

Aspectos construtivos de lagoas de estabilização

Prof. José M. de Azevedo Netto

1. INTRODUÇÃO

Em sua grande maioria, os artigos publicados sobre Lagoas de Estabilização concentram-se em aspectos teóricos e de dimensionamento. Alguns trabalhos estão voltados para as questões de operação, sendo muito raros os artigos sobre os detalhes de construção.

É com o propósito de atenuar essa carência que limitaremos a presente contribuição aos aspectos construtivos.

Os critérios e as formulações de projeto já são numerosos e bastante divulgados pelos especialistas, tais como Oswald e Gotaas, Gloyna, Marais e Shaw, Mc Garry e Pescod, Wehner e Wilhelm e outros. Nas referências bibliográficas estão relacionados trabalhos básicos sobre o assunto, merecendo destaque os livros recentemente publicados pela Environmental Protection Authority, dos Estados Unidos.

Outra observação que julgamos oportuna diz respeito à evolução histórica do processo, isto pela razão de havermos constatado, ora o desconhecimento, ora o esquecimento de alguns fatos relevantes e bastante relacionados com a nossa região.

Primeiramente, queremos lembrar que lagoas de estabilização sempre existiram, há milênios, seja por contingências naturais, ou por acidentes. Até o início deste século elas não eram, entretanto, reconhecidas como processo depurador.

A primeira lagoa de esgotos nos Estados Unidos foi construída em San Antonio, Texas, em 1901.

Na década de 20 foram construídas diversas lagoas naquele país, sempre com a finalidade de tratamento complementar (elas não recebiam esgotos brutos).

Foi durante a segunda Guerra Mundial, que as Forças Armadas Americanas, impossibilitadas de obter equipamentos para instalações convencionais, adotaram o processo de estabilização em lagoas (então conhecidas como "lagoas de oxidação"), para o tratamento e a disposição de esgotos dos acampamentos militares.

Logo após a guerra alguns Estados americanos aproveitaram a experiência militar e passaram a executar instalações desse tipo e a desenvolver pesquisas sobre o sistema. Isto ocorreu, principalmente, nas Dakotas e no Texas.

A apresentação internacional das lagoas de estabilização como tratamento prático, econômico e eficiente para esgotos pré-tratados ou não, realizou-se no Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária realizado no México, em 1950. O expositor da matéria foi o saudoso professor Victor Ehlers.

A explicação científica do processo foi divulgada pela primeira vez, em São Paulo, por ocasião do Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária (1954), com a apresentação do trabalho pioneiro de Oswald, Gotaas e Hee, incluído nos anais do Congresso.

Nessa mesma década a matéria passou a fazer parte do Curso de Tratamento de Águas Residuárias da Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

A primeira lagoa de estabilização especialmente projetada no Brasil foi construída em 1960, em São José dos Campos. Sob o comando do eng. Benoit Victoretti foram realizadas as observações e pesquisas que deram apoio à adoção do processo em nosso país.

Após essa notável contribuição coube à Faculdade de Higiene e Saúde Pública realizar dois cursos sobre o assunto, a nível nacional: o curso de Soluções Econômicas e o de Lagoas de Estabilização.

De lá para cá a adoção do processo generalizou-se, existindo, atualmente, centenas de Instalações no Brasil, não só em pequenas comunidades como também em núcleos urbanos e cidades de maior porte, como por exemplo Maringá (onde há dez anos funcionam quatro lagoas para mais de 100 mil habitantes).

Merecem, ainda, menção os excelentes trabalhos de pesquisa realizados pela Cetesb, pelo eng. Bradley e mais recentemente pela equipe do eng. Salomão Anselmo Silva, na instalação experimental de Campina Grande.

As pesquisas de Campina Grande tiveram repercussão internacional e vieram demonstrar que em regiões tropicais, de clima propício, as taxas de aplicação podem ser consideravelmente aumentadas, tornando o processo ainda mais econômico.

2. TIPOS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Basicamente existem cinco tipos de lagoas que diferem com respeito às taxas de aplicação aos processos, aos resultados e às dimensões:

Lagoas anaeróbias: São mais profundas, recebem cargas orgânicas elevadas, não têm oxigênio dissolvido, apresentam escumas e produzem odores.

Lagoas facultativas: Com profundidades médias apresentam uma zona superior aeróbia sobrepondo-se a uma zona menor anaeróbia compreendendo lodos em decomposição. A sua denominação decorre da presença de bactérias facultativas, que se desenvolvem na presença ou na ausência de oxigênio dissolvido.

Lagoas aeróbias (inteiramente): São lagoas rasas, sem camada de lodos, contendo oxigênio dissolvido em todas as partes, durante todo o tempo. Pelo fato de exigir a remoção da matéria orgânica depositada, elas não são práticas.

