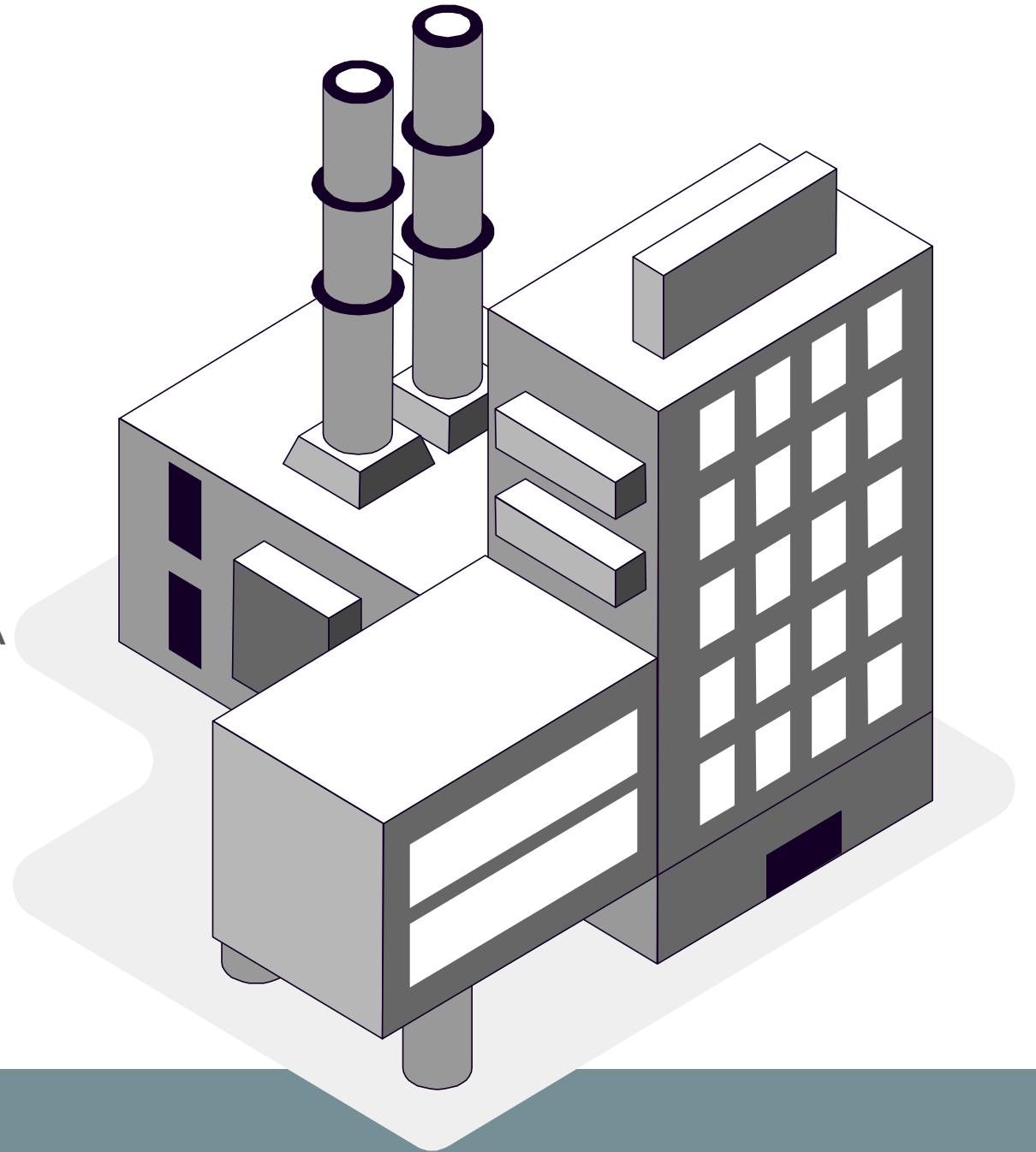


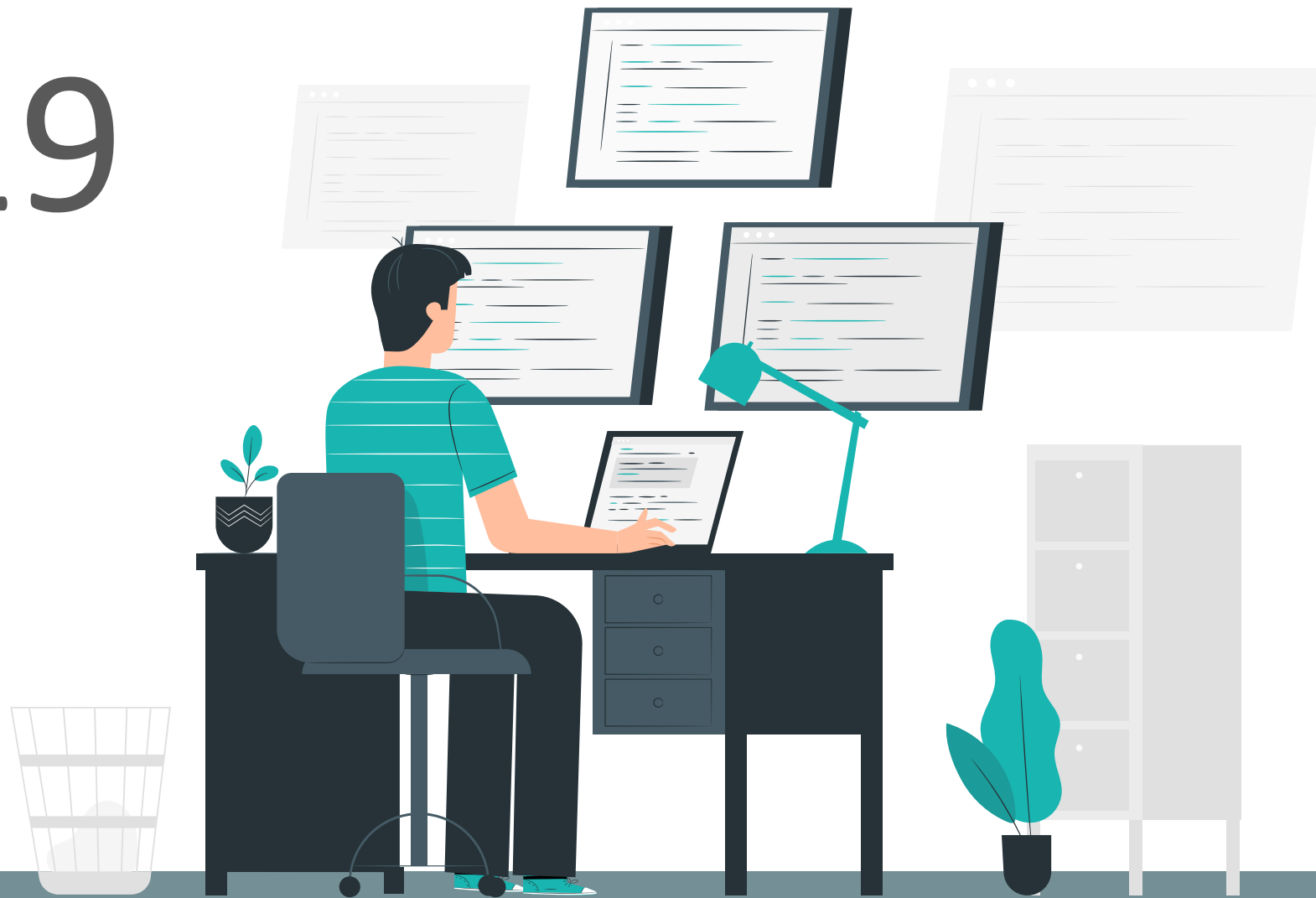
OPERAÇÕES UNITÁRIAS III

PROFª KASSIA G SANTOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
UFTM

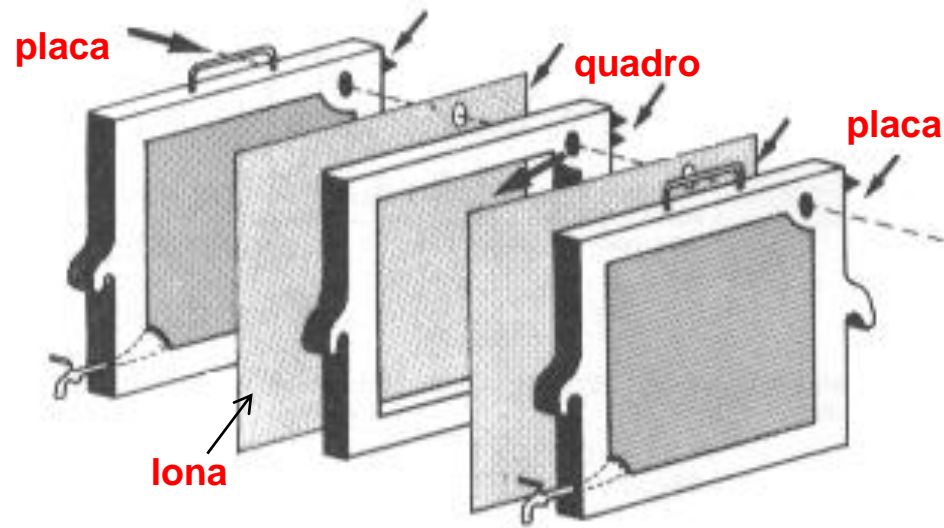


AULA 19

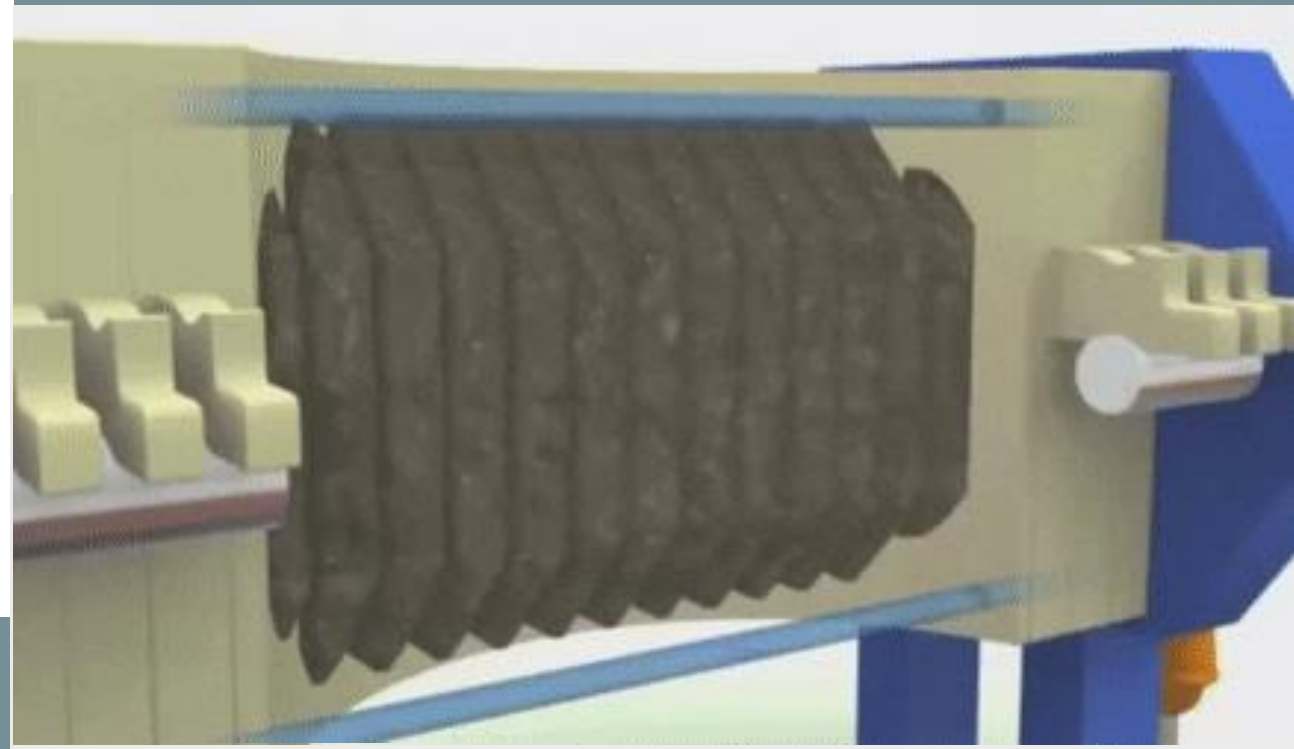
FILTRO PRENSA



