



# As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-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 Exatas e da Terra e Engenharias**

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

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



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



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0141-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.414222104>

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](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



## APRESENTAÇÃO

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

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

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

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

MINIATURIZAÇÃO DE UM ARRANJO LOG-PERÍODICO QUASE-FRACTAL DE ANTENAS DE MICROFITA PARA APLICAÇÕES EM REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO NA FAIXA DE 2,44 GHZ

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira

Pedro Carlos de Assis Júnior

Vinícius Nunes de Queiroz

Marcos Lucena Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221041>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

A NORMATIZAÇÃO COMO MEIO DE INCENTIVO A DISSEMINAÇÃO DAS MICRORREDES ATRAVÉS DE POLÍTICA DE IMPOSTO E TARIFAÇÃO

Kelda Aparecida Godói dos Santos

Pedro André Zago Nunes de Souza

André Nunes de Souza

Haroldo Luiz Moretti do Amaral

Fábio de Oliveira Carvalho

Pedro da Costa Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221042>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

ESTUDO DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA VIA IOT EM RESERVATÓRIO COM CONTROLE DE NÍVEL AUTOMATIZADO

Eduardo Manprin Silva

Luís Miguel Amâncio Ribeiro

Selton de Jesus Silva da Hora

Rogério Luis Spagnolo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221043>

### **CAPÍTULO 4..... 34**

SISTEMA SUPERVISÓRIO E CONTROLE MIMO ATRAVÉS DE LÓGICA

Márcio Mendonça

Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin

Marta Rúbia Pereira dos Santos

Carlos Alberto Paschoalino

Marco Antônio Ferreira Finocchio

Francisco de Assis Scannavino Junior

José Augusto Fabri

Edson Hideki Koroishi

André Luís Shiguemoto

Celso Alves Corrêa

Kazuyochi Ota Junior

Odair Aquino Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221044>

**CAPÍTULO 5..... 50**

**EMPILHADEIRA AUTOMÁTICA**

Camila Baleiro Okado Tamashiro

Edison Hernandez Belon

Gabriel Pucharelli Molina

Filipe Cortez

Joao Victor de Elmos da Silva

Joao Vitor da Silva Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221045>

**CAPÍTULO 6..... 53**

**INTENSIVE RAINFALLS AND IONIZING RADIATION MEASUREMENTS IN FEBRUARY 2020 IN SÃO JOSÉ DOS CAMPOS BRAZIL REGION**

Inacio Malmonge Martin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221046>

**CAPÍTULO 7..... 62**

**ANÁLISE DE FALHA DE QUEBRA DE MANCAL SNH517 EM FERRO FUNDIDO CINZENTO EN GJL-200 (EN 1561) EM REGIME DE TRABALHO**

Cristofer Vila Nova Fontes

Marcelo Bergamini de Carvalho

João Mauricio Godoy

Sérgio Roberto Montoro

Amir Rivaroli Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221047>

**CAPÍTULO 8..... 71**

**PULSE TRANSIT TIME DETECTS CHANGES IN BLOOD PRESSURE IN RESPONSE TO GALVANIC VESTIBULAR STIMULATION AND POSTURE**

Adriana Pliego Carrillo

Rosario Vega

Daniel Enrique Fernández García

Claudia Ivette Ledesma Ramírez

Enrique Soto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221048>

**CAPÍTULO 9..... 78**

**EVIDENCIA INICIAL DE LAS ACCIONES DE ADAPTACIÓN DE EMPRESAS COLOMBIANAS A LA PANDEMIA CAUSADA POR EL SARS-COV2**

Lucas Adolfo Giraldo-Ríos

Jenny Marcela Sanchez-Torres

Diana Marcela Cardona Román

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221049>

**CAPÍTULO 10..... 85**

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO HUMANO DE PISOS MISTOS (AÇO-CONCRETO)**

## SUBMETIDOS A CARGAS DINÂMICAS RÍTMICAS

Elisângela Arêas Richter dos Santos

Karina Macedo Carvalho

Miguel Henrique de Oliveira Costa

José Guilherme Santos da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210410>

## **CAPÍTULO 11..... 100**

### PANORAMA DAS POLÍTICAS DE PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS (PPP'S) EM AEROPORTOS BRASILEIROS

Débora Comin Dal Pozzo

Caroline Miola

Humberto Anselmo da Silva Fayal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210411>

## **CAPÍTULO 12..... 112**

### ENCERRAMENTO DE ATIVIDADE INDUSTRIAL: DIRETRIZES PARA DESENVOLVIMENTO DE PLANOS DE DESATIVAÇÃO

Loiva Zukovski

Marlene Guevara dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210412>

## **CAPÍTULO 13..... 125**

### USO DE INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS PARA ANÁLISE DOS IMPACTOS DO USO PÚBLICO NO PARQUE NACIONAL DO PAU BRASIL, PORTO SEGURO - BA

Bianca Rocha Martins

Michele Barros de Deus Chuquel da Silva

Gabriela Narezi

Valter Antonio Becegato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210413>

## **CAPÍTULO 14..... 138**

### AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE MATURIDADE DE CULTURA DE SEGURANÇA EM ORGANIZAÇÃO DO TERCEIRO SETOR

Rodrigo Ferreira de Azevedo

Gilson Brito Alves de Lima

Licínio Esmeraldo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210414>

## **CAPÍTULO 15..... 152**

### THE EVOLUTION OF REGULATION OF THE AIR NAVIGATION ACTIVITY IN BRAZIL

Marcus Vinicius do Amaral Gurgel

Jefferson Luis Ferreira Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210415>

**CAPÍTULO 16..... 169**

**ESTUDO DE *BACKGROUND* GEOQUÍMICO ambiental em ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (aid) DA MINERAÇÃO**

Flávio de Moraes Vasconcelos  
Gabriel Melzer Aquino  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
João Santiago Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210416>

**CAPÍTULO 17..... 183**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DRENAGEM ÁCIDA E LIXIVIAÇÃO DE METAIS EM PILHAS DE ESTÉRIL E BARRAGEM DE REJEITOS DE MINERAÇÃO**

Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Flávio de Moraes Vasconcelos  
Hairton Costa Ferreira  
Marcos Rogério Palma  
Denner Dias Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210417>

**CAPÍTULO 18..... 197**

**ESTUDO DE TRATABILIDADE DA ÁGUA DA CAVA DA MINERAÇÃO RIACHO DOS MACHADOS PARA DESCARTE DO EFLUENTE**

Flávio de Moraes Vasconcelos  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Igo de Souza Tavares  
Ernesto Machado Coelho Filho  
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210418>

**CAPÍTULO 19..... 204**

**MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA: MÉTODO DO MOLINETE NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ (RONDÔNIA)**

Renato Billia de Miranda  
Frederico Fábio Mauad  
Denise Parizotto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210419>

