

Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável 2

Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco
Juliana Yuri Kawanishi
Rafaelly do Nascimento
(Organizadoras)



Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável 2

Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco
Juliana Yuri Kawanishi
Rafaelly do Nascimento
(Organizadoras)



2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
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. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. 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
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
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. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª 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 Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|--|
| M514 | Meio ambiente e desenvolvimento sustentável 2 [recurso eletrônico] / Organizadoras Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco, Juliana Yuri Kawanishi, Rafaelly do Nascimento. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-72477-55-0 DOI 10.22533/at.ed.550191111 1. Desenvolvimento sustentável. 2. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Pacheco, Juliana Thaisa Rodrigues. II. Kawanishi, Juliana Yuri. III. Nascimento, Rafaelly do. IV. Série. CDD 363.7 |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

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

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

A proposta da obra “Meio Ambiente & Desenvolvimento Sustentável” busca expor diferentes conteúdos vinculados à questão ambiental dispostos nos 61 capítulos entre volume I e volume II. O e-book conta com uma variedade de temáticas, mas tem como foco central a questão do meio ambiente.

As discussões sobre a questão ambiental e as novas demandas da sociedade moderna ganham visibilidade e despertam preocupações em várias áreas do conhecimento. Desde a utilização inteligente dos recursos naturais às inovações baseadas no desenvolvimento sustentável, por se tratar de um fenômeno complexo que envolve diversas áreas. Assim a temática do meio ambiente no atual contexto tem passado por transformações decorrentes do intenso processo de urbanização que resultam em problemas socioambientais. Compreende-se que o direito ambiental é um direito de todos, é fundamental para a reflexão sobre o presente e as futuras gerações.

A apresentação do e-book busca agregar os capítulos de acordo com a afinidade dos temas. No volume I os conteúdos centram-se em pesquisas de análise do desenvolvimento, sustentabilidade e meio ambiente sob diferentes perspectivas teóricas. A sustentabilidade como uma perspectiva de desenvolvimento também é abordada no intuito de preservar este meio e minimizar os impactos causados ao meio ambiente devido ao excesso de consumo, motivo das crises ambientais. O desafio para a sociedade contemporânea é pensar em um desenvolvimento atrelado à sustentabilidade.

O volume II aborda temas como ecologia, educação ambiental, biodiversidade e o uso do solo. Compreendendo a educação como uma técnica que faz interface com a questão ambiental, e os direitos ambientais pertinentes ao meio ambiente em suas várias vertentes como aspectos econômicos, culturais e históricos.

Os capítulos apresentados pelos autores e autoras também demonstram a preocupação em compartilhar os conhecimentos e firmam o comprometimento com as pesquisas para trazer melhorias para a sociedade de modo geral, sendo esse o objetivo da obra.

Juliana Thaisa R. Pacheco
Juliana Yuri Kawanishi
Rafaelly do Nascimento

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| A NECESSIDADE DA GESTÃO COM SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS GUAPIAÇU E MACACU - RJ | |
| Adacto Benedicto Ottoni Ana Carolina Silva Figueiredo Carina Freitas Martins de Almeida Ítalo Caldas Orlando Marianna de Souza Oliveira Ottoni | |
| DOI 10.22533/at.ed.5501911111 | |
| CAPÍTULO 2 | 13 |
| AVALIAÇÃO DE REVESTIMENTOS COMERCIAIS CERÂMICOS ATIVOS NA DEGRADAÇÃO DE BENZENO PARA CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA INTERNA DE EDIFÍCIOS | |
| Ricardo Crepaldi Guilherme Miola Titato Fernando Mauro Lanças Eduvaldo Paulo Sichieri Marcelo Telascrêa Marcia Rodrigues de Moraes Chaves | |
| DOI 10.22533/at.ed.5501911112 | |
| CAPÍTULO 3 | 25 |
| PERFIL DE SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO APÍCOLA NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DO PARÁ | |
| Antonio Sérgio Silva de Carvalho Alexandro Melo de Sousa | |
| DOI 10.22533/at.ed.5501911113 | |
| CAPÍTULO 4 | 33 |
| PRODUÇÃO DE PUFF COM GARRAFA PET | |
| Pâmela Cabbia de Oliveira Walter Yukio Ida | |
| DOI 10.22533/at.ed.5501911114 | |
| CAPÍTULO 5 | 38 |
| PASSIVOS AMBIENTAIS EM ÁREAS DE ASSENTAMENTOS RURAIS: O CASO DO ASSENTAMENTO ENGENHO UBÚ, GOIANA – PE | |
| José Fernandes dos Santos Filho Christianne Torres de Paiva José Paulo Feitosa de Oliveira Gonzaga | |
| DOI 10.22533/at.ed.5501911115 | |
| CAPÍTULO 6 | 49 |
| OUTORGA DOS DIREITOS DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS: INSTRUMENTO PARA O GERENCIAMENTO AMBIENTAL DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ | |
| Alzira Maria Ribeiro dos Reis Gilmar Wanzeller Siqueira | |

Teresa Cristina Cardoso Alvares
Maria da Conceição Gonçalves Ferreira
Rafaela Reis da Costa
Jessyca Camilly Silva de Deus
Adnilson Igor Martins da Silva
Alda Lucia da Costa Camelo

DOI 10.22533/at.ed.5501911116

CAPÍTULO 7 62

A TEORIA DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA: DO PLANEJAMENTO À EXECUÇÃO

Schirley Costalonga

DOI 10.22533/at.ed.5501911117

CAPÍTULO 8 74

ASPECTOS ECOLÓGICOS DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Schirley Costalonga

DOI 10.22533/at.ed.5501911118

CAPÍTULO 9 87

CRIAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS URBANOS NA CIDADE DE PETROLINA

Uldérico Rios Oliveira

Ivan André Alvarez

DOI 10.22533/at.ed.5501911119

CAPÍTULO 10 100

IMPACTOS DO TROTE ECOLÓGICO IMPLANTADO NO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, ENTRE 1990 A 1997: MEMÓRIA E PERCEPÇÃO DE UM LEGADO

Maria da Conceição Gonçalves Ferreira

Gilmar Wanzeller Siqueira

Noemi Vianna Martins Leão

Teresa Cristina Cardoso Alvares

Alzira Maria Ribeiro dos Reis

Camila Ferreira dos Santos

Milena de Lima Wanzeller

Maria Alice do Socorro Lima Siqueira

DOI 10.22533/at.ed.5501911110

CAPÍTULO 11 113

REDE DE ECONOMIA SOLIDÁRIA: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO NA BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES (BDTD)

