



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências e da Terra e Engenharias 2

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias 2

Atena Editora
2019

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

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

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|---|
| E82 | <p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-641-6 DOI 10.22533/at.ed.416192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p> |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

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

APRESENTAÇÃO

O livro “**Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 2º volume 35 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| A MATEMÁTICA PRATICADA EM ESCOLAS PAROQUIAIS LUTERANAS DO RS E REVELADA EM CADERNOS ESCOLARES DA PRIMEIRA METADE DO SÉCULO XX | |
| Malcus Cassiano Kuhn | |
| DOI 10.22533/at.ed.64819103091 | |
| CAPÍTULO 2 | 15 |
| A QUALIDADE DO AR NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO FUNDAMENTAL: IMPORTÂNCIA E EXEMPLOS PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO | |
| Maria Eduarda Palheiros Vanzan | |
| Raquel Mac-Cormick Franco | |
| Luiz Francisco Pires Guimarães Maia | |
| DOI 10.22533/at.ed.64819103092 | |
| CAPÍTULO 3 | 24 |
| NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE COBRE (II): AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ESTRUTURAIS, MORFOLÓGICAS E TÉRMICAS PARA APLICAÇÃO EM CATÁLISE | |
| Maria Iaponeide Fernandes Macêdo | |
| Pedro Luiz Ferreira de Sousa | |
| Karine Loíse Corrêa Conceição | |
| Neyda de la Caridad Om Tapanes | |
| Roberta Gaidzinski | |
| DOI 10.22533/at.ed.64819103093 | |
| CAPÍTULO 4 | 35 |
| A ROBOTICA EDUCACIONAL LIVRE COMO METODOLOGIA ATIVA PARA A PROMOÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS | |
| Elcio Schuhmacher | |
| Vera R. N. Schuhmacher | |
| DOI 10.22533/at.ed.64819103094 | |
| CAPÍTULO 5 | 49 |
| ANÁLISE DA PERFORMANCE DE METODOLOGIAS NUMÉRICAS DE SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE TRANSPORTE DE NÉUTRONS EM GEOMETRIA UNIDIMENSIONAL SLAB NA FORMULAÇÃO DE ORDENADAS DISCRETAS | |
| Rafael Barbosa Libotte | |
| Hermes Alves Filho | |
| DOI 10.22533/at.ed.64819103095 | |
| CAPÍTULO 6 | 59 |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOLUBILIDADE DE ELEMENTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE DIFERENTES TIPOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS | |
| Eduardo Baudson Duarte | |
| Amanda Péres da Silva Nascimento | |
| Mirna Aparecida Neves | |
| Diego Lang Burak | |
| DOI 10.22533/at.ed.64819103096 | |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 7 | 68 |
| ANÁLISE DE IMAGENS EM ESCALAS UTILIZANDO A TRANSFORMADA WAVELET | |
| Francisco Edcarlos Alves Leite | |
| Marcos Vinícius Cândido Henriques | |
| DOI 10.22533/at.ed.64819103097 | |
| CAPÍTULO 8 | 78 |
| ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS COM ÊNFASE EM MEIO FÍSICO NA IMPLANTAÇÃO DE UMA BARRAGEM EM ATERRO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA/MG | |
| Gian Fonseca dos Santos | |
| Anderson Nascimento Milagres | |
| Yann Freire Marques Costa | |
| Danilo Segall César | |
| Klinger Senra Rezende | |
| Adonai Gomes Fineza | |
| DOI 10.22533/at.ed.64819103098 | |
| CAPÍTULO 9 | 86 |
| APLICAÇÃO DA JUNÇÃO DA PLATAFORMA LIVRE SCILAB E ARDUINO PARA CONTROLE DE pH | |
| Annanda Alkmim Alves | |
| Luiz Fernando Gonçalves Pereira | |
| Letícia Lopes Alves | |
| Saulo Fernando dos Santos Vidal | |
| Daniel Rodrigues Magalhães | |
| DOI 10.22533/at.ed.64819103099 | |
| CAPÍTULO 10 | 94 |
| APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CERVEJA PARA A ADSORÇÃO DO CORANTE ÍNDIGO CARMIM EM EFLUENTE AQUOSO | |
| Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo | |
| Taynara Mara Vieira | |
| Rodinei Augusti | |
| Kelly Beatriz Vieira Torres Dozinel | |
| Ana Cláudia Bernardes Silva | |
| Cristiane Medina Finzi Quintão | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030910 | |
| CAPÍTULO 11 | 105 |
| REAÇÕES DE BIOTRANSFORMAÇÃO PROMOVIDAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO <i>Aspergillus Flavus</i> | |
| Lourivaldo Silva Santos | |
| Marivaldo José Costa Corrêa | |
| Williams da Siva Ribeiro | |
| Manoel Leão Lopes Junior | |
| Raílda Neyva Moreira Araújo Cabral | |
| Fabiane da Trindade Pinto | |
| Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon | |
| Haroldo da Silva Ripardo Filho | |
| Carlos Vinicius Machado Miranda | |
| Jéssica de Souza Viana | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030911 | |

CAPÍTULO 12 116

AUTOMETÁTESE DO DL-KAVAIN, RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADE CATALÍTICA E IMPEDIMENTO ESTÉRICO DO SUBSTRATO

Thais Teixeira da Silva
Vanessa Borges Vieira
Aline Aparecida Carvalho França
Talita Teixeira da Silva
Mayrla Letícia Alves de Oliveira
Roberta Yonara Nascimento Reis
Maria de Sousa Santos Bezerra
Fabiana Matos de Oliveira
José Milton Elias de Matos
Benedito dos Santos Lima Neto
José Luiz Silva Sá
Francielle Aline Martins

