



# 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>29</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>40</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM COSMÉTICO A PARTIR DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL	
Ana Paula Olivo	
Kátya Regina de Freitas Zara	
Leonardo da Silva Arrieche	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901045</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>51</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>58</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>63</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>68</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>74</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010410</b>	

**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**

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>178</b>
DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA CURVA DE POLARIZAÇÃO DE UMA CÉLULA A COMBUSTÍVEL TIPO PEM	
Roque Machado de Senna Thais Santos Henrique Senna Marcelo Linardi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010422</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>187</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010423</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>194</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010424</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>213</b>
CAPTURA DE CO <sub>2</sub> UTILIZANDO O PROCESSO CALCIUM-LOOPING	
Juliana Alves da Silva Ricardo José Chimentão João Batista Oliveira dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010425</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>224</b>
DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO QUÍMICO DE CAPTURA DE CO <sub>2</sub> 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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010426</b>	

**CAPÍTULO 27 ..... 232**

Zn-ZIF EM TECIDO APLICADO NO PROCESSO DE CAPTURA DE CH<sub>4</sub>

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 LAFeO<sub>3</sub> 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**

<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>281</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010432</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>287</b>
AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA, UTILIZANDO $\text{TiO}_2$ E ZNO, DO ANTIBIÓTICO METRONIDAZOL (MTZ) A PARTIR DA ESPECTROFOTOMETRIA	
Luiza Barbosa Petersen Mendes	
Luciane Pimentel Costa Monteiro	
Leandro Vahia Pontual	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010433</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>303</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010434</b>	
<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>315</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010435</b>	
<b>CAPÍTULO 36</b> .....	<b>322</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010436</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>334</b>

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

### **Polyana Gomes de Aguiar**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais  
Montes Claros – Minas Gerais

### **Daiane Ribeiro Dias**

Universidade Federal de Uberlândia  
Uberlândia – Minas Gerais

### **Annanda Alkmim Alves**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais  
Montes Claros – Minas Gerais

### **Mariana Oliveira Marques**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais  
Montes Claros – Minas Gerais

### **João Carlos Gonçalves**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais  
Montes Claros – Minas Gerais

**RESUMO:** A eficiência é um dos fatores mais importantes de análise de um ciclone, pois define qual faixa de diâmetro de partícula será mais bem coletada e qual melhor velocidade para o processo de separação. Diante disso, abordou-se neste trabalho o comportamento da eficiência do ciclone tipo Lapple na presença de particulados de magnesita, tendo as velocidades de fluido alteradas entre 11,74 e 24,90 m/s e diâmetro dos sólidos em análise entre 0,046  $\mu\text{m}$  e 25  $\mu\text{m}$ . Concluiu-se que, para particulados de menor diâmetro sob vazão alta de processo, as eficiências são melhores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Operações Unitárias, Separação de Partículas, Eficiência de Equipamento.

### 1 | INTRODUÇÃO

Ciclones são equipamentos utilizados para recuperar sólidos particulados transportados por gás deixando a linha de fluidização livre (PERRY *et al*, 2008). Esse equipamento é um dos mais utilizados, antigos e conhecidos dispositivos destinados à recuperação dos materiais particulados nos processos e na separação de partículas sólidas presentes em uma corrente fluida (CHEN; SHI, 2007).

De acordo com Wang (2006), os ciclones são equipamentos relativamente simples, sem partes móveis, empregados para remover partículas, tipicamente maiores que 5  $\mu\text{m}$ , de uma corrente de gás. São utilizados em diferentes segmentos industriais, tais como: alimentício, farmacêutico, químico, metalúrgico, mineração etc.

O ciclone é basicamente uma câmara de sedimentação na qual o campo gravitacional é substituído pelo campo centrífugo de 5 a 2.500 g. A corrente de gás contendo particulado entra tangencialmente na câmara do ciclone a alta velocidade (6-20 m/s), e devido à configuração

deste tem-se o estabelecimento de um campo centrífugo que proporciona a separação gás-partícula. As partículas percorrem trajetórias helicoidais na direção radial. As mais grossas são capturadas quando atingem a superfície da região cônica até fundo desse trecho, onde são descarregadas. As partículas muito finas acabam arrastadas pela corrente de gás e saem pelo topo (WANG, 2006).

Um ciclone é essencialmente uma câmara de sedimentação na qual a aceleração gravitacional é substituída pela aceleração centrífuga (PERRY *et al*, 2008). No entanto, este equipamento pode apresentar restrições de tamanho de partículas para resultar um bom rendimento e economia. Segundo Perry *et al* (2008), há casos de baixa eficiência na separação de partículas menores que 5 a 10  $\mu\text{m}$ , da mesma forma que pode ser inviável a utilização de ciclones para partículas maiores que 200  $\mu\text{m}$ .