Ted Dal Coletto

Marcos Ricardo Rosa Georges

DOI 10.22533/at.ed.5501911111

CAPÍTULO 12 121

AMBIENTE DISCURSIVO EM UMA MÍDIA INFANTIL

Raiana Cunha de Figueiredo

Caroline Barroncas de Oliveira

Mônica de Oliveira Costa

DOI 10.22533/at.ed.5501911112

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 13 | 134 |
| EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA A MELHORIA CONTÍNUA DO PLANO DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL DA COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO | |
| Rosana Maria Vieira Cayres Mauro Silva Ruiz Simone Aquino | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111113 | |
| CAPÍTULO 14 | 149 |
| EDUCAÇÃO DO CAMPO E SUSTENTABILIDADE: UMA EXPERIÊNCIA DO PRONERA | |
| Rodrigo Simão Camacho | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111114 | |
| CAPÍTULO 15 | 163 |
| PERCEPÇÃO DE SOLOS: EXPERIÊNCIA COM ESTUDANTES DO 6º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL EM ESCOLA DA REDE PÚBLICA DE URUTAÍ – GO | |
| Ranyella de Oliveira Aguiar Alessandra Vieira da Silva Dalcimar Regina Batista Wengen Jamerson Fábio Silva Filho Mara Lúcia Cruz de Souza Letícia Rodrigues da Silva Lara Gonçalves de Souza Renata de Oliveira Dourado Jaberson Basilio de Melo Maria Carolina Teixeira Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111115 | |
| CAPÍTULO 16 | 175 |
| BIODIVERSIDADE DE RIZOBACTÉRIAS EM <i>Schizolobium parahyba var. amazonicum</i> (HUBER EX DUCKE) BARNEBY COM POTECIAL BIOPROMOTOR | |
| Aline Chaves Alves Monyck Jeane dos Santos Lopes Ricardo Abraham Leite Oliva Ely Simone Cajueiro Gurgel | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111116 | |
| CAPÍTULO 17 | 184 |
| BIOMASSA MICROBIANA COMO INDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS | |
| Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto Sandra de Santana Lima Marcos Gervasio Pereira Melania Merlo Ziviani Shirlei Almeida Assunção Celeste Queiroz Rossi Cristiane Figueira da Silva Otavio Augusto Queiroz dos Santos Nivaldo Schultz | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111117 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 18 | 196 |
| GOIABEIRAS COMUNS CONTRIBUEM PARA EXPANSÃO DA ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO DE <i>Bactrocera carambolae</i> NA AMAZÔNIA BRASILEIRA | |
| <ul style="list-style-type: none"> Maria do Socorro Miranda de Sousa Jonh Carlo Reis dos Santos Cristiane Ramos de Jesus Gilberto Ken-Iti Yokomizo Ezequiel da Glória de Deus José Francisco Pereira Ricardo Adaime | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111118 | |
| CAPÍTULO 19 | 207 |
| MOSCAS-DAS-FRUTAS (<i>Diptera: Tephritidae</i>) OBTIDAS DE FRUTOS COMERCIALIZADOS NO MERCADO VER-O-PESO, EM BELÉM, PARÁ, BRASIL | |
| <ul style="list-style-type: none"> Clara Angélica Corrêa Brandão Maria do Socorro Miranda de Sousa Carlos José Trindade Azevedo Álvaro Remígio Ayres Regina Lucia Sugayama Ricardo Adaime | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111119 | |
| CAPÍTULO 20 | 218 |
| POTENCIAL ALELOPÁTICO DE <i>Plectranthus barbatus</i> ANDREWS NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Lactuca sativa</i> L. E DE <i>Bidens pilosa</i> L. | |
| <ul style="list-style-type: none"> Luiz Augusto Salles das Neves Kelen Haygert Lencina Raquel Stefanello | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111120 | |
| CAPÍTULO 21 | 227 |
| POTENCIAL DA BIODIVERSIDADE MICROBIANA DE <i>Copaifera langsdorffii</i> DESF | |
| <ul style="list-style-type: none"> Ricardo Abraham Leite Oliva Monyck Jeane dos Santos Lopes Aline Chaves Alves João Paulo Moraes da Silva Ely Simone Cajueiro Gurgel | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111121 | |
| CAPÍTULO 22 | 236 |
| POTENCIAL DA BIOMASSA DA BANANA COMO AGENTE MITIGATIVO DE IMPACTO AMBIENTAL | |
| <ul style="list-style-type: none"> Diuly Bortoluzzi Falcone Ana Carolina Kohlrausch Klinger Guilherme Basso Geni Salete Pinto de Toledo Leila Picolli da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111122 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 23 | 242 |
| SECAGEM SOLAR DE CASCA DE MARACUJÁ: UMA ALTERNATIVA AMBIENTAL E ECONOMICAMENTE VIÁVEL | |
| <p>Sinthya Kelly Queiroz Morais Álvaro Gustavo Ferreira Da Silva Dauany De Sousa Oliveira Fabricio Alves De Morais Raissa Cristina Leandro Vítor Jocielys Jovelino Rodrigues</p> | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111123 | |
| CAPÍTULO 24 | 251 |
| TÉCNICA PARA ESTUDO DOS EFEITOS DE CLASSES TEXTURAIS DE SOLO E DE NÍVEIS DE UMIDADE SOBRE A PROFUNDIDADE DE PUPAÇÃO E VIABILIDADE PUPAL DE MOSCAS-DAS-FRUTAS | |
| <p>Eric Joel Ferreira do Amaral Adriana Bariani Maria do Socorro Miranda de Sousa Ricardo Adaime da Silva</p> | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111124 | |
| CAPÍTULO 25 | 258 |
| CU, ZN E MN NA ÁGUA E NO SOLO EM ÁREAS COM INTENSA ATIVIDADE SUINÍCOLA NO SUDESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA | |
| <p>Eliana Aparecida Cadoná Guilherme Wilbert Ferreira Marcos Leandro dos Santos Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares Eduardo Lorensi de Souza Cledimar Rogério Lourenzi</p> | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111125 | |
| CAPÍTULO 26 | 271 |
| ESTUDO DE CARVÃO ATIVADO ALTERNATIVO PARA REMEDIAÇÃO COM SOLOS CONTAMINADOS COM FIPRONIL | |
| <p>Rafaela Lopes Rodrigues Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena André Augusto Gutierrez Fernandes Beati Luciane de Souza Oliveira Valentim Robson da Silva Rocha Chaiene Nataly Dias</p> | |
| DOI 10.22533/at.ed.55019111126 | |
| CAPÍTULO 27 | 276 |
| ESTUDO DAS CONDICIONANTES AMBIENTAIS DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ | |
| <p>Maria Lúcia Henriques Gomes Gilmar Wanzeller Siqueira Teresa Cristina Cardoso Alvares Maria Ivete Rissino Prestes Milena de Lima Wanzeller Maria Alice do Socorro Lima Siqueira</p> | |

Diego Figueiredo Teixeira
Jorge Emílio Henriques Gomes
DOI 10.22533/at.ed.55019111127

CAPÍTULO 28 290

REUTILIZAÇÃO DE AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL

Sueli Tavares de Melo Souza
Natalia Cristina Martini
Tatiana Vettori Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.55019111128

