

**HELENTON CARLOS DA SILVA
(ORGANIZADOR)**

**GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS E
SUSTENTABILIDADE 4**



Helenton Carlos da Silva

(Organizador)

Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade

4

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
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
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª 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)	
G393	Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 4 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-668-3 DOI 10.22533/at.ed.683192709 1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série. CDD 343.81
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 48 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da sustentabilidade e dos recursos hídricos brasileiros.

A busca por fontes alternativas de água têm se tornado uma prática cada vez mais necessária, como uma alternativa socioambiental responsável, no sentido de reduzir a demanda exclusiva sobre os mananciais superficiais e subterrâneos, tendo em vista que o intenso processo de urbanização tem trazido efeitos negativos aos recursos hídricos, em sua dinâmica e qualidade.

As águas subterrâneas representam água doce de fácil acesso, e muitas vezes, as únicas opções para abastecimento de água potável. Em geral, possuem melhor qualidade devido às interações com o solo durante a percolação. Porém, em áreas urbanas, diversas atividades comprometem sua qualidade e demanda, como instalação de fossas negras, esgotos domésticos sem tratamento ou com tratamento inadequado, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização de zonas de recarga, armazenamento de produtos perigosos em tanques subterrâneos ou aéreos sem bacia de contenção, dentre outros.

O estudo das águas subterrâneas, com a globalização, assume uma importância cada vez mais expressiva, visto que é entendido como um instrumento capaz de prover solução para os problemas de suprimento hídrico. Através de determinadas ferramentas é possível sintetizar o espaço geográfico e aprimorar o estudo deste recurso.

Tem-se ainda a infiltração de água no solo, que pode ser definida como o processo com que a água infiltra na superfície para o interior do solo, podendo ser definida como o fenômeno de penetração da água e redistribuição através dos poros ao longo do perfil. A vegetação possui efeito na dinâmica de umidade do solo, tanto diretamente como através da interação com outros fatores do solo.

Dentro deste contexto podemos destacar o alto consumo de água em edificações públicas, em razão da falta de gestão específica sobre o assunto, onde a ausência de monitoramento, de manutenção e de conscientização dos usuários são os principais fatores que contribuem para o excesso de desperdício. Faz-se necessária, então, a investigação do consumo real de água nos prédios públicos, mais precisamente os de atendimento direto aos cidadãos, efetuando-se a comparação do consumo teórico da população atendida (elaborado no projeto da edificação) com o consumo real, considerando o tempo médio de permanência desse público no imóvel, bem como as peculiaridades de cada atendimento, tendo como exemplo o acompanhante da pessoa atendida, bem como casos de perícia médica.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos recursos hídricos brasileiros, compreendendo a gestão destes recursos, com base no reaproveitamento e na correta utilização dos mesmos. A importância dos estudos

dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
QUALIDADE DA ÁGUA E PERCEPÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO	
Karina Ribeiro da Silva Maria Hortência Rodrigues Lima Thiago Herbert Santos Oliveira Wendel de Melo Massaranduba Weslei Almeida Santos Antenor de Oliveira Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.6831927091	
CAPÍTULO 2	10
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ANALÍTICAS PARA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE CULTIVARES DE CAMARÃO NA REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO	
Gustavo Andrade Araujo Oliveira Igor Santos Silva José Augusto Oliveira Junior Cristiane da Cunha Nascimento Marcos Vinicius Teles Gomes Carlos Alexandre Borges Garcia Silvânio Silvério Lopes da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.6831927092	
CAPÍTULO 3	18
ESTIMATIVA DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA DA ÁGUA NO SOLO, PEDRINHAS-SE	
Thassio Monteiro Menezes da Silva Frankilin Santos Modesto Camila Conceição dos Santos Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.6831927093	
CAPÍTULO 4	24
SALINIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO CARIRA: UMA AVALIAÇÃO GEOQUÍMICA USANDO RAZÕES IÔNICAS	
Eveline Leal da Silva Adnivia Santos Costa Monteiro Lucas Cruz Fonseca Lúcia Calumby Barreto Macedo José do Patrocínio Hora Alves	
DOI 10.22533/at.ed.6831927094	
CAPÍTULO 5	31
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO AMORTECIMENTO DE ONDAS EM RESERVATÓRIO DE BARRAGENS	
Adriana Silveira Vieira Germano de Oliveira Mattosinho Geraldo de Freitas Maciel,	
DOI 10.22533/at.ed.6831927095	

CAPÍTULO 6	40
AValiação de Barragens Subterrâneas em Pernambuco	
Edmilton Queiroz de Sousa Júnior	
Eronildo Luiz da Silva Filho	
José Almir Cirilo	
Luciano Barbosa Lira	
Thaise Suanne Guimarães Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.6831927096	
CAPÍTULO 7	49
PANORAMA DE RISCOS DAS BARRAGENS NO ESTADO DE SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL	
Jean Henrique Menezes Nascimento	
Pedro Henrique Carvalho de Azevedo	
Allana Karla Costa Alves	
Lucivaldo de Jesus Teixeira	
Gabriela Macêdo Aretakis de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.6831927097	
CAPÍTULO 8	58
OS REFLEXOS DA ATUAL CRISE HÍDRICA NA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA – CAGEPA: AÇÕES PARA REDUÇÃO DE PERDAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CAMPINA GRANDE	
Ronaldo Amâncio Meneses	
José Augusto de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.6831927098	
CAPÍTULO 9	68
MONITORAMENTO DE SECAS NO NORDESTE DO BRASIL	
Marcos Airton de Sousa Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.6831927099	
CAPÍTULO 10	77
SOFTWARE PARA DIMENSIONAMENTO DE DIÂMETROS EM ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	
Andréa Monteiro Machado	
Leonardo Pereira Lapa	
Paulo Eduardo Silva Martins	
Nayára Bezerra Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.68319270910	
CAPÍTULO 11	84
DEFINIÇÕES E CONCEITOS RELATIVOS À LMEO E À DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTES COM FUNÇÃO HÍDRICA À LUZ DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO	
Marcos Airton de Sousa Freitas	
Sandra Regina Afonso	
Márcio Antônio Sousa da Rocha Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.68319270911	

