



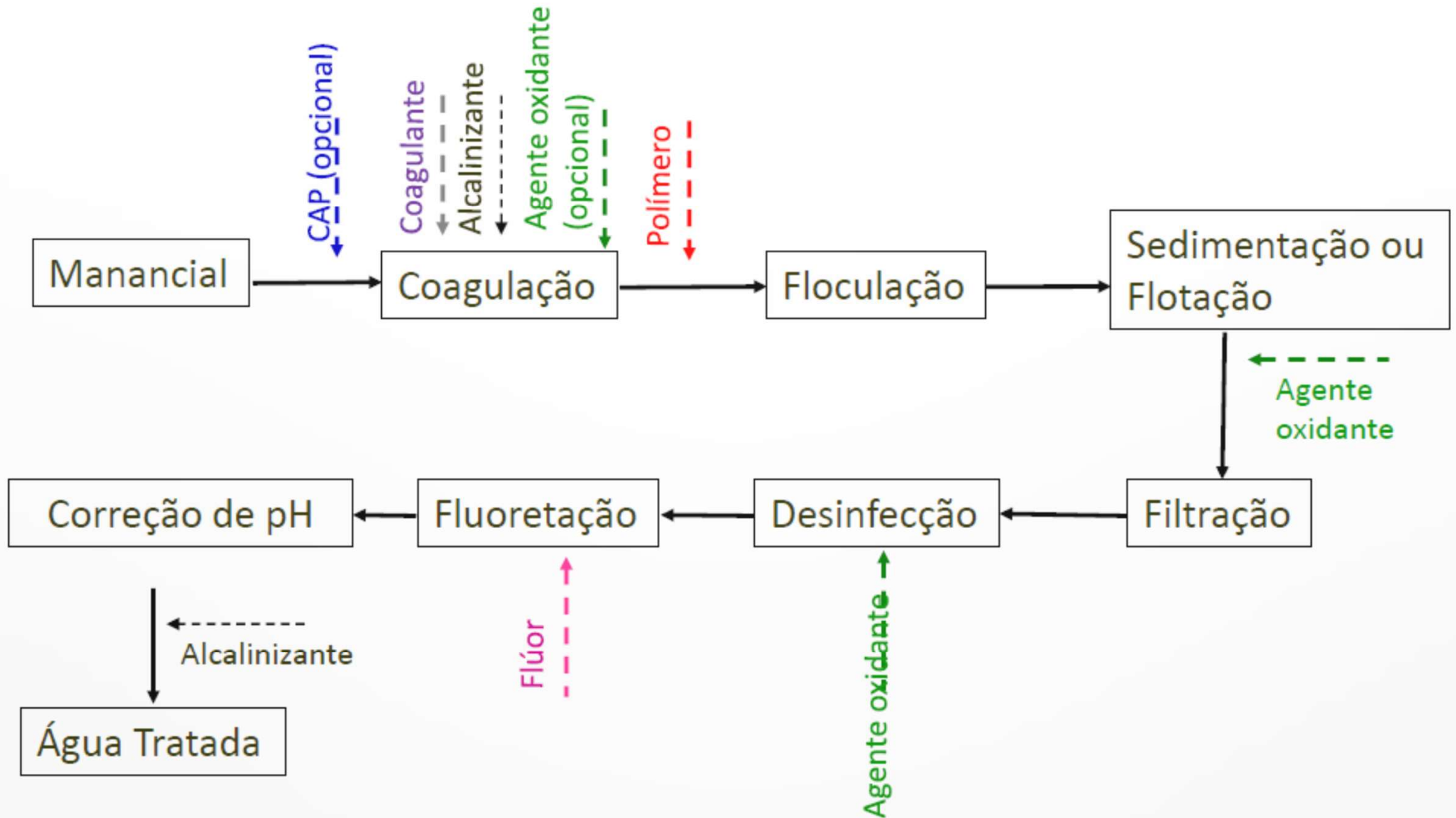
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL
DISCIPLINA: SANEAMENTO AMBIENTAL I
PROFESSOR ORIENTADOR: DR. RAMIRO G. ETCHEPARE
NOME: SILVIA F. PAFFRATH



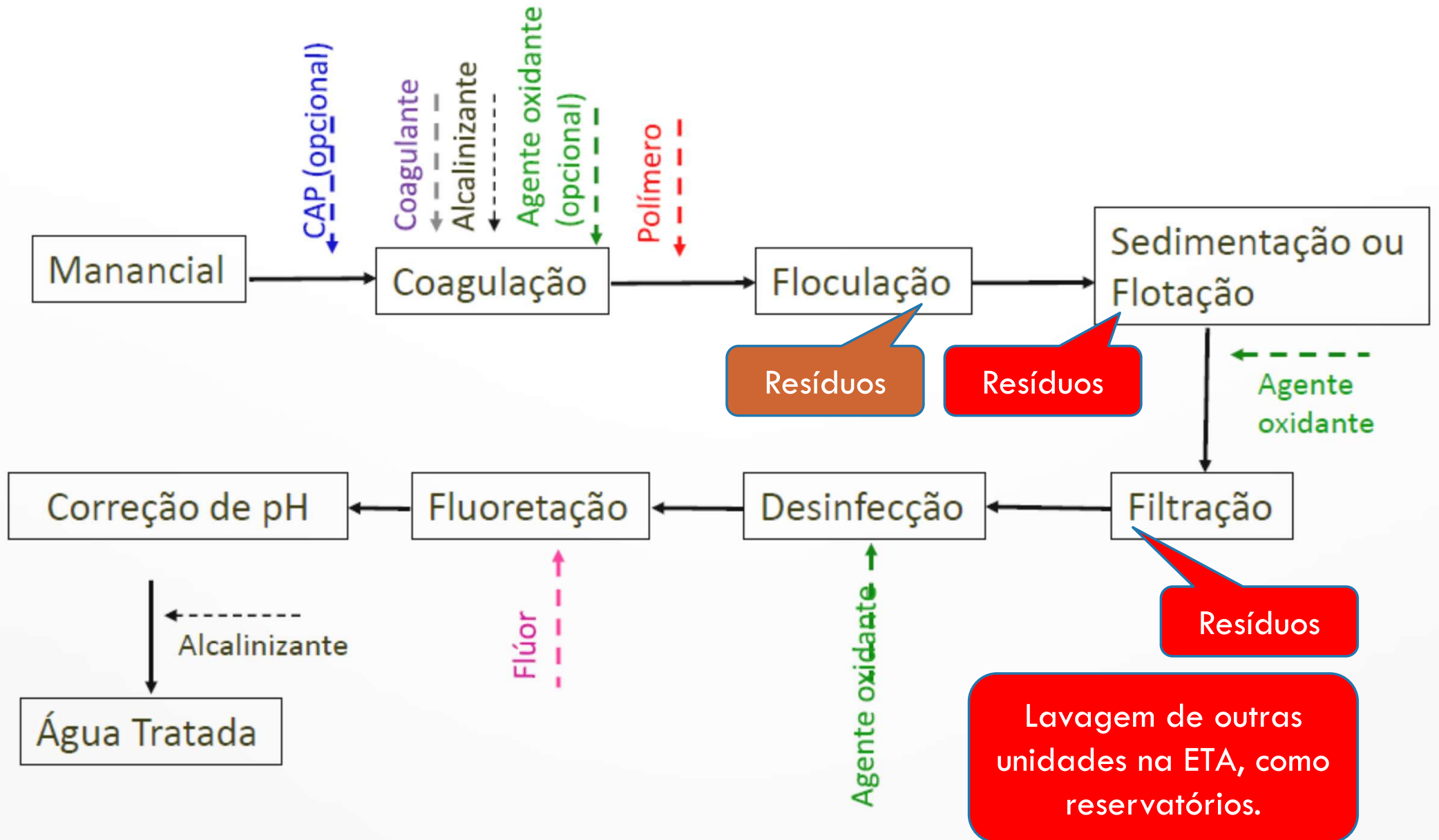
ETA CONVENCIONAL - FASE SÓLIDA

11/02/2021

TRATAMENTO CONVENCIONAL



TRATAMENTO CONVENCIONAL



RESÍDUOS GERADOS NA ETA



RESÍDUOS GERADOS NA ETA



RESÍDUOS GERADOS NA ETA

- Compostos da água bruta + precipitados de produtos químicos

RESÍDUOS GERADOS NA ETA

- Compostos da água bruta + precipitados de produtos químicos

Sólidos Suspensos
Totais

RESÍDUOS GERADOS NA ETA

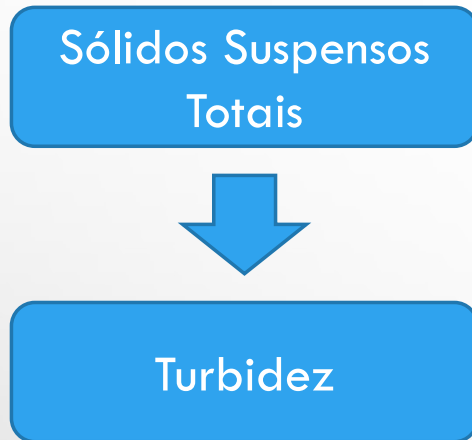
- Compostos da água bruta + precipitados de produtos químicos

ANEXO 10 DO ANEXO XX
TABELA DE PADRÃO ORGANOLÉPTICO DE POTABILIDADE (Origem: PRT MS/GM
2914/2011, Anexo 10)

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente ⁽²⁾		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,03
Dureza total		mg/L	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg/L	0,2
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor ⁽³⁾		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,12
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais		mg/L	1000
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)		mg/L	0,5
Tolueno	108-88-3	mg/L	0,17
Turbidez ⁽⁴⁾		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5
Xilenos	1330-20-7	mg/L	0,3