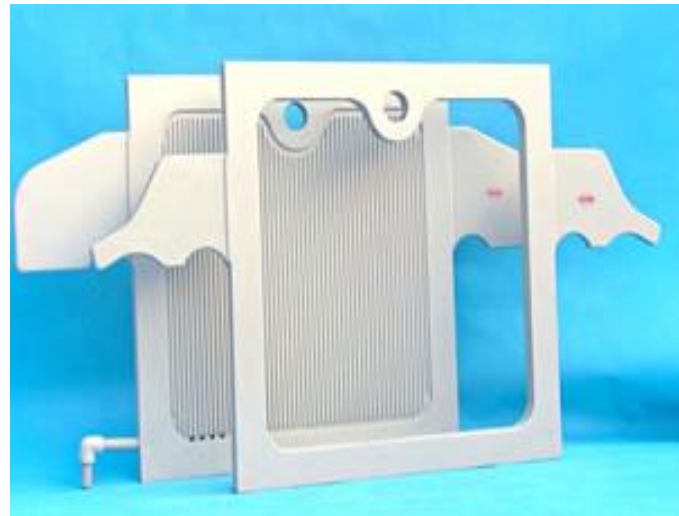
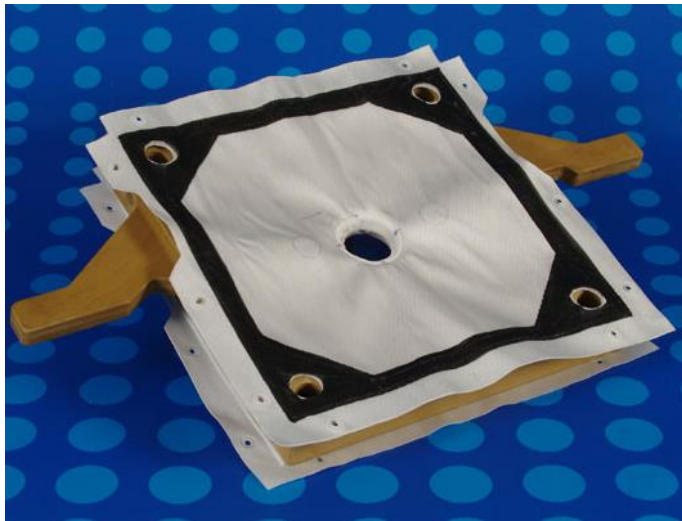
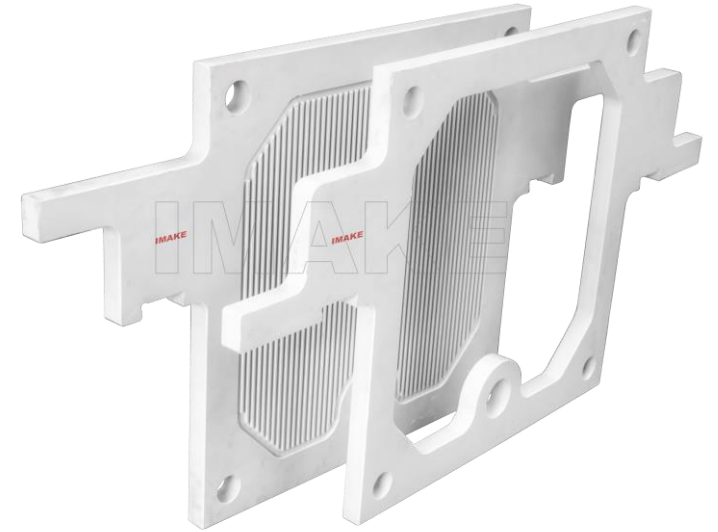
FILTRO PRENSA