CAPÍTULO 12	94
DINÂMICA DA UMIDADE E SALINIDADE EM VALE ALUVIAL NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO	
Liliane da Cruz Pinheiro Abelardo Antônio Assunção Montenegro Adriana Guedes Magalhães Thayná Alice Brito Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.68319270912	
CAPÍTULO 13	104
URBANIZAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DE PAISAGENS HÍDRICAS EM JUIZ DE FORA/ MG – 1883/1893	
Pedro José de Oliveira Machado Flávio Augusto Sousa Santos	
DOI 10.22533/at.ed.68319270913	
CAPÍTULO 14	116
(IN)SUSTENTABILIDADE DA PESCA ARTESANAL DE ÁGUA DOCE NO BAIXO SÃO FRANCISCO EM SERGIPE/ALAGOAS/BRASIL	
Sergio Silva de Araujo Gregório Guirado Faccioli Antenor de Oliveira Aguiar Netto	
DOI 10.22533/at.ed.68319270914	
CAPÍTULO 15	133
IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DO COMPORTAMENTO DA CLOROFILA-A EM UM SISTEMA ESTUARINO LAGUNAR A PARTIR DE IMAGENS MODIS	
Regina Camara Lins Jean-Michel Martinez David M. L. da Motta Marques José Almir Cirilo Carlos Ruberto Fragoso Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.68319270915	
CAPÍTULO 16	146
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM ARGISSOLO VERMELHO AMARELO SUBMETIDO A USOS AGRÍCOLAS DISTINTOS	
Wallace Melo dos Santos Wendel de Melo Massaranduba Dayanara Mendonça Santos Thiago Herbert Santos Oliveira Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas Marcus Aurélio Soares Cruz Maria Isidória Silva Gonzaga	
DOI 10.22533/at.ed.68319270916	

CAPÍTULO 17	157
SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DAS PROPRIEDADES FOTOCATALÍTICAS DE MICROCRISTAIS DE B-AG ₂ MOO ₄ PARA DEGRADAÇÃO DE POLUENTES ORGÂNICOS	
<p>Giancarlo da Silva Sousa Francisco Xavier Nobre Edgar Alves Araújo Júnior Marcel Leiner de Sá Jairo dos Santos Trindade Maria Rita de Moraes Chaves Santos José Milton Elias de Matos</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270917	
CAPÍTULO 18	169
UTILIZAÇÃO DE JUNTA TRAVADA COMO ALTERNATIVA EM SUBSTITUIÇÃO A ANCORAGENS CONVENCIONAIS NA ADUTORA DE SERRO AZUL EM PERNAMBUCO, EM PROL DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	
<p>Nyadja Menezes Rodrigues Ramos Glécio Francisco Silva</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270918	
CAPÍTULO 19	179
COMPOSIÇÃO SAZONAL DE JUVENIS DO CAMARÃO-ROSA <i>Farfantepenaeus subtilis</i> (PÉREZ-FARFANTE, 1967) CAPTURADO EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO	
<p>Thayanne Cristine Caetano de Carvalho Alex Ribeiro dos Reis Alvaro José Reis Ramos Antônio Sérgio Silva de Carvalho Glauber David Almeida Palheta Nuno Filipe Alves Correia de Melo</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270919	
CAPÍTULO 20	191
FOTODEGRADAÇÃO DO HERBICIDA ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO (2,4-D) A PARTIR DE NANOESTRUTURAS DE TITÂNIO MODIFICADAS COM ESTANHO	
<p>Ludyane Nascimento Costa José Milton Elias de Matos Aline Aparecida Carvalho França Marcel Leiner de Sá</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270920	
CAPÍTULO 21	202
PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO (<i>Capsicum annuum</i> L.) COM ÁGUA CONDENSADA POR APARELHOS DE AR CONDICIONADO	
<p>Elvis Pantaleão Ferreira Victorio Birchler Tonini Marcelino Krause Ianke Lillya Mattedi Adrielli Ramos Locatelli Rodrigo Junior Nandorf Pablo Becalli Pacheco</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270921	

CAPÍTULO 22	209
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE METAIS DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR UM LIXÃO DESATIVADO EM CRUSTÁCEOS DA ESPÉCIE <i>Aegla jarai</i>	
Vitor Rodolfo Becegato	
Indianara Fernanda Barcarolli	
Valter Antonio Becegato	
Darluci Picolli	
Flávia Corrêa Ramos	
Alexandre Tadeu Paulino	
DOI 10.22533/at.ed.68319270922	
CAPÍTULO 23	230
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS E CONCENTRAÇÃO DE FERRO EM ÁREAS RURAIS COM INTENSA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA NO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO-SC	
Daniely Neckel Rosini	
Valter Antonio Becegato	
Pâmela Becali Vilela	
Amanda Dalalibera	
Jordana dos Anjos Xavier	
DOI 10.22533/at.ed.68319270923	
CAPÍTULO 24	244
DESSALINIZAÇÃO MARINHA E SUAS PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA	
Camila Santiago Martins Bernardini	
Carlos de Araújo Farrapeira Neto	
Fernando José Araújo da Silva	
Ingrid Fernandes de Oliveira Alencar	
Raquel Jucá de Moraes Sales	
Luciana de Souza Toniolli	
Leonardo Schramm Feitosa	
DOI 10.22533/at.ed.68319270924	
SOBRE O ORGANIZADOR	254
ÍNDICE REMISSIVO	255

SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DAS PROPRIEDADES FOTOCATALÍTICAS DE MICROCRISTAIS DE $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$ PARA DEGRADAÇÃO DE POLUENTES ORGÂNICOS

Giancarlo da Silva Sousa

Centro Universitário Santo Agostinho-UNIFSA,
Teresina - PI.

