

Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 3

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

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 CO ₂ 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 CO ₂ 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 Cecilia da Esperança Santos	
Sirlene Barbosa Lima	
Maria Luiza Andrade da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.31919010436	
SOBRE A ORGANIZADORA	334

CAPTURA DE CO₂ UTILIZANDO O PROCESSO CALCIUM-LOOPING

Juliana Alves da Silva

Universidade Federal de São Carlos, Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Química
São Carlos – SP, Brasil

Ricardo José Chimentão

Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias
Químicas
Concepción, Chile

João Batista Oliveira dos Santos

Universidade Federal de São Carlos,
Departamento de Engenharia Química
São Carlos – SP, Brasil

RESUMO: Dióxido de carbono (CO₂) foi capturado utilizando-se materiais de óxido de cálcio modificados com alumina. Óxido de cálcio foi preparado pelo método sol-gel e os materiais contendo alumina foram preparados por mistura úmida. Os materiais foram caracterizados por difração de raios-X, microscopia eletrônica de varredura e adsorção de N₂. As medidas de captura de CO₂ foram realizadas de maneira cíclica usando uma termobalança, sendo que a reação de carbonatação foi conduzida a 700 °C em fluxo de CO₂ e a decomposição a 800 °C em fluxo de N₂. Os resultados mostraram uma queda na capacidade de captura de CO₂ utilizando o CaO puro, o calcário e o material modificado com 10% de alumina. Entretanto, o material modificado com 50% de alumina

apresentou uma elevada estabilidade e alta capacidade de captura de CO₂.

PALAVRAS-CHAVE: Captura de CO₂, Calcium-looping, óxido de cálcio, alumina

ABSTRACT: Carbon dioxide (CO₂) was captured using calcium oxide materials modified with alumina. Calcium oxide was prepared by the sol-gel method and alumina-containing materials were prepared by wet mixing. The materials were characterized by X-ray diffraction, scanning electron microscopy and N₂ adsorption. CO₂ capture measurements were cyclically performed using a thermobalance, where the carbonation reaction was carried out at 700 °C in CO₂ flow and the decomposition reaction was conducted at 800 °C in N₂ flow. The results showed a decrease in CO₂ capture capacity using pure CaO, limestone, and CaO modified with 10% of alumina. However, material modified with 50% of alumina presented considerable increase of stability and CO₂ capture capacity.

KEYWORDS: CO₂ capture, Calcium-looping, calcium oxide, alumina

1 | INTRODUÇÃO

A crescente emissão de gases de efeito estufa (GEE) tem sido reportada frequentemente como principal causa do aquecimento global e mudanças climáticas. O aumento desses gases

acontece graças ao aumento da demanda de energia para o desenvolvimento dos países, que são majoritariamente provenientes da queima de combustíveis fósseis e biomassa (IEA, 2015).

Dentre os GEE, o gás carbônico (CO_2) corresponde a mais da metade desses gases (IEA, 2015). O Observatório Mauna Loa, no Havaí, tem registrado periodicamente a quantidade de CO_2 presente na atmosfera em um local isolado dos demais continentes e a uma altitude de 3400 metros acima do nível do mar. Através dos dados obtidos pelo observatório, é possível observar a crescente quantidade de CO_2 na atmosfera (Figura 1), sendo que em 2018 tem-se registros de aproximadamente 408 ppm de CO_2 . Diante das correlações do aumento da quantidade de CO_2 com o aquecimento global e mudanças climáticas, tecnologias alternativas para a mitigação do CO_2 tem atraído atenção de grupos de pesquisa.

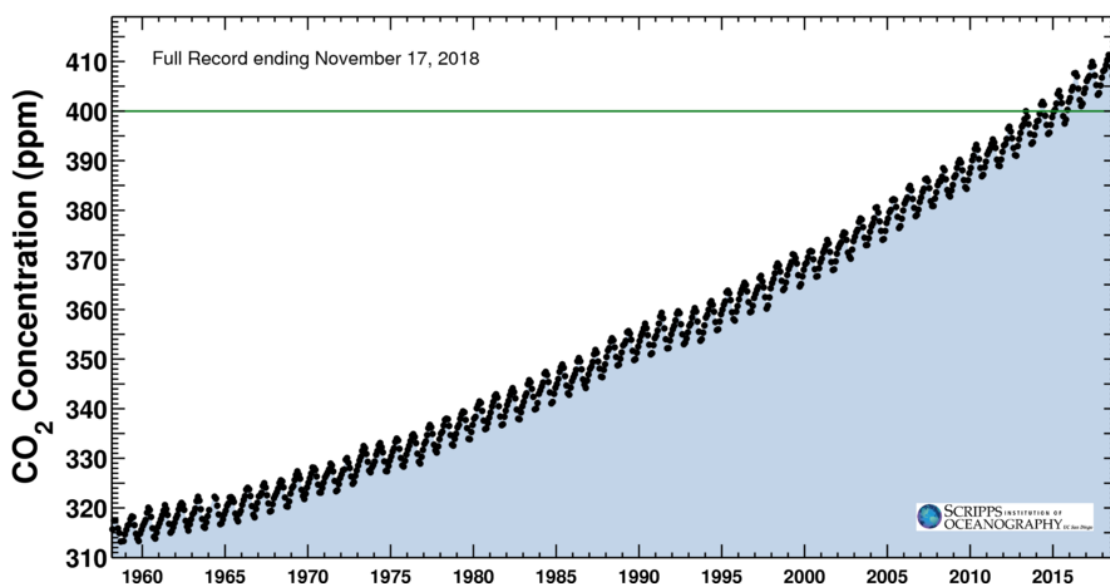
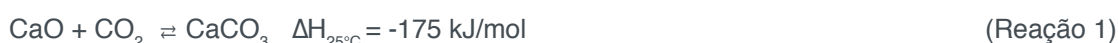