O modelo mais comum consiste em placas e quadros que se alternam numa armação e que são comprimidos fortemente, uns contra os outros, por meio de uma placa prensa-parafuso ou de uma prensa hidráulica. O meio filtrante é suspenso sobre as placas cobrindo as duas faces.



Placas, quadros e meios filtrantes



CICLO DE FILTRAÇÃO

Compreende 3 etapas:

FILTRAÇÃO
(TEMPO t)

LAVAGEM DA TORTA
(TEMPO t_l)

DESMANTELAMENTO,
LIMPEZA E MONTAGEM
(TEMPO t_d)

Assim a produção de filtrado (P) é:

$$P = \frac{V}{(t + t_d + t_l)}$$

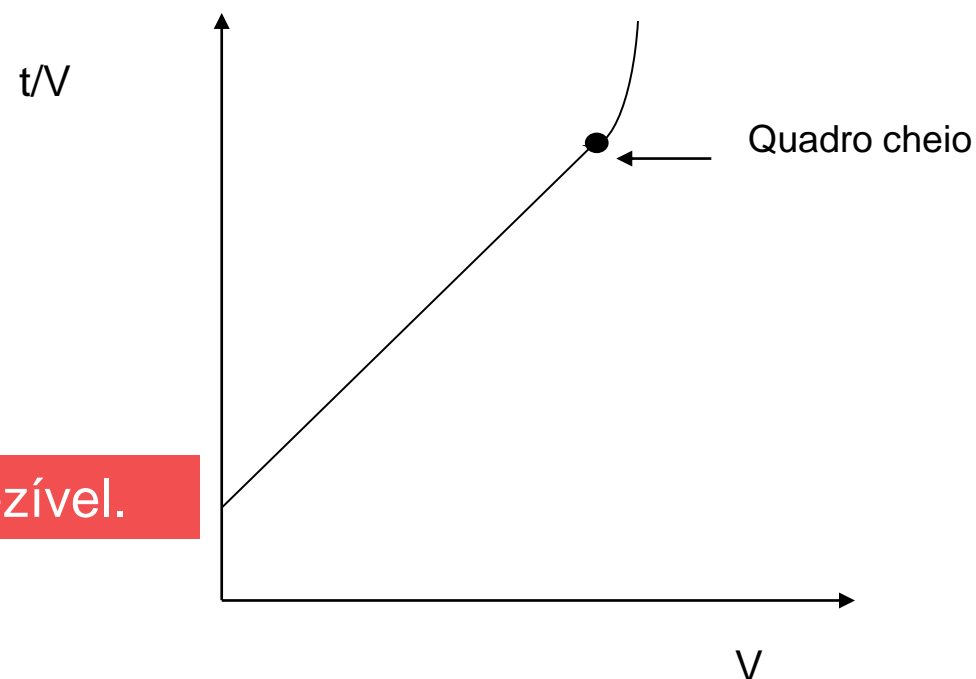
$$\frac{t}{V} = \frac{\mu}{A\Delta P} \left[\frac{\langle \alpha \rangle \rho V C}{2A} + R_m \right]$$

Para filtro prensa, R_m pode ser desprezível.

Onde A é a área total de filtração.

Cada quadro tem duas superfícies filtrantes. Seja a a área transversal de cada lado e n o número de quadros, então:

$$A = 2 \cdot n \cdot a$$



LAVAGEM DA TORTA

SIMPLES OU COMPLETA

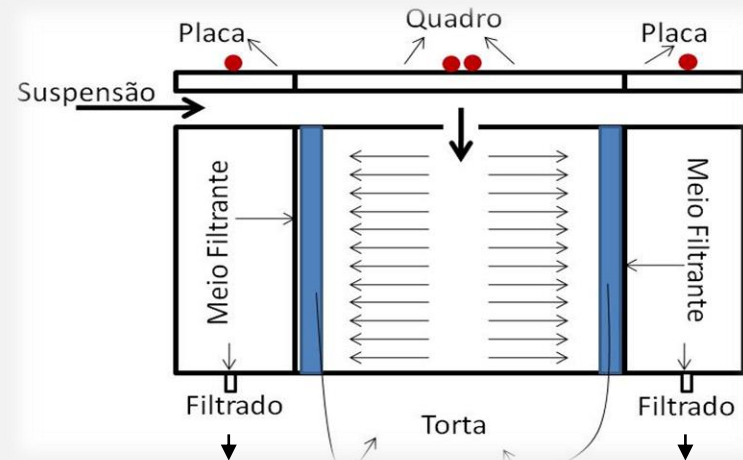
Quando o sólido é um produto de interesse. A lavagem é feita para retirada das “águas mães”.

