

Curso de Tratamento de Águas Residuárias

ENG. JOSÉ M. DE AZEVEDO NETTO
Professor Catedrático da Faculdade de
Higiene e Saúde Pública da Universidade
de São Paulo

(continuação)

CAPÍTULO 7

DECANTADORES NÃO MECANIZADOS

7.1 — TANQUES SÉPTICOS

7.1.1 — **Definição:** O tanque séptico é uma unidade de sedimentação e digestão, geralmente fechada, de escoamento horizontal e contínuo. A velocidade e a permanência do líquido no tanque permitem a deposição de partículas em suspensão no fundo, onde ficam retidas e pela decomposição anaeróbia se transformam em substâncias mineralizadas, líquidos e gases.

7.1.2 — **Funcionamento:** As funções indicadas a seguir caracterizam o trabalho de um bom tanque séptico:

- a) Retenção dos sólidos flutuantes e das matérias graxas, os quais passam a constituir a **escuma** na parte superior do tanque;
- b) Permanência das águas de esgotos por período suficiente para permitir a decantação dos sólidos sedimentáveis, os quais passam para a parte inferior do tanque;
- c) Alteração das características da fase líquida, durante e após a decantação;
- d) Deposição, acumulação e adensamento dos lodos decantados na parte inferior do tanque, de modo a possibilitar a sua decomposição anaeróbia e conseqüentemente a liquefação, gaseificação e mineralização parciais;
- e) Desintegração e digestão parciais na camada que constitui a escuma flutuante;
- f) Redução sensível do número de bactérias patogênicas comuns aos esgotos.

7.1.3 — **Aplicações:** Os tanques sépticos aplicam-se economicamente ao tratamento primário das águas residuárias de prédios isolados, tais como residências, escolas, pequenas instituições etc.

O seu emprêgo econômico está limitado a cerca de 300 pessoas ou 50.000 litros de capacidade.

Os tanques Imhoff, que se caracterizam pela separação existente entre as partes destinadas à sedimentação, à digestão e escuma, geralmente começam a ser aplicados quando o número de pessoas servidas ultrapassa 100 no

OBS. Capítulos já publicados.

- I — Generalidades — Composição e concentração das Águas Residuárias. Variações de Vazão (Rev. 46)
- II — Conseqüências do lançamento das águas residuárias nas águas interiores e litorâneas (Rev. 47)
- III — Métodos Gerais de Tratamento (Rev. 48)
- IV — Grades — Desintegradores e Trituradores (Rev. 48)
- V — Caixas de Areia (Desarenadores) (Rev. 49)
- VI — Decantadores (Rev. 50)

caso de residências, estendendo-se a sua aplicação usual até cerca de 5.000 pessoas por unidade.

Além desse limite encontra-se o campo de aplicação dos decantadores propriamente ditos.

Esses limites não são rígidos, podendo-se projetar tanques Imhoff para servir desde cerca de 15 pessoas (no caso de residências) até aproximadamente 10.000.

A técnica Norte Americana indica atualmente as vazões limites de 0,45 litros/seg (10.000 g.p.d.) e 4,5 litros/seg. (100.000 g.p.d.).

7.1.4 — Resultados obtidos

Nas instalações bem projetadas e convenientemente mantidas podem ser esperados os resultados seguintes:

Remoção de sólidos decantáveis	85 a 95%
Remoção de graxas e gorduras	70 a 90%
Remoção de sólidos em suspensão	50 a 70%
Remoção de coliformes	40 a 60%
Redução de B.O.D.	30 a 60%

7.1.5 — Destino a ser dado ao efluente

O efluente de um tanque séptico, embora clarificado, com menos sólidos em suspensão, demanda bioquímica de oxigênio reduzida e menor número de coliformes, é ainda um líquido contaminado e perigoso.

A sua "disposição", contudo, é bem mais fácil do que a dos esgotos brutos.

Três hipóteses correntes podem ser consideradas:

- Lançamento em massa d'água (curso d'água, lago ou mar), existente nas proximidades, desde que a poluição resultante possa ser tolerada dentro dos padrões sanitários;
- Disposição na camada superficial do solo, empregando-se para esse fim um sistema de canalizações especiais;
- Disposição em camadas mais profundas do solo, utilizando-se poços absorventes.