DOI 10.22533/at.ed.648191030912

CAPÍTULO 13 128

BIOPROSPECÇÃO DE ENZIMAS PRODUZIDAS POR FUNGOS DECOMPOSITORES ISOLADOS DE DETRITOS VEGETAIS DE RIACHOS DA REGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU-PR

Caroline da Costa Silva Gonçalves
Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima
Rafaella Costa Bonugli-Santos
Felipe Justiniano Pinto
Daniele da Luz Silva
Ana Letícia Fernandes
Renato Malveira Carreiro do Nascimento
Mariana Gabriely da Silva Menezes

DOI 10.22533/at.ed.648191030913

CAPÍTULO 14 138

AÇÃO E IMPACTO DE *MIDDLEBOXES* PRESENTES NA *WORLD WIDE WEB*

Adenes Sabino Schwantz
Bruno Borsatti Chagas

DOI 10.22533/at.ed.648191030914

CAPÍTULO 15 144

VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DE RUTINA E QUERCETINA NAS FOLHAS DE *Senna acuruensis*

Lucivania Rodrigues dos Santos
Adonias Almeida Carvalho
Luanda Ferreira Floro da Silva
Gerardo Magela Vieira Júnior
Ruth Raquel Soares de Farias
Mariana Helena Chaves

DOI 10.22533/at.ed.648191030915

CAPÍTULO 16 157

CLASSIFICAÇÃO TERMODINÂMICA DAS RADIOSSONDAGENS DE BELÉM DURANTE OS ANOS DE 2014 E 2015

Silvia Adriane Elesbão
Alfredo Quaresma da Silva Neto
Maria Aurora Santos da Mota

DOI 10.22533/at.ed.648191030916

CAPÍTULO 17 170

COMPOSIÇÃO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Psidium* (MYRTACEAE) DA AMAZÔNIA

Renan Campos e Silva
Joyce Kelly do Rosário da Silva
Rosa Helena Veras Mourão
José Guilherme Soares Maia
Pablo Luis Baia Figueiredo

DOI 10.22533/at.ed.648191030917

CAPÍTULO 18 182

CONSIDERAÇÃO DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA E DA ANÁLISE NÃO LINEAR NO PROJETO PRELIMINAR DE UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE

Wagner de Sousa Santos
Rafael Marcus Schwabe

DOI 10.22533/at.ed.648191030918

CAPÍTULO 19 195

DESENVOLVIMENTO DE UMA MEMBRANA BIODEGRADÁVEL CONTENDO ÓLEO DE COPAÍBA (*copaifera spp*) OBTIDA POR ELETROFIAÇÃO

João de Deus Pereira de Moraes Segundo
Maria Oneide Silva de Moraes
Tainah Vasconcelos Pessoa
Rosemeire dos Santos Almeida
Ivanei Ferreira Pinheiro
Karen Segala
Walter Ricardo Brito
Marcos Akira d'Ávila

DOI 10.22533/at.ed.648191030919

CAPÍTULO 20 204

EROSÃO HÍDRICA EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E ESTRATÉGIAS PARA O CONTROLE DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

Ana Beatriz Alves de Araújo
Isaac Alves da Silva Freitas
Gabriela Cemirames de Sousa Gurgel
Ricardo Alves Maurício
Clédson Lucena de Araújo
Fiana Raissa Coelho Pereira
Eduardo Maurício Gadelha
Geovanna Maria Andrade de Oliveira
Lígia Raquel Rodrigues Santos
Matheus Monteiro da Silva
Raniere Fernandes Costa
Walesca Ferreira de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.648191030920

CAPÍTULO 21 214

ESTUDO CATALÍTICO DA POLIMERIZAÇÃO RADICALAR MEDIADA POR [Ni^{II}(N-SALICILIDENO-CICLOOCTILAMINA)₂] EM ACETATO DE VINILA E METACRILATO DE METILA

Talita Teixeira da Silva
Yan Fraga da Silva
Manoel Henrique dos Santos Galvão
Thais Teixeira da Silva
Sâmia Dantas Braga
Maria das Dores Alves de Oliveira
Juliana Pereira da Silva
Cristina Vidal da Silva Neta
João Clécio Alves Pereira
Geraldo Eduardo da Luz Júnior
Valdemiro Pereira de Carvalho Júnior
Nouga Cardoso Batista

DOI 10.22533/at.ed.648191030921

CAPÍTULO 22 228

DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL E ORGÂNICO EM AMOSTRAS DE PRÓPOLIS E GEOPRÓPOLIS DO ESTADO DO PARÁ

Brenda Tayná Silva da Silva
Kelly das Graças Fernandes Dantas

DOI 10.22533/at.ed.648191030922

CAPÍTULO 23 241

AValiação da Secagem da Casca de Mangostão (*Garcinia mangostana* L.) em Diferentes Ambientes

Gabriela Nascimento Vasconcelos
Elza Brandão Santana
Rafael Alves do Nascimento
Elisangela Lima Andrade
Lorena Gomes Corumbá
Lênio José Guerreiro de Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.648191030923

CAPÍTULO 24 254

FAKE NEWS: UM PROBLEMA MIDIÁTICO MULTIFACETADO

Felipe de Matos Müller
Márcio Vieira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.648191030924

CAPÍTULO 25 268

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE EM TANQUES DE NÍVEL DISPOSTOS DE FORMA NÃO-ITERATIVA

Luiz Fernando Gonçalves Pereira
Fernando Lopes Santana
Mario Luiz Pereira Souza
Renan Zuba Parrela
Saulo Fernando dos Santos Vidal