a) Lavagem Simples

Quadros (n) e Placas (np) de 1 Botão. O líquido de lavagem faz o mesmo percurso da suspensão. $N_p = n + 1$

$$Q_l = \frac{V_l}{t_l} = \frac{dV}{dt}_\infty$$

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



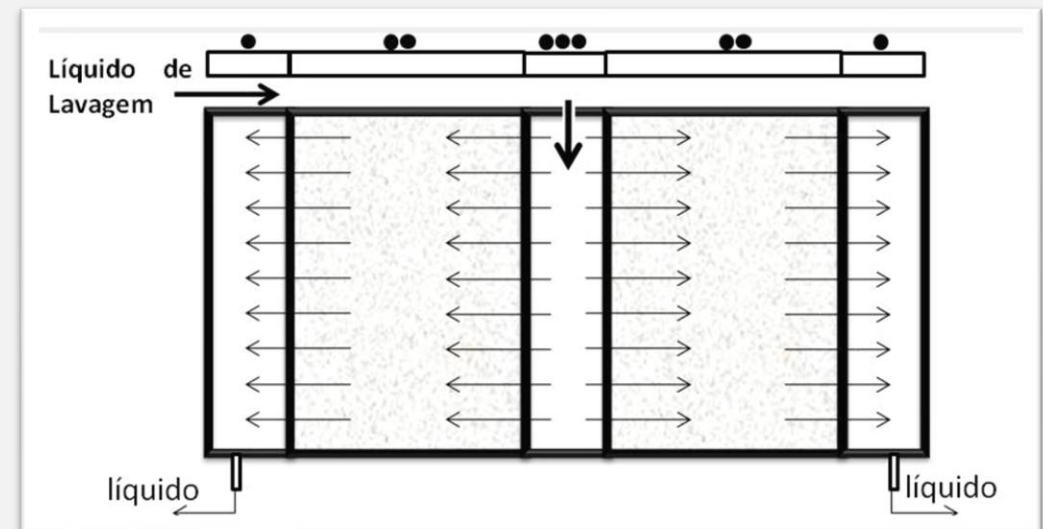
b) Lavagem Completa

Notação: { Quadro - 2 botões (n)
Placa - 1 botão (n_p)
Placa de lavagem - 3 botões (n_{pl})

$$n_p = n/2 + 1$$

$$n_{pl} = n/2$$

$$Q_l = \frac{V_l}{t_l} = \frac{1}{4} \frac{dV}{dt}_\infty$$



DIMENSIONAMENTO

ETAPAS

Calcular as propriedades da torta e do meio filtrante

Obter a massa e V_t do quadro cheio (lab)

Resumir dados do filtro do laboratório

Aplicar relação de Scale-up (A_2)

Selecionar o filtro industrial (catálogo)

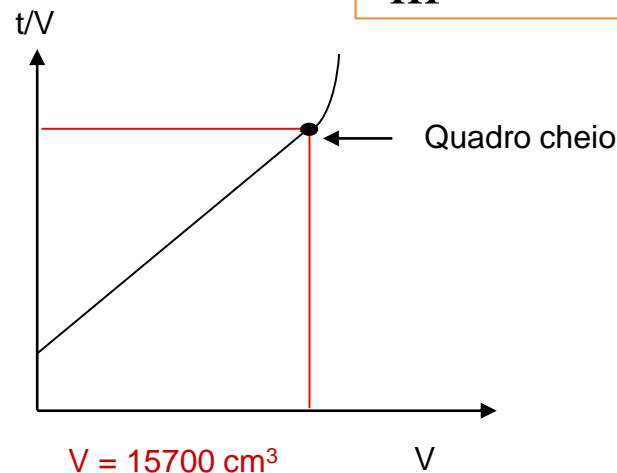
Ensaio com 1 quadro em laboratório

$$m = V \rho C$$

$$A_1, V_1; t_1; V_{t1}; e_1$$

$$\left(\frac{V}{V_{t1}} \right)_{1-lab} = \left(\frac{V}{V_{t2}} \right)_{2-ind}$$

$$\frac{M_u}{m} = \frac{m + \left(V_t - \frac{m}{\rho_s} \right) \rho}{m}$$



□ Eq. (1)

$$t = B \left(\frac{V}{A} \right)^2; \text{ sendo: } B = \frac{\mu \langle \alpha \rangle \rho C}{2 \Delta P} \Rightarrow \frac{t_2}{t_1} = \left(\frac{\left(\frac{V}{A} \right)_2}{\left(\frac{V}{A} \right)_1} \right)^2 = \left(\frac{e_2}{e_1} \right)^2$$

□ Eq. (2)

$$\text{De: } P = \frac{V}{(t + t_d)}; \text{ para cálculo de } V_2 \rightarrow V_2 = P \cdot (t_2 + t_d)$$