No primeiro caso, se houver necessidade ou conveniência de se reduzir a poluição poderá ser adotada a filtração biológica em pedras ou areia grossa, como tratamento complementar.

7.1.6 — Condições de projeto

Para que um tanque séptico possa realizar eficientemente as funções previstas, ele deverá ser bem projetado, estabelecendo-se criteriosamente a sua forma e dimensões, tendo-se em vista as condições locais.

Os elementos básicos para o dimensionamento são:

- Contribuição de esgotos**
Disponibilidade de água
Tipo de "estabelecimento".
Padrão das instalações.
- Periodo de detenção**
Varia inversamente com a flutuação de vazão e portanto, com o número de pessoas servidas.
- Quantidade de lodos em digestão e volume de lodos digeridos acumulados**
Modalidade de ocupação
Tempo de digestão
Período de retenção para os lodos digeridos (frequência de limpezas).

O volume total de um tanque séptico pode ser calculado pela expressão seguinte:

$$\text{VOL.} = p \cdot q \cdot t_1 + P \cdot L_{d1} \cdot t_2 + P \left[L_r - \frac{2}{3} (L_r - L_{d1}) \right] t_3$$

Sendo: P = N.º de pessoas servidas

q = Contribuição aos esgotos per capita, litros/dia

t_1 = período de detenção para a fase líquida, no tanque (dias);

L_{d1} = quantidade de lodo digerido per capita, litro/dia

$t_2 = t - t_3$

t = tempo de retenção de lodos no tanque (entre limpezas) dias;

L_r = quantidade de lodo fresco per capita, em litros/dia.

t_3 = tempo para a digestão técnica, dias.

7.1.7 — Contribuição de esgotos

Na falta de dados locais específicos poderão ser adotados os seguintes valores médios:

Contribuições em litros/dia, per capita (q)

	U.S.A.	A.B.N.T.	Recom.
Acampamentos	130	...	100
Clubes de campo	115	...	75
Escolas: Externatos	30	50	30
Semi internatos	50	50	50
Internatos	250	100	150
Escritórios (por ocup. efet.)	60	50	50
Fábricas	100	70	75
Hóteis: comuns	190	150	150
de alta classe	380	200	250
Hospitais	760	250	400
Piscinas (por freq)	40	...	40
Residências	190	150	150
Restaurantes (por ref.)	25	25	25

7.1.8 — Período de detenção

O período de detenção nos tanques sépticos (t_1) geralmente está compreendido entre 4 horas e 24 horas, sendo este último valor o adotado para as pequenas unidades destinadas a servir até 30 pessoas (com volume até 6.000 litros).

Além desse limite as variações de vazão ("choques de descargas") tornam-se menos pronunciadas, admitindo-se a redução do período nominal de detenção. Assim, para unidades para servir cerca de 80 pessoas o período de permanência desejável está em torno de 12 horas.

Nas maiores instalações esse tempo pode ser reduzido a 4 horas.

Fair e Geyer apresentam em seu livro uma relação empírica que permite determinar o período de detenção em função do número de pessoas e da contribuição diária per capita:

$$t_1 = 1,5 - 0,3 \log P \cdot q$$

Onde: t_1 = período de detenção, dia

P = n.º de pessoas

q = contribuição diária per capita, litros/hab. dia

Essa expressão aplica-se satisfatoriamente até cerca de 150 pessoas. Daí para mais recomenda-se admitir um valor mínimo, constante para t_1 .

7.1.9 — Quantidade de lodos em digestão e volume de lodos digeridos acumulados

Considerando-se esgotos domésticos, para as nossas condições, pode-se prever até 1 litro de lodos frescos per capita em 24 horas.

Esses lodos entram imediatamente em digestão e ao fim de algum tempo ficam reduzidos a cerca de 25% do volume original (Redução devida à digestão e adensamento com redução de umidade).

