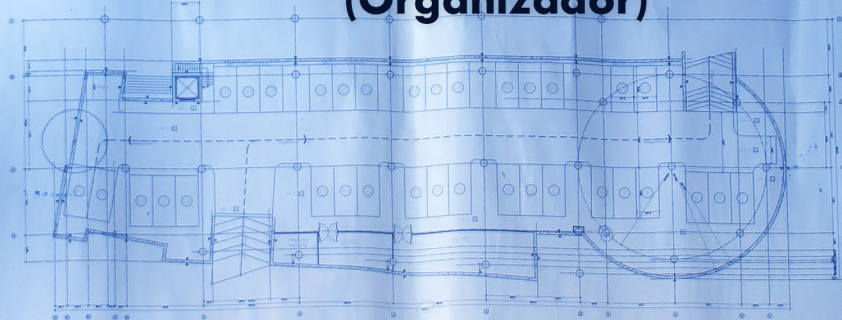


Engenharias, Ciência e Tecnologia 2

**Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)**



Atena
Editora

Ano 2019

Luís Fernando Paulista Cotian

(Organizador)

Engenharias, Ciência e Tecnologia

2

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves 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)

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 2 [recurso eletrônico] / Organizador
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-085-8

DOI 10.22533/at.ed.858193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

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

A obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume II apresenta, em seus 15 capítulos, conhecimentos relacionados a Gestão de Resíduos relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Gestão de Recursos Naturais, Produção mais Limpa e Ecoeficiência e Gestão de Resíduos Industriais e Prevenção de Poluição.

As áreas temáticas de Gestão de Resíduos relacionadas tratam de temas relevantes para a prevenção de poluição. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Gestão de Resíduos e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO COM CARVÃO VEGETAL PARA A PURIFICAÇÃO DE BODIESEL OBTIDO A PARTIR DE ÓLEOS DE MILHO	
<i>Maria Carolina Sérgi Gomes</i> <i>Juliana Guerra Sgorlon</i> <i>Maraísa Lopes de Menezes</i> <i>Vassula Belinato Paiva</i> <i>Fernanda Nunes de Proença</i> <i>Mariane Borges Gheller</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931011	
CAPÍTULO 2	11
AVALIAÇÃO DA GRANULOMETRIA DO BAGAÇO DE MALTE SOBRE A ADSORÇÃO DO CORANTE DE AZUL DE METILENO UTILIZANDO COLUNA DE LEITO FIXO	
<i>Jordana Benfíca Silva</i> <i>Heitor Otacílio Nogueira Altino</i> <i>Renata Nepomuceno da Cunha</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931012	
CAPÍTULO 3	18
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE PARTICULADO NA QUEDA DE PRESSÃO DE UM CICLONE LAPPLE	
<i>Rosilanny Soares Carvalho</i> <i>Daiane Ribeiro Dias</i> <i>João Carlos Gonçalves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931013	
CAPÍTULO 4	30
AVALIAÇÃO DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS: SEDIM 2.0	
<i>Roberta de Almeida Costa Campeão</i> <i>Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931014	
CAPÍTULO 5	38
AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DE UM CICLONE ADAPTADO COM BOCAIS ATOMIZADORES DE ÁGUA PARA COLETAR MATERIAL PARTICULADO PROVENIENTE DA QUEIMA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR	
<i>Ana Elisa Achilles</i> <i>Vádila Giovana Guerra Béttega</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931015	
CAPÍTULO 6	55
DESEMPENHO DE FILTRO TIPO BOLSA PARA SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS DE HERBICIDAS	
<i>Daniela Teixeira Chaves</i> <i>José Roberto Delalibera Finzer</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931016	

CAPÍTULO 7 71

DISTRIBUIÇÃO DE CHUMBO TOTAL EM AMOSTRAS DE SEDIMENTOS E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EXTRAÍDAS DE SEDIMENTOS COLETADOS EM MANANCIAS COM DIFERENTES TIPOS DE ÁGUA DA BACIA AMAZÔNICA

Tania Machado da Silva
Bruno Cesar Prior Rocha
Wilyane Silva Figueiredo
Luiz Fabrício Zara
Gustavo Rocha de Castro
André Henrique Rosa

DOI 10.22533/at.ed.8581931017

CAPÍTULO 8 87

ESTUDO DAS CONDIÇÕES PARA A SÍNTESE DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO DE ABACATE E PEROVSKITA RESIDUAL ($Ca_2Fe_2O_5$)

Rondinele Aberto dos Reis Ferreira
Juarez Hilleshein Júnior
Priscila Pereira Silva

DOI 10.22533/at.ed.8581931018

CAPÍTULO 9 102

ESTUDO DE CASO EM OBRA NA CIDADE DE MACEIÓ: PROPOSTA PARA MELHORIA NO DESTINO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Kelliany Medeiros Costa
José Leandro da Silva Duarte
Carmem Lúcia de Paiva e Silva Zanta

DOI 10.22533/at.ed.8581931019

CAPÍTULO 10 112

COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DE VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO APLICADOS EM EMULSÕES A/O MONODIPERSAS

Lucas Henrique Pagoto Deoclecio
Ana Paula Meneguelo
Daniel Cunha Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.85819310110