Departamento de Química, Universidade Federal
do Piauí-UFPI, Campus Ministro Petrônio Portela,
Teresina - PI

Francisco Xavier Nobre

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas-IFAM, Campus Coari,
Coari – AM

Edgar Alves Araújo Júnior

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Laboratório
Interdisciplinar de Materiais Avançados-LIMAV,
Teresina - PI

Marcel Leiner de Sá

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Programa
de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de
Materiais, Centro de Tecnologia, Teresina - PI

Jairo dos Santos Trindade

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Programa
de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de
Materiais, Centro de Tecnologia, Teresina - PI

Maria Rita de Moraes Chaves Santos

Departamento de Química, Universidade Federal
do Piauí-UFPI, Campus Ministro Petrônio Portela,
Teresina - PI

José Milton Elias de Matos

Departamento de Química, Universidade Federal
do Piauí-UFPI, Campus Ministro Petrônio Portela,
Teresina – PI

RESUMO: Neste trabalho, microcristais de molibdato de prata ($\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$) foram obtidos com sucesso pelo método hidrotérmico e utilizado na degradação fotocatalítica de poluentes orgânicos. Os microcristais de ($\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$) sintetizados foram caracterizados por diferentes técnicas físico-químicas, a fim de estudar aspectos estruturais, morfológicos e propriedades ópticas. As propriedades fotocatalíticas dos microcristais foram avaliadas pela degradação dos corantes azul de metileno (AMe) e alaranjado de metila (AM). Os padrões de DRX e micro-Raman indicam que os microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$ têm estrutura cúbica do tipo espinélio e grupo espacial (Fdm). As imagens de MEV revelaram que os microcristais possuem forma de batatas. O valor de *band gap* (E_{gap}) para os microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$ foi de (3,35 eV), relevando um E_{gap} óptico indireto. As propriedades fotocatalíticas mostraram serem dependentes da característica do corante e dos parâmetros empregados (concentração e massa do fotocatalisador). Os resultados mostraram que a taxa de degradação do corante AMe aumentou com o aumento da massa do fotocatalisador e diminuiu com o aumento da concentração de corante. Por outro lado, a taxa de degradação do corante AM diminuiu tanto com o aumento da massa quanto da concentração de corante. O fotocatalisador proposto degrada de forma eficiente corantes

têxteis; assim, este fotocatalisador é ambientalmente correto e pode ser aplicado ao tratamento de águas residuais contaminadas com corantes sintéticos.

PALAVRAS-CHAVE: β -Ag₂MoO₄, *band gap*, forma de batata, fotodegradação.

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND STUDY OF PHOTOCATALITIC PROPERTIES OF β -AG₂MOO₄ MICROCRYSTALS FOR DEGRADATION OF ORGANIC POLLUTANTS

ABSTRACT: In this work, silver molybdate (β -Ag₂MoO₄) microcrystals were successfully obtained by the hydrothermal method and used in the photocatalytic degradation of organic pollutants. The microcrystals of (β -Ag₂MoO₄) synthesized were characterized by different physicochemical techniques in order to study structural, morphological and optical properties. The photocatalytic properties of the microcrystals were evaluated by the degradation of the methylene blue and orange methyl dyes. The XRD and micro-Raman patterns indicate that β Ag₂MoO₄ microcrystals have a spinel-like cubic structure and space group (*Fdm*). SEM images revealed that microcrystals are shaped like potatoes. The band gap studied showed that the E_{gap} value for the microcrystals of β -Ag₂MoO₄ was (3.35 eV), revealing an indirect optical band gap. The photocatalytic properties showed to be dependent on the characteristic of the dye and the parameters used (concentration and mass of the photocatalyst). The results showed that the degradation rate of the methylene blue dye increased with the increase of the mass of the photocatalyst and decreased with increasing concentration. On the other hand, the degradation rate of methyl orange dye decreased both with increasing mass and concentration. The proposed photocatalyst can efficiently degrade textile dyes; thus, this photocatalyst is environmentally correct and can be applied to the treatment of waste water contaminated with synthetic dyes.

KEYWORDS: β -Ag₂MoO₄, *band gap*, potato like, photodegradation.

1 | INTRODUÇÃO

O rápido desenvolvimento de várias indústrias durante as últimas décadas, especificamente a indústria química, petroquímica, têxtil, dentre outras consome grande quantidade de água doce nas operações de processamento [KUMARESAN et al.; 2018, TAOURATI, KHADDOR, KASMI, 2019]. Contudo, descartam nas águas residuais contendo contaminantes orgânicos como pesticidas, herbicidas e corantes que poluem a água limpa [KUMARESAN et al.; 2018 1]. Os corantes têxteis comumente usados pela indústria são tóxicos e carcinogênicos que afetam os lençóis freáticos e causam graves problemas de saúde [KUMARESAN et al.; 2018, ABDELSAMADA et al.; 2018].

Várias técnicas eficazes e econômicas para tratar contaminantes de águas residuais contendo corantes têm sido objeto de estudo. Algumas técnicas são usadas para o tratamento na degradação de corante como adsorção [YAGUB et al.; 2104], biodgradação [KUPPUSAMY et al.; 2017], oxidação química [SINGH et

al.; 2016] e os processos oxidativos avançados [LI et al.; 2007] têm sido usadas no tratamento de águas residuais. Esses processos tradicionais de tratamento são ineficazes, não-destrutível e geram poluentes secundários. Entre essas técnicas, a degradação fotocatalítica de poluentes orgânicos sob radiação ultravioleta tem chamado maior atenção para a remoção de poluentes [TRIPATHY et al.; 2016]. O processo de degradação fotocatalítica de poluentes orgânicos em solução aquosa ocorre via reação de fotogeração de pares elétrons-buraco (e^-/h^+) com oxigênio, água e íons hidroxilas dissolvidas para formar espécies de radicais altamente reativos, como radicais hidroxilas [TAOURATI et al.; 2019]. Esses radicais podem reagir com moléculas orgânicas e serem convertidas em CO_2 e H_2O [SONKUSARE et al.; 2018]. Para garantir um tratamento adequado e de alta eficiência, a aplicação de um fotocatalisador é interessante [SANTHOSH et al.; 2016]. O molibdato de prata (Ag_2MoO_4) é um semicondutor e tem sido potencialmente utilizado em face às suas propriedades em várias aplicações, incluindo, material antibacteriano [TANG et al.; 2013], cerâmico [ZHOU et al.; 2014] e com boa atividade fotocatalítica [FENG et al.; 2014]. Ag_2MoO_4 existe em duas formas cristalográficas: uma na forma alfa tetragonal metaestável (obtida entre pH 5 e 6) [WANG et al.; 2017], que é transformada irreversivelmente em β - Ag_2MoO_4 , acima de 280 °C, com uma estrutura cúbica tipo espinélio [CUNHA et al.; 2105].