CAPÍTULO 29 300

DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS EM ÁGUAS NATURAIS DOS RIOS SERGIPE E COTINGUIBA POR ICP OES

Jéssica Kalliny Pereira dos Santos
Kayc Araujo Trindade
Nívia Raquel Oliveira Alencar
Erwin Henrique Menezes Schneider
Iasmine Louise de Almeida Dantas
Geisa Grazielle Coqueiro Rocha Pimentel
Hannah Uruga Oliveira
Silvânio Silvério Lopes da Costa
Adnivia Santos Costa Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.55019111129

CAPÍTULO 30 315

DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL – UM ESTUDO DE CASO EM CAÇAMBAS ESTACIONÁRIAS NO MUNICÍPIO DE TOLEDO/PR

Hildner de Lima
Adriana da Silva Tronco Johann
Daliana Hisako Uemura Lima
Décio Lopes Cardoso
Dirceu Baumgartner

DOI 10.22533/at.ed.55019111130

CAPÍTULO 31 329

ANÁLISE DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS PRODUZIDOS POR LABORATÓRIOS DE PESQUISA E ENSINO DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ICB) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ (UFPA)

Teresa Cristina Cardoso Alvares
Gilmar Wanzeller Siqueira
Maria da Conceição Gonçalves Ferreira
Alzira Maria Ribeiro dos Reis
Maria Ivete Rissino Prestes
Murilo Augusto Alvares Batista
Milena de Lima Wanzeller
Maria Alice do Socorro Lima Siqueira
André Monteiro Pinto

DOI 10.22533/at.ed.55019111131

SOBRE AS ORGANIZADORAS 343

ÍNDICE REMISSIVO 344

AVALIAÇÃO DE REVESTIMENTOS COMERCIAIS CERÂMICOS ATIVOS NA DEGRADAÇÃO DE BENZENO PARA CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA INTERNA DE EDIFÍCIOS

Ricardo Crepaldi

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação,
Universidade do Sagrado Coração
Bauru, São Paulo

Guilherme Miola Titato

Instituto de Química, Universidade de São Paulo
São Carlos, São Paulo

Fernando Mauro Lanças

Instituto de Química, Universidade de São Paulo
São Carlos, São Paulo

Eduvaldo Paulo Sichieri

Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade
de São Paulo
São Carlos, São Paulo

Marcelo Telascrêa

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação,
Universidade do Sagrado Coração
Bauru, São Paulo

Marcia Rodrigues de Moraes Chaves

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação,
Universidade do Sagrado Coração
Bauru, São Paulo

RESUMO: Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) constituem importante classe de poluentes atmosféricos e benzeno é um dos principais contaminantes da poluição atmosférica interior. Entre os métodos para tratamento de ambientes com alta concentração de COVs está a oxidação fotocatalítica por superfícies

revestidas de cerâmica TiO_2 (anatase). A eficácia dos estudos de fotodegradação de COVs utilizando cerâmicas ativas feitas em laboratório é bem relatada na literatura. Entretanto, isto não foi relatado usando cerâmicas comerciais, embora as cerâmicas ativas sejam vendidas para tal função. O desenvolvimento deste trabalho surgiu a partir de duas questões: a) se as telhas cerâmicas ativas comerciais são eficientes na degradação de COVs como afirmam os fabricantes; b) se eles são capazes de degradar COVs em ambientes de construção indoor. Os experimentos foram conduzidos em escala laboratorial, utilizando-se uma câmara de simulação adaptada. O benzeno volatilizado entrou em contato com a cerâmica comercial sobre luz fluorescente e luz ultravioleta de 365nm. As amostras do ar interno da câmara foram coletadas pela adsorção em fibras do polidimetilsiloxano, técnica *headspace*. A avaliação da degradação do benzeno ocorreu por Cromatografia Gasosa com Espectrometria de Massas. A caracterização de amostras cerâmicas ativas comerciais ocorreu por meio de técnicas de Difração de Raios X por pó e Microscopia Eletrônica de Varredura com Espectrometria de Energia Dispersiva. Os resultados mostraram que, as condições experimentais, a cerâmica ativa comercial não foi capaz da oxidação fotocatalítica do benzeno. A caracterização detectou quantidade muito

baixa de TiO_2 em amostras, sendo este fato atribuído como principal responsável pela inatividade fotocatalítica.

PALAVRAS-CHAVE: controle de poluição do ar, cerâmica ativa, fotocatalise, edifícios sustentáveis.

ASSESSMENT OF COMMERCIAL ACTIVE CERAMIC TILES ON BENZENE DEGRADATION FOR THE POLLUTION CONTROL OF INDOOR ATMOSPHERIC BUILDINGS

ABSTRACT: Volatile Organic Compounds (VOCs) constitutes an important class of air pollutants, and benzene is one of the main contaminants of indoor air pollution. Among the methods for the treatment of environments with a high VOCs concentration is the photocatalytic oxidation by TiO_2 (anatase) ceramic coated surfaces. The effectiveness of VOCs photodegradation studies using active ceramic tiles made in laboratory is well reported in the literature. However, this has not been reported using commercial tiles, although active ceramics are sold for such a function. The development of this work arose from two questions: a) if the commercial active ceramic tiles are efficient in the VOCs degradation as the manufacturers claim; b) if they are able to degrade VOCs in indoor building environments. Experiments were conducted in laboratory's scale, using an adapted simulation chamber. The volatilized benzene entered in contact with the commercial ceramic tile under fluorescent light and ultraviolet light of 365nm. Samples of the chamber internal air were collected by adsorption on polydimethylsiloxane fibres in headspace technique. The evaluation of the benzene degradation occurred by Gas Chromatography analysis with Mass Spectrometry. The characterization of commercial active ceramic samples occurred by techniques of X-Ray Diffraction Powder, and Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectrometry. Results showed that, under the experimental conditions, the commercial active ceramic tile wasn't capable of the benzene photocatalytic oxidation. The characterization detected very low quantity of TiO_2 on samples, being this fact attributed as the main responsible for photocatalytic inactiveness.

KEYWORDS: air pollution control, active ceramic, photocatalysis, sustainable buildings.

1 | INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica e os seus efeitos na saúde humana tornaram-se uma grande preocupação e foco de numerosas discussões e estudos científicos (VAN DER ZEE; FISCHER; HOEK, 2016) it is difficult to effectively communicate the health risks of this (largely invisible. Entre os poluentes atmosféricos, os Compostos Orgânicos Voláteis (COV) são considerados os mais perigosos. Os principais COVs prejudiciais à saúde humana são: benzeno, tolueno, xileno, formaldeído e acetaldeído (EPA, 2009). Outros poluentes atmosféricos nocivos incluem substâncias como os compostos voláteis emitidos por fumaça de tabaco e NO_x (HUANG et al., 2016).