CAPÍTULO 11 128

POTÊNCIA NECESSÁRIA AO RALEAMENTO DA VEGETAÇÃO NO SEMIÁRIDO

Márcio Waltzer Timm
Antônio Lilles Tavares Machado
Roberto Lilles Tavares Machado
Rafael Gonçalves Tonucci

DOI 10.22533/at.ed.85819310111

CAPÍTULO 12 137

SANEAMENTO: EVOLUÇÃO DAS OBRAS DE INFRAESTRUTURA E MELHORIA DA QUALIDADE DE VIDA DO BAIRRO PARAVIANA EM BOA VISTA/RR

Francilene Cardoso Alves Fortes
Emerson Lopes de Amorim
Iury Costa Aragão
Thiago Barreto Tavares
Cleiton Leandro Santana
Maikon Barros de Lima

DOI 10.22533/at.ed.85819310112

CAPÍTULO 13	152
SANEAMENTO: IMPLICAÇÕES E EXECUÇÕES NAS OBRAS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BAIRRO CINTURÃO VERDE NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA/RR	
<i>Francilene Cardoso Alves Fortes</i>	
<i>Emerson Lopes de Amorim</i>	
<i>Simone Vieira Vaz</i>	
<i>Geislani da Luz Araujo</i>	
<i>Numeriano Dantas de Medeiros</i>	
<i>Fabio Rodrigues de Jesus</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85819310113	
CAPÍTULO 14	166
SINTONIA ÓTIMA DO CONTROLADOR PID APLICADO AO CONVERSOR CC-CC BUCK	
<i>Rhonei Patric dos Santos</i>	
<i>Lucas Sampaio Garcia</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85819310114	
CAPÍTULO 15	178
APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DO CAROÇO DE AZEITONA PARA A PRODUÇÃO DE TIJOLO SOLO-CIMENTO	
<i>Luíza Silveira Cabral</i>	
<i>Manoela Silva Lima Mariotini Carotta</i>	
<i>Érica Vieira Barbosa</i>	
<i>Juliana Fusco Pachani dos Santos</i>	
<i>Ana Carla Pinheiro Lima</i>	
<i>Cristiane de Souza Siqueira Pereira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85819310115	
SOBRE O ORGANIZADOR	189

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE PARTICULADO NA QUEDA DE PRESSÃO DE UM CICLONE LAPPLE

Rosilanny Soares Carvalho

Instituto Federal do Norte de Minas,
Departamento de Engenharia Química
Montes Claros - Minas Gerais

Daiane Ribeiro Dias

Universidade Federal de Uberlândia,
Departamento de Engenharia Química
Uberlândia - Minas Gerais

João Carlos Gonçalves

Instituto Federal do Norte de Minas,
Departamento de Engenharia Química
Montes Claros - Minas Gerais

RESUMO: Ciclones são instrumentos de separação que empregam uma resultante entre as forças de arraste, gravitacional, centrífuga e inércia para separar as partículas. Este apresenta em sua forma uma construção cônico-cilíndrica. São amplamente utilizados para remoção de partículas do ar ou de gases de processos, para secagem de materiais granulares e combustão de óleos, etc. Sua grande aplicabilidade deve-se ao seu baixo custo de construção, operação e manutenção, como também à possibilidade de suportar severas condições de temperatura e pressão. Desta forma o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo experimental do separador ciclônico da Unidade de Separação e Transporte Pneumático presente no

Laboratório de Operações Unitárias do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Campus Montes Claros no qual os experimentos tiveram como variáveis de estudo a concentração de particulado e a perda de carga do equipamento ciclone. Resultados experimentais comprovam que a presença de particulado diminui a perda de carga do ciclone com isso observou-se que a queda de pressão na presença de sólido reduziu-se a cerca de 70% da queda de pressão de sistema monofásico.

PALAVRAS-CHAVE: Ciclone, Concentração de particulado, Perda de carga.

ABSTRACT: Cyclones are separation instruments that employ a resultant drag, gravitational, centrifugal and inertial forces to separate the particles. It has a conical-cylindrical construction in its shape. They are widely used for removal of particles from the air or process gases, for drying of granular materials and combustion of oils, etc. Its great applicability is due to its low cost of construction, operation and maintenance, as well as the possibility of withstanding severe conditions of temperature and pressure. In this way, the present work had as objective to carry out an experimental study of the cyclonic separator of the Separation and Pneumatic Transport Unit present in the Laboratory of Unitary Operations of the Federal Institute of the North of Minas Gerais, Montes

Claros Campus, in which the experiments had as study variables the concentration of particulate and the loss of load of the cyclone equipment. Experimental results confirm that the presence of particulate reduces the loss of charge of the cyclone with this it was observed that the pressure drop in the presence of solid reduced to about 70% of the pressure drop of single-phase system.

KEYWORDS: Cyclone, Particulate matter concentration, Load loss.

1 | INTRODUÇÃO

Ciclone ou separador ciclônico é um coletor centrífugo para remoção de partículas sólidas suspensas em gases. As partículas são separadas da corrente fluida sob a ação de uma força centrífuga resultante do escoamento da suspensão. É composto basicamente por um corpo cilíndrico e cônico sem partes móveis que possui uma entrada e duas saídas. Sendo um dos equipamentos mais utilizados entre as classes dos separadores centrífugos, para o controle de particulados. São bastante utilizados para o controle da poluição do ar e recuperação de produtos com alto valor agregado (Cerri, 2010; Peçanha, 2014).

