

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia química 2 /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-536-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.362212610>

1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel
da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O e-book intitulado: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Química 2” é constituído por dezoito capítulos de livros que foram organizados em quatro áreas temáticas: i) utilização de adsorventes para remoção de Contaminantes de Interesse Emergente (CIE) em diferentes matrizes aquosas; ii) produção de biodiesel e bio-óleo a partir de biomassa ou reutilização de óleo de fritura; iii) análise de recuperação avançada de petróleo por injeção de gás carbônico ou polímeros e práticas de gestão para exploração de petróleo e gás natural e iv) aplicações diversas.

O primeiro tema é composto por 50% dos capítulos de livros presente no e-book, apresentando trabalhos utilizando biomassas de origem vegetal para remoção da turbidez presente em efluentes oleosos e metais em águas residuárias e industriais; remoção de nitrogênio amoniacal e o fármaco ivermectina utilizando o carvão ativado, respectivamente, *in natura* e funcionalizado com grafeno; aplicação de surfactantes não-iônicos para reduzir a dissolução de carbonatos e a redução do consumo de água em processo de bradagem; a apresentação de um método analítico para quantificar a presença de Bisfenol A em águas superficiais, um estudo de revisão da literatura que mostra a qualidade dos recursos hídricos em vários países e a presença da diversidade e quantidade dos CIEs nas matrizes aquosas e a caracterização físico-química da farinha de Inhame obtida pelo processo de atomização. A segunda temática apresenta dois estudos que investigaram a produção de biodiesel e bio-óleo a partir, respectivamente, do aproveitamento do óleo de soja/fritura e da pirólise proveniente de biomassa.

Os capítulos de 12 a 14 apresentam trabalhos que buscaram avaliar a eficiência da injeção de gás carbônico ou solução de polímero para avaliar a recuperação avançada do petróleo. Além disso, apresenta um estudo de práticas de gestão operacional de exploração e produção de petróleo e gás natural exigido para atender normas da ABNT e certificações ISO e regulamentos técnicos estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Já os trabalhos presentes nos capítulos de 15 a 18 tratam de temas que variam da utilização da garrafa PET como dispositivo para determinar a densidade aparente de materiais em forma de pó; análise da geometria, diluição e qualidade de revestimentos de aço AISI 317L aplicado pelo processo de GTAW; estudo teórico visando aumentar a eficiência de uma coluna cromatográfica utilizando sílica na forma de nanopartículas e; apresenta uma aplicação na indústria de alimentos que utilizou a mistura de bebida fermentada de camomila com o cogumelo da espécie *Agaricus Brasiliensis*.

Diante desta variedade de estudos, provenientes de pesquisadores (as) de diferentes partes do Brasil, a Atena Editora selecionou e reuniu estes trabalhos neste e-book que depois de publicado, estará acessível de forma gratuita em seu *site* e em outras plataformas digitais, contribuindo para a divulgação do conhecimento científico gerado nas

instituições de ensino de todo o país. Assim, a Atena Editora vem trabalhando, buscando, estimulando e incentivando cada vez mais os pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros ou capítulos de livros.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DA CASCA DE MARACUJÁ NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE EFLUENTE OLEOSO

Cinthia Silva Almeida
Antonia Vitória Grangeiro Diógenes
Macilene Maria Monteiro Maia
Daianni Ariane da Costa Ferreira
Francisco Wilton Miranda da Silva
Zilvam Melo dos Santos
Manoel Reginaldo Fernandes
Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126101>

CAPÍTULO 2..... 9

AMMONIA NITROGEN REMOVAL FROM FISH PROCESSING WASTEWATER BY ADSORPTION USING ACTIVATED CARBON

Davi Vieira Gomes
Maria Alice Prado Cechinel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126102>

CAPÍTULO 3..... 18

CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE IVERMECTINA EM CARVÃO ATIVADO FUNCIONALIZADO COM GRAFENO

Eduardo Possebon
Marcelo Fernandes Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126103>

