

**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 LME0 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>	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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	
<ul style="list-style-type: none"> 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

FOTODEGRADAÇÃO DO HERBICIDA ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO (2,4-D) A PARTIR DE NANOESTRUTURAS DE TITÂNIO MODIFICADAS COM ESTANHO

Ludyane Nascimento Costa

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Maranhão – IFMA
Barra do Corda- MA

José Milton Elias de Matos

Universidade Federal do Piauí - PPGQ-DQ - UFPI
Teresina – PI

Aline Aparecida Carvalho França

Universidade Federal do Piauí – PPGQ - UFPI
Teresina – PI

Marcel Leiner de Sá

Universidade Federal do Piauí – PPGCEM - UFPI
Teresina-PI

RESUMO: O trabalho em questão propõe a fotodegradação do herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) a partir de nanoestruturas de titânio modificadas com estanho. Com intuito de melhorar as propriedades físico-químicas do material foram sintetizados nanotubos de titanato de sódio (Na-NTTi), posteriormente submetidos ao processo de troca iônica com SnCl_2 para obtenção das amostras de Sn-NTTi. A análise estrutural e morfológica do material foi realizada por DRX, RAMAN e MET, comprovando a formação das estruturas desejadas e o surgimento de nanopartículas de SnO_2 . Por BET observou-se a área superficial do material aumentou após o processo de troca iônica, influenciando

positivamente na degradação do 2,4-D. Os resultados obtidos na fotocatalise indicaram que a estrutura de Sn-NTTi apresentou um bom desempenho catalítico, com taxa de degradação de 94%. Além disso, por se tratar de um catalisador heterogêneo, o seu reuso mostrou-se viável, com eficiência de 50% após o terceiro ciclo.

PALAVRAS-CHAVE: fotocatalise, estanho, ácido 2,4-diclorofenoxiacético

PHOTODEGRADATION OF THE 2,4-DICHLOROPHENOXYACETIC ACID (2,4-D) HERBICIDE FROM TITANIUM NANOSTRUCTURES MODIFIED WITH TIN

ABSTRACT: The work in question proposes the photodegradation of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) from titanium nanostructures modified with tin. To improve the physicochemical properties of the material, nanotubes of sodium titanate (Na-NTTi) were synthesized, after which they were submitted to the ion exchange process with SnCl_2 to obtain Sn-NTTi samples. The structural and morphological analysis of the material was performed by DRX, RAMAN, and MET, confirming the formation of the desired structures and the appearance of SnO_2 nanoparticles. The BET provided the surface area of the material and indicated that it increased after the ion exchange process, influencing positively the degradation of 2,4-D. The obtained results in

the photocatalysis indicated that the structure of Sn-NTTi presented a good catalytic performance, with degradation rate of 94%. Also, because it was a heterogeneous catalyst, its reuse proved to be viable, with 50% efficiency after the third cycle.

KEYWORDS: photocatalysis, tin, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, uma grande quantidade de materiais nanoestruturados têm sido estudados por conta de suas propriedades eletrônicas, ópticas, magnéticas e eletroquímicas. (KYEREMATENG et al., 2012). Entre esses materiais, o TiO_2 , um semicondutor com o *gap* de energia na região do ultravioleta, tem sido extensivamente utilizado na formação de nanoestruturas alongadas, incluindo nanofios/nanobastões, nanotubos, nanofitas e nanofolhas (BAVYKIN et al., 2010).

Muitos estudos empregam essas nanoestruturas no desenvolvimento de atividades fotocatalíticas, entretanto, o TiO_2 possui uma rápida taxa de recombinação de pares elétrons/buracos em sua superfície, o que pode reduzir sua eficiência (BARKUL et al., 2017). Além disso, a banda óptica desse material é alta, dificultando muitas vezes a sua utilização como fotocatalisador em faixas da região do visível (SHEVALE et al., 2017).

Diante disso, têm sido desenvolvidos diferentes métodos químicos para ajustar as propriedades desses materiais, tais como o acoplamento de semicondutores do tipo M_xO_y em diferentes sistemas, como TiO_2/CdS , TiO_2/ZnO , $\text{TiO}_2/\text{CeO}_2$, $\text{TiO}_2/\text{Fe}_x\text{O}_y$, TiO_2/WO_3 (PATIL et al., 2018), além de técnicas como impregnação, precipitação, dopagem no processo sol-gel e troca iônica, em que o cátion do titanato é substituído por cátions de metais alcalinos, metais de transição e(ou) lantanídeos (LI et al., 2011).

