 mSv.a^{-1} , with an average value of 9.8 mSv.a^{-1} . Therefore, the results show the relevance of continuously and permanently evaluating the behavior of radon and its progeny and of adopting safety measures against natural radiation in the environment of underground mines.

KEYWORDS: Radon, Equilibrium Factor, Dose.

1 | INTRODUÇÃO

Os radionuclídeos de ocorrência natural, urânio e tório seus produtos de decaimento, estão presentes em concentrações variadas nos materiais geológicos, especialmente em rochas e solos. Os níveis específicos desses radioelementos estão relacionados ao tipo e origem das rochas (UNSCEAR, 2000). Sabe-se que são litófilos e se concentram preferencialmente nas rochas ígneas ácidas, entre as quais se encontram o granito, e não nas básicas e ultrabásicas (BONOTTO E SILVEIRA, 2006). As rochas sedimentares, em geral, contêm níveis baixos de radioatividade natural. Entretanto, existem algumas exceções como os arenitos e as rochas fosfáticas que com frequência apresentam concentrações relativamente altas de radionuclídeos naturais (UNSCEAR, 2000).

Durante a abertura de minas subterrâneas, radionuclídeos de meia-vida longa e

curta provenientes das séries naturais do urânio e tório são liberados e concentram-se em tais ambientes tornando poluidores potenciais (OTHMAN *et al.*, 1992). Dentre esses, destaca-se o radônio e sua progênie que são considerados a principal fonte de exposição à radiação em minas subterrâneas (ICRP, 1986; BALDIK *et al.*, 2006).

No que tange à sua formação, o radônio é produzido pelo decaimento do rádio presente no corpo mineral e por recuo emana da matriz sólida dos materiais para os interstícios dos grãos preenchidos com ar ou água ou para os planos de fraturas das rochas (SANTOS, 2008). Logo após ser emanado, o gás tende a migrar-se por difusão molecular ou fluxo convectivo no sentido da superfície, onde a porção que não decaiu no percurso exala para o interior das galerias. Outro mecanismo de transporte do radônio para os ambientes das minas é a circulação de águas cuja concentração de radônio depende dos tipos de rochas, do volume relativo de água e da temperatura. A importância de cada processo de transferência relaciona-se com as fraturas tectônicas e geológicas da formação e do comportamento hidrogeológico do aquífero nas operações de mineração (ICRP, 1986).

O radônio, depois de exalado, migra ao longo das correntes de ventilação enquanto forma seus produtos de decaimento de meia-vida curta: ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi e ^{214}Po . O radônio e sua progênie no interior de minas subterrâneas é uma preocupação internacional (OTHMAN *et al.*, 1992; BALDIK *et al.*, 2006; FATHABADI, 2006; CILE, 2010; EVANGELISTA, 2002; PAGE E SMITH, 1992; ANJOS *et al.*, 2010; THINOVA E ROVENSKA, 2011). A dose correspondente ao radônio é atribuída à sua progênie que quando inalada deposita-se no pulmão, especialmente no trato respiratório superior, e irradia o tecido pulmonar ao decair. Estudos epidemiológicos revelam uma forte correlação entre câncer de pulmão e exposição ao radônio. Assim, a Organização Mundial da Saúde classifica o radônio como um carcinógeno humano (ICRP, 2010). Diante disso, torna-se imprescindível avaliar a distribuição e a origem do radônio em minas subterrâneas visando mitigação e o atendimento aos padrões de proteção radiológica.

Diante disso, torna-se imprescindível avaliar a dose devida aos produtos de decaimento do radônio, a qual os mineiros estão expostos. Para estimar a dose, em geral, mede-se a concentração de radônio e assume-se um Fator de Equilíbrio (F) entre o radônio e sua progênie usualmente 0,4 ou 0,5. Entretanto, na realidade, as concentrações de radônio e sua progênie variam significativamente com o tempo e o espaço (YU *et al.*). Alguns fatores contribuem para a variabilidade da concentração desses radionuclídeos, são eles: a formação geológica, o teor de urânio, tório e rádio, a taxa de exalação de radônio devido às diferenças de pressão, o grau de diluição, a porosidade, a umidade, o tipo de mina, a idade do ar dentro da mina e as condições de trabalho, particularmente o grau de ventilação (ICRP, 1986; BALDIK *et al.*, 2006; FATHABADI, 2006; CILE, 2010). Contudo, a adoção de um valor para F pode não refletir as condições reais de uma mina (YU *et al.*, 2008). Esse problema pode ser resolvido através de determinações experimentais de tal fator.