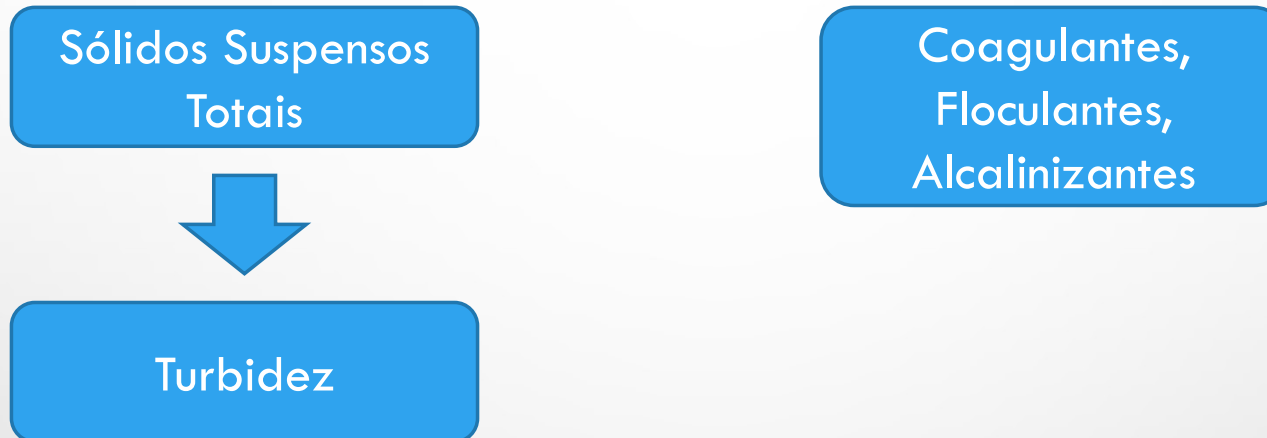
RESÍDUOS GERADOS NA ETA

- Compostos da água bruta + precipitados de produtos químicos



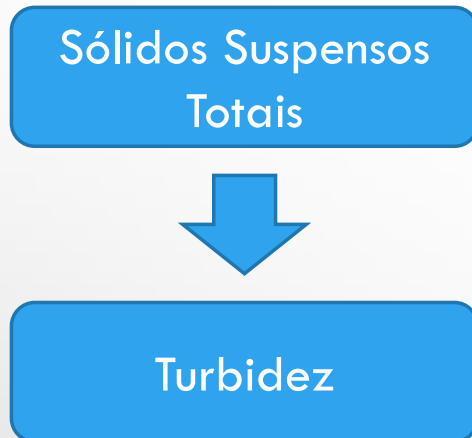
RESÍDUOS GERADOS NA ETA

- Compostos da água bruta + precipitados de produtos químicos



RESÍDUOS GERADOS NA ETA

- Compostos da água bruta + precipitados de produtos químicos

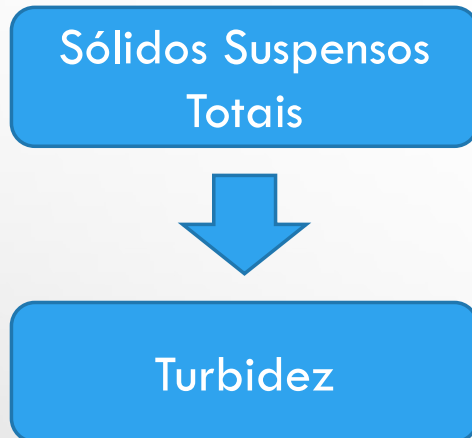


Coagulantes

Alumínio (sulfato de alumínio, cloreto de polialumínio – PAC);
Ferro (cloreto férrico, sulfato férrico);
Orgânicos (tanino, quitosana, moringa).

RESÍDUOS GERADOS NA ETA

- Compostos da água bruta + precipitados de produtos químicos



Coagulantes

Alumínio (sulfato de alumínio, cloreto de polialumínio – PAC);
Ferro (cloreto férrico, sulfato férrico);
Orgânicos (tanino, quitosana, moringa).



Sólidos devido à precipitação de hidróxidos metálicos:
 $\text{Al(OH)}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
 $\text{Fe(OH)}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS DE ETAs

Local	Parâmetros			
	ph	DQO (mg/L)	ST (mg/L)	Concentração de sólidos
1 São Paulo/BR	6,8 – 7,4		2132 – 5074*	0,2 – 0,5%
2 Pará/BR	5 - 8		1.814	0,18%
3 Goiás/BR	6,6 – 8,1	2.823	1.807 – 17.875*	0,18 – 1,8%
4 Surabaya/IDN	7,5	9.667	12.511	1,3%
5 Shymala/IND	8 - 9	-	330	0,03%
6 Ghaziabad/IND	6,82			2,35%
7 Annaba/ALG	6,38			1,52%
8 Nova Escócia/CAN	6,7	25,1	490	0,05%

CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS DE ETAs

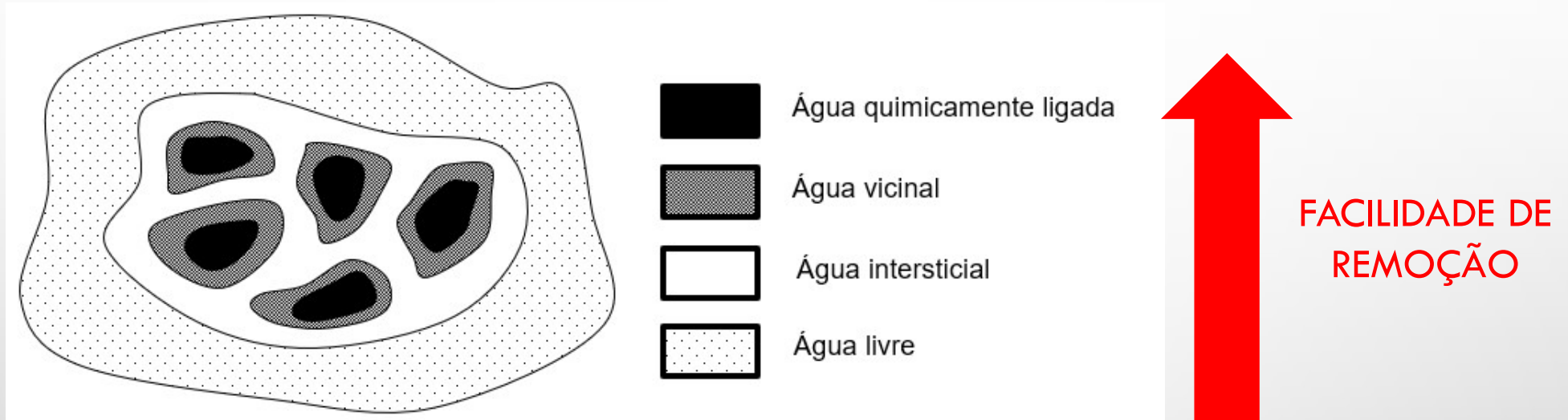
Tipo de separação sólido-líquido	T (NTU) ¹	ST (mg/L)
Floco-decantador (ETA Palmital)	18,5	768
Floco-decantador (ETA Cercadinho)	17	828
Decantador alta taxa (ETA Iguaçu)	8,8	778,9 ²
Decantador convencional (ETA Iguaçu)	8,8	18.700 ²
Decantador alta taxa (ETA Pitangui)	17,90	2.480 ³
Clarificador com microareia (ETA Pitangui)	17,90	733,3 ³
Flotador (ETA Iraí)	10	11.150

1 – turbidez da água bruta

CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS DE ETAs

- Fluido não newtoniano: varia entre estado de gel (repouso) e líquido (agitado).
- NBR 10004: resíduo sólido.
 - *PNRS (12.305): proibido lançamento direto no corpo hídrico.*
- FILTROS: maior volume.
- UNIDADES DE SEPARAÇÃO SÓLIDO LÍQUIDO: maior massa (resíduos mais concentrados)

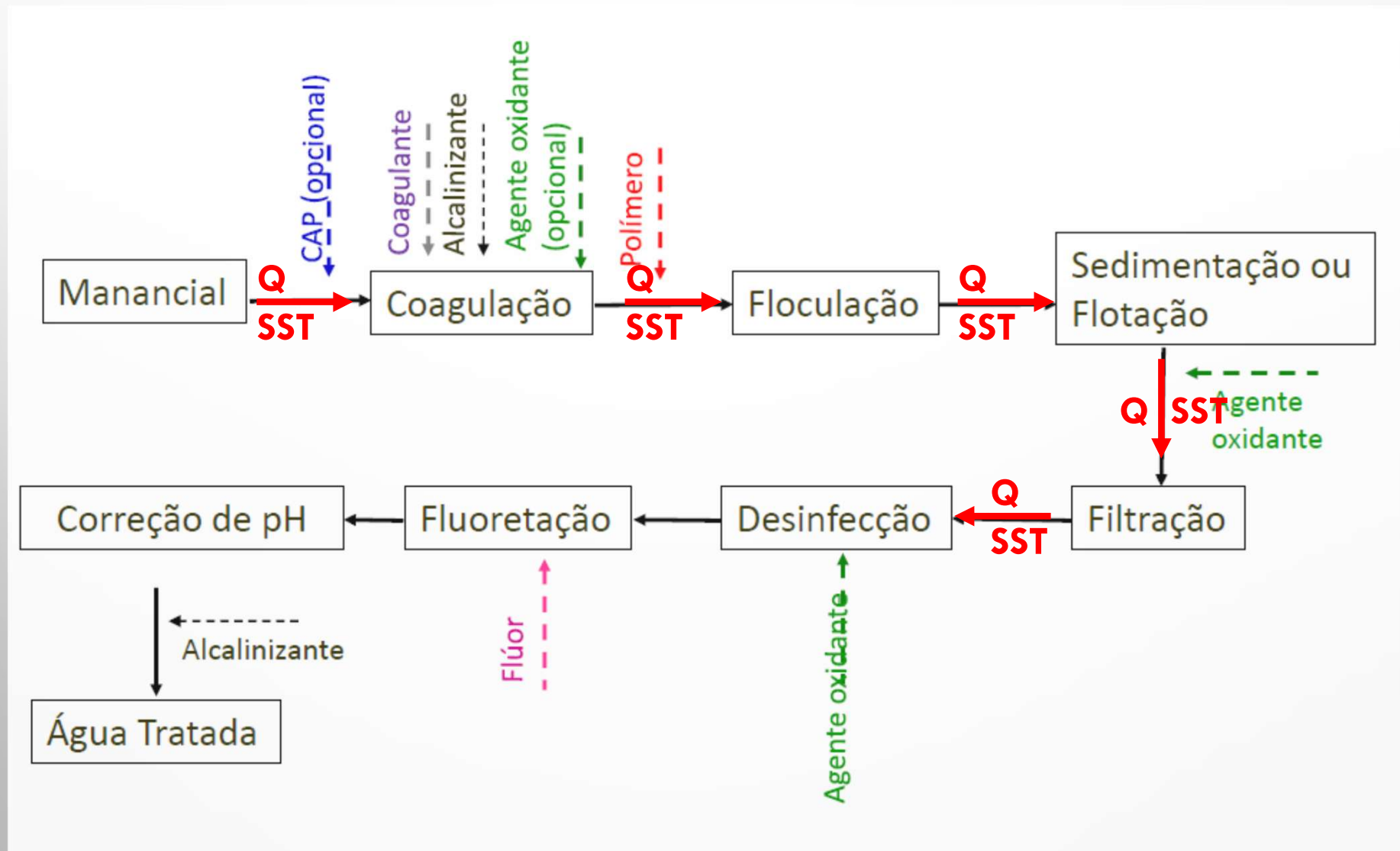
CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS DE ETAs



- A água livre: não está unida na partícula sólida.
- A água intersticial: ligada aos interstícios do floco de forma mecânica.
- A água vicinal: múltiplas camadas de moléculas fisicamente ligadas e firmemente presas à superfície da partícula.
- Água quimicamente ligada: está ligada às partículas sólidas.

QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDA NA ETA

- Balanço de massa da ETA



QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDA NA ETA

- Método empírico (equações para estimativa)

$$S = \frac{0,2.C + K_1T + K_2.D}{1000}$$

$$P = 3,5 \times 10^{-3} \times T^{0,66}$$

$$T_S = \frac{(0,26D_{SA} \text{ ou } 0,66D_{CF}) + 1,5T}{1000}$$

$$P_{SS} = \frac{(4,89D_{AL} \text{ ou } 2,9D_{FE}) + SST + Dp + Dcap + 0,1Dcal + OA}{1000}$$

$$S = \frac{0,44Al + 2,9Fe + SS + A + 2,0Ca + 2,6Mg}{1000}$$

$$P = \frac{1,2T + 0,07C + 0,17D + A}{1000}$$

QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDA NA ETA

- Método empírico (equações para estimativa)

$$S = \frac{0,2.C + K_1 T + K_2 .D}{1000}$$

$$P = 3,5 \times 10^{-3} \times T^{0,66}$$

$$T_S = \frac{(0,26D_{SA} \text{ ou } 0,66D_{CF}) + 1,5T}{1000}$$

$$P_{SS} = \frac{(4,89D_{AL} \text{ ou } 2,9D_{FE}) + SST + Dp + Dcap + 0,1Dcal + OA}{1000}$$

$$S = \frac{0,44Al + 2,9Fe + SS + A + 2,0Ca + 2,6Mg}{1000}$$

$$P = \frac{1,2T + 0,07C + 0,17D + A}{1000}$$

QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDA NA ETA

- Método empírico (equações para estimativa)

$$S = \frac{0,2.C + K_1 T + K_2 .D}{1000}$$

$$P = 3,5 \times 10^{-3} \times T^{0,66}$$

$$T_S = \frac{(0,26D_{SA} \text{ ou } 0,66D_{CF}) + 1,5T}{1000}$$

$$P_{SS} = \frac{(4,89D_{AL} \text{ ou } 2,9D_{FE}) + S_{ST} + D_p + D_{cap} + 0,1D_{cal} + OA}{1000}$$

K*T

$$S = \frac{0,44Al + 2,9Fe + SS + A + 2,0Ca + 2,6Mg}{1000}$$

$$b \cdot T \quad (0,7 < b < 2,2)$$

$$P = \frac{1,2T + 0,07C + 0,17D + A}{1000}$$

QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDA NA ETA

- Método empírico (equações para estimativa)

$$S = \frac{0,2.C + K_1 T + K_2 .D}{1000}$$

$$P = 3,5 \times 10^{-3} \times T^{0,66}$$

$$T_s = \frac{(0,26 D_{SA} \text{ ou } 0,66 D_{CF}) + 1,5T}{1000}$$

$$P_{SS} = \frac{(4,89 D_{AL} \text{ ou } 2,9 D_{FE}) + S_{ST} + D_p + D_{cap} + 0,1 D_{cal} + OA}{1000}$$

K*T

$$S = \frac{0,44 Al + 2,9 Fe + SS + A + 2,0 Ca + 2,6 Mg}{1000}$$

$$b^*T \quad (0,7 < b < 2,2)$$

$$P = \frac{1,2T + 0,07C + 0,17D + A}{1000}$$

QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDA NA ETA

- Método empírico (equações para estimativa)

AWWA

$$P_{ss} = (4,89 \times D.AI + SST + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

(Kg/m³)

QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDA NA ETA

- Método empírico (equações para estimativa)

AWWA

$$P_{ss} = (4,89 \times D.AI + SST + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

(Kg/m³)

AWWA

$$P_{ss} = (4,89 \times \mathbf{D.AI} + SST + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

(Kg/m³)

QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDA NA ETA

- Método empírico (equações para estimativa)

AWWA

$$P_{ss} = (4,89 \times D.AI + SST + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

(Kg/m³)

AWWA

$$P_{ss} = (4,89 \times D.AI + SST + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

(Kg/m³)

$$P_{ss} = (0,44 \times D.SA + SST + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDA NA ETA

- Método empírico (equações para estimativa)

AWWA

$$P_{ss} = (4,89 \times D.AI + SST + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

(Kg/m³)

AWWA

$$P_{ss} = (4,89 \times D.AI + SST + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

(Kg/m³)

$$P_{ss} = (0,44 \times D.SA + SST + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

$$P_{ss} = (0,80 \times D.PAC + SST + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDA NA ETA

- Método empírico (equações para estimativa)

AWWA

$$P_{ss} = (4,89 \times D.AI + \text{SST} + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

(Kg/m³)

QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDA NA ETA

- Método empírico (equações para estimativa)

$$P_{ss} = (4,89 \times D.AI + \text{SST} + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

(Kg/m³)

AWWA

Relação entre SST e
Turbidez, varia de 0,5 a 2,0

K₁

EXERCÍCIO

- Para a mesma ETA com vazão de 440 L/s, calcule a produção de sólidos secos (PSS, em Kg/mês) para os meses de janeiro e julho, considerando os seguintes dados:

1) JANEIRO

T: 10 NTU

Dosagem de PAC: 12 mg/L

2) JULHO

T: 65 NTU

Dosagem de PAC: 25 mg/L

($K = 1$)

$$P_{ss} = (0,80 \times D.PAC + K.T + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3}$$

(Kg/m³)

$$P_{ss} \text{ (Kg/mês)} = P_{ss} \text{ (Kg/m}^3\text{)} * 440 \text{ L/s} * 3,6 * 24 \text{ h} * 31 \text{ dias}$$

EXERCÍCIO

- Para a mesma ETA com vazão de 440 L/s, calcule a produção de sólidos secos (PSS, em Kg/mês) para os meses de janeiro e julho, considerando os seguintes dados:

1) JANEIRO

T: 10 NTU

Dosagem de PAC: 12 mg/L

23 ton/mês

2) JULHO

T: 65 NTU

Dosagem de PAC: 25 mg/L

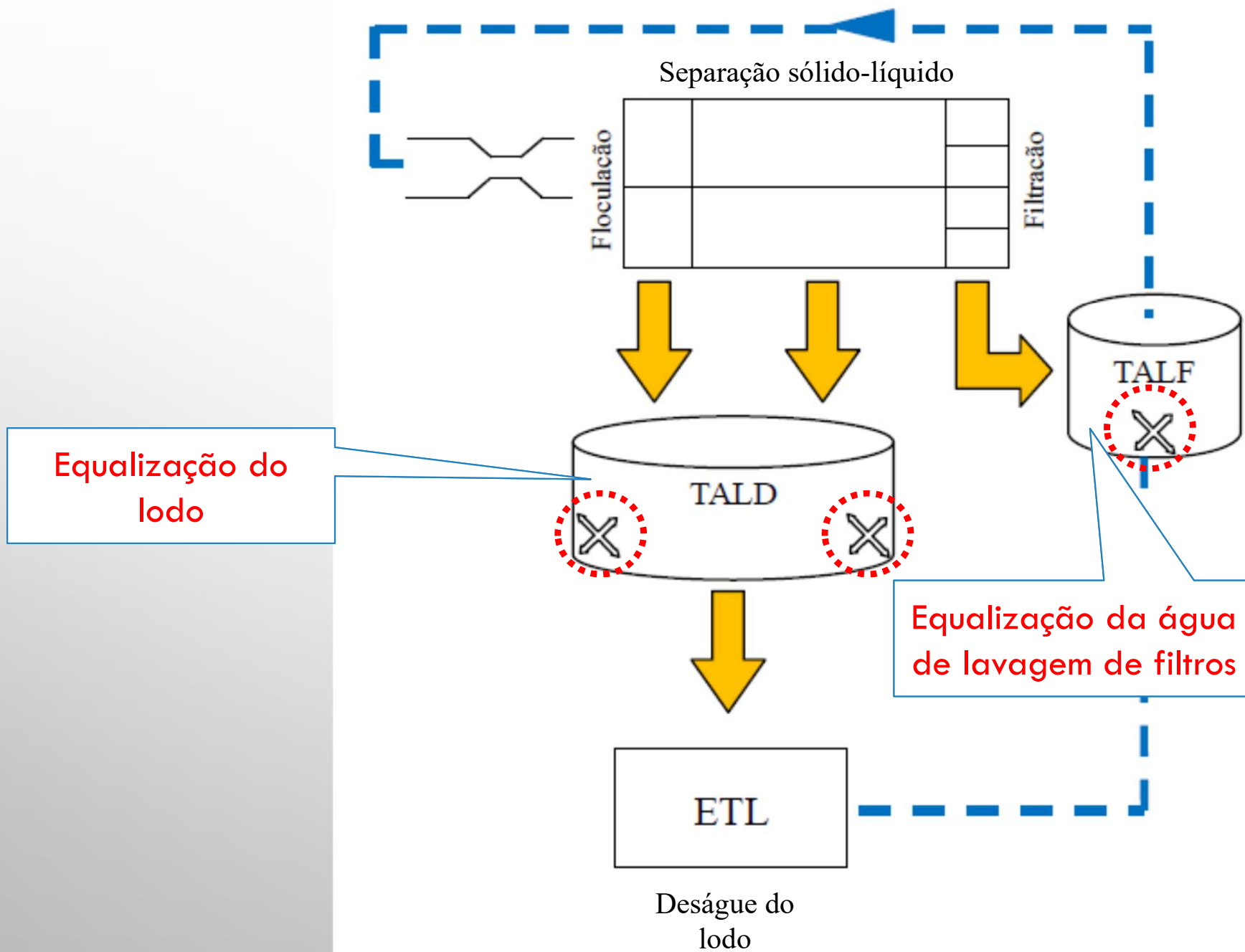
100 ton/mês

(K = 1)

$$P_{ss} = (0,80 \times D.PAC + K.T + 0,1 \times D.cal) \times 10^{-3} \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$P_{ss} \text{ (Kg/mês)} = P_{ss} \text{ (Kg/m}^3\text{)} * 440 \text{ L/s} * 3,6 * 24 \text{ h} * 31 \text{ dias}$$