Figura 1. Concentração de CO_2 na atmosfera registrado por dois programas independentes de monitoramento de CO_2 (NOAA e Scripps) no Observatório Mauna Loa, no Havaí. Retirado de <https://www.co2.earth/daily-co2>

A principal tecnologia amplamente aplicada em setores industriais para a captura de CO_2 é absorção de CO_2 utilizando monoetanolamina (MEA). Embora a capacidade de captura de CO_2 seja elevada e as condições de reação sejam brandas, esse processo é altamente corrosivo e ocorre a degradação da amina (BUI et al., 2018; LEUNG; CARAMANNA; MAROTO-VALER, 2014). Diante desse cenário, outras tecnologias têm se destacado na captura de CO_2 como, por exemplo, separação por membrana, *chemical looping combustion*, destilação criogênica, adsorção de CO_2 por sólidos e *Calcium-Looping* (FENG; AN; TAN, 2007; LEESON et al., 2017; LUIS; VAN GERVEN; VAN DER BRUGGEN, 2012; STRÖHLE; ORTH; EPPLÉ, 2015; XU; LIN, 2017).

O processo *Calcium-Looping* (FENNEL; ANTHONY, 2015; PEREJÓN et al., 2016; VALVERDE; SANCHEZ-JIMENEZ; PEREZ-MAQUEDA, 2014) é uma tecnologia

altamente promissora na mitigação de CO₂, e consiste na captura e purificação do CO₂ utilizando ciclos de carbonatação e decomposição. A carbonatação pode ser realizada em temperaturas acima de 700 °C, em corrente de Nitrogênio ou CO₂, e consiste na reação gás-sólido entre o óxido de cálcio (CaO) e o CO₂, com formação de carbonato de cálcio. A reação de decomposição consiste na liberação do CO₂ pela decomposição do carbonato de cálcio e essa reação ocorre em temperaturas acima de 750 °C, em corrente de N₂ ou CO₂. As reações de carbonatação e decomposição (reação 1) são realizadas de maneira cíclica e o material a base de CaO pode ser utilizado durante várias reações (COPPOLA; SCALA; SALATINO, 2018; DEAN et al., 2010; VALVERDE; SANCHEZ-JIMENEZ; PEREZ-MAQUEDA, 2014). Dessa forma, o CO₂ purificado pode ser armazenado ou utilizado posteriormente em processos industriais.



Os materiais utilizados em processo Calcium-Looping precisam apresentar elevada capacidade de captura de CO₂ e alta estabilidade, ou seja, o material deve suportar altas temperaturas e ser capaz de manter a elevada capacidade de captura de CO₂ por longos ciclos de carbonatação e decomposição. O CaO puro ou o calcário natural não é um material adequado para ser utilizados em processo *Calcium-Looping*, pois se desativa durante os ciclos de reação devido à perda de poros e sinterização do material (FENG et al., 2006; LYSIKOV; SALANOV; OKUNEV, 2007; RADFARNIA; SAYARI, 2015). Para minimizar a queda de captura de CO₂ e aumentar a estabilidade do CaO pode-se modificar o CaO pela adição de materiais inertes, tais como Al₂O₃, ZrO₂ e MgO. De acordo com a literatura, a adição desses inertes impede a aglomeração e o crescimento de grãos do CaO, evitando a desativação do material (GUO et al., 2016; XU et al., 2016).

As variáveis de preparação dos materiais também afetam as propriedades do CaO relacionadas à captura de CO₂ e a estabilidade (BRODA; KIERZKOWSKA; MÜLLER, 2012; GRUENE et al., 2011; GUO et al., 2016; XU et al., 2016). Por exemplo, Guo et al. (2016) sintetizaram materiais a base de CaO pelo método sol-gel na proporção molar de Ca/Zr de 15:1, 30:1, 40:1 e CaO puro. As reações cíclicas foram realizadas em uma termobalança, sendo que a carbonatação ocorreu a 600 °C por 45 min com atmosfera de 50% CO₂ e 50% N₂ e a decomposição a 700 °C por 20 min em N₂ puro. Observou-se a formação da fase CaZrO₃ (reação de CaO e ZrO₂) e presença de mesoporos, que foi proporcional a quantidade molar de Zr. O material de maior capacidade de captura de CO₂ e maior estabilidade foi o material com razão molar de 30:1, que teve capacidade de captura de CO₂ de 0,69 g-CO₂/g-material no primeiro ciclo e 0,64 g-CO₂/g-material após 18 ciclos. Segundo os autores, o material com razão 30:1 apresentou a maior estabilidade e capacidade de captura de CO₂ devido a elevada área superficial e volume de poros.