Lagoas de maturação ou de polimento: Recebem cargas orgânicas leves, de efluentes resultantes de outras lagoas ou de outros processos de tratamento. A finalidade é reduzir o teor de sólidos em suspensão e o número de bactérias.

Lagoas aeradas: Empregam equipamentos de aeração mecânica, como principal fonte de oxigênio para o processo. A sua profundidade depende do tipo adotado de aerador.

3. PRINCIPAIS PROBLEMAS DAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Na fase de projeto deverão ser cuidadosamente analisados os fatores adversos e resolvidos os principais problemas que podem se apresentar.

As questões que devem ser consideradas são:

- a) efeitos provocados pelos ventos;
- b) má distribuição do esgoto afluente;
- c) formação de curto-circuitos;
- d) vegetação emergente.

Se de um lado os ventos são tão necessários ao funcionamento das lagoas, de outro lado eles podem causar inconveniências de duas naturezas: a formação de ondas que podem danificar os taludes e o deslocamento e concentração de matérias flutuantes (debris) em certas partes das lagoas. A avaliação das alturas das ondas, dos seus efeitos e das medidas de proteção que podem ser tomadas serão apreciadas em outros itens deste trabalho.

Deve-se ter em mente que os efeitos dos ventos são agravados no caso de lagoas grandes, exigindo maiores cuidados nas instalações muito grandes.

Outro aspecto a considerar é a possibilidade dos ventos transmitirem maus odores para áreas a jusante.

No sentido de aproveitar melhor a ação eólica e também de evitar a acumulação de detritos em certas áreas procura-se dar à lagoa uma orientação conveniente em relação à direção dos ventos predominantes.

A má distribuição dos afluentes impossibilita o melhor aproveitamento de todo o volume das lagoas pela falta de uniformidade na aplicação das cargas orgânicas, podendo causar odores.

Os curto-circuitos constituem um sério problema a ser controlado da melhor forma possível. Os curto-circuitos fazem com que a água saia das lagoas em tempo muito mais curto do que o previsto (às vezes em menos de 10%). Eles são causados pela estratificação térmica do líquido e pelo projeto inadequado das entradas e saídas.

Os curto-circuitos são nocivos para o processo fotossintético e contribuem consideravelmente para elevação do número de bactérias no efluente.

A experiência mostra que, quando a profundidade da água é pequena (inferior a 0,6 ou 0,7 m), plantas aquáticas (macrófitas) são capazes de deitar raízes até o fundo, desenvolvendo-se rapidamente e causando florescimentos aquáticos. A presença dessa vegetação é prejudicial para o processo exigindo a sua remoção frequente. Além disso as plantas desse tipo oferecem uma proteção às larvas de mosquitos, favorecendo a multiplicação dessa praga.

Esta é uma das razões para não se admitir lagoas muito rasas.

Porém, mesmo nas lagoas com profundidades maiores do que as críticas,

o problema reaparece junto às margens, nas partes menos profundas dos diques (taludes). Aí a solução ou consiste no revestimento da parte superior dos taludes ou fica condicionada às providências de operação e manutenção, com o corte e remoção das plantas.

4. LOCALIZAÇÃO DAS LAGOAS

A localização das lagoas constitui um aspecto importante do projeto. Diversos fatores deverão ser considerados pelo projetista:

- disponibilidade de área;
- situação da área em relação aos corpos d'água;
- situação da área em relação às áreas residenciais;
- distância da área em relação ao sistema coletor;
- relevo e cotas altimétricas (topografia);
- forma da área;
- disposição em relação aos ventos predominantes;
- natureza do solo (material);
- condições para fundações;
- condições de acesso;
- facilidades de aquisição e custo do terreno.

A distância a ser mantida entre as instalações e as áreas residenciais depende muito do tipo de lagoa a ser adotado e dos cuidados de operação.

Na Inglaterra recomenda-se manter pelo menos 300 m para instalações depuradoras, de modo geral.

Nos Estados Unidos, tratando-se de

lagoas facultativas bem concebidas (sem taxas de aplicação exageradas) e bem operadas, pode-se admitir distâncias menores, até 100 m.

Um recurso adicional que pode ser considerado é a execução de uma faixa arborizada, de proteção periférica. Essa faixa, com 60 m ou mais de largura, deverá ficar a jusante da corrente de ventos, podendo ser constituída por árvores de porte diferenciado e crescente, com o propósito de defletir a corrente aérea. Poderão também ser adotadas espécies vegetais aromáticas.

5. NÚMERO DE LAGOAS

Devem ser projetadas para a etapa inicial pelo menos duas unidades, exceção feita para as instalações muito pequenas.

