



Impactos das
Tecnologias na
Engenharia Química 3

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
134	Impactos das tecnologias na engenharia química 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-231-9 DOI 10.22533/at.ed.319190104 1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série. CDD 660.76
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O acentuado crescimento da população mundial, bem como a ânsia de melhor nível de vida, têm criado elevadas pressões sobre os recursos naturais, matérias-primas, o solo, a água, o ar e os ecossistemas em geral. A intensificação das atividades humanas nas últimas décadas tem gerado um acelerado aumento na produção de resíduos sólidos urbanos, tornando-se um grave problema para as administrações públicas.

A indústria química tem contribuído para a geração de efluentes líquidos e gasosos contendo substâncias tóxicas, bem como de resíduos sólidos perigosos que, lançados diretamente ou indiretamente sem qualquer tratamento no meio ambiente, podem provocar grandes desequilíbrios ecológicos. O uso intensivo de produtos químicos, se por um lado trouxe elevados benefícios aos padrões de vida, por outro lado, os níveis de poluição que estão associados à sua produção são por vezes muito elevados.

As novas tecnologias na Engenharia Química auxiliam nos processos de recuperação e reutilização de resíduos, assim como conversão em novas fontes de energia. Além das diversas formas de obtenção de energia renovável já existente, cada vez mais vem surgindo uma maior procura por outras formas de energia não poluentes. Essas razões são as mais motivacionais: a ideia de uma possível escassez de recursos fósseis, a tentativa de reduzir as emissões de gases nocivos para a atmosfera e que causam o efeito estufa, e, além disso, almeja se alcançar certa independência em relação petróleo.

As questões energéticas são extremamente importantes para a sustentabilidade das sociedades modernas, uma vez que a sobrevivência humana depende do fornecimento contínuo de energia. Esse cenário faz com que seja preciso realizar buscas por alternativas energéticas que sustentem a necessidade humana e que não prejudiquem o ambiente.

Para empresas, além da questão ambiental, um excessivo gasto de energia (advinda de recursos não renováveis) é sinônimo de prejuízo. Eis então uma grande oportunidade para engenheiros químicos intervirem na melhoria da eficiência energética dos processos, ajudar a desenvolver tecnologias limpas e promover a utilização de energias alternativas nas indústrias. Com isso, ocorrerá uma redução de custos e será uma contribuição válida ao meio ambiente o que hoje em dia vem gerando maior competitividade para as empresas. O uso de resíduos agrícolas como fonte de bioenergia tem despertado crescente interesse no setor de agroenergia.

Neste terceiro volume, apresentamos trabalhos com impactos tecnológicos relacionados à indústria, focando na reutilização de produtos e conversão em energia renovável, bem como avanço nos processos para redução da poluição atmosférica e em efluentes. Com isso, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos da Engenharia Química voltada para a área ambiental trazendo benefícios para toda a sociedade.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTENDO METAIS PESADOS	
Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira Pedro Henrique Trindade Dias Cabral Roberta Resende Maciel da Silva Carla Torres Dias José Renato Guimarães Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo	
DOI 10.22533/at.ed.3191901041	
CAPÍTULO 2	8
RESÍDUOS DE CANA-DE-AÇÚCAR E MILHO COMO MATÉRIA PRIMA DO ETANOL 2G: ATUALIDADES E PERSPECTIVAS	
Caroline Müller Letícia Mara Milani Anderson Giehl Évelyn Taize Barrilli Letícia Deoti Ana Carolina Lucaroni Viviani Tadioto Helen Treichel Sérgio Luiz Alves Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.3191901042	
CAPÍTULO 3	23
MODELAGEM DA PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTE A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM BIORREATOR EM BATELADA ATRAVÉS DA OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS CINÉTICOS POR ALGORITMO GENÉTICO	
Júlia do Nascimento Pereira Nogueira Ana Luiza Bandeira de Mello de Albuquerque Campos Brunno Ferreira dos Santos Filipe Alves Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.3191901043	
CAPÍTULO 4	29
VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DO FUNGO ENTOMOPATOGÊNICO <i>METARHIZIUM ANISOPLIAE</i> POR PROCESSOS DE FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO	
Eloane Daize Gomes Dallastra Enylson Xavier Ramalho Lina María Grajales Agudelo	
DOI 10.22533/at.ed.3191901044	
CAPÍTULO 5	40
DESENVOLVIMENTO DE UM COSMÉTICO A PARTIR DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL	
Ana Paula Olivo Kátya Regina de Freitas Zara Leonardo da Silva Arrieche	
DOI 10.22533/at.ed.3191901045	