Neste contexto, o presente trabalho objetiva determinar o fator de equilíbrio

a fim de avaliar a dose em 8 minas subterrâneas no Brasil. As minas incluem extração de almatolito, carvão, esmeralda, fluorita, turmalina, schelita e zinco. Este trabalho é resultado do “Projeto Radônio” realizado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear e os resultados obtidos contribuirão para as discussões necessárias à elaboração das normas ou posições regulatórias.

2 | METODOLOGIA

2.1 Concentração de Radônio no Ar

As medições da concentração de radônio no ar foram executadas com o detector Alpha*GUARD* PQ2000PRO (Saphymo GmbH). O Alpha*GUARD* opera segundo os princípios de uma câmara de ionização pulsada. A técnica consistiu em instalar o Alpha*GUARD* no ambiente interior das minas no modo difusão por aproximadamente 2 dias de acordo com o protocolo para medições de curto prazo (UNSCEAR, 1993). Neste trabalho, o equipamento foi programado para intervalos de amostragem de 10 minutos ou eventualmente de 60 minutos, atuando como um detector passivo contínuo. Os pontos amostrados consistiram de frentes de trabalho, galerias e locais onde os mineiros permaneciam a maior parte do tempo e o equipamento encontrava-se seguro. Além da concentração de radônio, informações de data, hora, temperatura, umidade relativa e pressão barométrica foram também registradas. O limite de detecção do Alpha*GUARD* é 2 Bq.m⁻³. Os dados foram obtidos e tratados com o software DataExpert (Saphymo GmbH, 2010).

2.2 Progênie do Radônio no Ar

As análises por espectrometria alfa, para determinação da progênie do radônio, foram realizadas utilizando o detector DOSE*man* Pro (SARAD). Grandezas e unidades especiais são usadas para caracterizar a concentração da progênie do radônio no ar como: Concentração de Energia Alfa Potencial (CEAP) e Concentração Equivalente de Equilíbrio (CEE). A CEAP é definida como sendo a soma das energias alfa potenciais emitidas pela progênie do radônio por unidade de volume de ar. Essa grandeza pode ser expressa em termos da CEE, que corresponde à concentração de radônio em equilíbrio radioativo com sua progênie de meia-vida curta, que liberaria a mesma CEAP que a mistura real não equilibrada (ICRP, 1993). Neste equipamento, amostras de particulados de aerossóis são coletadas, por sucção de ar, em um filtro, que é analisado continuamente por um detector de silício com respeito à energia de decaimento alfa. Utilizaram-se intervalos de amostragem de 60 minutos.

2.3 Fator de Equilíbrio

Para a determinação do fator de equilíbrio, o Alpha*GUARD* foi instalado juntamente

com o DOSEman nas minas subterrâneas estudadas. Dessa forma o fator de equilíbrio (F) foi calculado através da seguinte equação (UNSCEAR, 2000): $F = CEE / C_o$. Onde C_o é a concentração de radônio no ar. O F caracteriza o desequilíbrio entre radônio e sua progênie em termos da energia alfa potencial. Este fator tem sido amplamente estudado em condições distintas para avaliar a dose que as pessoas estão expostas para uma dada concentração de radônio (CIGNA, 2005). Normalmente, quando não se tem informação ou resultados experimentais, recomendam-se a adoção de um fator de equilíbrio médio de 0,4 (UNSCEAR, 2000; ICRP, 1993).

2.4 Dose efetiva anual

A dose efetiva anual (H), por sua vez, foi estimada de acordo com a metodologia descrita no relatório UNSCEAR 2000, na qual: $H = C_o \cdot F \cdot T \cdot k$. Onde T é o tempo de permanência em locais de trabalho, $T = 2000 \text{ h.a}^{-1}$ (ICRP, 1993), e k é o fator de conversão, $k = 9 \text{ nSv (Bq.h.m}^3)^{-1}$ (UNSCEAR, 2000)

