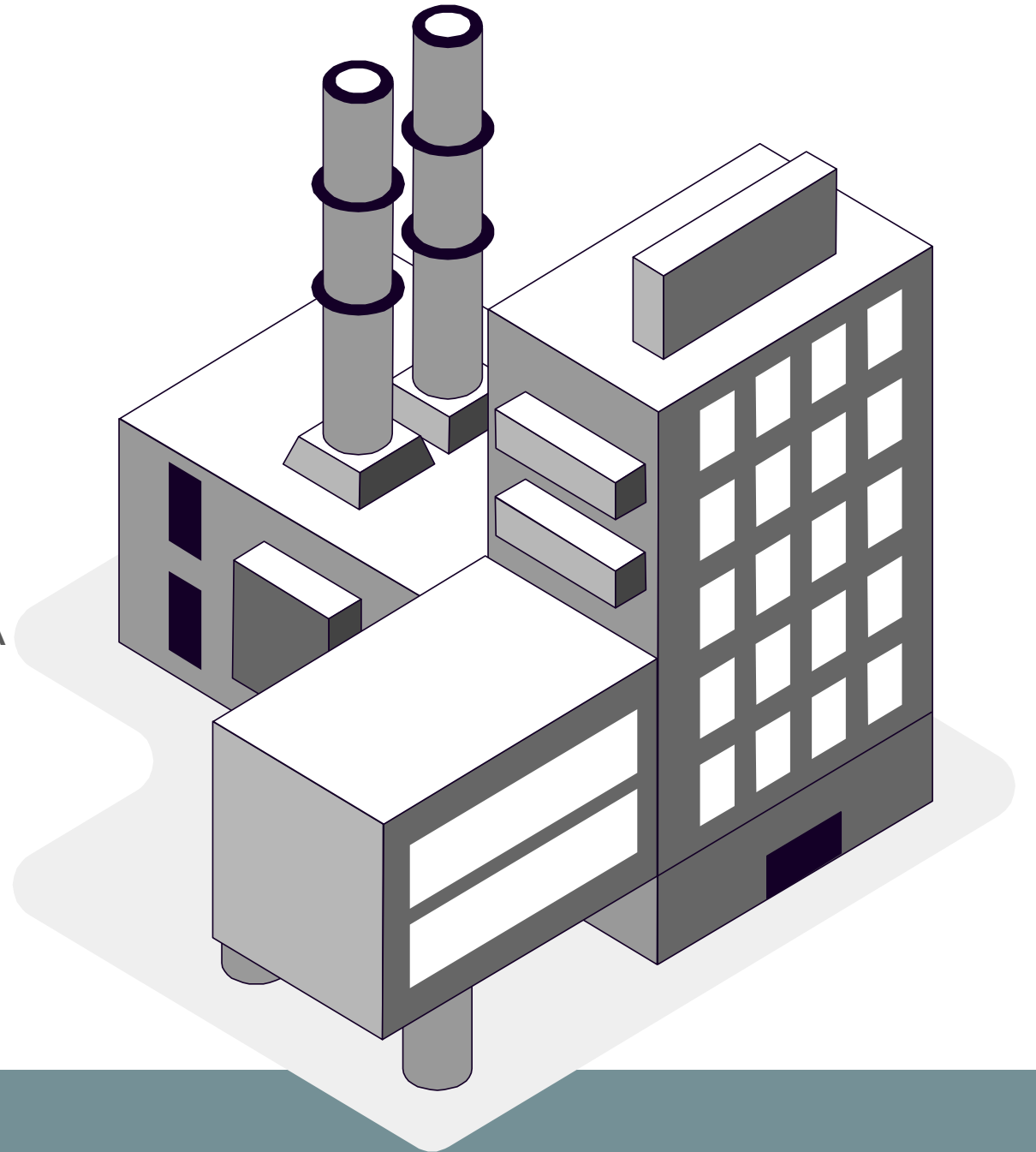


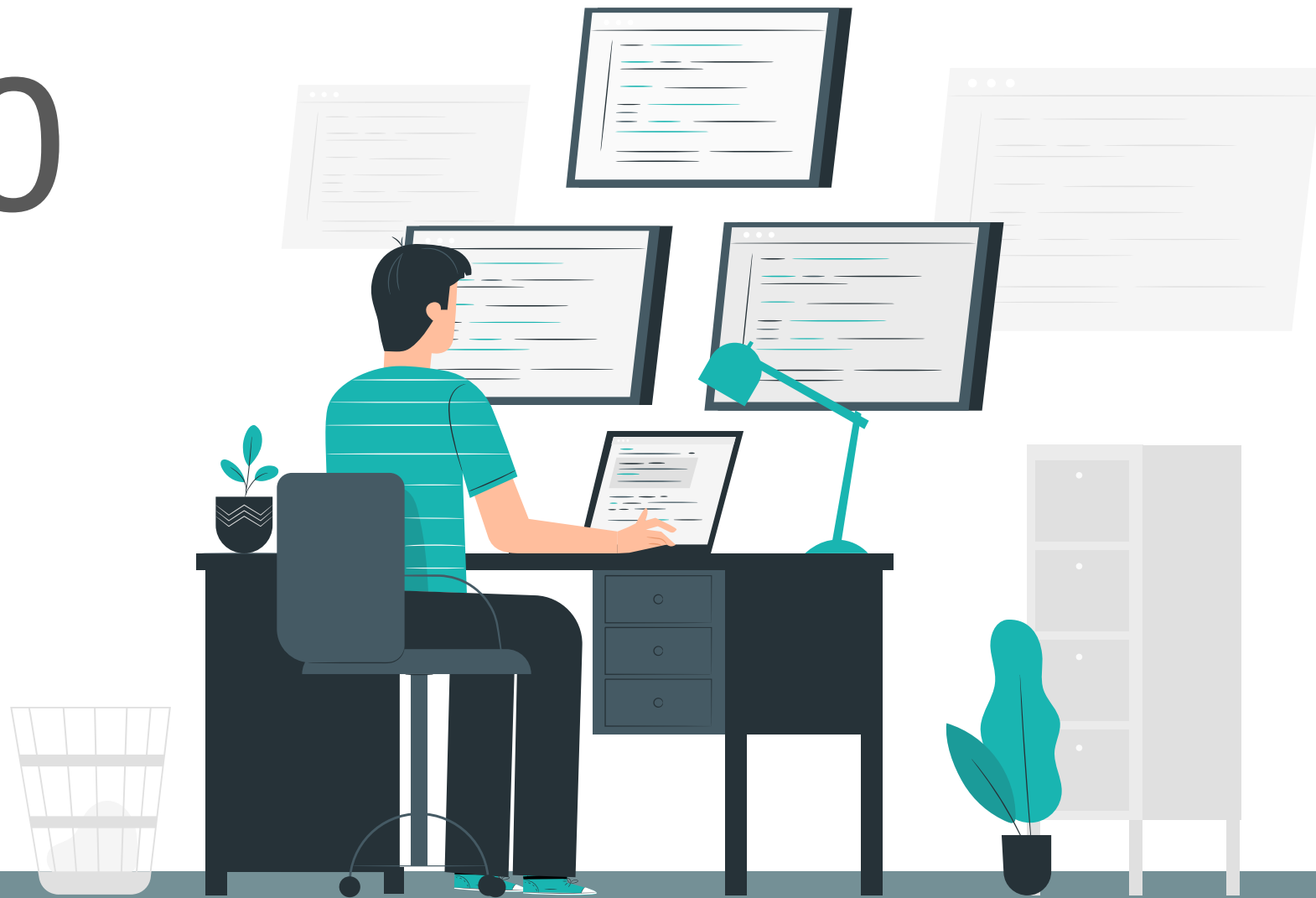
# OPERAÇÕES UNITÁRIAS III

PROFª KASSIA G SANTOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
UFTM



# AULA 20

## FILTRO DE TAMBOR ROTATIVO À VÁCUO



# FILTRO DE TAMBOR ROTATIVO À VACUO

Patente de 1908 (Edwin Oliver, Dorr Oliver Corporation (1910)

No Brasil foi instalado pela primeira vez em 1927 em uma usina de Açúcar e Álcool.