HOU et al., 2007 mostraram que nanotubos de titanato (NTTi) com estanho (SnO_2/NTTi), obtidos pelo processo solvotérmico, melhoraram a eficiência fotocatalítica. DU et al., 2010 também usando síntese solvotérmica para depositar nanocristais de SnO_2 em NTTi verificaram forte potencial como material anódico para microbaterias. Em princípio, SnO_2 é um semicondutor do tipo n, assim como o TiO_2 , entretanto tem um *bandgap* mais aplicável em sensores de estado sólido, baterias de lítio e fotocatalise (KYEREMATENG et al., 2012).

Os processos fotocatalíticos, que podem ser definidos como reações químicas aceleradas por catalisadores na presença de uma fonte luminosa, tem sido uma das técnicas mais empregadas na decomposição de compostos orgânicos. Entre esses compostos, os agrotóxicos representam um risco iminente ao meio ambiente. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), a quantidade de agrotóxicos ingerida no Brasil é tão alta que o país está na liderança do consumo mundial desde 2008. Enquanto nos últimos 10 anos o mercado mundial desse setor cresceu 93%, o que já é excessivo, no Brasil, esse crescimento foi de 190% (RIGOTTO, R.M.,

VASCONCELOS, D.P., ROCHA, M.M. 2014).

Dentro dessa classe de materiais, o ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), um herbicida, tem sido um dos agrotóxicos mais utilizados em todo o mundo para o controle de plantas daninhas, possui baixa biodegradabilidade e é conhecido como um disruptor endócrino ambiental que pode afetar gravemente o sistema endócrino e imunológico de humanos e animais (AKPAN, U.G., HAMEED, B.H., 2011). Além disso, também foi rotulado como um potencial carcinogênico e mutagênico pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer, sendo classificado como um agente tóxico moderado. (TANG et al., 2018)

O objetivo do trabalho em questão é sintetizar nanoestruturas de titanato modificadas com estanho para aplicação fotocatalítica. Os catalisadores obtidos foram utilizados na degradação do ácido 2,4-D, cuja estrutura molecular é apresentada na Figura 1.

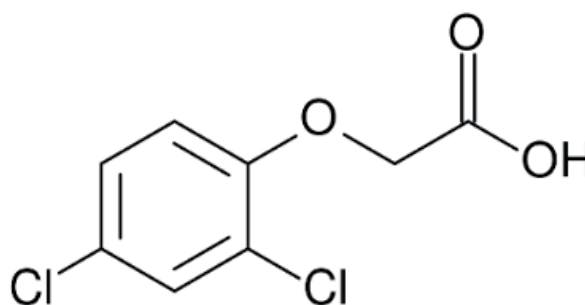


Figura 1. Estrutura molecular do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)

2 | METODOLOGIA

Parte Experimental

O processo de síntese dos nanotubos de TiO_2 (Na-NTTi) foi baseado no método hidrotérmico alcalino, desenvolvido por KASUGA *et al.*, 1998. Utilizou-se 0,5 g do precursor TiO_2 (Anatásio/Sigma-Aldrich) para 50 mL de NaOH, 10 mol L^{-1} . A síntese foi realizada em aparelho microondas, estabelecendo uma temperatura de 160 °C por 4h.

O processo de troca iônica foi realizado baseado no método de FERREIRA *et al.*, 2006. Utilizou-se 500 mg de Na-NTTi em 500 mL de água, a uma concentração de 0,05 mol L^{-1} de Sn^{2+} ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ /Impex) para obtenção das amostras Sn-NTTi. Após o tempo de troca decorrido o material foi submetido a lavagem e caracterizado. A Figura 2 esboça o esquema utilizado para a obtenção dessas nanoestruturas.