CAPÍTULO 6	51
INFLUÊNCIA DA GORDURA RESIDUAL DE UNIDADES INDUSTRIAIS DE AVES NA FABRICAÇÃO DE BASE PARA CREME HIDRATANTE	
Jacqueline Hahn Bernardi Cristina Helena Bruno Andreia Cristina Furtado Leonardo da Silva Arrieche	
DOI 10.22533/at.ed.3191901046	
CAPÍTULO 7	58
ANÁLISE DA COMPRESSÃO AXIAL E ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CONCRETO PRODUZIDO COM CAROÇO RESIDUAL DE AZEITONA	
Manoela Silva Lima Mariotini Carotta Alan Carlos de Almeida Ana Paula de Carvalho Faria Luiz Felipe Lima Panizzi Jonas dos Santos Pacheco Cristiane de Souza Siqueira Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.3191901047	
CAPÍTULO 8	63
INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO QUÍMICO NA FIBRA DE COCO PARA UTILIZAÇÃO EM COMPÓSITO POLIMÉRICO	
Wenderson Gomes dos Santos Gilmar Alves Borges Lauro Henrique Hamoy Guerreiro Dilson Nazareno Pereira Cardoso Douglas Alberto Rocha de Castro Emerson Cardoso Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.3191901048	
CAPÍTULO 9	68
INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS ORGANOSOLV E HIDROTÉRMICO APLICADOS AO BAGAÇO DE CANA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS COM PEAD	
Bruno Chaboli Gambarato Tatiana Raposo de Paiva Cury Sérgio Teodoro de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3191901049	
CAPÍTULO 10	74
PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DE COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO RECICLADO REFORÇADOS COM BAGAÇO DE CANA	
Bruno Chaboli Gambarato Gilson Carlos Rodrigues Paulino Amanda Santos Leopoldino Lucas Bruno de Paiva	
DOI 10.22533/at.ed.31919010410	

CAPÍTULO 11 79

BALANÇO ENERGÉTICO DO SISTEMA INTEGRADO DE BIO-COMBUSTÃO

Ihana Aguiar Severo
Yuri Naidon Favero
Mariany Costa Deprá
Rodrigo Stefanello Bizello Barrios
Rosangela Rodrigues Dias
Mariane Bittencourt Fagundes
Roger Wager
Leila Queiroz Zepka
Eduardo Jacob-Lopes

DOI 10.22533/at.ed.31919010411

CAPÍTULO 12 85

CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO BIOMASSA PARA BIOENERGIA

Maria Lúcia Ferreira Simeone
Patrícia Abraão de Oliveira
Kirley Marques Canuto
Rafael Augusto da Costa Parrella
Cynthia Maria Borges Damasceno
Robert Eugene Schaffert

DOI 10.22533/at.ed.31919010412

CAPÍTULO 13 90

DESENVOLVIMENTO DE BIODIGESTOR E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PARA TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO

Flávia Souza Pio
Letícia Tamara Santana
Lorena Kelly Corrêia
Francine Duarte Castro

DOI 10.22533/at.ed.31919010413

CAPÍTULO 14 97

RESOLUÇÃO DE PROBLEMA DE VALOR NO CONTORNO ASSOCIADO À MODELAGEM DE BIORREATORES TUBULARES DE FLUXO DISPERSO E CINÉTICA DE MICHAELIS-MENTEN LINEARIZADA

Samuel Conceição Oliveira
Felipe Coelho Morilla

DOI 10.22533/at.ed.31919010414

CAPÍTULO 15 104

SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE CICLOS A VAPOR PARA COGERAÇÃO DE BIOENERGIA NO SETOR SUCROENERGÉTICO

Welban Ricardo Ursino
Samuel Conceição Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.31919010415

CAPÍTULO 16 114

AVALIAÇÃO DE ÓLEOS DE SOJA COM DIFERENTES ORIGENS NA PRODUÇÃO DO BIODIESEL VIA ROTA METÁLICA

Melissa Rafaela Wolf
Isabela Silveira Tobias Perassi
Nadine de Assis
Fulvy Antonella Venturi Pereira

DOI 10.22533/at.ed.31919010416

CAPÍTULO 17 123

PRODUÇÃO DE BIODIESEL PELA TRANSESTERIFICAÇÃO SUPERCRÍTICA ETANÓLICA: MODELAGEM E SIMULAÇÃO

Erich Potrich
Bruno Elias Suzart Chamas
Antonio José Gonçalves da Cruz
Roberto de Campos Giordano

DOI 10.22533/at.ed.31919010417

CAPÍTULO 18 129

PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO CÉLULAS DE SACCHAROMYCES CEREVISIAE IMOBILIZADAS EM ESFERAS DE ALGINATO DE CÁLCIO REVESTIDAS COM QUITOSANA