Admitindo-se, em condições desfavoráveis, a temperatura de 15.°C, a digestão técnica se verifica em aproximadamente **60 dias**. (t_3).

As quantidades de lodos per capita podem então ser calculadas para 1 ano (ou 360 dias) como segue:

a) **Lodos já digeridos e retidos:**

$$t_2 = 360 - 60 = 300$$

$$PL_d t_2 = 1 \times 0,25 \times 300 = 75 \text{ litros}$$

b) **Lodos em digestão:**

$$P \left[L_f - \frac{2}{3} (L_f - L_d) \right] t_3 = 1 \left[1,00 - \frac{2}{3} (1,00 - 0,25) \right] 60 = (1,00 - 0,50) 60 = 30 \text{ litros}$$

Total $75 + 30 = 105$ litros/ano
podendo-se tomar para projetos **100 litros/cap.**

Inicialmente, ou logo após a limpeza, o tanque funcionará com um período de detenção superior ao previsto, aproveitando-se para a sedimentação o espaço destinado aos lodos e ainda não ocupado pelos mesmos.

A condição de projeto somente seria atingida no dia de limpeza, depois de 1 ano.

Essa consideração levou alguns projetistas a considerar a hipótese de se dar ao tanque dimensões que conduzam às condições de projeto na metade do tempo, entre limpezas, tendo-se assim, durante 50% do tempo um período de detenção superior ao admitido e durante o tempo restante uma permanência pouco inferior.

Para esta hipótese

$$t_2 = 180 - 60 = 120$$

$$PL_d t_2 = 1 \times 0,25 \times 120 = 30 \text{ litros}$$

$$P \left[L_f - \frac{2}{3} (L_f - L_d) \right] t_3 = 30 \text{ litros (não alterado)}$$

Total: **60 litros**

As Normas Americanas indicam para o depósito de lodos desde 75 litros/cap (California) até 96 litros/cap. (Housing and Home Finance Agency).

Nas instalações de maior capacidade, para Instituições, pode-se prever descargas regulares semestrais, admitindo-se então, com maior razão, valores mais baixos.

7.1.10 — Técnica Americana, de dimensionamento

Nos Estados Unidos é adotada usualmente uma técnica simplificada de projeto que consiste na aplicação de um coeficiente de redução

$$VOL = P \times q \times c$$

$$VOL = \text{Vol. do Tanque Séptico}$$

p = N.º de pessoas servidas

q = contribuição diária per capita, litros/hab. dia

C = coeficiente de redução.

Valores usuais do coeficiente de redução

P x q	Est. N. York C	Est. Florida C
5.700 litros	1,00	1,00
6.000	0,96	1,00
6.500	0,91	1,00
7.000	0,88	1,00
7.500	0,84	1,00
8.000	0,81	0,96
9.000	0,74	0,87
10.000	0,68	0,82
12.000	0,59	0,72
14.000	0,53	0,65
15.000	0,50	0,62
16.000	0,50	0,60
18.000	0,50	0,56
20.000	0,50	0,53
22.000	0,50	0,51
22.700	0,50	0,50

A capacidade de um tanque séptico não deve ser inferior a 1.500 litros nas unidades menores.

7.1.11 — Forma

Devido ao fato de se ter um período de detenção relativamente grande para a sedimentação, a forma praticamente não influi no funcionamento dos tanques sépticos.

De um modo geral são mais comuns os tanques sépticos de secção retangular, predominando, porém em nosso país a secção circular para as unidades pequenas (fossas sépticas).

A inclinação do fundo, para permitir a descarga de lódos ou facilitar a limpeza é desejável, principalmente nos tanques de maior capacidade.

7.1.12 — Compartimentos

Um grande número de experiências e observações levadas a efeito por órgãos federais Norte Americanos levaram à conclusão que a subdivisão de um tanque séptico em dois ou mais compartimentos para funcionamento em série tem um efeito benéfico sobre a sua eficiência.

Por razões práticas geralmente os tanques são subdivididos em dois compartimentos, dando-se ao primeiro 2/3 da capacidade total dos tanques.

