

# Curso de Tratamento de Águas Residuárias

(Continuação)

ENG. JOSÉ M. DE AZEVEDO NETTO  
Professor Catedrático da Universidade  
de São Paulo

## CAPÍTULO XIV

### LÓDOS RESULTANTES DAS DIVERSAS FASES DE TRATAMENTO CONCENTRADORES

#### 14.01 — Tipos de lodo

Os materiais sólidos retidos pelos decantadores constituem os **lodos** de esgoto. Os lodos obtidos nos decantadores primários denominam-se lodos brutos ou lodos primários; dos decantadores secundários retiram-se lodos secundários ou "humus" no caso de filtração biológica, ou lodos ativados quando se tratar deste processo.

Os lodos retirados logo após a sua produção são lodos **frescos**; os lodos em início de putrefação são **sépticos**. Após a digestão os lodos são denominados **digeridos**.

A remoção dos lodos dos decantadores pode ser feita pela própria pressão hidrostática ou pela ação de bombas (neste caso muitas vezes continuamente).

O teor de umidade dos lodos pode variar muito, dependendo da construção e do equipamento do decantador, do processo de remoção, da natureza dos esgotos, do tipo de lodo considerado e de fatores relacionados com a operação. Em geral a porcentagem de umidade é muito elevada.



Foto mostrando lodo digerido bem seco, em leito de secagem.

14.02 — Características dos lodos

Tipo de lodo	Aspecto e Condições	Cheiro	Secagem	% Umidade
Lodo bruto	Pardo, bastante putrescível, pegajoso	Mau	Não pode ser feita nos leitos ou filtros	95,0% - 97,5%
Lodo secundário: Filt. Biol. (Humus)	Cinzento - pardacento. Flocculento. Menos putrescível.	Não é ofensivo quando recente	Em algumas instalações, este lodo é encam. diretamente, aos leitos.	92-95%
Lodo ativado	Marrom esc. Flocculento.	Sem cheiro quando recente.	Difícil em leitos a menos que haja condicionam.	98,5% - 99,5%
Lodo da precipitação química	Cinzento a pardacento, dependendo do coag. Gelatinoso.	Ofensivo	Difícil nos leitos de secagem	93-95%
Lodo séptico	Preto	Pútrido		
Lodo digerido	Preto, grosso, textura homogênea granular.	De alcatrão (quando recente)	Fácil, em leitos de secagem	Dec. Prim.: 87% Filt. Biol. 90% Lodos ativs. 93% Prec. quím. 90%

14.03 — Umidade e volume dos lodos

Na verificação ou na estimativa da quantidade de lodos é muito importante levar em conta a porcentagem de água (teor de umidade dos lodos).

O seguinte exemplo dá uma ideia aproximada de como pode variar o volume em função do teor de umidade: Admitindo um lodo com 95% de umidade: Em 100 kg ele contém:

95 Kg de água.  
5 Kg de sólidos.

Se o peso específico dos sólidos for 1,5 (mat. org. 1,1 e mat. minl. 2,5; valor médio: 1,5) o volume ocupado pelos 100 kg será  $95 + \frac{5}{1,5} = 98,3$  litros.

Supondo que esse lodo seja secado em um filtro a vácuo até 80% de umidade, o novo volume aproximado será:  $\text{Peso de água} = \frac{\text{Peso de sólidos} \times \% \text{ água}}{\% \text{ sólidos}}$

O peso de sólidos ainda será 5 kg, de maneira que a quantidade de água resulta:

$$= \frac{5 \times 0,80}{0,20} = 20 \text{ kg de água}$$

volume ocupado:  $20 + \frac{5}{1,5} = 23,33$  litros

A alteração do volume com a redução da umidade pode ser determinada pela seguinte fórmula aproximada:

$$V_2 \cong \frac{V_1 (1 - P_1)}{1 - P_2}$$

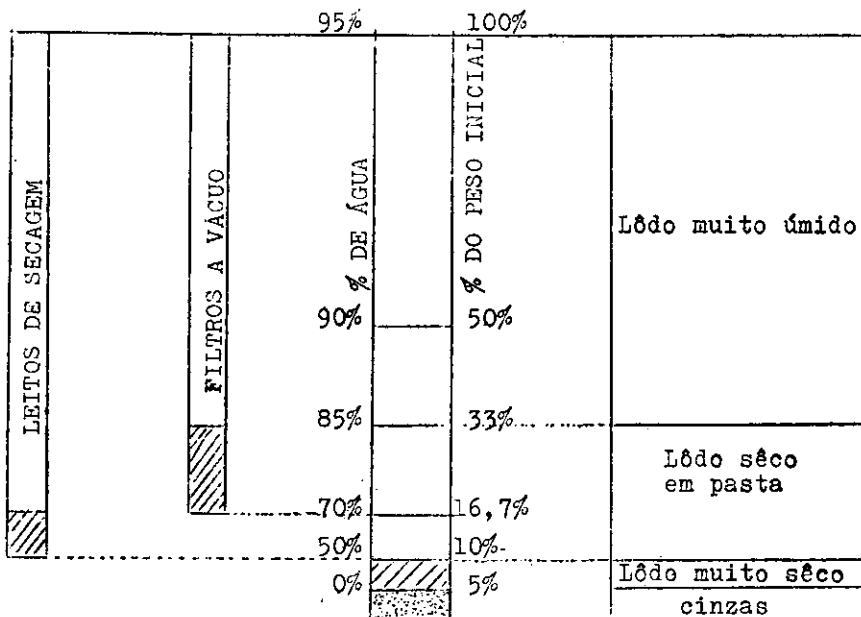
$V_2$  : Nôvo volume  
 $P_2$  : Nova % de umidade  
 $V_1$  : Volume primitivo  
 $P_1$  : % primitiva de umidade

A fórmula acima não é exata porque não leva em conta as modificações ligeiras que se verificam no pêso específico dos sólidos.

A seguinte fórmula é precisa:

$$V_2 = \frac{V_1 [1 + P_2(G-1)] \cdot (1 - P_1)}{[1 + P_1(G-1)] \cdot (1 - P_2)}$$

em que G é o pêso específico dos sólidos (1,3 a 1,6)



Condições de secagem (Escala não linear para a % de água)

#### 14.04 — Estimativa do volume de lodos produzidos

É de grande importância para projetos a estimativa das quantidades de lodos que podem ser esperadas nas diversas fases do tratamento.

O dimensionamento de poços de lodo, dos concentradores, depósitos, digestores, canalizações e bombas de lodos etc. baseia-se nessa estimativa.

Partindo-se de resultados de análises (sólidos totais, matéria orgânica, matéria mineral), da contribuição per capita (volume) e tendo-se em conta as transformações e resultados que podem ser esperados nas unidades de tratamento pode-se chegar a resultados úteis para essa finalidade.

Deve-se ter presente, entretanto, que o volume de lodos é muito influenciado pelo teor de umidade (ou conseqüentemente pela porcentagem de sólidos), que depende das condições de operação.

As previsões devem, por isso, ser feitas com certa margem de segurança.

O quadro seguinte apresenta estimativas feitas para os principais processos de tratamento.

Verifica-se que os volumes de lodos produzidos nos diversos processos guardam as seguintes relações (dados relativos):

	Lodos frescos	Lodos digeridos
Tratamento primário .....	100%	100%
Filtr. biológica .....	138%	177%
Lodos ativados .....	166%	277%

Na precipitação química o volume de lodos é ligeiramente superior ao da filtração biológica.

14.05 — Pêso e volumes dos lodos de esgotos (efluentes domésticos)  
(Base diária)

A	B	C	D	E	F	G	H
Processo de Trat. e tipo de lodo	Sois. Susp. totais g/cap.	Organs. 70% g/cap.	Minrs. 30% g/c.ap	Pêso Espec. Solids.	% Solids.	Pêso Espec. Lodos	Litros por 1000 pessoas
Sols. em susp. totais ..	90	63	27				
Sols. sediments. 60% ..	54	37,8	16,2				
Sols. não sedim. 40% ..	36	25,2	10,8				
<b>Tratamento primário</b>							
Lodos removidos .....	54	37,8	16,2	1,22	5%	1,008	1.060
Digestão* .....		-25,1	+6,3				
Lodos dig. hum. ....	35,2	← 12,7	22,5	1,63	13%	1,051	260
<b>Filtração biol.</b> (Alta capac.)							
Sols. não sedims. ....	36	25,2	10,8				
Sols. digs. na filtr., 10%	3,6						
Sols. a serem remov. ....	32,4						
Sols. removidos, 60% ..	20	13	7	1,26	5%	1,008	400
Lodos prim. + sec. ....	74	51,8	22,2	1,22	5%	1,008	1.460
Digestão* .....		-34,5	+8,6				
Lodos totais digs. ....	48,1	← 17,3	30,8	1,63	10%	1,039	460
<b>Lodos ativos.</b>							
Sols. não sedims. ....	36	25,2	10,8				
Sols. digs. na ativ., 5%	-1,8						
Sols. a serem remov. ....	34,2						
Sols. removs. 75% .....	25,6	17,9	7,7	1,24	1,5%	1,003	1.700
Lodos prims. + excess. ....	79,6	55,7	23,9	1,22	4,5%**	1,068	1.750
Digestão* .....		-37,1	+9,3				
Lodos totais digs. ....	51,8	← 18,6	33,2	1,62	7%	1,027	720