Como foi descrito anteriormente, o método de preparação do material a base de CaO e a adição de inerte ao CaO podem levar a um material com elevada estabilidade durante vários ciclos de carbonatação e decomposição. Portanto, o objetivo deste trabalho é desenvolver materiais de CaO modificados com Al_2O_3 para capturar o CO_2 , proveniente de gases de combustão, com elevada eficiência e estabilidade. Além disso, o método sol-gel foi utilizado para preparar o CaO, enquanto os materiais de CaO modificados com Al_2O_3 foram sintetizados pelo método de mistura úmida.

2 | METODOLOGIA

2.1 Preparação das amostras

A amostra de CaO foi sintetizada utilizando o método sol-gel (LEE et al., 2015) com emprego de nitrato de cálcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, ácido cítrico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) e água destilada. O $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ foi dissolvido em água destilada e, em seguida, misturado com ácido cítrico na razão molar de 1:3. A mistura foi agitada e aquecida a 80 °C até a formação do gel. Em seguida, a amostra foi submetida a secagem, em uma estufa a 100 °C, por 24 h para obter o xerogel, e calcinada a 800 °C por 4 h. A amostra foi denominada CaO puro.

Para os materiais modificados com Al_2O_3 foi utilizado o método de mistura úmida (SUN et al., 2016). O CaO puro, preparado previamente pelo método sol-gel, foi misturado com uma quantidade desejada de Al_2O_3 e água por 2 h a temperatura ambiente. As etapas de secagem e calcinação foram as mesmas utilizadas na preparação do CaO puro. As amostras foram preparadas nas proporções mássicas de 90% CaO e 10% Al_2O_3 , e 50% CaO e 50% Al_2O_3 , sendo esses materiais denominados $\text{CaO}10\text{Al}_2\text{O}_3$ e $\text{CaO}50\text{Al}_2\text{O}_3$, respectivamente.

Calcário natural ($\text{CaCO}_3 \geq 98.0\%$, $\text{SiO}_2 \leq 1\%$ and $\text{MgCO}_3 \leq 1\%$) fornecido pela Mineiração Jundu, denominado CaO- CaCO_3 , também foi empregado nos experimentos de captura de CO_2 .

2.2 Medidas de captura de CO_2

Os ciclos de carbonatação e decomposição foram realizados em uma termobalança da Shimadzu DTG-60. Primeiramente, a amostra foi aquecida até 800 °C em uma vazão de 100 mL/min de N_2 e permaneceu nesta temperatura por 1 h. Em seguida, a temperatura foi ajustada para 700 °C e o N_2 foi substituído pelo CO_2 para realização da reação de carbonatação. O tempo de carbonatação foi fixado em 1 h. Em seguida, o fluxo de CO_2 foi substituído por N_2 e a temperatura foi elevada para 800 °C para a realização da reação de decomposição. O tempo da reação de decomposição também foi de 1 h. As reações de decomposição e carbonatação foram repetidas trinta vezes utilizando o procedimento descrito acima. A variação de massa de cada amostra foi medida durante os ciclos e a capacidade de captura de CO_2 foi calculada com base na

massa da amostra após a carbonatação e decomposição.

A variação de massa de cada amostra foi medida durante trinta ciclos e a capacidade de captura de CO₂ e conversão da reação de carbonatação foram calculados através das equações 1 e 2, respectivamente.

$$C_N = (m_N - m_0)/m_0 \quad (\text{Equação 1})$$

$$X_N = (m_N - m_0)M_{CaO}/m_0M_{CO_2} \quad (\text{Equação 2})$$

A massa final após cada reação de carbonatação é representada por m_N , m_0 é a massa de material após a calcinação inicial, m_{CaO} é a massa de CaO, M_{CaO} e M_{CO_2} são as massas molares do CaO e do CO₂, respectivamente.

2.3 Caracterização das amostras

Todas as amostras foram analisadas por difração de raios-X (DRX) utilizando um difratômetro Rigaku Multiflex 2kW com radiação Cu K α , operado a 40 kV e 15 mA, com varredura de $2\theta=10$ a 90° , com passo de 0.02° e velocidade de escaneamento de $4^\circ/\text{min}$.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada para as amostras frescas, ou seja, calcinadas a 800°C por 4 h em um microscópio Philips XL-30 FEG de alta resolução.