DOI 10.22533/at.ed.648191030925

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 26 | 280 |
| IMPROVING URBAN MOBILITY THROUGH A BUS COLLABORATIVE SYSTEM | |
| Fábio Rodrigues de la Rocha | |
| Ramon Tramontin | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030926 | |
| CAPÍTULO 27 | 286 |
| GRAPPHIA: UMA FERRAMENTA <i>M-LEARNING</i> PARA ENSINO DA ORTOGRAFIA | |
| Luciana Pereira de Assis | |
| Adriana Nascimento Bodolay | |
| Luiz Otávio Mendes Gregório | |
| Magno Juliano Gonçalves Santos | |
| Alessandro Vivas Andrade | |
| Pedro Henrique Cerqueira Estanislau | |
| Gilberto Carvalho Lopes | |
| Daniela Perri Bandeira | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030927 | |
| CAPÍTULO 28 | 296 |
| LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO DE ATERRAMENTOS ELÉTRICOS | |
| Marcos Vinicius Santos da Silva | |
| Márcio Augusto Tamashiro | |
| Kaisson Teodoro de Souza | |
| Antonio Marcelino da Silva Filho | |
| Humberto Rodrigues Macedo | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030928 | |
| CAPÍTULO 29 | 303 |
| METODOLOGIA DE PURIFICAÇÃO DA GLICERINA GERADA COMO COPRODUTO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL | |
| Paulo Roberto de Oliveira | |
| Elise Ane Maluf Rios | |
| Fernanda Joppert Carvalho de Souza | |
| Renan Vidal Viesser | |
| Patrick Rodrigues Batista | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030929 | |
| CAPÍTULO 30 | 316 |
| NÍVEL DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM UM DERRIÇADOR MECÂNICO PORTÁTIL UTILIZADO NO CAFEEIRO | |
| Geraldo Gomes de Oliveira Júnior | |
| Irlon de Ângelo da Cunha | |
| Adriano Bortolotti da Silva | |
| Raphael Nogueira Rezende | |
| Luana Elís de Ramos e Paula | |
| Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho | |
| Paulo Henrique de Siqueira Sabino | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030930 | |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 31 | 323 |
| O ENSINO NA MODALIDADE EAD: PERSPECTIVAS SOBRE O PROCESSO EDUCATIVO NA MATEMÁTICA | |
| Lucilaine Goin Abitante Máriele Josiane Fuchs Elizângela Weber Cláudia Maria Costa Nunes | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030931 | |
| CAPÍTULO 32 | 335 |
| O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO APOIO AO ENSINO E APRENDIZADO: UMA ABORDAGEM BASEADA NO BYOD | |
| Claudiany Calaça de Sousa Ennio Willian Lima Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030932 | |
| CAPÍTULO 33 | 352 |
| COMPUTATIONAL METHOD H_{∞} APPLIED TO DEXTEROUS HAND MASTER - DHM | |
| Rildenir Silva Ivanildo Abreu Cristovam Filho | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030933 | |
| CAPÍTULO 34 | 363 |
| ÓXIDO DE CÁLCIO (CaO) OBTIDO POR PRECIPITAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE SOJA COMERCIAL | |
| Roberto Ananias Ribeiro Fernanda Barbosa Damaceno | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030934 | |
| CAPÍTULO 35 | 374 |
| PHOTOELECTROCATALYSIS PROPERTIES OF $CUWO_4$ POROUS FILM UNDER POLYCHROMATIC LIGHT | |
| Aline Estefany Brandão Lima Roberta Yonara Nascimento Reis Maria Joseíta dos Santos Costa João Paulo Carvalho Moura Luis Jefferson da Silva Reginaldo da Silva Santos Laécio Santos Cavalcante Elson Longo da Silva Geraldo Eduardo da Luz Júnior | |
| DOI 10.22533/at.ed.648191030935 | |
| SOBRE O ORGANIZADOR | 384 |
| ÍNDICE REMISSIVO | 385 |

ANÁLISE DA PERFORMANCE DE METODOLOGIAS NUMÉRICAS DE SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE TRANSPORTE DE NÊUTRONS EM GEOMETRIA UNIDIMENSIONAL SLAB NA FORMULAÇÃO DE ORDENADAS DISCRETAS

Rafael Barbosa Libotte

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Instituto Politécnico
Nova Friburgo – Rio de Janeiro

Hermes Alves Filho

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Departamento de Modelagem Computacional

RESUMO: São abordadas neste trabalho duas estratégias numéricas de solução da equação de transporte de nêutrons na formulação de ordenadas discretas (SN), através do MED, c.f., Método Espectral Determinístico, com intuito de avaliar a precisão dos resultados, considerando o tempo de processamento dos problemas simulados em cálculos de blindagem de nêutrons (fonte-fixa). Os problemas foram modelados em sua forma unidimensional, estacionária, considerando meios não-multiplicativos, com espalhamento isotrópico e um grupo de energia. Todos os resultados foram desenvolvidos e obtidos em um aplicativo computacional feito na linguagem JAVA versão 1.8.0_91, e validados utilizando o método de malha fina DD, c.f., Diamond Difference e o método de malha grossa SGF, c.f., spectral Green's function.

PALAVRAS-CHAVE: Teoria de transporte de partículas neutras, Modelagem computacional determinística, Física de reatores nucleares,

Ordenadas discretas, Cálculos de fonte-fixa.