CAPÍTULO 4..... 34

APLICAÇÃO DE SURFATANTES NÃO IÔNICOS NO CONTROLE DA TAXA DE DISSOLUÇÃO DE CARBONATOS NA ACIDIFICAÇÃO DE MATRIZ

Alcides de Oliveira Wanderley Neto
Guilherme Mentges Arruda
Dennys Correia da Silva
Luiz Felipe da Hora
Jefferson David Coutinho de Araújo
Marcos Allyson Felipe Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126104>

CAPÍTULO 5..... 45

UM ESTUDO PARA OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E REDUÇÃO DA PEGADA DE CARBONO EM PROCESSO DE BRASAGEM

Caline Nunes de Carvalho
Tereza Neuma de Castro Dantas
Afonso Avelino Dantas Neto
Herbert Senzano Lopes

Andréa Oliveira Nunes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126105>

CAPÍTULO 6..... 57

PROPOSTA DE MÉTODO ANALÍTICO PARA QUANTIFICAÇÃO DE BISFENOL A EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

Cristiano Gonçalves Alano
Paula Roberta Perondi Furtado
Marcia Luciane Lange Silveira
Jamile Rosa Rampinelli
Elisabeth Wisbeck
Mariane Bonatti Chaves
Sandra Aparecida Furlan

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126106>

CAPÍTULO 7..... 74

CONTAMINANTES DE INTERESSE EMERGENTE PRESENTES EM DIFERENTES MATRIZES AQUOSAS: O QUE VOCÊ NÃO VÊ, MAS AFETA E COMPROMETE A QUALIDADE DOS DIFERENTES ECOSSISTEMAS E A SAÚDE DE TODOS OS ORGANISMOS VIVOS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126107>

CAPÍTULO 8..... 87

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E TECNOLÓGICA DE FARINHA DE INHAME OBTIDA POR ATOMIZAÇÃO

Edison Paulo De Ros Triboli
Letícia Giuliani Yashiki

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126108>

CAPÍTULO 9..... 93

PRODUÇÃO DE BIODIESEL UTILIZANDO ÓLEO DE FRITURA E ÓLEO DE SOJA

Rafael Melo dos Santos Costa
Juan Medeiros Sousa
Dyenny Ellen Lima Lhamas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126109>

CAPÍTULO 10..... 101

PRODUÇÃO DO BIO-ÓLEO A PARTIR DA PIRÓLISE RÁPIDA DA BIOMASSA

Janaína Santos Matos
Leila Maria Aguilera Campos
Maria Luiza Andrade da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261010>

CAPÍTULO 11	114
UMA REVISÃO SOBRE A OBTENÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DE EFLUENTES DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA GERADOS NO BRASIL	
Renata Carvalho Costa Márcio Daniel Nicodemos Ramos André Aguiar	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261011	
CAPÍTULO 12	126
ANÁLISE DE RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO ATRAVÉS DA INJEÇÃO MISCÍVEIS DE CO ₂ POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO CASO UNISIM-II-H	
Ana Paula Pereira Santos Paulo Couto	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261012	
CAPÍTULO 13	145
INJEÇÃO DE POLÍMEROS ACIMA DA PRESSÃO DE FRATURA DA FORMAÇÃO COMO MÉTODO DE RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO	
Maria do Socorro Bezerra da Silva Edney Rafael Viana Pinheiro Galvão	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261013	
CAPÍTULO 14	157
PRÁTICAS DE GESTÃO OPERACIONAL NA EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO (E&P) DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL NO BRASIL, PARA ATENDER REQUISITOS DE NORMAS ABNT NBR ISO DE SGI E DE REGULAMENTOS TÉCNICOS DA AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP)	
Raymundo Jorge de Sousa Mançú Luís Borges Gouveia Silvério dos Santos Brunhoso Cordeiro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261014	
CAPÍTULO 15	196
MELHORIA DA DETERMINAÇÃO DE DENSIDADE APARENTE DE PÓS COM AUXÍLIO DE DISPOSITIVO FEITO COM GARRAFA DE REFRIGERANTE	
Edison Paulo De Ros Triboli Marina Piasentini Oliva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261015	
CAPÍTULO 16	202
ANÁLISES DA GEOMETRIA, DILUIÇÃO E QUALIDADE DE REVESTIMENTOS DE AÇO AISI 317L APLICADOS PELO PROCESSO GTAW COM ADIÇÃO DE ARAME FRIO	
Rafael Barbosa Carneiro dos Santos João Pedro Inácio Varela Mathews Lima dos Santos Marcos Mesquita da Silva Renato Alexandre Costa de Santana	