Lucidio Cristovão Fardelone
Taciani do Santos Bella de Jesus
Leonardo Akira Kamimura Oura
Gustavo Paim Valença
José Roberto Nunhez
José Augusto Rosário Rodrigues
Paulo José Samenho Moran

DOI 10.22533/at.ed.31919010418

CAPÍTULO 19 137

AUTOMAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM SENSORES E ATUADORES APLICADOS NA PLANTA DE TRATAMENTO DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL

Thalys de Freitas Fernandes
Dinilton Pessoa de Albuquerque Neto
Gerônimo Barbosa Alexandre
José Nilton Silva

DOI 10.22533/at.ed.31919010419

CAPÍTULO 20 157

ESTUDO CINÉTICO DA REAÇÃO DE FENTON COM PÓ DE MINÉRIO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE LAVAGEM DE BIODIESEL E AVALIAÇÃO DA LIXIVIABILIDADE DO RESÍDUO

Jamyla Soares Anício Oliveira Félix
Aline Givisiez de Souza
Francine Duarte Castro

DOI 10.22533/at.ed.31919010420

CAPÍTULO 21 173

APLICAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO CALCINADO NA REMOÇÃO DE ÓLEO DIESEL

Leonardo Henrique de Oliveira
Selene Maria Arruda Guelli Ulson de Souza
Antônio Augusto Ulson de Souza

DOI 10.22533/at.ed.31919010421

CAPÍTULO 22 178

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA CURVA DE POLARIZAÇÃO DE UMA CÉLULA A COMBUSTÍVEL TIPO PEM

Roque Machado de Senna
Thais Santos
Henrique Senna
Marcelo Linardi

DOI 10.22533/at.ed.31919010422

CAPÍTULO 23 187

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA INDIVIDUAL DE COLETA E GLOBAL NA SEPARAÇÃO DE PARTICULADOS DE MAGNESITA EM CICLONE LAPPLE

Polyana Gomes de Aguiar
Daiane Ribeiro Dias
Annanda Alkmim Alves
Mariana Oliveira Marques
João Carlos Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.31919010423

CAPÍTULO 24 194

ANÁLISE DE HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (PAH) NO AR ATMOSFÉRICO USANDO SISTEMA PASSIVO DE AMOSTRAGEM PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL

Aldo Muro Júnior
Nicola Pittet Muro
Nelson Roberto Antoniosi Filho
Maria Isabel Ribeiro Alves

DOI 10.22533/at.ed.31919010424

CAPÍTULO 25 213

CAPTURA DE CO₂ UTILIZANDO O PROCESSO CALCIUM-LOOPING

Juliana Alves da Silva
Ricardo José Chimentão
João Batista Oliveira dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.31919010425

CAPÍTULO 26 224

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO QUÍMICO DE CAPTURA DE CO₂ UTILIZANDO A TECNOLOGIA HIGEE NA INTENSIFICAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS

Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira
José Renato Guimarães
Brenda Sedlmaier Costa Coelho
Camila Ceravolo de Carvalho
Francine Silveira Vieira
Luiza Moreira Santos
Jorge David Alguiar Bellido

DOI 10.22533/at.ed.31919010426

CAPÍTULO 27 232

Zn-ZIF EM TECIDO APLICADO NO PROCESSO DE CAPTURA DE CH₄

Guilherme Andreoli Gil
Guilherme Otávio Lima
Lucas Mendes Pedro
Bianca Bastos Caruzi
Fabrício Maestá Bezerra
Murilo Pereira Moisés

DOI 10.22533/at.ed.31919010427

CAPÍTULO 28 239

INIBIDOR DE CORROÇÃO OBTIDO POR LIXIVIAÇÃO DE CIGARRO APÓS SEU CONSUMO

Lauren Marcilene Maciel Machado
Luciana Rodrigues Machado

DOI 10.22533/at.ed.31919010428

CAPÍTULO 29 249

ENRIQUECIMENTO DE BACTÉRIAS REDUTORAS DE SULFATO AUTÓCTONES E SUA ADESÃO EM ESPUMA DE POLIURETANO EM REATOR ANAERÓBIO NO TRATAMENTO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

Alessandra Giordani
Renata Piacentini Rodriguez
Leonardo Henrique Soares Damasceno
Gunther Brucha

DOI 10.22533/at.ed.31919010429

CAPÍTULO 30 255

BIODEGRADAÇÃO DO SURFACTANTE LINEAR ALQUILBENZENO SULFONATO DE SÓDIO EM DOIS DETERGENTES LIQUIDOS COMERCIAIS UTILIZANDO FUNGO FILAMENTOSO *Penicillium crustosum*