**CAPÍTULO 20..... 218**

**APLICAÇÃO DE MATRIZ FILTRANTE DESFLUORETADORA, COMPOSTA POR SISTEMA CÉRIA/CARVÃO ATIVADO DE COCO (*Coccus nucifera* L.), EM ÁGUAS COMPLEXAS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Carlos Christiano Lima dos Santos  
Poliana Sousa Epaminondas Lima  
João Jarllys Nóbrega de Souza  
Tainá Souza Silva  
Rodrigo Lira de Oliveira  
Carlo Reillen Lima Martins

Ilauro de Souza Lima  
Ana Sabrina Barbosa Machado  
Maria Soraya Pereira Franco Adriano  
Alexandre Almeida Júnior  
Isabela Albuquerque Passos Farias  
Fabio Correia Sampaio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210420>

**CAPÍTULO 21.....233**

RESPONSIBLE MANAGEMENT OF XANTHATES TO ENSURE THE SUSTAINABILITY OF MINING INDUSTRIES IN LATIN AMERICA

Maria Andrea Atusparia Cierro  
Fredy Castillejo  
Gloria Valdivia  
María Atusparia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210421>

**CAPÍTULO 22.....251**

COBERTURA DE PILHA DE ESTÉRIL EM CLIMAS SEMI-ÁRIDOS

Flávio de Moraes Vasconcelos  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Michael Milczarek  
Rodrigo Dhryell Santos  
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210422>

**CAPÍTULO 23.....258**

SÍNTESE E QUEBRA DE EMULSÃO ÓLEO EM ÁGUA (O/A) VIA AQUECIMENTO E ADITIVAÇÃO COM NONILFENOL POLIETOXILADO

Heithor Syro Anacleto de Almeida  
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega  
Diego Ângelo de Araújo Gomes  
Rafael Stefano Costa Mallak,  
Francisco Klebson Gomes dos Santos  
Alyane Nataska Fontes Viana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210423>

**CAPÍTULO 24.....268**

DESESTABILIZAÇÃO DE EMULSÃO (O/A) DO PETRÓLEO BRUTO UTILIZANDO ÁLCOOL LAURÍLICO ETOXILADO ALIADO A VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

Rafael Stefano Costa Mallak  
Heithor Syro Anacleto de Almeida,  
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega  
Francisco Klebson Gomes dos Santos  
Alyane Nataska Fontes Viana  
Diego Angelo de Araujo Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210424>

<b>CAPÍTULO 25.....</b>	<b>280</b>
ESTUDIO PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN POR MEDIO DELA COMBUSTIÓN DEL GAS METANOS IN REALIZAR UNA RECUPERACIÓN ENERGÉTICA	
Vilma Del Mar Amaya Gutiérrez	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210425">https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210425</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>285</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>286</b>

# CAPÍTULO 20

## APLICAÇÃO DE MATRIZ FILTRANTE DESFLUORETADORA, COMPOSTA POR SISTEMA CÉRIA/CARVÃO ATIVADO DE COCO (*Coccus nucifera L.*), EM ÁGUAS COMPLEXAS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 10/03/2022

**Ilauro de Souza Lima**

Universidade Estadual da Paraíba  
Campina Grande - PB  
<http://lattes.cnpq.br/1158096949448136>

**Carlos Christiano Lima dos Santos**

Universidade Estadual da Paraíba  
Campina Grande - PB  
<http://lattes.cnpq.br/7640673721712364>

**Ana Sabrina Barbosa Machado**

Universidade Estadual da Paraíba  
Campina Grande - PB  
<http://lattes.cnpq.br/2901817261273630>

**Poliana Sousa Epaminondas Lima**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Paraíba  
Cabedelo-PB  
<http://lattes.cnpq.br/9063853858441646>

**Maria Soraya Pereira Franco Adriano**

Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa - PB  
<http://lattes.cnpq.br/2127915426885622>

**João Jarllys Nóbrega de Souza**

Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa - PB  
<http://lattes.cnpq.br/1850252824638592>

**Alexandre Almeida Júnior**

Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa - PB  
<http://lattes.cnpq.br/1920011950255763>

**Tainá Souza Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Paraíba  
Catolé do Rocha - PB  
<http://lattes.cnpq.br/1331865934382387>

**Isabela Albuquerque Passos Farias**

Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa - PB  
<http://lattes.cnpq.br/1441252821082400>

**Rodrigo Lira de Oliveira**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/8523811836244962>

**Fabio Correia Sampaio**

Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa - PB  
<http://lattes.cnpq.br/7549914789004407>

**Carlo Reillen Lima Martins**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Paraíba  
Cabedelo-PB  
<http://lattes.cnpq.br/7469254343842744>

**RESUMO:** Neste estudo, a partir de matriz filtrante e desfluoretadora, nanoestruturas de óxido de cério (VI) (céria, CeO<sub>2</sub>) e seus compósitos (carvão ativado / CeO<sub>2</sub> com 0%, 1%, 10% e 20% de CeO<sub>2</sub>), utilizando coco (*Coccus nucifera L.*), busca-se apresentar uma proposta acessível e sustentável de tratamento de água, com ação principal ou secundária, que

contribua na mitigação das altas incidências de fluorose (dentária e esquelética) encontradas no semiárido paraibano, em especial, na cidade de São João do Rio do Peixe localizada na microrregião de Cajazeiras, Paraíba. Todas as sínteses foram realizadas a 120°C, com diferentes intervalos de tempo (1, 5, 15, 30 e 60 minutos), para a obtenção do CeO<sub>2</sub>; e 30 minutos para os compósitos do sistemas Carvão/CeO<sub>2</sub>, através dos compósitos com 0, 1, 10, e 20% de CeO<sub>2</sub>. As propriedades estruturais, morfológicas e adsorptivas (flúor) dos materiais desfluoretadores foram avaliadas, respectivamente, por difração de raios-X (DRX), microscópio eletrônico de varredura de alta resolução (HR-SEM) e por potenciometria de flúor (Método direto e indireto). A fase do óxido de cério foi confirmada por análise de DRX através dos planos característicos do material, e a presença de sua deposição de compósito foi confirmada por análise de EDX. Os resultados potenciométricos de flúor (método indireto) foram realizados em escala de laboratório e os resultados mais promissores foram constatados nas matrizes de maior concentração de céria (10 a 20%), atribuindo ao compósito com 10% do óxido a melhor proposta de catalisador. A partir desses resultados uma alternativa viável, de baixo custo e ambientalmente correta, utilizando resíduos do agronegócio local, como matéria-prima para a produção de matriz desfluoretadora, com ação principal ou secundária, que pode ser aplicada na redução de flúor em nascentes do sertão paraibano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, desfluoretação, fluorose, água.