Basicamente seu mecanismo de funcionamento consiste em uma corrente gasosa carregada de partículas que entra na parte superior da seção cilíndrica, tangencialmente, onde se inicia o movimento circulatório na seção anular em uma região próxima à parede, formando um vórtice externo descendente. Esse vórtice se estende até a base do ciclone invertendo o seu sentido onde resulta em um vórtice interno ascendente a qual impulsiona o fluxo de gás para a saída do ciclone. As partículas sólidas são depositadas na extremidade inferior (*underflow*) da estrutura cônica e na saída axial superior (*overflow*) sai o gás limpo (Júnior, 2014). Segundo Gomide (1980), os ciclones também permitem separar gotículas líquidas arrastadas pelas correntes gasosas, podendo trabalhar a seco ou a úmido, tanto a baixas temperaturas e pressões, como a temperaturas de até 1000 °C e pressões de 500 atm.

O comportamento fluidodinâmico do ciclone é muito complexo. Devido à geometria do equipamento, o movimento do gás é geralmente muito turbulento (cria um campo centrífugo) e a maioria das partículas assume a forma de espirais concêntricas e de mesmo sentido de rotação. O movimento das partículas; um descendente, junto às paredes do ciclone com alta concentração de partículas, e outro ascendente, em volta do eixo de simetria do equipamento com baixa concentração de partículas que torna o escoamento complexo (Peçanha, 2014).

Os ciclones são classificados em diversos tipos, sendo diferenciados pela proporção entre as suas dimensões. O modelo desenvolvido por Shepherd e Lapple (1939, 1940) conhecido como ciclone Lapple apresenta proporções geométricas e desempenho bastante confiáveis (Peçanha, 2014).

A proposta deste trabalho foi determinar experimentalmente a queda de pressão na presença de particulado em um ciclone do tipo Lapple de uma unidade de Transporte

e Separação Pneumática tendo como meta avaliar a redução da perda de carga em diferentes concentrações de particulado e comparar com a queda de pressão de um sistema monofásico.

1.1 Queda de pressão

Na operação industrial de um ciclone a queda de pressão é parâmetro de extrema importância a ser considerado, pois está relacionada ao consumo de energia que por sua vez está influenciado diretamente pela potência do exaustor, sendo este o responsável por aumentos dos custos de operação da unidade. É imprescindível levar em consideração um equilíbrio entre a velocidade de entrada e concentração de sólidos versus a perda de carga, com objetivo de ser alcançado um bom desempenho industrial do equipamento (Cipolato, 2011).

Nos processos industriais a queda de pressão em um separador centrífugo é usualmente considerada como sendo a diferença entre a pressão total (dinâmica somada à estática) na entrada e na saída de gases do ciclone. Isto é significativo, pois este escoamento se dá na forma vorticial e nele encontra-se acumulado uma contribuição de pressão dinâmica difícil de ser mensurada experimentalmente e isso interfere na medida da queda de pressão do ciclone (Hoffman, 2002).

$$\Delta P = P_{in} - P_{out} = (\rho_m - \rho)g \Delta h_{ciclone} \quad (1)$$

Os seguintes fatores contribuem para queda de pressão entre a entrada e a saída do separador centrífugo, sendo estes identificados por Shepherd e Lapple (1939): perda devido à expansão do fluido na entrada do equipamento ciclônico, perda como energia cinética devido à rotação, perda devido à fricção na parede cilíndrica do ciclone, quaisquer perdas de fricção adicionais no canal de saída resultante do fluxo vorticial interno ascendente e além das perdas ocorridas pelo fluxo direto.

Dos fatores citados, a principal perda de energia (carga) ocorre na entrada do ciclone seguida da perda no corpo do ciclone e da perda no *vortex finder* (tubo de saída de gás) (Figura 1).

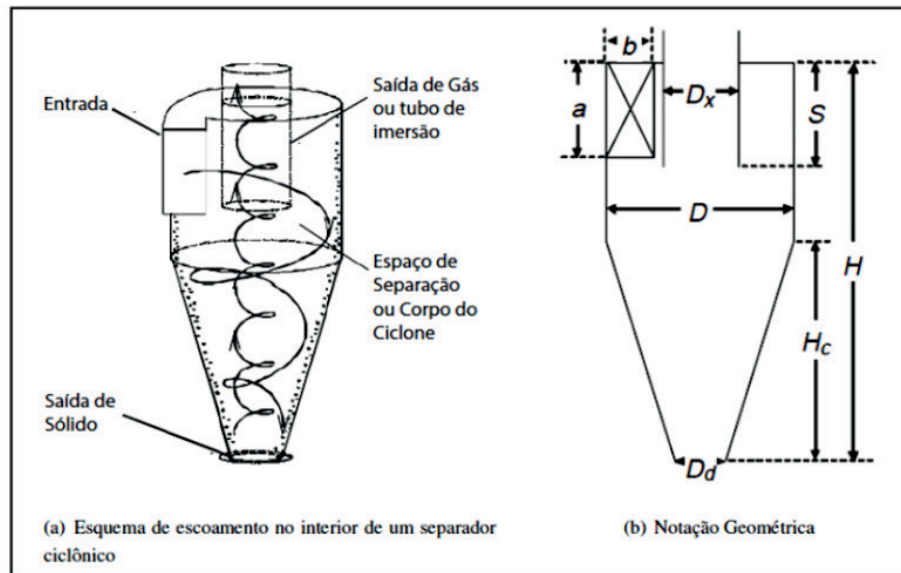


Figura 1 : Esboço operacional de um ciclone cujas dimensões básicas são indicadas na figura (b) e descritas na Tabela 1.