3 | RESULTADOS

Os valores médios da Concentração de Radônio (C_{Rn}), da Concentração Equivalente de Equilíbrio (CEE), do Fator de Equilíbrio (F) e da Dose Efetiva Anual devido à progênie do radônio (H) para as 8 minas subterrâneas brasileiras são apresentadas na Tabela 1. Como pode ser observado na Tabela 1, obteve-se valores médios C_{Rn} e CEE na faixa de 60 a 4964 Bq.m⁻³ e de 12 a 1174 Bq.m⁻³, respectivamente. Os dados encontrados mostram que as concentrações de radônio e da sua progênie variam consideravelmente de mina para mina. Isso decorre da diferença de atividade específica dos radionuclídeos naturais precursores do radônio nas rochas e das diferentes condições de atividades operacionais das minas. Neste caso, destaca-se como principal fator a ventilação que dispõe de capacidade variada para cada mina estudada (FATHABADI, 2006). Baseado nesses dados, verifica-se que em algumas minas a C_{Rn} excedeu o nível de referência de 1000 Bq.m⁻³ recomendado pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP, 2010) e pela Comissão Nacional da Energia Nuclear (CNEN, 2005) para locais de trabalho. Em três minas, concentrações médias de radônio elevadas estão presentes, são elas: 3889 Bq.m⁻³ na Mina A na condição “parada”, 4964 Bq.m⁻³ na Mina D e 1142 Bq.m⁻³ na mina E.

O F calculado para as 5 minas variou de 0,2 – 0,7 (Tabela 1). Isso demonstra que uma ampla faixa de valores de F ocorre nas minas, o que indica que adotar um valor médio para tal fator a fim de avaliar dose para casos individuais pode proporcionar grandes erros como mencionado em (FATHABADI, 2006). Nota-se que valores de equilíbrio diferentes foram encontrados para a Mina A na condição “em operação” e na condição “parada”, os quais são: 0,3 e 0,5 respectivamente. Esse fato pode ser explicado visto que atividades recorrentes de mineração como detonação, por exemplo, geram grandes quantidades de aerossóis e de liberação de radônio no interior das galerias. Além disso, C_{Rn} diferentes

também foram observadas para tal mina na condição “parada” e na condição “em operação”. Estas discrepâncias estão claramente influenciadas também pela ventilação ativa na mina em operação.

No que se refere à dose efetiva para os trabalhadores das minas, os valores mediam o seguinte intervalo: 0,2 a 21 mSv.a⁻¹ de acordo com a Tabela 1. O valor de referência de 1000 Bq.m⁻³ recomendado tanto pela CNEN (CNEN, 2005), como pela ICRP (ICRP, 2010) para locais de trabalho corresponde a uma dose efetiva anual de 7 mSv, considerando um fator de equilíbrio de 0,4 e 2000 horas de trabalho anual (metodologia UNSCEAR, 2000). Com base nisso, verifica-se na Tabela 1 que em duas minas (mina A na condição “parada” e mina D), a dose efetiva referente ao radônio está acima desse valor de referência. Além disso, a dose efetiva devido ao radônio para os mineiros dessas minas excede o limite de 20 mSv.a⁻¹ aplicado para indivíduo ocupacionalmente exposto no Brasil (CNEN, 2014). Isso impõe a necessidade de controle de doses ou de aperfeiçoamento dos sistemas de ventilação.

Mina	Condição da mina	C _{Rn} (Bq.m ⁻³) [média (max-min)] ^a	CEE (Bq.m ⁻³) [média (max-min)] ^a	F	H (mSv.a ⁻¹)
Mina A	Em Operação	3889 (528-4128)	1174 (43-1317)	0,3	21
	Parada ^b	714 (299-2088)	377 (42-1581)	0,5	7
Mina B	Em Operação	949 (584-1264)	259 (123-444)	0,3	5
Mina C	Em Operação	113 (38-192)	76 (26-144)	0,7	1
Mina D	Em Operação	4964 (1392-10880)	1148 (209-2765)	0,2	21
Mina E	Parada ^b	1442 (792-2288)	228 (96-357)	0,2	4
Mina F	Em Operação	327 (65-617)	141 (19-279)	0,4	3
Mina G	Em Operação	326 (272 – 380)	213 (179 – 249)	0,7	4
Mina H	Em Operação	60 (39 – 99)	12 (3 – 36)	0,2	0,2

^a medidas contínuas.

^b Presença de atividades no interior da mina; sistema de ventilação desligado.