Suspensões uniformes e concentradas (sólido não sedimenta rápido)

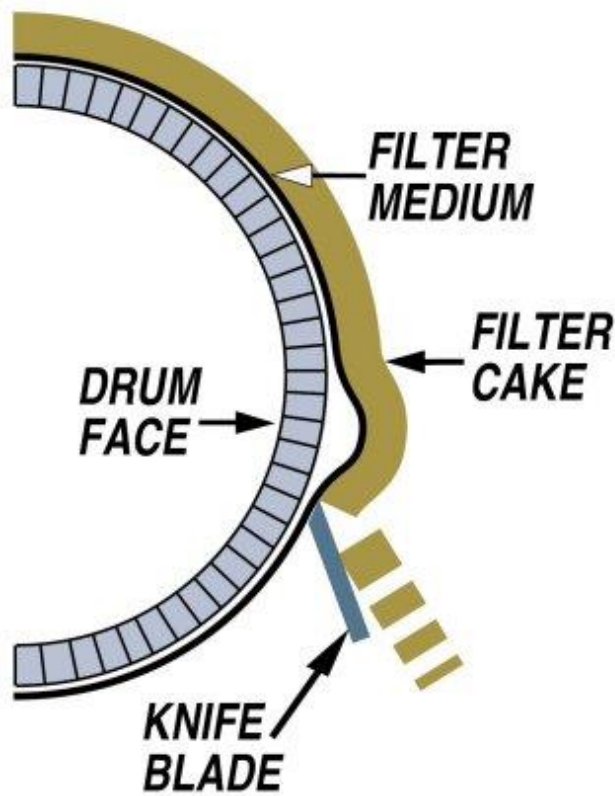
Torta com secagem rápida

Requer 1 ou duas etapas de lavagem da torta

É aceitável filtrados com baixa % finos



## Scraper Discharge



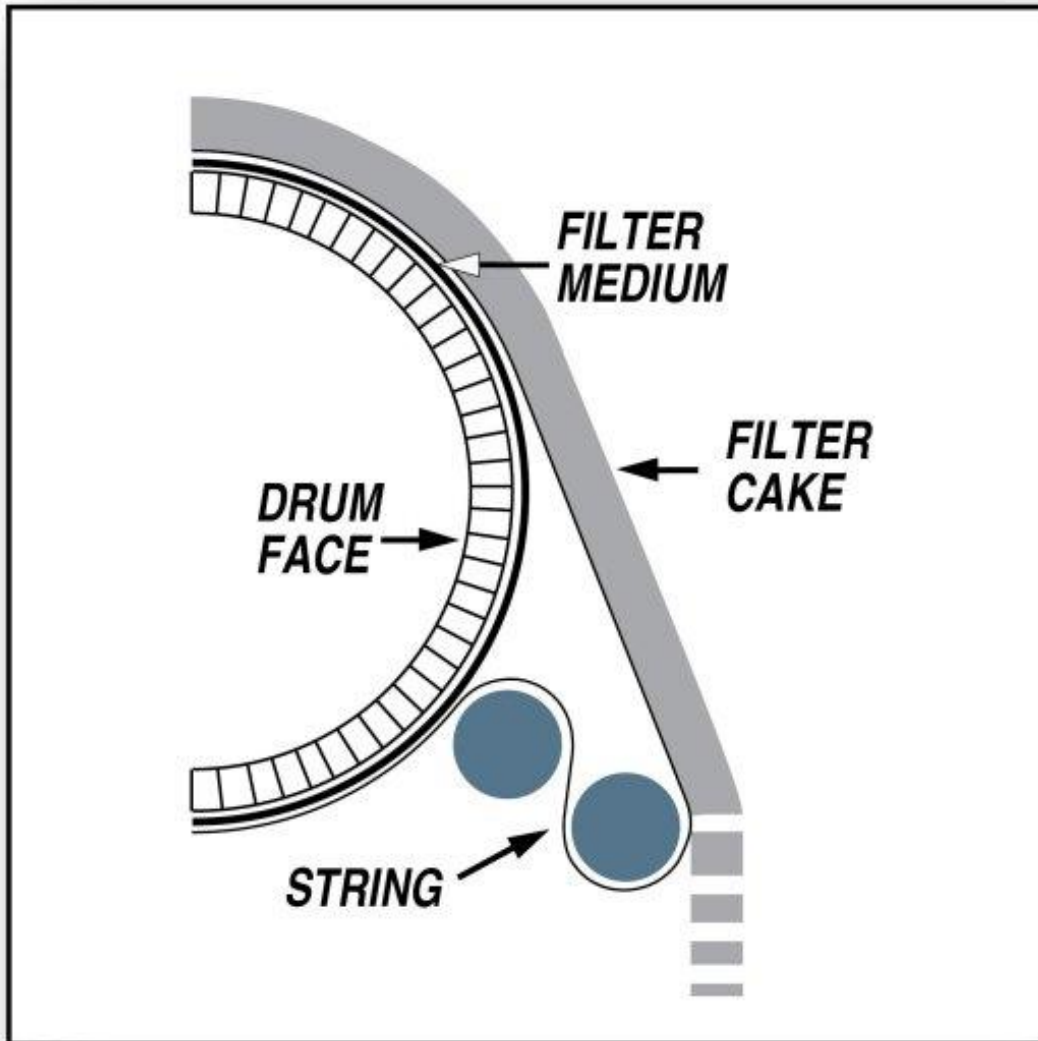
### Indicado para:

- ☐ Para materiais de filtragem rápida.
- ☐ Para filtrar / desidratar sólidos granulares ou cristalinos.
- ☐ Para descarregar tortas com mais de 1/4 'de espessura.
- ☐ Para tortas que não requerem a lavagem do MF.

### Aplicações Típicas de Descarga de Raspador

- ☐ Dessulfuração de gases de combustão
- ☐ Desidratação de Gesso
- ☐ Químicos e minerais inorgânicos
- ☐ Processamento de Pigmento
- ☐ Resinas Plásticas (Polímeros)
- ☐ Compostos de Cálcio
- ☐ Dióxido de titânio
- ☐ Desparafinação de óleo comestível

# String Discharge



Filtros de **descarga de cordas** utilizam cordas paralelas bem espaçadas para levantar a torta do pano. Os fios passam então por um rolo de descarga e a torta é solta. Uma vez que nenhum desgaste mecânico ocorre no meio filtrante, uma longa vida útil é garantida.

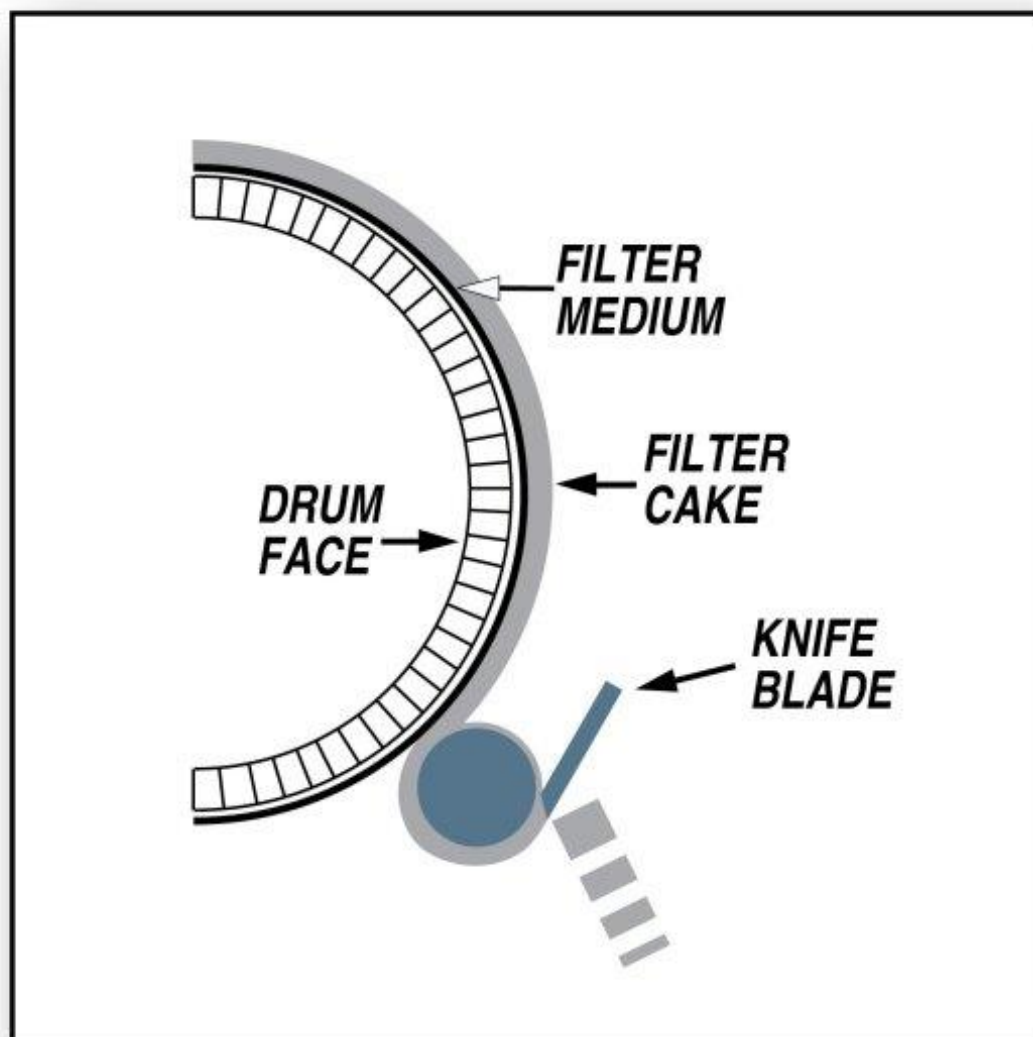
### Indicado:

- ☐ Para descarregar bolos coesivos.
- ☐ Para descarregar bolos gelatinosos.