As áreas superficiais específicas das amostras frescas foram obtidas por adsorção de N₂, que foi realizada em um equipamento da Micromeritics, modelo ASAP 2010. A adsorção e dessorção de N₂ foram determinadas a -196°C . Antes das medições de fisissorção de N₂, as amostras foram tratadas sob vácuo a 200°C por 2 h. As áreas superficiais das amostras foram calculadas pelas equações de Brunauer-Emmet-Teller (BET).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos materiais antes do processo Calcium-Looping

A Figura 2 apresenta os difratogramas de raios-x das amostras de CaO puro e CaO modificadas com alumina. Pode-se observar que há a presença das fases CaO, Ca(OH)₂ e CaCO₃ em todas as amostras sintetizadas. A presença da fase Ca(OH)₂ nos materiais deve-se a natureza higroscópica do CaO. Esses resultados sugerem que ocorreu uma hidratação das amostras, bem como a reação com CO₂ na presença de ar atmosférico. A formação da fase Ca(OH)₂ e de carbonato na presença de ar também foi observada por outros autores (ANTZARA; HERACLEOUS; LEMONIDOU, 2015; CHEN et al., 2016; KOIRALA; REDDY; SMIRNIOTIS, 2012; LEE et al., 2015; NAEEM et al., 2018; WANG et al., 2015). Os picos característicos da alumina aparecem com baixa intensidade apenas no difratograma da amostra CaO50Al₂O₃.

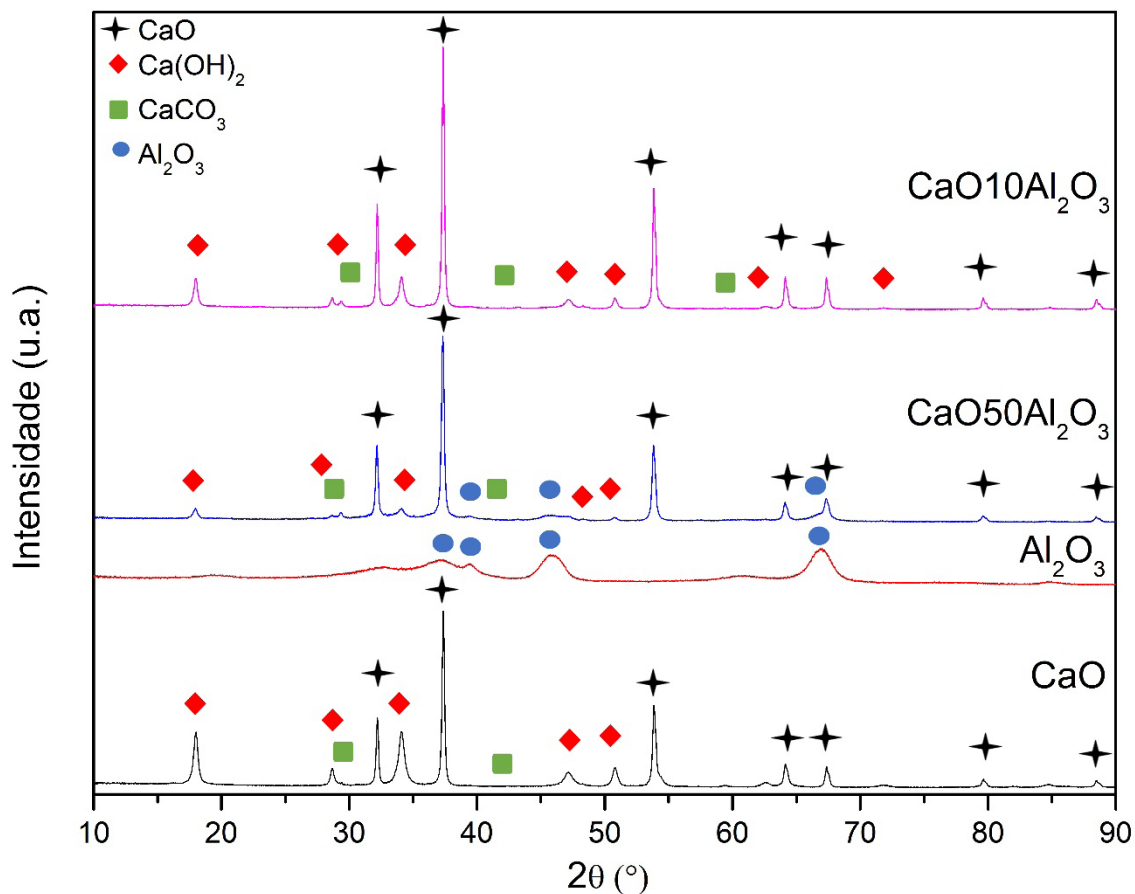


Figura 2. Difratoograma de raios-x: CaO puro, Al_2O_3 , $\text{CaO}_{10}\text{Al}_2\text{O}_3$ e $\text{CaO}_{50}\text{Al}_2\text{O}_3$ calcinadas a $800\text{ }^\circ\text{C}$ por 4 h.