COVs estão em maior concentração no ar interior do que o exterior devido ao respectivo espaço confinado e a exposição a estas substâncias pode levar a alterações neurológicas humanas e desenvolvimento do câncer (SCHIRMER et al., 2011) principalmente nos países desenvolvidos, e se destacou após a descoberta de que a diminuição das taxas de troca de ar nesses ambientes era a grande responsável pelo aumento da concentração de poluentes no ar interno. Admite-se que a ventilação seja um dos principais fatores que interferem na qualidade do ar interno e que os próprios ocupantes dos edifícios contribuem substancialmente com a poluição destes ambientes através de suas atividades. Sabe-se ainda que a má qualidade do ar interno está associada a doenças (como tosse, rinite, alergia, etc.. Assim, é imperativo o tratamento do ar para minimizar a poluição, e conseqüentemente, os efeitos adversos na saúde humana e na qualidade de vida. Esta exposição é favorecida uma vez que a maioria dos seres humanos passam longos períodos dentro de locais fechados, como em edifícios comerciais e residenciais. A solução para este problema é voltada para à prevenção interna da poluição, à diluição dos poluentes pela ventilação ou à limpeza do ar interno (EPA, 2009).

Várias técnicas estão disponíveis para a limpeza de ar interior, tais como sorção de poluentes, separação por membranas e tratamento biológico (ZHANG; WANG, 2010). Dentre eles, a oxidação fotocatalítica (PCO) tem atraído a atenção devido à sua eficiência em degrada COVs do ar interior (HUANG et al., 2016).

A descoberta do fenômeno da fotocatalise por nanoestruturas de dióxido de titânio (TiO_2) (FUJISHIMA; HONDA, 1972) derivou muitas pesquisas sobre a degradação de compostos recalcitrantes perigosos (HASHIMOTO; IRIE; FUJISHIMA, 2005). A maioria destes estudos está relacionada com o tratamento de efluentes líquidos contaminados e a eficiência da PCO nesta matriz foi demonstrada.

As propriedades fotocatalíticas do TiO_2 estão bem estabelecidas na literatura, sendo a anatase a forma cristalina mais ativa para promover esse fenômeno (ALIJANI; KALEJI; REZAEI, 2017). No entanto, para a aplicação prática, é necessário o suporte de TiO_2 em diversos materiais para compor o sistema PCO.

Os materiais cerâmicos, tintas e sistemas de aquecimento, ventilação e climatização (HVAC), incluindo filtros de ar, são os principais suportes para TiO_2 . Estudos sobre os sistemas HVAC que apoiam o TiO_2 demonstraram uma falta de eficiência para a degradação de COVs do ar interior (HODGSON et al., 2007) we report an experimental evaluation of a UVPCO device with tungsten oxide modified titanium dioxide (TiO_2). As tintas fotocatalíticas são apontadas como um material prometido para NO_x e alguma oxidação de COVs, e já está disponível em escala comercial (LAUFS et al., 2010).

Estudos sobre cerâmica revestida com TiO_2 para trabalhar como superfícies de autolimpeza (bem como superfícies fotocatalíticas para a oxidação de NO_x e COVs) foram conduzidos. A eficiência das telhas cerâmicas ativas na degradação fotocatalítica dos COVs principais presentes no ar interno, incluindo o benzeno, foi

relatada (BIANCHI et al., 2013). Além disso, a eficiência da degradação do benzeno por TiO_2 apoiada em diatomita foi descrita por (CHENG; KANG; LI, 2012).

Apesar do grande número de pesquisas que demonstram a eficiência da cerâmica ativa na degradação de COVs, há falta de informação que garanta a eficiência dessas cerâmicas em escala comercial. Isso é particularmente importante porque a cerâmica ativa tem sido usada para obter certificados de projetos de sustentabilidade em edifícios comerciais (por exemplo, LEED).

Para contribuir com esta questão, este trabalho avaliou a eficiência de uma telha cerâmica ativa comercial sobre a degradação fotocatalítica de benzeno em ar confinado. Estas cerâmicas baseiam-se na tecnologia de telha hidrofílica (HT) (revestimento de TiO_2) que proporcionam propriedades fotocatalíticas e autolimpantes. Assim, foi supor que as telhas cerâmicas ativas devem ser usadas para a remoção do benzeno do ar interno, contribuindo ao controle da poluição do ar. O benzeno foi escolhido por ser uma substância comum de COV presente em limpadores domésticos, fumaça de tabaco, fumaça de automóveis, bem como materiais de mobiliário (BRUNO et al., 2008).

2 | MÉTODO

As telhas cerâmicas ativas comerciais (KeraGail) foram compradas de Gail Brasil. A especificação deste material relata como consistindo na cerâmica expulsa com superfície ativa baseada na tecnologia HT. Estas cerâmicas são usadas para construir a fachada ventilada com uma apelação ambiental do controle da poluição do ar e da economia de energia.

Duas telhas foram coletadas aleatoriamente dos outros produzidos e vendidos para este estudo. As telhas (1,20 x 0,30 x 0,2 m), cor 290 H branco, foram lavadas com detergente neutro e água potável. Após o corte, as amostras da telha foram enxaguadas com água deionizada e secas em 100 °C antes do uso.

2.1 Propriedades fotocatalíticas

Para realizar o estudo de degradação de benzeno na câmara de simulação, a telha cerâmica comercial foi cortada em pedaços de 8 cm de altura e 18 cm de comprimento, utilizando equipamento de jato de água de alta pressão (60.000 psi) modelo IFB 3030 da FLOW (Kent, EUA).

Para a finalidade da fotocatalise, avaliou-se as lâmpadas fluorescentes e ultravioletas (UV) 365 nm, modelo T5 de 4 W, com comprimento total de 150 mm e 15 mm de diâmetro, como fontes de luz.

Para simular o ar interno do ambiente de um edifício, um dessecador de vidro (diâmetro interno de 250 mm; volume total de 12 L) foi adaptado como uma câmara de simulação. A câmara de simulação foi configurada como mostra a Figura 1.

Dentro da câmara, sobre a placa perfurada da porcelana, duas partes cerâmicas ativas comerciais foram arranjadas nos suportes para estarem eretas, simulando a posição em uma parede do edifício (Figura 1a-d). Além disso, um micro ventilador (12 V; 4 cm x 4 cm) foi colocado para promover a distribuição de benzeno em toda a câmara, e um Becker com 20 ml de água destilada foi colocada para manter a umidade do ar (Figura 1a). Uma lâmpada de 30 W dicróica foi colocada abaixo da placa perfurada da porcelana, centrada no furo principal, usada para aquecimento, e volatilizar o benzeno (Figura 1a, d).

Na tampa do dessecador foram instalados o suporte para a conexão de lâmpadas UV; furos (septo) para a amostragem do ar interno; assim como uma abertura para a sonda externa termo higrômetro e os cabos de alimentação do micro ventilador e da lâmpada dicróica (figura 1e). A temperatura e a umidade relativa foram determinadas por um termo higrômetro portátil (Simpla TH02).