Tabela 1: Concentração de Radônio, Concentração Equivalente de Equilíbrio, Fator de Equilíbrio e Dose Efetiva Anual devido à progênie do radônio para 8 minas subterrâneas no Brasil.

4 | CONCLUSÃO

De acordo com os resultados mostrados e discutidos acima, somente em três minas subterrâneas (Mina A na condição “parada”, Mina D e Mina E), as concentrações de radônio obtidas excederam os limites recomendados pela ICRP. Diante disso, ações remediadoras devem ser adotadas em tais minas como, por exemplo, ventilação mecânica mais intensa observando o princípio de otimização de doses estabelecido pela CNEN (CNEN, 2014) e/

ou escalas de trabalhos adequadas com o objetivo de reduzir o tempo de exposição dos trabalhadores. Os fatores de equilíbrio obtidos variaram amplamente de mina para mina. O valor médio de 0,4 foi determinado, com um mínimo de 0,2 e um máximo de 0,7. Dessa forma, ressalta-se que a utilização de um fator médio a fim de determinar dose não é recomendada. Embora o valor médio encontrado esteja coerente com o adotado pela ICRP e pela UNSCEAR. A dose para os trabalhadores das minas brasileiras abrangeu o intervalo de 0,2 a 21 mSv.a⁻¹. Conseqüentemente, na Mina A parada e na Mina D constatou-se que os valores de dose ultrapassaram o limite obtido com a metodologia da UNSCEAR e o limite para indivíduos ocupacionalmente expostos no Brasil, o que reforça e esclarece a necessidade de mitigação. Contudo, existem diversas minas subterrâneas no Brasil que ainda serão investigadas. Trabalhos futuros serão realizados para melhor compreensão do comportamento do radônio no ambiente subterrâneo. É importante caracterizar as fontes de radônio de cada mina, entender a circulação do radônio e de sua progênie dentro desses ambientes e avaliar o risco correspondente.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, R. M. *et al.* **Occupational Exposure to Radon and Natural Gamma Radiation in the La Carolina, a Former Gold Mine in San Luis Province, Argentina.** Journal of Environmental Radioactivity, v.101, p.153-158, 2010.
- BALDIK, R. R. *et al.* **Radon Concentration Measurement in the Amasra Coal Mine, Turkey.** Radiation Protection Dosimetry, v. 118, p. 122-125, 2006.
- BONOTTO, D. M.; SILVEIRA, E. G. **Geoquímica do Urânio Aplicada a Águas Minerais.** 1. ed. São Paulo: Ed UNESP, 2006.
- CIGNA, A. A. **Radon in Caves.** Internacional Journal of Speleology. v. 34, p. 1-18, 2005.
- CILE, S. **Radon Concentration in Three Underground Lignite Mines in Turkey,** Radiation Protection Dosimetry, v. 138, p. 78-82, 2010.
- CNEN - Comissão Nacional da Energia Nuclear, **Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Instalações Minerio-Industriais,** CNEN NN-4.01, Rio de Janeiro, Brasil, 2005.
- CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Diretrizes básicas de proteção radiológica.** Norma CNEN-NN-3.01, Rio de Janeiro, Brasil, 2014.
- EVANGELISTA, H. **Radon Dynamics and Reduction in an Underground Mine in Brazil.** Implications For Workers' Exposure. Radiation Protection Dosimetry, v. 98, p. 235-238, 2002.
- FATHABADI, N. **Miners' Exposure to Radon and Its Decay Products in Some Iranian Non-Uranium Underground Mines,** Radiation Protection Dosimetry, v. 118, p. 111-116, 2006.

ICRP – International Commission on Radiological Protection, **Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon**, Annals of ICRP publication 115, v. 40, Canadá, Estados Unidos, 2010.

ICRP – International Commission of Radiological Protection, **Protection against Radon-222 at Home and at Work**, Annals of ICRP publication 65, v. 23, Canadá, Estados Unidos, 1993.

ICRP – International Commission on Radiological Protection. **Radiation Protection of Workers in Mines**. Annals of ICRP publication 47, v. 16, Canadá, Estados Unidos, 1986.

OTHMAN, I. *et al.* **Radiation Exposure Levels in Phosphate Mining Activities**. Radiation Protection Dosimetry, v. 45, p. 197-201, 1992.