As áreas superficiais específicas das amostras CaO puro, $\text{CaO}_{10}\text{Al}_2\text{O}_3$ e $\text{CaO}_{50}\text{Al}_2\text{O}_3$, calcinadas a $800\text{ }^\circ\text{C}$ por 4 h, foram iguais a 6, 21 e $75\text{ m}^2/\text{g}$, respectivamente. Houve um aumento significativo na área superficial específica dos materiais modificados com Al_2O_3 devido a elevada área da alumina ($155\text{ m}^2/\text{g}$), o que sugere que não houve obstrução dos poros da alumina durante a preparação dos materiais.

A morfologia do CaO e $\text{CaO}_{10}\text{Al}_2\text{O}_3$ foi investigada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e os resultados não mostraram diferenças morfológicas evidentes (Figura 3), ou seja, aparentemente, a adição de Al_2O_3 na estrutura de CaO puro não alterou a forma das partículas/grãos do material $\text{CaO}_{10}\text{Al}_2\text{O}_3$.

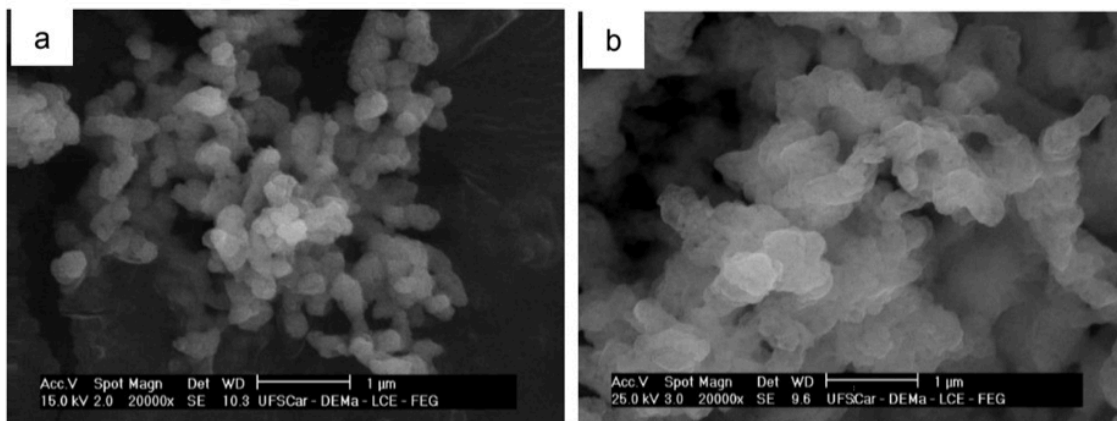


Figura 3. Micrografias de MEV das amostras calcinadas a 800 °C por 4 h: (a) CaO puro e (b) CaO10Al₂O₃

3.2 Processo Calcium-Looping

Os resultados da captura de CO₂ são apresentados na Figura 4. O CaO puro apresenta capacidade de captura de CO₂ de 0,73 g-CO₂/g-material no primeiro ciclo, que é muito próximo da capacidade de captura de CO₂ teórico (0,785 g-CO₂/g-material). Em seguida, ocorre a queda na capacidade de captura de CO₂ devido ao fechamento de poros e sinterização do CaO puro. A desativação do material também foi observada em outros trabalhos (SUN et al., 2016; WANG et al., 2014; WANG; BARRY; COSTA, 2010).

Pode-se observar na Figura 4 um comportamento semelhante entre o CaO puro e CaO-CaCO₃. Entretanto, a estabilidade e capacidade de captura inicial de CaO-CaCO₃ foi significativamente inferior ao CaO puro sintetizado, de apenas 0,52 g-CO₂/g-material no primeiro ciclo. Ambos materiais atingiram uma baixa capacidade de captura de CO₂ de aproximadamente 0,2 g-CO₂/g-material após 6 e 30 ciclos para CaO-CaCO₃ e CaO puro, respectivamente.

A Figura 4 mostra que os materiais modificados com Al₂O₃ apresentaram elevada capacidade de captura de CO₂ inicial de 0,73 e 0,38 g-CO₂/g-material para as amostras CaO10Al₂O₃ e CaO50Al₂O₃, respectivamente. Observa-se também elevada estabilidade para os materiais sintetizados com a adição de Al₂O₃ quando comparado ao CaO e CaO-CaCO₃, com capacidade de captura de 0,33 g-CO₂/g-material após 30 ciclos.