Raimundo Nonato Calazans Duarte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261016>

CAPÍTULO 17.....215

**ESTUDO TEÓRICO: AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE COLUNAS CROMATOGRÁFICAS
POR APLICAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS**

Afonso Poli Neto

Herbert Duchatsch Johansen

Marcelo Telascrêa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261017>

CAPÍTULO 18.....229

BEBIDA FERMENTADA DE CAMOMILA COM COGUMELO *AGARICUS BRASILIENSIS*

Joseane Martins de Oliveira

Édipo Gulogurski Ribeiro

Meakaythacher Massayumi Takayanagui

Ana Carolina Dobrychtop

Camila Kaminski

Herta Stutz

Sueli Pércio Quináia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261018>

SOBRE O ORGANIZADOR.....238

ÍNDICE REMISSIVO.....239

MELHORIA DA DETERMINAÇÃO DE DENSIDADE APARENTE DE PÓS COM AUXÍLIO DE DISPOSITIVO FEITO COM GARRAFA DE REFRIGERANTE

Data de aceite: 27/09/2021

Data de submissão: 27/09/2021

Edison Paulo De Ros Triboli

Centro Universitário do Instituto Mauá de
Tecnologia – CEUN-IMT
Departamento de Engenharia Química e
Engenharia de Alimentos
São Caetano do Sul – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/2925772617738181>

Marina Piasentini Oliva

<http://lattes.cnpq.br/6211295049226313>

RESUMO: Os índices de Hausner e de Carr, ou compressibilidade, para pós são uma propriedade de importância tecnológica para a caracterização e manuseio industrial de materiais particulados. Esses índices são normalmente obtidos de forma manual por meio da determinação da densidade aerada ou aparente. Foi construído um dispositivo em forma de funil, com a utilização de uma garrafa de refrigerante, com o objetivo de padronizar as condições de alimentação e distribuição de pó na proveta para o ensaio de densidade aerada. A influência do dispositivo foi analisada por meio de análise de variância (ANOVA). Os resultados revelaram que o funil tem influência significativa na determinação dos valores da densidade aparente, auxilia na padronização do teste e aumenta sua precisão.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Hausner. Índice de Carr. Densidade aparente. *Bulk density*.

IMPROVING BULK DENSITY DETERMINATION METHOD BY A SODA BOTTLE MADE DEVICE

ABSTRACT: The Hausner ratio and Carr index, or powder compressibility, have technological importance for the characterization and industrial handling of particulate materials. These parameters are usually manually obtained in bulk density determinations. With the purpose of standardizing the conditions of feeding and distribution of powder in the graduated cylinder for the bulk density test a device was built, using a funnel-shaped soda bottle. The influence of the device was studied by analysis of variance (ANOVA). The results revealed that the funnel has a significant influence on the determination of bulk density values, helps standardize the test and improves its precision.

KEYWORDS: Hausner ratio. Carr index. Untapped bulk density. Bulk density.