#### ACTION OF A DEFLUORINATING FILTER MATRIX, COMPOSED OF A CERIA SYSTEM/ACTIVATED CARBON FROM COCONUT (*Coccus nucifera* L.), IN COMPLEX WATERS OF PARAÍBA'S SEMI-ARID REGION

**ABSTRACT:** This study aims to present an affordable and sustainable proposal for water treatment from a filtering and defluorinating matrix, with primary or secondary action, from cerium (VI) oxide nanostructures (Cerium, CeO<sub>2</sub>) and its composites (activated carbon / CeO<sub>2</sub> with 0%, 1%, 10% and 20% of CeO<sub>2</sub>) using coconut (*Coccus nucifera* L.), which contributes to mitigate the high incidences of fluorosis (dental and skeletal) found in the semi-arid region of Paraíba, especially in the city of São João do Rio do Peixe located in the micro-region of Cajazeiras, Paraíba. All syntheses were carried out at 120°C, with different time intervals (1, 5, 15, 30, and 60 minutes), to obtain CeO<sub>2</sub>; and 30 minutes to obtain the composites of the Charcoal/CeO<sub>2</sub> system, through the composites with concentrations of 0%, 1%, 10%, and 20% of CeO<sub>2</sub>. The structural, morphological and adsorptive (fluorine) properties of the defluorinating materials were evaluated respectively by X-ray diffraction (XRD), high resolution scanning electron microscope (HR-SEM) and by fluorine potentiometry (direct and indirect method). The cerium oxide phase was confirmed by XRD analysis through the characteristic planes of the material, and the presence of its composite deposition was confirmed by Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX). Fluoride potentiometric results (indirect method) were performed on a laboratory scale and the most promising results were found in matrices with higher concentration of cerium (10% to 20%), assigning the composite with 10% of cerium (VI) oxide the best catalyst proposal. From these results a viable, low-cost and environmentally friendly alternative, using residues from local agribusiness as raw material for the production of defluoridation matrix, with primary or secondary action, can be applied in the reduction of fluoride in water sources in Paraíba's semi-arid region.

**KEYWORDS:** Sustainability, defluoridation, fluorosis, water.

## 1 | INTRODUÇÃO

Nos dias atuais tem se evidenciado que a água é um recurso escasso em decorrência das intensas estiagens observadas no Brasil e no mundo ao longo dos anos. Dessa forma, visto que a água é essencial para a sobrevivência dos seres vivos, há uma preocupação com a disponibilidade dos recursos hídricos para a população no futuro.

Para que a água seja considerada adequada para o consumo humano no Brasil, é necessário que ela esteja dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). Dentro desse contexto, um elemento que é analisado é o flúor.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011) e a Portaria 2.914/11 do Ministério da saúde (BRASIL, 2011; BRASIL, 2017) é importante que o sal de flúor (fluoreto) esteja presente na água, pois o mesmo é capaz de manter os ossos e dentes saudáveis, caso esteja em concentrações adequadas. Contudo, se concentração de flúor estiver acima de 1,5 mg/L é um indicador de deterioração da qualidade da saúde. Esse fenômeno afeta mais de 25 países e atinge cerca de 260 milhões de pessoas (MARTINS et al., 2018).

No Brasil é constatado um grande consumo de água fluoretada (em torno de 60%), classificando o país como o segundo maior sistema de fluoretação do mundo (BRASIL, 2010), sendo necessário a utilização assistida deste elemento (OMS, 2011; BRASIL, 2011; BRASIL, 2017), para dosagens inferiores a 1,5 mg/L, podendo provocar efeitos tóxicos ao organismo humano (CARVALHO *et al.*, 2011). Como exemplo destes problemas, tem-se a fluorose, dentária e óssea, com registros de sua incidência em regiões como Rio Grande do Sul (6,13 mg. L<sup>-1</sup>), Minas Gerais (11 mg. L<sup>-1</sup>), São Paulo (12 mg. L<sup>-1</sup>), e no estado da Paraíba como nas cidades de São João do Rio do Peixe e Catolé do Rocha, (9,3 mg. L<sup>-1</sup>) (MARTINS et al., 2012).

Diferentemente de algumas áreas urbanas do Nordeste, o domínio de fluorose dentária em crianças no interior da Paraíba, a exemplo do município de São João do Rio do Peixe, alto sertão do estado, está intimamente associada com a concentração de flúor em água, visto que este recurso ainda é o principal veículo para a ingestão de flúor nesta região (CARVALHO et al., 2011; MARTINS et al., 2012; FERREIRA et al., 2016).

Em razão do clima seco em algumas destas localidades, ocorre um maior consumo de água o que propicia uma maior ingestão de flúor, sendo potencializado pelo maior acesso a produtos dentifrícos, elevando para valores preocupantes os teores residuais de flúor destas populações, podendo chegar até 9,2 mg/L, muito acima do valor máximo permitido de 1,5 mg/L (MARTINS et al., 2011; IBGE, 2018). Em vista disso, o índice de crianças que tem a fluorose dentária, nestes lugares, mostra relação direta com a concentração de flúor existente nos mananciais locais, tendo incidências de 31 a 71,4 % para concentrações de 0,10 a 3,50 mg. L<sup>-1</sup> de flúor (MARTINS et al., 2012).

Nessa conjuntura, em níveis excessivos nas águas, os sais de flúor se enquadram

como contaminantes destas. Porém, eles podem ser retirados das águas por inúmeras técnicas, em que geralmente as mais comuns são aquelas combinadas, visto que obtêm os resultados mais satisfatórios, onde diminui-se o teor deste elemento aos níveis estabelecidos pelos órgãos ambientais e de saúde pública (AZZAZ et al., 2020).

Assim, um adsorvente eficaz para remover uma enorme diversidade de poluentes orgânicos e inorgânicos, polares e apolares, em fase líquida ou gasosa é o carvão ativado (CA). Este pode ser produzido normalmente a partir de biomassa lenhosa, serragem, cascas de coco, entre outros. Conforme com a necessidade de processo, a estratégia de síntese do material poderá favorecer propriedades como grande área superficial, estrutura porosa ajustável, boa termoestabilidade (altas temperaturas em atmosferas inertes ou de redução), baixa reatividade ácido-base (AO et al., 2018). Ele é um dos adsorventes mais utilizados no tratamento de águas (CORRADINI, 2006).

O agronegócio é responsável por cerca de 22,34% do PIB nacional, 43% das exportações e 37% dos empregos (EMBRAPA, 2018). O agronegócio do coco verde (*Cocos nucifera*), especialmente na região Nordeste do país, tem elevada importância pois o mesmo impacta em várias áreas como na criação de divisas, renda ou na alimentação (CUENCA et al., 2002). A Paraíba é o oitavo estado brasileiro em produção com aproximadamente 63.765 frutos/ano, dados de 2009 (MARTINS et al., 2011; IBGE, 2018). Estima-se que, no Brasil, para cada 300 mL de água-de-coco consumida, são gerados cerca de um quilo e meio de casca de coco que leva cerca de dez anos para se decompor e promovem a proliferação de vetores de doenças como ratos e insetos, a exemplo do mosquito da dengue. Uma alternativa para essa situação é identificada através da reciclagem e do reaproveitamento desse material para diversos fins (CAVALCANTE, 2018; BRASIL, 2019). O reuso desses resíduos tem ganhando grande destaque (CORRADINI, et al., 2006) e como exemplo há a produção de carvão vegetal e de bio-óleo (PAZ et al., 2017; CAVALCANTE, 2018; BRASIL, 2019).

