

# Operações Unitárias Experimental I



**PENEIRAMENTO**

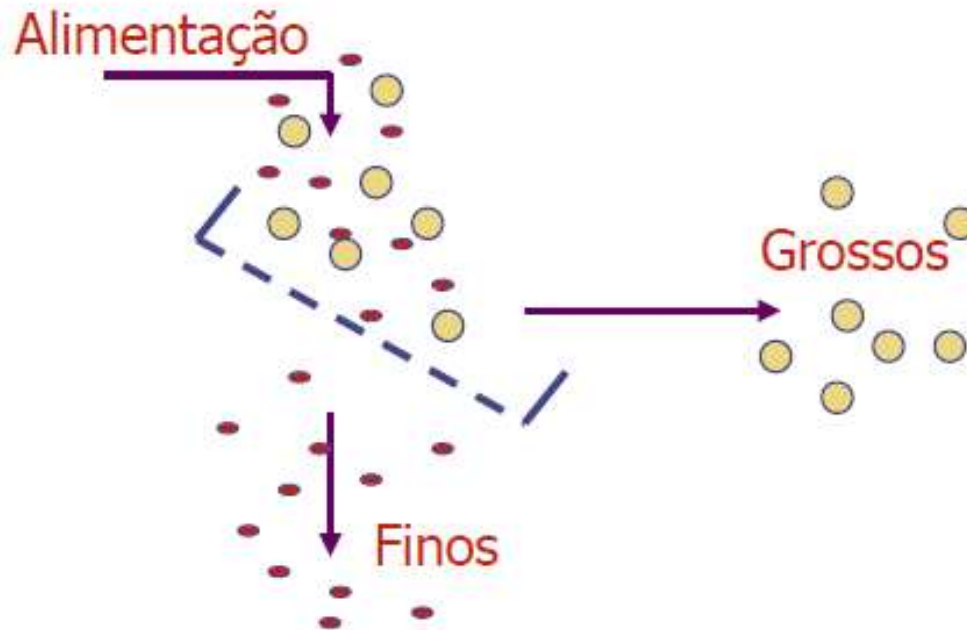
# Tamisação – Separação sólido - sólido

A tamisação (peneiramento) trata da separação de uma mistura de materiais **sólidos granulados** de diversos tamanhos em **duas ou mais porções**, cada uma delas mais **uniformes** em tamanho que a mistura original.

É uma operação mecânica que ocorre por separação através de uma superfície perfurada.

## Objetivo do peneiramento:

Separar o material alimentado na peneira em finos e grossos.



## Quanto ao numero de peneiras:

**Uma Peneira:** Separa apenas **duas frações** que são ditas não classificadas, porque **só uma das medidas** extremas de cada fração é conhecida (a da maior partícula da fração fina e a menor da fração grossa).



**Várias Peneiras:** Com **mais peneiras** será possível obter frações classificadas, cada uma das quais satisfazendo as especificações de **tamanho máximo e mínimo das partículas.**



Quando as frações são classificadas a operação passa a se chamar **Classificação Granulométrica**.

**Granulometria** – termo usado para caracterizar o **tamanho** de um material (**partículas**).

**Classificação granulométrica** – classificação das partículas de acordo com seus diâmetros (**tamanho**).

**Análise granulométrica** – seqüência de **procedimentos** de ensaio normatizados que visam **determinar** a distribuição granulométrica de determinada amostra.

**A operação de peneiramento pode ser efetuada com o material em dois estados distintos:**

**A seco: material que contém no máximo 5% de umidade;**

**A úmido: material que contém umidade superior a 5% ou processo onde a água é adicionada para elevar o rendimento.**

## Tamisação – Peneiramento (Laboratorial)

As peneiras são padronizadas para encaixarem umas nas outras, formando uma coluna de peneiração. Na base encaixa-se uma peneira "cega", denominada "panela", destinada a receber as partículas menores que atravessaram toda a coluna sem serem retidos em nenhuma das peneiras.



## Tamisação – Peneiramento (Laboratorial)

A tamisação faz-se por meio de tamises, agitados manual ou mecanicamente (15 a 20 minutos), sem compressão.

As partículas retidas em cada peneira são removidas e pesadas.

Massa das partículas em cada peneira são convertidas em frações mássicas ou em % mássica da amostra total.

As peneira são padronizadas, existindo as séries:

- B.S. – British Standard
- I.M.M. – Institute of Mining and Metarlurgy (USA)
- Série Tyler – (Americana).

Os diâmetros de abertura da malha e dos fios são tabelados e encontram nos livros de Operações Unitárias

## APPENDIX 5

### Tyler Standard Screen Scale

This screen scale has as its base an opening of 0.0029 in., which is the opening in 200-mesh 0.0021-in. wire, the standard sieve, as adopted by the National Bureau of Standards.