A COMPARISON OF PERFORMANCES WITH DIFFERENT NUMERIC SOLUTION METHODOLOGIES FOR THE NEUTRON TRANSPORT EQUATION IN THE DISCRETE ORDINATES FORMULATION

ABSTRACT: In this work, two numeric solution strategies for the solution of the neutron transport equation in the discrete ordinates SN are approached, throughout *MED*, c.f. Método Espectral Determinístico, in order to evaluate the precision of the results, considering the processing time of simulated neutronic shielding (fixer-source) problems calculation. The problems were modelled in it's unidimensional, stationary form, considering non-multiplying media, with isotropic scattering and one energy group. All the results were developed and obtained in a computational application made in the language JAVA version 1.8.0_91, and evaluated using the fine mesh methods *DD*, c.f. *Diamond Difference* and the coarse mesh method *SGF*, c.f. *spectral Green's function*.

KEYWORDS: Neutral particles transport theory, Deterministic computational modelling, Nuclear reactor physics, Discrete ordinates, Fixed-source calculation

1 | INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, observa-se a necessidade de otimização no desenvolvimento de códigos computacionais, com o intuito de gerar resultados que sejam precisos com um menor custo computacional, uma vez que problemas modelados de forma mais eficiente, apresentam na prática uma maior visibilidade científica. Assim, a modelagem computacional determinística de problemas envolvendo cálculos de blindagem de nêutrons (fonte-fixa) tem sido realizada de forma mais eficaz, considerado um problema de grande impacto na sociedade atual.

A equação que modela o transporte de nêutrons na sua formulação determinística parte da equação linearizada de Boltzmann utilizada em cinética de gases, como descrita em Duderstadt & Hamilton (1976). Esta equação é integro-diferencial e possui algumas hipóteses simplificadoras, considerando que os nêutrons não interagem entre si e suas interações não alteram a estrutura do meio hospedeiro. A variável dependente desta equação, definida como fluxo angular de nêutrons, apresenta 7 variáveis independentes, sendo três espaciais, duas angulares, uma temporal e uma energética.

A solução analítica ou numérica desta equação é de alta complexidade e requer grande capacidade computacional para que se obtenha resultados mais realísticos das simulações. Para isso, algumas formulações devem ser utilizadas. Neste trabalho, são abordados problemas monoenergéticos, unidimensionais nos quais a variável espacial foi tratada com o método de malha fina DD, c.f. Diamond Difference (Lewis & Miller, 1993) e os métodos nodais (malha grossa), como o MED, c.f. Método Espectral Determinístico (Oliva et al., 2018) e o SGF, c.f. spectral Green's function (Barros et al., 1998), a variável angular foi avaliada fazendo uso do método das ordenadas discretas (S_N) descrita em Lewis & Miller (1993).

Aqui, propomos a investigação de dois esquemas iterativos para o cálculo do fluxo angular de nêutrons, usando o método MED, avaliando as performances computacionais de cada um destes esquemas. Além disto, investigamos o tempo de CPU na resolução de problemas de blindagem de nêutrons.

As modelagens computacionais das simulações e seus respectivos resultados foram implementados e validados em um aplicativo computacional, construído em linguagem JAVA versão 1.8.0_91. Os resultados gerados pelas duas estratégias numéricas de solução do MED foram comparados com os obtidos nos métodos SGF e DD.

A seguir é descrito de forma sucinta o conteúdo do trabalho. Na seção 2 é apresentada a modelagem matemática das equações S_N usando o método espectral nodal MED. Na seção 3 são apresentados os esquemas iterativos para a solução das equações S_N discretizadas na variável espacial. A seção 4 apresenta os resultados numéricos para um problema-modelo. Por fim, na seção 5 são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 | MODELAGEM MATEMÁTICA DA EQUAÇÃO S_N

A equação de transporte de nêutrons, considerando um domínio unidimensional de comprimento H (Figura 1), espalhamento isotrópico, estacionária e um grupo de energia, na formulação de ordenadas discretas, tem a seguinte forma (Lewis & Miller, 1993)

$$\mu_m \frac{d}{dx} \psi_m(x) + \sigma_T(x) \psi_m(x) = \frac{\sigma_{s0}(x)}{2} \sum_{n=1}^N \psi_n(x) \omega_n + Q(x), \quad m = 1:N \quad (1)$$

onde, $\sigma_T(x)$ representa a seção de choque macroscópica total, $\sigma_{s0}(x)$ a seção de choque de espalhamento isotrópico e $Q(x)$ uma fonte isotrópica de nêutrons. Os termos μ_m e ω_m representam as direções discretas da propagação das partículas neutras e os pesos da Quadratura de Gauss-Legendre de ordem N , respectivamente. A variável de interesse a ser estimada nesta equação é o fluxo angular de nêutrons, representado por $\psi_m(x)$.

A Eq. (1) possui condições de contorno prescritas na forma

$$\psi_m(x) = \begin{cases} f_m, & \text{se } x = 0 \text{ e } \mu_m > 0, \\ g_m, & \text{se } x = H \text{ e } \mu_m < 0, \end{cases} \quad m = 1:N \quad (2)$$

2.1 Análise espectral das Equações S_N

Considere agora a Eq. (1) em um nodo arbitrário Γ_j (discretização espacial) da grade Γ no domínio unidimensional de comprimento H , onde cada um destes nodos possui um comprimento h_j , como mostrado na Figura 1.