No presente trabalho, reportamos a síntese de microcristais de molibdato de prata (Ag_2MoO_4) pelo método hidrotérmico convencional a 100 °C durante 2h e caracterizada por diferentes técnicas analíticas e espectroscópicas. Além disso, a atividade fotocatalítica para degradação dos corantes azul de metileno e alaranjado de metila também foi investigada, monitorando a taxa de eficiência sob luz UV.

2 | PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 Síntese dos microcristais de β - Ag_2MoO_4

Todos os reagentes químicos utilizados foram de grau analítico e sem nenhuma purificação adicional. Em um típico experimento, pós de molibdato de prata (Ag_2MoO_4) na fase cúbica foram sintetizados pela mistura de 45 mL (2 mmol de nitrato de prata ($AgNO_3$, 99,9%, Sigma-Aldrich) em 45 mL (1 mmol de molibdato de sódio dihidratado ($Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$; 99,9%, Sigma-Aldrich) e mantido em agitação magnética durante 10 minutos. Posteriormente a mistura foi transferida para um autoclave revestido com teflon, de capacidade de 110 mL, e mantido a 100 °C durante 2 horas. A solução final foi filtrada, o pó foi recolhido e lavado várias vezes com água deionizada e etanol, e seco a 80 °C durante 8 horas.

2.2 Caracterizações

Os microcristais de β - Ag_2MoO_4 foram caracterizados estruturalmente por

difração de raios X (DRX) usando um difratômetro LabX XRD-6000 (Shimadzu®, Japan), com radiação Cu-K α radiation (= 0,15406 nm) na faixa de 2θ de varredura entre 10° a 80° com velocidade de 2°/min. O espectro de micro-Raman foi registrado usando o espectrômetro SENTERRA (Bruker®, Germany) equipado com laser de He-Ne (= 532 nm) e CCD operando entre 50 cm⁻¹ a 1000 cm⁻¹. A potência do raio laser na amostra foi mantida em 0,2 mW, com resolução de 4 cm⁻¹. Os espectros de UV-vis por reflectância difusa foram coletados usando um espectrofotômetro da marca Shimadzu, modelo UV-2600, utilizando o modo de reflectância difusa, acoplando-se uma esfera integradora e tendo o sulfato de bário (BaSO₄; 99,9%, Sigma-Aldrich) como branco, ou seja, padrão interno. Os aspectos morfológicos dos microcristais forma verificados com MEV-EC usando um microscópio Quanta FEG 250 (FEI® Company, Netherlands), operando a 15 kV.

2.3 Atividade fotocatalítica do Alaranjado de metila e Azul de metileno

A eficiência fotocatalítica dos microcristais de Ag₂MoO₄ sintetizados foi avaliado pela fotodegradação dos corantes azul de metileno e alaranjado de metila sob irradiação de luz ultravioleta. Para uma sequência de experimentos foram utilizados, 50 mL de soluções dos corantes azul de metileno e alaranjado de metila com diferentes concentrações iniciais (2, 5 e 7,5 ppm), diferentes massas de catalisador (25, 50 e 75 mg). Antes da reação de fotodegradação fotocatalítica, as soluções dos corantes e do fotocatalisador foram mantidas no escuro em agitação durante 10 minutos para atingir o equilíbrio de adsorção e dessorção. Na sequência, a solução foi transferida para um recipiente de capacidade 100 mL e continuamente irradiada por seis lâmpadas de UV (TUV Osram, 15 W, com intensidade máxima = 254 nm). Em cada intervalo de tempo pré-determinado, quantidades iguais de soluções dos corantes foram retiradas do recipiente da reação e filtradas para separar o fotocatalisador da mistura de reação. A reação de degradação foi monitorada usando espectrofotômetro Uv-vis.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estrutura cristalina e a qualidade dos microcristais de Ag₂MoO₄ sintetizados a 100 °C durante 2h foram investigados por análise de DRX como mostrado na Figura 1.

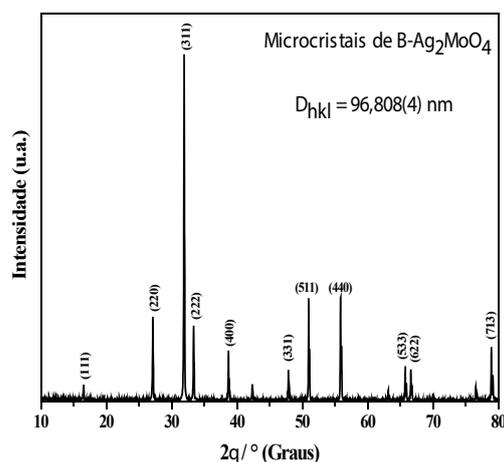


Figura 1. Padrão de DRX dos microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$ sintetizados a 100 °C por 2h

De acordo com o padrão de DRX, todos os picos de difração da amostra refletem um padrão correspondente a estrutura cúbica do tipo espinélio para os microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$, com grupo pontual de simetria (O_h^h) e grupo espacial $F\bar{d}3m$ [WYCKOFF, 1922], sem a presença de fase deletéria. Picos de difração relacionados ao óxido de prata (Ag_2O) ou nanopartículas de prata reduzida (Ag^0) foram detectadas [WANG et al.; 2009]. As respectivas posições de todos os picos de difração neste difratograma de difração de raios X estão em concordância com o cartão N°. 36187 e literatura consultada [KUMAR et al.; 2016].

O tamanho médio do cristalito (\bar{D}_{hkl}) foi obtido usando a equação de Debye-Scherrer, equação 1, [BOPPELLA, BASAK, MANORAMA, 2012] como apresentada na Equação 1. Em que λ corresponde ao comprimento de onda do ânodo do difratômetro utilizado na coleta dos padrões de difração, $k = 0,94$ (esférico) é a constante associado ao fator de estrutura, no presente estudo adotou-se e θ é o ângulo de difração.

$$\bar{D}_{hkl} = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta}$$

O resultado obtido para o tamanho médio dos microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$ foi estimado em 96,808(4) nm.

A espectroscopia Raman foi usada para investigar o grau de ordem-desordem estrutural a curto alcance dos microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$, de acordo com a Figura 2.