Existem várias opções de sínteses mais limpas tanto para os processos de pirólise quanto para a ativação de carvões ativados. A literatura cita, por exemplo, processos envolvendo o uso das radiações de micro-ondas em reações hidrotermais (AO et al., 2018; RAZNA et al., 2020), no qual os produtos formados dispõem de boa seletividade e versatilidade dos íons apoiados em suas estruturas, uma seletividade superior em relação aos tipos de moléculas ancoradas nas superfícies de interesses (grupos ativos), uma cinética de reativação dos carvões mais elevada, além de exibir uma eficiência catalítica do produto maior, adaptando-o a um agente poluente específico (BAYTAR et al., 2018; RAZNA et al., 2020).

Para a retirada de sais de flúor, a simplicidade e a economia dos processos refletem condições determinantes para a implantação e operação de tratamentos de águas, em especial, as de captação subterrânea para abastecimento humano. Diversas operações podem ser utilizadas, entre elas, os processos de desmineralização total ou parcial da

água, sendo o processo físico de sorção ou de absorção um dos mais eficientes (GRICH et al., 2019; PANDA et al., 2019).

Nesta perspectiva, destaca-se a rota hidrotermal de micro-ondas, envolvendo nanoestruturas a partir de cério, alumina, titânia, magnésia, zircônio, cálcio, entre outros (DEUS et al, 2013; CHEN et al. 2019). Dentre os compostos de  $Ce^{4+}$ , o dióxido de cério ( $CeO_2$ ) é o mais estável em virtude de sua estrutura cúbica do tipo fluorita (grupo espacial  $Fm\bar{3}m$ ). Suas aplicações são determinadas pela sua estabilidade oxidativa e sua interconversão do  $Ce^{3+}$  e  $Ce^{4+}$  (Figura 1) (PALENIK et al, 2009; SINGH et al., 2018).

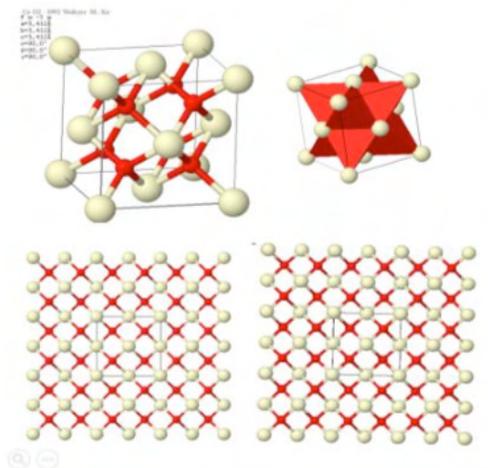


Figura 1- Estrutura cristalina do  $CeO_2$  (Fluorita).

Fonte: Santos (2021, p. 33).

Desse modo, o objetivo desse estudo foi desenvolver e avaliar uma matriz filtrante e desfluoretadora, produzida a partir de carvão ativado sustentável e de baixo custo, suportado com nanopartículas de óxido de cério (IV), fazendo uso de resíduo e/ou rejeito da agroindústria local (endocarpo de coco) da região do semiárido paraibano.

## 2 | METODOLOGIA

Para que fosse realizada a síntese das nanoestruturas de óxido de cério (IV) e do compósito carvão/  $CeO_2$ , foram utilizados os reagentes apresentados na Tabela 1, onde também estão com suas respectivas características.

Reagente	Fórmula	Fornecedor	Pureza(%)
Sulfato de Cério anidro	$Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	Merck	P.A.
Hidróxido de Sódio	Na(OH)	Vetec	P.A.
Endocarpo de coco		Dinococo	

Tabela 1 - Reagentes utilizados nas sínteses das nanoestruturas de óxido de cério (IV), do carvão puro e do compósito carvão/  $CeO_2$ .

Fonte: Santos (2021, p. 45).

## 2.1 Preparação das nanoestruturas

Na preparação das nanoestruturas de óxidos de cério (IV), utilizou-se a rota hidrotérmica de micro-ondas, pois este é um método suave e rápido, que compreende apenas uma única etapa de síntese. Logo, com o objetivo principal de fornecer os precursores e os respectivos parâmetros analíticos para a condução segura da produção dos compósitos de interesse (sistema carvão/ $CeO_2$ ), a matéria-prima de partida para a produção dos compósitos foram as nanopartículas de céria ( $CeO_2$ ), com o intuito de evitar o efeito de ânions interferentes que, presentes nos sais desse metal, poderiam agir como possíveis concorrentes dos ânions de flúor nos processos adsorptivos.

Para a síntese das nanoestruturas de óxidos de cério (IV), as soluções receberam um tratamento em Reator Hidrotérmico de Micro-ondas modelo HMO 200 I9TEC, e cada processo de síntese foi tratado termicamente a  $120^\circ C$ , utilizando intervalos de tempo de 1, 5, 15, 30 e 60 minutos, com uma taxa de aquecimento fixada em  $10^\circ C/min$ .

Como isso, foi produzido um precipitado de cor mostarda que foram lavadas com água deionizada até pH constante (geralmente em torno do valor 7). Em seguida, as amostras foram tratadas termicamente, em estufa, em temperatura de  $120^\circ C$  por um intervalo de tempo de 2 horas. Depois, o material foi macerado, peneirado (malha de 200 mesh) e encaminhado para as devidas caracterizações (Figura 2).

As nanopartículas de céria utilizadas na formação dos compósitos foram escolhidas depois de um conjunto de análises. As amostras foram aquelas que tinham a melhor relação custo benefício em termos das propriedades que apresentavam tempo de síntese de 5 minutos e áreas superficiais de  $261 m^2/g$ .

## Produção CeO<sub>2</sub>

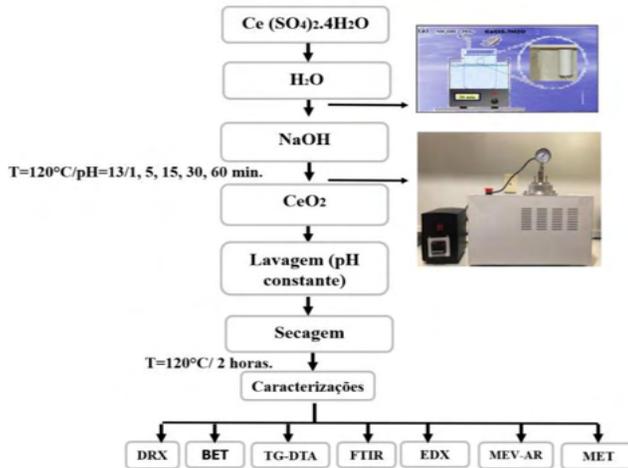


Figura 2- Representação das rotas de sínteses das Nanoestruturas de CeO<sub>2</sub>.