Benzeno (20 μ L; Merck) foi completamente volatilizado por aquecimento (usando lâmpada dicróica) para o volume total da câmara. O sistema foi deixado para equilibrar durante 15 minutos a ventilação interna forçada, e a lâmpada dicróica foi mantida sobre durante todo a experimentação para ajudar no equilíbrio do vapor do benzeno na câmara. Depois disso, a lâmpada (UV ou fluorescente) foi ligada, e o teor de benzeno avaliado em intervalos de 30 a 120 minutos, por Cromatografia Gasosa e Espectrometria de Massas com coleta de amostras em *headspace* por micro extração de fase sólida (SPME-HS).

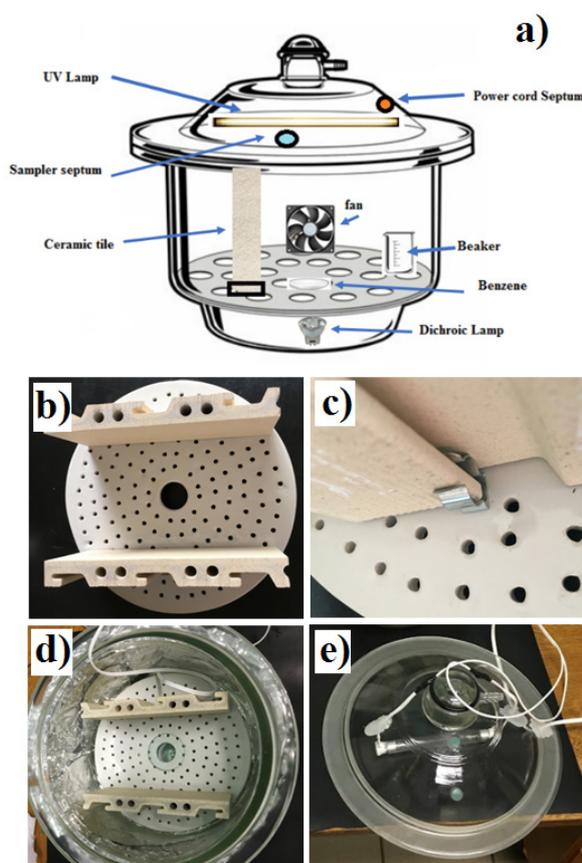


Figura 1. Projeto de câmara de simulação para o estudo experimental de degradação fotocatalítica de benzeno: a) ilustração da câmara de simulação; b) telhas cerâmicas na placa

perfurada; c) detalhe da fixação da telha cerâmica; d) visão geral da câmara interna com telhas cerâmicas e lâmpada dicróica; e) detalhe da tampa da câmara com a lâmpada UV e os fios

As fibras adsorventes foram de 100% polimetilsiloxano (PDMS) Supelco (Bellefonte, PA, EUA), específica para a extração de benzeno em fase sólida. O tempo de exposição das fibras ao ar interno da câmara foi de 10 minutos. As mesmas fibras foram utilizadas em todas as análises.

O equipamento utilizado foi um Shimadzu GC17A acoplado ao Espectrômetro de Massa Shimadzu QP5050A, Quadrupolo Simples. A coluna utilizada foi DB-5MS (5% fenil, 95% polidimetilsiloxano) de 30 m de comprimento; 0,25 mm de diâmetro interno; 0,25 μm de espessura de fase estacionária. A análise CG utilizou gás hélio 99,995%; vazão de 0,5 ml/min; velocidade linear de 26,5 cm/s; temperatura de coluna fixa de 120 °C. Na análise do benzeno, o m/z 78 (relativo ao íon molecular) foi monitorado. O tempo de eluição da coluna foi de 2,1 min. Utilizou-se o ASTM D6420-99 (2004) - método de teste padrão para determinação de COV por interface direta entre cromatografia gasosa e espectrometria de massas.

2.2 Caracterização da Cerâmica

A telha cerâmica ativa comercial foi caracterizada usando a Difração de Raio X por pó (DRX) e a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com Microanálise por Espectroscopia de Raio X por Energia Dispersiva (EDS). As análises são utilizadas para identificar a composição química do material cerâmico em cada amostra, bem como para identificar a presença das diferentes fases cristalinas de TiO_2 (rutilo e anatase) na superfície da telha cerâmica ativa comercial.

As análises de DRX foram realizadas utilizando amostras da massa (amostra 1) e de superfície (amostra 2) após moagem manual com almofariz de ágata. As análises de DRX foram executadas com um Difractômetro Rigaku (DMAX) usando a radiação $\text{CuK}\alpha_1$ (1.5818 Å), operando-se em 40 kV e 20 mA. As varreduras foram executadas de 10 a 80 ° (2θ) em etapas de 0,02° com uma velocidade da varredura de 2 °/min. Os dados de DRX foram interpretados usando as bases de dados mineralógica de RRUFF (LAFUENTE et al., 2015).

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi utilizada para avaliar a morfologia superficial das dimensões da película cerâmica e TiO_2 . As amostras foram analisadas no equipamento Zeiss EVO 50. Uma fina camada de ouro foi depositada por *sputtering* nas amostras através do equipamento Bal-TEC SCD 050, para melhor definição nos contrastes das imagens. A composição química das amostras foi obtida como uma análise semiquantitativa da microanálise elementar dada pelo espectrômetro de energia dispersiva (EDS).

O detector de processamento digital IXRF Systems 500 acoplado ao MEV foi utilizado.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades fotocatalíticas da cerâmica ativa comercial

A hipótese formulada de que as telhas cerâmicas ativas comerciais são capazes à degradação do benzeno foi avaliada. Assim, as propriedades fotocatalíticas das telhas cerâmicas ativas comerciais foram avaliadas duas fontes luminosas: fluorescentes, para simular a luz do sol, e UV (365 nanômetros). A condição de referência foi um espaço em branco (sem a placa de cerâmica). Vários experimentos prévios (dados não mostrados) foram feitos para definir as condições ideais para a execução dos testes e avaliar as propriedades fotocatalíticas cerâmicas. Os resultados do CG-MS estão resumidos na tabela 1.

A lâmpada dicróica foi deixada ligada durante o teste, permitindo a volatilização completa do benzeno. A temperatura da câmara interna em 120 minutos dos experimentos foi de $48,1 \pm 1,2$ °C e $46,2 \pm 1,7$ °C para luz fluorescente e UV, respectivamente. Da mesma forma, a umidade relativa foi de 92% para ambos os experimentos. De acordo com o fabricante cerâmico, a superfície da telha é hidrófila, assim, a umidade dentro da câmara era bastante favorecer o processo fotocatalítico.

