

# PROPOSTA EXPERIMENTAL PARA SEPARAÇÃO MECÂNICA E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE MATERIAIS PARTICULADOS

Giovani Renato Zonta<sup>1</sup>

Cristian Bernardi<sup>2</sup>

Centro Universitário Leonardo da Vinci-UNIASSELVI

## RESUMO

*Diversos métodos de separação mecânica são empregados com o objetivo de obter materiais homogêneos, separados em frações com partículas uniformes. Dentre estes métodos, os mais comuns são o peneiramento, elutriação e centrifugação. A proposta experimental sugerida se baseia em uma análise granulométrica da areia através de uma separação mecânica com a utilização das peneiras sobre um agitador elétrico.*

Palavras-chave: Peneiramento. Análise Granulométrica. Separação mecânica.

## 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das propriedades dos sólidos particulados é fundamental para o estudo de muitas operações unitárias como a fragmentação, o peneiramento, a fluidização, a mistura, o armazenamento, as separações mecânicas, o escoamento de fluidos através de leitos granulares e a adsorção.

Segundo Massarani (2002), as propriedades podem ser classificadas em duas categorias:

- Função da natureza das partículas (forma, dureza, massa específica, calor específico e

condutividade térmica das partículas).

- Função da associação com o sistema (densidade aparente, área específica, permeabilidade e ângulo de repouso natural).

Ainda de acordo com Massarani (2002), as propriedades da segunda categoria, ou seja, as propriedades do leito poroso constituído das partículas sólidas separadas umas das outras na amostra, dependem principalmente da porosidade do leito, que por sua vez está associada à distribuição granulométrica das partículas, além de outros fatores.

1 Docente de disciplinas do curso de Engenharia de Produção do Núcleo de Ensino a Distância (NEAD) do Centro Universitário Leonardo da Vinci.

2 Docente de disciplinas do curso de Engenharia de Produção do Núcleo de Ensino a Distância (NEAD) do Centro Universitário Leonardo da Vinci.

Dentre os vários métodos de separação, o mais prático é a análise granulométrica, que consiste em passar o material por uma série de peneiras com aberturas de malha padronizadas onde cada uma delas retém certa quantidade de sólidos da amostra. Os diâmetros da partícula geralmente variam de 7 cm e 40  $\mu\text{m}$  na separação granulométrica por peneiras.

No peneiramento, as partículas encontram uma série de aberturas iguais que constituem uma sequência de gabaritos de acordo com o tamanho da partícula. Para Gomide (1980), a análise das peneiras apresenta três grandes dificuldades:

- Nas peneiras comerciais as aberturas não são todas idênticas, apesar de haver a possibilidade de minimizar os desvios em relação à homogeneidade com peneiras da melhor qualidade.
- As superfícies de peneiramento e os fios da malha danificam-se com facilidade durante o processo de uso e limpeza das peneiras.
- As partículas devem ser eficientemente colocadas nas aberturas da peneira.

Distinguem-se pelo tamanho, cinco tipos de sólidos particulados. Esta é uma classificação descritiva a partir de seus diâmetros médios:

- pós (partículas de 1 m até 0,5 mm);
- sólidos granulares (partículas de 0,5 a 10 mm);
- blocos pequenos (1 a 5 cm);
- blocos médios (5 a 15 cm);
- blocos grandes (maiores do que 15 cm).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA

Tanto a especificação da finura desejada como o cálculo da energia necessária para realizar uma operação de fragmentação, requerem a definição prévia do que se entende por tamanho das partículas do material. A determinação de outras características do produto moído também exige o conhecimento prévio da granulometria e geometria das partículas que o constituem. Este estudo é uma base para outras operações unitárias, como a mistura, as separações inerciais e a adsorção, além de ser importante em processos como a catálise heterogênea. Muitas vezes as propriedades sofrem a influência marcante da sua granulometria. O efeito tóxico de certas poeiras e materiais particulados dependem da distribuição granulométrica, além da composição química.