Fonte: Santos (2021, p. 47).

## 2.2 Metodologias para a síntese dos carvões ativados puros e dos seus compósitos carvão ativado-céria (carvão/ CeO<sub>2</sub>)

Primeiramente, realizou-se um pré-tratamento dos resíduos de casca do coco (endocarpo) fundamentado na metodologia desenvolvida por Mangueira (2014), com adaptações, em que conseguiu-se um material precursor com tamanho de grão apropriado e baixo teor de umidade a partir de sua coleta, secagem e trituração (com média de 2,5 mm). Iniciando com 5 gramas destes precursores (endocarpo de coco) e das nanopartículas de céria escolhidas, em ambiente alcalino, foram produzidos os sistemas carvão/CeO<sub>2</sub>, nas concentrações de 0, 1, 10 e 20% de cério, por meio de ativação química, via processo hidrotermal de micro-ondas.

Análogo ao procedimento realizado nas nanopartículas citado anteriormente, em um reator hidrotermal de micro-ondas, foi efetuado o tratamento térmico em uma razão de aquecimento de 10°C/min, e uma temperatura de síntese de 120°C e um espaço de tempo de reação de 30 minutos. Depois disso, todos materiais foram lavados com água deionizada e centrifugados até pH constante, próximo da neutralidade, sendo secos em estufa a 120°C por 2 horas e direcionados para a etapa de caracterização (Figura 3).

## Produção Carvão

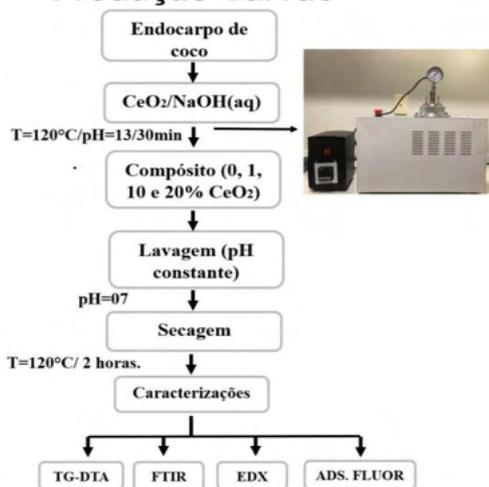


Figura 3- Representação das rotas de sínteses dos compostos de  $\text{CeO}_2$ .

Fonte: Santos (2021, p.49).

As caracterizações estruturais, termodinâmicas das amostras foram realizadas a partir de análises como difração de Raio X (DRX), através de equipamento de DRX, modelo XRD-6000 /SHIMADZU; espectroscopia de Raios X por Dispersão em Energia (EDX) (espectrofotômetro, modelo EDX-7000); microscopia de varredura eletrônica de alta resolução, através do Microscópio eletrônico de transmissão FEI de 200kV, modelo Tecnai20, emissor LAB6 ou W, módulo EDAX, tomografia Xplore3D, com aumentos de até um milhão de vezes, e do equipamento Quanta 200 FEG, com aumento de 500 mil vezes, respectivamente.

As análises indiretas de flúor foram realizadas por meio da técnica do hexametildisiloxano – HMDS, pelo método de Taves, modificado por Whitford. Nestas medições utilizou-se o método potenciométrico, através de um Eletrodo flúor-íon-específico (BN Modelo 9409, Orion, Cambridge, MA, EUA) e um potenciômetro Modelo 720 A Orion. Todas as análises foram realizadas em triplicatas, utilizando amostras de água preparadas com concentração de 23 ppm de flúor.

A fundamentação química do método é baseada na dissociação de moléculas de HMDS, na presença de ácido forte em uma placa de difusão. O flúor das amostras e das soluções padrões ligam-se aos radicais silano, formando um composto volátil, denominado trimetilfluorsilano. Esse composto é solubilizado em NaOH, localizado na tampa da placa de difusão. O flúor é então trocado pelo íon hidroxila do grupo NaOH, formando um novo composto, o trimetilsilanol, sendo o flúor liberado (Figura 4).

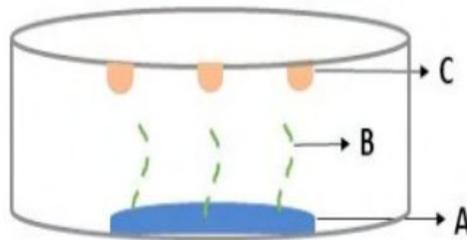


Figura 4 - Esquema demonstrativo do princípio químico da técnica do hexametildisiloxano – HMDS. A =  $H_2SO_4$  + amostra ou padrão; B = trimetilfluorsilano; C = NaOH.

Fonte: MOURA (2017).

Em relação ao controle de variáveis, estatística e tabulação dos dados, todos os experimentos foram realizados em triplicata e os dados foram apresentados como média  $\pm$  desvio padrão, em que o teste de Tukey foi utilizado para averiguar distinções significativas ( $p < 0,05$ ) entre as amostras. A análise estatística foi realizada usando o pacote estatístico Minitab 17 (Minitab Inc., State College, PA, EUA), disponível na UFPB.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Estudo da evolução das fases

Os resultados de Raio-X obtidos pelo processo hidrotérmico assistido em micro-ondas das nanoestruturas de  $CeO_2$  (Figura 5), no qual todos os materiais constataram os planos (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0), (3 1 1), (2 2 2) e (4 0 0), orientados através de um cubo de face centrada. Após análises e correlações, estas fases foram indexadas fundamentadas na ficha JCPDS 34-0394 (Joint Committee on Powder Diffraction Standards) para a estrutura fluorita, demonstrando o sucesso das sínteses. A confirmação das fases dos nanomateriais, forneceram importante orientação para a construção dos compósitos, representados pelo sistema carvão/  $CeO_2$ , em suas diferentes concentrações do óxido (DEUS et al., 2013).

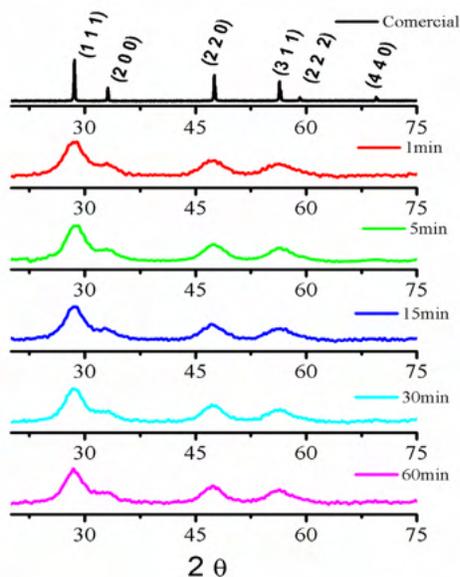


Figura 5- Difrátogramas de raios-X das nanoestruturas do sistema Céria/ NaOH/ 120°C em seus diferentes tempos de síntese (em minutos).