(\*) 2/2 dos sólidos orgânicos são digeridos, dos quais 1/4 se mineralizam.

(\*\*) Concentrados nos decantadores primários.

14.06 — Cálculos

Coluna A : Foram considerados os processos mais comuns.

Coluna B : O valor 90 gramas/cap. por dia, usual nos Estados Unidos, equivale a 300 litros de águas residuárias com 300 mg/litro de sólidos em suspensão. Reduzindo-se o volume de água aumentará a concentração dos resíduos.

Coluna C : Geralmente cerca de 70% dos sólidos em suspensão são de natureza orgânica.

Coluna D : Em geral cerca de 30% dos sólidos em suspensão são de natureza mineral.

Coluna E : Considerando-se que a matéria orgânica pesa aproximadamente 1,0 e que o peso específico da matéria mineral seja 2,5 calcula-se:

$$\text{Peso esp. sol.} = \frac{B}{\frac{C}{1} + \frac{D}{2,5}} = \frac{2,5 B}{2,5 C + D}$$

Coluna F : Dados práticos (valores comuns).

Coluna G : O peso dos lodos úmidos pode ser calculado:

$$\text{Peso esp. lodos} = \frac{100}{\frac{\% \text{Sols.}}{\text{Pes. esp. Sols.}} + (100 - \% \text{ Sol.})} = \frac{100 \cdot E}{F + E(100 - F)}$$

Coluna H : O volume dos lodos é obtido:

$$\text{Vol.} = \frac{B \times 100}{F \times G}$$

#### 14.07 — Concentradores ou adensadores de lodo (“thickeners”)

O teor excessivo de umidade dos lodos não digeridos pode ser consideravelmente rebaixado, reduzindo-se muito o seu volume, em tanques especiais com agitação, onde se processa a decantação.

A experiência mostra que submetendo-se os lodos a uma agitação conveniente, sem a adição de reagentes químicos, ocorre uma liberação de parte da água em consequência da floculação e aglomeração dos sólidos.

A parcela de água liberada e o lodo concentrado são retirados separadamente.

O teor de umidade dos lodos pode ser consideravelmente reduzido. Assim, por exemplo, uma mistura de lodos primários e lodos ativados com 97,5% de umidade pode ser concentrada até cerca de 88,0% de umidade, reduzindo-se o volume a pouco mais de 20% do volume original.

Com esse adensamento pode-se reduzir, com economia substancial, a capacidade dos digestores.

Os concentradores são construídos à semelhança dos decantadores de secção circular, porém com fundo muito mais inclinado e com equipamento mecânico especial.

O projeto é feito na base de 30 a 35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por dia e cerca de 60kg de sólidos/m<sup>2</sup> dia.

A altura lateral útil é no máximo igual a 3,00 m, adotando-se um período de detenção de aproximadamente 3 horas.

A Estação de Tratamento de Miami, conta com 2 tanques de adensamento com área correspondente a 2,5 m<sup>2</sup> por 1 000 m<sup>3</sup>/dia de capacidade da estação.

#### 14.08 — escoamento de lodos em canalizações

A mistura heterogênea que é o lodo de esgoto ao escoar em uma tubulação se comporta à semelhança de uma substância plástica ou pseudo-plástica, não sendo por isso aplicáveis, a rigor, as fórmulas hidráulicas estabelecidas para o movimento da água.

Nos dispositivos de descarga, nas tubulações curtas, canaletas etc. procura-se, sempre que possível, adotar uma declividade relativamente grande (3% ou mais) para segurança.

Em tubulações mais longas deve-se ter em consideração o regime de escoamento (laminar, turbulento ou de transição). Com velocidade elevadas (geralmente acima de 0,75 m/seg. dependendo do diâmetro da tubulação e de outros fatores, prevalece o movimento turbulento, podendo então ser aplicadas, com aproximação, fórmulas práticas como a de Hazen Williams, introduzindo-se um coeficiente de segurança.