TRATAMENTO DO LODO



TRATAMENTO DO LODO: EQUALIZAÇÃO



TRATAMENTO DO LODO: EQUALIZAÇÃO



TRATAMENTO



VOLTA PARA ETA

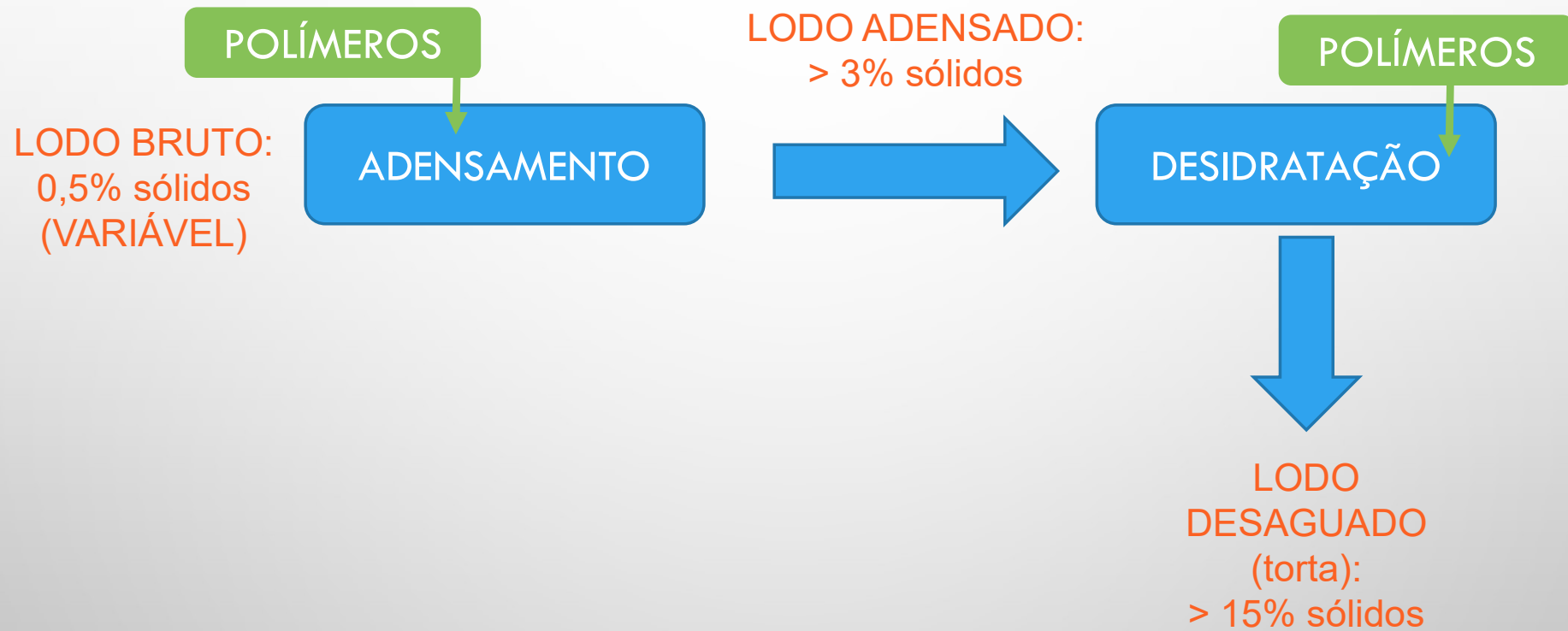


TRATAMENTO DO LODO: EQUALIZAÇÃO



Vídeo Apucarana

TRATAMENTO DO LODO: DESÁGUE



TRATAMENTO DO LODO: DESÁGUE



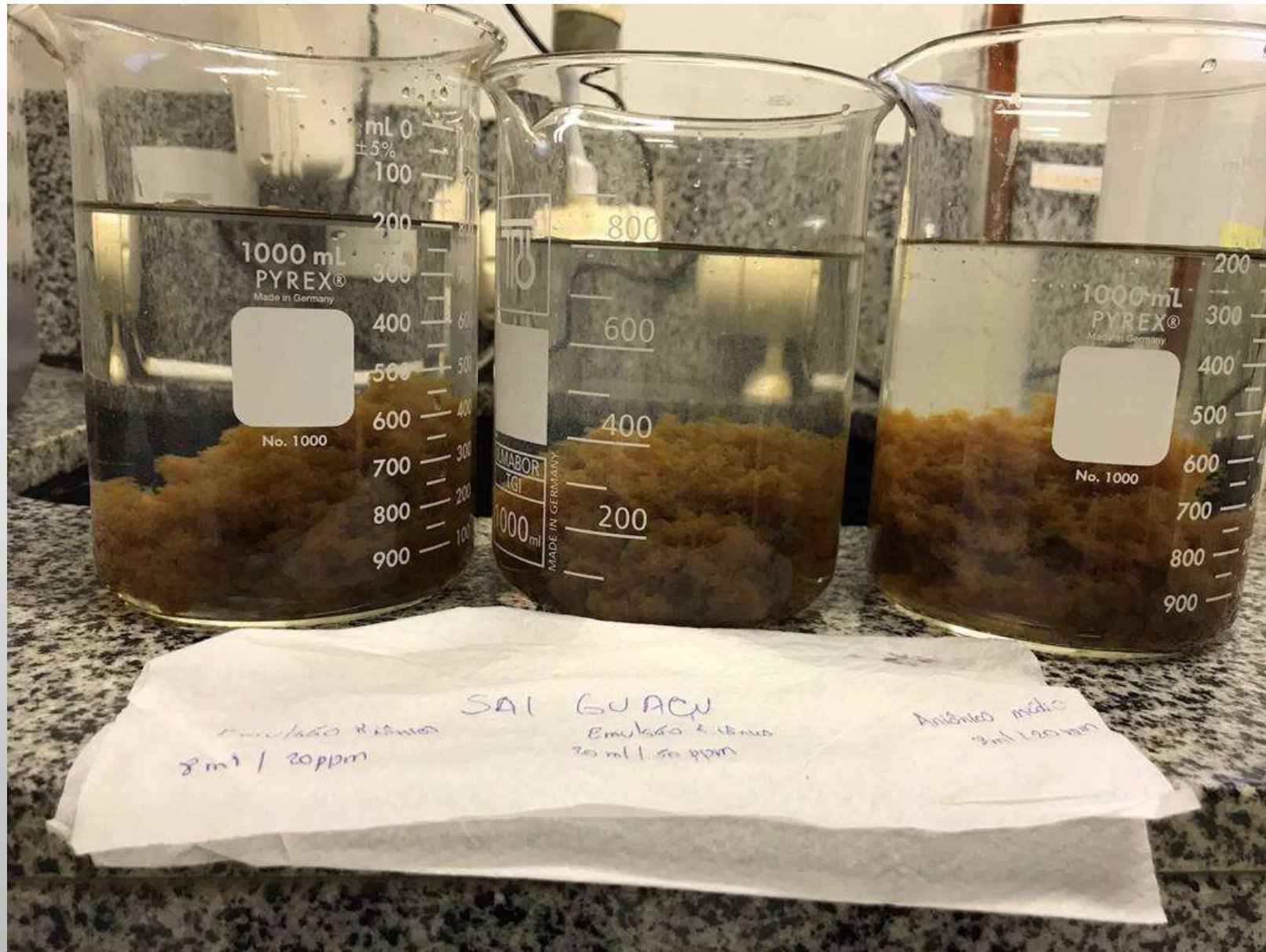
LODO BRUTO: 0,4% sólidos



TRATAMENTO DO LODO: POLÍMEROS



TRATAMENTO DO LODO: POLÍMEROS



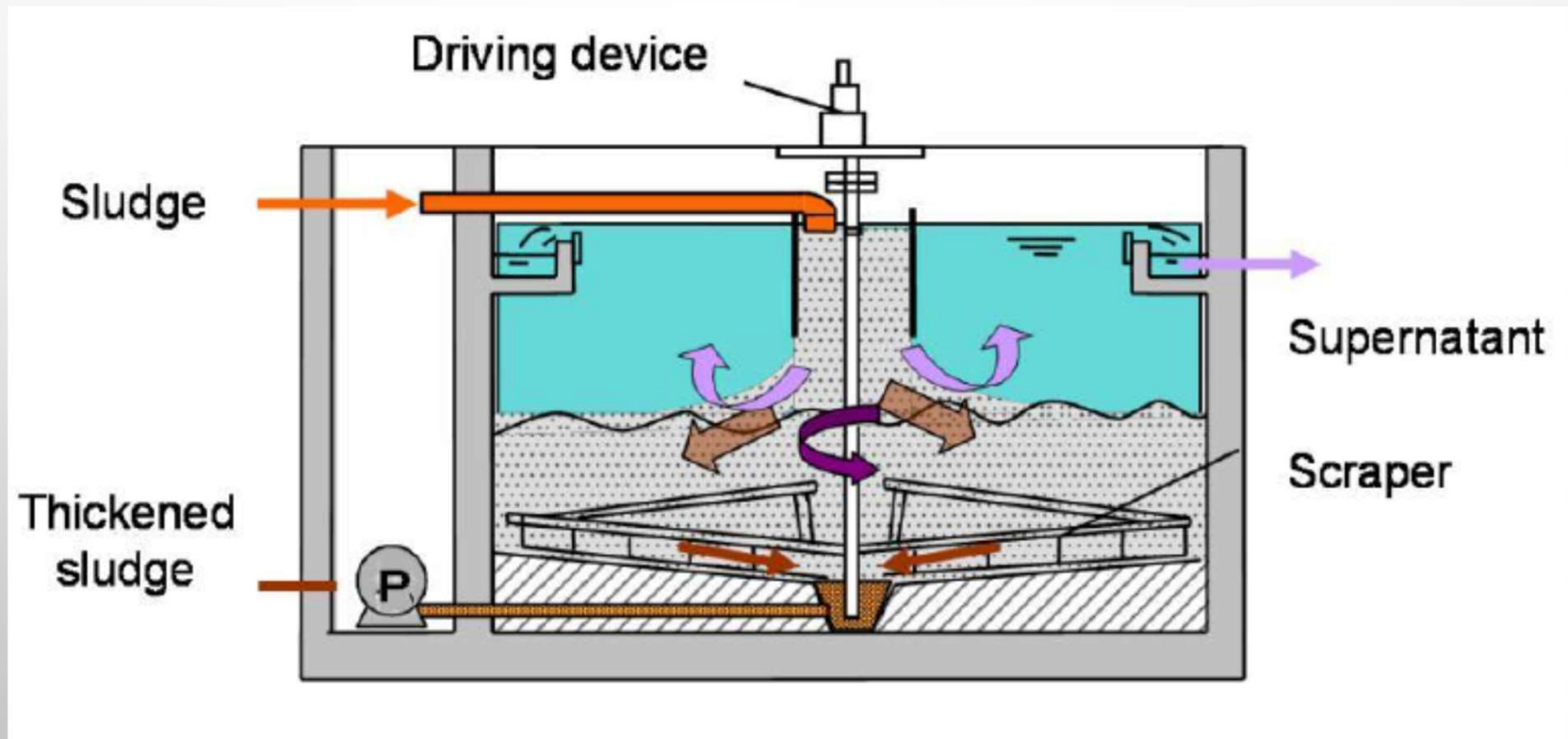
TRATAMENTO DO LODO: ADENSAMENTO

- Por gravidade (maior facilidade operacional, mas menos eficiente e requer maior área de implantação)