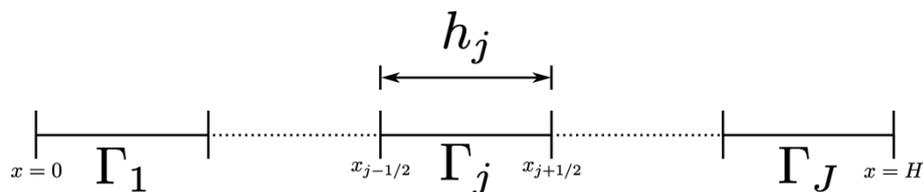


Figura 1 - Representação do nodo Γ_j na grade espacial Γ

Assumindo que os parâmetros físico-materiais são constantes no nodo Γ_j arbitrário, a Eq. (1) assume a forma

$$\mu_m \frac{d}{dx} \psi_m(x) + \sigma_{Tj} \psi_m(x) = \frac{\sigma_{S0j}}{2} \sum_{n=1}^N \psi_n(x) \omega_n + Q_j, \quad m = 1:N, \quad (3)$$

cuja solução analítica geral intranodal será dada por uma componente homogênea (h) e uma particular (p), como segue

$$\psi_m(x) = \psi_m^h(x) + \psi_m^p, \quad m = 1: N, \quad (4)$$

onde a fonte Q_j é uniforme no interior do nodo Γ_j . Assim, a solução particular é denotada como

$$\psi_m^p = \frac{Q_j}{\sigma_{aj}}, \quad \sigma_{aj} = \sigma_{Tj} - \sigma_{S0j}. \quad (5)$$

Para obtermos a componente homogênea da Eq. (3), vamos considerar a expressão (de Abreu, 1996)

$$\psi_{m,\vartheta}^h(x) = a_m(\vartheta) e^{\frac{-\sigma_{Tj}(x-\delta)}{\vartheta}}, \quad m = 1: N, \quad (6)$$

onde

$$\delta = \begin{cases} x_{j-1/2}, & \text{se } \vartheta > 0, \\ x_{j+1/2}, & \text{se } \vartheta < 0. \end{cases} \quad (7)$$

Assim, a exponencial presente na Eq. (6) sempre assumirá valores negativos, resultando numa maior estabilidade computacional dos problemas a serem simulados. Substituindo a Eq. (6) na parte homogênea da Eq. (3), obtêm-se o seguinte problema de autovalor

$$\sum_{n=1}^N \left[\frac{\delta_{mn}}{\mu_m} - \frac{c_{0j}\omega_j}{2\mu_m} \right] a_n(\vartheta) = \frac{1}{\vartheta} a_m(\vartheta), \quad m = 1: N, \quad (8)$$

onde $c_{0j} = \sigma_{S0j} / \sigma_{Tj}$ e δ_{mn} é o Delta de Krönecker.

A Equação (8) pode ser escrita na forma compacta como

$$Aa(\vartheta) = \frac{1}{9} a(\vartheta). \quad (9)$$

A matriz quadrada A possui dimensão $N \times N$. Da Eq. (9) são obtidos os autovalores que aparecem aos pares. Uma representação da distribuição destes autovalores ϑ , para um grau arbitrário N da quadratura de Gauss-Legendre, pode ser vista na Figura 2.

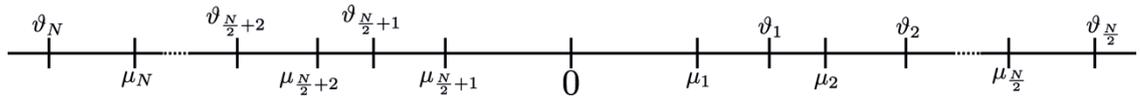


Figura 2 - Representação dos autovalores

Para cada nodo arbitrário Γ_j , obtemos um conjunto linearmente independentes de N autofunções $\Psi_{m;\vartheta}(x)$. Assim, a solução geral intra-nodal pode ser obtida com

$$\psi_m(x) = \sum_{l=1}^N \alpha_l a_m(\vartheta_l) e^{\frac{-\sigma_{Tj}(x-\delta)}{\vartheta_l}} + \frac{Q_j}{\sigma_{aj}}, \quad m = 1:N, \quad (10)$$

onde α_l é um parâmetro hipotético a ser determinado.

2.2 Método Espectral Determinístico (MED)

Nesta seção, vamos obter uma solução numérica intranodal para Eq. (3) representada pela Eq. (10), usando o MED. Este algoritmo computacional é arquitetado a partir do conhecimento dos fluxos incidentes nos contornos dos nodos nas posições $x = x_{j-1/2}$ e $x = x_{j+1/2}$, como visto na Fig. 1. Os valores da estimativa inicial do fluxo angular de nêutrons nos contornos são usados para o cálculo dos valores de α , usando a Eq. (10). Dispondo destes valores, são calculados os fluxos angulares emergentes de cada nodo, usando também a Eq. (10) (Oliva et al., 2018).

Uma iteração é feita considerando o cálculo dos fluxos emergentes de todos os nodos da grade espacial partindo da posição $x = 0$ até alcançar a posição $x = H$, usando o procedimento descrito acima. O processo iterativo é realizado até que um critério de parada prescrito seja alcançado. O critério de parada utilizado neste trabalho estabelece que a norma máxima do desvio relativo percentual do vetor fluxo escalar ϕ_{kj} , considerando duas iterações sucessivas tem que ser menor que um valor pré-estabelecido ξ (tolerância) e pode ser escrito da forma

$$\max_{j = 1:J-1} \left| \frac{\phi_{j-\frac{1}{2}}^i - \phi_{j-\frac{1}{2}}^{i-1}}{\phi_{j-\frac{1}{2}}^{i-1}} \right| \times 100\% < \xi \quad (11)$$

onde i representa a iteração atual.