Uma separação perfeita raramente é alcançada na prática, algum material fino estará presente na grande corrente de saída de partículas, e algumas partículas grandes estarão presentes na corrente de saída de partículas finas. A quantidade deste material extraviado e a eficiência da separação são calculadas a partir da relação com os diâmetros de corte do sólido no sistema (Rawlins, 2000). No intuito de determinar a eficiência de um ciclone, propôs-se neste trabalho a análise deste parâmetro no equipamento do tipo Lapple sobre processo de separação de particulados de magnesita.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste experimento utilizou-se o Módulo de Transporte e Separação Pneumática presente no Laboratório de Engenharia Química I do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Campus Montes Claros.

Um circuito de transporte pneumático que possibilita alteração do meio de retenção de particulados, construído com dutos de 76 mm de diâmetro composto por seções em acrílico para visualização do fluxo de alimentação e com um comprimento total de 6 m; um exaustor centrífugo tipo limit load de 5 CV; um silo de alimentação de sólidos acoplado a uma rosca de alimentação, controlado por inversor de frequência, para alimentação de particulados no circuito de transporte pneumático; um painel composto por 02 manômetros de tubo em U, dos quais um é utilizado para a medição de pressão diferencial no tubo Venturi e o outro, para medição da perda de carga do ciclone; um inversor de frequência para controle de rotação/vazão; um painel elétrico, construído conforme NR 10, provido de controle de rotação do exaustor e das válvulas rotativas do sistema; medidor de vazão tipo Venturi; um módulo de ciclone convencional, com visor na parte cilíndrica, dotado de um reservatório para coleta dos sólidos (Figura 1).

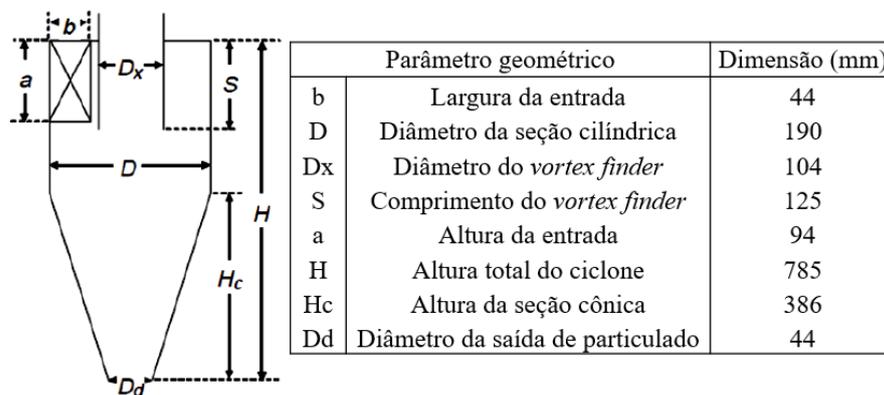


Figura 1 – Ciclone Lapple e suas dimensões.

Com o módulo experimental, puderam-se estabelecer as etapas necessárias para realizar o cálculo da velocidade de entrada no ciclone e na câmara de poeira, avaliação da queda de pressão e determinação da eficiência de coleta do separador ciclônico e nos compartimentos da câmara.

Foi feita a calibração da alimentação de sólidos e da entrada de fluido no ciclone relacionando o indicador de alimentação no painel do equipamento e a massa de sólidos vertidos na entrada do processo em determinado tempo, sendo as medidas de massa tomadas em triplicata. Foram estabelecidos 5 fluxos de ar diferentes para o estudo dos diâmetros de corte e eficiência. As tomadas de pressão realizadas através do manômetro foram usadas para o cálculo dos diâmetros de corte que são em função das velocidades de fluido na entrada do ciclone (Equação 1).

$$D^* = \sqrt{\frac{9\mu b}{2\pi N_e v_t (\rho_s - \rho_f)}} \quad (1)$$

Onde  $\mu$  é a viscosidade dinâmica do fluido,  $b$  é a largura da entrada do ciclone,  $N_e$  é a média do número de espiras formadas dentro do equipamento,  $v_t$  é a velocidade de entrada do fluido,  $\rho_s$  e  $\rho_f$  são as densidades do sólido e do fluido.

Também foram considerados os seguintes dados: densidade da magnesita (2880 kg/m<sup>3</sup>), densidade do fluido ar à 25°C (1,293 kg/m<sup>3</sup>), viscosidade dinâmica do fluido ar à 25°C (1,72E-5 Pa.s), largura da entrada do ciclone (0,044 m). A curva de distribuição granulométrica da magnesita se encontra disposta na Figura 2.