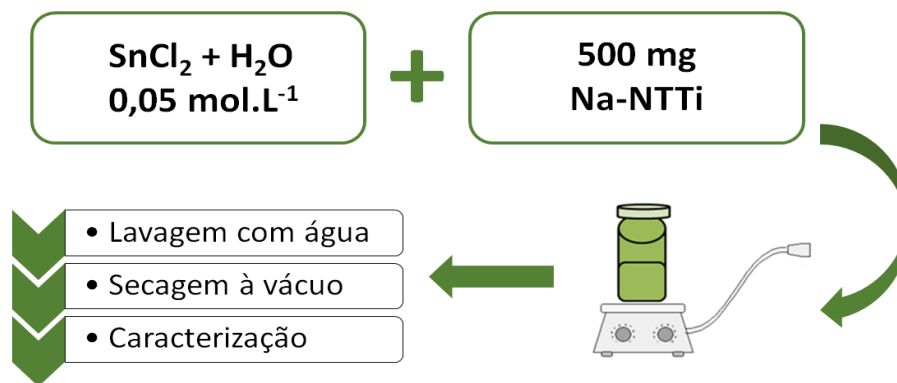


Figura 2. Esquema do processo de troca iônica das nanoestruturas de titanato com SnCl_2 .

O material sintetizado, Na-NTTi e Sn-NTTi, foi aplicado na fotodegradação do ácido 2,4-D (10 ppm) utilizando uma caixa fechada, contendo três lâmpadas germicidas de 35 W cada, com comprimento de onda em 253 nm. A solução do herbicida foi mantida em agitação durante todo o processo e borbulhada com oxigênio para facilitar as reações de oxi-redução do material. A temperatura foi controlada e mantida em torno de $25,0 \pm 1,0$ °C. As amostras foram coletadas em determinados intervalos de tempo, centrifugadas e submetidas a análise por espectroscopia no ultravioleta visível (UV-Vis).

Caracterização

A análise estrutural do material obtido foi feita por difração de raios X (DRX) Shimadzu, modelo LABX – XRD 6000, intervalo 2θ de 5° a 80° , com taxa de varredura de 2° min^{-1} . Espectroscopia Raman, Bruker - Senterra, microscópio Olympus BX50, laser de 532 nm e potência de saída de 5mW. Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM), modelo TECNAI G²S-Twin, operando em 200 KV. EDS acoplado ao MET. Análise termogravimétricas (TG/DTG) no aparelho do tipo SDT Q600 V20.9 Build 20, a uma taxa de aquecimento de 10 °C min^{-1} na faixa de temperatura de 25 °C a 800 °C em atmosfera de nitrogênio (N_2). Determinação da área superficial a partir das isotérmicas de adsorção de nitrogênio registradas em 77 K com um aparelho Quantachrome NOVA 4200 pelo método BET e do volume e diâmetro de poros pelo método algoritmo BJH (Barret-Joyner-Halenda). Espectrofotometria de absorção molecular na região do UV-Vis, em um aparelho UV-3600 da Shimadzu, com varredura na faixa entre 200 e 400 nm para o estudo do potencial de fotodegradação dos catalisadores.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação e caracterização da estrutura cristalina dos materiais sintetizados foi realizada a partir da difração de Raios X. A Figura 3 representa o difratograma das

amostras de Na-NTTi e Sn-NTTi e permite identificar os planos cristalográficos das mesmas. Para a amostra de Na-NTTi, observa-se padrões típicos de uma estrutura nanotubular com planos (200), (110), (211) e (020), referentes à estrutura monoclinica do trititanato de sódio ($\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$) (VIANA et. Al., 2009).

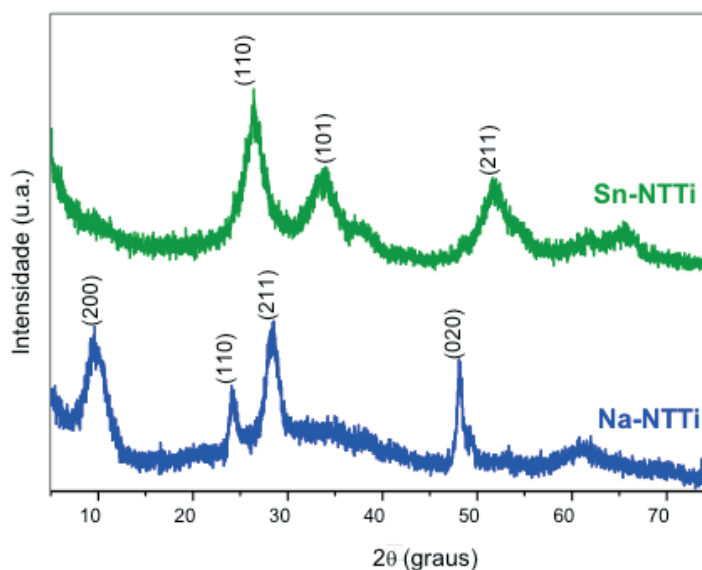


Figura 3. DRX das amostras de Na-NTTi e Sn-NTTi

Após o processo de troca iônica, observa-se que o pico em torno de $9,8^\circ$, correspondente ao plano (200) e referente à distância interlamelar do tubo, deixou de existir. É possível sugerir a partir disso que a inserção do estanho contribuiu para o rompimento da estrutura tubular, visto que o mesmo possui um raio iônico ($1,18 \text{ \AA}$) maior que o Na^+ ($0,95 \text{ \AA}$).