TRATAMENTO DO LODO: ADENSAMENTO

- Por gravidade (maior facilidade operacional, mas menos eficiente e requer maior área de implantação)

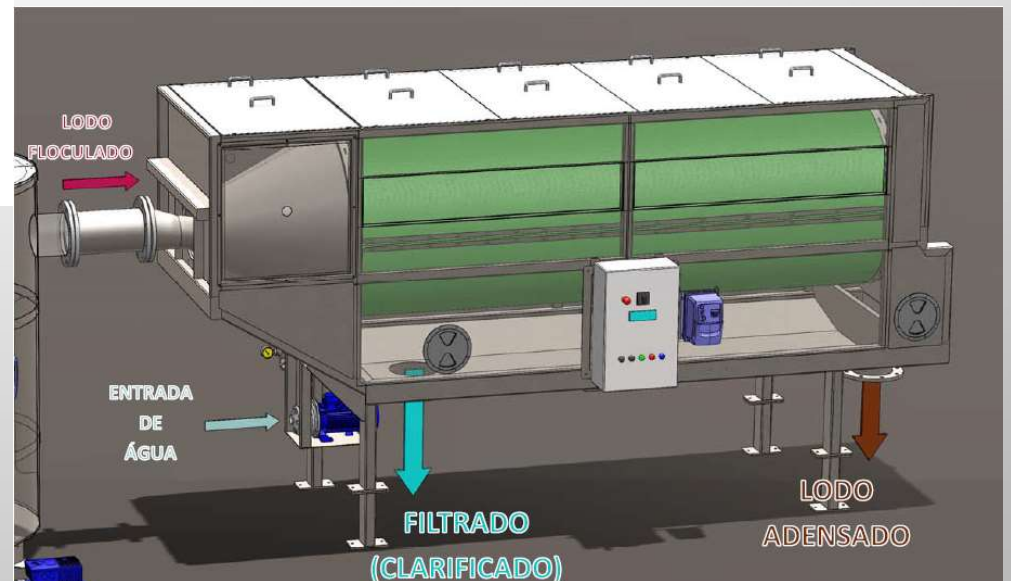


TRATAMENTO DO LODO: ADENSAMENTO

- Mecânico (requer operação especializada, mais eficiente e menor área de implantação)



Mesa adensadora



Tambor rotativo

TRATAMENTO DO LODO: ADENSAMENTO

- Mecânico (requer operação especializada, mais eficiente e menor área de implantação)



Vídeo Iguazu

TRATAMENTO DO LODO: ADENSAMENTO

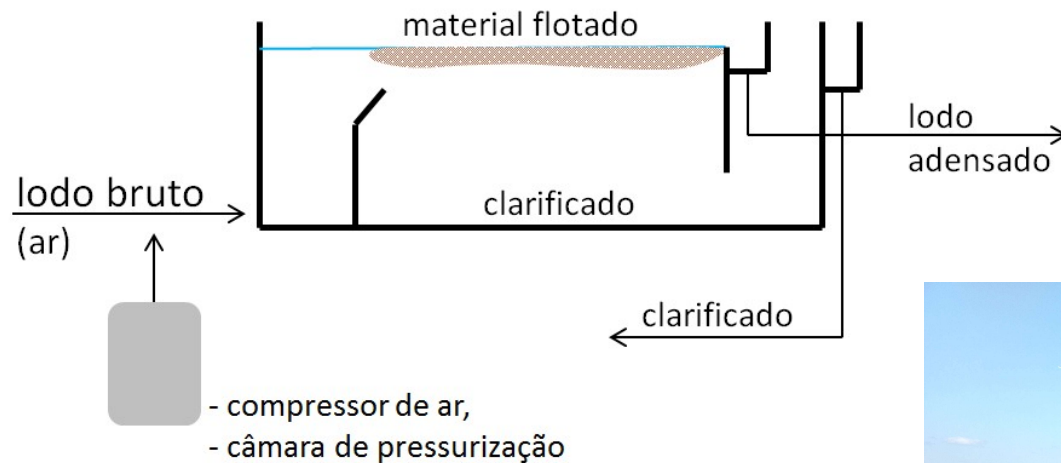
- Mecânico (requer operação especializada, mais eficiente e menor área de implantação)



Vídeo Apucarana

TRATAMENTO DO LODO: ADENSAMENTO

- Flotação por ar dissolvido (mais controle operacional, ainda mais eficiente que o adensador mecânico, maior gasto energético)



TRATAMENTO DO LODO: DESIDRATAÇÃO

- Natural (facilidade operacional, menor gasto energético, requer maiores áreas, dependente do clima)
- Bags,
- Lagoas,
- Leitos.



TRATAMENTO DO LODO: DESIDRATAÇÃO

- Natural (facilidade operacional, menor gasto energético, requer maiores áreas, dependente do clima)



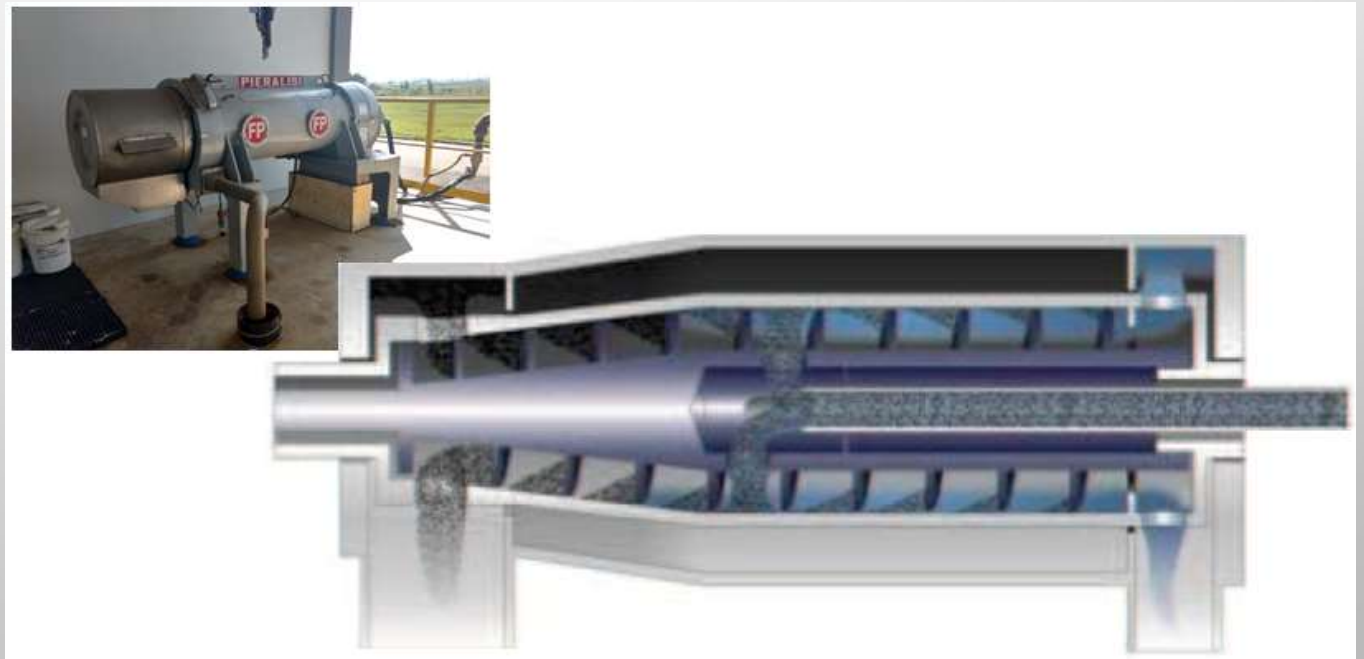
TRATAMENTO DO LODO: DESIDRATAÇÃO

- Natural (facilidade operacional, menor gasto energético, requer maiores áreas, dependente do clima)



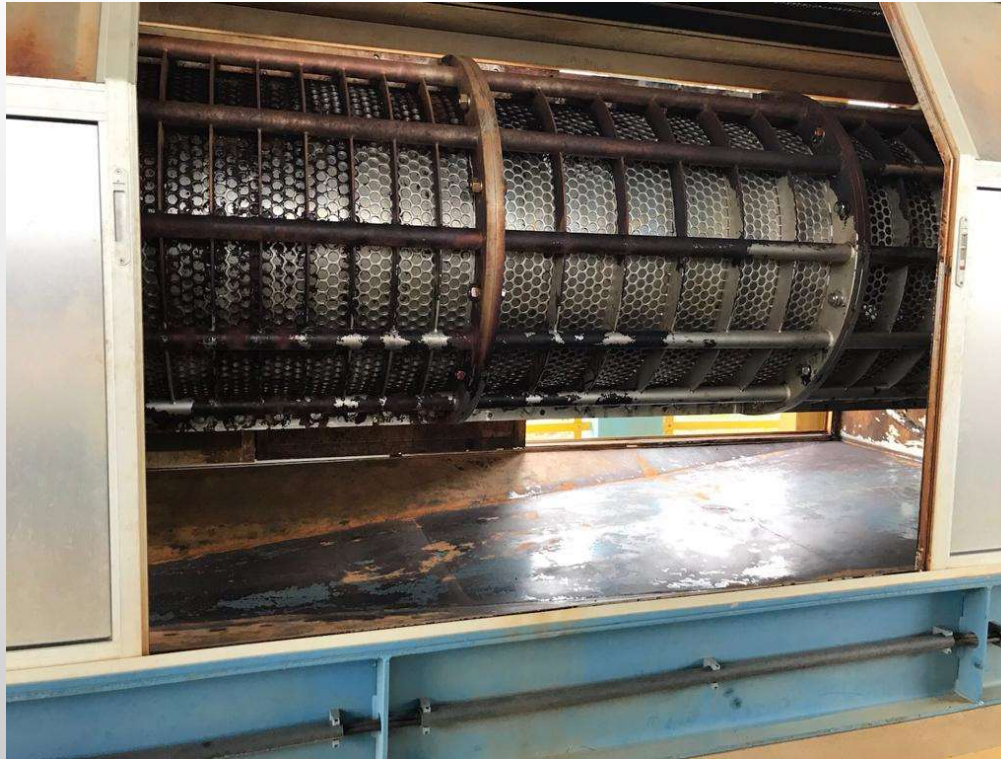
TRATAMENTO DO LODO: DESIDRATAÇÃO

- Mecânico (maior gasto energético, não depende do clima, menores áreas, mão-de-obra especializada)
 - centrífuga,
 - prensa tipo parafuso,
 - filtro prensa.