Fonte: Santos (2021, p.57).

### 3.2 Espectroscopia de raios x por dispersão em energia (EDX)

O êxito de ambas as sínteses foi constatado através das análises qualitativas e quantitativas de EDX (Figuras 6(a), 6(b) e 7), comprovando a pureza da céria precursora e da sua dopagem na estrutura representada pelo sistema carvão/CeO<sub>2</sub>, as duas dentro das concentrações previstas.

```

Sample : Ce-1
Operator:
Comment : Quick&easy Air-Metal
Group : easy

Quantitative Result
-----
Analyte      Result      [3-sigma] Proc.-Calc. Line  Int. (cps/uA)
-----
Ce           97.912 %   [ 0.213] Quan-FP   CeLa   261.8993
Si           1.642 %   [ 0.029] Quan-FP   SiKa   0.5879
S            0.172 %   [ 0.016] Quan-FP   S Ka   0.4745
Zn           0.141 %   [ 0.005] Quan-FP   ZnKa   1.9708
Cu           0.078 %   [ 0.005] Quan-FP   CuKa   0.9336
P            0.055 %   [ 0.008] Quan-FP   P Ka   0.0409
  
```

Figura 6- Espectroscopia de raios X por dispersão em energia (EDX), quadro (a) e espectro (b) com os respectivos resultados quantitativos e qualitativos para o CeO<sub>2</sub>, para a rota de síntese CeO<sub>2</sub>/ NaOH/ 120 °C/ 5 minutos.

a)

Fonte: Santos (2021).

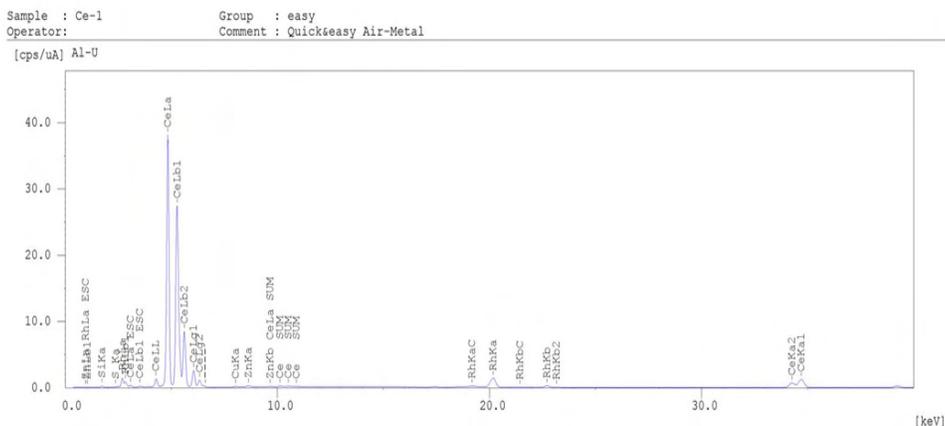


Figura 7 -Espectroscopia de raios X por dispersão em energia (EDX), quadro com resultado para a composição do material constituído pelo sistema carvão/20%CeO<sub>2</sub> /NaOH-120°C/30 minutos.

b)

Fonte: Santos (2021).

Sample : CRNLNP1  
 Operator:  
 Comment : Comment  
 Group : easy 5mm  
 Date : 2015-01-27 12:04:31

Quantitative Result

Analyte	Result	[3-sigma]	Proc.-Calc.	Line	Int. (cps/uA)
CaO	20.981 %	[ 0.131]	Quan-FP	CaKa	4.5067
CeO2	18.946 %	[ 0.228]	Quan-FP	CeLa	9.3162
P2O5	16.905 %	[ 0.363]	Quan-FP	P Ka	0.2808
Fe2O3	16.565 %	[ 0.102]	Quan-FP	FeKa	35.7641
SiO2	9.862 %	[ 0.452]	Quan-FP	SiKa	0.0576
SO3	7.773 %	[ 0.168]	Quan-FP	S Ka	0.2966
Nd2O3	3.706 %	[ 0.190]	Quan-FP	NdLa	2.4769
K2O	2.775 %	[ 0.046]	Quan-FP	K Ka	0.4847
CuO	2.071 %	[ 0.040]	Quan-FP	CuKa	7.4420
Ag2O	0.201 %	[ 0.031]	Quan-FP	AgKa	0.6032
ZnO	0.160 %	[ 0.025]	Quan-FP	ZnKa	0.6812
NbO	0.055 %	[ 0.010]	Quan-FP	NbKa	0.6138

Fonte: Santos (2021, p.65).

### 3.3 Avaliação morfológica das nanoestruturas de céria

As características morfológicas de determinados materiais, geralmente são confirmadas por imagem de microscopia eletrônica de varredura de alta resolução (MEV-AR) (DEUS et al., 2013; MISHRA et al., 2018). Assim, neste caso, foram evidenciados diversos tamanhos, formas e claridade dos grãos dos óxidos obtidos (Figura 8).

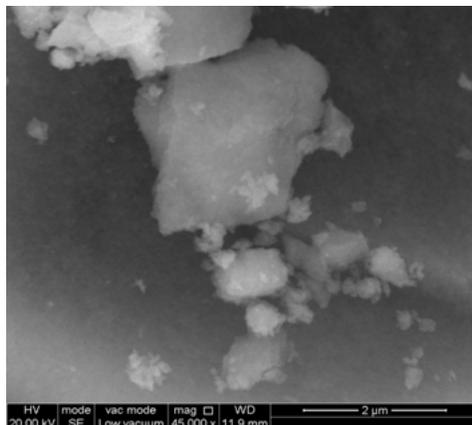


Figura 8 - Microscopias eletrônicas de varredura para o sistema  $\text{CeO}_2/\text{NaOH}$  / 120°C/ 5. minutos.

Fonte: Santos (2021, p.64).

O tratamento hidrotérmico ultrarrápido, através das micro-ondas, contribuiu para as características aglomeradas e indefinidas observadas nos materiais produzidos (FARIAS et al., 2021).

### 3.4 Testes de adsorção de flúor por análise indireta

Por meio de uma análise indireta, avaliou-se o comportamento de adsorção de flúor, em escala laboratorial, de amostras de água preparadas com a máxima concentração deste elemento (23 ppm), conforme observado na tabela 2 e figura 9.

Amostras	Concentração após 60 minutos (ppm)
carvão HMO puro	$0.32 \pm 0.02^b$
Carvão/10% $\text{CeO}_2$	$1.40 \pm 0.02^a$
Carvão/20% $\text{CeO}_2$	$1.44 \pm 0.00^a$

Tabela 2- Adsorção de flúor por análise indireta dos carvões puros e suportados com cério, sob o tempo de contato de 60 minutos, a partir de amostras de água preparadas com concentração de 23 ppm de flúor.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa com 95% de confiança.

