

Avaliação do efeito da umidade nas propriedades de escoamento da borra de café

Carolina Gonçalves Schulz¹, Rodrigo Condotta²

¹ Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário da FEI

² Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário da FEI
carolg.schulz@gmail.com, rcondotta@fei.edu.br

Resumo: Este projeto avaliou as propriedades de fluxo de três amostras de borra de café, com o intuito de analisar o comportamento deste material para minimizar os possíveis problemas durante seu processamento como biomassa. O estudo foi realizado para as amostras puras, misturas de granulometrias distintas e amostras com diferentes teores de umidade.

1. Introdução

Existem muitas indústrias que utilizam materiais particulados em seus processos de produção, a facilidade de processamento e manuseio destes materiais é fortemente dependente de suas propriedades de fluxo e, quando há dificuldades de escoamento, os processos se tornam ineficientes e de baixa produtividade.

O estudo das propriedades associadas à fluidez de sólidos particulados e a identificação dos principais fatores que influenciam no escoamento destes materiais são de suma importância, pois com esse estudo é possível identificar as melhores condições operacionais baseadas nas características físicas e nos parâmetros de fluidez, de maneira a minimizar os problemas comumente encontrado em indústrias que utilizam esse tipo de material, como a compactação do material durante a armazenagem e transporte, comprometendo seriamente as operações de transferência e alimentação de equipamentos [1,2].

2. Metodologia

Para a melhor compreensão das características de fluidez da borra de café, foram analisadas as propriedades de três amostras de café de granulometrias diferentes, a amostra A que apresenta granulometria mais grossa, a amostra B de granulometria média e a C que possui granulometria fina. O estudo foi realizado para as amostras puras, misturas de granulometrias distintas e amostras com diferentes teores de umidade, mediante caracterização quanto a estabilidade, taxa de fluxo, compressibilidade, permeabilidade, aeração, cisalhamento e atrito com a parede. Todos esses testes foram realizados com o auxílio do reômetro de pó FT4 (Freeman Technology).

Além disso, todas as amostras foram caracterizadas quanto a sua granulometria, com auxílio do analisador de tamanho de partículas Bluewave (MicroTrac Inc.), e também quanto ao índice de Hausner pela obtenção das densidades aparente e consolidada por meio do teste de compressibilidade, realizado com o auxílio do reômetro de pó FT4 (Freeman Technology).

3. Resultados

Os resultados referentes as principais propriedades de fluxo das amostras analisadas neste projeto encontram-se nas seguintes tabelas.

Tabela I – Amostras originais secas

| Material seco | A | B | C |
|---------------|----------|----------|----------|
| BFE (mJ) | 755,5638 | 544,7224 | 475,0209 |
| CDB (g/mL) | 0,3867 | 0,3832 | 0,2922 |
| CPS | 8,6147 | 9,5752 | 20,3221 |
| HR | 1,0943 | 1,1059 | 1,2551 |
| Fluxo | Fácil | Fácil | Médio |
| Coesão (kPa) | 0,5487 | 0,4457 | 0,9750 |

Tabela II – Misturas das amostras secas

| Material seco | 90A10C | 90B10C | 80A20C | 80B20C |
|---------------|---------|----------|--------|----------|
| BFE (mJ) | 527,81 | 507,0087 | 523,52 | 585,4163 |
| CDB (g/mL) | 0,4054 | 0,3723 | 0,3810 | 0,3678 |
| CPS | 12,6190 | 12,3029 | 15,852 | 14,0135 |
| HR | 1,1444 | 1,1403 | 1,1884 | 1,1630 |
| Fluxo | Fácil | Fácil | Fácil | Fácil |
| Coesão (kPa) | 0,7159 | 0,6405 | 0,7246 | 0,4813 |

Tabela III – Amostras com umidade

| Material úmido | A20% H2O | B20% H2O | C20% H2O |
|----------------|----------|----------|----------|
| BFE (mJ) | 1050,498 | 1079,328 | 809,7384 |
| CDB (g/mL) | 0,3676 | 0,3668 | 0,3086 |
| CPS | 15,641 | 16,9765 | 25,1603 |
| HR | 1,1854 | 1,2045 | 1,3362 |
| Fluxo | Fácil | Fácil | Médio |
| Coesão (kPa) | 0,8264 | 0,7694 | 0,9339 |

Tabela IV – Amostras com umidade

| Material úmido | A40% H2O | B40% H2O | C40% H2O |
|----------------|----------|----------|----------|
| BFE (mJ) | 2508,888 | 2525,219 | 1362,078 |
| CDB (g/mL) | 0,3824 | 0,3076 | 0,302 |
| CPS | 20,2527 | 28,5385 | 28,5992 |
| HR | 1,254 | 1,3994 | 1,3017 |
| Fluxo | Médio | Médio | Médio |
| Coesão (kPa) | 0,6043 | 1,0200 | 0,6833 |