### 2.2 MATERIAIS HETEROGÊNEOS

Os materiais heterogêneos devem ser separados em frações com partículas uniformes por qualquer dos métodos de separação: decantação, elutriação, centrifugação etc. O método mais prático, no entanto, consiste em passar o material através de uma série de peneiras com malhas progressivamente menores, onde cada uma delas retém uma parte da amostra. Esta operação, conhecida como análise granulométrica, é aplicada a partículas de diâmetros compreendidos entre 7 cm e 40  $\mu\text{m}$ . O material retido em cada peneira tem sua massa aferida separadamente, sendo a sua quantidade relacionada com a abertura da malha que o reteve.

A análise granulométrica é realizada com peneiras padronizadas quanto à abertura das malhas e à espessura dos fios de que são feitas. Há diversas séries de peneiras padronizadas, sendo mais utilizadas as do

British Standard (BS), do Institute of Mining and Metallurgy (IMM), do National Bureau of Standards e a série Tyler, que é a mais utilizada no Brasil (GOMIDE, 1980 e FOUST et al, 1982).

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum_i^n \frac{\Delta X_i}{D_i}}{\sum_i^n \frac{\Delta X_i}{D_i^3}}} \quad (2)$$

### 2.3 MÓDULO DE FINURA

A classificação de um material particulado, como por exemplo, a areia, é realizada através do Módulo de Finura (MF), de acordo com a equação 1. O módulo de finura é o valor resultante da soma das frações percentuais acumuladas em todas as peneiras dividido por 100. Quanto maior o módulo de finura mais grossa é a areia. Para a classificação, padroniza-se:

- MF < 2,4 = areia é caracterizada como fina;
- MF > 2,4 e MF < 3,9 = areia é caracterizada como média;
- MF > 3,9 = areia é caracterizada como grossa.

$$MF = (\sum \%Acumulada \text{ (sem a peneira de fundo de retenção)}) / 100 \quad (1)$$

### 2.4 DIÂMETRO MÉDIO SUPERFICIAL DAS PARTÍCULAS

O diâmetro médio superficial é o diâmetro da partícula de superfície externa média, que é a partícula cuja superfície externa, ao ser multiplicado pelo número de partículas da amostra, fornece a superfície externa total da amostra. Esse diâmetro é importante para se caracterizar materiais como os adsorventes e catalisadores sólidos, cuja atividade depende da superfície externa. É também apropriado para o estudo do escoamento de fluidos através de leitos porosos e para calcular velocidades de dissolução, energia de moagem e difusão da luz.

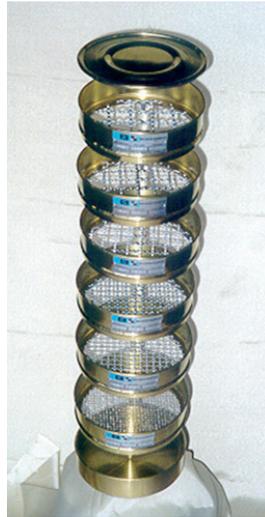
O diâmetro médio superficial é calculado pela equação 2 a seguir.

Onde o termo  $\Delta X_i$  é a fração ponderal de material particulado retido em cada peneira e o termo  $D_i$  é o diâmetro médio da partícula retida em cada peneira (esta informação é obtida pela padronização das aberturas de malha de cada peneira ou seu valor de MESH).

## 3 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Para a realização da análise granulométrica é utilizado um agitador por vibração com temporizador e um conjunto de peneiras da série Tyler (9, 14, 20, 28, 32 Tyler), como indicado na figura 1. A aferição da massa da amostra de material particulado é realizada em balança digital com precisão de duas casas decimais.

FIGURA 1 – CONJUNTO DE PENEIRAS DA SÉRIE TYLER



FONTE: O autor

### 3.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O experimento consiste em acondicionar a amostra previamente seca (em estufa ou sob o sol) sobre a peneira mais grossa utilizada no ensaio e agitar em ensaio padronizado o conjunto de peneiras colocadas umas sobre as outras na ordem decrescente da abertura das malhas. As amostras de material particulado indicadas para o experimento são

areias de diferentes granulometrias, açúcar ou misturas de britas.