A compartimentação, si bem que não seja indispensável, recomenda-se principalmente para as instalações maiores com tanques de comprimento igual ou superior a 2,70 m.

7.1.13 — Dimensões usuais

Designando-se pelas dimensões úteis

Largura: B

Comprimento: L (total)

Profundidade: H

Bordo livre: F

Geralmente são adotados

B: 0,70 a 2,50 m

L: 1,50 a 6,75 m

H: 1,20 a 2,25 m

F: 0,30 a 0,60 m.

Diferença de cota entre a soleira do tubo de entrada e o nível nominal no tanque: K

$$K = 0,05 \text{ a } 0,10 \text{ m}$$

Profundidade das cortinas em relação ao nível nominal: 0,45 m (Essas cortinas encontram-se a 0,45 m da entrada e a 0,45 m da saída do tanque).

Aberturas de intercomunicação entre os compartimentos a 0,45 m abaixo do nível nominal.

Relação comprimento total largura:

$$\text{Tanques sem compartimentos: } \frac{L}{B} = 2$$

$$\text{Tanques com dois compartimentos } \frac{L}{B} \approx 3.$$

$$\text{Comprimento do 1.º compartimento} = \frac{2}{3} L$$

$$\text{Comprimento do 2.º compartimento} = \frac{1}{3} L$$

7.1.14 — Órgão complementares

Sempre que possível deve-se evitar o encaminhamento aos tanques sépticos de grandes quantidades de gorduras e matérias graxas.

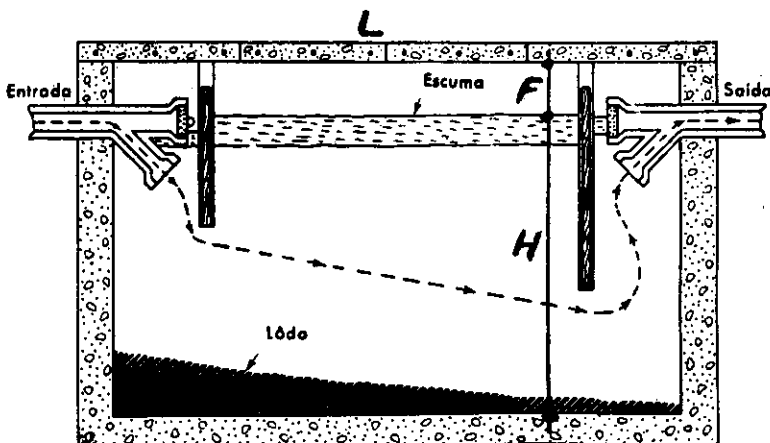
Com esse objetivo instalam-se caixas de gordura sempre que houver necessidade ou conveniência.

As caixas de gordura geralmente são instaladas nos ramais de restaurantes, cozinhas etc., à montante do tanque séptico.

O seu dimensionamento é feito na base de 2 a 10 litros de capacidade por pessoa servida.

No caso de lançamento do efluente em sistemas de irrigação sub-superficial, sempre que o comprimento das linhas ultrapassar 150 metros recomenda-se a instalação de um tanque fluxível na saída do tanque séptico.

A capacidade do tanque fluxível que geralmente corresponde a 25 a 40% do volume do tanque séptico, não deve ser inferior a 2/3 do volume contido nas canalizações de irrigação.



Secção transversal de uma fossa séptica em funcionamento

7.2 — TANQUES IMHOFF

7.2.1 — Tanques de dois compartimentos: Tanques Imhoff

Os tanques de dois compartimentos, como são os tanques Imhoff são unidades de sedimentação e digestão, geralmente abertas, de escoamento horizontal e contínuo, nas quais o compartimento superior, destinado à decantação, comunica-se com a câmara inferior, de digestão, unicamente pela fenda de passagem de lodos.

Os inconvenientes do tanque séptico, inventado por Mouras em 1880, foram reconhecidos nos primeiros anos de sua aplicação: A realização numa única câmara das funções de sedimentação e digestão propicia interferência entre esses dois processos.

A idéia original de dividir os tanques prende-se às observações feitas por Clark na famosa estação experimental de Lawrence, Massachussetts (1899).