O surgimento de um novo padrão cristalográfico, com planos (200), (101) e (211), está relacionado a presença de SnO_2 , cuja formação pode ser justificada pela eminente afinidade eletrônica que o Sn^{2+} possui pelo oxigênio. (KYEREMATENGA et al., 2012). Verifica-se também o deslocamento dos picos para valores de 2θ após a inserção do estanho na estrutura, confirmando que houve alteração no tamanho das estruturas cristalinas, como pode ser observado na microscopia.

Corroborando com os resultados obtidos, a espectroscopia Raman apresenta os modos vibracionais das amostras de Na-NTTi e Sn-NTTi (Figura 4). Observa-se explicitamente uma diferença na intensidade das bandas após a modificação do nanotubo de titânio. As bandas em torno de 140 e 192 cm^{-1} , correspondentes ao estiramento Na-O-Ti foram deslocadas para um menor número de ondas, indicando a troca iônica com o Sn^{2+} e a formação de uma nova banda em 105 cm^{-1} (TOLEDO et al., 2007).

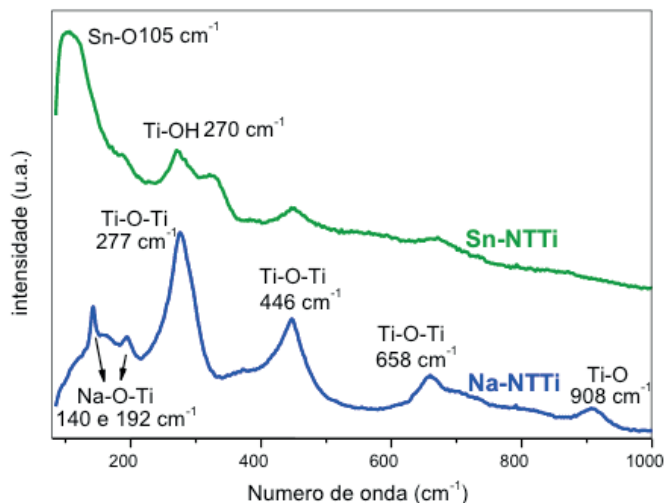


Figura 4. Raman das amostras de Na-NTTi e Sn-NTTi

A redução na intensidade das bandas em torno de 277, 446 e 658 cm^{-1} relacionadas às vibrações Ti-O-Ti da rede cristalina (ESTEVEZ et al., 2019), pode ser interpretada com base no tamanho atômico dos elementos, já que o Sn^{2+} apresenta uma massa maior que o Na^+ e provoca uma diminuição nas frequências de vibração por ser um ácido mais mole e polarizável.

O pico deslocado para a região de 270 cm^{-1} , corresponde às ligações de Ti-OH, formadas após o processo de troca iônica e importante na estabilidade da estrutura cristalina (QUIAN et al. 2005). A banda em torno de 908 cm^{-1} , relacionada ao estiramento Ti-O, das ligações terminais com a lamela, deixou de existir e confirma o desaparecimento da estrutura tubular.

As imagens de microscopia eletrônica de transmissão, Figura 5, confirmaram a morfologia dos nanotubos e a formação de nanopartículas de SnO_2 após a troca iônica, indicando claramente que a estrutura nanotubular foi destruída.

