

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA UMIDADE NAS PROPRIEDADES DE ESCOAMENTO DE DIFERENTES TIPOS DE AÇÚCAR

Pâmela Marques da Silva¹, Rodrigo Condotta²

^{1, 2}Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário da FEI

¹pamela_marques@outlook.com.br, ²rcondotta@fei.edu.br

Resumo: O açúcar é uma importante matéria prima em inúmeras indústrias, em seu manuseio tanto industrial quanto doméstico é comum observar a formação de aglomerados ou mesmo empedramento total, tais fenômenos podem causar dificuldades de escoamento, prejuízos econômicos e eventual perda de qualidade do produto. O objetivo desse trabalho foi avaliar a escoabilidade de 5 tipos de açúcar (cristal, VHP, refinado, confeiteiro e demerara) com base em medidas experimentais e análises de índices de escoabilidade e em como essas propriedades podem ser afetadas pela incorporação de umidade.

1. Introdução

Indústrias que atuam nos setores alimentício, farmacêutico, metalúrgicas e agroindústrias, utilizam a tecnologia de pós a fim de facilitar o manuseio, processamento e transporte de seus produtos. Entretanto em inúmeras etapas de processo ou armazenamento, são encontradas dificuldades que demandam tempo e custo para a indústria, principalmente relacionadas ao escoamento do material.

No estudo de sólidos, as forças gravitacionais, forças de atrito entre as partículas, forças intermoleculares (coesão e atração entre as partículas), e forças de adesão entre as partículas e a parede do material que as contem, são consideradas para a definição da força de resistência ao escoamento [1]. A intensidade dessas forças depende de inúmeras características das partículas, como por exemplo, o tamanho. Para materiais higroscópicos ou com certo teor de umidade, o aumento ou presença de água na sua composição pode afetar significativamente as propriedades de escoamento, pois a água é adsorvida na superfície da partícula, e qualquer alteração na superfície influencia na intensidade de coesão [2].

2. Metodologia

Foram realizados testes de caracterização a fim de estudar os fatores que influenciam o escoamento de diferentes açúcares: o Açúcar VHP fornecido pela Usina São Martinho, os açúcares Refinado, Confeiteiro e Demerara, da marca comercial União, e o Cristal da marca Colombo.

As amostras de açúcar foram subdivididas em dois grupos: Grupo A – referente aos açúcares secos, ou seja, com umidade normalizada para o consumo ou aplicação; Grupo B – referente aos açúcares umidificados em solução aquosa saturada de cloreto de sódio para controle da porcentagem de umidade, por um período de 15 dias. Entretanto, todas as amostras foram submetidas à mesma sequência de testes à temperatura ambiente de 25°C.

Todas as amostras foram caracterizadas quanto a sua granulometria, com auxílio do analisador de tamanho de partículas Bluewave (MicroTrac Inc.), densidades real, aparente e compactada, com auxílio do aparelho Auto Tap 2S (Logan). Também foram determinadas algumas propriedades dinâmicas, como o teste fluxo variável, compressibilidade e cisalhamento, com auxílio do reômetro de pó FT-4 (Freeman Technology).

3. Resultados

Os resultados das caracterizações das amostras secas e úmidas são apresentados na Tabela 1. A alteração de densidade devido à compactação pode ser uma constatação da presença de forças de atração e de fricção, e é comumente utilizada como um indicativo da fluidez de materiais particulados. Observa-se que apesar da diferença de umidade, não houve alteração da classificação do fluxo, exceto para o Açúcar Confeiteiro, por possuir menor dimensão e Demerara, no qual se obteve a maior incorporação de umidade no aspecto do material, assim aumentou a aglomeração de partículas no leito, portanto maior influência das forças interparticulares, sendo necessária uma energia maior para que ocorra o escoamento.

Tabela 1 – Resultados dos materiais secos e úmidos.