A primeira realização de um tanque de dois compartimentos deve-se, entretanto, ao Dr. Travis, de Hampton, Inglaterra, que concebeu e construiu o "Tanque Hidrolítico", em 1903, baseado nas observações feitas em Lawrence.

No tanque hidrolítico não se considerava uma separação integral das duas câmaras porquanto era recomendada a introdução de 1/7 da vazão afluente na própria câmara destinada à digestão.

Karl Imhoff, após ter experimentado o tanque Travis idealizou um novo tipo de unidade (1906) que passou a ser aplicado nas instalações de Emscher e que atualmente leva o seu nome.

7.2.2 — Aplicação dos Tanques Imhoff

Os tanques Imhoff aplicam-se economicamente às instalações de pequena capacidade, desde algumas centenas até cerca de 5 000 pessoas servidas por unidade.

São utilizados principalmente para o tratamento primário, porém têm sido aplicados para a decantação primária em pequenas instalações de filtração unidade.

7.2.3 — Dados para projeto

- a) Período de detenção (câmara de sedimentação): No mínimo 1,5 a 2,0 horas: V. indicações feitas para os decantadores.
- b) Capacidade da câmara de digestão: Em função do volume de lodos per capita, calculado ou admitido:

Tratamento primário apenas	50 litros/pessoa
Filtração biológica	70 " "

- c) Inclinação das paredes do compartimento de decantação: 1 1/4: 1 (1 na horizontal). Em casos excepcionais: 1:1. Fendas para a passagem de lodos: No mínimo com 15 cm, preferivelmente 20 cm. Superposição dos bordos da fenda: No mínimo 15 cm, preferivelmente 20 cm ou mais.
- d) Zonas neutras: Não devem ser computadas nos cálculos: 45 cm acima e 45 cm abaixo das fendas de passagem dos lodos.
- e) Inclinação do fundo do compartimento de digestão: 1:2 (2 na horizontal), no mínimo.
Quando houver duas câmaras de sedimentação em um só tanque convém interpor uma cortina separadora na parte superior da câmara de digestão, para evitar correntes prejudiciais de uma câmara para outra.
- f) Saída dos gases: A superfície destinada às escumas e a saída dos gases não deverá ser inferior a 20% da área total da câmara digestora, e de largura nunca inferior a 45 cm.

- g) Remoção dos lodos digeridos: Canalizações com diâmetro mínimo de 15 cm (10 cm em instalações institucionais muito pequenas). Carga hidrostática: 1,50 ou mais. Declividade das canalizações de descarga: 3%.
- h) A espuma que se forma deve ser quebrada ou "batida" periodicamente. A cobertura dos tanques Imhoff tem sido feita em São Paulo, para facilitar a captação dos gases.
- i) Dimensões usuais:

1 — Tanques retangulares:

Largura: 3,00 a 15,00 m
 Comprimento: 6,00 a 30,00 m (mais comumente acima de 9,00).
 Profundidade: 5,00 a 10,00 m (geralmente 7,00 a 9,00).
 Câmara de decantação: Profundidade: Geralmente 1,50 a 2,50.
 Relação comprimento/largura: 2:1 a 6:1. Sempre que for superior a 2:1 devem ser previstos dispositivos que permitam a inversão periódica da corrente líquida no tanque.

2 — Tanques circulares:

Diâmetro usualmente compreendido entre 2,50 e 7,5 m. Relação altura total/profundidade: em geral 1,25 a 1,75.
 Altura total: Geralmente entre 5,00 e 9,00 m.
 População servida por unidade: Geralmente limitada a 2 500.
 Para populações superiores a 1 500 pessoas e inferiores a 5 000 convém projetar duas unidades circulares.
 Para mais de 5 000 habitantes torna-se conveniente a forma retangular.

7.2.4 — Cálculo expedito de tanques Imhoff de secção circular.

Aproximação feita:

A câmara de sedimentação é tomada como tendo um comprimento igual ao diâmetro do poço.

Dados admitidos: Contribuição per capita: 20 litros em 2 horas (Na base de 240 litros/pessoa dia, ou 2,4 horas na base de 200 litros/hab. em 24 horas).