Mesh	Clear opening, in.	Clear opening, mm	Approximate opening, in.	Wire diameter, in.
	1.050	26.67	1	0.148
†	0.883	22.43	$\frac{1}{8}$	0.135
	0.742	18.85	$\frac{1}{4}$	0.135
†	0.624	15.85	$\frac{1}{2}$	0.120
	0.525	13.33	$\frac{3}{8}$	0.105
†	0.441	11.20	$\frac{1}{2}$	0.105
	0.371	9.423	$\frac{3}{8}$	0.092
$2\frac{1}{2}$ †	0.312	7.925	$\frac{1}{2}$	0.088
3	0.263	6.680	$\frac{3}{8}$	0.070
$3\frac{1}{2}$ †	0.221	5.613	$\frac{1}{2}$	0.065
4	0.185	4.699	$\frac{3}{8}$	0.065
5†	0.156	3.962	$\frac{1}{2}$	0.044
6	0.131	3.327	$\frac{3}{8}$	0.036
7†	0.110	2.794	$\frac{1}{2}$	0.0328
8	0.093	2.362	$\frac{3}{8}$	0.032
9†	0.078	1.981	$\frac{1}{2}$	0.033
10	0.065	1.651	$\frac{3}{8}$	0.035
12†	0.055	1.397	$\frac{1}{2}$	0.028
14	0.046	1.168	$\frac{3}{8}$	0.025
16†	0.0390	0.991	$\frac{1}{2}$	0.0235
20	0.0328	0.833	$\frac{3}{8}$	0.0172
24†	0.0276	0.701		0.0141
28	0.0232	0.589		0.0125
32†	0.0195	0.495		0.0118
35	0.0164	0.417	$\frac{1}{16}$ <None>	0.0122
42†	0.0138	0.351		0.0100
48	0.0116	0.295		0.0092
60†	0.0097	0.246		0.0070
65	0.0082	0.208		0.0072
80†	0.0069	0.175		0.0056
100	0.0058	0.147		0.0042
115†	0.0049	0.124		0.0038
150	0.0041	0.104		0.0026
170†	0.0035	0.088		0.0024
200	0.0029	0.074		0.0021
270	0.0021	0.053		
325	0.0017	0.044		

†These screens, for closer sizing, are inserted between the sizes usually considered as the standard series. With the inclusion of these screens the ratio of diameters of openings in two successive screens is as  $1:\sqrt{2}$  instead of  $1:\sqrt{2}$ .