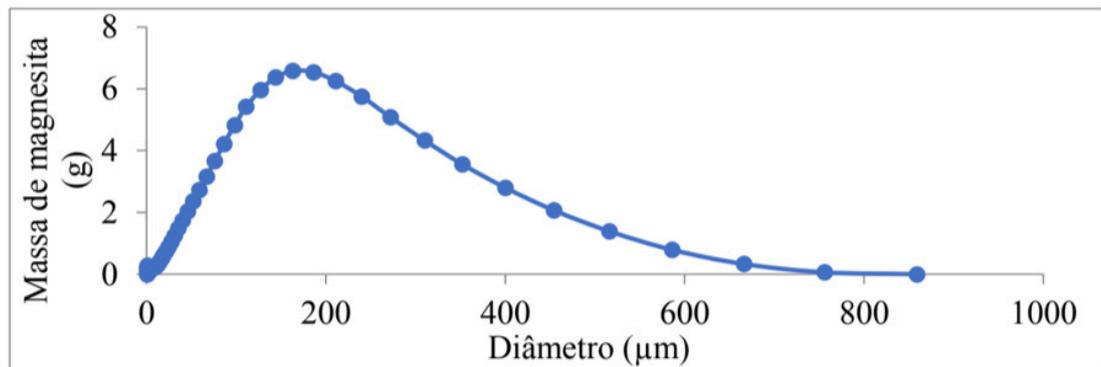


Figura 2: Distribuição granulométrica de magnesita.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diâmetros de corte das partículas que entram em um ciclone são determinados em função da velocidade tangencial de entrada no equipamento conforme Equação 1. Segundo Massarani (1997), o diâmetro de corte é aquele que está relacionado à eficiência de 50% do ciclone, ou seja, o diâmetro médio de partículas cuja entrada no ciclone está à metade da espessura de separação ( $b/2$ ).

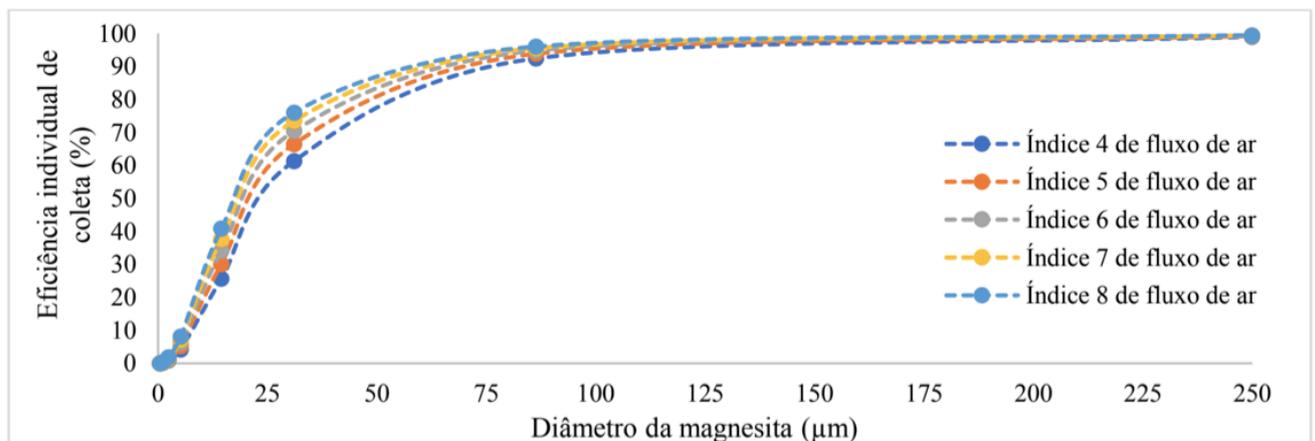


Figura 3 – Eficiência individual de coleta de acordo com o indicador de fluxo de ar.

Pode-se notar pela Tabela 1 associada à Figura 3 que, quanto maior a velocidade (ou fluxo) de entrada de fluido e sólidos no ciclone, o diâmetro de corte da magnesita diminui indicando uma separação mais seletiva de partículas finas e resultando a melhoria da eficiência do equipamento (WANG et al, 2006).

Indicador de fluxo de fluido	Velocidade de entrada do fluido (m/s)	Diâmetro de corte (µm)
4	11,74	2,47
5	15,38	2,21
6	18,34	2,01
7	21,96	1,86

Tabela 1 - Diâmetro de corte para Magnesita e velocidades de fluido no sistema

A eficiência individual de coleta é especificada à um determinado diâmetro de separação no ciclone e se relaciona com o diâmetro de corte na mesma velocidade do processo (Equação 2). Foram analisados diâmetros diversos presentes na distribuição de tamanho da magnesita e velocidades de alimentação de fluido. A eficiência aumentou com o diâmetro e velocidade (Figura 3) pois, na medida em que a vazão aumenta, as partículas se movem para o corpo cônico, onde o raio no ciclone diminui, mas a velocidade tangencial das partículas não muda muito, sobressaindo a força do campo centrífugo. Pela Figura 4, se  $N_z$  é igual à soma da gravidade e do componente axial  $F_{Dz}$  da força de arrasto do gás, a partícula se mantém girando a uma determinada altura, fazendo com que permaneça mais tempo no ciclone e seja separada com mais seletividade (WANG et al, 2006).