Fonte: Santos (2021, p.69).

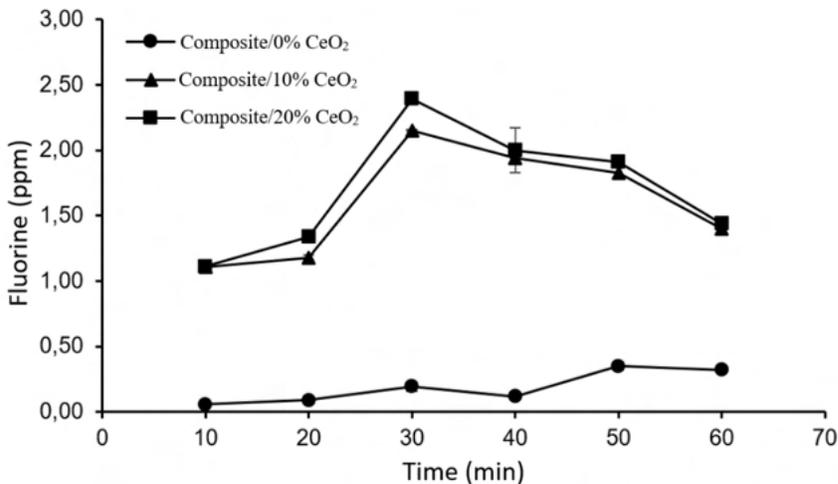


Figura 9 - Adsorção de flúor por análise indireta dos carvões puros e suportados com cério, sob os tempos de contato de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos, a partir de amostras de água preparadas com concentração de 23 ppm de flúor.

Fonte: Santos (2021, p.69).

A partir da análise indireta (Figuras 9 e Tabela 2), somente os compósitos com as maiores concentrações do óxido, Carvão/10% CeO<sub>2</sub> e Carvão/20% CeO<sub>2</sub>, apresentaram adsorção, notando-se também uma redução progressiva da concentração de flúor, a partir do intervalo de tempo de 10 minutos, com uma máxima adsorção em 30 minutos, estabilizando este comportamento até o tempo de contato de 60 minutos.

Nessa conjuntura, frente as soluções de Flúor (em sistemas de fluoretação induzida), constatou-se os melhores comportamentos adsorptivos para os compósitos com maiores concentrações (Carvão/10% CeO<sub>2</sub> e Carvão/20% CeO<sub>2</sub>), onde o compósito Carvão/10% CeO<sub>2</sub>, por ter apresentando eficiência, estatisticamente comprovada (Tabelas 4), foi a melhor relação custo-benefício, em termos de adsorção de flúor e concentração de céria, quando comparado ao compósito de concentração superior (20% de céria).

## 4 | CONCLUSÃO

A síntese destes compósitos, sistemas Carvão/CeO<sub>2</sub>, mostrou-se uma alternativa econômica e sustentável para a remoção de flúor, tanto como adsorvente principal, quanto como coadjuvante, ressignificando um resíduo crítico, endocarpo de coco (*Coccus nucifera* L.), de setor expressivo da agroindústria local do semiárido paraibano e nordestino. Devido as complexidades destas regiões endêmicas, justifica-se a possibilidade de escalonamento desse estudo, para a elaboração de protótipos aplicáveis em condições reais em mananciais que apresentem altas concentrações de flúor.

## REFERÊNCIAS

AO, W.; FU, J.; MAO, X.; KANG, Q.; RAN, C.; LIU, Y.; ZHANG, H.; GAO, Z.; LI, J.; LIU, G.; DAI, J.; Microwave assisted preparation of activated carbon from biomass: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 92, p. 958–979, 2018.

AZZAZ, A. A.; KHIARI, B.; JELLALI, S.; GHIMBEU, C. M.; JEGUIRIM, M.; Hydrochars production, characterization and application for wastewater treatment: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 127, p. 109–117, 2020.

BAYTAR, O.; SAHİN, Ö.; SAKA, C.; Sequential application of microwave and conventional heating methods for preparation of activated carbon from biomass and its methylene blue. **Adsorption**. v. 138, p. 542–551, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: BRASIL Brasil 2018/19 a 2028/29. Secretaria de Política Agrícola. BRASÍLIA, 2019, 123 p. Disponível em: [file:///C:/Users/carlo/Downloads/projecoes-2019\\_versao\\_final\\_3.pdf](file:///C:/Users/carlo/Downloads/projecoes-2019_versao_final_3.pdf). Acesso em: abril/2020

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, revogando a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Brasília, 2011. Acesso em: 09 jan 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 09 jan de 2022.

CARVALHO, R. B.; MEDEIROS, U. V.; SANTOS, K. T.; PACHECO FILHO, A. C. Influence of different concentrations of fluoride in the water on epidemiologic indicators of oral health/disease. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16(8), p. 3509–3518, 2011.

CORRADINI, E.; MORAIS, L. C.; ROSA, M. F.; MAZZETTO, S. E.; MATTOSO, L. H.; AGNELLI, J. A. M. A. Preliminary Study for the Use of Natural Fibers as Reinforcement in Starch-Gluten-Glycerol Matrix. **Macromol. Symp.**, v. 245–246, p. 558–564, 2006.

CAVALCANTE, L. V., THE COCONUT AGRIBUSINESS IN BRAZIL AND THE TERRITORIALIZATION OF CAPITAL. **Revista Pegada**, São Paulo. v19, n.3, p.117–139, 2018.

CHEN, C. L.; PARK, Sang-Won, SU, Jenn Feng, YU, Y. H., HEO, J., KIM, K. d., HUANG, C. P., The adsorption characteristics of fluoride on commercial activated carbon treated with quaternary ammonium salts (Quats). **Electrochimica Acta**. v. 316, p. 257–265, 2019.

CUENCA, M. A. G.; RESENDE, J. M.; JÚNIOR, O. J. M.; REIS, C. M. **MERCADO BRASILEIRO DO COCO: - SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS**. Coco Pós-colheita. Embrapa. 2002.

DEUS, R. C.; CILENSE, M.; FOSCHINI, C. R.; RAMIREZ, M. A.; LONGO, E.; SIMÕES, A. Z. Influence of mineralizer agents on the growth of crystalline CeO<sub>2</sub> nanospheres by the microwave-hydrothermal method. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 550, p. 245–251, 2013.

EMBRAPA. **Visão 2030: O futuro da agricultura Brasileira**. Brasília, DF 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829?version=1.1>. Acesso em 10 jan 2022.