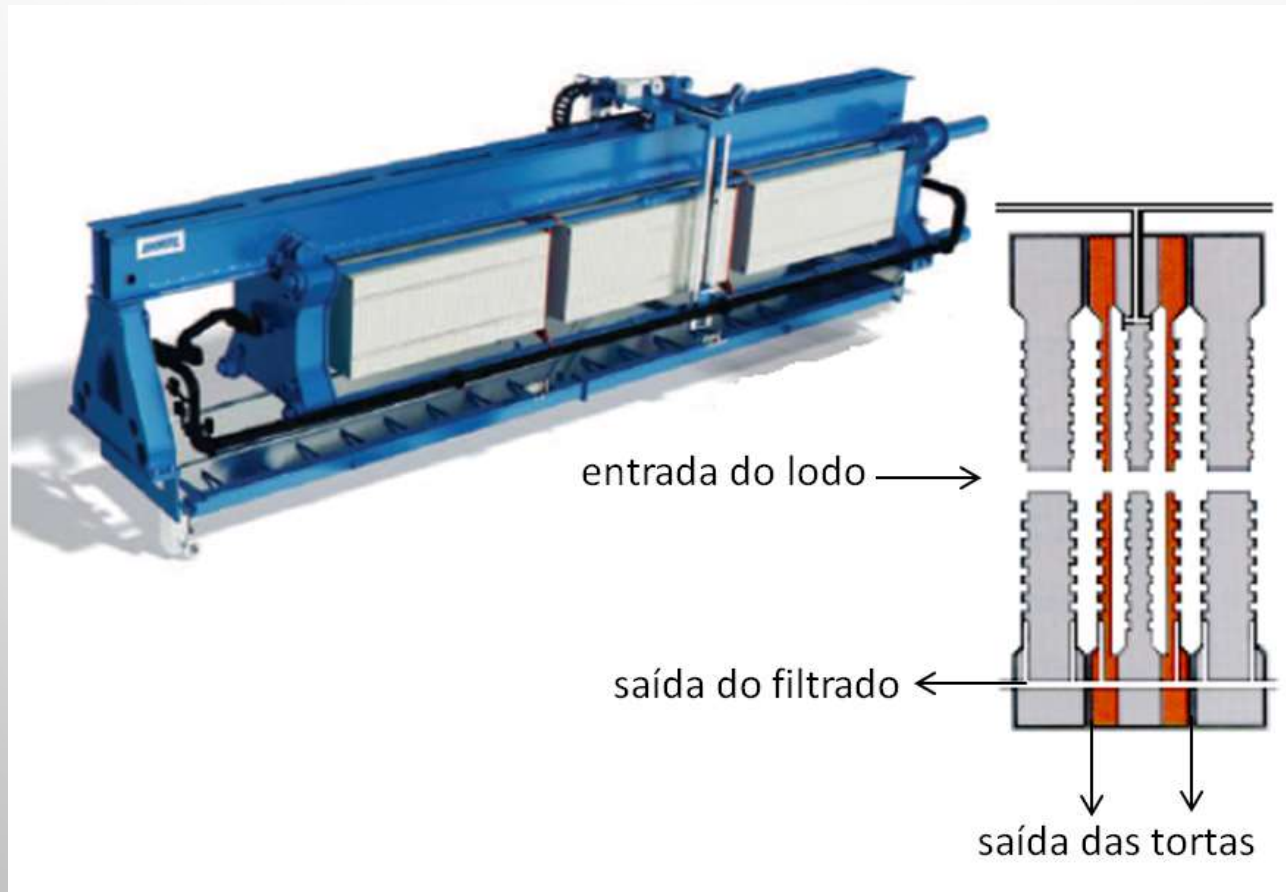
TRATAMENTO DO LODO: DESIDRATAÇÃO

- Mecânico (maior gasto energético, não depende do clima, menores áreas, mão-de-obra especializada)



TRATAMENTO DO LODO: DESIDRATAÇÃO

- Mecânico (maior gasto energético, não depende do clima, menores áreas, mão-de-obra especializada)



TRATAMENTO DO LODO: DESIDRATAÇÃO

- Mecânico (maior gasto energético, não depende do clima, menores áreas, mão-de-obra especializada)



EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.

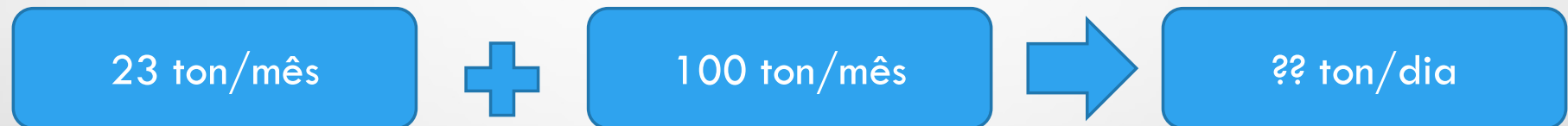
EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.



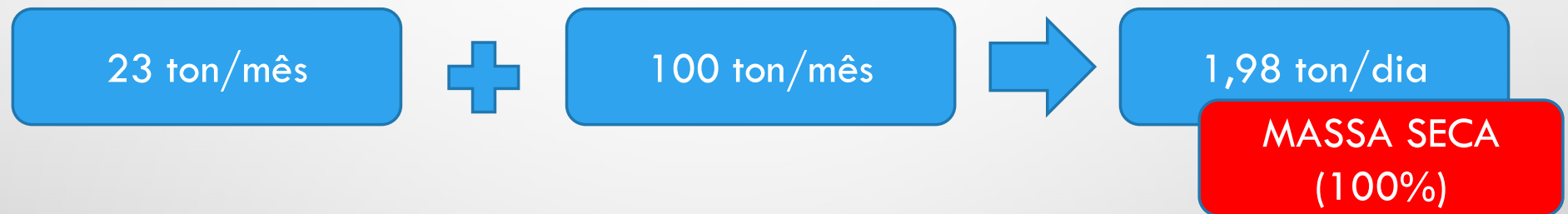
EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.



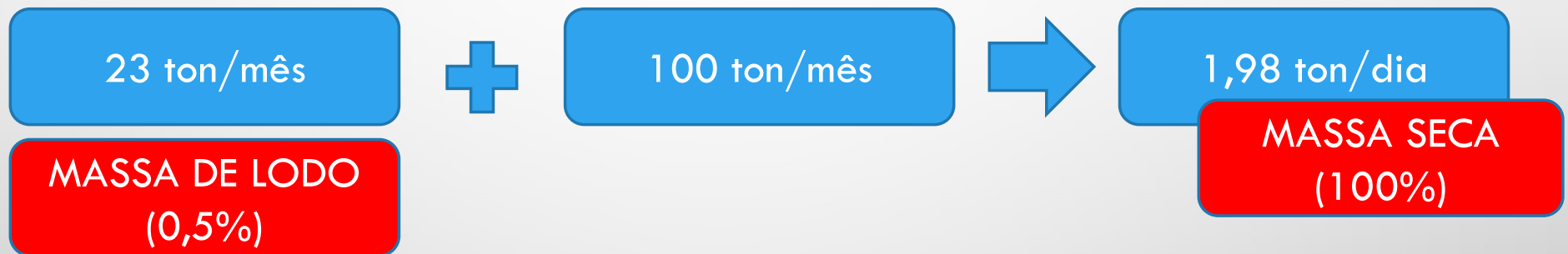
EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.



EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.