Sulamita Aparecida Ambrosia dos santos
Luiza Maria Amaral Frossard de Paula
Mayara Costa Franco
Karen Sartori Jeunon Gontijo
Ana Maria de Oliveira
Enio Nazaré de Oliveira Junior

DOI 10.22533/at.ed.31919010430

CAPÍTULO 31 272

DEGRADAÇÃO DE CORANTES ALIMENTÍCIOS UTILIZANDO LAFeO₃ COMO CATALISADOR EM REAÇÃO FOTO-FENTON SOLAR

Patrícia Grassi
Fernanda Caroline Drumm
Siara Silvestri
Sérgio Luiz Jahn
Edson Luiz Foletto

DOI 10.22533/at.ed.31919010431

CAPÍTULO 32	281
DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DE RODAMINA B COM UM CATALISADOR À BASE DA BIOMASSA PORONGO: EFEITO DA DOPAGEM COM FERRO	
William Leonardo da Silva	
Mariéle Schaedler Nascimento	
Matheus Severo Schalenberger	
Joana Bratz Lourenço	
DOI 10.22533/at.ed.31919010432	
CAPÍTULO 33	287
AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA, UTILIZANDO TiO_2 E ZNO, DO ANTIBIÓTICO METRONIDAZOL (MTZ) A PARTIR DA ESPECTROFOTOMETRIA	
Luiza Barbosa Petersen Mendes	
Luciane Pimentel Costa Monteiro	
Leandro Vahia Pontual	
DOI 10.22533/at.ed.31919010433	
CAPÍTULO 34	303
CARACTERIZAÇÃO DE CÁPSULAS DE CAFÉ PÓS CONSUMO VISANDO A RECICLAGEM NA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro	
Priscilla Sayuri Nakazawa	
Ana Maria Ferrari	
Ana Claudia Ueda	
DOI 10.22533/at.ed.31919010434	
CAPÍTULO 35	315
APPLICATION OF THE MARKOV CHAIN MONTE CARLO METHOD TO ESTIMATION OF PARAMETERS IN A MODEL OF ADSORPTION-ENHANCED REACTION PROCESS FOR MERCURY REMOVAL FROM NATURAL GAS	
Josiel Lobato Ferreira	
Diego Cardoso Estumano	
Mariana de Mattos Vieira Mello Souza	
Emanuel Negrão Macêdo	
DOI 10.22533/at.ed.31919010435	
CAPÍTULO 36	322
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CATALISADORES BASEADOS EM ÓXIDO DE FERRO SUPOSTADOS EM CARVÃO ATIVADO DERIVADO DA CASCA DO COCO VERDE	
Natália Matos Silva Pereira	
Marta Cecília da Esperança Santos	
Sirlene Barbosa Lima	
Maria Luiza Andrade da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.31919010436	
SOBRE A ORGANIZADORA	334

ZN-ZIF EM TECIDO APLICADO NO PROCESSO DE CAPTURA DE CH₄

Guilherme Andreoli Gil

Engenharia Química, Universidade Tecnológica
Federal do Paraná
Apucarana – PR

Guilherme Otávio Lima

Engenharia Química, Universidade Tecnológica
Federal do Paraná
Apucarana – PR

Lucas Mendes Pedro

Engenharia Química, Universidade Tecnológica
Federal do Paraná
Apucarana – PR

Bianca Bastos Caruzi

Engenharia Têxtil, Universidade Tecnológica
Federal do Paraná
Apucarana – PR

Fabrcio Maestá Bezerra

Engenharia Têxtil, Universidade Tecnológica
Federal do Paraná
Apucarana – PR

Murilo Pereira Moisés

Licenciatura em Química, Universidade
Tecnológica Federal do Paraná
Apucarana – PR

RESUMO: O composto metalorgânico Zn-ZIF-8 foi sintetizado e impregnado em tecido de algodão para aplicação no processo de captura de metano (CH₄) devido sua capacidade de adsorção e armazenamento de gases. Como

o CH₄ aparece como um dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa, reduzir sua emissão é de fundamental importância no controle dos problemas ambientais. A área específica da Zn-ZIF-8 impregnada no tecido foi de 574,3 m²g⁻¹ (BET) e área de microporos (t-Plot) de 553,9 m²g⁻¹. A fixação do material no tecido foi confirmada por DRX do tecido, da MOF e da MOF impregnada no tecido. Portanto neste trabalho foi avaliado a eficiência da Zn-ZIF em tecido, a 25 °C e 1 bar, no processo de captura de metano sendo adsorvido 680 cm³ do gás por área (m²) do tecido.

PALAVRAS-CHAVE: Composto metalorgânico; Zn-ZIF-8; Captura de metano.