Os desvios padrão relativos (DPR) refletem a precisão entre cada área de pico fundada em cada etapa (0 a 120 min) do mesmo experimento. A validação analítica para os métodos cromatográficos seguiu as normas 8260B e 8000D dos protocolos da Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), sendo o DPR dado pela equação (1).

$$\text{DPR (\%)} = \left(\frac{\text{Desvio Padrão das Áreas de Picos (} t_0, t_{120} \text{)}}{\text{Média das Áreas de Picos (} t_0, t_{120} \text{)}} \right) \times 100 \quad (1)$$

| Tempo de Exposição (min) | Área de Pico do Benzeno (m/z 78) | | | |
|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Luz Fluorescente sem Cerâmica | Luz Fluorescente com Cerâmica | Luz UV (365 nm) sem Cerâmica | Luz UV (365 nm) com Cerâmica |
| 0 | 3061468 | 2764696 | 3237381 | 3412330 |
| 30 | 2564114 | 2267921 | 2449667 | 3140692 |
| 60 | 2297150 | 1994436 | 2767056 | 2889628 |
| 90 | 2198749 | 2042602 | 2543113 | 2690712 |
| 120 | 2134250 | 1815391 | 2227488 | 2221990 |
| DPR (%) | 15,44 | 16,81 | 14,50 | 15,77 |

Tabela 1. Resultados experimentais da degradação do benzeno na câmara de simulação: testes realizados utilizando telhas cerâmicas comerciais com e sem luz fluorescente, e luz UV 365 nm (valores referidos como média de experimento duplicado)

Os valores do desvio padrão relativo (%) das áreas de pico encontradas nas análises de CG-MS foram muito próximas entre si em todos os testes. Os resultados indicaram que nenhuma degradação do benzeno ocorreu as condições experimentais

estabelecidas, uma vez que testes em branco (sem cerâmica) apresentaram DPR muito próximo dos testes realizados com a cerâmica ativa comercial (VAS; VÉKEY, 2004), independentemente da fonte de luz.

Estes resultados foram inesperados, considerando estudos anteriores que demonstraram que a tecnologia HT em cerâmica comercial é eficiente para degradar o azul de metileno, NO_x e acetaldeído. Além disso, os resultados estão em desacordo com as características relatadas por pesquisas realizadas utilizando revestimentos cerâmicos com TiO_2 , cujo fenômeno fotoquímico foi identificado para compostos orgânicos voláteis.

Com base nos resultados experimentais, a caracterização cerâmica foi necessária para verificar as condições de revestimento ativo de TiO_2 , e para encontrar a possível causa de não degradação do benzeno, antes de estabelecer novas condições experimentais para novos testes.

3.2 Caracterização da Cerâmica

A técnica de Difração de Raios X é amplamente utilizada para caracterizar materiais cerâmicos, uma vez que permite a identificação dos componentes e suas fases cristalinas. O fabricante das cerâmicas comerciais ativas informa que a superfície desta cerâmica é fotoativa devido à presença de revestimento de TiO_2 . Nesta pesquisa, essa técnica é fundamental para a determinação da presença da fase fotoativa de TiO_2 , anatase.

Os padrões de Difração de Raios X das amostras cerâmicas em massa (amostra 1) e superfície ativa (amostra 2) são mostrados na figura 2a. O padrão de DRX de ambas as amostras 1 e 2 foi característico de material de argila cozida, com presença de mulita e quartzo (figura 2B).

Os padrões de DRX indicam que a composição química da massa e da superfície da cerâmica ativa é essencialmente a mesma. Esta característica foi inesperada, considerando que o fenômeno da fotocatalise ocorre apenas na superfície da cerâmica. Assim, poderia apontar para duas possibilidades: a) a incorporação de TiO_2 fotoativo no volume cerâmico, o que deve aumentar os custos de produção sem uma vantagem relevante para as propriedades fotocatalíticas, ou b) o revestimento de TiO_2 está faltando.

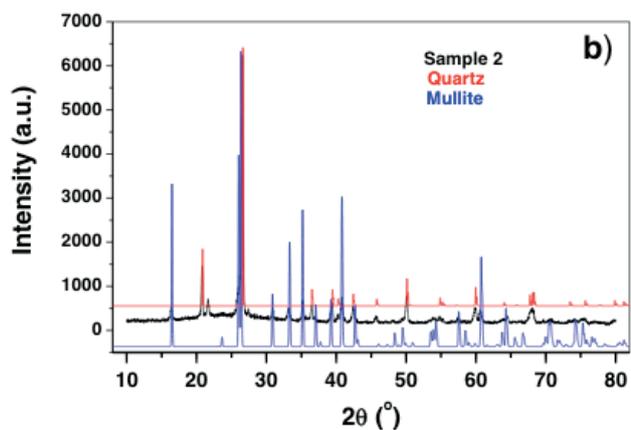
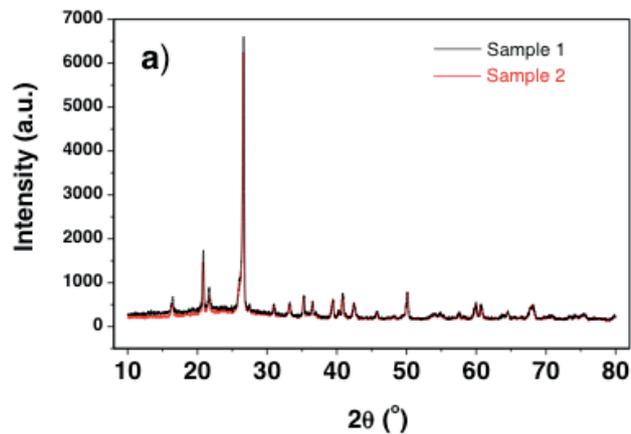


Figura 2. Padrão de Difração de Raios X de amostras cerâmicas ativas comerciais: a) massa (Sample 1) e superfície (Sample 2); b) superfície cerâmica (Sample 2), Mullite (Mullite) (RRUFFID: R141101), e Quartzo (Quartz) (RRUFFID: R040031)

Os padrões de difração de DRX de amostras cerâmicas comerciais foram comparados aos dados padrão de TiO_2 (RRUFF) (Figura 3). A ausência de picos de DRX de TiO_2 em todas as amostras cerâmicas foi a observação mais preocupante; uma vez que a presença de TiO_2 Anatase é necessária para o processo fotocatalítico ocorrer (DIAMANTI et al., 2013). As análises de MEV/EDS confirmaram este resultado.