Fonte: HOFFMANN; STEIN, 2002.

Cota	Legenda
D	Diâmetro da seção cilíndrica
H	Altura total do ciclone
D_x	Diâmetro do <i>vortex finder</i>
S	Comprimento do <i>vortex finder</i>
a	Altura da entrada
b	Largura da entrada
H_c	Altura da seção cônica
D_d	Diâmetro da saída de particulado

Tabela 1 – Dimensões básicas de um ciclone.

Fonte: Próprios autores.

Os custos energéticos devido à queda de pressão (ΔP) representam os maiores custos de operação para os ciclones (Dirgo e Leith, 1985). Pode-se calcular a potência necessária de um soprador (E_c) pela Equação (2).

$$E_c = \frac{Q \Delta P}{E} \quad (2)$$

Onde E é a eficiência do soprador. Conseqüentemente, para um aumento da queda de pressão, se faz necessário um soprador de maior potência e como resultado tem-se um maior consumo de energia, aumentando-se os custos operacionais para a separação de um particulado.

1.2 Efeito da Concentração de Alimentação na Queda de Pressão

Segundo Fassani e Goldstein (2000) a queda de pressão no ciclone é reduzida quando partículas são introduzidas no escoamento. Sendo esse efeito resultado da inércia da partícula, que tenderia a igualar o momento do gás nas camadas adjacentes, na direção do fluxo do gás.

Shepherd e Lapple (1939), trabalhando juntos desenvolveram diversos estudos de base experimental, com ciclones com seções de vidro (o que possibilitou visualizar o escoamento). Além das proporções geométricas eles estudaram o comportamento da queda de pressão quando a concentração de partículas era diferente. Eles observaram que em determinada concentração de sólidos, a queda de pressão seria menor quando comparada sem alimentação de sólidos. Para uma concentração de 0,0046 a 0,0069 kg/m³ a queda de pressão foi 7 % menor do que com escoamento monofásico (apenas gás no escoamento). Para uma concentração de 0,046 a 0,069 kg/m³ a queda de pressão foi reduzida em 16% quando comparada a queda de pressão sem alimentação de sólidos (Frare, 1999).

Hoffmann et al. apud (Frare,1999), estudaram a influência da concentração de sólidos em diferentes modelos de ciclones. Para cada geometria estudada verificou-se um forte decréscimo da queda de pressão com o aumento da concentração de particulado. Os dados experimentais obtidos foram ajustados pela seguinte Equação (3):

$$\frac{\Delta P_c}{\Delta P} = 1 - \alpha \cdot C^\beta \quad (3)$$

Yuu *et al.* (1978) também investigaram a redução na queda de pressão devido à presença de particulado no fluxo gasoso na alimentação. A faixa de concentração de sólidos estudada compreendeu o intervalo de 0 a 0,071 kg/m³ para três diferentes tipos de sólidos: pó de PVC com uma densidade de 1,33 g/cm³; “Fly Ash” com densidade de 2,00 g/cm³ e pó de Manganês, com densidade de 4,37 g/cm³. Eles observaram uma redução de 30% no valor da queda de pressão para concentração de 0,0002 kg/m³. Na faixa de 0,0015 a 0,05 kg/m³, a razão entre a queda de pressão do ciclone com o gás contendo partículas e a queda de pressão do ciclone com o gás isento de partículas na mesma velocidade de alimentação, era independente da concentração de sólidos. Mas voltava a decrescer para valores acima de 0,050 kg/m³. Segundo os autores, a principal razão para a redução de pressão é o aumento do atrito na parede do ciclone diminuindo a velocidade tangencial.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Unidade Experimental

Para a realização deste trabalho utilizou-se o Módulo de Transporte e Separação Pneumática presente no Laboratório de Engenharia Química I, conforme apresentado na Figura 2.

