

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO PROCESSO DE SECAGEM DO BAGAÇO DE CANA VIA CICLONE SECADOR: SIMULAÇÃO

SILVA J. O.¹, MIRANDA M. C. F. C.², MARCELINO T. O. A. C.³, SILVA M. C.⁴ e OLIVEIRA L. G.⁵

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Química

E-mail para contato: jessicaengenhairaquimica@outlook.com

Resumo: A secagem é um dos processos mais utilizados desde a antiguidade na conservação de alimentos pela ação dos ventos e do sol. Na indústria seu papel não é diferente, sendo uma área destinada a remoção de líquido agregado ao sólido por meio da vaporização térmica. No presente trabalho propõe-se estudar numericamente a influência do parâmetro operacional no processo de secagem do bagaço de cana via ciclone secador. Adotou-se o modelo Euleriano-Lagrangeano em regime permanente e o de turbulência das tensões de Reynolds (LRR) para a fase gás e para a partícula um modelo concentrado transiente de transferência de calor e massa. Levou-se em consideração a partícula com formato irregular, constituída por um sistema binário formado por bagaço de cana-de-açúcar e água. A solução do modelo foi obtida utilizando o software Ansys Academic CFX 17 ®. Através dos resultados obtidos pode-se concluir que a temperatura de entrada influencia no comportamento dinâmico da partícula e maiores tempos de permanência da partícula foram obtidos para a maior temperatura de entrada da partícula no ciclone.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, simulação, secagem, ciclone, CFX 17 ®.

1. INTRODUÇÃO

A secagem na indústria é uma das operações mais utilizadas, sendo que, em muitos processos, é a última etapa para finalização do produto antes de sua classificação e embalagem. Os secadores possuem papel fundamental no processamento industrial. Teoricamente, define-se secagem como sendo a operação destinada à remoção de um líquido agregado a um sólido para uma fase gasosa por meio da vaporização térmica. É um processo simultâneo ao de transferência de calor e massa entre o produto e o ar da secagem.

Por vários anos o ciclone tem sido utilizado na limpeza de gases visando reduzir a emissão de partículas poluentes no meio ambiente. Vários autores, a exemplo de Noriler et al. (2004), relatam a expansão da aplicação de ciclones nas indústrias de petróleo, alimentos, química, metalurgia, cimento e nuclear sendo utilizado como separador, secador, reator químico ou eletroquímico, recuperador, por exemplo.

Segundo Rodrigues(2010) o ciclo do açúcar marcou parte da história do Brasil Colonial por volta dos séculos XVI e XVIII. Durante esse período, a produção de açúcar localizava-se fortemente na região nordeste tornando assim sua principal atividade econômica.

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

www.conepetro.com.br

Martim Afonso de Souza foi o responsável por trazer as primeiras mudas de Cana-de-açúcar para o território brasileiro como forma de proteger o litoral de invasões estrangeiras. O engenheiro foi a principal unidade de produção de açúcar no Brasil Colonial (Matos, 1942).

O bagaço da cana-de-açúcar é um dos subprodutos mais importantes da indústria sucroalcooleira, produzindo grandes quantidades de resíduos da agroindústria brasileira, obtido por meio do processamento da cana-de-açúcar. É uma fração de biomassa resultante de processos como limpeza, preparo, extração do caldo, tornando-a uma massa heterogênea, ocasionando variações em sua estrutura morfológica e em sua composição. Sendo necessário um pós-tratamento visando uma forma menos agressiva para descarte do material assim como sua reutilização em outras etapas do processo (Silva, Garcia e Silva; 2010).

Portanto, o objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o efeito do parâmetro operacional, temperatura de entrada da partícula sobre o processo de secagem do bagaço-de-cana usando um ciclone como secador.

2. METODOLOGIA

2.1 Descrições do problema

Este presente trabalho teve como base a metodologia utilizada por Souza (2012). O fenômeno estudado corresponde à influência de parâmetros operacionais na secagem do bagaço de cana-de-açúcar utilizando um ciclone. Este ciclone possui as mesmas características e dimensões utilizados por Corrêa (2003) e Souza (2012), usado para secar o bagaço de cana-de-açúcar. Onde o ar aquecido vem de um alimentador do tipo Venturi, que por meio deste o bagaço é introduzido com ar quente alimentando o ciclone secador por meio de um duto retangular. A Figura 1 representa o esquema do ciclone e suas dimensões usadas neste trabalho com base em Souza (2012).