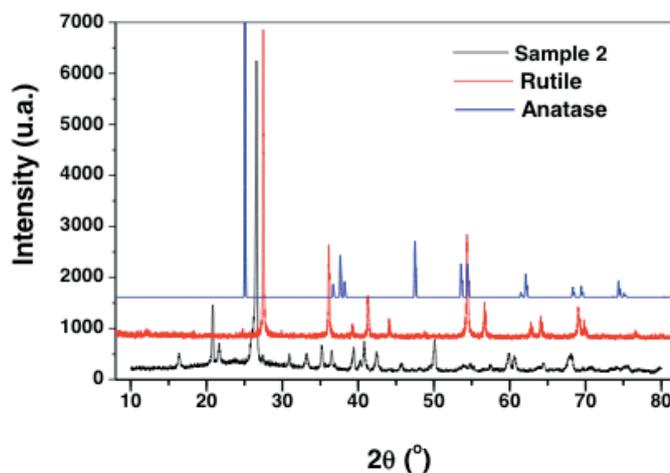


Figura 3. Padrão de Difração de Raios X de amostras cerâmicas e padrão de TiO_2 Anatase (RRUFFID: R120013) e Rutilo (Rutile) (RRUFFID: R050031)

As imagens de MEV da superfície cerâmica revelaram a morfologia áspera e porosa (Figura 4 a, b). Para o processo de fotocatalise acontecem, é necessário o contato do poluente orgânico, água e O₂ na superfície cerâmica com TiO₂ ativo e radiação UV. Assim, essas características são importantes para facilitar o processo de adsorção do poluente orgânico. Na amostra de superfície da cerâmica avaliada pelo MEV, a presença de nanoestrutura de TiO₂ não foi observada como mostra a literatura (HUANG et al., 2016).

A composição química revelada na análise semiquantitativa da EDS é apresentada na Figura 5. A análise de EDS mostrou a concentração de titânio na superfície da amostra de cerâmica em nível muito baixo de 0,685% de massa. Os principais compostos foram alumínio e sílica, confirmando os resultados obtidos pelas análises de DRX. A ocorrência de TiO₂ como um contaminante de argila natural é entre 1,25 e 2,15% em massa (PETRICK et al., 2011), isso significa que a amostra comercial apresenta menos TiO₂ do que algumas argilas naturais.

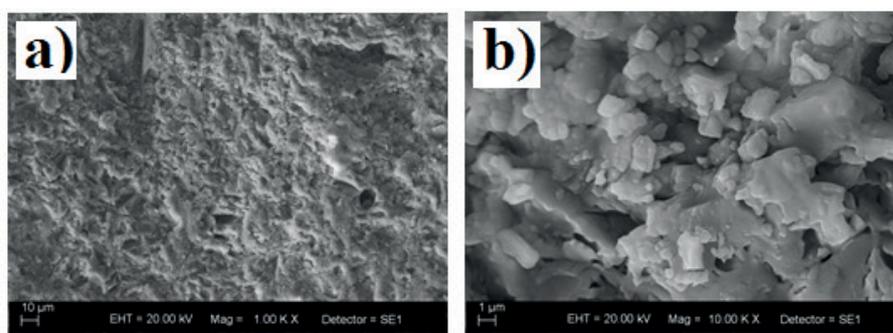


Figura 4. MEV da superfície cerâmica comercial; (a) ampliação de 1.000 x; (b) ampliação de 10.000 x

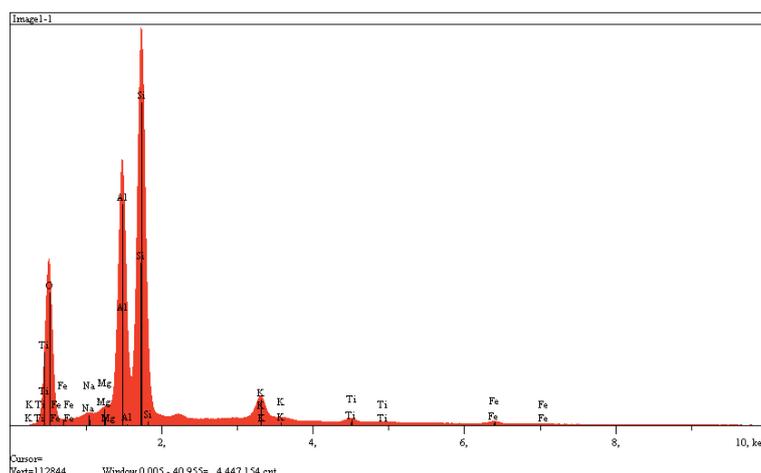


Figura 5. Quantificação proporcional (massa/massa) Si/Ti na superfície da cerâmica externa (RX-microanálise por EDS)

Vários estudos sobre TiO₂ apoiados em superfície cerâmica relatam sua atividade fotocatalítica. No entanto, não há consenso quanto à quantidade de TiO₂ ativo exigido na superfície cerâmica. Vulić et al (VULIC; RUDIC; RANOGAJEC, 2013) relatam 1

a 2% em massa de Anatase a degradação fotocatalítica de Rhodamina B; por outro lado 19% de massa na superfície cerâmica ativa informam Sannino et al (SANNINO et al., 2013) à remoção de NO_x do ar interior.

Apesar da grande variação da quantidade de TiO_2 na superfície cerâmica demonstrada na literatura, a degradação do benzeno utilizando a telha cerâmica ativa comercial avaliada neste trabalho foi impedida devido à ausência de TiO_2 em concentração mínima, como resultados descritos.

A principal diferença observada entre as pesquisas da literatura e a cerâmica comercial ativa avaliada é que todos os pesquisadores aplicaram o revestimento de TiO_2 na superfície cerâmica, sendo sua presença necessária para produzir o fenômeno fotocatalítico.

Embora as características mecânicas sejam descritas, não há nenhum relatório disponível que confirme a composição química de superfície das telhas cerâmicas comerciais avaliadas (CREPALDI et al., 2017).

4 | CONCLUSÕES

A avaliação de telhas cerâmicas ativas comerciais na degradação do benzeno para o controle de poluição atmosférica interna dos edifícios foi executada. Os resultados demonstraram que não ocorre fotodegradação do benzeno, sendo atribuída à falha no revestimento ativo de TiO_2 .

As cerâmicas comerciais avaliadas contêm 0,685% de peso de TiO_2 , o que não mostrou suficiente para promover o processo de degradação fotocatalítica do benzeno. Este comportamento lançou dúvidas sobre o seu desempenho no controle da poluição atmosférica em edifícios que já utilizam esta cerâmica. Assim, é imperativo o desenvolvimento de certificações e/ou rotina analítica específica para garantir a eficiência ambiental do produto final, além da qualidade mecânica usualmente padronizada.

REFERÊNCIAS

ALIJANI, M.; KALEJI, B. K.; REZAEI, S. **Improved visible light photocatalytic activity of TiO_2 nano powders with metal ions doping for glazed ceramic tiles.** Optical and Quantum Electronics, v. 49, n. 6, p. 225, 25 jun. 2017.

BIANCHI, C. L. et al. **Micro- TiO_2 as a starting material for new photocatalytic tiles.** Cement and Concrete Composites, v. 36, p. 116–120, fev. 2013.

BRUNO, P. et al. **Monitoring of volatile organic compounds in non-residential indoor environments.** Indoor Air, v. 18, n. 3, p. 250–256, jun. 2008.