Material Seco	Cristal	Refinado	Confeiteiro	VHP	Demerara
$d_{4,31}$ – vol. (µm)	657	334	161	740	
Umidade (%)	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2
$\rho_{compact.}$ (g/cm ³)	0,997	0,8334	0,6789	0,9569	0,9581
ρ_{aerada} (g/cm ³)	0,9378	0,7188	0,5984	0,8971	0,9282
Classific. do Fluxo	1,06 Excelente	1,16 Bom	1,13 Bom	1,07 Excelente	1,03 Excelente
BFE (mJ)	5325,4	2530	1777,9	2713,8	7658
SI	1,246	1,021	1,025	1,008	1,25
Material Úmido	Cristal	Refinado	Confeiteiro	VHP	Demerara
Umidade (%)	0,4	0,9	1,8	0,3	0,5
$\rho_{compact.}$ (g/cm ³)	0,9794	0,7354	0,6437	0,9012	0,869
ρ_{aerada} (g/cm ³)	0,9355	0,6233	0,5311	0,83434	0,7176
Classific. do Fluxo	1,05 Excelente	1,18 Bom	1,21 Razoável	1,08 Excelente	1,21 Razoável
BFE (mJ)	5218,2	1098,9	1267,4	1973,1	1951,01
SI	1,116	0,923	1,043	0,962	1,2

A Figura 1 apresenta o teste de estabilidade e fluxo variável, deste obtêm-se os dados de índice de estabilidade (SI) e a energia básica de fluxo (BFE) apresentada na Tabela 1. O equipamento dimensiona a energia dispendida em cada ciclo monitorado e a variação desta energia ao

longo dos 7 ciclos constitui o índice de estabilidade, sendo analisado pela seguinte relação: $SI < 1$ fluxo afetado pela fricção de partículas; $SI \approx 1$ escoabilidade pouco ou não alterada pelas repetidas condições de fluxos; $SI > 1$ escoabilidade alterada pela formação de aglomerado.

A energia básica de fluxo (BFE) é considerada pela energia dispendida pela lâmina durante o 7º teste. Comparando os valores de BFE das amostras úmidas e secas, as secas possuem valores maiores, isto pode ser explicado pela diferença da configuração do leito nas amostras úmidas, a umidade aumenta as forças interparticulares formando os aglomerados, disponibilizando espaços vazios no interior leito, estes espaços vazios oferecem menor resistência a movimentação da lâmina, necessitando então de menor energia.

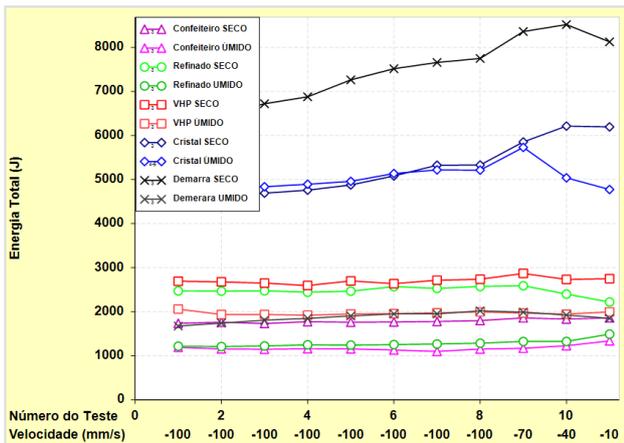


Figura 1 - Teste de estabilidade e fluxo variável para amostras secas e úmidas.

Na Figura 2 são apresentados os resultados da coesão para cada material nas diferentes tensões de consolidação, obtidos a partir dos testes de cisalhamento. Observa-se que, conforme a umidade do material aumenta, e/ou menor é a dimensão das partículas, maior a força de coesão observada nas amostras.