- FERREIRA, J. E. V.; CARVALHO, M. M. S. G.; SAMPAIO, F.C.; LEITE, C. N. MAPEAMENTO DOS NÍVEIS DE FLÚOR E PH EM ÁGUAS DA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE BELÉM-PB. A Barriguda: **Revista Científica**. v. 6, n. 1, p. 112-124, 2016.
- GRICH, N. B., ATTOUR, A., MOSTEFA, M.L.P., GUESMI, S., TLILI, M., LAPICQUE, F., Fluoride removal from water by electrocoagulation: Effect of the type of water and the experimental parameters. *Electrochimica Acta*. v. 316, p.257-265, 2019. (Registro de concentrações de F superiores a 20ppm).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE/LSPA. Levantamento sistemático da Produção Agrícola. Fortaleza: IBGE/GCEA-CE. Dezembro. Séries 2016, 2017 e 2018. Documento impresso.
- MARTINS, E. T. L.; FORTE, F. D. S.; SAMPAIO, F. C. Natural fluoride levels present in the water consumed in rural northeast of Brazil. **Rev Odontol UNESP**. v.41, n. 3, p.147-153, 2012.
- MARTINS, V. T. de S.; PINO, D. S., BERTOLO, R., HIRATA, R., BABINSKI, M. PACHECO, D. F. RIOS, A. P., Who to blame for groundwater fluoride anomaly in São Paulo, Brazil? **Hydrogeochemistry and isotopic evidence**. v. 90, p. 25-38, 2018.
- MISHRA, S., SOREN, S., DEBNATH, A. K., ASWAL, D. K., DAS, N., PARHI, P., Rapid microwave – Hydrothermal synthesis of CeO<sub>2</sub> nanoparticles for simultaneous adsorption/photodegradation of organic dyes under visible light. **International Journal for Light and Electron Optics**. v. 169, p. 125–136, 2018.
- PALENIK, G. J.; HU, S. Z. Assignment of oxidation states in metal complexes Cerium (III) or cerium (IV) and other questions. **Inorganica Chimica Acta**, v. 362, p. 4740–4743, 2009.
- PANDA, B., RADHA, V. D., CHIDAMBARAM, S., ARINDAM, M., THILAGAVATHI, R., MANIKANDAN, S., THIVYA, C., RAMANATHAN, A.L. and GANESH, N., Fluoride Contamination in Groundwater—A GIS and Geostatistics Reappraisal. **Groundwater Quality Assessment Using GIS and Geostatistical Aspects**. v. 22, p.309-322, 2019.
- PAZ, E. C. S; PEDROZA, M. M; OLIVEIRA, L. R. A.; PAZ, R. R. S. Alternativa de exploração sustentável dos resíduos do coco verde para a produção de energia. **Revista brasileira de energias renováveis**, vol.6, n.2, p. 318-345, 2017.
- PHURUANGRAT, A., THONGTEM, S., THONGTEM, T., Microwave-assisted hydrothermal synthesis and characterization of CeO<sub>2</sub> nanowires for using as a photocatalytic material. **Materials Letters**. v. 1961, p. 61–63, 2017.
- RAZNA, J. K., WASIK, N., NOWICKI, P., BAK, J., KOLODYNSKA, D., PIETRZAK, Characterization and application of spherical carbonaceous materials prepared with the use of microwave radiation. **Diamond & Related Materials**. v.108, p.107927, 2020.
- SANTOS, C.C.L. **Desenvolvimento e avaliação de matriz, filtrante e desfluoretadora, constituída por óxido de cério suportado em carvão ativado proveniente de casca de coco (Cocos nucifera L.) para áreas de desertificação**. Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Tese de Doutorado, João Pessoa, 2021.
- SINGH, K., KUMARA,R., CHOWDHUR, A., Lanthanum, doped Ceria Nanoparticles: a Promising Material for Energy Applications. **Materials Today: Proceedings**. v. 5, p. 22993– 22997, 2018.
- THYLSTRUP, A; FEJERSKOV, O. (1988) Tratado de Cariologia, Rio de Janeiro: Cultura Médica. 388p. 1988.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ações humanas rítmicas 85, 87, 98

Aeroporto 100, 103, 104, 106, 107, 108, 110

Água 15, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 103, 115, 122, 124, 169, 170, 171, 172, 174, 180, 181, 184, 194, 195, 197, 198, 199, 202, 203, 204, 205, 208, 209, 210, 216, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 229, 230, 231, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 274, 275, 276, 277, 279

Análise de conforto humano 85, 97

Análise de vibração 62, 63, 64, 65, 66, 98

Áreas contaminadas 112, 114, 115, 116, 117, 120, 122, 123, 124, 170, 181

### B

Background geoquímico 169, 170, 171, 172, 173, 176, 178, 180, 181, 182

Banho termostático 258, 259, 262, 269, 274

### C

Cobertura de pilha de estéril 251

Comunicação sem fio 1

Concessões 100, 108, 109, 110, 135

Consumo de água 27, 28, 29, 30, 32, 220

Controle de nível 27, 28, 29, 30, 31

Controle Fuzzy-PID 35

Cultura 27, 61, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 148, 149, 150, 151, 168, 232

Curva de koch 1

### D

Desativação de atividades 112

Desativação De Atividades 112, 113, 119

Descarte emergencial 197, 198

Desemulsificação 258, 259, 266

Desestabilização da emulsão 269, 273

Desfluoretação 219

Drenagem ácida de mina 184, 252

## **E**

Emulsão O/A 258, 259, 269

Energias renováveis 14, 15, 16, 17, 20, 232

## **F**

Fermentação alcoólica 35, 36, 39, 41, 44, 48

Ferro fundido cinzento 62, 64

Fluorose 219, 220

## **I**

IoT 2, 27, 28, 29, 33

## **L**

Lixiviação de metais 183, 185, 186, 187, 193, 194, 195, 252

## **M**

Mancal 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Maturidade 138, 139, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150

Medição de grandes rios 204

Método do molinete 204, 205, 215

Microrredes 14, 15, 21, 23, 24

Mineração de ouro 197, 251

## **N**

Normas 13, 24, 79, 97, 98, 102, 105, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 122, 134, 139, 141, 142, 181, 195, 203, 281

Normatização 14, 15, 17, 18, 20, 24

## **O**

Organização 15, 28, 128, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 220

## **P**

Parcerias público-privadas 100, 102, 103, 104, 109, 110

Pisos mistos de edificações 85

## **Q**

Qualidade da energia 14, 19, 20

Quebra da emulsão 258, 259, 261, 264, 265, 269, 273, 274

## **R**

Recirculador 62, 63, 69, 70

Residencial 27, 29, 31

## **S**

Segurança 18, 20, 21, 39, 43, 50, 106, 118, 120, 133, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Separação O/A 269

Setor aeroportuário 100, 101, 109

Sistema multivariável 35

Sistemas supervisórios 35, 36

Sustentabilidade 17, 20, 102, 116, 123, 219

## **T**

Tensoativos 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 266, 268, 269, 270, 271, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 279

## **V**

Vazão 27, 31, 172, 198, 204, 205, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

-  [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)
-  [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)
-  [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)
-  [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)



# As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

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