CHENG, L.; KANG, Y.; LI, G. **Effect Factors of Benzene Adsorption and Degradation by Nano- TiO_2 Immobilized on Diatomite.** Journal of Nanomaterials, v. 2012, p. 1–6, 2012.

- CREPALDI, R. et al. **Assessment of Commercial Active Ceramic Tiles on Benzene Degradation for the Pollution Control of Indoor Atmospheric Buildings**. Journal of Sustainable Development, v. 10, n. 5, p. 257, 29 set. 2017.
- DIAMANTI, M. V. et al. **Nanoscale Investigation of Photoinduced Hydrophilicity Variations in Anatase and Rutile Nanopowders**. Langmuir, v. 29, n. 47, p. 14512–14518, 26 nov. 2013.
- EPA. **Residential air cleaners, second edition., A summary of available information**. United States Environmental Protection Agency, 2009.
- FUJISHIMA, A.; HONDA, K. **Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode**. Nature, v. 238, n. 5358, p. 37–38, jul. 1972.
- HASHIMOTO, K.; IRIE, H.; FUJISHIMA, A. **TiO₂ Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospects**. Japanese Journal of Applied Physics, v. 44, n. 12, p. 8269–8285, 8 dez. 2005.
- HODGSON, A. T. et al. **Performance of ultraviolet photocatalytic oxidation for indoor air cleaning applications**. Indoor Air, v. 17, n. 4, p. 305–316, ago. 2007.
- HUANG, Y. et al. **Removal of Indoor Volatile Organic Compounds via Photocatalytic Oxidation: A Short Review and Prospect**. Molecules, v. 21, n. 1, p. 56, 4 jan. 2016.
- LAFUENTE, B. et al. **The power of databases: the RRUFF project**. Highlights in Mineralogical Crystallography, p. 1–30, 2015.
- LAUFS, S. et al. **Conversion of nitrogen oxides on commercial photocatalytic dispersion paints**. Atmospheric Environment, v. 44, n. 19, p. 2341–2349, jun. 2010.
- PETRICK, K. et al. **Character and Amount of I-S Mixed-layer Minerals and Physicalchemical Parameters of Two Ceramic Clays from Westerwald, Germany: Implications for Processing Properties**. Clays and Clay Minerals, v. 59, n. 1, p. 58–74, 1 fev. 2011.
- SANNINO, D. et al. **Smart tiles for the preservation of indoor air quality**. Chemical Engineering Transactions, v. 32, p. 355–360, 2013.
- SCHIRMER, W. N. et al. **A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 16, n. 8, p. 3583–3590, ago. 2011.
- VAN DER ZEE, S. C.; FISCHER, P. H.; HOEK, G. **Air pollution in perspective: Health risks of air pollution expressed in equivalent numbers of passively smoked cigarettes**. Environmental Research, v. 148, p. 475–483, jul. 2016.
- VAS, G.; VÉKEY, K. **Solid-phase microextraction: a powerful sample preparation tool prior to mass spectrometric analysis**. Journal of Mass Spectrometry, v. 39, n. 3, p. 233–254, mar. 2004.
- VULIC, T.; RUDIC, O.; RANOGAJEC, J. **Characterization of photocatalytically active coatings based on TiO₂/Zn-Al layered double hydroxide on ceramic tiles**. Acta periodica technologica, n. 44, p. 181–190, 2013.
- ZHANG, J. (JENSEN) S.; WANG, Z. **Air Cleaning Technologies for Indoor Air Quality (ACT-IAQ): Growing Fresh and Clean Air NYSERDA's Promise to New Yorkers: New Yorkers can count on NYSERDA for**. New York State Energy Research and development authority (NYSERDA), n. 11–10, p. 1–78, 2010.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Amazônia 25, 26, 31, 100, 103, 104, 108, 111, 112, 175, 177, 183, 196, 198, 202, 203, 204, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 227, 230, 235, 276, 329

Anastrepha 196, 197, 199, 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 211, 213, 214, 215, 216, 217, 251, 257

Apicultura 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Arborização urbana 87, 96, 97, 98

Atributos de ecossistemas 74, 84

C

Cerâmica ativa 13, 14, 16, 18, 19, 20, 23

Ceratitis 197, 203, 204, 207, 208, 209, 210, 211, 214, 217, 251

Conscientização 28, 33, 72, 102, 137, 142, 163, 166, 173, 334, 339

Conservação 28, 31, 38, 42, 47, 62, 65, 73, 75, 85, 86, 88, 89, 97, 99, 113, 123, 142, 164, 165, 172, 173, 174, 176, 185, 232, 233, 278

Controle de poluição do ar 14

Criatividade 33, 166

Currículo pós-crítico 121

D

Degradação de bacias hidrográficas 2

Discurso 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130

E

Ecologia da restauração 69, 73, 74, 75, 86

Ecologia urbana 87

Edifícios sustentáveis 14

Educação ambiental 47, 111, 134, 138, 140, 145, 146, 147, 148, 164, 165, 166, 167, 171, 172, 173, 174, 329, 330, 341

Educação de solos 163

Educação do campo 149, 161, 162

Espaços verdes 87, 88, 91, 92

F

Filtros ambientais 74, 81, 82

Fotocatálise 14, 15, 16, 20, 22

Fruto hospedeiro 207, 251

G

Geotecnologias 87

Gestão ambiental 38, 40, 41, 46, 148, 330, 339, 342

I

Impactos ambientais 38, 46, 135, 165, 237, 292, 316, 326, 332, 336

Indicadores ecológicos 62, 71

Infestação 196, 198, 199, 206, 207, 210, 211, 214, 217

M

Manejo do solo 185, 186

Matéria orgânica 68, 70, 81, 82, 168, 171, 177, 184, 185, 186, 189, 190, 193, 195, 233, 260, 262, 265, 267, 268, 306, 309

Monitoramento 55, 62, 63, 64, 71, 72, 83, 144, 204, 215, 301, 310, 313, 317, 318

Mosca-da-carambola 196, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 204, 213, 215, 257

P

Paricá 175, 176, 177, 179, 182, 183

Planejamento da restauração 62

Preservação ambiental 100, 163, 176, 177, 182

Pronera 149, 150, 151, 154, 155, 156, 157, 158, 161, 162

Protótipo 33, 34, 35, 244

Psidium guajava 196, 197, 202, 210, 211, 212, 216, 217

R

Recarga artificial de água subterrânea 1, 2, 7, 11

Reflorestamento 1, 8, 9, 11, 12, 30, 32, 75, 100, 176, 177

Rizobactérias 175, 176, 177, 179, 180, 182, 227, 232, 233, 234

S

Sucessão ecológica 67, 74, 75, 76, 79

Sustentabilidade ambiental 1, 2, 3, 9

T

Trote ecológico 103

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-755-0



9 788572 477550