No caso de apenas duas unidades é desejável que elas possam funcionar em série ou em paralelo, com a possibilidade de alternar o fluxo.

As instalações de certo porte são projetadas com várias unidades ou células. Para maior eficiência na remoção de turbidez e de bactérias essas células são dispostas em pares ou em ternos, funcionando em série (número mais frequente, quatro ou seis células).

É conveniente prever e prover a possibilidade de se tirar de operação qualquer uma das células.

6. DISPOSIÇÃO DAS LAGOAS

Duas ou mais unidades podem ser dispostas para funcionar em série ou em paralelo (figura 1).

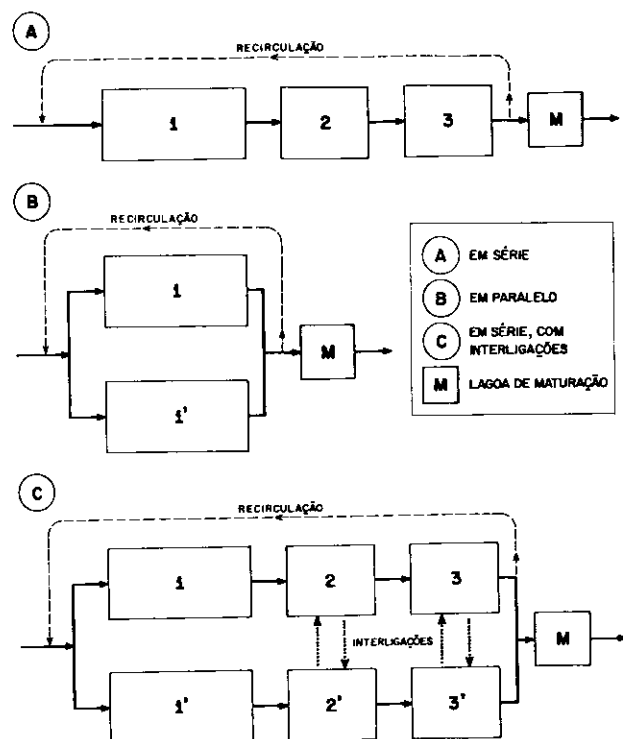


Figura 1 — Disposição das lagoas

As lagoas em série apresentam melhores resultados em termos de remoção de turbidez e de bactérias, mas caso não haja certo cuidado essa disposição poderá ficar sujeita à produção de odores. O cuidado consiste em dimensionar a primeira lagoa de maneira a evitar que ela receba cargas excessivas (o que corresponde a adotar tamanhos diferentes).

Nas instalações maiores, com células múltiplas, recomenda-se, sempre que possível, projetar interligações entre as células, conforme mostra a figura 1-C. Essas interligações possibilitam uniformizar cargas, níveis e resultados e prevenir eventuais odores.

7. TAMANHO DAS LAGOAS

As lagoas ou células de estabilização podem ser classificadas em:

Pequenas	até 0,5 ha
Médias	0,5 a 5 ha
Grandes	5 a 10 ha
Muito grandes	acima de 10 ha

As lagoas muito grandes exigem maiores cuidados para que sejam evitados a má distribuição dos afluentes e os curto-circuitos nocivos. Além disso, elas estão sujeitas à formação de ondas maiores.

A grande lagoa de Tibabuyes, em Bogotá, foi projetada com 16 ha, com cuidados especiais para garantir uma boa circulação do líquido.

Nos Estados Unidos admite-se 20 ha como tamanho máximo.

De um modo geral o tamanho ideal parece estar em torno de 5 ha (entre lagoas médias e grandes).

8. FORMA DAS LAGOAS

As formas ideais para as lagoas são regulares, sem reentrâncias, sem baías, com cantos arredondados e diques formando ângulos retos ou obtusos (ângulos agudos devem ser evitados, pois os cantos por eles formados facilitam a acumulação indesejável de algas, impurezas flutuantes, lodo, escuma etc.).

Sob o ponto de vista da economia quanto à extensão de diques e da eliminação de cantos indesejáveis, a forma de secção circular é a mais vantajosa. Entretanto essa forma somente se torna prática no caso de lagoas pequenas, construídas em terrenos planos mais ou menos horizontais.

A forma mais usual é a retangular, com cantos arredondados e com a dimensão principal paralela à direção dos ventos predominantes.

A relação comprimento/largura normalmente varia entre 2:1 e 4:1. Para o arredondamento dos cantos são recomendados raios de 12 m.

No caso de formas diferentes deverão ser examinadas com maior cuidado as condições de distribuição das cargas e os efeitos dos ventos.

9. PROFUNDIDADES

As profundidades são estabelecidas tendo-se em consideração o tipo de lagoa, o seu tamanho, a topografia e as condições locais que influenciam a sua implantação.