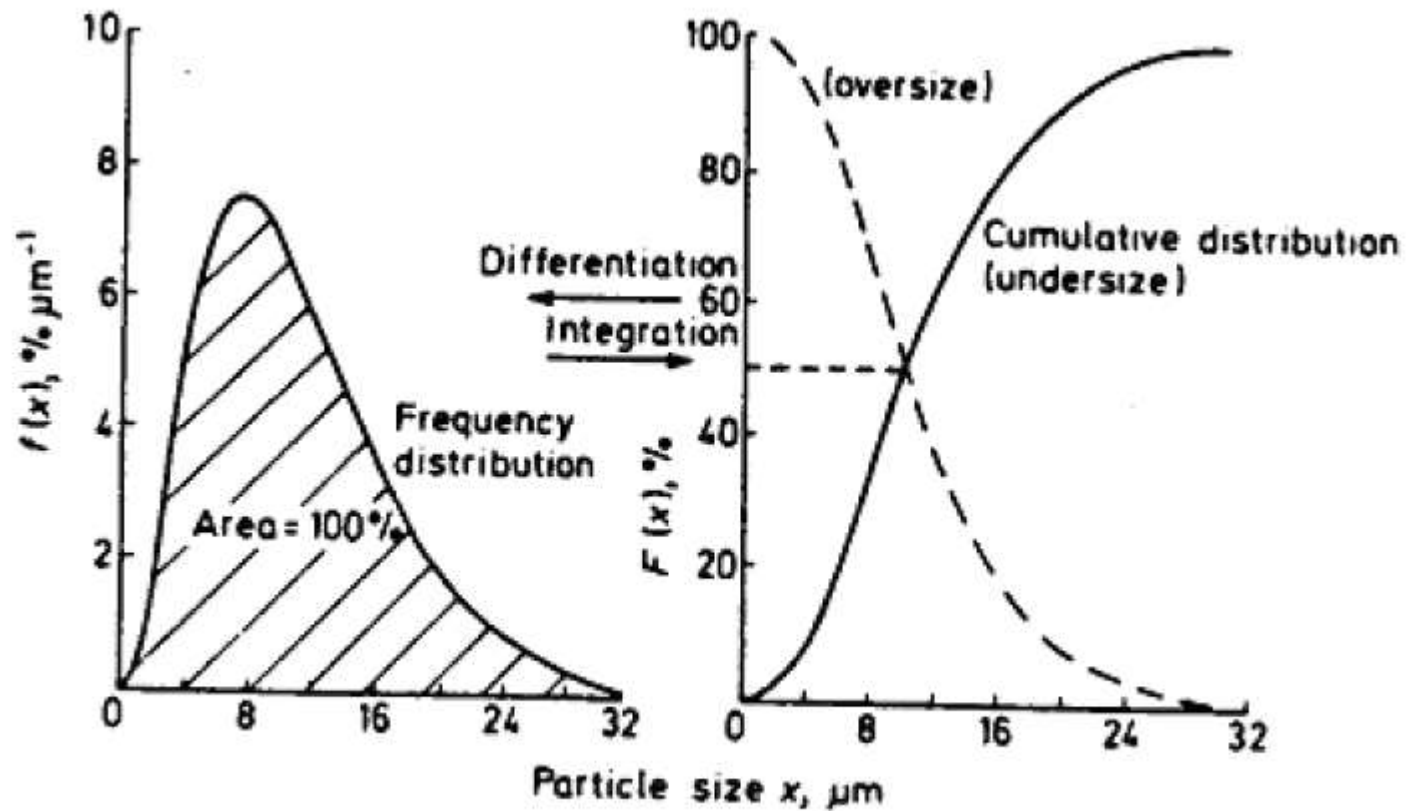


# Tamises

- A análise granulométrica é realizada com peneiras padronizadas quanto à abertura das malhas e à espessura dos fios de que são feitas.
- As aberturas das peneiras são quadradas e cada uma é identificada em mesh/in.
- MESH – número de aberturas por polegada linear.
- Peneiras são arranjadas de tal forma que exista um fator constante entre as aberturas, da maior para menor.
- N<sup>o</sup> do tamis = n<sup>o</sup> de mesh
- O fio tem um diâmetro definido que se pode afastar dentro dos limites  $d_{\max}$  e  $d_{\min}$  definidos;
- Não pode haver reação entre o tamis e o produto a tamisar;
- N<sup>o</sup> do tamis indica a abertura das malhas em micrômetros.

# Peneiramento

- Obtenção das curvas de frequência, cumulativa e o histograma para a distribuição de tamanho de partículas.



(a)

frequência

(b)

cumulativa

# Peneiramento

**A Distribuição Cumulativa é representada por 2 curvas:**

A – Fração Acumulada de Tamanho Maior ( $\varphi >$ ): em função de cada diâmetro da peneira ( $D_n$ ), é a fração acumulada retida nessa peneira ou a fração acumulada de grossos, ou seja:

$$\varphi > = \Delta x_n + \sum \Delta x_n$$

$\varphi >$  apresenta a fração da massa total que não passa através da peneira n.

B – Fração Acumulada de Tamanho Menor ( $\varphi <$ ): relaciona  $D_n$  com a fração acumulada que passa pela peneira n, ou seja:

$$\varphi < = 1 - \sum \Delta x_n$$

$\varphi <$  é a fração da massa total da amostra que passa pela peneira n, ou seja, a fração da massa total formada por partículas mais finas que  $D_n$ .

## Série Tyler

A Série Tyler é a mais comumente utilizada no Brasil.

É constituída de quatorze peneiras e tem como base uma peneira de 200 malhas por polegada (200 mesh), feita com fios de 0,053 mm de espessura, com uma abertura livre de 0,074 mm.

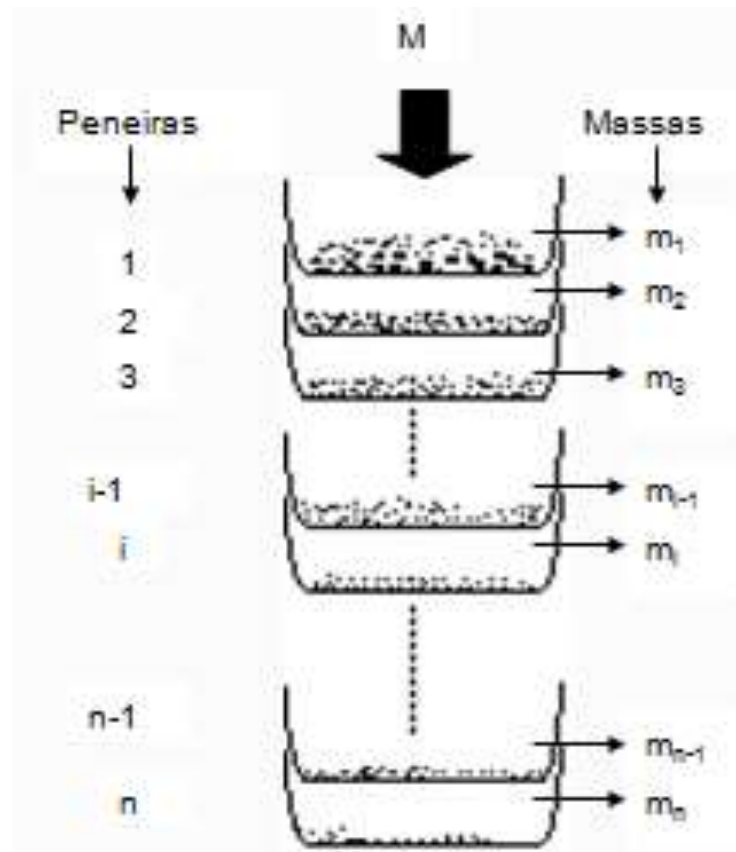
Quando se passa de uma peneira para a imediatamente superior (e.x 200 mesh para a de 150 mesh), a área da abertura é multiplicada por dois e, portanto, o lado da malha é multiplicado por raiz quadrada de dois.