ABSTRACT: The Zn-ZIF-8 metal-organic framework compound was synthesized and impregnated into cotton fabric for application in the process of methane (CH₄) capture due to its ability of adsorption and storage of gases. Since CH₄ appears as one of the main greenhouse gases, reducing its emission is fundamentally important in the control of environmental problems. The specific area of Zn-ZIF-8 impregnated in the fabric was of 574,3 m²g⁻¹ (BET) and the area of the micropores (Plot) was 553,9 m²g⁻¹. The fixation of the material in the fabric was confirmed by XRD of the fabric, MOF and MOF impregnated fabric. Therefore in this work the efficiency of the Zn-ZIF in fabric, at 25

°C and 1 bar, was evaluated in the process of capture of methane being adsorbed 680 cm³ of gas per area (m²) of the fabric.

KEYWORDS: Metal-organic framework; Zn-ZIF-8; Methane capture.

1 | INTRODUÇÃO

Os processos de acabamentos têxteis consistem em uma série de operações aplicadas em tecidos a fim de melhorar suas propriedades. Esta etapa pode ocorrer por três modos: físicos, químicos e biológicos. As técnicas utilizadas para os acabamentos vão depender basicamente da estrutura e do tipo de fibra (natural ou química) que será utilizada (Schindler E Hauser, 2004).

Os autores ainda afirmam que acabamentos químicos podem ser definidos como a utilização de produtos a fim de alcançar uma determinada propriedade, podendo alterar a composição química do têxtil a ser tratado. Este tipo de aplicação depende da interação entre os produtos e o substrato utilizado. Quando há uma maior afinidade entre os produtos e o artigo têxtil, o processo de acabamento pode ser aplicado por meio de processos de foulardagem. No entanto, quando há uma afinidade baixa, os processos de acabamentos podem ser realizados por imersão do têxtil em uma solução química ou por meios mecânicos.

Algumas das propriedades desejadas são adquiridas com acabamentos funcionais, como: propriedades bactericidas (Abbasi, Akhbari E Morsali, 2011), liberação de fármacos (Tavra *Et Al.*, 2016) e adsorção de gases (Ethiraj *et al.*, 2015). Segundo Machado (2008), os processos mais utilizados na área têxtil são: incorporação de aditivos funcionais na massa polimérica, na hora da extrusão, a fim de garantir a funcionalidade permanente, integração de aditivos funcionais na superfície têxtil por meio de métodos químicos ou físicos e revestimento funcional.

Conforme Paul (2015), a nanotecnologia é uma das áreas a serem exploradas para garantir a funcionalização de têxteis, tanto para aperfeiçoar métodos já existentes como para criar novas técnicas. A aplicação de acabamentos com base em nanopartículas tem como objetivo produzir artigos com desempenho aprimorado (Gowri *et al.*, 2010). Os autores Ventura, Carneiro e Souto (2011), também afirmam que os nanomateriais aplicados em têxteis são uma opção inovadora que permitem a produção de materiais multifuncionais. Dentro dos acabamentos químicos, as estruturas metal-orgânicas são nanopartículas que podem ser aplicadas em têxteis a fim de modificar superficialmente o material, promovendo um acabamento com capacidade de adsorção de gases (Rodenas *et al.*, 2015).

Ao longo das décadas, muitos sólidos que continham íons metálicos ligados por outros compostos moleculares receberam diversas nomenclaturas: estruturas metal-orgânicas, polímeros de coordenação e materiais híbridos orgânicos-inorgânicos. Para um sólido ser definido como estruturas metal-orgânicas, *metal-organic framework* (MOF), ele deve apresentar particularidades inerentes que este termo implica: ligações

fortes que promovem rigidez e unidades ligantes que podem ser modificadas por sínteses orgânicas (Rowse e Yaghi, 2014).

As MOFs são sólidos cristalinos compostos de ligantes orgânicos e aglomerados inorgânicos, como sais metálicos, que formam uma rede tridimensional altamente porosa. Segundo Rowsell e Yaghi (2014), essas MOFs ainda, por serem parte orgânica e parte inorgânica, apresentam uma alta adsorção proveniente de materiais porosos orgânicos, e estruturas altamente ordenadas, como os materiais porosos inorgânicos.

Os autores Centrone *et al.* (2010), afirmam que a área específica, estabilidade química e poros de tamanhos adaptáveis são características que fazem das MOFs materiais com promissoras aplicações em diversas áreas, como: armazenamento de hidrogênio, separação de gases, catálise e em artigos biomédicos. Abdelhameed *et al.* (2016) ainda complementam que essas características tornam as MOFs mais eficientes quando comparados com materiais compostos de carbono ativado ou sílica mesoporosa. De acordo com Rosseinsky (2003), as características estruturais desse material garantem potencial capacidade de adsorver e armazenar gases como, por exemplo, o CH₄.