As componentes do vetor fluxo escalar (ϕ_j^k) podem ser escritas considerando a expressão

$$\phi(x_{j-1/2}) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \omega_n \psi_n(x_{j-1/2}). \quad (12)$$

3 | ESTRATÉGIAS NUMÉRICAS PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA DISCRETIZADO

3.1 Estratégia numérica #1 (Oliva et al., 2018)

Inicialmente, vamos considerar a representação vista na Figura 3. Aqui, os fluxos representados pelas setas pretas são conhecidos (condições de contorno) e os fluxos representados pelas setas verdes fazem parte da estimativa inicial do processo iterativo

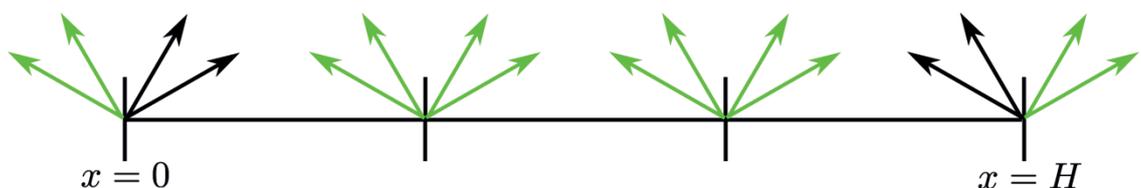
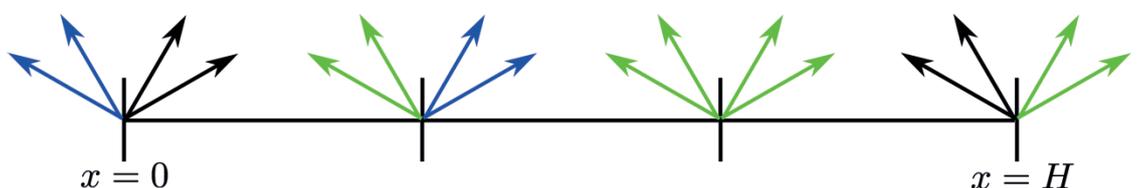


Figura 3 - Grade espacial com 3 nodos

Partindo da posição $x = 0$, através dos fluxos incidentes no primeiro nodo (seta preta e seta verde), podemos obter os parâmetros através da Eq. (10) e após este cálculo, estimar os fluxos emergentes também através da Eq. (10), setas em azul, conforme vista na Figura 4 (Oliva et al., 2018). Esta estratégia é realizada até a posição $x = H$, considerando o último nodo da grade espacial, finalizando uma iteração.



3.2 Estratégia numérica #2 (Yavuz, 1995)

O início desta metodologia é feito de forma semelhante ao que foi realizado na estratégia numérica # 1, porém, aqui adotamos dois sentidos de varredura para o cálculo dos fluxos emergentes em função dos fluxos incidentes nos nodos. Para compreendermos a dinâmica deste cálculo neste processo iterativo, é preciso que se defina o conceito de varredura na grade de discretização espacial.

Definimos como referência as orientações esquerda (E) e direita (D). Assim, temos dois sentidos de varredura para a solução do problema: $E \rightarrow D$ ($\mu_m > 0$) e $D \rightarrow E$ ($\mu_m < 0$).

Partimos da posição $x = 0$, porém, só calculamos o fluxo emergente (seta azul) no contorno direito do nodo ($E \rightarrow D - \mu_m > 0$). Realizamos este procedimento até alcançarmos o último nodo referente à posição $x = H$, como visto na Figura 5

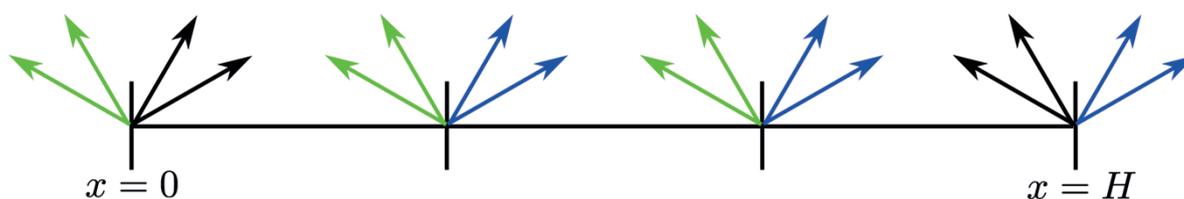


Figura 5 - Processo de ida ($\mu_m > 0$)

A seguir, partindo do nodo na posição referente a $x = H$ ($D \rightarrow E - \mu_m < 0$), procedemos os cálculos dos fluxos angulares emergentes (setas azuis) no contorno esquerdo. Repetimos esta metodologia até alcançarmos o nodo referente à posição $x = 0$. Esta estratégia numérica do cálculo dos fluxos emergentes nos nodos, considerando os algoritmos de ida ($\mu_m > 0$) e da volta ($\mu_m < 0$) representa uma iteração para a estratégia # 2. Este procedimento é análogo ao que é realizado pelo método iterativo SI (Source Iteration) na solução das equações do método DD (Lewis & Miller, 1993).

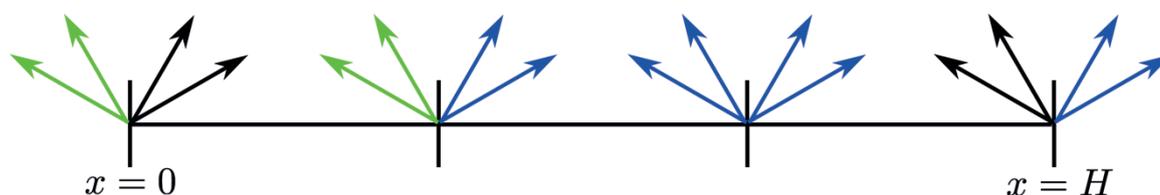


Figura 6 - Processo de volta ($\mu_m < 0$)

4 | RESULTADOS NUMÉRICOS

Foram realizadas algumas simulações para um problema-modelo onde foram avaliados os fluxos escalares de nêutrons usando as duas estratégias numéricas

propostas neste trabalho. Além disso, implementamos os métodos DD (malha fina) e o método espectralnodal SGF (malha grossa) para validarmos os resultados obtidos pelo método MED. Computamos também os tempos de CPU destas simulações e o número total de iterações.