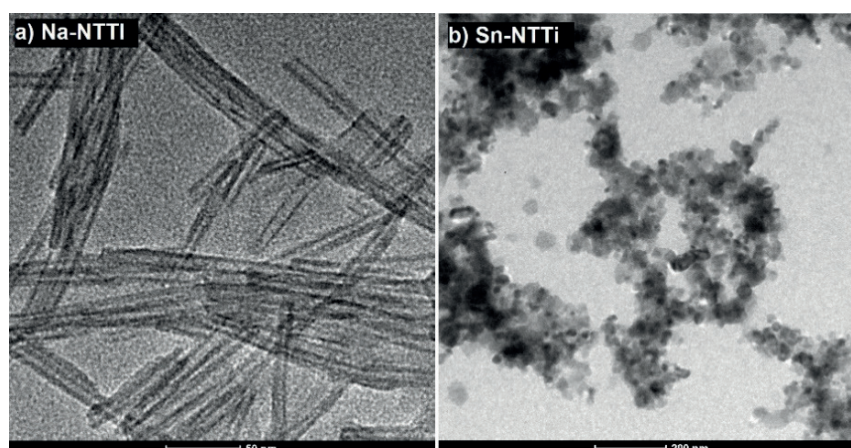


Figura 5. MET das amostras de a) Na-NTTi e b) Sn-NTTi

É possível observar na Figura 5a que as amostras de titanato apresentam morfologia tubular com comprimentos em dezenas de nanômetro, diâmetro médio

externo de aproximadamente 10 nm e interno de 4 nm, confirmando que o método de síntese utilizado foi eficaz para formação das nanoestruturas em questão.

Após o processo de troca iônica houve formação de partículas com defeitos superficiais e tamanhos médios de 11 nm de diâmetro (Figura 5b). A formação dessas estruturas de dimensões reduzidas favoreceu o aumento da área superficial do material, influenciando na eficiência do processo fotocatalítico.

A composição química das amostras foi estudada a partir da espectroscopia de energia dispersiva (EDS), apresentada na Figura 6, e confirma a presença dos elementos Ti, O, Na e Sn nas nanoestruturas propostas. Verifica-se que após a inserção do Sn na rede cristalina houve o aparecimento da banda em torno de 3,5 KeV (Figura 4b), equivalente à sua razão molar na superfície das nanoestruturas sintetizadas (KYEREMATENG et al.,2012).

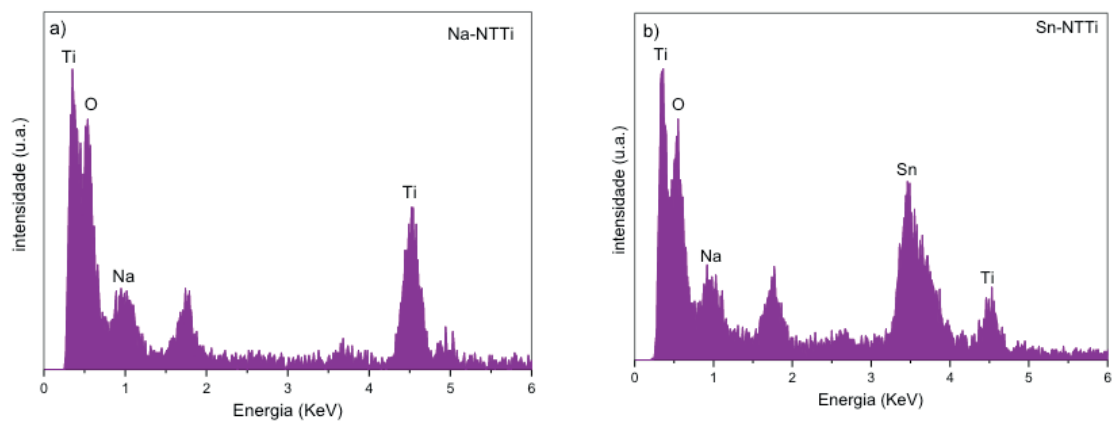


Figura 6. Espectroscopia de energia dispersiva para as amostras de Na-NTTi e Sn-NTTi

Para observar a variação na massa dos catalisadores sintetizados em função da temperatura, realizou-se a análise térmica. As curvas de TG (termogravimetria) (Figura 7a) e DTG (derivada termogravimétrica) (Figura 7b) forneceram informações sobre a perda de massa e os fenômenos físicos envolvidos no processo.