### Aplicações típicas de descarga de cordas:

- ☐ Amido
- ☐ Suco de frutas
- ☐ Caldos de fermentação
- ☐ Processamento de minerais

## Roll Discharge



### Indicado:

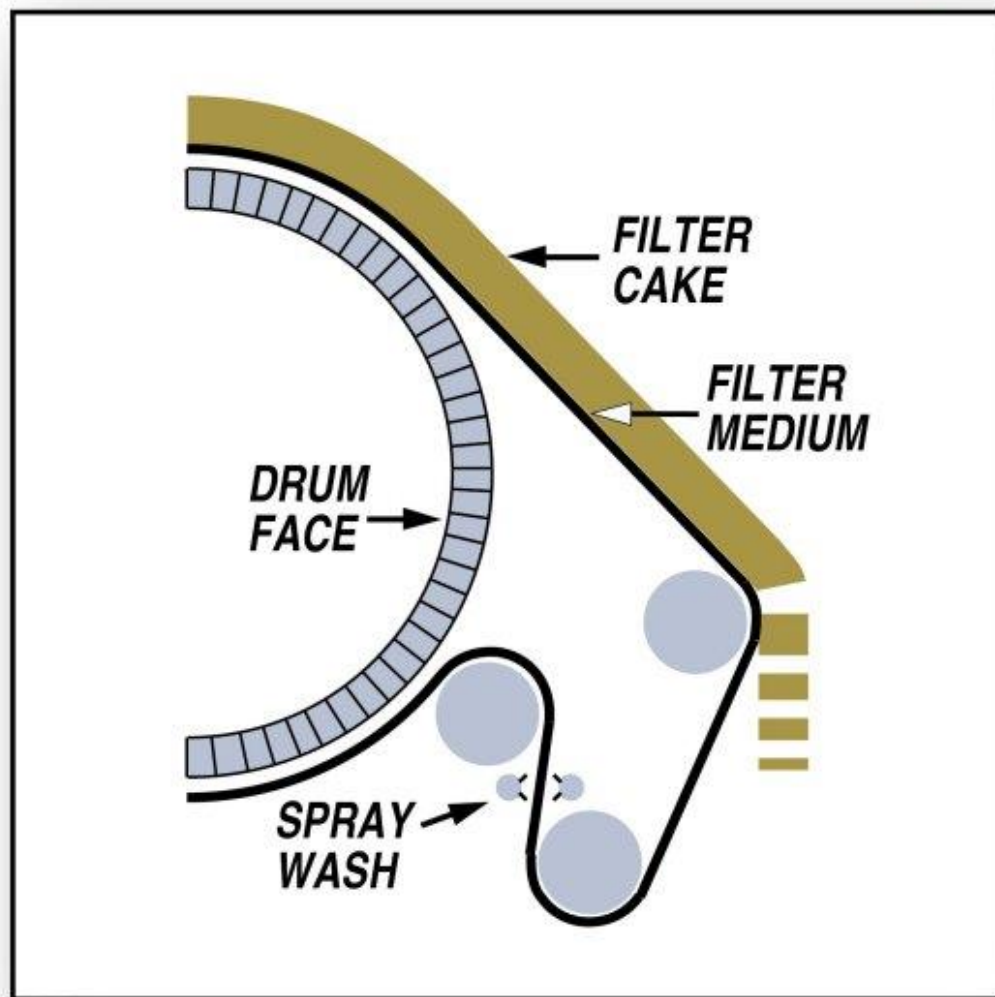
- ☐ Para descarregar bolos muito finos e pegajosos (pegajosos).
- ☐ Para descarregar materiais dilatantes e tixotrópicos.
- ☐ Para aplicações com tamanhos de partículas muito pequenos.

### Aplicações típicas de descarga de rolo:

- ☐ Kaolin
- ☐ Dióxido de titânio
- ☐ Pigmentos
- ☐ Materiais Cerâmicos
- ☐ Hidróxido de Magnésio



## Flexibelt® Discharge



A descarga possui uma correia de filtro que passa sobre um rolo de descarga de velocidade variável com hélice elevada para a remoção positiva da torta.

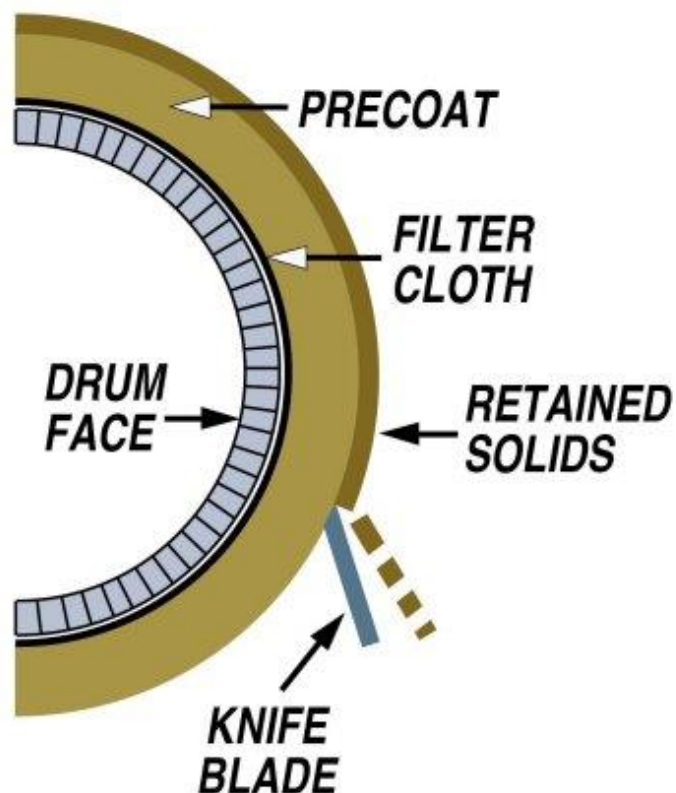
### Indicações:

- ☐ Onde a lavagem do meio filtrante é necessária para evitar obstrução.
- ☐ Para a descarga de tortas finas.
- ☐ Para descarga de torta seca ou descarga de torta de eclusa (úmida).

### Aplicações Típicas de Descarga Flexibelt®

- ☐ Glúten de milho
- ☐ Amido
- ☐ Farmacêutica
- ☐ Caldos de fermentação
- ☐ Pigmentos
- ☐ Produtos Químicos Orgânicos / Inorgânicos
- ☐ Lodo de amaciamento de água
- ☐ Resíduos de usinas siderúrgicas
- ☐ Águas Residuais Industriais

## Precoat Discharge



A descarga da Pré-camada é usada quando a filtração direta contra um MF não é possível porque a torta não pode ser removida

### Indicações:

- ☐ Para sólidos viscosos, pegajosos, oleosos e ofuscantes.
- ☐ Para filtrados claros.
- ☐ Para filtrar lamas diluídas com concentrações variáveis de alimentação.
- ☐ Para a descarga de bolos de filtro muito finos.