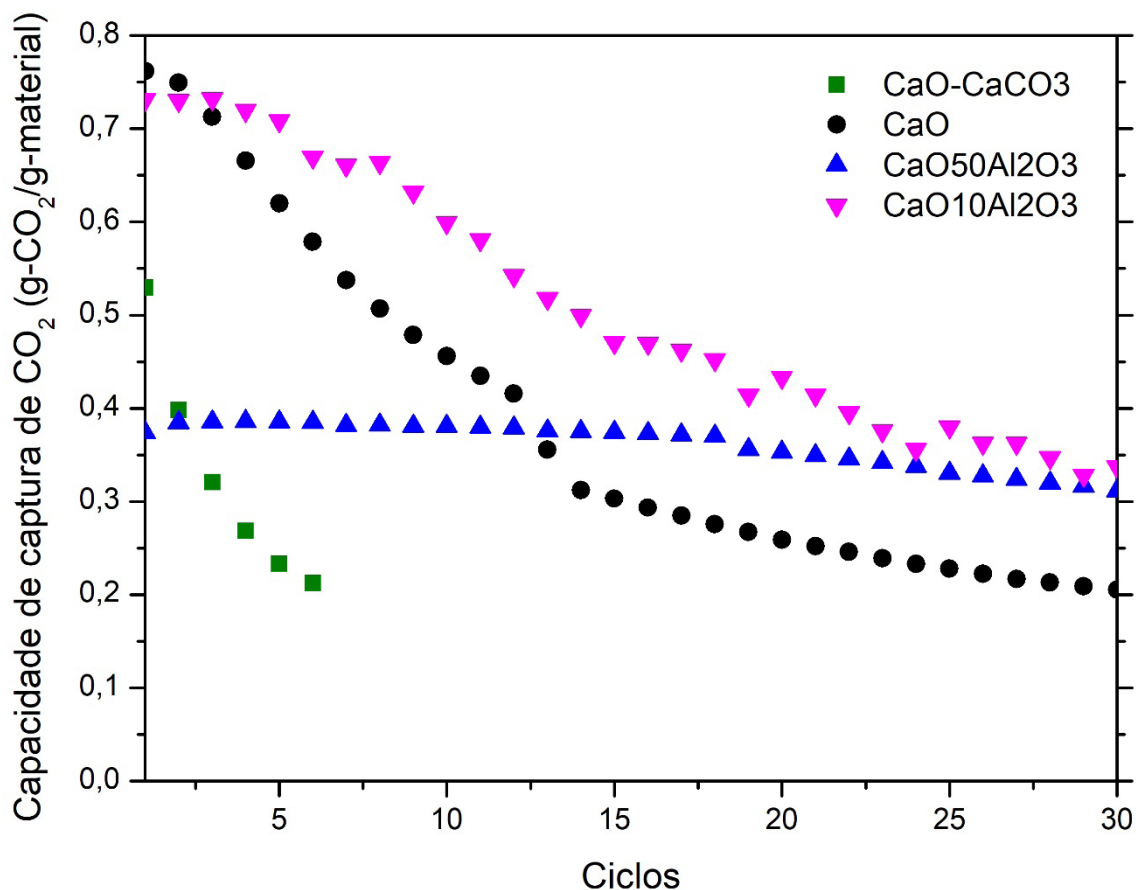


Figura 4. Capacidade de captura de CO₂ de materiais a base de CaO em função do número de ciclos reacionais.

A Figura 5 mostra os difratogramas de raios x das amostras CaO10Al₂O₃ e CaO50Al₂O₃ submetidas a trinta ciclos reacionais. Os resultados indicam apenas a presença das fases CaO, Ca(OH)₂ e Al₂O₃, sugerindo que não ocorreu modificações significativas na estrutura porosa dessas amostras (Figura 2). Além disso, não ocorreu a formação de aluminato de cálcio durante as trinta primeiras reações, o que pode explicar a alta estabilidade dos materiais CaO10Al₂O₃ e CaO50Al₂O₃, já que a fase ativa do CaO não foi transformada em fase inativa (aluminato de cálcio). Provavelmente, o uso do inerte minimizou ou impediu a aglomeração de partículas e/ou o crescimento de grãos do CaO/CaCO₃, conforme relatado em outros estudos (ANTZARA; HERACLEOUS; LEMONIDOU, 2015; HU et al., 2016; NAEEM et al., 2018).

Os resultados apresentados neste trabalho indicam que a preparação do CaO pelo método sol-gel e a sua modificação com Al₂O₃ levam a materiais estáveis e com elevada capacidade de captura de CO₂. Entretanto, a quantidade de Al₂O₃ adicionado ao CaO ainda é elevada para ser utilizada em processos industriais. Portanto, novos materiais a base de CaO e modificados com inertes precisam ser preparados para serem empregados em processo Calcium-Looping.