Segundo Baldé *et al.* (2016), o potencial de poluição do metano (CH₄) faz desse gás um dos principais responsáveis pelo efeito estufa. Com isso pesquisadores de diferentes áreas buscam alternativas que visam diminuir a emissão desse gás e conseqüentemente os impactos ambientais gerados por ele. Os autores Anbia, Hoseini e Sheykhi (2012) apresentam as estruturas metalorgânicas como importante alternativa de controle ambiental devido sua excelente capacidade no processo de adsorção de metano, dentre os quais pode-se destacar a *zeolitic imidazolate frameworks* (ZIFs), que é um subgrupo das MOFs, que devido sua elevada estabilidade química e térmica é preferencialmente aplicada na captura de gases (Yin *et al.*, 2015).

De acordo com Wang *et al.* (2016), Zn-ZIF são ZIFs que possuem como centro metálico o metal zinco conectado a ligantes orgânicos imidazólicos, e apresentam um microcristal com tamanho médio de 172 nm, volume do microporo de 0,4 cm³g⁻¹ e área específica de 1200 cm²g⁻¹. Os autores Li *et al.* (2016) ainda afirmam que esta estrutura possui geometria dodecaédrica.

Portanto neste trabalho a Zn-ZIF-8 foi sintetizada utilizando nitrato de zinco e 2-metilimidazol com o objetivo de utilizá-la, quando fixada em tecido de algodão, no processo de captura de CH₄ a 25 °C, afim de observar sua alta eficiência na adsorção desse gás.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Síntese do material Zn-ZIF@tecido

Para a síntese da estrutura metalorgânica Zn-ZIF-8 foi adicionado 2-metilimidazol em uma solução aquosa de nitrato de zinco. O material foi lavado com água e seco em

estufa por 6 horas a 80 °C. Após, foi preparado uma suspensão do material em água (0,5 g/10 mL) e esta suspensão foi adicionada ao tecido de 100% algodão (2 cm²). Por último o tecido com o material já em sua superfície foi seco em estufa com ventilação de ar a 60 °C.

2.2 Caracterização do material Zn-ZIF@tecido

A estrutura metalorgânica Zn-ZIF, o tecido de algodão e o material Zn-ZIF@tecido foram caracterizados por difração de raios X (Shimadzu 6000) e fisissorção de N₂ a 77 K (Micromeritics ASAP 2020C). O potencial de adsorção de metano foi avaliado usando 0,5 m² de tecido no intervalo de pressão entre 0,01 e 1 bar.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi feita a caracterização das propriedades texturais da Zn-ZIF-8, assim como sua área específica total e de seus microporos, por meio da fisissorção de N₂ (a), o DRX do tecido, da MOF e do tecido de algodão já com a MOF impregnada em sua superfície (b), a isoterma de adsorção/dessorção de CH₄ no tecido impregnado com MOF a 30 °C (c) e adsorção de CH₄ utilizando o tecido com MOF afim de determinar o volume de gás adsorvido por metro quadrado de tecido, conforme mostra a Figura 1.

Na Figura 1(a) é apresentada a isoterma de fisissorção de N₂ a 77 K para a Zn-ZIF-8. Esta isoterma é classificada segundo a IUPAC como do tipo I, característica de sólidos microporosos. A área específica calculada pelo método BET foi de 574,31 m²g⁻¹ e área de microporos (t-Plot) de 553,8936 m²g⁻¹. Estas propriedades texturais estão de acordo com os resultados reportados na literatura, como exemplo, Barbosa *et al.* (2015), que encontrou área de 843 m²g⁻¹ para a Zn-ZIF-8 sintetizada com razão molar Zn:IM 1:4. Vale a pena destacar que a área específica apresentada pelo material ZIF@tecido é extremamente relevante e inovadora, visto que esta medida é representada pela relação área/massa do material e no material ZIF@tecido a massa é maior do que nos materiais Zn-ZIF-8 reportados na literatura, pois considera-se a massa do tecido, subestimando a área da Zn-ZIF-8. A formação da estrutura cristalina Zn-ZIF e sua fixação no tecido pode ser confirmada na Figura 1(b) por comparação entre os difratogramas de raios X da amostra da MOF sintetizada com o do tecido com MOF impregnada, onde os sinais de difração se sobrepõem, indicando que há Zn-ZIF no tecido. Os planos cristalinos característicos da estrutura ZIF encontrados estão de acordo com o padrão reportado na literatura (Yo *et al.*, 2015). Na Figura 2(c), são mostrados os resultados de adsorção de CH₄, obtendo o volume adsorvido deste gás por massa do material Zn-ZIF, chegando a um valor de 3,4 cm³g⁻¹, quando a pressão é de 1,0 bar. Enquanto que na Figura 1(d) relaciona o volume adsorvido de CH₄ com a área (m²) de tecido, obtendo o valor de 680 cm³m⁻², também a 1,0 bar.