### Aplicações típicas de descarga de pré-revestimento

- ☐ Esclarecimento sobre xarope de milho
- ☐ Sucos de frutas e vinhos
- ☐ Farmacêutica
- ☐ Caldos de fermentação
- ☐ Resíduos de processamento de alimentos
- ☐ Lodo de Hidróxido
- ☐ Óleo residual
- ☐ Águas Residuais Industriais



# CICLO DE FILTRAÇÃO

Compreende 4 etapas:

FILTRAÇÃO  
(TEMPO  $t$ )

LAVAGEM DA TORTA  
(TEMPO  $t_l$ )

SECAGEM  
( $t_s$ )

OUTROS: DESCARGA  
( $t_d$ )

Definindo:

N- número de rotações por unidade de tempo

I- fração submersa

$1/N$ = tempo de uma rotação (1)

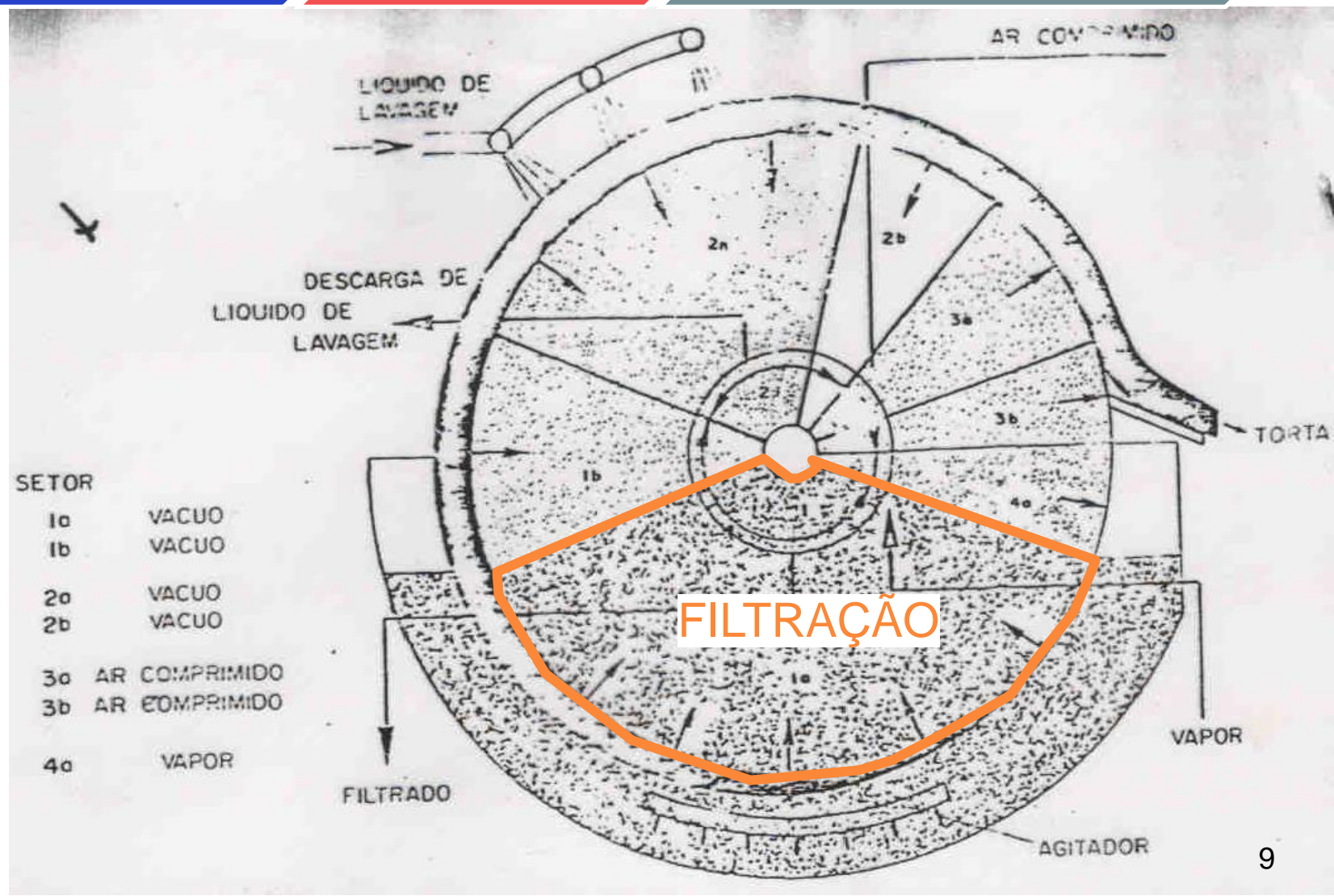
$t = \frac{I}{N}$  -tempo de filtração por ciclo

$$Q = \frac{V}{\left(\frac{1}{N}\right)} = VN - (\text{produção de filtrado})$$

$$V = \frac{Q}{N} \quad (2)$$

A filtração ocorre a Pressão constante logo:

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu}{A\Delta P} \left[ \frac{\langle \alpha \rangle \rho V C}{2A} + R_m \right] \quad (3)$$



# CICLO DE FILTRAÇÃO

Compreende 3 etapas:

FILTRAÇÃO  
(TEMPO  $t$ )

LAVAGEM DA TORTA  
(TEMPO  $t_l$ )

SECAGEM  
( $t_s$ )

OUTROS: DESCARGA  
( $t_d$ )

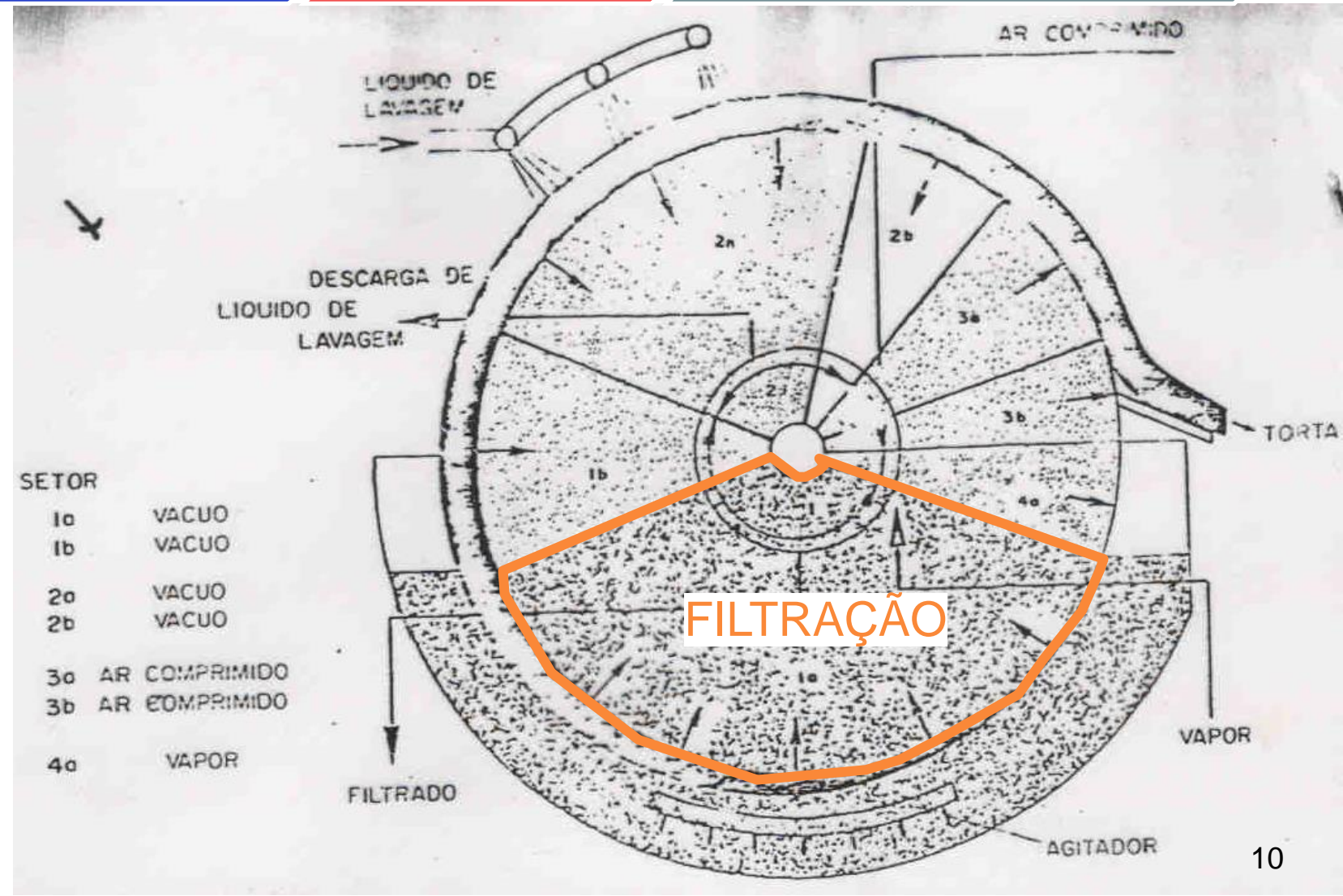
Substituindo (1) e (2) em (3):

$$\frac{I/N}{\frac{Q}{N}} = \frac{\mu}{A\Delta P} \left[ \frac{\langle \alpha \rangle \rho V C}{2A} + R_m \right]$$

$$\Rightarrow \frac{I}{Q} = \frac{\mu}{A\Delta P} \left[ \frac{\langle \alpha \rangle \rho C}{2A} \frac{Q}{N} + R_m \right]$$

Explicitando Q:

$$Q = \frac{NA}{\langle \alpha \rangle \rho V C} \left[ \left( R_m^2 + \frac{2\langle \alpha \rangle \rho C \Delta P I}{N\mu} \right)^{1/2} - R_m \right]$$



# DIMENSIONAMENTO

## ETAPAS

Ensaio de laboratório  
(filtro folha)

Medir no teste de  
laboratório:

Aplicar relação de  
Scale-up (A2)