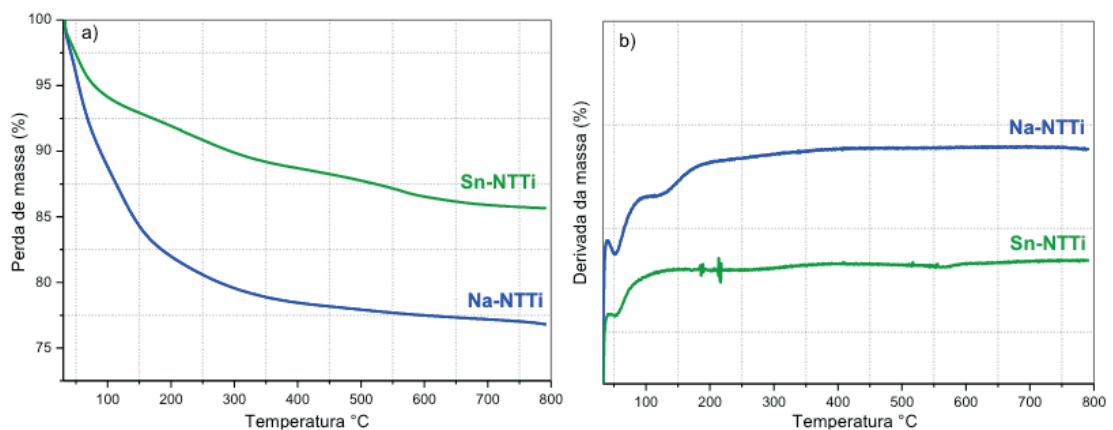


Figura 7. Curvas de a) TG e b) DTG para as amostras de Na-NTTi e Sn-NTTi

Os catalisadores utilizados mostraram uma estabilidade térmica considerável, apresentando uma perda de massa bastante pequena, em torno de 11,34% para a amostra de Na-NTTi e 5,93% para a amostra de Sn-NTTi. Observa-se em ambas as amostras uma perda de massa em torno de 100 °C, relacionada com moléculas de água adsorvidas na superfície do material.

A perda de massa correspondente aos nanotubos mostrou uma diferença significativa quando este é submetido ao processo de troca iônica. Estudos realizados por MORGADO et al., 2006, estabelecem uma relação entre o teor de sódio no NTTi e a água liberada durante o tratamento térmico. Quanto maior a quantidade de íons Na⁺, maior será a perda de massa relativa às moléculas de água nas temperaturas próximas a 100 °C.

Para determinar a área superficial, utilizou-se a técnica de BET, aplicando fluxo de gás para remover contaminações adquiridas da exposição à atmosfera e definindo o volume de gás adsorvido a cada pressão, a uma temperatura constante. A distribuição do volume de poros e diâmetro de poros, por sua vez, foram determinados pelo método algoritmo BJH. Os resultados obtidos por intermédio das curvas de adsorção/dessorção são apresentados na Tabela 1.

Amostras	V_p (cm³ g⁻¹)	D_p (nm)	S_{BET} (m² g⁻¹)
Na-NTTi	0,67	3,40	98,80
Sn-NTTi	0,19	7,69	121,70

Tabela 1. Dados texturais das amostras de Na-NTTi e Sn-NTTi obtidas por BET e BJH.

Os valores encontrados para o diâmetro de poros confirmaram a formação de estruturas mesoporosas (SHAW, 1992), cujo tamanho aumenta após o processo de troca iônica. Quanto ao volume de poros houve uma redução e em contrapartida um aumento considerável da área superficial, fato que favorece aplicações fotocatalíticas.

O estudo da atividade fotocatalítica foi realizado a partir da degradação do ácido 2,4-D. Para verificar a influência da luz e possibilitar o estudo cinético dos catalisadores sintetizados, fez-se um estudo prévio da fotólise (degradação na ausência do catalisador) e da atividade catalítica dos nanotubos de titanato puro. A Figura 8a representa o estudo cinético desses materiais e da amostra modificada com Sn.