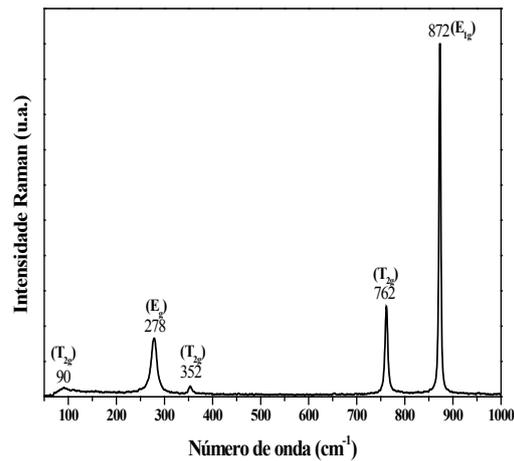


Figura 2. Espectro de micro-Raman dos microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$

Segundo a teoria de grupo, os molibdatos com estrutura tipo espinélio apresentam 5 modos ativos no Raman, como apresentado pela equação 2: [BELTRAN et al.; 2014].

$$\Gamma = A_{1g} + E_g + 3T_{2g} \quad (\text{eq. 2})$$

Na Figura 2, é possível verificar a presença de 5 modos ativos no Raman, o que indica um ordenamento estrutural a curto alcance.

O modo ativo no Raman (T_{2g}) situado em 90 cm^{-1} está associado com as vibrações dos cátions Ag [BELTRAN et al.; 2014], enquanto que o modo (E_g) localizado em 278 cm^{-1} corresponde às vibrações estruturais externas nos *clusters* octaédricos de $[\text{AgO}_6]$ [ANDRÉS et al.; 2015]. O modo (T_{2g}) localizado em 352 cm^{-1} está relacionado com as vibrações das ligações $[\text{O}-\text{Mo}-\text{O}]$ dentro dos *clusters* tetraédricos $[\text{MoO}_4]$, enquanto que o modo (T_{2g}) localizado em 762 cm^{-1} refere-se ao alongamento assimétrico da ligação $\text{Mo}-\text{O}$ [ANDRÉS et al.; 2015]. O modo ativo (A_{1g}) em 872 cm^{-1} corresponde à vibração de alongamento simétrica das ligações $[\leftarrow \text{O} \leftarrow \text{Mo} \rightarrow \text{O} \rightarrow]$ presentes nos *clusters* tetraédricos $[\text{MoO}_4]$ [LIU et al.; 2012].

A superfície morfológica das microestruturas dos microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$ foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV). A Figura 3 (a e b) mostra as imagens de MEV dos microcristais do fotocatalisador $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$.

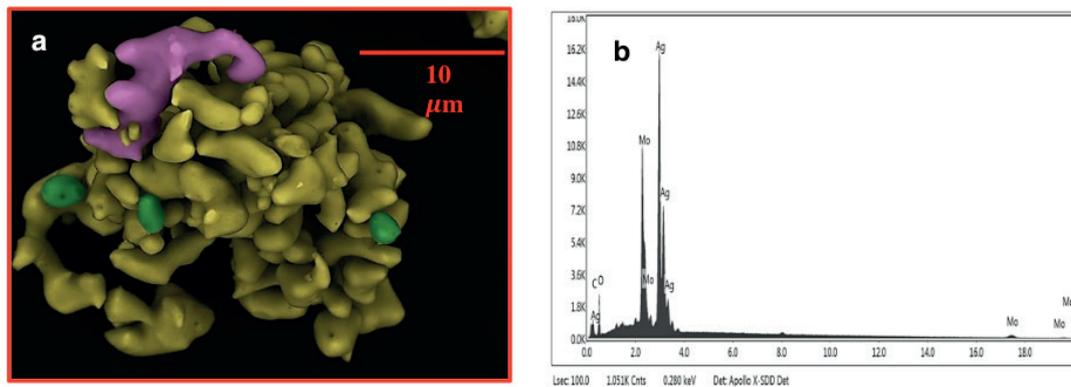


Figura 3. (a) imagens de MEV e (b) espectro de EDX dos microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$

As imagens mostram claramente que o fotocatalisador exibe microcristais em forma de batatas com forma irregular e dimensões em escala micrométrica. No espectro de EDS (Figura 3c) observa-se que o Ag_2MoO_4 apresenta em sua composição somente Ag, Mo e O, revelando a ausência de qualquer outro elemento. A presença de carbono (C) é originada do suporte utilizado para medida.

A energia do band gap do Ag_2MoO_4 é um parâmetro importante para selecionar o tipo adequado de fonte de luz para fins de degradação. A Figura 4a mostra o espectro de refletância difusa (UV-vis) da amostra. A amostra de molibdato de prata absorve apenas luz UV com um comprimento de onda menor do que 370 nm. O band gap óptico (E_{gap}) de um semiconductor pode ser calculado de acordo com a seguinte equação 3: [LUAN et al.; 2010]:

$$\alpha hv = A(hv - E_{\text{gap}})^n \quad (\text{eq. 3})$$

Em que, α é o coeficiente de absorção, hv é a energia incidente do fóton, A é a constante de proporcionalidade relacionada ao material e E_{gap} é a energia do gap do semiconductor. O valor de n depende do tipo de transição eletrônica do semiconductor ($n = 0,5$ Vpermitida direta, $n = 1,5$ proibida direta, $n = 2$ permitida indireta e $n = 3$ proibida direta) [NOBRE et al.; 2019]. A energia do *band gap* dos microcristais foi calculado extrapolando-se a região linear hv versus $[F(R)\alpha hv]^2$, como mostrado na Figura 4b.