1 | INTRODUÇÃO

Para a utilização industrial, os produtos em pó são muito vantajosos quanto ao seu manuseio e conservação. O baixo teor de água inibe o crescimento microbiano e aumenta sua vida de prateleira. O transporte de matéria-prima é facilitado e seu custo é menor, quando comparado ao do produto hidratado. Contudo, a produção de pós em escala industrial envolve problemas referentes à equipamentos e técnicas que necessitam ser estudados, como operações de mistura e transporte pneumático. Assim, para

o projeto de equipamentos devem ser determinadas as características e propriedades de escoamento para o armazenamento e transporte de pós (STANIFORTH, 2005).

A fluidez de um pó é um índice de importância tecnológica que pode ser caracterizada pelos índices de Hausner e de Carr, também conhecido como índice de compressibilidade (TRIBOLI, 2014). O equipamento utilizado para a determinação da densidade compactada dos pós, parâmetro que combinado com o valor da densidade aerada, permite o cálculo dos referidos índices, custa relativamente caro. Dessa forma, frequentemente, essas determinações são feitas manualmente em laboratório com o uso de condições padronizadas. O objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de um funil feito de uma garrafa de refrigerante (PET) que, com pequenas intervenções no desenho do recipiente, gerou um dispositivo auxiliar que padroniza as condições de queda do material para a realização do ensaio de densidade aerada, ou não compactada.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados oito pós obtidos por diferentes processos de secagem de iogurte por atomização (TRIBOLI, 2014). Para cada amostra foram feitas determinações da densidade aerada em quadruplicata, com e sem a utilização do funil desenvolvido, totalizando 64 ensaios, que foram executados em ordem aleatória previamente determinada por sorteio.

A densidade aerada foi determinada de acordo com o método descrito na monografia 616 (USP 37, 2014) adaptado para uma proveta de 100 mL. Para cada réplica foi transferida uma quantidade de cerca de 30 mL do pó considerado. O funil proposto foi feito com o bocal e o fundo de uma garrafa PET de 1,5 litros do refrigerante Coca-Cola®. A base da garrafa foi recortada conforme mostra a Figura 1, e adaptada em sua posição invertida no bocal da garrafa por meio de grampos. Esse arranjo faz com que o pó alimentado no centro do funil caia primeiramente na base existente no centro do dispositivo, neutralizando o efeito da altura da queda. Depois o pó cai pelos orifícios recortados na base e escoar para a proveta por meio do bocal da garrafa. Isso padroniza as condições de queda, que é um fator crítico para o resultado desse ensaio. Os pós foram alimentados por meio de uma colher, sendo padronizadas a distância entre colher e proveta e colher e funil, para os ensaios sem e com o dispositivo, respectivamente.

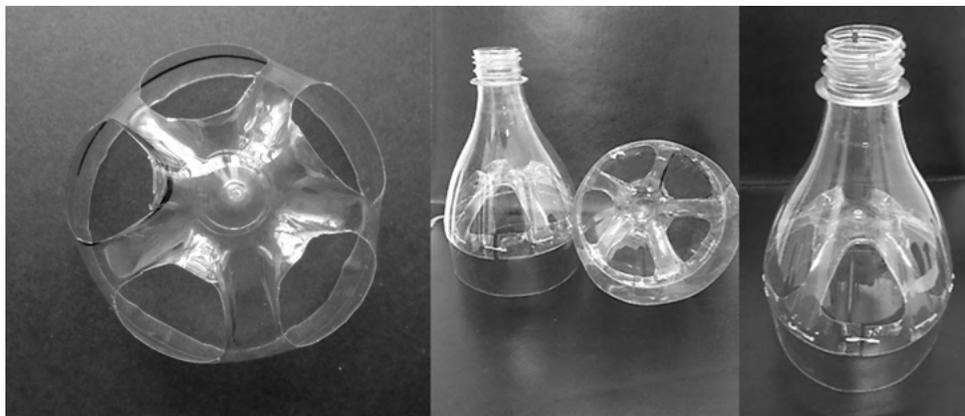


Figura 1 — Aspectos dos cortes e da montagem do funil com auxílio de grampos.