□ Eq. (3)

$$\text{Explicitando } A_{2-industrial} \text{ de } (*): A_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{e_1}{e_2} \cdot A_1 \quad (**)$$

CATÁLOGO

Dados provenientes do Catálogo 59 da T. Shriver & Company (Harrison, N.J., Estados Unidos):

Espessura dos quadros: 1", 1^{1/4}", 1^{1/2}", 1^{3/4}", 2" e 3"

Dimensões recomendadas para placas e quadros

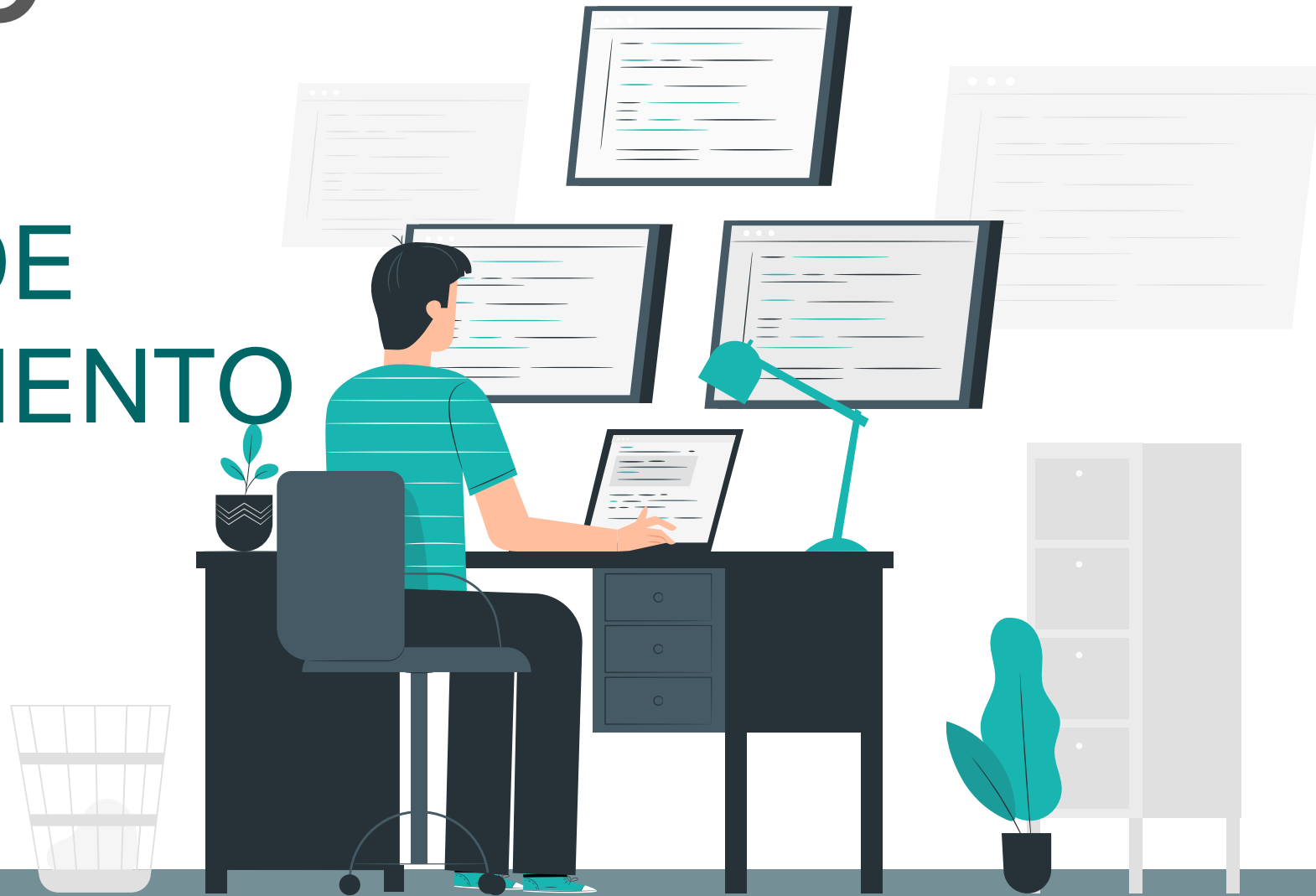
Área total de filtração (<i>ft</i> ²)	Dimensão nominal dos elementos (in)
5–35	12
30–100	18
75–250	24
150–450	30
250–700	36
500–1100	43 ¹ / ₄
>1000	48 e 56

Área filtrante efetiva por quadro

Dimensão nominal dos elementos (in)	Área filtrante efetiva por quadro (<i>ft</i> ²)	
	Metal	Madeira
12	1,7	0,9
18	3,9	2,3
24	7,0	4,8
30	10,5	7,3
36	15,6	10,5
43 ¹ / ₄	22,2	15,1
48	28,8	19,7
56	-	28,4