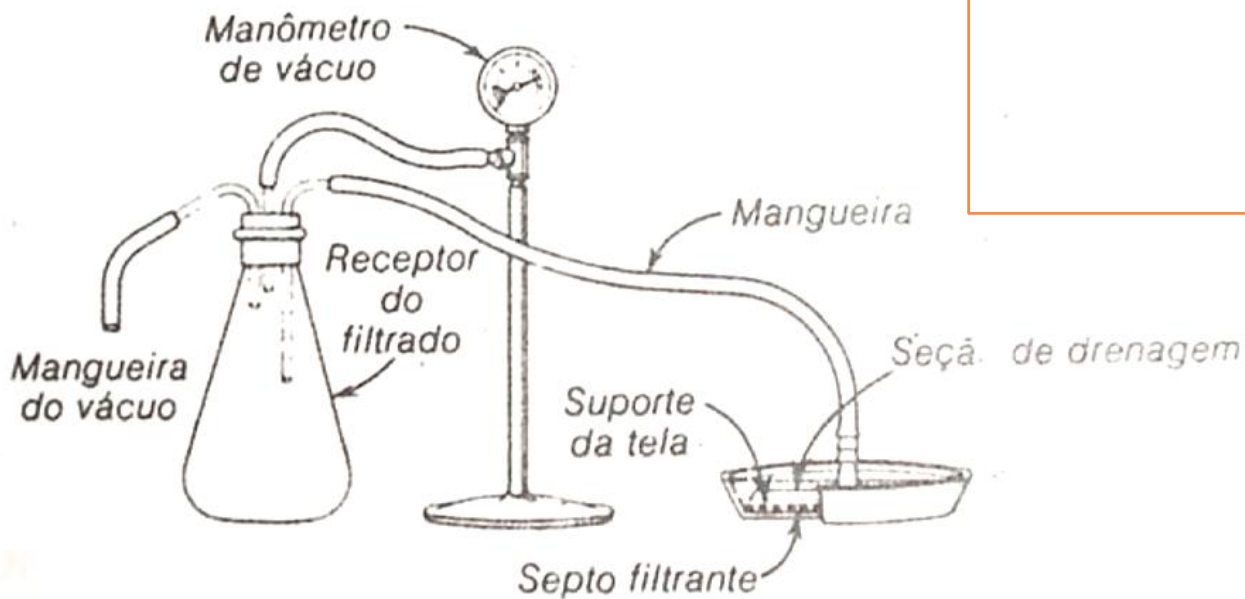
Selecionar o  
filtro industrial  
(catálogo)

Usar mesma  
suspensão,  
mesma  $\Delta P$  e MF

$A_1, V_1; t_l; t_s, e_1=6\text{mm}$

Scale-up

$$\psi = \frac{Q}{A} \Rightarrow \psi_1 = \psi_2$$



- ☐ Tempo de filtração para  $e_1=6\text{ mm}$  e o respectivo volume de filtrado ( $V$ ).
- ☐ Tempo de lavagem ( $t_l$ )
- ☐ Tempo de secagem ( $t_s$ )
- ☐ Outros tempos ( $t_d$ )



# CATÁLOGO

## FEINC

diâmetro do tambor	comprimento do tambor	área fil-trante (ft²)	potência requerida ( H P )		dimensões aproximadas ( " )
			tambor	agitador	
3'0"	1'0"	9,4	1/4	1/4	4'0" X 4'9" X 5'1"
3'0"	2'0"	18,5	1/4	1/4	5'0" X 4'9" X 5'1"
3'0"	3'0"	28,2	1/2	1/2	6'0" X 4'9" X 5'1"
5'0"	3'0"	47,0	1/2	1/2	7'11" X 8'6" X 7'10"
5'0"	4'0"	62,7	1/2	1/2	8'11" X 8'6" X 7'10"
5'0"	5'0"	78,5	1/2	1/2	9'11" X 8'6" X 7'10"
5'0"	6'0"	94,0	1/2	1/2	10'11" X 8'6" X 7'10"
5'0"	7'0"	110,0	1/2	1/2	10'11" X 8'6" X 7'10"
6'6"	6'0"	123,0	3/4	3/4	10'11" X 10'2" X 9'6"
6'6"	7'0"	143,0	3/4	3/4	11'11" X 10'2" X 9'6"
6'6"	8'0"	163,0	3/4	3/4	12'11" X 10'2" X 9'6"
8'0"	8'0"	201,0	1	1	13'1" X 12'2" X 11'1"
8'0"	10'0"	251,0	1	1 1/2	15'1" X 12'2" X 11'1"
8'0"	12'0"	302,0	1	1 1/2	17'1" X 12'2" X 11'1"
10'6"	10'0"	330,0	1	2	15'11" X 15'2" X 13'9"
10'6"	12'0"	396,0	1 1/2	2	17'11" X 15'2" X 13'9"
10'6"	14'0"	462,0	1 1/2	3	19'11" X 15'2" X 13'9"
10'6"	16'0"	528,0	2	3	21'11" X 15'2" X 13'9"

# CATÁLOGO

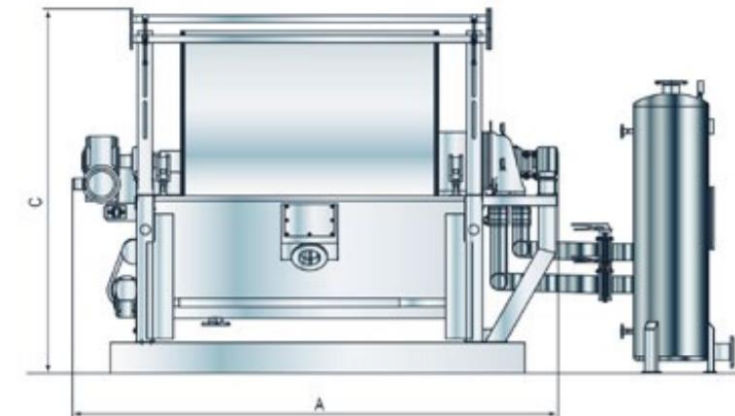
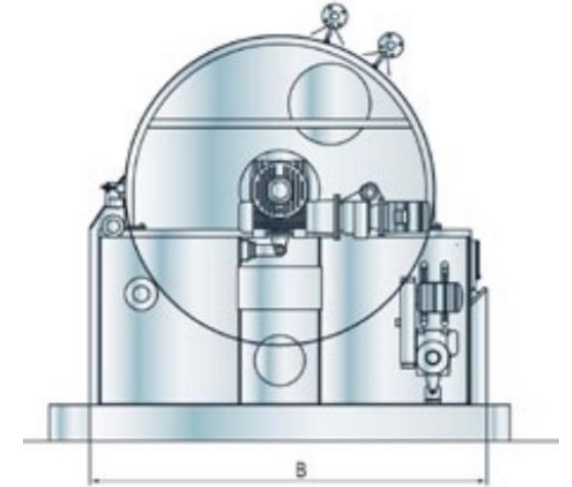
Type	Filtering area m <sup>2</sup>	Feed concentration g/l	Moisture of filter cake %	Capacity (corn gluten) t/d	Vacuum degree MPa	Motor power kW	Overall dimensions mm	Weight kg
GD 10	10	80~130	≤60	3~5	0.05~0.08	1.5	3690×2700×1930	4500
GD 15	15	80~130	≤60	4~6	0.05~0.08	1.5	4000×3370×2750	5400
GD 20	20	80~130	≤60	6~8	0.05~0.08	1.5	4600×3370×2750	6300
GD 25	25	80~130	≤60	9~12	0.05~0.08	1.5	5200×3370×2750	7200
GD 30	30	80~130	≤60	10~15	0.05~0.08	1.5	5800×3370×2750	8400
GD 35	35	80~130	≤60	12~17	0.05~0.08	1.5	5450×4340×3570	9500
GD 40	40	80~130	≤60	15~19	0.05~0.08	2.2	5900×4340×3570	10950
GD 45	45	80~130	≤60	18~22	0.05~0.08	2.2	6350×4340×3570	12400
GD 50	50	80~130	≤60	20~24	0.05~0.08	2.2	6930×4340×3570	13300
GD 60	60	80~130	≤60	24~28	0.05~0.08	3	7630×4570×3570	14800
GD 70	70	80~130	≤60	26~30	0.05~0.08	3	8360×4570×3570	16200
GD 80	80	80~130	≤60	30~35	0.05~0.08	4	10100×4570×3570	18500