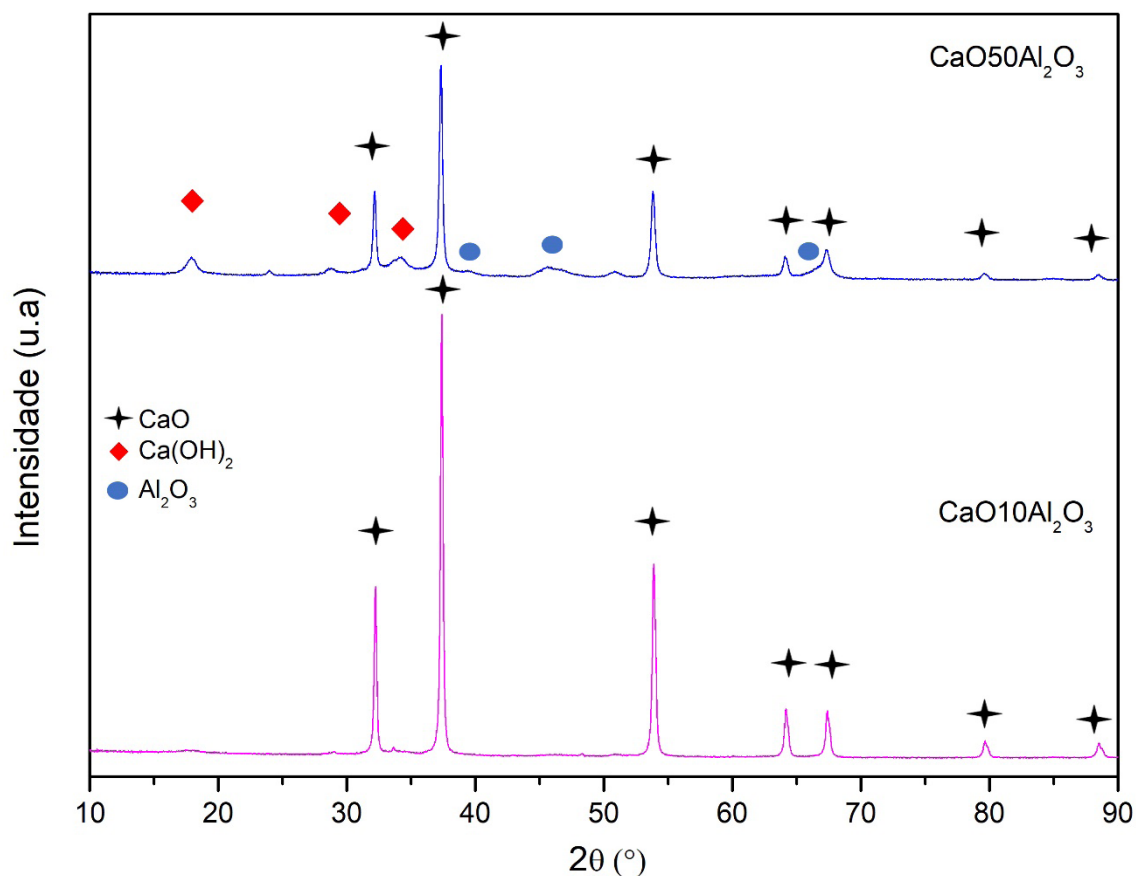


Figura 5. Difratograma de raios-x das amostras $\text{CaO}_{10}\text{Al}_2\text{O}_3$ e $\text{CaO}_{50}\text{Al}_2\text{O}_3$ após o trigésimo ciclo reacional.

4 | CONCLUSÕES

Os materiais CaO puro e CaO-CaCO_3 (calcário) apresentaram baixa estabilidade devido a modificação na porosidade do material, causado pela sinterização. Enquanto que a adição de Al_2O_3 ao CaO puro, sintetizado pelo método de mistura úmida, produziu um material com alta estabilidade e elevada capacidade de captura de CO_2 . O material contendo 50% de Al_2O_3 apresentou alta estabilidade em todos os ciclos reacionais, indicando que esse material pode ser utilizado na captura de CO_2 .

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro dado pela CNPq (Processo 141308/2018-4).

REFERÊNCIAS

ANTZARA, A.; HERACLEOUS, E.; LEMONIDOU, A. A. **Improving the stability of synthetic CaO -based CO_2 sorbents by structural promoters**. *Applied Energy*, v. 156, p. 331–343, 2015.

BRODA, M.; KIERZKOWSKA, A. M.; MÜLLER, C. R. **Application of the sol-gel technique to develop synthetic calcium-based sorbents with excellent carbon dioxide capture**

characteristics. ChemSusChem, v. 5, n. 2, p. 411–418, 2012.

BUI, M. *et al.* **Carbon capture and storage (CCS): the way forward.** Energy & Environmental Science, v. 11, n. 5, p. 1062–1176, 2018.

CHEN, H. *et al.* **Reactivity enhancement of calcium based sorbents by doped with metal oxides through the sol-gel process.** Applied Energy, v. 162, p. 390–400, 2016.

COPPOLA, A.; SCALA, F.; SALATINO, P. **Characterization of calcium looping sorbents with a novel twin bed reactor.** Fuel Processing Technology, v. 172, p. 49–54, 2018.

DEAN, C. C. *et al.* **The calcium looping cycle for CO₂ capture from power generation, cement manufacture and hydrogen production.** Chemical Engineering Research and Design, v. 9, n. May, p. 836–855, 2010.

FENG, B. *et al.* **Overcoming the problem of loss-in-capacity of calcium oxide in CO₂ capture.** Energy and Fuels, v. 20, n. 6, p. 2417–2420, 2006.

FENG, B.; AN, H.; TAN, E. **Screening of CO₂ adsorbing materials for zero emission power generation systems.** Energy and Fuels, v. 21, n. 2, p. 426–434, 2007.