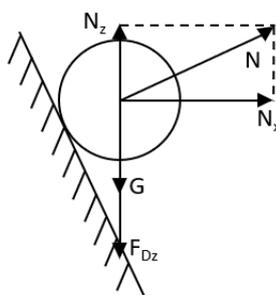


Figura 4 – Diagrama esquemático mostrando as forças em uma partícula na parte cônica.

Outra justificativa de aumento de eficiência se atrela ao fato de o diâmetro de corte diminuir com o aumento da velocidade, de acordo com a Equação 1, sendo isso favorável ao rendimento do processo.

$$\eta = \frac{\left(\frac{D}{D^*}\right)^2}{1 + \left(\frac{D}{D^*}\right)^2} \quad (2)$$

Onde  $D$  é um diâmetro arbitrário para análise e  $D^*$  é o diâmetro de corte do sólido para determinada vazão (implicitamente, velocidade).

A eficiência individual de coleta é especificada à um determinado diâmetro de separação no ciclone e relaciona este diâmetro com o diâmetro de corte na mesma velocidade do processo. No estudo realizado foram analisados diâmetros aleatórios presentes na distribuição de tamanho (DT) da magnesita e as velocidades de alimentação de fluido descritas na Tabela 2.

Diâmetros de análise (m)	Indicador em 4	Indicador em 5	Indicador em 6	Indicador em 7	Indicador em 8
0,046	0,03%	0,04%	0,05%	0,06%	0,07%
0,113	0,21%	0,26%	0,31%	0,37%	0,42%
0,242	0,95%	1,19%	1,42%	1,66%	1,89%
0,521	4,27%	5,28%	6,27%	7,24%	8,19%
1,45	25,68%	30,16%	34,13%	37,68%	40,86%
3,11	61,38%	66,52%	70,45%	73,55%	76,07%
8,64	92,46%	93,88%	94,85%	95,55%	96,08%
2,50	99,04%	99,23%	99,36%	99,45%	99,52%
<b>Eficiência global de coleta de acordo com o indicador de fluxo de ar</b>	84,94%	86,45%	87,60%	88,52%	89,27%

Tabela 2: Eficiência individual e global de coleta de acordo com o indicador de fluxo de ar.

A eficiência global do processo (Tabela 2) está associada ao diâmetro da partícula que corresponde a 63,2% da distribuição granulométrica ( $D_{63,2}$ ). Este diâmetro é dado a partir de análise de modelos de DT que mais se adequam à granulometria do sólido. No caso em estudo, a DT foi regida pelo modelo Rosin-Rammler-Bennet (RRB) e apresentou  $D_{63,2}$  de 172  $\mu$ m conforme dados prévios. A eficiência para este diâmetro também aumentou conforme velocidade. Entretanto, a eficiência global se manteve menor do que para determinados diâmetros indicando que o  $D_{63,2}$  não é o diâmetro mais propício de separação no equipamento utilizado.

## 4 | CONCLUSÃO

Os diâmetros de corte encontrados, de 2,47 a 1,74  $\mu$ m, foram determinados para cada vazão de entrada de ar no ciclone, sendo constatada a diminuição desse diâmetro com o aumento da vazão. A partir destas variáveis calculadas foi possível concluir que, para diâmetros de corte menores e velocidades maiores de processo, o ciclone aumenta gradualmente sua eficiência individual. Isso quer dizer que, para o equipamento com as dimensões citadas, é possível que se tenha quase 100% de particulados separados conforme diâmetro da partícula.

## REFERÊNCIAS

CHEN, Jianyi; SHI, Mingxian. **A universal model to calculate cyclone pressure drop**. Powder Technology, v. 171, n. 3, p.184-191, fev. 2007. Elsevier BV.

LOUREIRO, Luiz Valcov. Sistemas Particulados. Notas de aula. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2013.

MASSARANI G. **Fluidodinâmica em Sistemas Particulados**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1997.

PERRY J, PERRY R, GREEN D. **Perry's Chemical Engineers Handbook**. 8 ed. New York: McGraw-Hill, 2008.

RAWLINS C H, STATEN S E, WANG I I. **Design and Installation of a Sand Separation and Handling System for a Gulf of Mexico Oil Production Facility**. Society of Petroleum Engineers, 2000.

WANG B, XU DL, CHU KW, YU AB. **Numerical study of gas–solid flow in a cyclone separator**. Revista Applied Mathematical Modelling. Volume 30, Issue 11, p 1326-1342, 2006.

## **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