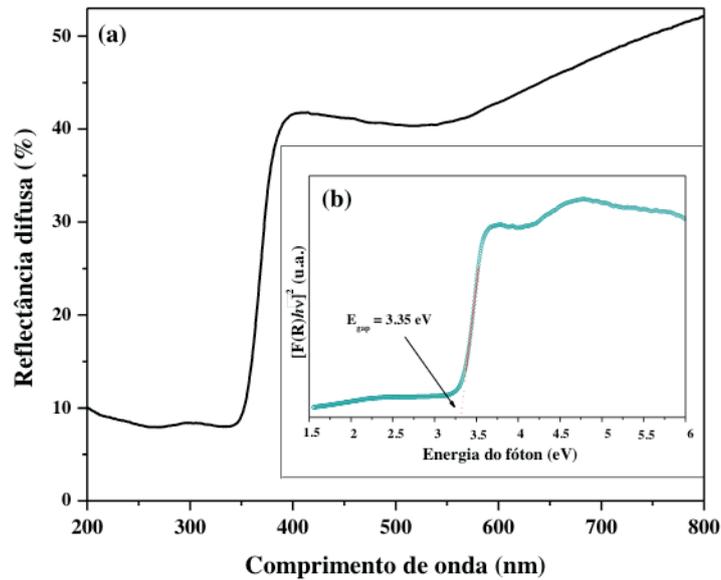


Figura 4. (a) Espectro de UV-vis por reflectância difusa e (b) *band gap* óptico obtido através dos microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$

Seguindo este método, o valor de n para Ag_2MoO_4 foi estimado em 2. Isso significa que suas transições eletrônicas são permitidas indireta e que o valor determinado para E_{gap} foi de 3,35 eV, característicos de materiais semicondutores e com possíveis aplicações em fotocatalise.

Parâmetros como a massa do fotocatalisador e a concentração do corante são cruciais no processo de fotodegradação. A Figura 5 (a-d) mostra a taxa de degradação variando a massa de (25, 50 e 75 mg) a 5 ppm para o azul de metileno e para o alaranjado de metila, assim como efeito da concentração inicial da solução dos corantes variando as concentrações de (5, 7,5 e 10 ppm) a 50 mg para o azul de metileno e (2,5, 5 e 10 ppm) a 25 mg para o alaranjado de metila.

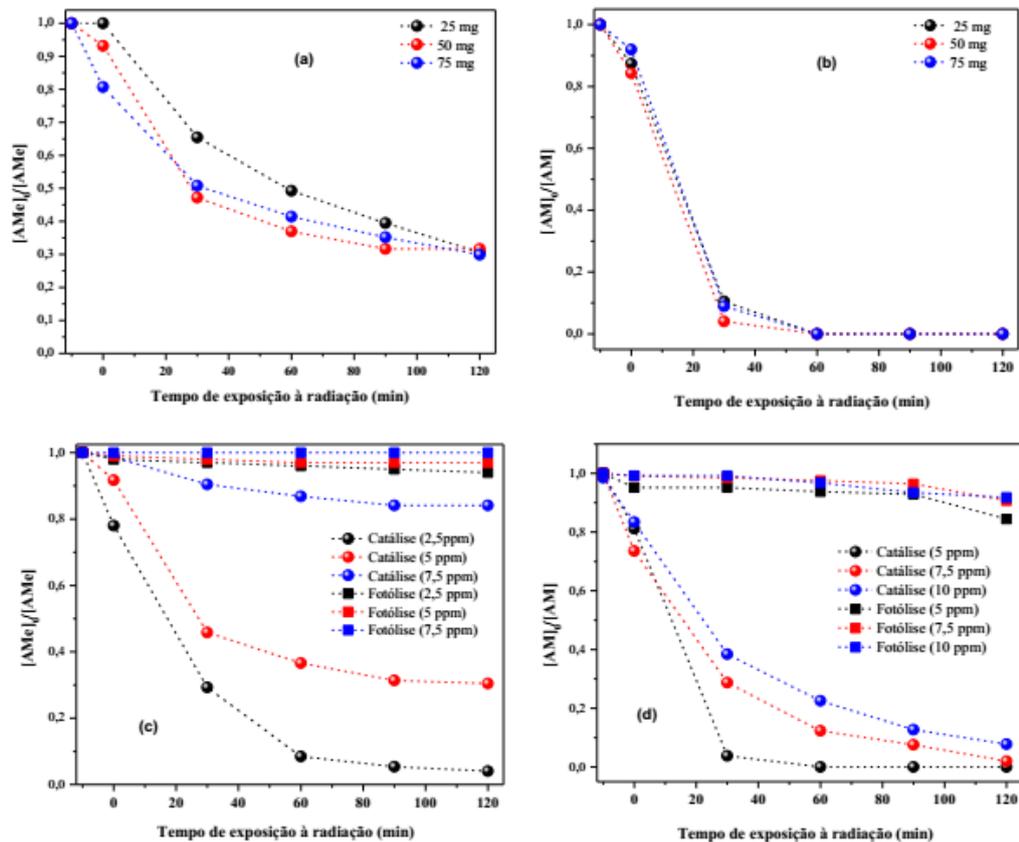


Figura 5. Espectros de UV-vis para o azul de metileno (AMe) e alaranjado de metila (AM) catalisada com diferentes massas dos microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$ (a-b) e do catalisador e diferentes concentrações dos corantes (c-d).

A figura 5 (a e b) mostra a taxa de degradação variando a massa de (25, 50 e 75 mg) a 5 ppm para o azul de metileno (AMe) e para o alaranjado de metila (AM). Os resultados mostraram para ambos os corantes, que o aumento da massa do fotocatalisador aumentou a taxa de degradação do corante, este comportamento pode estar relacionado à maior quantidade de sítios ativos disponíveis e a geração de um grande número de pares elétrons-buracos (e^-/h^+). Porém, a eficiência máxima foi alcançada para massa de 50 mg, e que o aumento da massa do fotocatalisador diminuiu a taxa de degradação dos corantes. Este comportamento do fotocatalisador pode ser explicado, uma vez que o aumento da massa diminui a penetração da luz através da solução do corante, causando o impedimento dos fótons em alcançar a superfície do substrato e conseqüentemente a saturação dos sítios ativos.

O efeito da concentração inicial da solução dos corantes também foi estudado variando as concentrações de (5, 7,5 e 10 ppm) a 50 mg para o azul de metileno e (2,5, 5 e 10 ppm) a 25 mg para o alaranjado de metila, que é mostrado na Figura 5 (c-d). Em ambos os casos a eficiência da taxa de degradação fotocatalítica diminuiu com o aumento da concentração inicial dos corantes. A redução na degradação dos corantes pode ser atribuída a maior quantidade de moléculas do corante competindo no processo de degradação. Além disso, esta redução também pode ser justificada pela diminuição da intensidade da luz que atinge os sítios ativos da superfície do

catalisador e conseqüentemente uma menor geração de pares elétrons buracos.