<https://www.deepprocess.com/home/supplier/details/id/102951.html>

# CATÁLOGO

Andritz

Filter type	Filter area	Drum diameter	Drum width	Number of cells	A	B	C	Weight*	Drive*
	[m²]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[t]	[kW]
TSF 9.2	0.72-5.80	920	250-2,000	14	2,050-3,800	2,050	1,700	2.0-4.1	1.5
TSF 13.1	4.00-12.00	1,310	1,000-3,000	20	2,900-4,700	2,300	2,000	3.5-7.5	2.2
TSF 20.9	10.00-19.00	2,090	1,500-3,000	16	3,500-5,000	3,700	2,800	9.5-13.5	3.0
TSF 26.2	20.00-33.00	2,620	2,500-4,000	20	4,900-6,400	4,100	4,000	17-23	4.4
TSF 31.4	30.00-60.00	3,140	3,000-6,000	24	5,400-8,400	4,700	4,000	24-42	6.0
TSF 36.6	69.00-75.00	3,660	6,000-6,500	28	8,250-9,250	5,700	4,200	56-59	8.0
TSF 41.8	100.00-118.00	4,180	7,500-9,000	32	9,850-11,350	6,000	5,300	68-70	11.0



<https://www.andritz.com/resource/blob/13376/99873ca75c9b833ca88038b9f504edeb/se-tsf-vacuum-drum-filter-en-data.pdf>



## 7.5 – O FILTRO TAMBOR ROTATIVO – DORR OLIVER

O filtro a vácuo com tambor rotatório e descarga a fio aparece esquematicamente na figura abaixo. O bolo da filtração é colhido no tanque da suspensão graças à imersão de parte da superfície do tambor e à ação do vácuo. O bolo é então levado pelo movimento do tambor e é sucessivamente “lavado” e enxugado pela aplicação contínua do vácuo no interior do tambor. O sistema de descarga a fio ou cordel separa o bolo do tambor e dirige-o para um cilindro de pequeno raio, de onde o material cai.

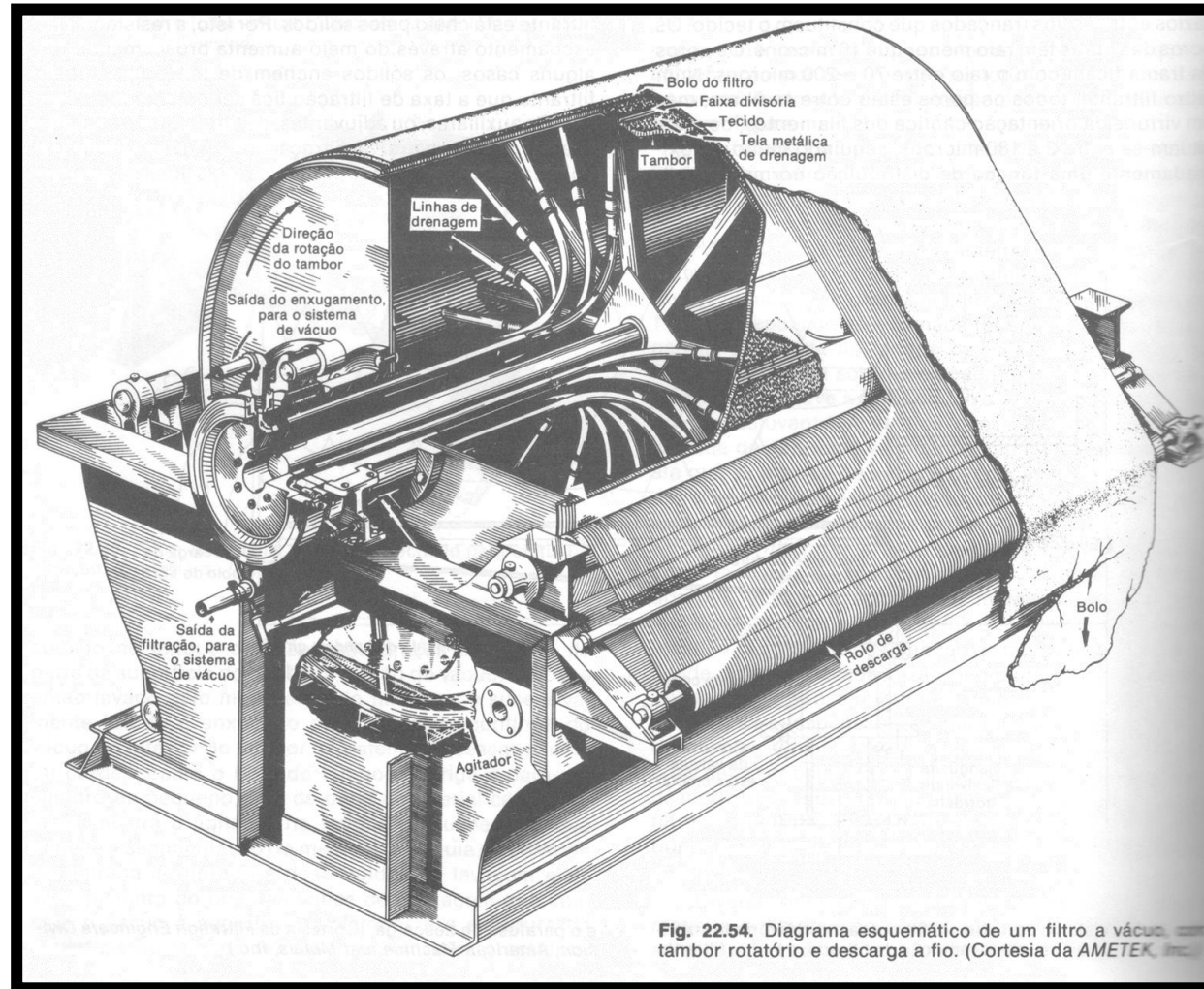


Fig. 22.54. Diagrama esquemático de um filtro a vácuo, tambor rotatório e descarga a fio. (Cortesia da AMETEK, Inc.)

## 7.5 - O FILTRO TAMBOR ROTATIVO- DORR OLIVER

Ainda na figura abaixo é possível identificar o agitador no tanque de suspensão, que impede a sedimentação do material, a válvula de controle da retirada de filtrado e dos líquidos de lavagem e do enxugamento do bolo, as linhas de drenagem que aplicam o vácuo à superfície do tambor e a estrutura da superfície do tambor. No caso de partículas grosseiras, que sedimentam com rapidez e formam um bolo poroso, a alimentação por uma moega no topo do tambor é mais conveniente do que a alimentação por imersão que aparece na figura.

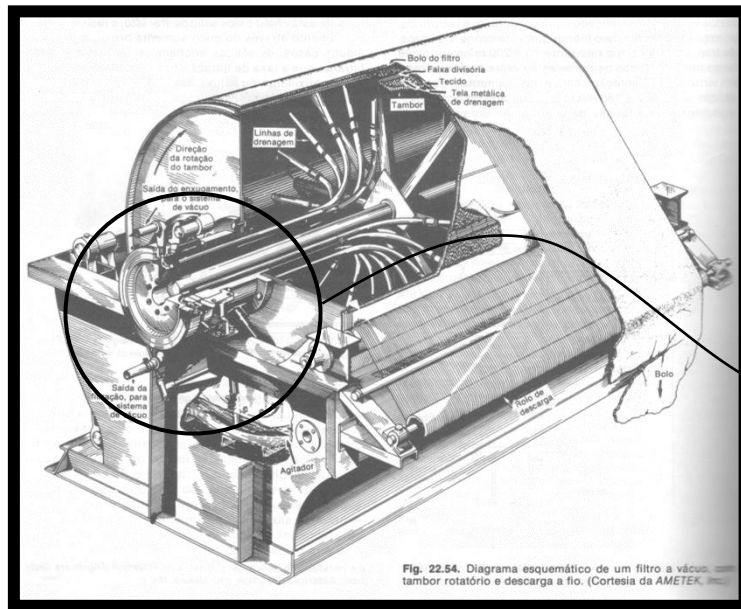
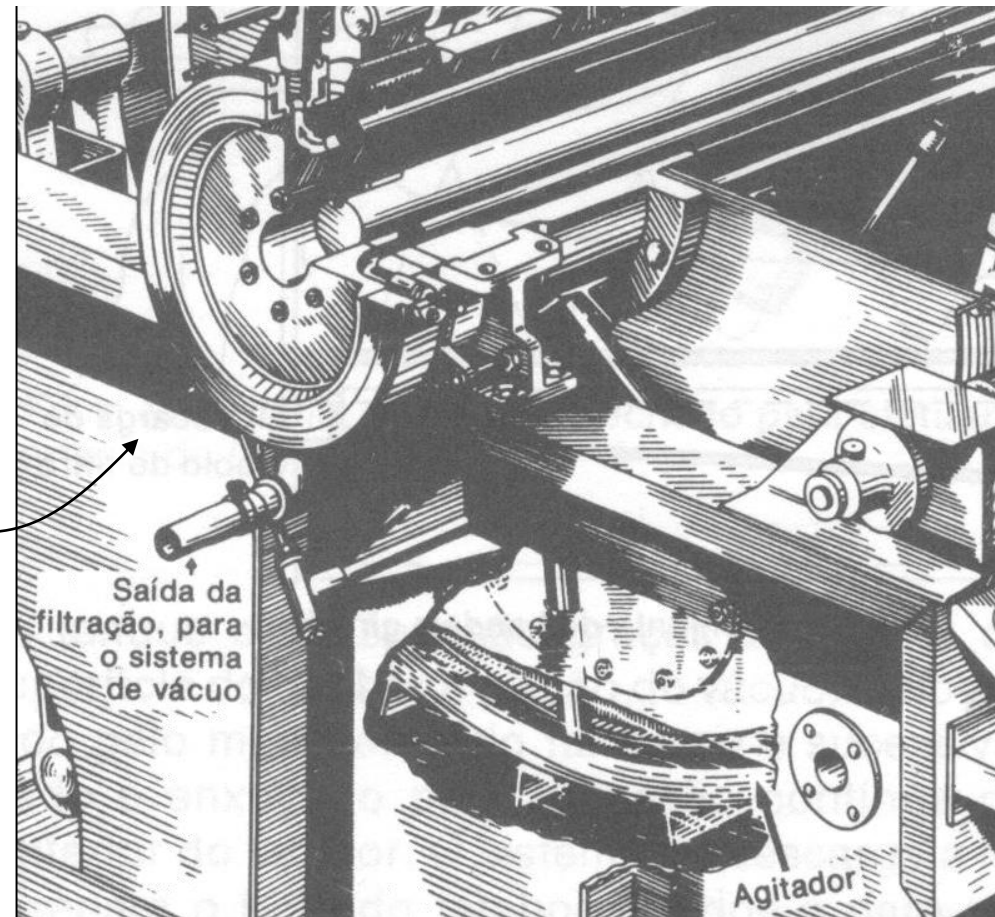