Inicialmente foram registrados os valores da massa e do volume inicial do material. A etapa seguinte consistiu na obtenção do volume compactado. A compactação consiste na repetição de choques da proveta contra uma superfície por um período de tempo até que não se observe mais redução no volume do pó. Ao final desse processo se obtém o volume compactado do pó.

A densidade aparente aerada (ρ_a) é definida pela relação obtida pela massa de produto vertida por derramamento lento por meio de funil em cilindro graduado até volume determinado (V_i), sem perturbar ou alterar o empacotamento. A densidade aparente na condição de máximo empacotamento (ρ_c) é obtida pela relação entre a massa de produto já determinada e o volume compactado (V_c) da amostra por meio de procedimento padronizado de impactos até que se obtenha volume constante. Dessa forma foram calculados os índices de Hausner (I_H) e de Carr (I_C), conforme as expressões (1) e (2), a seguir (USP 37, 2013).

$$I_H = \frac{\rho_c}{\rho_a} = \frac{V_i}{V_c} \quad (1)$$

$$I_C = 100 \times \frac{(\rho_c - \rho_a)}{\rho_c} = 100 \times \frac{(V_i - V_c)}{V_i} \quad (2)$$

O coeficiente de variação (CV) de uma amostra é dado pela razão entre o desvio-padrão e a média dessa amostra. Esse parâmetro é uma medida de dispersão relativa e serve para estimar a precisão de experimentos, sendo sua qualidade principal a capacidade de comparar distribuições de diferentes naturezas (COSTA, 1992). A comparação dos coeficientes de variação dos valores dos índices de Hausner e de Carr pode revelar se a utilização do dispositivo desenvolvido afetou ou não a precisão dos resultados. Por fim, os dados foram tratados com auxílio do programa Minitab 16 (State College, PA, EUA) por

meio de análise de variância com fator duplo (delineamento de blocos ao acaso).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados mostraram seguir uma distribuição normal com resíduos distribuídos de forma aleatória, além de a verificação de que os conjuntos de dados apresentam variâncias semelhantes, que são as condições exigidas para a validade da análise de variância.

Os resultados foram tratados por meio de análise de variância (ANOVA) com os dados organizados em blocos (*two-way*) para nível de significância de 5 % e o resultado permitiu verificar que tanto o bloco (os pós), o fator (utilização ou não do funil) e a interação entre blocos e fatores apresentam influências significativas nos resultados de densidade encontrados experimentalmente. Para avaliar a influência da utilização ou não do funil na precisão dos resultados se realizou nova análise de variância, de forma semelhante à já realizada e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Fonte	GL	Soma quadrática	Média quadrática	F	p
Fator (com ou sem funil)	1	4,8666	4,86658	6,54	0,038
Bloco (pós)	7	11,3749	1,62499	2,18	0,162
Erro	7	5,2091	0,74415		
Total	15	21,4506			

Tabela 1 — Análise de variância com blocos para os coeficientes de variação.

Fonte: Minitab, 2016. Notas: $R^2 = 75,7\%$; $\alpha = 0,05$.

O resultado da análise da variância para o coeficiente de variação mostra que a presença ou não do funil é significativa e que a natureza dos pós utilizados no estudo não afeta a precisão dos resultados de forma significativa para o nível de significância considerado.