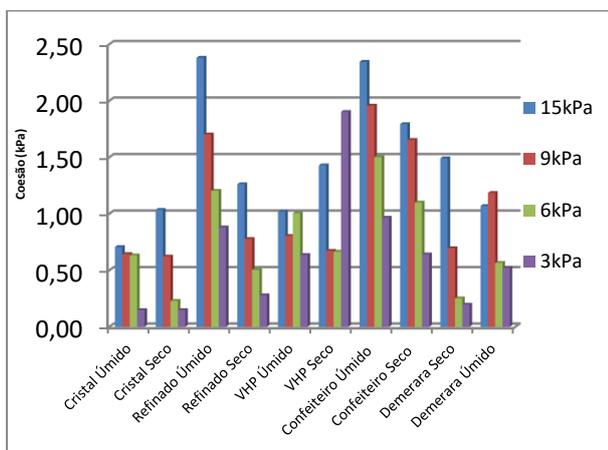


Figura 2 – Coesão para amostras secas e úmidas.

A mudança na densidade do material em função da tensão normal aplicada foi medida e o resultado deste teste é apresentada na Figura 3.

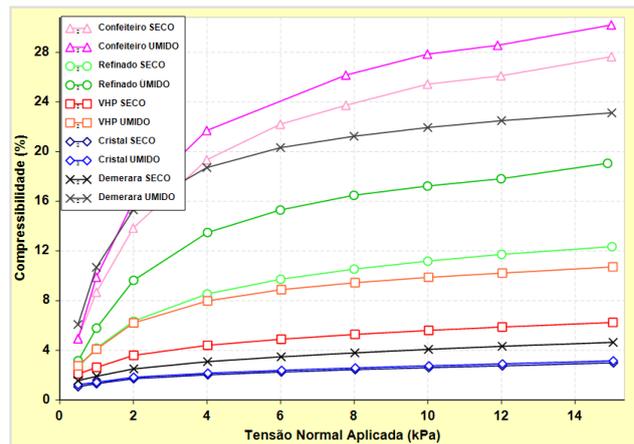


Figura 3 – Compressibilidade para amostras secas e úmidas.

A melhor compactação foi observada para o Açúcar Confeiteiro, e pode ser explicado através da morfologia do material, que por possuir dimensões menores, tem maior tendência de formar aglomerados, e maior facilidade de ocupar os espaços vazios presentes no leito, quando aplicada a força normal, e isto é intensificado quando a amostra está úmida pois a intensidade dos aglomerados é maior, obtendo um maior volume de vazios que são mais facilmente ocupados. O mesmo raciocínio ocorre para a diferenciação entre as amostras secas e as úmidas, onde a umidade intensifica as forças interparticulares aumentando a formação de aglomerados, por consequência a porosidade do leito aumenta.

4. Conclusões

Em relação a coesão, esta terá valores mais altos quanto menor for o tamanho da partícula, ou maior o teor de umidade na amostra. O açúcar Confeiteiro possui o pior manuseio devido ao tamanho de suas partículas e não ocorre alterações nas propriedades de escoamento em relação a umidade: $SI \approx 1$ em ambos os casos, devido ao seu tamanho reduzido.

O Cristal e o Demerara fluem bem, não possuem alteração de escoamento com a umidade. $SI \approx 1$ em ambos os casos, devido ao tamanho. O VHP e Refinado são influenciados pela umidade formando aglomerados diminuindo a densidade do leito de partículas.

5. Referências

- [1] JULIANO, P.; et. al., . Food Powders Flowability Characterization: Theory, Methods, and Applications. *Annu Rev Food Sci Technol.* v. 1, n. 1, p. 211–239, 2010.
- [2] FITZPATRICK, J. J.; et. al., Flow property measurement of food powders and sensitivity of Jenike’s hopper design methodology to the measured values. *J. Food Eng.*, v. 61, n. 3, p. 399–405, 2004.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário da FEI pela realização das medidas ou empréstimo de equipamentos.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI – PIBIC 163/16. Projeto com vigência de 10/16 a 09/17.