Com o intuito de se obter a média do tempo de execução dos processos iterativos (estratégias numéricas) foram realizadas várias simulações.

Para a validação dos resultados foi utilizado o problema-modelo representado na Figura 7. (Libotte et al., 2017), que possui 4 regiões, cada uma com 5 cm de espessura, e 4 zonas materiais. Os parâmetros neutrônicos (constantes em cada zona material), os valores das fontes-fixa e as condições de contorno deste problema-modelo também são mostrados na Figura 7. Usamos o grau de quadratura $N = 128$ para as simulações deste problema-modelo.

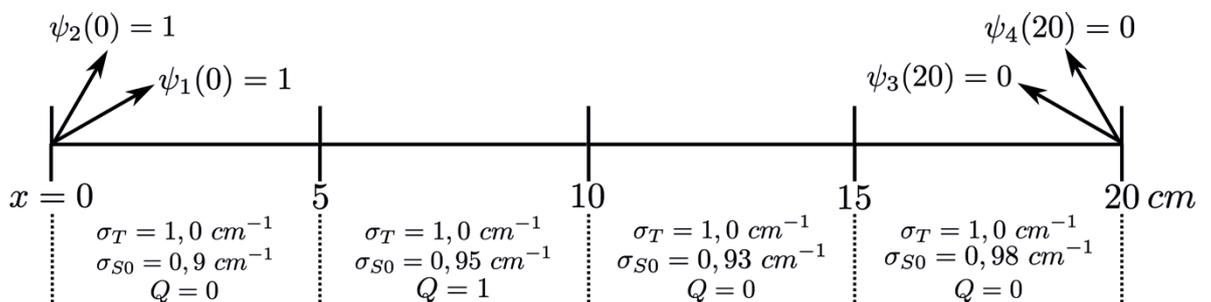


Figura 7 - Problema Modelo

Na Tabela 1 são mostrados os valores para o fluxo escalar de nêutrons, considerando as duas estratégias numéricas, usando MED, bem como os métodos DD e SGF. Na Tabela 2 são apresentados os valores e as relações do número total de iterações com o tempo total para execução do método.

| Método | 0 cm | 5 cm | 10 cm | 15 cm | 20 cm |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Estratégia #1 ^a | 0,97355406 | 7,06282338 | 7,69207906 | 0,97439537 | 0,07619481 |
| Estratégia #2 ^a | 0,97355424 | 7,06282650 | 7,69208259 | 0,97439693 | 0,07619492 |
| SGF ^a | 0,97355424 | 7,06282650 | 7,69208259 | 0,97439693 | 0,07619492 |
| DD ^b | 0,97345262 | 7,06233671 | 7,69152764 | 0,97378354 | 0,07611926 |

Tabela 1 - Fluxos escalares ($\#/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$) para o caso S_{128}

^a 1 nodo por região

^b 100 nodos por região

| Método | Tempo de 50 execuções | Média de tempo | Iterações | Tempo de iteração |
|---------------|-----------------------|----------------|-----------|-------------------|
| Estratégia #1 | 6,7999931 | 0,1359999 | 15 | 0,0090666 |
| Estratégia #2 | 9,461772 | 0,1892354 | 15 | 0,0126156 |

Tabela 2 - Tempo de execução (s)

Nas Figuras 8 e 9 é mostrado o tempo de cada execução realizada na composição dos resultados do problema-modelo apresentado. A linha preta no centro dos gráficos representa a média de tempo de execução das estratégias numéricas usadas e a linha azul representa um desvio padrão em relação à média das execuções.