Dependendo da porcentagem de sólidos existente no lodo, considera-se um valor para o coeficiente "C", de 25% a 75% daquele que poderia corresponder ao escoamento de água.

No caso de lodos frescos primários a perda de carga geralmente corresponde de 2 a 4 vezes a que se teria para água. Para lodos digeridos essa relação geralmente fica compreendida entre 1,5 e 3.

Lodos contendo até 12% sólidos ou até mesmo mais, podem ser bombeados através de tubulações bem projetadas.

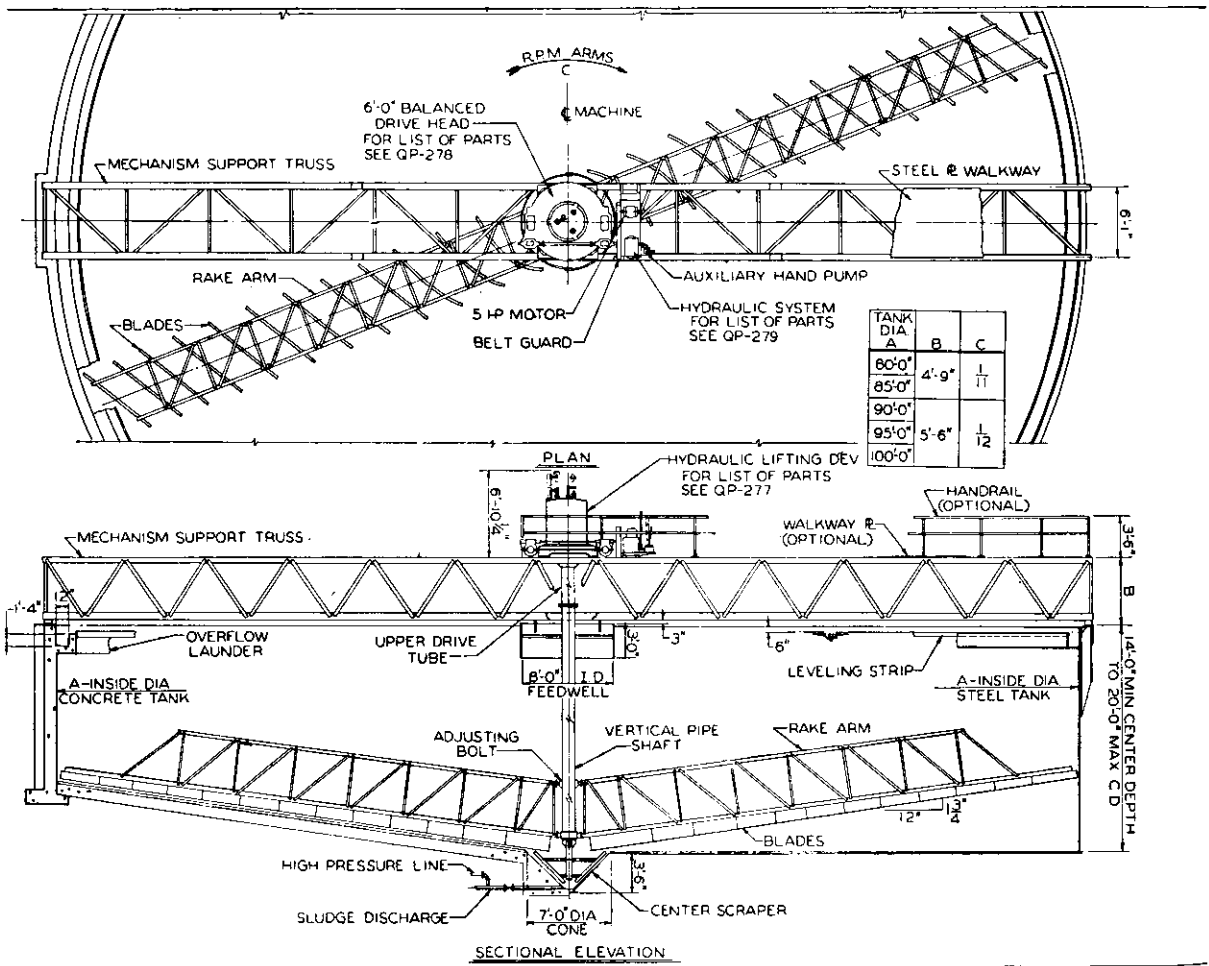


Fig. 2