Malha	Abertura livre (mm)	Diâmetro do fio (mm)
3	6,680	1,78
4	4,699	1,65
6	3,327	0,914
8	2,362	0,813
10	1,651	0,899
14	1,168	0,635
20	0,833	0,437
28	0,589	0,318
35	0,417	0,310
48	0,295	0,234
65	0,208	0,183
100	0,147	0,107
150	0,104	0,066
200	0,074	0,053
Panela	< 0,074	< 0,053



## Frações retidas nas peneiras

As quantidades retidas nas peneiras e na panela são determinadas por pesagem e as diversas frações retidas podem ser calculadas dividindo-se as diversas massas retidas pela massa total da amostra.



Fração retida na peneira

$$x_i = \frac{m_i}{M}$$

Esta fração poderá ser caracterizada de dois modos:

- 1) Como a fração que passou pela peneira  $i-1$  e ficou retida na peneira  $i$ . Se estas forem as peneiras 14 e 20, respectivamente, será a fração 14/20 ou  $-14+20$ .
- 2) Como a fração representada pelas partículas de diâmetro igual a média aritmética das aberturas das malhas das peneiras  $i$  e  $i-1$ . No caso, será a fração com partículas de tamanho ( $D_i$ ):

Malha	Abertura livre (mm)	Diâmetro do fio (mm)
14	1,168	0,635
20	0,833	0,437

$$\bar{D}_i = \frac{0,833 + 1,168}{2} = 1,000 \text{ mm}$$

	Intervalo de diâmetro (Tyler)
14	+ 14
20	- 14 + 20
28	- 20 + 28
35	- 28 + 35
48	- 35 + 48
65	- 48 + 65
	- 65

# **Equipamentos Industriais**

## **Tipos de equipamentos**

**Os equipamentos utilizados no peneiramento podem ser divididos em três tipos:**

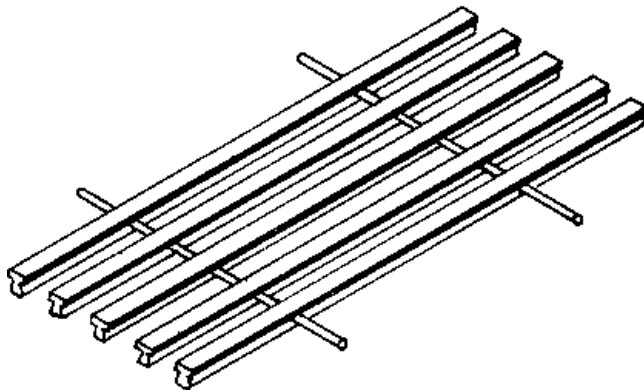
- 1) Grelhas - constituídas por barras metálicas dispostas paralelamente, mantendo um espaçamento regular entre si;**
- 2) Crivos - formados por chapas metálicas planas ou curvas, perfuradas por um sistema de furos de várias formas e dimensão determinada;**
- 3) Telas - constituídas por fios metálicos trançados geralmente em duas direções ortogonais, de forma a deixarem entre si "malhas" ou "aberturas" de dimensões determinadas, podendo estas serem quadradas ou retangulares.**

## Classificação de acordo com o movimento

Esses equipamentos podem ser classificados de acordo com o seu movimento, em duas categorias:

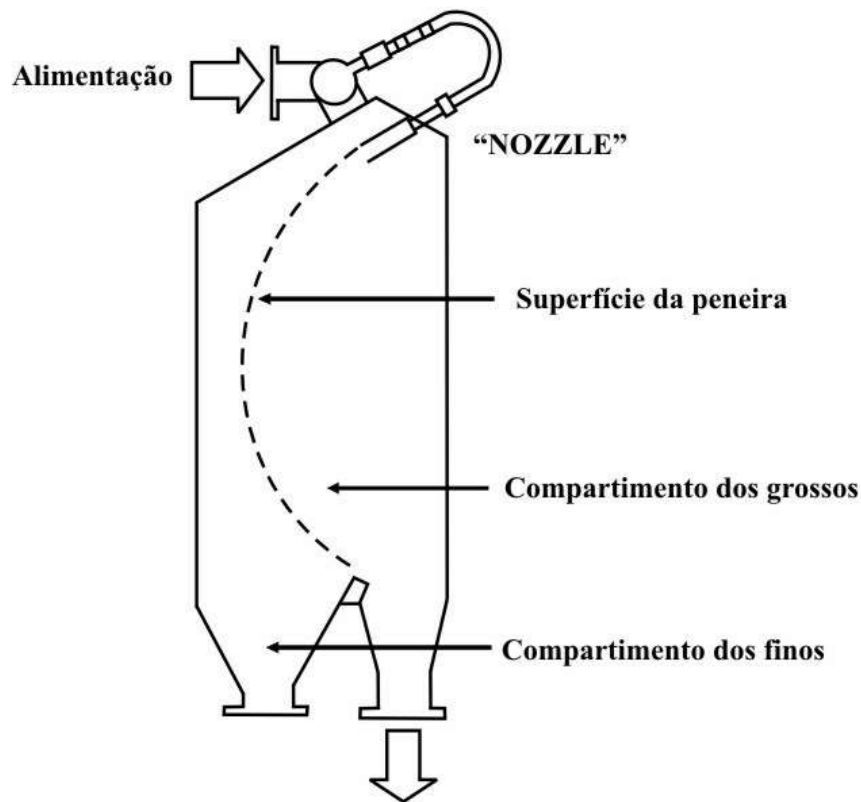
a) **Fixas** - a única força atuante é a força de gravidade e por isso esses equipamentos possuem superfície inclinada. Como exemplo temos grelhas fixas e peneiras DSM.

**Grelhas fixas** - estas consistem de um conjunto de barras paralelas espaçadas por um valor pré-determinado, e inclinadas na direção do fluxo da ordem de  $35^\circ$  a  $45^\circ$ . Sua eficiência é baixa (60%), porque não havendo movimento não ocorre a estratificação, que facilita a separação.



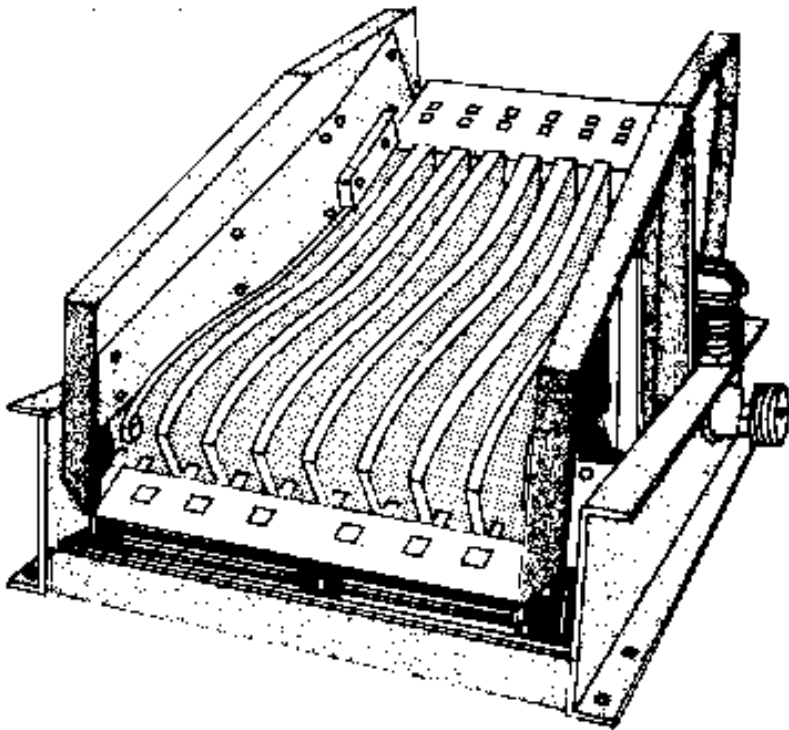


**Peneiras fixas:** as peneiras fixas DSM (Dutch State Mines) são utilizadas para desaguamento de suspensões e para uma separação precisa de suspensões de partículas finas. Compreende uma base curva formada por fios paralelos entre si, formando um ângulo de 90° com a alimentação. A alimentação é feita por bombeamento na parte superior da peneira sendo distribuída ao longo de toda a extensão da peneira.