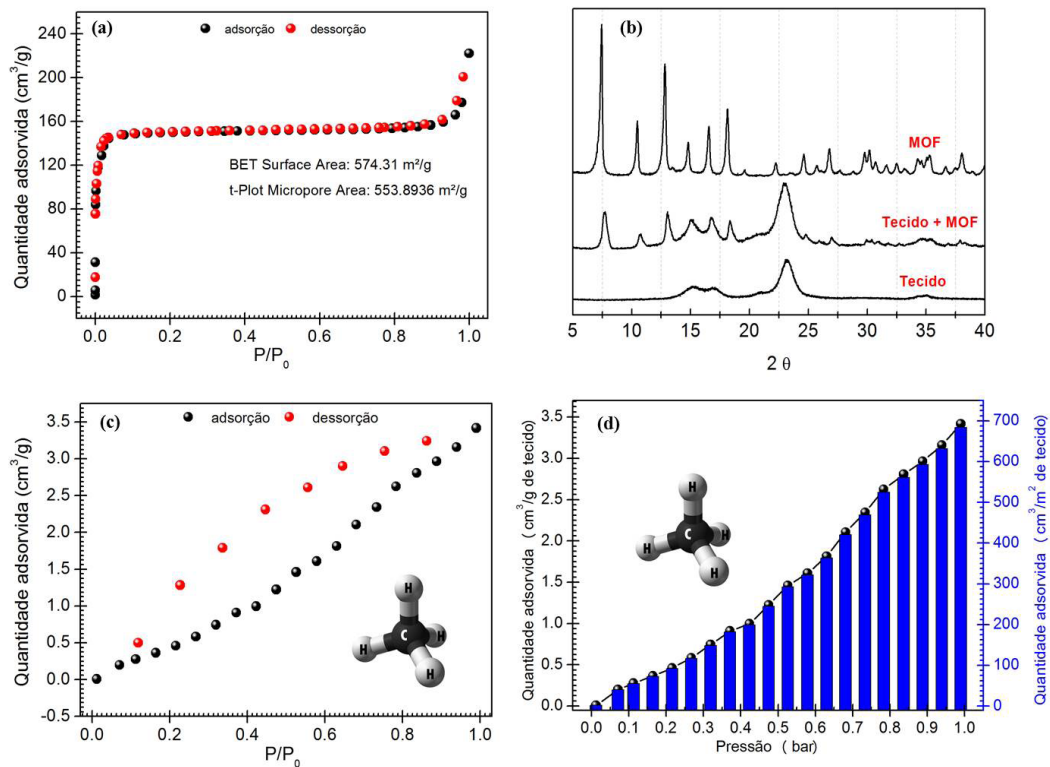


Figura 1 - Representação das propriedades texturais (a). DRX do tecido, da MOF e do tecido impregnado com MOF (b). Isotherma de adsorção/dessorção de CH_4 (c). Adsorção de CH_4 usando o tecido impregnado com MOF, destacando o volume de metano adsorvido por m^2 de tecido (d).

Portanto, o material desenvolvido neste trabalho pode ser aplicado ao processo de captura de CH_4 da atmosfera quando impregnado em um tecido. Este fato é comprovado observando a quantidade adsorvida do gás analisado em pressões relativas entre 0 (vácuo) e 1,0 bar.

4 | CONCLUSÃO

Com o avanço nas diferentes áreas da ciência e com o surgimento de materiais como as MOFs, criam-se novas maneiras de solucionar os problemas ambientais que tanto afetam o planeta Terra, como por exemplo a emissão de gás metano. Pelos resultados apresentados no presente trabalho, observou-se que a Zn-ZIF-8 em tecido de algodão apresenta potencial capacidade de aplicação no processo de adsorção de CH_4 fazendo desse material uma excelente alternativa no controle ambiental.