Abaixo da última peneira há uma panela que recolhe a fração contendo as partículas mais finas do material e que conseguem passar através de todas as peneiras da série. A fim de padronizar o experimento, o conjunto é vibrado mecanicamente, por um tempo de 15 minutos ajustado no temporizador do equipamento (Figura 2).

FIGURA2 – CONJUNTO DE PENEIRAS EM SÉRIE SOBRE AGITADOR MECÂNICO COM TEMPORIZADOR E CONTROLE DE VIBRAÇÃO PARA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE MATERIAIS PARTICULADOS



FONTE: O autor

Terminando o experimento, as quantidades de material particulado retidas nas diversas peneiras e na peneira de fundo são determinadas por aferição de massa e as diversas frações retidas podem ser calculadas dividindo as diversas massas retidas pela massa total da amostra.

#### 4 CÁLCULOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os cálculos e interpretação dos resultados obtidos devem ser realizados em três etapas:

a) Completar a Tabela 1 a seguir:

TABELA 1 – RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO MATERIAL PARTICULADO

<i>Número da peneira (MESH)</i>	<i>Intervalo de diâmetro</i>	<i>Abertura da malha</i>	<i>Diâmetro médio da partícula</i>	<i>Massa retida (g)</i>	<i>Fração ponderal (%)</i>	<i>Fração acumulada (%)</i>

b) Construir dois gráficos cartesianos que ilustram o comportamento da curva de “Diâmetro médio da partícula x Fração Ponderal (%)” e “Diâmetro médio da partícula x Fração Acumulada (%)”.

c) Determinar o Módulo de Finura e o Diâmetro Médio Superficial para a amostra de material particulado.

O cálculo do módulo de finura permite classificar a amostra de material particulado como material fino, médio ou grosso, de acordo com os limites de tolerância descritos.

O experimento permite ainda a determinação do valor do diâmetro médio superficial para o material particulado e o valor do diâmetro médio volumétrico.

#### 5 CONCLUSÃO

Os diâmetros de partículas de materiais granulados têm grande importância para os processos industriais, como indústrias de alimentos e indústrias civis. A análise granulométrica permite observar a curva granulométrica do material, ilustrando as frações retidas em cada peneira e os diâmetros mínimos e máximos das partículas constituintes da amostra separada.

As curvas granulométricas proporcionam uma ideia da distribuição de tamanho de partículas, caracteriza a predominância de um determinado diâmetro de partícula e intervalo de variação de diâmetro.

Pode-se também trabalhar com peneiras de MESH maior que 32 ou usar mais peneiras entre os MESH utilizados no experimento proposto, o que torna a separação granulométrica do material particulado mais eficiente. A sugestão proposta para este experimento é trabalhar com diferentes materiais particulados, como diversos tipos de areias com várias granulometrias.

Algumas atividades na área de Engenharia que envolvem a aplicação de análises granulométricas são os estudos ambientais condicionados no controle de poluição atmosférica de materiais particulados e tratamento de efluentes industriais, a padronização de produtos em um processo industrial como requisito da

garantia de qualidade e a caracterização de matérias-primas e produtos na indústria. O desenvolvimento desta proposta experimental é aplicado ao curso de Engenharia de Produção com o objetivo de aplicar conceitos teóricos de disciplinas como Cálculo, Física, Ciência e Propriedade dos Materiais, Engenharia Ambiental, Engenharia da Qualidade e Processos Industriais.

## 6 REFERÊNCIAS

FOUST, Alan Shivers et al. **Princípios das operações unitárias**. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

GOMIDE, Reynaldo. **Operações unitárias: operações com sistemas sólidos granulares**. São Paulo: Gomide, 1983.

GOMIDE, Reynado. **Operações Unitárias: separações mecânicas**. São Paulo: Gomide, 1980.

MASSARANI, Giulio. **Fluidodinâmica em sistemas particulados**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2002.