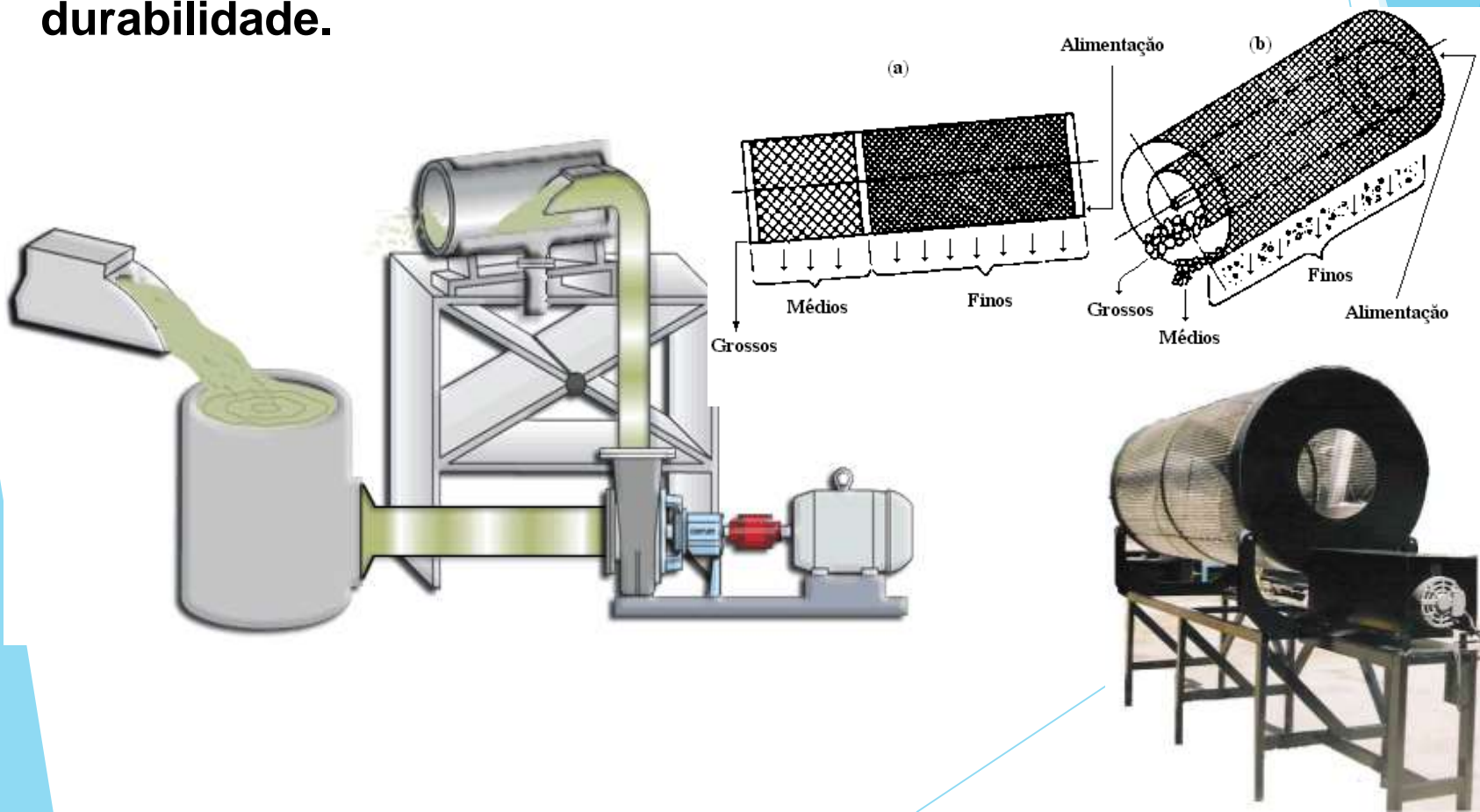
**b) Móveis - grelhas rotativas, peneiras rotativas e peneiras vibratórias.**

**Grelhas vibratórias - são semelhantes às grelhas fixas, mas sua superfície está sujeita a vibração. São utilizadas antes da britagem primária.**