Zonas neutras: 0,45 m; Altura livre: 0,50 m; Área destinada à espuma e saída de gases: Superior a 25%; Inclinação do fundo do compartimento de digestão: 1:2.

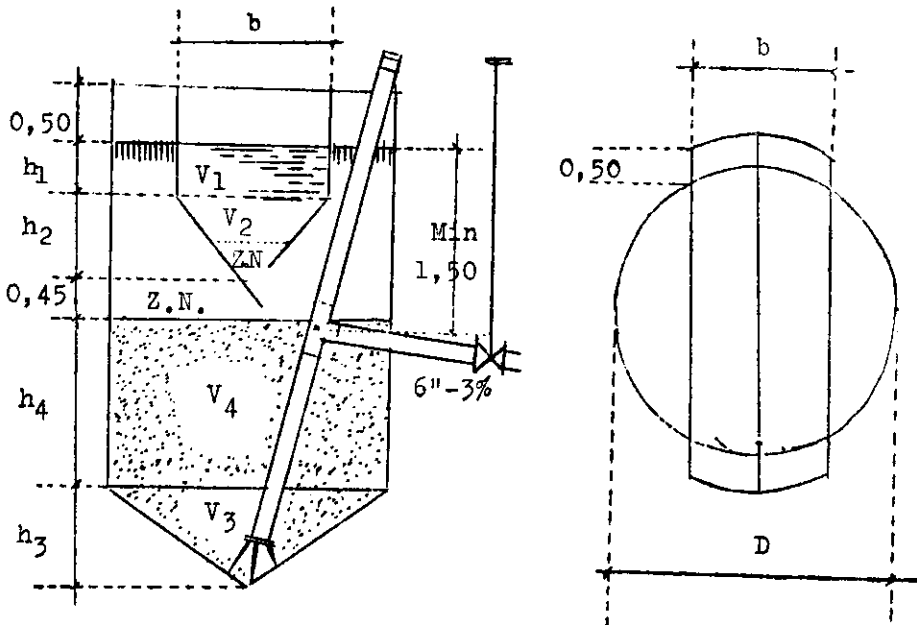
Primeiramente adota-se um diâmetro conveniente para o "Imhoff". Em instalações existentes são comuns os seguintes diâmetros:

População servida por tanque (P)	Diâmetro, m
250	2,50 — 3,50
500	3,00 — 4,00
750	3,50 — 4,50
1 000	4,00 — 5,00
1 500	5,00 — 6,00
2 000	6,00 — 7,00
2 500	7,00 — 8,00

As dimensões do tanque poderão então ser determinadas:

Largura da câmara de sedimentação $b = 0,6 D$
 Altura da parte de secção triang. $h_2 = 0,625 b$
 Volume da câmara de sedimentação, em m^3 $V_s = 0,02 P$

Volume da parte inferior:	$V_2 = \frac{(b + 0,70)}{2} (h_2 - 0,45)D$
Altura da parte de secção retang.	$h_1 = \frac{V_s - V_2}{bD}$
Volume da câmara de digestão:	
No caso de tratamento primário:	$V_d = 0,05 P$
No caso de filtração biológica:	$V_d = 0,07 P$
Altura do cône inferior	$h_3 = \frac{D}{4}$
Volume da parte cônica	$V_3 = \frac{\pi \cdot D^3}{48}$
Volume da parte cilíndrica	$V_4 = V_d - V_3$
Altura da parte cilíndrica	$h = \frac{4V_4}{\pi D^2}$
Altura total:	$H = 0,95 + h_1 + h_2 + h_3 + h_4$



7.3 — DECANTADORES DORTMUND

7.3.1 — Conceito e aplicação

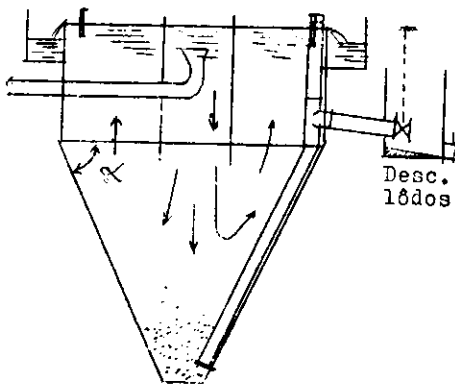
São tanques de escoamento vertical, não mecanizados e providos inteiramente de poços para lodos. Foram empregados pela primeira vez em Dortmund, cidade alemã. Podem ser quadrados, circulares ou mesmo retangulares.