4 | CONCLUSÕES

Em resumo, microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$ foram sintetizados com êxito a 100 °C pelo método hidrotermal durante 2h. As análises de DRX e raman confirmaram que o produto sintetizado encontra-se na fase cúbica do tipo espinélio sem a presença de fase secundária. As imagens de MEV mostram claramente os microcristais de $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$ possuem morfologia semelhantes a batatas em escala micrométrica. O desempenho fotocatalítico dos microcristais foi avaliado para os corantes azul de metileno e alaranjado de metila. Os resultados obtidos demonstraram que a eficiência na taxa de degradação de ambos os corantes serem dependentes da concentração do corante e a massa do fotocatalisador. O presente estudo, oferece uma rota fácil e eficiente e um catalisador promissor para degradação de corantes contaminantes.

REFERÊNCIAS

- ABDELSAMADA, A. M. A.; GAD-ALLAHA, T. A.; MAHMOUD, F. A.; BADAWEYA, M. I. **Enhanced photocatalytic degradation of textile wastewater using Ag/ZnO thin films.** Journal of Water Process Engineering. v. 25, p.88-95, 2018.
- ANDRÉS, J.; FERRER, M. M.; GRACIA, L.; BELTRAN, A.; LONGO, V. M.; CRUVINEL, G. H.; TRANQUILIN, R. L.; LONGO, E. **A Combined Experimental and Theoretical Study on the Formation of Ag Filaments on $\beta\text{-Ag}_2\text{MoO}_4$ Induced by Electron Irradiation.** Particles & Particles Systems Characterization. v. 32, n. 6 p. 646–651, 2015.
- BELTRAN, A.; GRACIA, L.; LONGO, E.; ANDRÉS, J. **First-Principles Study of Pressure-Induced Phase Transitions and Electronic Properties of Ag_2MoO_4 .** The Journal of Physical Chemistry C. v. 118, n. 7, p. 3724–3732, 2014.
- BOPPELLA, R.; BASAK, P.; MANORAMA, S. V. **A viable method for the synthesis of biphasic TiO_2 nanocrystals with tunable phase composition and enabled visible light photocatalytic performance.** Applied Materials & Interfaces. v. 4, n. 3, p. 1239-12461, 2012.
- CUNHA, F.S.; SCZANCOSKI, J.C.; NOGUEIRA, I.C.; OLIVEIRA, V. G.; LUSTOSA, S.M.C.; LONGO, E.; CAVALCANTE, L.S. Structural, morphological and optical investigation of beta- Ag_2MoO_4 microcrystals obtained with different polar solvents. Crystal Engineering Communication. v.17, n. 43, p. 8207–8211, 2015.
- FENG, M.; ZHANG, M.; SHONG, J.M.; LI, X. G.; YU, S. H. **Ultralong Silver Trimolybdate Nanowires: Synthesis, Phase Transformation, Stability, and Their Photocatalytic.** Optical, and Electrical Properties. ACS Nano. v. 5, n. 8, p. 6726–6735, 2011.
- KUMAR, J.V.; KARTHIK, R.; CHEN, S.M.; MUTHURAJ, V.; KARUPPIAH, C. **Fabrication of potato-like silver molybdate microstructures for photocatalytic degradation of chronic toxicity ciprofloxacin and highly selective electrochemical detection of H_2O_2 .** Science Report. v. 6, p. 34149–34161, 2016.
- KUMARESAN, N.; SINTHIYA, M. M. A.; KUMAR, M. P.; RAVICHANDRAN, S.; BABU, R. R.; SETHURMAN, K.; RAMAMURTHI, K. **Investigation on the g- C_3N_4 encapsulated ZnO nanorods heterojunction coupled with GO for effective photocatalytic activity under visible light**

Irradiation. Arabian Journal of Chemistry. DOI.10.1016/j.arabjc.2018.07.013.

KUPPUSAMY, S.; SETHURAJAN, M.; KADARKARAI, M.; ARULIAH, R. **Biodecolourization of textile dyes by novel, indigenous *Pseudomonas stutzeri* MN1 and *Acinetobacter baumannii* MN3.** Journal of Environmental Chemical Engineering. v.5, n.1, p. 716–724, 2017.

LI, J.; MA, W.; CHEN, C.; ZHAO, J.; ZHU, H.; GAO, X. **Photodegradation of dye pollutants on one-dimensional TiO_2 nanoparticles under UV and visible irradiation.** Journal of Molecular Catalysis A Chemical. v. 261, n. 1, p. 131-138, 2007.

LIU, E. Y.; WANG, W. Z.; GAO, Y. M.; JIA, J. H. **Tribological Properties of Adaptive Ni-Based Composites with Addition of Lubricious Ag_2MoO_4 at Elevated Temperature.** Tribology Letters. v. 47, n.1, p. 21-30, 2012.

LUAN, J. F.; WANG, S.; MA, K.; LI, Y. M.; PAN, B. C. **Structural property and catalytic activity of new $\text{In}_2\text{YbSbO}_7$ and $\text{Gd}_2\text{YbSbO}_7$ nanocatalysts under visible light irradiation.** The Journal of Physical Chemistry C. v. 114, n. 20, p. 9398–9407, 2010.

NOBRE, F. X.; JUNIOR, W. A. G. P.; RUIZ, Y. L.; BENTES, V. L. I.; SILVA-MORAES, M. O.; SILVA, T. M. C.; ROCCO, M. L. M.; GONZÁLEZ, D. R. L.; DE MATOS, J. M. E.; COUCEIRO, P. R. C.; BRITO, W. R. **Facile synthesis of $n\text{TiO}_2$ phase mixture: Characterization and catalytic performance.** Materials Research. Bulletin. v. 109, p. 60-71, 2019.

SANTHOSH, C.; VELMURUGAN, V.; JACOB, G.; JEONG, S.K.; GRACE, A. N.; BHATNAGAR, A. **Role of nanomaterials in water treatment applications: A review.** Chemical Engineering Journal. v. 306, p.1116–1137, 2016.

SINGH, S.; LO, S. L.; SRIVASTAVA, V. C.; HIWARKAR, A.D. **Comparative study of electrochemical oxidation for dye degradation: parametric optimization and mechanism identification.** Journal of Environmental Chemical Engineering. v. 4, n.7, p. 2911–2921, 2016.