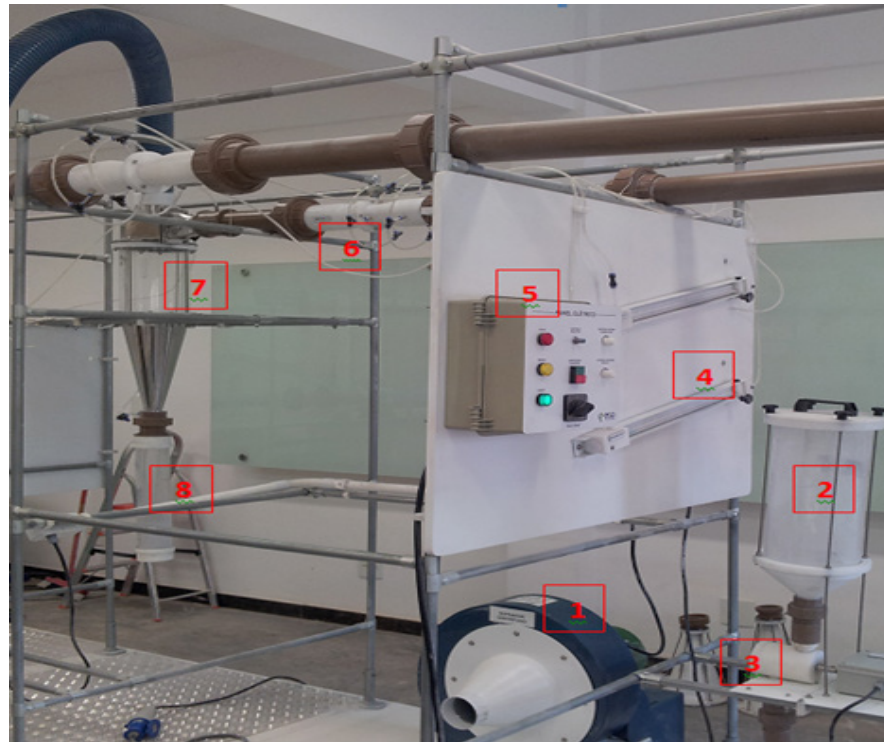


Figura 2: Módulo didático de transporte e separação pneumática sólido-gás.

Fonte: GONÇALVES, 2015.

O sistema experimental é composto por: Um circuito de transporte pneumático que possibilita alteração de 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 (1) tipo limit load de 5 CV. Um silo de alimentação de sólidos (2) acoplado a uma rosca de alimentação (3), controlado por inversor de frequência, para alimentação de particulados no circuito de transporte pneumático. Um painel composto por 04 manômetros de tubo em U, dos quais dois são utilizados para a para medição de pressão diferencial nos Venturi (4) e os outros dois para medição da perda de carga do ciclone. Um inversor de frequência para controle de rotação/vazão. Um painel elétrico (5), construído conforme NR 10, provido de controle de rotação de do exaustor e das válvulas rotativas do sistema. Dois medidores de vazão tipo Venturi idênticos (6). Um módulo de ciclone Lapple (7), com visor na parte cilíndrica, dotado de um se reservatório para coleta dos sólidos (8), conforme as dimensões geométricas estão apresentadas na Tabela 2.

Parâmetro geométrico	Dimensão (mm)
b	44
D	190
Dx	104
S	125
a	94
H	785
Hc	386
Dd	44

Tabela 2- Dimensões do ciclone estudado.

Fonte: Próprios autores.

2.2 Material Utilizado

O material particulado utilizado nos experimentos físicos deste trabalho foi o pó de Magnesita fornecido pela Empresa MAGNESITA S.A localizada em Contagem Minas Gerais com densidade de 2880 kg/m^3 com mais de 80% do particulado com diâmetro acima de $50 \mu\text{m}$.

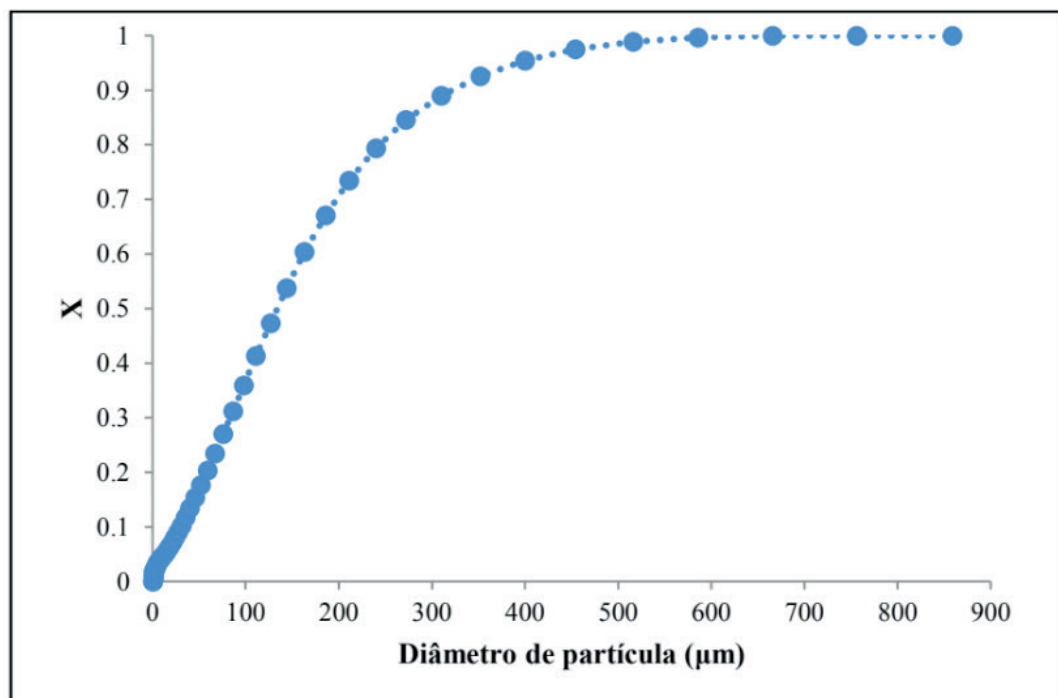


Figura 3 – Distribuição granulométrica da Magnesita.