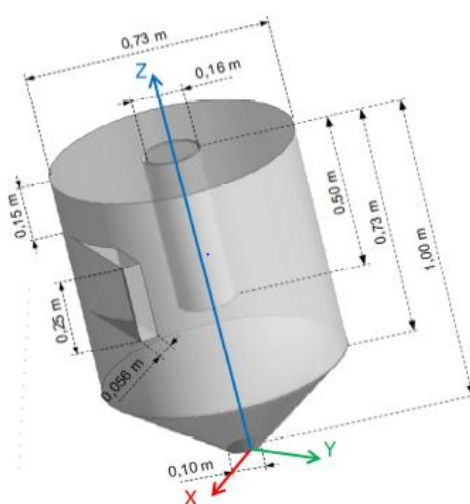


Figura 1- Modelo geométrico do ciclone usado no presente trabalho baseado no trabalho de Corrêa (2003) e Souza (2012).

2.2 Dimensões do ciclone

Tabela 1- Dimensões utilizadas para construção da geometria do ciclone.

D- 0,73 (m)	Diâmetro do cilindro externo
A- 0,25 (m)	Comprimento do duto de entrada
B- 0,056 (m)	Largura do duto de entrada
De- 0,16 (m)	Diâmetro do cilindro interior
S- 0,50 (m)	Comprimento cilindro interior
hcil- 0,73 (m)	Comprimento Cilindro externo
H- 1,0 (m)	Comprimento total do Ciclone
B- 0,10 (m)	Diâmetro menor da parte cônica
Li- 0,15 (m)	Comprimento da posição do duto de entrada

2.3 Condições para a fase particulada

Tabela 2- Dados utilizados no Pre-CFX.

Calor Latente (J/k_g)	2,251e+06
Difusividade Efetiva (m^2/s)	4,0787e-05
Fluxo de massa da partícula (g/s)	6,55
Coefficiente Paralelo	1,0
Coefficiente Perpendicular	0,75
Rugosidade (mm)	0,045
Tensão superficial (N/m)	0,073

2.4 Mecanismo de Resolução

Para realização do trabalho tanto malha como geometria foram cedidas. Uma série de equações diferenciais auxiliam na discretização do modelo matemático proposto. Para descrever o escoamento das partículas utilizou-se o modelo matemático multifásico Euleriano–Lagrangeano, equações de conservação de massa, momento linear, energia e matéria. Foram levadas algumas considerações como o regime ser permanente, não possuir reação química, considerado o efeito da gravidade, as forças de arraste não foram consideradas, propriedades físico-químicas são constantes, os formatos das partículas do bagaço de cana são não esféricas, rígidas e formadas basicamente por água.

Condições de contorno foram consideradas nas paredes do ciclone, adotou-se a condição de não deslizamento para os componentes de velocidade e condição de fluxo de calor adiabático. Para a Seção de entrada do duto de alimentação, definiu-se três perfis de velocidade da fase gasosa na seção transversal de entrada no duto de alimentação para a componente de velocidade na

direção y, e os outros componentes de velocidades nulas. E para as saídas do ciclone, adotou-se a condição de pressão prescrita e igual à pressão atmosférica e condição de Newmann para a temperatura, isto é, a variação de temperatura na direção normal ao contorno é nula. As condições para a fase particulada são definidas no próprio software ANSYS CFX Release 17.0 em forma de expressões.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho foi desenvolvido da seguinte forma: Os casos foram simulados em regime permanente variando a temperatura de entrada da partícula e mantendo a temperatura de entrada do gás constante (casos de 1 a 5). A Tabela 3 mostra as condições utilizadas para tal simulação.

Tabela 3- Dados das condições de contorno na seção de entrada do duto de alimentação das presentes simulações.

Caso	Velocidade de entrada do gás (m.s-1)	Temperatura de entrada do gás (°C)	Temperatura de entrada da partícula (°C)	Fluxo mássico da partícula \dot{m}_p (g/s)
1	12,5	216	25	6,55
2	12,5	216	35	6,55
3	12,5	216	45	6,55
4	12,5	216	55	6,55
5	12,5	216	65	6,55

Na Figura 2 estão representados os intervalos de permanência da partícula no interior do ciclone. Conforme aumenta-se a temperatura de entrada da partícula, o tempo de permanência da partícula no interior do ciclone também aumenta. Assim o tempo de permanência é maior para temperaturas de 65°C (caso 5) nas condições de operação.