Tabela V – Amostras com umidade

| Material úmido | A60% H2O | B60% H2O | C60% H2O |
|----------------|----------|-----------|----------|
| BFE (mJ) | 1890,596 | 1564,8860 | 1182,899 |
| CDB (g/mL) | 0,4086 | 0,3729 | 0,2981 |
| CPS | 32,9845 | 38,8902 | 47,8286 |
| HR | 1,4922 | 1,6364 | 1,9185 |
| Fluxo | Difícil | Difícil | Difícil |
| Coesão (kPa) | 0,90083 | 0,8339 | 1,9215 |

Dentre as propriedades analisadas, destaca-se o parâmetro BFE (Basic Flowability Energy) obtido no teste de estabilidade e taxa de fluxo variável, por meio deste é possível identificar a amostra que necessita de maior energia para iniciar o fluxo, já que este parâmetro representa a energia total dispendida pela lâmina ao atravessar o leito de material sob velocidade constante. Os dados de BFE mostram que o material A consome mais energia, o que pode ser explicado pelo fato deste material apresentar a maior granulometria e também ser o material mais denso, comprovado pela densidade aparente (Conditioned Bulk Density – CDB). O raciocínio contrário é verdadeiro e verificado pelos resultados da amostra C, material de menor granulometria, que possui a menor densidade aparente e necessita de menos energia para iniciar o fluxo.

Comparando o parâmetro BFE das amostras secas e das amostras com umidade, nota-se que quanto maior a quantidade de água maior a energia necessária para introduzir o fluxo, isso se deve ao fato da umidade aumentar a coesão do material, devido ao desenvolvimento das forças capilares que aumentam a interação entre as partículas e facilita a formação de aglomerados.

Por meio do teste de compressibilidade é possível verificar se o material analisado é propenso à coesão, já que quanto maior a taxa de compressibilidade (Compressibility Index – CPS), maior a quantidade de ar presente no leito da amostra. Materiais coesivos possuem facilidade de gerar aglomerados de partículas, assim alto volume de ar no leito indica que o material analisado é coesivo. O teste em questão indica que a amostra C, granulometria mais fina, e as amostras com umidade são mais compressíveis, logo são as amostras mais propensas à coesão.

Além disso, com os dados do teste de compressibilidade determinou-se o índice de Hausner (Hausner ratio – HR), relação entre as densidades compactada e aparente. Trata-se de um parâmetro qualitativo, que é usado para avaliar indiretamente as propriedades de fluxo dos pós, através dele é possível obter uma classificação de escoabilidade, a qual indica maior dificuldade de fluxo para a amostra C e as amostras com umidade [2].

O teste de cisalhamento granular é o único que determina de forma quantitativa a coesão de um material. Os valores de coesão da tabela são referentes à tensão normal de 9kPa. Neste teste também são determinadas duas tensões importantes para a análise

das condições de fluidez dos pós, a tensão de ruptura no estado não confinado, tensão normal necessária para fraturar um compacto de pó consolidado, e a tensão principal máxima, referente a carga de compressão principal equivalente à combinação das tensões da carga normal e de cisalhamento tangencial aplicada ao sólido no momento da consolidação. Essas tensões são fundamentais para o desenvolvimento de equipamentos industriais que processam sólidos particulados [3].

4. Conclusões

Através dos experimentos realizados foi possível caracterizar as amostras de borra de café frente aos diversos tipos de ensaios, tais como estabilidade, taxa de fluxo variável, compressibilidade, permeabilidade, aeração, cisalhamento e fricção com a parede.

Em relação as amostras puras, foram constatados resultados coerentes com o esperado, em que a amostra C por ter a menor granulometria apresenta maior coesão do que as demais amostras, já o material A por possuir as partículas mais grossas exibe menor coesão, enquanto o material B apresenta resultados intermediários, pois possui a granulometria média.

Em relação as misturas, notou-se que a adição de C alterou de maneira significativa as propriedades de fluxo dos materiais A e B na maioria dos testes realizados.

Já as amostras com teor de umidade, o esperado era que a adição de água ocasionasse o aumento da coesão do material, o que também pode ser observado na maioria dos testes realizados.

5. Referências

- [1] Carson J.W., Troxel T. G., Bengtson K.E., Successfully Scale Up Solids Handling. Jenike & Johanson, Inc., 2008.
- [2] CAMPOS, M. M., Análise da Escoabilidade de Pós. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, UFSCar, 2012.
- [3] SCHULZE, D. Flow Properties of Powders and Bulk Solids. Disponível em: Acesso em dezembro 2018.

Agradecimentos

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

¹ Aluno de IC do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Projeto com vigência de 08/18 a 08/19.