Fonte: GONÇALVES, 2015.

2.3 Procedimento Experimental

O experimento inicia-se com o acionamento de um inversor de frequência que regula o motor para manutenção de uma vazão constante de ar no sistema. Durante o experimento a fase sólida é alimentada no sistema alimentador (2). O alimentador de sólidos é calibrado antes do experimento.

Tendo em vista que a vazão de alimentação de particulado que sai do silo não é

a mesma que entra no ciclone, devido à configuração do módulo didático, dessa forma foi feita uma calibração da vazão de alimentação.

A avaliação da queda de pressão foi feita em uma faixa de concentração de 0,03 kg/m³ a 0,112 kg/m³ onde se operou com três velocidades de fluido gasoso: 11,13 m/s, 15,74 m/s e 19,81 m/s.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como experimento preliminar realizou-se a calibração da rosca de alimentação de sólido e da vazão de alimentação de sólido-gás na entrada do ciclone conforme apresentado na Figura 3 e na Figura 4.

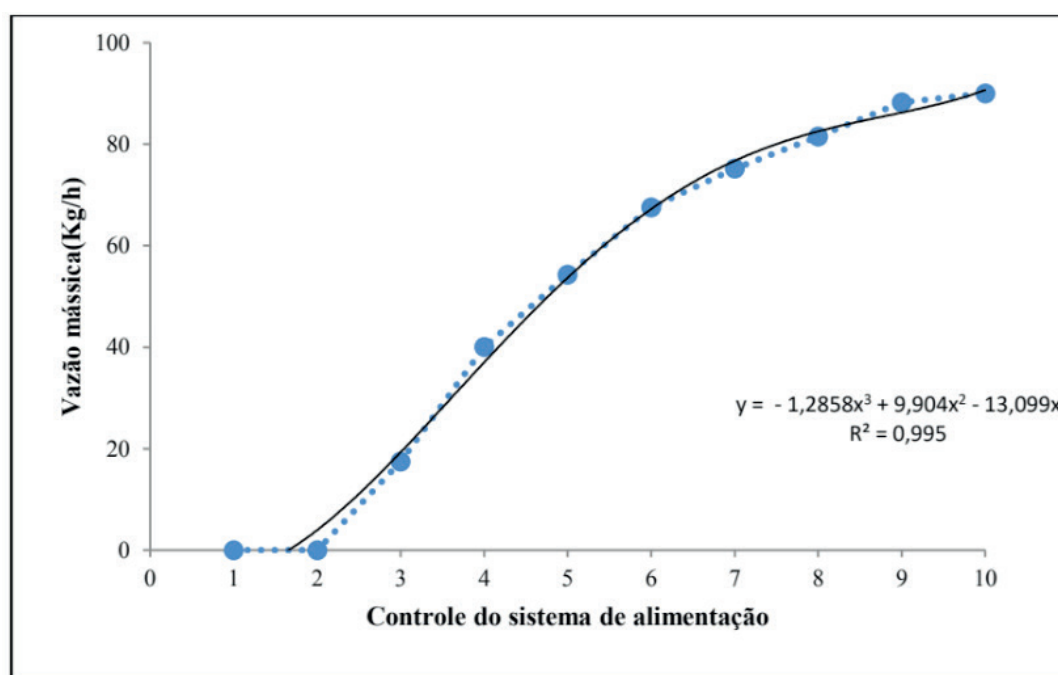


Figura 3: Calibração da rosca de alimentação.

Fonte: Próprios autores.

Conforme apresentado na Figura 3 a vazão de alimentação de sólido em função do controle de rotação da rosca ajustou-se a uma equação cúbica a qual apresentou um R^2 igual a 0,995, evidenciando assim que a equação gerada representou bem a calibração realizada.

Observando-se a Figura 4 é possível verificar que para vazões de particulado acima de 50 kg/h na rosca de alimentação a vazão é reduzida a menos de 50% da vazão inicial ao chegar à entrada do ciclone, pois parte do particulado alimentado pelo silo fica retido na tubulação devido a configuração do módulo de Transporte e Separação Pneumática (Figura 2). Dessa forma constatou-se que é necessário que o sistema de alimentação fique próximo à entrada do separador ciclônico para garantir que a vazão de particulado que sai pelo silo de alimentação seja igual (ou muito próxima) à vazão de que entra no ciclone.