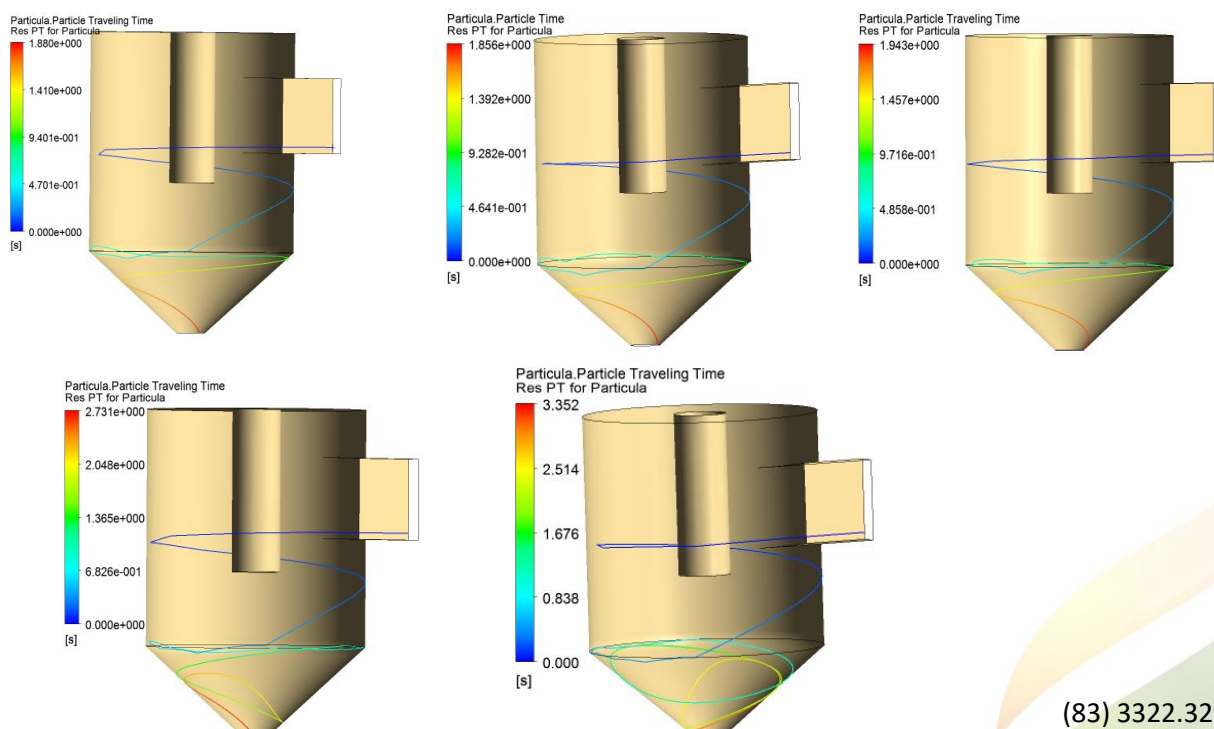


Figura 2 - Tempo de residência da partícula ao longo do percurso no interior do ciclone para as temperaturas de entrada das partículas: 25 °C (caso 1); 35 °C (caso 2); 45°C (caso 3); 55°C (caso4) e 65°C (caso 5).

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e apresentados no presente trabalho, a avaliação da influência da temperatura de entrada da partícula do bagaço da cana-de-açúcar mostrou desempenho compatível com dados da literatura. Além de que, dentro das condições avaliadas, o diâmetro da partícula não influenciou na redução de tamanho (devido a secagem) das partículas durante o processo. A temperatura de entrada influencia mais no comportamento dinâmico que a velocidade de entrada da partícula e fração de água no ar. Os maiores tempos de permanência da partícula no interior do ciclone foram obtidos para a maior temperatura de entrada da partícula analisada, assim como a maior fração de água no ar. Novos parâmetros precisam ser testados afim de aprimorar e aperfeiçoar o bom funcionamento do ciclone secador, visto sua tamanha importância em diversos setores industriais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORRÊA, J. L. G., “**Discussão de parâmetros de projeto de secadores ciclônicos**”, Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Campinas (2003).

FARIAS, F. P.M.; LIMA, A. G. B.; NETO, FARIAS NETO, S. R., “Influência da forma geométrica do duto de alimentação de um ciclone como secador”, Proceedings of the 11th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering (2006).

FIGUEIREDO, R., “**Princípios de secagem de produtos biológicos**”, 1a Edição, Editora Universitária, vol. 1, 229 p., João Pessoa, UFPB (2004).

MATTOS, A. R. **Açúcar e Alcool no Brasil**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1942.

NORILER, D.; VEGINI, A. A.; SOARES, C.; BARROS, A. A. C.; MEIER, H. F. e MORI, M., “**A new role for reduction in pressure drop in cyclones using fluid dynamics techniques**”, Brazilian Journal of Chemical Engineering, vol. 21, no 1, pp. 93-101 (2004).

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Em Direção à Sustentabilidade da Produção de Etanol de Cana-de-açúcar no Brasil**. 2006. Disponível em:
http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol_sustentabilidade.pdf

SILVA, GARCIA E SILVA. “**O destino do bagaço da cana-de-açúcar a partir das agroindústrias sucroalcooleiras do Paraná**”. 2010. 21 set. 2016. Disponível em: 80
<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/viewFile/1360/1018>

SOUZA, J. R. A. “**Secagem de sólidos via ciclones: modelagem e simulação**”, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, PB(2012).

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

www.conepetro.com.br

STRUMILLO, C.; Kudra, T., **“Drying: principles, applications and desing”**, Gordon and Science Publishers, New York (1986).