PAGE, D.; SMITH, D. M. **The Distribution of Radon and Its Decay Products in Some UK Coal Mines**. Radiation Protection Dosimetry, v. 45, p. 163- 66, 1992.

SANTOS, C. E. L. **Determinação dos Processos de Enriquecimento e das Concentrações de Radônio em Minas Subterrâneas de Fluorita e Carvão do Estado de Santa Catarina: Critérios para Avaliação dos Riscos Radiológicos**. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

Saphymo GmbH, **Portable Radon Monitor – AlphaGuard**, User Manual, Alemanha, 2010.

THINOVA, L.; ROVENSKA, K. **Radon Dose Calculation Methodology for Underground Workers in the Czech Republic**. Radiation Protection Dosimetry. v. 145, p. 233-237, 2011.

UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. **Sources and Effects of Ionizing Radiation**. Report to General Assembly, with Scientific Annexes, Viena: UNSCEAR, 2000. 74 p.

UNSCEAR - United Nations Scientific Committee On The Effects Of Atomic Radiation, **Sources and Effects of Ionizing Radiation**, Report to General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations, Nova York, 1993.

YU, K. N. *et al.* **Equilibrium Factor Determination Using SSNTDs**. Radiation Measurements. v. 43, p. 357-363, 2008.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ansys 78, 79, 86, 91, 92, 135

Arduino 1, 2, 3, 7, 37

Arrastador 70, 71, 72, 74, 75, 76

Automação 1, 2, 6, 7, 35

Azeotropia 70, 71, 73, 75, 76

B

Barras 36, 78, 79, 83

Bim 56, 57, 58, 68, 69

C

Calibração 160, 161, 162, 167, 168, 169

Cimento ósseo 152

CNC 34, 35, 39

Contraste radiológico 152

Custos 6, 28, 30, 31, 32, 57, 134, 139, 168

D

Depreciação 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 52, 53, 54, 55

Difusores 131, 132, 134, 138, 139

Dinâmica dos fluidos 132

E

Eficiência 8, 10, 13, 15, 18, 19, 21, 23, 75, 92, 114, 118, 119, 121, 124, 125, 131

Elementos finitos 78, 79, 90, 91

Equilíbrio 9, 10, 70, 71, 72, 73, 74, 80, 82, 104, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Equipamentos 2, 8, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 57, 100, 101, 105, 112, 114, 122, 125, 160, 161, 162, 168

F

Fator de equilíbrio 144, 145, 146, 147, 148, 149

Fibras vegetais 94

Flexão 78, 79, 80, 81, 82, 83, 93, 94, 97, 98, 100, 105, 109, 110, 111

Flexão estática 93, 94, 97, 98

G

Guincho 100, 101

H

Hidroxiapatita 152

I

Iluminação 1, 2, 4, 6, 20, 21, 26, 28, 30, 31, 32, 33

Incompatibilidade 56, 57, 61, 62, 63, 68

Industrial 7, 18, 19, 20, 21, 23, 32, 33, 77, 113, 143

Inspeção de solda 160, 167

Inversor multinível 8, 10

L

Led 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33

M

Máquinas 34, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 100, 101, 111, 112

Métodos de avaliações 41

Mistura 70, 71, 72, 75, 147

O

Obra pública 56, 57

P

Peltier 113, 114, 122, 123

PenPlotter 34, 35, 38, 39

Periférico 1

Potência eólica 132, 133, 138, 139

Precisão 34, 35, 78, 79, 92, 96, 120

Projeto 2, 6, 25, 26, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 68, 78, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 121, 123, 134, 147, 160, 161, 162, 163, 167, 168, 169

Prototipagem 3D 113

Q

Qualidade de energia 8, 10, 13

S

Sistema 1, 2, 4, 5, 6, 21, 22, 35, 37, 39, 58, 65, 66, 68, 71, 73, 80, 87, 94, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 112, 114, 115, 116, 120, 121, 133, 149, 152, 169

Sistema de transmissão 100, 102, 103, 112

Soldagem 160, 162, 164, 165, 167, 168, 169, 170

Sustentabilidade 8, 21, 94

T

Transferência de calor 113, 123, 124, 125, 126, 127, 128

V

Valor residual 40, 42, 43, 44, 53, 55

Viabilidade 20, 21, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 128, 131, 169

X

XSEOS 70, 71, 74, 75, 76

Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 