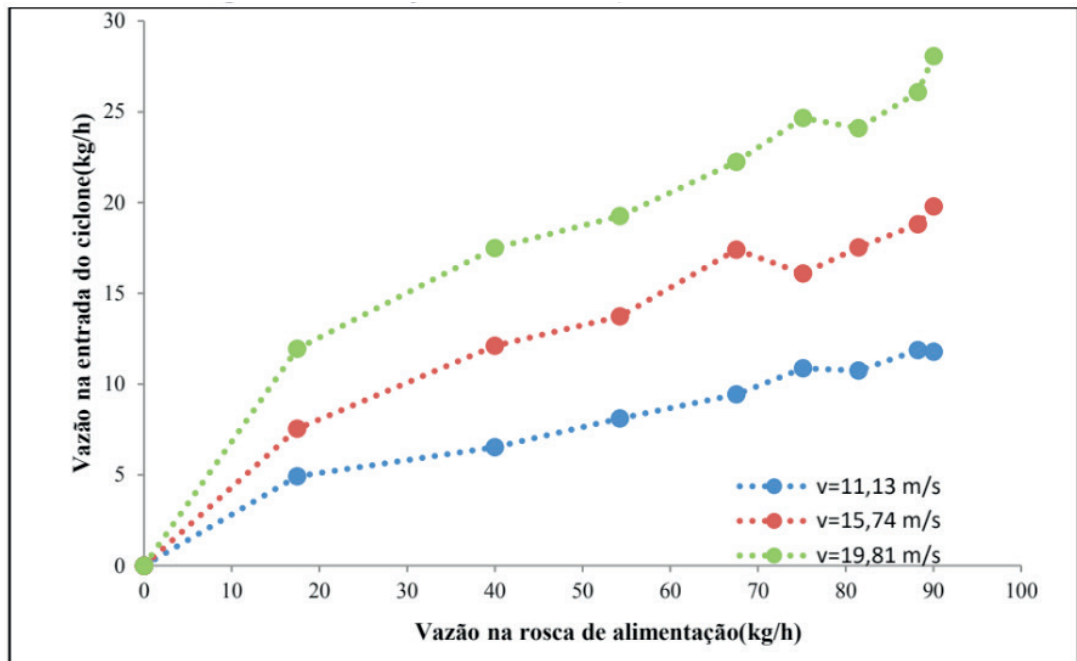


Figura 4: Calibração da vazão de particulado no ciclone.

Fonte: Próprios autores.

Após a calibração, realizou-se a avaliação da queda de pressão para diferentes velocidades gás obtendo-se o gráfico apresentado na Figura 5.

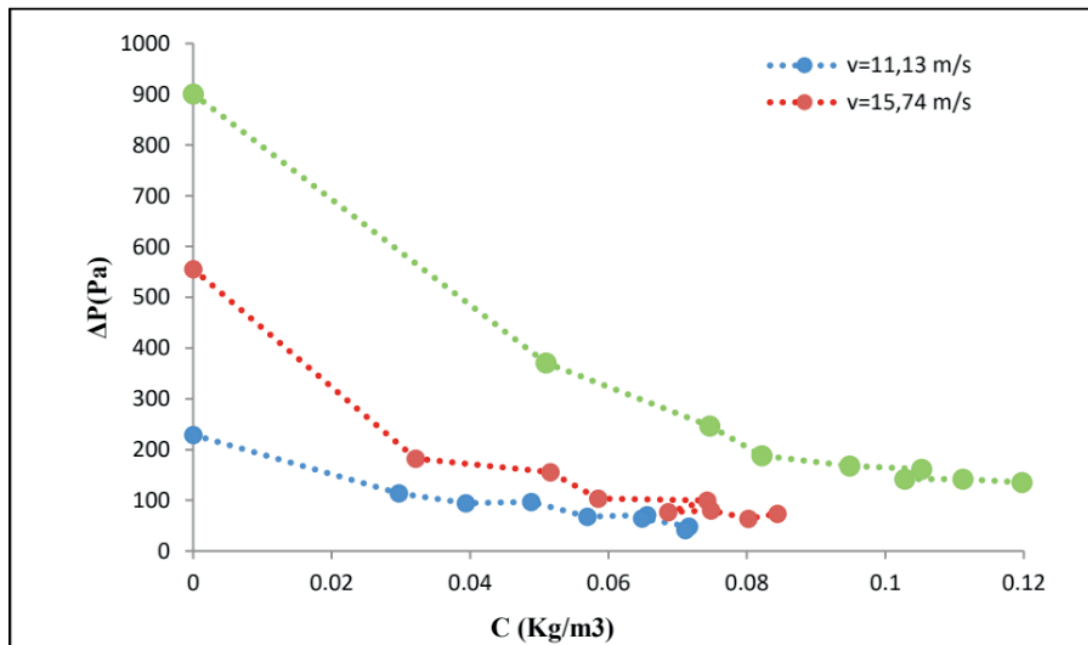


Figura 5: Verificação do efeito da concentração de particulado na queda de pressão.

Fonte: Próprios autores.

Por meio dos dados obtidos para queda de pressão na presença de particulado é possível verificar que a perda de carga do ciclone é reduzida e quanto maior a concentração de sólidos menor é o ΔP_c .

Entretanto, observa-se que a pressão reduziu-se a menos de 50% da queda de pressão em sistema monofásico diferente do valor observado por Yuu (1978) que

observou em seus ensaios experimentais que o ΔP_c reduziu-se a cerca de 70% do ΔP para o sistema sem particulado. Shepherd e Lapple (1939) em seus experimentos também não obtiveram uma grande diminuição no ΔP_c e isso também foi posteriormente observado por Yuu (1978) . Com isso pode-se entender que o método de medida de queda de pressão pode não ser tão eficiente.