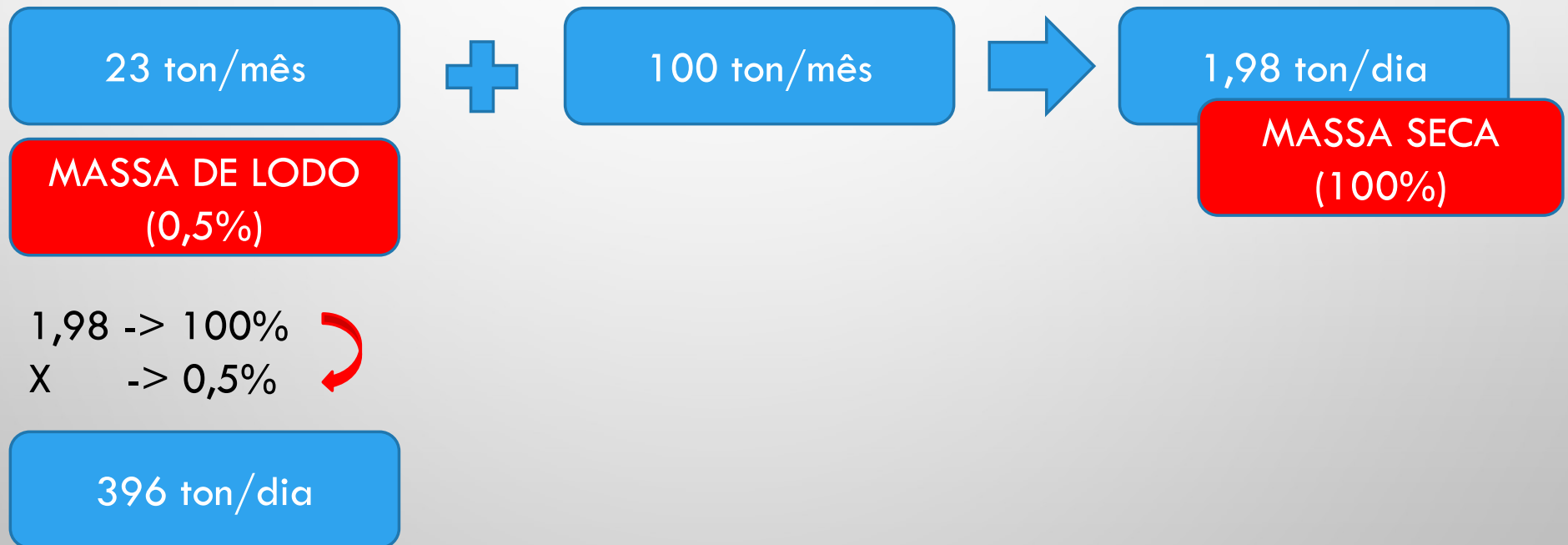


1,98 -> 100%

X -> 0,5%

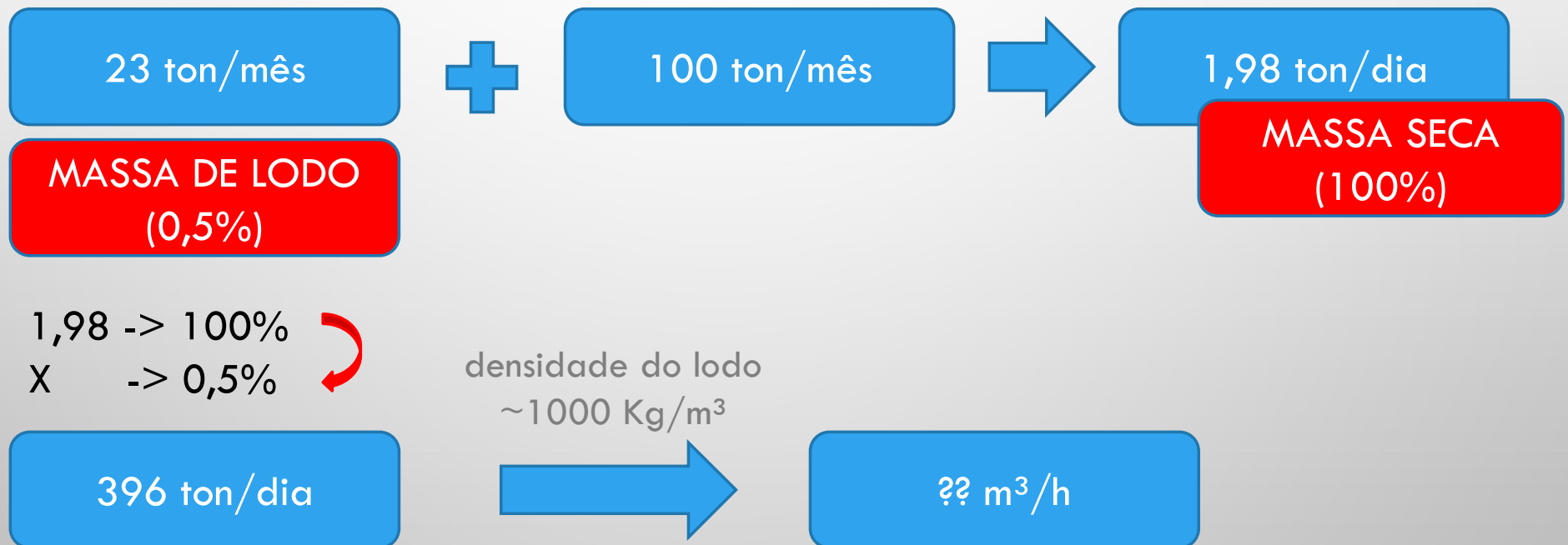
EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.



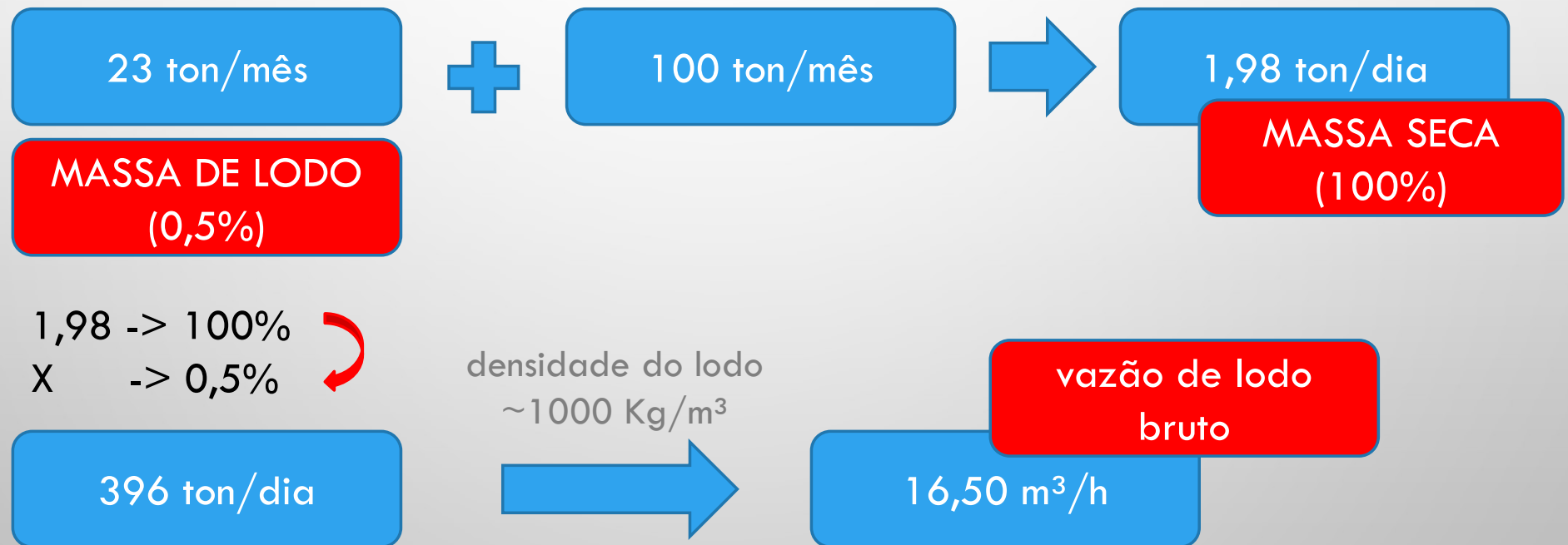
EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.



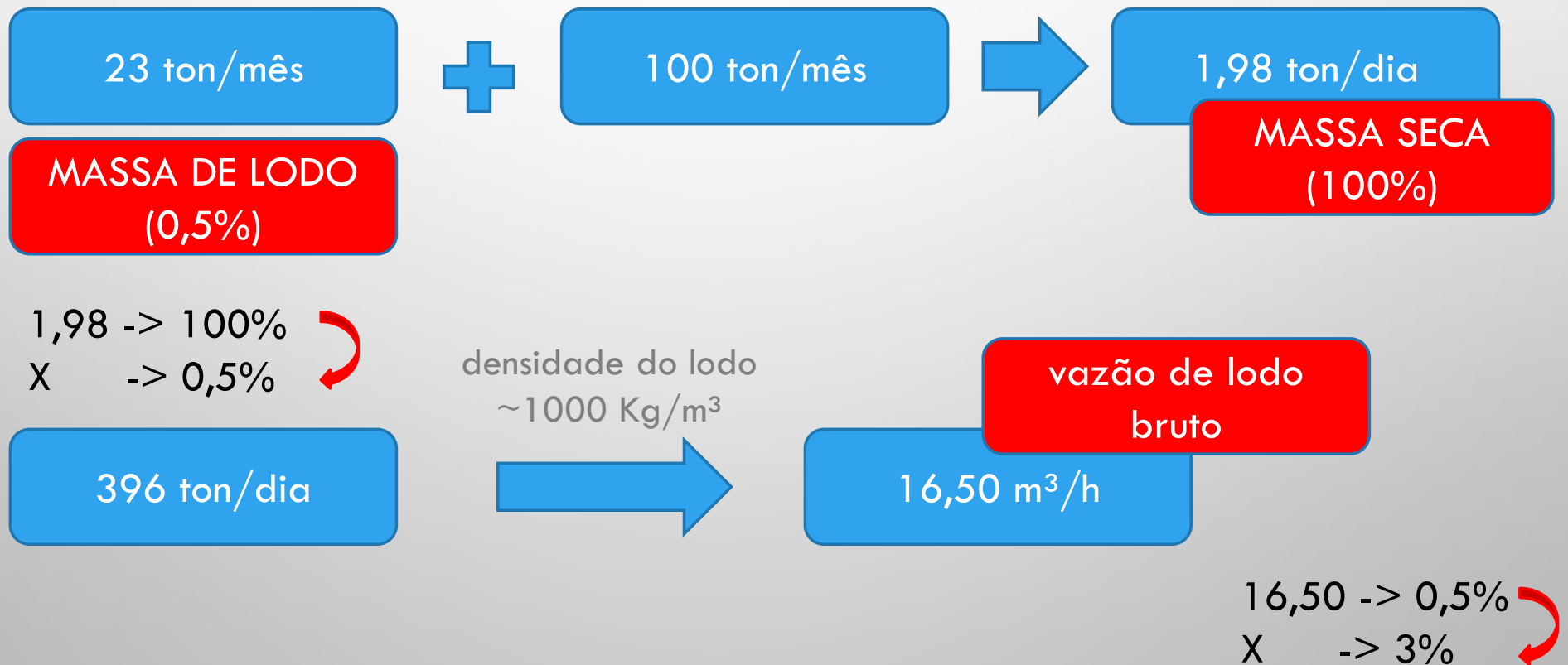
EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.