Fig. 22.54. Diagrama esquemático de um filtro a vácuo, com tambor rotatório e descarga a fio. (Cortesia da AMETEK, Inc.)





## 7.5 - O FILTRO TAMBOR ROTATIVO- DORR OLIVER

### **Critérios de Seleção:**

Em termos gerais, os filtros de cilindro são apropriados às seguintes exigências de processos:

Polpas com sólidos que não tendem a sedimentar rapidamente e permanecerão em suspensão uniforme sob agitação delicada.

Tortas que não requerem períodos de secagem longos.

Quando um único estágio de lavagem for suficiente para remover os contaminantes residuais do bolo ou produzir a recuperação máxima de filtrado.

Filtrado que geralmente não requer uma separaçãoafiada entre o filtrado matriz e filtrado da lavagem.

Filtrados nos quais é aceitável com uma quantidade baixa de finos que passam pela malha do pano filtrante nos primeiros segundos da formação do bolo. Geralmente, e dependendo do tamanho da partícula e da permeabilidade do pano, o filtrado pode conter 1000 a 5000 ppm de insolúveis.

### **Seqüência Operacional**

O ciclo total de filtração num filtro de tambor rotativo, deve ser completado numa geometria de 360 graus. Vamos seguir a seqüência do ciclo de um único setor, assumindo que o tambor gira na direção horária:

### **Formação do Bolo**

Com o transbordamento da represa ajustado para o máximo a "submersão aparente" é normalmente de 33-35%, assim a suspensão nivela-se entre 04:00 e 08:00 horas. Uma vez que um setor esteja completamente submerso, o vácuo é aplicado e um bolo começa a se formar até certo ponto, onde o setor emerge da suspensão. A porção do ciclo disponível para formação do bolo é a região de "efetiva submersão" e sua duração depende do número de setores, do nível de suspensão no tanque e da ponte que fixa que controla a forma de secagem.

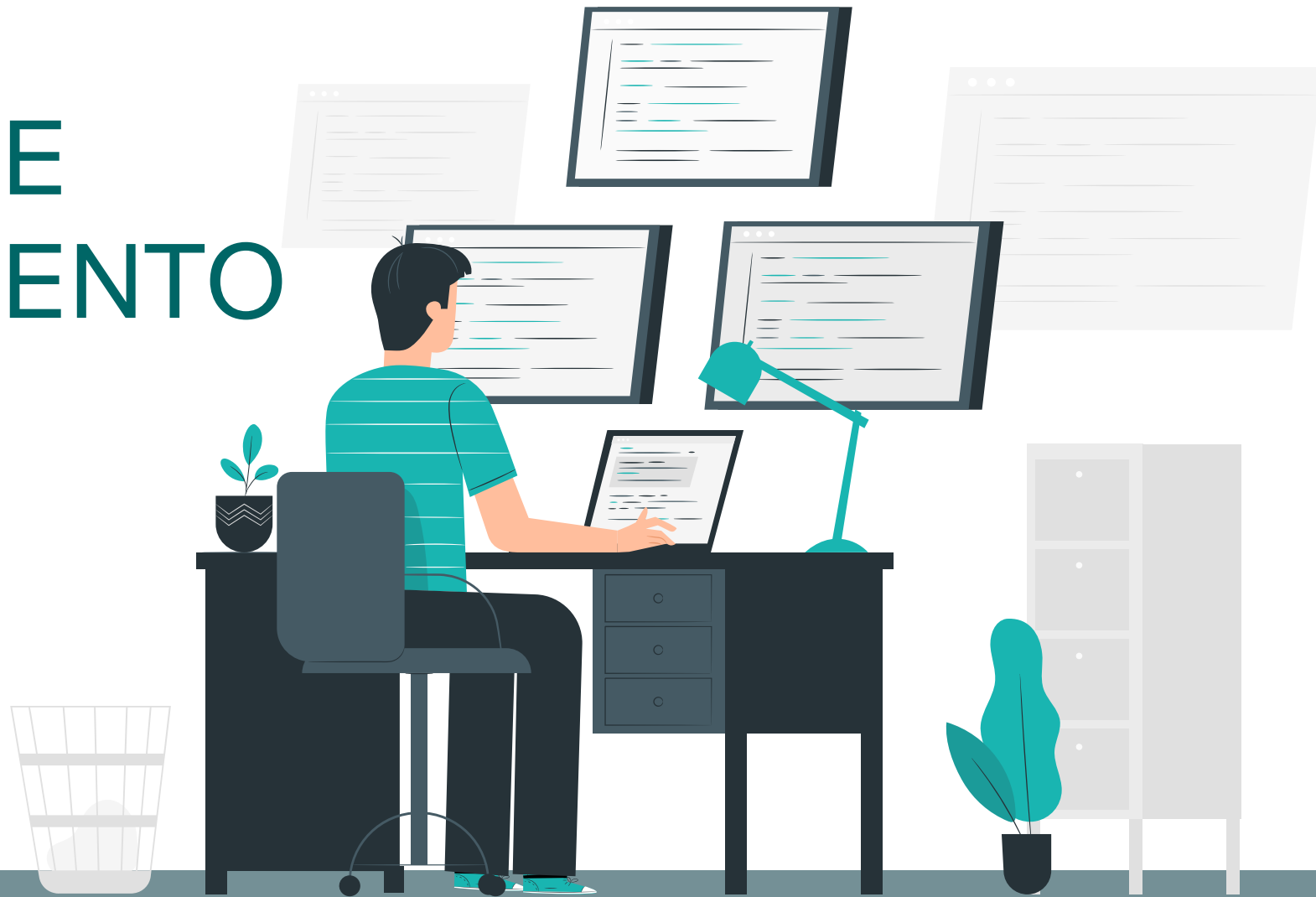
### **Lavagem do Bolo e Secagem**

Depois de emergir da submersão a porção secante do ciclo começa e, para aplicações sem lavagem contínua, se prolonga até aproximadamente 01:30 h onde o vácuo é suspenso. Se a lavagem do bolo é requerida, os bicos de lavagem serão localizados de aproximadamente 10:30 a 11:30 horas; na posição 01:30 localiza-se a fração do ciclo para a secagem final do bolo.