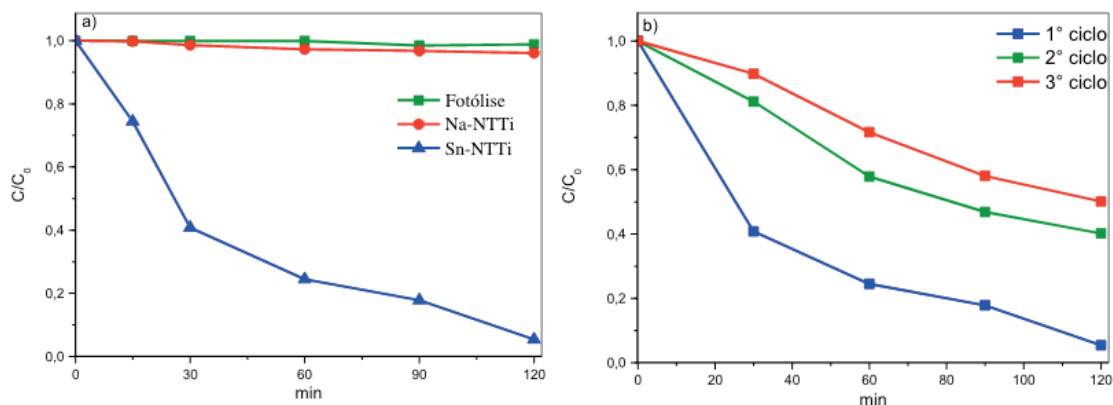


Figura 8. a) Estudo cinético da degradação do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) a partir da fotólise e da fotocatalise utilizando Na-NTTi e Sn-NTTi e b) avaliação do reuso da amostra Sn-NTTi.

De acordo com os gráficos apresentados na Figura 8a observa-se que a fotólise e o Na-NTTi não se mostraram ativos na degradação do 2,4-D. Em contrapartida, a amostra de Sn-NTTi, obtida pelo processo de troca iônica, apresentou uma taxa de degradação de 94%, ressaltando a importância da modificação estrutural no processo fotocatalítico.

É possível propor que a morfologia do sistema SnO_2/NTTi pode influenciar diretamente na geração dos pares e^-/h^+ , favorecendo a degradação do pesticida. A formação de agentes oxidantes pode, portanto, ser aumentada pela presença das nanopartículas de estanho formadas, melhorando a eficiência e a resposta à luz no desempenho catalítico (MERENDA et al., 2019). Além disso, pelos dados de BET fornecidos, verifica-se um aumento na área superficial desse material, o que também favorece o processo.

A Figura 8B avalia a reutilização da amostra Sn-NTTi, visto que trata-se de um catalisador heterogêneo. Verifica-se que após o reuso a eficiência do catalisador apresentou uma taxa de degradação de 59,72% para o segundo ciclo e 49,85% para o terceiro ciclo, confirmando assim que o processo de reutilização é viável e corroborando com os resultados obtidos.

4 | CONCLUSÃO

As análises de DRX, Raman e MET comprovaram a formação de nanotubos (Na-NTTi) a partir do método de síntese utilizado e o surgimento de nanopartículas na estrutura cristalina do material após a inserção do estanho (Sn-NTTi). O EDS confirmou a presença de Sn após o processo de troca iônica e as curvas termogravimétricas demonstraram uma boa estabilidade térmica para os catalisadores sintetizados. Pelo método BET verificou-se um aumento da área superficial após a modificação da estrutura tubular, o que influenciou no processo fotocatalítico. O estudo da degradação do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) a partir da fotólise e da amostra Na-NTTi não

apresentou resultados relevantes. Já o Sn-NTTi mostrou ser um catalisador eficiente, degradando 94% da amostra em um tempo de 120 minutos. Avaliando o reuso do mesmo, obteve-se uma taxa de aproximadamente 50% após a terceira utilização. Esses resultados evidenciam a importância da modificação estrutural para atividade catalítica e a viabilidade de seu emprego na degradação do herbicida 2,4-D.