SONKUSARE, V.N.; CHAUDHARY, R.G.; BHUSARI, G.S.; RAI, A.R.; JUNEJA, H.D. **Microwave-mediated synthesis, photocatalytic degradation and antibacterial activity of $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ microflowers/novel $\gamma\text{-Bi}_2\text{O}_3$ microspindles.** Nano-Structures & Nano-Objects. v.13, p. 121–131, 2018.

TANG, H.; LU, A.; LI, L.; ZHOU, W.; XIE, Z.; ZHANG, L. **Highly antibacterial materials constructed from silver molybdate nanoparticles immobilized in chitin matrix.** Chemical Engineering Journal. v. 234, p. 124–131, 2013.

TAOURATI, R.; KHADDOR, M.; KASMI, A. E. **Stable ZnO nanocatalysts with high photocatalytic activity for textile dye treatment.** Nano-Structures & Nano-Objects. v.18, p. 100303, 2019.

TRIPATHY, N.; AHMAD, R.; KUK, H.; HAHN, Y. B.; KHANG, G. **Mesoporous ZnO nanoclusters as ultra-active photocatalyst.** Ceramics International. v. 42, n. 8, p. 9519–9526, 2016.

WANG, P.; HUANG, B.; QIN, X.; ZHANG, X.; DAI, Y.; WHANGBO, M. H. **$\text{Ag}/\text{AgBr}/\text{WO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$: visible-light photocatalyst for bacteria destruction.** Inorganic Chemistry. v. 48, n. 22, p.10697–10702, 2009.

WYCKOFF, R. W. G. **The crystal structure of silver molybdate.** Journal of the American Chemical Society. v. 44, n. 9, p.1994–1998, 1922.

WANG, Z.; DAI, K.; LIANG, C.; ZHANG, J.; ZHU, G. **Facile synthesis of novel butterfly-like Ag_2MoO_4 nanosheets for visible-light driven photocatalysis.** Materials Letters. v.196, p.373–376, 2017.

YAGUB, M.T.; SEN, T. K.; AFROZE, S.; ANG, H.M. **Dye and its removal from aqueous solution by**

adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science.* v. 209, p.172–184, 2014.

ZHOU, D.; LI, W.B.; PANG, L. X.; GUO, J.; QI, Z. M.; SHAO, T.; YUE, Z. X.; YAO, X. **Sintering Behavior and Dielectric Properties of Ultra-Low Temperature Fired Silver Molybdate Ceramics.** *Journal of the American Ceramic Society.* V. 97, n. 11, p. 3597-3601, 2014.

SOBRE O ORGANIZADOR

Helenton Carlos da Silva - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento-Público 1
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético 191, 193, 199
Água superficial 10, 135
Atenuação de energia 31
Atividade enzimática 210, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225
Atributos Físicos 48, 146

B

Bacia hidrográfica 25, 26, 53, 59, 60, 61, 67, 85, 90, 116, 117, 118, 119, 124, 130, 148, 241, 242
Band GAP 157, 158, 163, 164
Barragem subterrânea 40, 41, 42, 43, 47, 48

C

Camarão Peneídeo Estuarino 179
Carcinicultura 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17
Catalase 209, 210, 212, 215, 227, 228, 229
Categoria de risco 49, 52, 55, 56
Concentração de Fe 230
Condutividade elétrica 1, 2, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 26, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 204, 205, 234, 236, 240
Condutividade hidráulica 18, 21, 44, 48, 146, 147, 149, 152, 154
Crescimento de Camarão-Rosa 179

D

Dano potencial associado 49, 52, 54, 55, 56
Dejetos de animais 230
Dessalinização 244, 245, 246, 248, 249, 250, 251, 252, 253
Diagrama de gibbs 24, 27
Dimensionamento 77, 78, 79, 81, 83, 178

E

Erodibilidade 18, 22
Estação elevatória 62, 77, 78, 79, 80, 83
Estanho 191, 192, 193, 195, 199
Estatística multivariada 133
Eutrofização 133
Evaporação 24, 25, 27, 28, 29, 41, 42, 245, 247

F

Forma de batata 158
Fotocatálise 164, 191, 192, 199
Fotodegradação 158, 160, 164, 191, 194

G

Geoestatística 94
Geografia histórica 104
Gestão ambiental 31, 203, 208
Glutathione S-transferase 209, 210, 215

H

Hidrogeoquímica 24, 29

I

Índice de sustentabilidade 116, 117, 119, 121, 122, 125, 126, 129, 131
Índices de secas 68, 70
Infiltração de água no solo 18, 19, 146, 147, 149, 152, 156

M

Metais tóxicos 209, 210, 231
Modelos bio-ópticos 133

N

Nordeste do Brasil 25, 29, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 68, 69, 70, 117, 135, 188

P

Paisagens hídricas 104, 105, 106, 109
Pescados 116, 119, 121, 123, 126, 127, 128, 129
Plano de ação de emergência 49, 55
Polígono antropogênico 116, 117, 123
Potabilidade 1, 4, 8
Potencial matricial 19, 146, 148
Python 77, 78

Q

Qualidade da água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 29, 43, 45, 90, 134, 230, 234, 235, 241, 242, 243

R

Rede de arrasto não motorizado 179
Rompimento 49, 50, 54, 57, 63, 195

S

Secas 41, 59, 60, 68, 69, 70, 71, 72, 142

Semiárido 29, 40, 41, 42, 48, 51, 69, 75, 91, 93, 94, 95, 96, 103, 169, 208, 244, 245, 246, 251, 253

Software 77, 78, 79, 81, 82, 83, 97, 102, 106, 149, 150, 154, 156, 216

Sustentabilidade municipal 116, 130

Swan 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39

T

Tecnologia ambiental 48, 244

Tecnologias apropriadas 40

U

Urbanização 85, 104, 105, 106, 107, 110, 111, 112, 114, 115, 170

V

Variabilidade 12, 13, 14, 15, 69, 75, 91, 94, 95, 97, 98, 99, 102, 103, 133, 134, 137, 138, 140, 141, 142, 155, 211

Vegetação 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 51, 86, 87, 90, 92, 93, 94, 95, 236

Velocidade de infiltração básica 18, 19, 20, 21, 22, 23, 146, 148, 152

VIB 18, 19, 20, 21, 146, 152

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-668-3