Segundo Hoffman e Stein (2002), a medida da queda de pressão como sendo a diferença entre a pressão estática na entrada e na saída não é uma forma confiável de verificação de perda de carga do separador ciclônico devido ao fato do escoamento vorticial interferir na contabilização da pressão estática de saída. E o referido autor sugere que seja utilizado um retificador de vortex para diminuir a interferência do escoamento vorticial na queda de pressão.

Dessa forma, entende-se que provavelmente o escoamento vorticial que passa pelo *vortex finder* está interferindo na medida da queda de pressão tanto no sistema monofásico quanto no sistema bifásico de tal forma que a queda de pressão parece ser bem menor do que realmente é.

Linearizou-se o modelo proposto por Hoffman et al apud (Frare, 1999) e obteve-se os seguintes dados apresentados na Tabela 1.

Modelo de Hoffman			
v(m/s)	α	β	R ²
11,130	2,884	0,502	0,892
15,740	1,816	0,293	0,900
19,810	2,219	0,434	0,935

Tabela 2: Aplicação do modelo de Hoffman et al apud (Frare, 1999).

Fonte: Próprios autores.

Comparando-se os valores das constantes α e β encontrados pelo autor do modelo com os valores apresentados na Tabela 2 verifica-se que estão próximos e se ajustaram bem ao modelo tendo em vista que os valores encontrados por Hoffman para alfa e beta são, respectivamente, 1,26 e 0,6 e que o R² obtido foi superior a 0,89. Além do método de medida do ΔP_c , outros fatores podem ter influenciado como, por exemplo, a densidade e granulometria da partícula por serem diferentes da faixa analisada por Hoffman.

4 | CONCLUSÃO

Este estudo avaliou o efeito da concentração na queda de pressão de um separador ciclônico do tipo Lapple. Usando como particulado o pó de Magnesita em uma faixa de concentração de 0,03 kg/m³ a 0,112 kg/m³ na suspensão gasosa, pode-se verificar que a perda de carga diminui com a presença de sólido e quanto maior a concentração menor a queda de pressão. Com base nos resultados verificou-se

também a necessidade de estudar o efeito de um retificador de vortex e pretende-se ser realizado para verificar se o mesmo consegue diminuir o efeito do escoamento vorticial.

NOMENCLATURA

ΔP - queda de pressão para o gás sem a presença de particulado (Pa)

$\Delta h_{\text{ciclone}}$ - variação de altura manométrica (mm)

g - aceleração da gravidade (m/s^2)

P_{in} - pressão estática na entrada do ciclone (Pa)

P_{out} - pressão estática na saída do ciclone (Pa)

ρ_m - densidade do fluido manométrico do manômetro (kg/m^3)

ρ - densidade do fluido (ar) (kg/m^3)

ΔP_c - queda de pressão para o gás com partículas (Pa)

C - concentração de sólidos na entrada do ciclone (kg/m^3)

ΔP - queda de pressão para o gás limpo (Pa)

α e β - constantes do modelo de Hoffaman que valem 1,26 e 0,6 respectivamente.

REFERÊNCIAS

CERRI, F. F. P. (2010). **Estudo para validação de modelo gás-sólido em separação ciclônica de sais de iodo na indústria química**. PPG-EQ/UFSC - Florianópolis - SC, p. 27, 29 (dissertação de mestrado).

CIPOLATO, C. A. (2011). **Dimensionamento, construção e análise de desempenho de ciclone para otimização da separação granulométrica de partículas em fábricas de tintas em pó**. PPG-TA/UNAERP – Ribeirão Preto – SP, p. 29.

FASSANI, F.L. e GOLDSTEIN, L. (2000). **“A study of high inlet solids loading on cyclone separator pressure drop and collection efficiency”**. Powder technology, vol. 107, p. 60-65.

FRARE, L.M. (1999). **Estudo da eficiência de coleta e queda de pressão para ciclones a gás alimentados com finos de xisto**. PPG-EQ/UFM – Maringá – PR, p.14 (dissertação de mestrado).

DIRGO, J. e LEITH, D. (1985). **“Cyclone collection efficiency – comparison of experimental results with theoretical predictions”**. Aerosol science and technology vol. 4, p. 401-415.

GOMIDE, Reinaldo (1980). **Operações unitárias: Separações mecânicas**. São Paulo: edi. do autor, v.3. p.159-165.

GONÇALVES, J.C. (2015). **Uma contribuição ao estudo do processo de separação em ciclones filtrantes**. PPG-EQ/UFU- Uberlândia –MG, 206 f (Tese de Doutorado).

HOFFMANN, A. C.; STEIN, L. E. (2002). **Gas Cyclones and Swirl Tubes: Principles, Design and Operation**. Berlim: Springer.

JÚNIOR, J. C. (2014). **Avaliação do desempenho de um ciclone stairmand adaptado com bicos infetores de água**. PPG-EQ/UFSCar - São Carlos - SP, p. 11-12 (dissertação de mestrado).

PEÇANHA, R.P. (2014). **Sistemas particulados: Operações Unitárias envolvendo partículas e fluidos**. Edição: 1^a, p. 160-161.

YUU, S., JOTAKI, T., TOMITA, Y., YOSHIDA K. (1978). "The Reduction of Pressure Drop Due to Dust Loading in a Conventional Cyclone". **Chemical Engineering Science**, v. 33, pp. 1573-1580, 1978.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-085-8