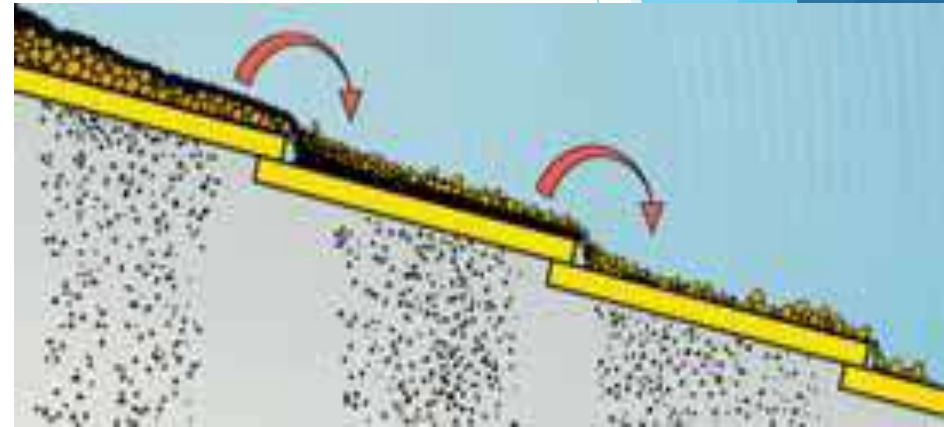
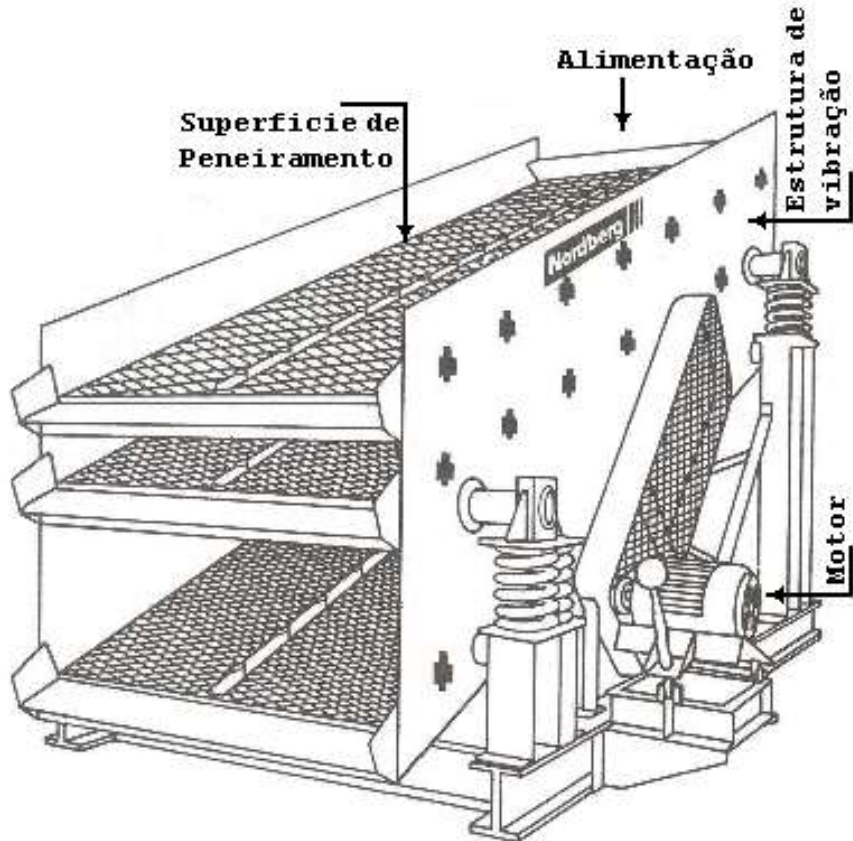
**Peneiras rotativas (*trommel*)** - estas peneiras possuem a superfície de peneiramento cilíndrica ou ligeiramente cônica, que gira em torno do eixo longitudinal. O eixo possui uma inclinação que varia entre  $4^\circ$  e  $10^\circ$ , dependendo da aplicação e do material nele utilizado. Podem ser operadas a úmido ou a seco.

As principais vantagens dos *trommels* são sua simplicidade de construção e de operação, seu baixo custo de aquisição e durabilidade.