REFERÊNCIAS

ABBASI, A. R.; AKHBARI, K.; MORSALI, A., **Dense coating of surface mounted CuBTC Metal-Organic Framework nanostructures on silk fibers, prepared by layer-by-layer method under ultrasound irradiation with antibacterial activity.** *Ultrasonics Sonochemistry*, p. 846-852, 2011

ABDELHAMEED, R. M.; GAWAD, H. A.; ELSHAHAT, M.; EMAM, H. E., **Cu-BTC@cotton composite: design and removal of ethion insecticide from water.** *RSC Advances*, 2016

- ANBIA, M.; HOSEINI, V.; SHEYKHI, S. **Sorption of methane, hydrogen and carbon dioxide on metal-organic framework, iron terephthalate.** *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, p. 1149-1152, 2012.
- BALDÉ, H.; VANDERZAAG, A. C.; BURTT, S. D.; RIDDLE, C. W.; CROLLA, A.; DESJARDINS, R. L.; MACDONALD, D. J. **Methane emissions from digestate at an agricultural biogas plant.** *Bioresource Technology*, p. 914-922, 2016.
- BARBOSA, P.; ROSETO-NAVARRO, N. C.; SHI, F.; FIGUEIREDO, F. M. L. **Protonic Conductivity of Nanocrystalline Zeolitic Imidazolate Framework 8.** *Eletochimica Acta*, 2015, 19-27.
- CENTRONE, A.; YANG, Y.; SPEAKMAN, S.; BROMBERG, L.; RUTLEDGE, G. C.; HATTON, T. A., **Growth of Metal-Organic Frameworks on Polymer Surfaces.** *Journal of the American Chemical Society*, 2010
- ETHIRAJ, J.; BONINO, F.; LAMBERTI, C.; BORDIGA, S., **H₂S interaction with HKUST-1 and ZIF-8 MOFs: A multitechnique study.** *Microporous and Mesoporous Materials*, 2015
- CLIFFE, M. J.; WAN, W.; ZOU, X.; CHATER, P. A.; KLEPPE, A. K.; TUCKER, M. G.; WILHELM, H.; FUNNELL, N. P.; COUDERT, F. X.; GOODWIN, A. L. *Nature Communications*, 2014, 5 (4176), 1-9.
- GOWRI, V. S.; ALMEIDA, L.; AMORIM, M. T. P.; PACHECO, N. C.; SOUTO, A. P.; ESTEVES, M. F.; SANGHI, S. K., **Functional finishing of polyamide fabrics using ZnO-PMMA nanocomposites.** Springer Science, 2010
- LI, Y.; ZHOU, K.; HE, M.; YAO, J. **Synthesis of ZIF-8 and ZIF-67 using mixed-base and their dye adsorption.** *Microporous and Mesoporous Materials*, p. 287-292, 2016.
- MACHADO, M. J. S., **Ativação e Funcionalização de Superfícies Têxteis através de Descargas Plasmáticas.** *Dissertação de mestrado.* Universidade do Porto, 2008.
- PAUL, R., **Functional Finishes for Textiles: Improving Comfort, Performance and Protection.** Woodhead Publishing, 2015
- RODENAS, T.; LUZ, I.; PRIESTO, G.; SEOANE B.; MIRO, H.; CORMA, A.; KAPTEJIN, F.; XAMENA, F. X. L. X.; GASCON, J., **Metal-organic framework nanosheets in polymer composite materials for gas separation.** Europe PMC Funders Group, 2015
- ROSSEINSKY, M. J. **Recent developments in metal-organic framework chemistry: design, discovery, permanent porosity and flexibility.** *Microporous and Mesoporous Materials*, p. 15-30, 2003
- ROWSELL, J. L. C.; YAGHI, O. M., **Metal-Organic Frameworks: A New Class of Porous Materials.** *Coordination Chemistry Reviews*, 2014
- SCHINDLER, W. D.; HAUSER, P. J., **Chemical finishing of textiles.** Cambridge, 2004
- TAVRA, C. O.; MARSHALL, R. J.; BAXTER, E. F.; LÁZARO, I. A.; TAO, A.; CHEETHAM, A. K.; FORGAN, R. S.; JIMENEZ, D.F., **Drug delivery controlled release from biocompatible metal-organic frameworks using amorphization.** *Journal of Materials Chemistry B*, 2016
- VENTURA, S.; CARNEIRO, N.; SOUTO, A. P., **Acabamento de têxteis multifuncionais com nanocompósitos poliméricos.** *Nova Têxtil*, 2011

YIN, H.; LEE, T.; CHOI, J.; YIP, A. C. K. **On the zeolitic imidazolate framework-8 (ZIF-8) membrane for hydrogen separation from simulated biomass-derived syngas.** *Microporous and mesoporous materials*.

WANG, C.; YANG, F.; SHENG, L.; YU, J.; YAO, K.; ZHANG, L.; PAN, Y. **Zinc-substituted ZIF-67 nanocrystals and polycrystalline membranes for propylene/propane separation.** *Chem. Communications*, p. 12578-12581, 2016

SOBRE A ORGANIZADORA

CARMEN LÚCIA VOIGT Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-231-9