AULA 20

EXERCÍCIOS DE DIMENSIONAMENTO DE FILTRO PRENSA



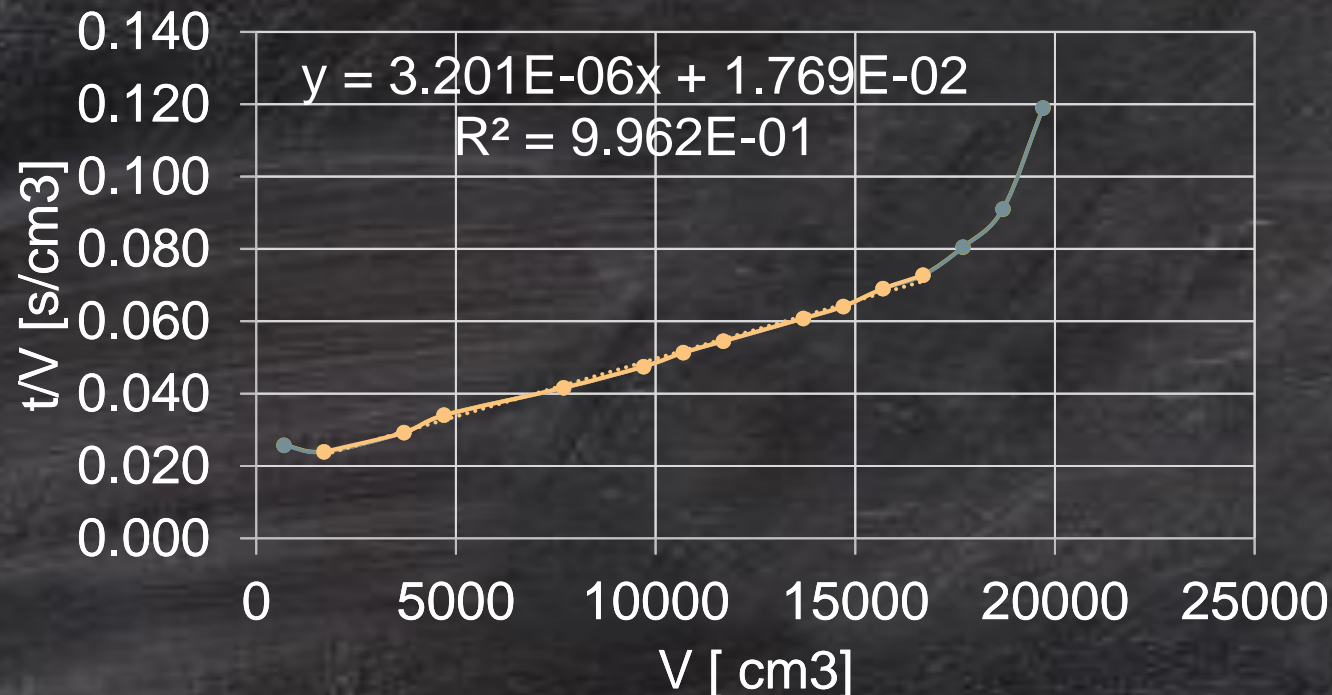
EX13- Foram os seguintes os resultados obtidos na filtração de uma suspensão aquosa de carbonato de cálcio (50 g de sólidos / Litro de água) em um filtro prensa piloto operando com um único quadro (6 x 6 x 1 ¼ in) a 40 psi e 20°C.

Determinar $\langle \alpha \rangle$ e R_m e a relação volume de filtrado por volume de torta (V/V_t) para o quadro de cheio. Sabe-se: $\rho_s = 2,7 \text{ g/cm}^3$; Área total de filtração: $A = 464,5 \text{ cm}^2$.

Dados:

t (s)	V (cm³)
18,0	700
40,7	1700
108,2	3700
160,0	4700
320,5	7700
460,5	9700
549,5	10700
637,7	11700
832,7	13700
942,5	14700
1084,0	15700
1215,0	16700
1425,0	17700
1702,0	18700
2344,0	19700

1º) Fazer regressão linear na parte reta:



2º) Identificar o ponto de quadro cheio:

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

$$3,2 \cdot 10^{-6} = \frac{\langle \alpha \rangle \mu \rho C}{2A^2 \Delta P}$$

$$\Rightarrow \langle \alpha \rangle = 7,62 \cdot 10^9 \frac{\text{g}}{\text{cm}}$$

$$1,77 \cdot 10^{-2} = \frac{\mu R_m}{A\Delta P}$$

$$\Rightarrow R_m = 2,21 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-1}$$

$$t = 1084 \text{ s}; \quad V = 15700 \text{ cm}^3$$

EX13- Foram os seguintes os resultados obtidos na filtração de uma suspensão aquosa de carbonato de cálcio (50 g de sólidos / Litro de água) em um filtro prensa piloto operando com um único quadro (6 x 6 x 1 ¼ in) a 40 psi e 20°C.

Determinar α e R_m e a relação volume de filtrado por volume de torta (V/V_t) para o quadro de cheio. Sabe-se: $\rho_s = 2,7 \text{ g/cm}^3$; Área total de filtração: $A = 464,5 \text{ cm}^2$.