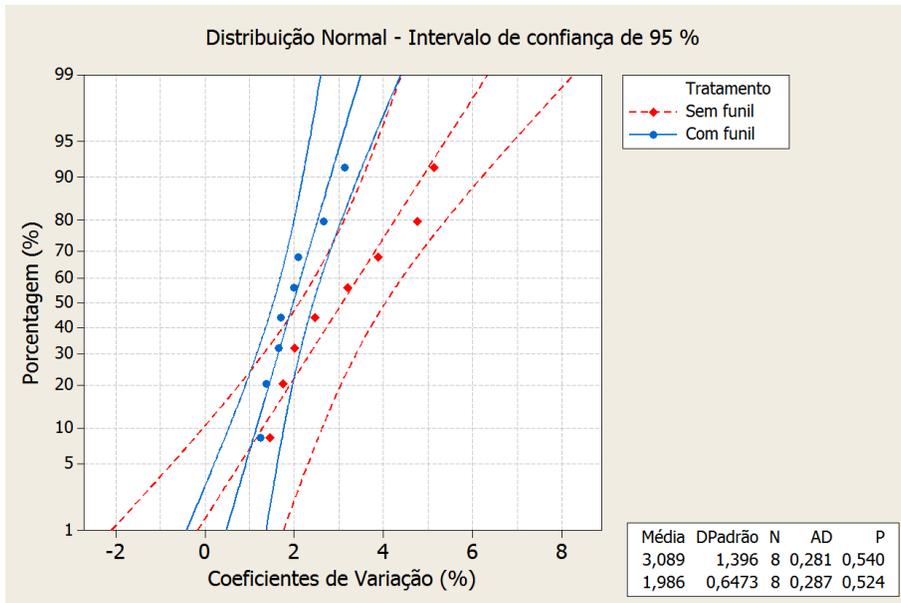


Figura 2 — Diagrama de probabilidade para os Coeficientes de Variação.

Na Figura 2, é possível verificar que os valores obedecem, razoavelmente, a uma distribuição normal e que os valores dos coeficientes de variação obtidos com o uso do funil sempre são inferiores àqueles determinados sem a sua utilização. Para os coeficientes de variação determinados com o uso do funil foi obtido o valor médio de $(1,9 \pm 0,6) \%$, enquanto que para os determinados sem o auxílio do dispositivo, o valor médio foi de $(3,1 \pm 1,4) \%$. Além disso, é possível observar que o intervalo de confiança com 95 % de confiabilidade é visivelmente mais estreito para os valores obtidos com o auxílio do funil. Dessa forma, fica evidenciado que o dispositivo desenvolvido tem a capacidade de afetar a determinação da densidade aerada e, conseqüentemente, todos os parâmetros calculados com base nela. A utilização do dispositivo produziu resultados com menor variabilidade e mais precisos, demonstrando ser uma proposta válida a ser adotada no procedimento analítico para a determinação da densidade aerada.

4 | CONCLUSÕES

O resultado da análise estatística comprova que o dispositivo desenvolvido tem influência significativa no ensaio, contribuindo para a padronização do teste de determinação da densidade aerada e aumentando a precisão dos resultados. A construção do funil foi feita com material de fácil obtenção, barato e com auxílio de tesoura e grampos, agregando valor e utilidade a um produto que seria descartado, contribuindo para o uso racional e sustentável de recursos.

REFERÊNCIAS

COSTA, S. F. **Introdução ilustrada à estatística**. 2. ed. São Paulo, Harbra, 1992.

STANIFORTH, J. Fluxo de pós. In: AULTON, M. E. **Delineamento de formas farmacêuticas**. Porto Alegre: Artmed. Cap. 14, p. 208-221, 2005.

TRIBOLI, E. P. D. R. **Estudo e otimização de processo de secagem de iogurte por atomização com secador em escala piloto**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014. p. 340. Tese de doutorado.