# Assista a Aula 21: Exercícios de Dimensionamento de Filtro de tambor rotativo

# AULA 21

## EXERCÍCIOS DE DIMENSIONAMENTO DE FILTRO DE TAMBOR ROTATIVO À VÁCUO



## EX15- Projetar o filtro-rotativo a partir dos dados obtidos em filtro-folha de laboratório:

Suspensão aquosa de  $\text{CaCO}_3$  (5% em peso)

$$\Delta P = 600 \text{ mmHg} \quad T = 28^\circ \text{C}$$

Capacidade requerida,  $Q_2 = 10.000 \text{ L/h}$  de filtrado.

$$A_1 = 132,5 \text{ cm}^2.$$

$$t_1 = 163 \text{ s}$$

$$V_1 = 950 \text{ cm}^3$$

$$\text{*Tempo de lavagem (} V_1 = 160 \text{ cm}^3 \text{)} = 130 \text{ s}$$

$$\text{*Tempo de Secagem (\% de sólidos na torta} = 81\% \text{)} = 150 \text{ s}$$

$$\text{*Outros tempos (descarga + tempos mortos)} = 10 \text{ s}$$

### 1º) Calcular o tempode 1 ciclo:

$$t_c = 453 \cancel{s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \cancel{s}} \Rightarrow \boxed{t_c = 7,6 \text{ min}}$$

### 2º) Calcular a rotação do tambor:

$$t_c = \frac{1}{N} \Rightarrow N = \frac{1}{t_c} = \frac{1}{7,6} = 0,13 \text{ RPM}$$

### 3º) Calcular a fração submersa:

$$\text{fração submersa} = I = \frac{163}{453} = 0,36 (130^\circ)$$

### 4º) Calculando a relação de scale-up:

Produção de filtrado por unidade de área,

$$\psi = \frac{Q}{A} = \frac{950}{453 \times 132,5} = 1,58 \cdot 10^{-2} \frac{\text{cm}^3}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}$$

$$\psi = 1,58 \cdot 10^{-2} \frac{\cancel{\text{cm}^3}}{\cancel{\text{cm}^2} \cdot \cancel{s}} \times \frac{1 \text{ L}}{10^3 \cancel{\text{cm}^3}} \cdot \frac{10^4 \cancel{\text{cm}^2}}{1 \text{ m}^2} \cdot \frac{3600 \cancel{s}}{1 \text{ h}}$$
$$\Rightarrow \boxed{\psi = 568,80 \frac{\text{L}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}}$$

### 5º) Calculando a área de filtração industrial:

$\psi_1 = \psi_2 \rightarrow$  Área filtrante da unidade industrial:

$$A_2 = \frac{Q}{\psi} = \frac{10.000 \cancel{\text{L}}/\text{h}}{568,80 \frac{\text{L}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}} = 17,58 \text{ m}^2$$

$$\therefore \boxed{A_2 = 17,58 \text{ m}^2}$$



## EX15- Projetar o filtro-rotativo a partir dos dados obtidos em filtro-folha de laboratório:

Suspensão aquosa de  $\text{CaCO}_3$  (5% em peso)

$$\Delta P = 600 \text{ mmHg} \quad T = 28^\circ \text{C}$$

Capacidade requerida,  $Q_2 = 10.000 \text{ L/h}$  de filtrado.

diâmetro do tambor	comprimento do tambor	área filtrante ( $\text{ft}^2$ )	potência requerida (H P)		dimensões aproximadas (")
			tambor	agitador	
3'0"	1'0"	9,4	1/4	1/4	4'0" X 4'9" X 5'1"
3'0"	2'0"	18,5	1/4	1/4	5'0" X 4'9" X 5'1"
3'0"	3'0"	28,2	1/2	1/2	6'0" X 4'9" X 5'1"
5'0"	3'0"	47,0	1/2	1/2	7'11" X 8'6" X 7'10"
5'0"	4'0"	62,7	1/2	1/2	8'11" X 8'6" X 7'10"
5'0"	5'0"	78,5	1/2	1/2	9'11" X 8'6" X 7'10"
5'0"	6'0"	94,0	1/2	1/2	10'11" X 8'6" X 7'10"
5'0"	7'0"	110,0	1/2	1/2	10'11" X 8'6" X 7'10"
6'6"	6'0"	123,0	3/4	3/4	10'11" X 10'2" X 9'6"
6'6"	7'0"	143,0	3/4	3/4	11'11" X 10'2" X 9'6"
6'6"	8'0"	163,0	3/4	3/4	12'11" X 10'2" X 9'6"
8'0"	8'0"	201,0	1	1	13'11" X 12'2" X 11'1"
8'0"	10'0"	251,0	1	1 1/2	15'11" X 12'2" X 11'1"
8'0"	12'0"	302,0	1	1 1/2	17'11" X 12'2" X 11'1"
10'6"	10'0"	330,0	1	2	15'11" X 15'2" X 13'9"
10'6"	12'0"	396,0	1 1/2	2	17'11" X 15'2" X 13'9"
10'6"	14'0"	462,0	1 1/2	3	19'11" X 15'2" X 13'9"
10'6"	16'0"	528,0	2	3	21'11" X 15'2" X 13'9"

O catálogo aconselha um fator de segurança de 20% no cálculo da área:

$$A_2 = 1,2 \times 17,58 = 21,10 \text{ m}^2 \times \frac{(3,2808 \text{ ft})^2}{1 \text{ m}^2} = 227,11 \text{ ft}^2$$

Do catálogo da FEINC

Área filtrante =  $251 \text{ ft}^2$

- diâmetro do cilindro = 8 ft
- comprimento do cilindro = 10 ft
- potência do motor de acionamento = 1 hp
- potência do motor do agitador =  $1^{1/2} \text{ hp}$

**EX16- Os seguintes dados foram obtidos em duas experiências conduzidas no mesmo filtro rotativo com uma mesma suspensão a uma mesma temperatura e pressão. Determinar a produção de filtrado para um ângulo  $I=120^\circ$  e 0,6 RPM**

	1º Conj. de Dados	2º Conj. de Dados
Produção de filtrado (gal/min)	450	550
RPM	0,25	0,50
Ângulo de imersão, $\theta$	$90^\circ$	$90^\circ$

1º) Obtendo relação entre  $I$ ,  $Q$  e  $N$ :

$$\left. \begin{aligned} \frac{I}{Q} &= \gamma \frac{Q}{N} + \delta \quad \xrightarrow{\text{Situação 1}} \frac{90}{450} = \gamma \frac{450}{0,25} + \delta \\ \frac{I}{Q} &= \gamma \frac{Q}{N} + \delta \quad \xrightarrow{\text{Situação 2}} \frac{90}{550} = \gamma \frac{550}{0,50} + \delta \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \gamma &= 1,44 \cdot 10^{-7} \\ \delta &= 2,95 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\gamma = \frac{\mu}{A \Delta P} \frac{\langle \alpha \rangle \rho C}{2A} = 1,44 \cdot 10^{-7}$$

$$\delta = \frac{\mu}{A \Delta P} R_m = 2,095 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{I}{Q} = 1,44 \cdot 10^{-7} \frac{Q}{N} + 2,95 \cdot 10^{-4}$$

2º) Aplicando para a condição industrial:

$$I = \frac{120}{360} \quad \text{e} \quad N = 0,6 \text{ RPM}$$

$$Q = 714 \frac{\text{gal} - \text{filtrado}}{\text{min}}$$

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu}{A \Delta P} \left[ \frac{\langle \alpha \rangle \rho V C}{2A} + R_m \right]$$

$$V = \frac{Q}{N} \quad t = \frac{I}{N}$$

$$\frac{I}{Q} = \gamma \frac{Q}{N} + \delta$$

$$\frac{t}{V} = \gamma V + \delta \quad \frac{t}{V} = \frac{I/N}{Q/N}$$

Será que  $R_m$  é desprezível??  
Vamos testar?

**EX16- Os seguintes dados foram obtidos em duas experiências conduzidas no mesmo filtro rotativo com uma mesma suspensão a uma mesma temperatura e pressão. Determinar a produção de filtrado para um ângulo  $I=120^\circ$  e 0,6 RPM**

	1º Conj. de Dados	2º Conj. de Dados
Produção de filtrado (gal/min)	450	550
RPM	0,25	0,50
Ângulo de imersão, $\theta$	$90^\circ$	$90^\circ$

Deve-se ressaltar que, devido a torta formada sobre o filtro rotativo ser fina,  $R_m$  pode ter influenciar razoavelmente a filtração.

$$\frac{I}{Q} = \gamma \frac{Q}{N} + \delta \rightarrow (se \delta \text{ desprezível}) \Rightarrow \frac{I}{Q} = \gamma \frac{Q}{N}$$

$$Q = \sqrt{\frac{NI}{\gamma}} \Rightarrow Q_2 = Q_1 \left( \frac{(NI)_2}{(NI)_1} \right)^{1/2}$$

Rm não é desprezível  
na operação do filtro de  
tambor rotativo

Para o 1º conjunto de dados, obtemos:

$$Q_1 = 805 \frac{\text{gal} - \text{filtrado}}{\text{min}}$$

Para o 2º conjunto de dados, obtemos:

$$Q_2 = 696 \frac{\text{gal} - \text{filtrado}}{\text{min}}$$

# Atividades da Aula 21

## Individual

- ☐ Refazer exercícios e resolver exercícios de outros livros

## Empresa

- ☐ Procurar catálogos de filtros de tambor rotativo
- ☐ Fazer o projeto orientado de filtro prensa