REFERÊNCIAS

- AKPAN, U.G., HAMEED, B.H. **Photocatalytic degradation of 2,4-di-chlorophenoxyacetic acid by Ca–Ce–W–TiO₂ composite photocatalyst.** Chemical Engineering Journal, v. 173, p. 369–375, 2011.
- BARKUL, R.P., PATIL, M.K., PATIL, S.M., SHEVALE, V.B., DELEKAR, S.D. **Sunlight-assisted photocatalytic degradation of textile effluent and Rhodamine B by using iodine doped TiO₂ nanoparticles,** Journal of Photochemistry and Photobiology A, v. 349, p. 138–147, 2017.
- BAVYKIN, D.V., CARRAVETTA, M., KULAK, A.N., WALSH, F.C. **Application of magic-angle spinning NMR to examine the nature of protons in titanate nanotubes.** Chemistry of Materials, v. 22, p. 2458 – 2465, 2010.
- DU, G.D., GUO, Z.P., ZHANG, P., LI, Y., CHEN, M.B., WEXLER, D., LIU, H.K. **SnO₂ nanocrystals on self-organized TiO₂ nanotube array as three-dimensional electrode for lithium ion microbatteries.** Journal of Materials Chemistry, v. 20, p. 5689-5694, 2010.
- ESTEVES, M., WERNER, L. F., PIGNANELLI, F., MONTENEGRO, B., BELLUZZI, M., PISTON, M., CHIALANZA, M. R., FACCIO, R., MOMBRU, A. W. **Synthesis, characterization and simulation of lithium titanate nanotubes for dye sensitized solar cells.** Ceramics International, v.45,p.708-717, 2019.
- FERREIRA, O. P., SOUSA, A. G., MENDES, J. A. O. L. **Unveiling the Structure and Composition of Titanium Oxide Nanotubes through Ion Exchange Chemical Reactions and Thermal Decomposition Processes.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 17, p. 393 – 402, 2006.
- HOU, L.R., YUAN, C. Z., PENG, Y. **Synthesis and photocatalytic property of SnO₂/TiO₂ nanotubes composites.** Journal of Hazardous Materials, v. 139, p. 310-315, 2007.
- KASUGA, T., HIRAMATSU, M., HOSON, A., SEKINO, T., NIIHARA, K. **Formation of Titanium Oxide Nanotube.** Langmuir, v. 14, p. 3160-3163, 1998.
- KYEREMATENG, A. A, HORNEBECQC, V., KNAUTHB, P., DJENIZIANA, T. **Properties of Sn-doped TiO₂ nanotubes fabricated by anodization of co-sputtered Ti–Sn thin films.** Electrochimica Acta, v.62, p. 192– 198, 2012.
- LI, Q., KAKO, T., YE, J., **Facile ion-exchanged synthesis of Sn²⁺ incorporated potassium titanate nanoribbons and their visible-light-responded photocatalytic activity.** International Journal of hydrogen energy, v. 36, p. 4716-4723, 2011.
- MERENDA, A., WEBER, M. BECHELANY, M. ALLIOUX, F. M., HYDE, L., KONG, L., DUMEE, L. F. **Fabrication of Pd-TiO₂ nanotube photoactive junctions via Atomic Layer Deposition for persistent pesticide pollutants degradation.** Applied Surface Science. v. 483, p. 219-230, 2019.
- MORGADO, E. Jr., ABREU, M. A. S., PRAVIA, O. R. C., MARINKOVIC, B. A., JARDIM, P. M., RIZZO, F. C., ARAÚJO, A. S. **A study on the structure and thermal stability of titanate nanotubes as a function of sodium content.** Solid State Sciences, v. 8, p. 888-900, 2006.

PATIL S.M., DHODAMANI A.G., VANALAKAR, S.A., DESHMUKH, S.P., DELEKAR S.D. **Multi-applicative tetragonal TiO₂/SnO₂ nanocomposites for photocatalysis and gas sensing.** Journal of Physics and Chemistry of Solids v. 115, p. 127–136, 2018.

QIAN, L., DU, Z. L., YANG, S.Y., JIN,Z.S. **Raman study of titania nanotube by soft chemical process.** Journal of Molecular Structure, v. 749, p. 103-107, 2005.

RIGOTTO, R.M., VASCONCELOS, D.P., ROCHA, M.M. **Pesticide use in Brazil and problems for public health.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, p.1-3, 2014.

SHAW, D. J. **Introduction to Colloid and Surface Chemistry.** 4. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1992.

SHEVALE, V.B., DHODAMANI, A.G., KOLI, V.B., BARKUL, R.P., JADHAV, J.P., DELEKAR, S.D. **Efficient degradation of Azorubin S colourant in the commercial jam-jelly food samples using TiO₂-CoFe₂O₄ nanocomposites in visible light.** Materials Research Bulletin, v. 89, p. 79–88, 2017.

TANG, B., SHI, H., FAN, Z., ZHAO, G. **Preferential electrocatalytic degradation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on molecular imprinted mesoporous SnO₂ surface.** Chemical Engineering Journal, v. 334, p. 882–890, 2018.

TOLEDO ANTONIO, J. A., CAPULA, S., CORTES-JACOME, M. A., ANGELES-CHAVEZ, C., LOPEZ-SALINAS, E., FERRAT, G., NAVARRETE, J., ESCOBAR, J. **Low-Temperature FTIR Study of CO Adsorption on Titania Nanotubes.** Journal of Physical Chemistry C, v. 111, 10799-10805, 2007.

VIANA, B. C., FERREIRA, O. P., FILHO, A. G. S., FILHO, J. M., ALVES, O. L. **Structural, morphological and vibrational properties of titanate nanotubes and nanoribbons.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 20, p. 167-175, 2009.

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 hídras 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