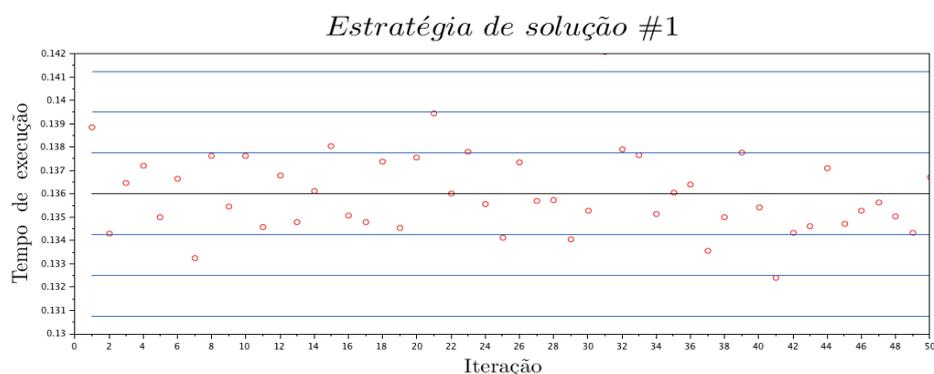


Figura 8 - Tempo de cada execução na estratégia #1

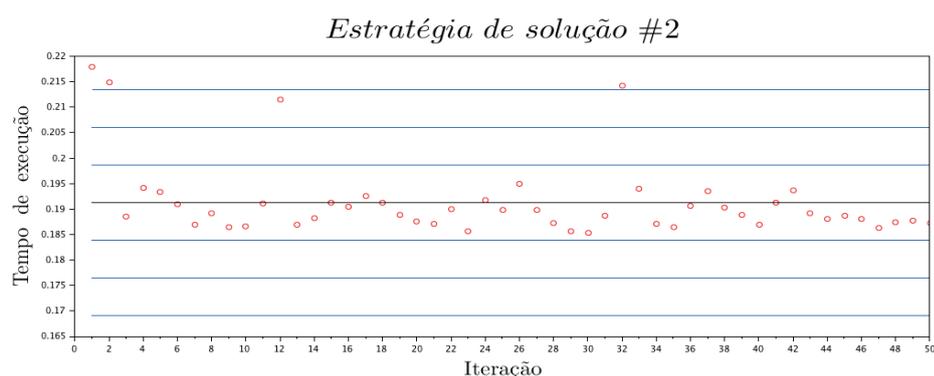


Figura 9 - Tempo de cada execução na estratégia #2

5 | CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentadas duas estratégias numéricas para a solução da equação de transporte de nêutrons na formulação de ordenadas discretas, considerando problemas unidimensionais, monoenergéticos e direcionados a cálculos de blindagem de nêutrons (fontefixa), usando o Método Espectral Determinístico (MED). Os resultados das simulações para o problema-modelo apresentado foram validados considerando o tradicional método de malha fina DD e o método nodal spectral Green's function (SGF).

Os valores obtidos nas simulações para o problema-modelo apresentado mostram que a estratégia numérica # 1 tende a apresentar menores valores para o tempo de execução das simulações em relação à estratégia numérica # 2. Pretendemos a partir destes resultados simular outros problemas-modelo para

verificarmos a eficiência destas estratégias numéricas.

No futuro, também pretendemos ampliar o uso destas metodologias para problemas unidimensionais com vários grupos de energia e grau arbitrário de anisotropia para o fenômeno de espalhamento.

O uso da plataforma JAVA no desenvolvimento do aplicativo computacional otimizou a implementação e a visualização dos resultados obtidos para o problema-modelo apresentado neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Modelagem Multi-escala e Transporte de Partículas (LabTran) do IPRJ/UERJ e à Faperj.

REFERÊNCIAS

LEWIS E.E., MILLER W.F.JR. **Computational Methods of Neutron Transport**. American Nuclear Society, La Grange Park, Illinois, 1993.

BARROS, R.C., YAVUZ, M., DE ABREU, M.P., M. MELLO, J.A. **Progress in Spectral Nodal Methods Applied to Discrete Ordinates Transport Problems**. Progress in Nuclear Energy, Vol. 33, pp. 117-154, 1998.

DUDERSTADT J.J., HAMILTON L.J. **Nuclear Reactor Analysis**. John Wiley & Sons, New York, 1976.

OLIVA, A.O., FILHO, H.A., MARTINS E SILVA, D.J., GARCÍA HERNÁNDEZ, C. R. **The spectral nodal method applied to multigroup neutron transport problems in One-Dimensional geometry with Fixed- Source**. Progress in Nuclear Energy, Vol. 105, pp. 106-113, 2008.

YAVUZ, M. **A One-D Simplified Discrete-Ordinates Method with No Spatial Truncation Error**. Annals on Nuclear Energy, Vol. 22, pp. 203-214, 1995.

LIBOTTE, R.B., FILHO, H.A., OLIVA, A.M. **Cálculos de Blindagem de Nêutrons Usando um Modelo Unidimensional de Transporte na Formulação de Ordenadas Discretas com Espalhamento Linearmente Anisotrópico e uma Velocidade**. INAC, Belo Horizonte, 2017.

DE ABREU, M. P. **Métodos Determinísticos Livres de Aproximações Espaciais para a Solução Numérica Dominante de Problemas de Autovalor Multiplicativo na Formulação de Ordenadas Discretas da Teoria do Transporte de Nêutrons**. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento urbano 78

Aprendizagem 35, 38, 39, 46, 47, 48, 286, 287, 288, 289, 295, 323, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 336, 339, 341, 343, 345, 348, 350

Aspergillus flavus 105, 106, 108, 109, 110, 114, 115

Aterramentos elétricos 296, 297, 301, 302

Atividade antioxidante 170, 171, 172, 175, 179, 180, 181

B

Biodiesel 303, 304, 305, 306, 314, 315, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373

Biotransformação 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 131

C

Cadernos escolares 1, 3, 4, 5, 9

Cafeeiro 317

Catálise 24, 26, 117, 126, 222, 363, 366, 368

D

Dispositivos móveis 286, 289, 293, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 349, 350, 351

E

Ensino 1, 2, 4, 12, 13, 15, 17, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 47, 48, 80, 105, 286, 287, 288, 294, 295, 297, 298, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 346, 348, 349, 350, 351

Escolas paroquiais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13

G

Geometria 2, 12, 28, 185, 187, 299

H

História da Educação Matemática 1, 2, 14

I

Impactos ambientais 61, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 107, 210

K

Kavain 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

L

Lama abrasiva 59, 60

M

Metátese 116, 117, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126

Middleboxes 138, 139, 140, 141, 142, 143

Modelagem computacional 49, 50, 69, 296

N

Nanopartículas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 196, 203

O

Óxido de cálcio 363, 364, 367, 368, 369, 371, 373

Óxido de cobre 24, 25, 27, 30, 31, 33, 34

P

Polimerização Radicalar 215

R

Resíduos industriais 59

Resistividade do solo 296

Rhodamine B 374, 376, 381, 382

Robótica 35, 37, 38, 40, 41, 46, 47, 48

S

Smart Cities 280

T

Transporte de nêutrons 49, 50, 51, 57

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-641-6