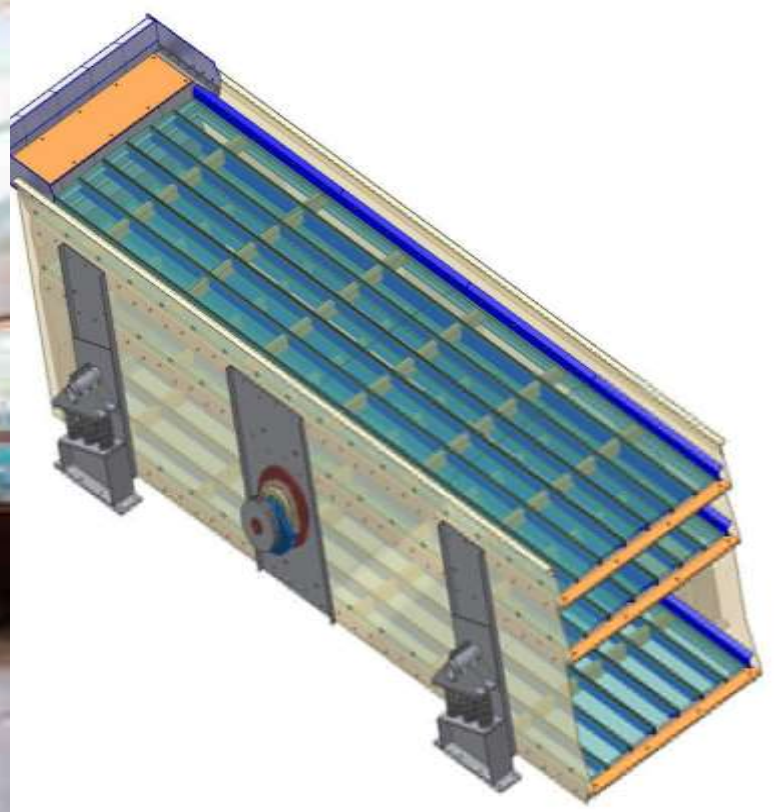
**Peneiras vibratórias - o movimento vibratório é caracterizado por impulsos rápidos de pequena amplitude (1,5 a 25 mm) e de alta freqüência (600 a 3.600 movimentos por minuto).**

**As peneiras vibratórias podem ser divididas em duas categorias: com movimento retilíneo, (peneiras vibratórias horizontais); e aquelas em que o movimento circular ou elíptico neste mesmo plano (peneiras vibratórias inclinadas).**





**Crivos: formados por chapas metálicas planas ou curvas, perfuradas por um sistema de furos de várias formas e dimensão determinada;**



## **Cálculo de Eficiência de Peneiramento**

**A eficiência de peneiramento é a qualidade de separação que a peneira nos fornece. Esta eficiência pode ser expressa em termos de:**

**a) Eficiência de remoção dos passantes  
(escolha das partículas não passantes).**

**O produto considerado válido é o material retido na tela. Neste caso, a intenção é recuperar o máximo do material retido, existente na alimentação.**

**b) Eficiência de recuperação dos passantes  
(o material fino que passa pela tela).**

**O produto considerado é o material passante na tela. Neste caso, deseja-se recuperar o máximo possível do material passante existente na alimentação.**

### c) Eficiência de peneira (processo)

Os produtos considerados são o material passante e não passante. O cálculo é realizado segundo a fórmula:

Eficiência de Peneira (E):

$$E = \frac{P \times X_{D,P}}{F \times X_{D,F}} \left[ 1 - \frac{P (1 - X_{D,P})}{F (1 - X_{D,F})} \right]$$

Simbologia:

**P** = Massa do produto obtido no peneiramento.

**F** = Massa de alimentação.

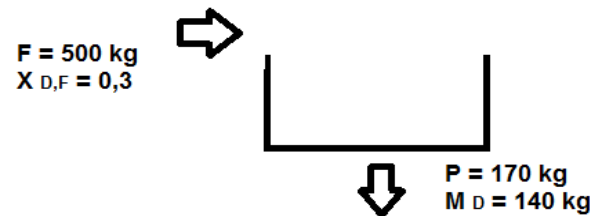
**X<sub>D,P</sub>** = Fração desejada no produto.

**X<sub>D,F</sub>** = Fração desejada na alimentação.



### Exemplo:

Uma peneira é alimentada com 500 kg de cevada moída que apresenta 30% da fração desejada (partículas menores que a abertura da peneira em análise). Após o processo de peneiramento verifica-se que o produto apresenta uma massa de 170 kg com uma quantidade de partículas desejadas de 140 kg. Calcular a eficiência da peneira.



Cálculo de  $X_{D,P}$

$$X_{D,P} = \frac{140 \text{ Kg} \times 100\%}{170 \text{ kg}} = \frac{82\%}{100} = 0,82$$

$$E = \frac{P \times X_{D,P}}{F \times X_{D,F}} \left[ 1 - \frac{P(1 - X_{D,P})}{F(1 - X_{D,F})} \right]$$

$$E = \frac{170 \times 0,82}{500 \times 0,3} \times \left[ 1 - \frac{170 \times (1 - 0,82)}{500 \times (1 - 0,3)} \right] = 0,847$$

# Exercício (0,5 na nota da prova) – Entregar 27/03

Considere a seguinte análise de peneiramento efetuada para partículas de um cristal de sal moído.

Peneira (Tyler)	Massa Retida
+ 08	12.6
- 08 + 10	38.7
-10 + 14	50.0
-14 + 20	63.7
-20 + 28	32.5
-28 + 35	17.4
-35 + 48	11.2
-48 + 65	7.8
-65 + 100	3.7
-100 + 150	2.6
-150 + 200	1.8
	1.1

Obter o histograma, as curvas diferencial e cumulativas e calcular o Diâmetro Médio de Sauter.