Os tanques do tipo Dortmund raramente são utilizados como decantadores primários (onde existe o problema da espuma); geralmente são previstos para a decantação secundária nas pequenas estações de tratamento biológico:

- Como tanque removedor de humus nas pequenas instalações que empregam filtros biológicos e onde a mecanização não é conveniente.
- Como decantador secundário nas instalações de lodos ativados com aeração mecânica.

Desde que bem projetados os decantadores Dortmund levam a resultados muito satisfatórios.

7.3.2 — Dados para projeto



A entrada no tanque é feita pela parte central, havendo uma cortina circular que impede curtos-circuitos e encaminha os líquidos para baixo.

A saída do tanque é feita por um vertedor ao longo de toda a periferia da unidade e protegido por uma pequena cortina para impedir a saída da espuma.

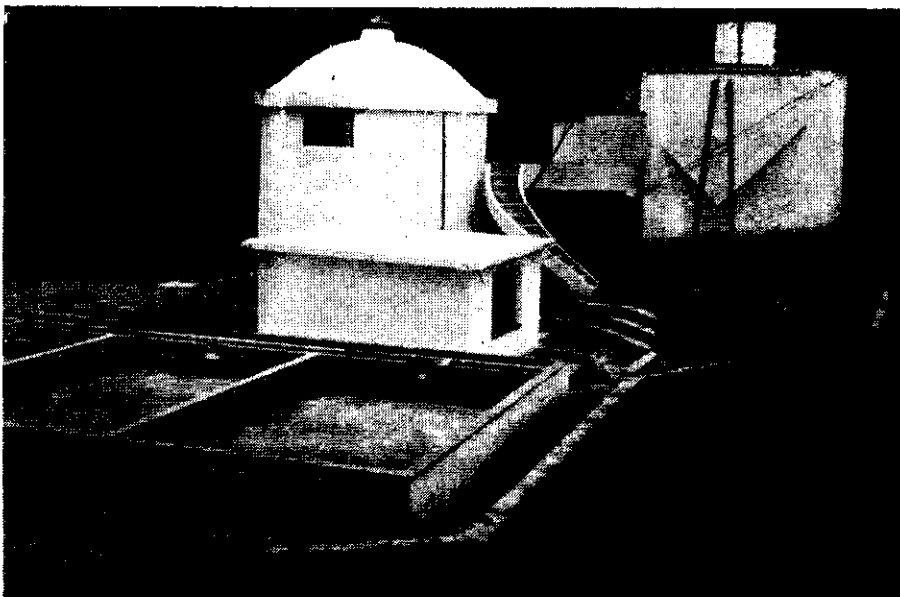
O ângulo interno formado pela parede inclinada do tanque e pela horizontal deve ser no mínimo 50° ,

isto é, 1,25 vert. para 1,00 horiz., preferivelmente 60° (1,75:1) ou mesmo mais.

Os lodos podem ser descarregados continuamente ou intermitentemente sem interrupção do funcionamento do tanque, por simples pressão hidrostática. O decantador Dortmund deve ser projetado para uma velocidade de escoamento junto à superfície de 1,5 a 2,5 cm/min., o que equivale a uma vazão por unidade de superfície de 20 a 35 m^3/m^2 dia.

Algumas vezes para reduzir os custos e dificuldades de escavação dois ou mais poços de lodo são previstos numa mesma unidade.

A parte horizontal do fundo do tanque (base do poço de lodos) geralmente mede de 0,45 a 0,90 m.



Pequena instalação depuradora do Educandário D. Duarte (São Paulo). À direita vê-se o tanque Imhoff (DAE).