FENNEL, P.; ANTHONY, B. **Calcium and Chemical Looping Technology for Power Generation and Carbon Dioxide (CO₂) Capture.** Elsevier, p. 51–105, 2015.

GRUENE, P. *et al.* **Dispersed calcium oxide as a reversible and efficient CO₂ sorbent at intermediate temperatures.** Industrial and Engineering Chemistry Research, v. 50, n. 7, p. 4042–4049, 2011.

GUO, H. *et al.* **Incorporation of Zr into Calcium Oxide for CO₂ Capture by a Simple and Facile Sol-gel Method.** Industrial and Engineering Chemistry Research, v. 55, p. 7873–7879, 2016.

HU, Y. *et al.* **Screening of inert solid supports for CaO-based sorbents for high temperature CO₂ capture.** Fuel, v. 181, p. 199–206, 2016.

IEA. **Energy and Climate Change.** World Energy Outlook Special Report, p. 1–200, 2015.

KOIRALA, R.; REDDY, G. K.; SMIRNIOTIS, P. G. **Single nozzle flame-made highly durable metal doped Ca-based sorbents for CO₂ capture at high temperature.** Energy and Fuels, v. 26, n. 5, p. 3103–3109, 2012.

LEE, Z. H. *et al.* **The role of nickel oxide additive in lowering the carbon dioxide sorption temperature of CaO.** Journal of Energy Chemistry, v. 24, n. 2, p. 225–231, 2015.

LEESON, D. *et al.* **A Techno-economic analysis and systematic review of carbon capture and storage (CCS) applied to the iron and steel, cement, oil refining and pulp and paper industries, as well as other high purity sources.** International Journal of Greenhouse Gas Control, v. 61, p. 71–84, 2017.

LEUNG, D. Y. C.; CARAMANNA, G.; MAROTO-VALER, M. M. **An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies.** v. 39, p. 426–443, 2014.

LUIS, P.; VAN GERVEN, T.; VAN DER BRUGGEN, B. **Recent developments in membrane-based technologies for CO₂ capture.** Progress in Energy and Combustion Science, v. 38, n. 3, p. 419–448, 2012.

LYSIKOV, A. I.; SALANOV, A. N.; OKUNEV, A. G. **Change of CO₂ carrying capacity of CaO in**

isothermal recarbonation-decomposition cycles. Industrial and Engineering Chemistry Research, v. 46, n. 13, p. 4633–4638, 2007.

Mauna Loa Observatory. **CO₂ Dairly.** Havaí. Disponível em: <https://www.co2.earth/daily-co2>. Acesso: 19 nov. de 2018

NAEEM, M. A. *et al.* **Optimization of the structural characteristics of CaO and its effective stabilization yield high-capacity CO₂ sorbents.** Nature Communications, v. 9, n. 1, p. 2408, 2018.

PEREJÓN, A. *et al.* **The Calcium-Looping technology for CO₂ capture: On the important roles of energy integration and sorbent behavior.** Applied Energy, v. 162, p. 787–807, 2016.

RADFARNIA, H. R.; SAYARI, A. **A highly efficient CaO-based CO₂ sorbent prepared by a citrate-assisted sol-gel technique.** Chemical Engineering Journal, v. 262, p. 913–920, 2015.

STRÖHLE, J.; ORTH, M.; EPPLE, B. **Chemical looping combustion of hard coal in a 1MWth pilot plant using ilmenite as oxygen carrier.** Applied Energy, v. 157, p. 288–294, 2015.

SUN, Z. *et al.* **Improvements of CaO-based sorbents for cyclic CO₂ capture using a wet mixing process.** Chemical Engineering Journal, v. 286, p. 320–328, 2016.

VALVERDE, J. M.; SANCHEZ-JIMENEZ, P. E.; PEREZ-MAQUEDA, L. A. **Calcium-looping for post-combustion CO₂ capture. On the adverse effect of sorbent regeneration under CO₂.** Applied Energy, v. 126, p. 161–171, 2014.

WANG, C. *et al.* **Sintering of limestone in calcination/carbonation cycles.** Industrial and Engineering Chemistry Research, v. 53, n. 42, p. 16235–16244, 2014.

WANG, G.; BARRY, J.; COSTA, O. C. D. D. A. **Synthesis of Sintering-Resistant Sorbents for CO₂ Capture.** Environmental Science and Technology, v. 44, n. 8, p. 3093–3097, 2010.

WANG, S. *et al.* **Effect of cerium oxide doping on the performance of CaO-based sorbents during calcium looping cycles.** Environmental Science and Technology, v. 49, n. 8, p. 5021–5027, 2015.

XU, J.; LIN, W. **A CO₂ cryogenic capture system for flue gas of an LNG-fired power plant.** International Journal of Hydrogen Energy, v. 42, n. 29, p. 18674–18680, 2017.

XU, Y. *et al.* **Characteristics and performance of CaO-based high temperature CO₂ sorbents derived from a sol-gel process with different supports.** RSC Adv., v. 6, n. 83, p. 79285–79296, 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