Dados:

t (s)	V (cm³)
18,0	700
40,7	1700
108,2	3700
160,0	4700
320,5	7700
460,5	9700
549,5	10700
637,7	11700
832,7	13700
942,5	14700
1084,0	15700
1215,0	16700
1425,0	17700
1702,0	18700
2344,0	19700

3º) Calculando C e a massa de torta seca (m):

$$C = \frac{50 \text{ g de sólidos}}{\text{L de água}} = \frac{50 \text{ g de sólidos}}{\text{Kg de água}} = \frac{50 \text{ g de sólidos}}{1000 \text{ g de água}} = 0,05$$

$$\text{Mas: } m = V \rho C = 15700 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ g/cm}^3 \times 0,05 = 785 \text{ g}$$

4º) Calculando V_t . Foi dado experimentalmente que:

$$\frac{\text{Mu}}{m} = \frac{m + \left(V_t - \frac{m}{\rho_s} \right) \rho}{m} = 1,60$$

$$V_t = 761,7 \text{ cm}^3 = 0,762 \text{ L}$$

5º) Calculando V/V_t :

$$\text{Scale-up} = \frac{V}{V_t} = \frac{15,7 \text{ L}}{0,762 \text{ L}} = 20,6$$

EX14- Especificar um filtro prensa industrial para se obter uma produção de filtrado de 10.000 L/h a partir de suspensão do problema anterior, observando-se as mesmas condições operacionais a 40 psi e 20 °C. A torta não requer lavagem e o tempo de desmantelamento, limpeza e montagem (t_d) é 20 min. Para ($V/V_t=20,6$).

Dados:

Filtro laboratório

$$A_1 = 464,5 \text{ cm}^2 ;$$

$$V_1 = 15,4 \text{ L} ;$$

$$t_1 = 1032 \text{ s} = 18 \text{ min} ;$$

$$V_{t1} = 0,762 \text{ L} ;$$

$$e_1 = 1 \frac{1}{4} = 1,25 \text{ in}$$

1º) Calcular t , V e A para diferentes espessuras de quadro industrial

□ Eq. (1)

$$t = B \left(\frac{V}{A} \right)^2 ; \text{ sendo: } B = \frac{\mu \langle \alpha \rangle \rho C}{2 \Delta P} \Rightarrow \frac{t_2}{t_1} = \left(\frac{\left(\frac{V}{A} \right)_2}{\left(\frac{V}{A} \right)_1} \right)^2 = \left(\frac{e_2}{e_1} \right)^2$$

□ Eq. (2)

$$\text{De: } P = \frac{V}{(t + t_d)} ; \text{ para cálculo de } V_2 \rightarrow V_2 = P \cdot (t_2 + t_d)$$

□ Eq. (3)

$$\text{Explicitando } A_{2 - \text{industrial}} \text{ de } (*): A_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{e_1}{e_2} \cdot A_1 \quad (**)$$

$$\mathbf{A_2=219 \text{ ft}^2}$$

QUAL ESCOLHER???

e_2 (in)	Eq. (1) t_2 (min)	Eq. (2) V_2 (L)	Eq. (3) A_2 (ft ²)
1 ¼ in	18	6333.3	202
1 ½ in	25.92	7653.3	203
1 ¾ in	35.28	9213.3	210
2 in	46.08	11013.3	219
3 in	103.7	20613.3	274

Regra Prática: $t_2 > 2 * t_d$

EX14- Especificar um filtro prensa industrial para se obter uma produção de filtrado de 10.000 L/h a partir de suspensão do problema anterior, observando-se as mesmas condições operacionais a 40 psi e 20 °C. A torta não requer lavagem e o tempo de desmantelamento, limpeza e montagem (td) é 20 min. Para ($V/V_t=20,6$).

Dados:

Filtro laboratório

$$A_1 = 464,5 \text{ cm}^2 ;$$

$$V_1 = 15,7 \text{ L} ;$$

$$t_1 = 1032 \text{ s} = 18 \text{ min} ;$$

$$V_{t1} = 0,762 \text{ L} ;$$

$$e_1 = 1 \frac{1}{4} = 1,25 \text{ in}$$

Qual escolher ?
O que for mais barato

2º) Calcular número de quadros e placas (placa de lavagem simples):

$$A_2 = 219 \text{ ft}^2$$

Escolhendo quadros de ferro

Area total de filtração (ft^2)	Dimensão nominal dos elementos (in)
5-35	12
30-100	18
75-250	24
150-450	30
250-700	36
500-1100	43 $\frac{1}{4}$
>1000	48 e 56

Dimensão nominal dos elementos (in)	Área filtrante efetiva por quadro (ft^2)	
	Metal	Madeira
12	1,7	0,9
18	3,9	2,3
24	7,0	4,8
30	10,5	7,3
36	15,6	10,5
43 $\frac{1}{4}$	22,2	15,1
48	28,8	19,7

❑ Quadros de 24 in

$$\text{Área filtrante/quadro} = 7,0 \text{ ft}^2 = 2 \text{ a}$$

$$n = 219 \text{ ft}^2 / 7 \text{ ft}^2 = 32 \text{ quadros de 24 in}$$

$$n_p \text{ (nº placas de 1 botão)} = n + 1 = 33 \text{ placas}$$

❑ Quadros de 30 in

$$\text{Área filtrante/quadro} = 10,5 \text{ ft}^2 = 2 \text{ a}$$

$$n = 219 \text{ ft}^2 / 10,5 \text{ ft}^2 = 21 \text{ quadros de 30 in}$$

$$n_p = n + 1 = 22 \text{ placas}$$