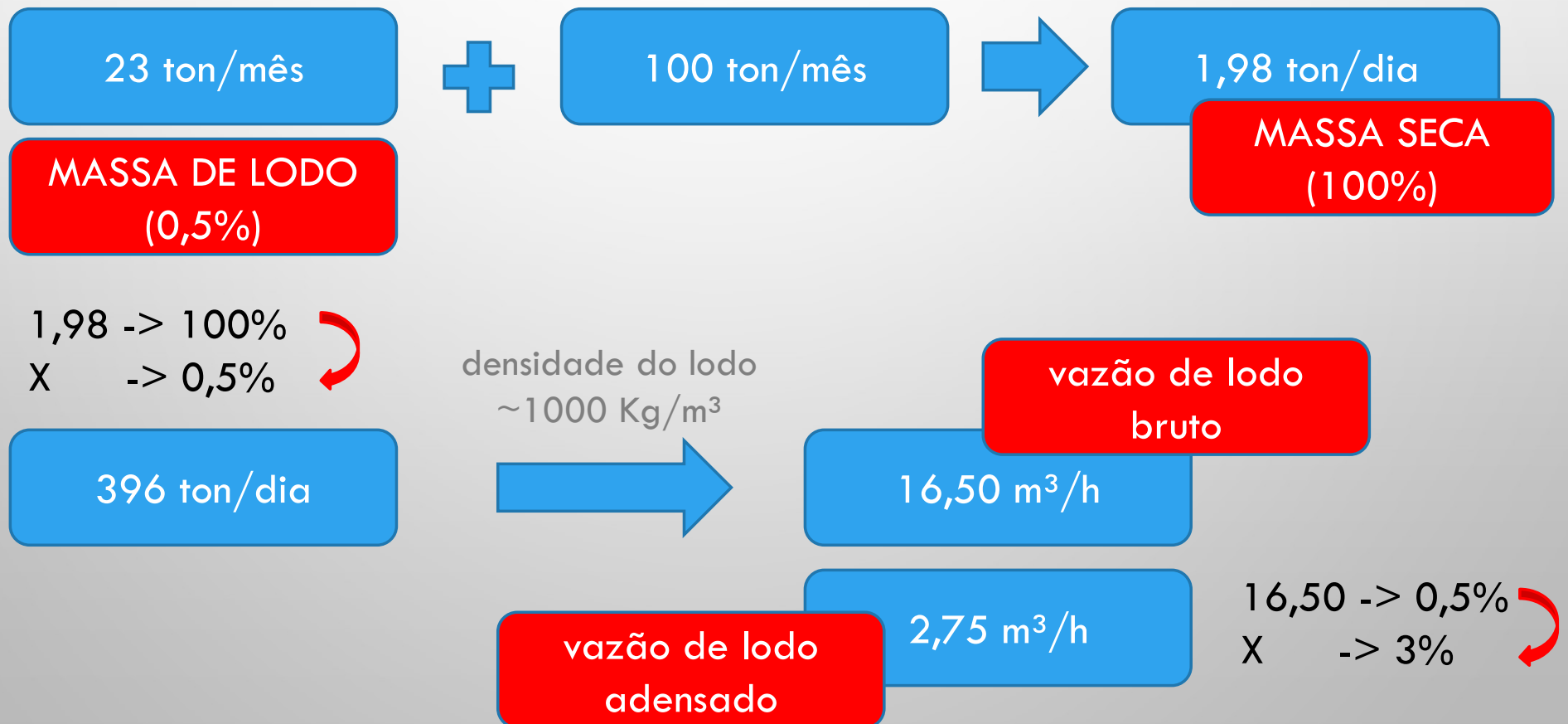
EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.



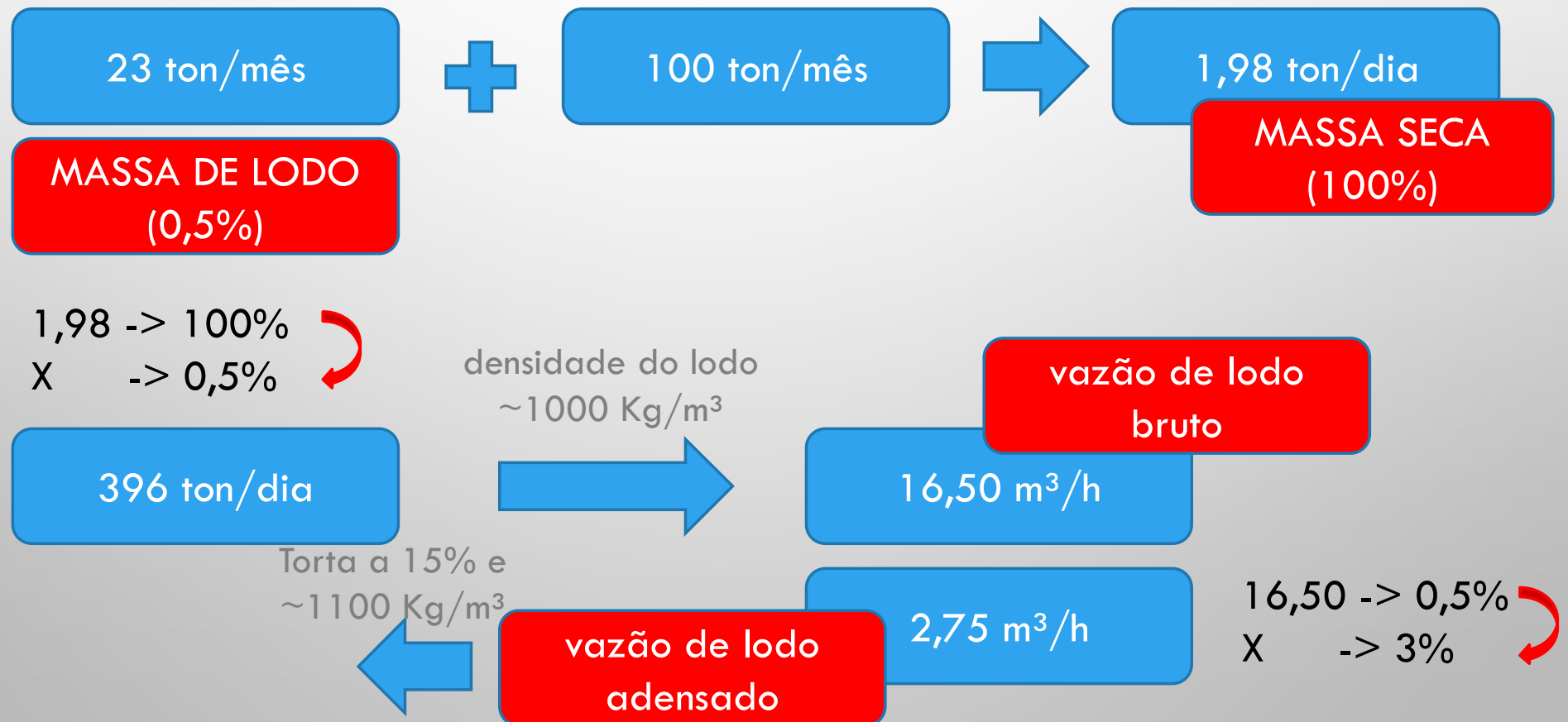
EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.



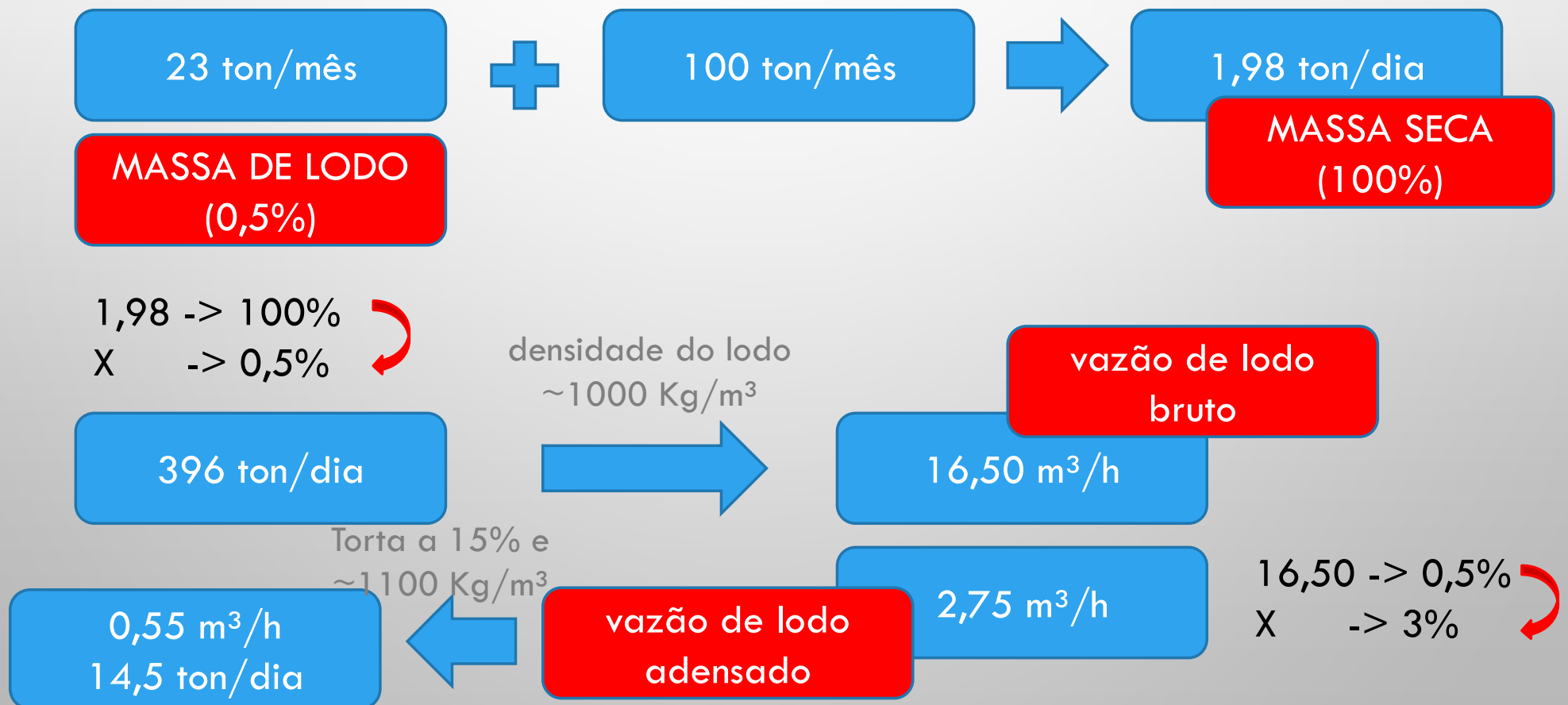
EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.



EXERCÍCIO

- Utilizando a produção média de sólidos secos calculada anteriormente, calcule a vazão de lodo bruto a 0,5% (ST), adensado a 3% (ST) e desaguado a 15% (ST). Desconsiderar o polímero adicionado.



REÚSO E DESTINAÇÃO FINAL

- Recuperação de coagulante.
- Materiais da construção civil.
- Aplicação no solo.
- Tratamento de esgoto.
- Cobertura de aterro sanitário.

REÚSO E DESTINAÇÃO FINAL

- Recuperação de coagulante.
- Materiais da construção civil.
- Aplicação no solo.
- Tratamento de esgoto.
- Cobertura de aterro sanitário.

VIABILIDADE E
SUSTENTABILIDADE