USP 37. Bulk density and tapped density of powders. In: _____ **United States Pharmacopeia**. 37. ed. Rockville, MD.: The United States Pharmacopeial Convention, 2013. Cap. Physical tests. Disponível em: <<http://www.uspnf.com/>>. Acesso em: 16 julho 2014. Monografia 616, p. 298.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 30, 31, 32, 72

Adsorvente 3, 4, 5, 6, 8, 20, 21, 61, 63, 64

Afluentes 19

Agência Nacional do Petróleo - ANP 157, 159, 160, 193

Águas subterrâneas 75

Águas superficiais 19, 57, 69, 70, 71, 81

Análise cromatográfica 216

Antibióticos 18, 80, 81

Atomização 87, 88, 89, 90, 91, 197, 201

B

Bioadsorvente 238

Biochemical Oxygen Demand (BOD) 9, 10

Biocombustíveis 8, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 105, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 161, 193

Biodiesel 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

C

Carvão ativado 3, 10, 18, 21, 32, 72

Cascas de maracujá 1, 2, 3, 4, 6, 7

Catalisador 93, 94, 95, 98, 108, 109, 118

Chemical Oxygen Demand (COD) 9, 10

Cinética 18, 20, 21, 24, 26, 28, 41, 106

Colunas cromatográficas 215, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226

Combustíveis fósseis 94, 102

Compressibilidade 196, 197

Corpos hídricos 19, 57, 59, 60, 70

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) 33, 77, 216, 227, 228

D

Densidade 88, 89, 92, 93, 96, 97, 98, 108, 119, 121, 127, 128, 149, 196, 197, 198, 199, 200

Densidade aerada 89, 196, 197, 200

Densidade aparente 92, 196, 198

E

Efeito estufa 45, 46, 49, 94, 102

Efluentes 3, 5, 19, 31, 59, 60, 114, 116, 120, 123, 124, 182, 238

Efluentes domésticos 19

Efluentes industriais 59

Espalhamento de Luz Dinâmico (DLS) 217

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) 76, 81, 119, 124, 238

F

Fármacos 19, 32, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 218, 227

Fraturas induzidas 150

Fraturas naturais 148

Funil 4, 22, 196, 197, 198, 199, 200

G

Garrafa PET 197

Grafeno 18, 21, 31, 218, 227

H

Hidrofobizada 1, 6, 8

Hormônios 18, 60, 77

I

Impacto ambiental 54, 55

Índices de fluidez de *Hausner* e de *Carr* 87

Inhame 87, 88, 89, 90, 91

Injeção de polímeros 145, 146, 147, 148, 149, 150, 154, 155

Ivermectina 18, 19, 21, 31, 32

M

Materiais particulados 196

Matéria-prima 88, 95, 114, 115, 116, 117, 196

Matrizes aquosas 74, 82

Mesh 1, 2, 4, 6, 10, 36

Microplásticos 77

N

Nanopartículas 215, 217, 218, 219, 220, 226, 227, 228

O

Óleo de fritura 93, 94, 95, 97, 98, 99

Óleo de soja 93, 94, 95, 97, 98, 99

Óleo diesel 1, 4

Organic matter 9, 15, 16

P

Pesticidas 18, 77, 79, 80, 81, 82

Petróleo 1, 2, 5, 8, 34, 35, 36, 37, 94, 96, 99, 102, 103, 104, 126, 127, 128, 129, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 173, 174, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 203, 204, 212, 213, 215

Polímero 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 216

Processos convencionais de tratamento de água e esgoto 18, 78

R

Reaproveitamento 123

Recuperação Avançada de Petróleo (EOR) 126, 128, 145, 146, 147

Recursos hídricos 59, 61, 76, 82, 123

Renovável 93, 94, 95, 102, 104, 105

Reservatórios Não-Convencionais (RNC) 147

Resíduos agroindustriais 3, 5, 7, 122

S

Separação granulométrica 1, 4

Sílica 215, 216, 217, 218, 219, 220, 226, 227, 228

Solução polimérica 147, 149, 150, 151, 154

Surfactantes 18, 34, 82

Sustentável 49, 94, 101, 193, 200, 236

T

Transesterificação etílica 93, 98, 99

Turbidez 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

U

Umidade 60, 88, 89, 90, 103, 107, 108, 109, 232

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br