As profundidades usualmente adotadas são:

Lagoas anaeróbias	2,5 a 4,5 m
Lagoas facultativas ...	1 a 2 m
Lagoas aeróbias	0,25 a 0,45 m
Lagoas de maturação .	1 a 2 m
Lagoas aeradas	2,5 a 5 m

As lagoas com profundidades pequenas ficam mais sujeitas aos curto-circuitos, aos efeitos menores de mistura e a maus odores.

Por outro lado, as profundidades maiores são adotadas em lagoas grandes, nas quais a superfície exposta aos ventos é suficiente para

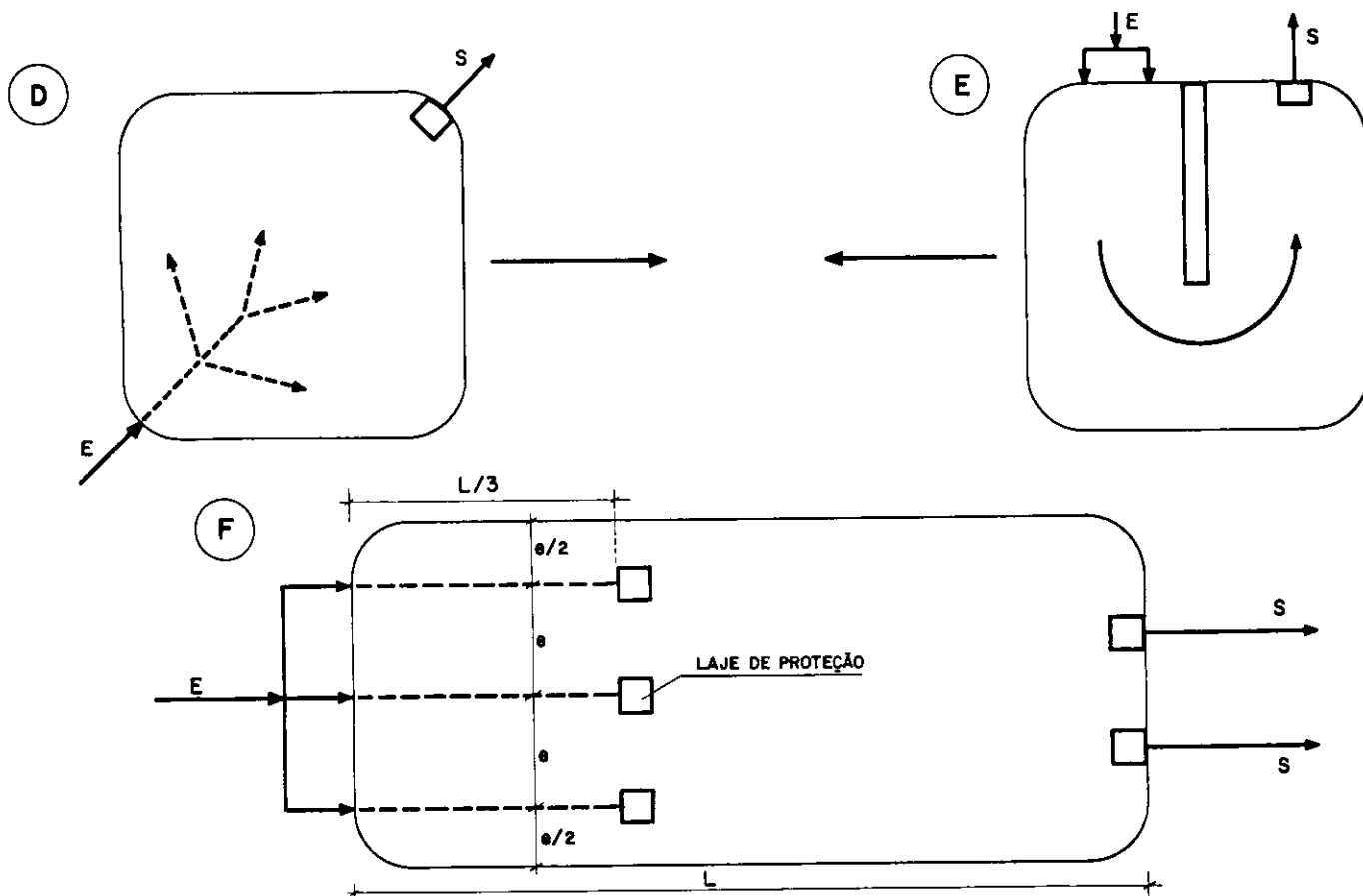


Figura 2 — Esquema de entradas e saídas — D e E: lagoas pequenas

provocar a agitação desejável e a mistura necessária.

É muito importante o entendimento correto dos fenômenos que ocorrem: nas lagoas facultativas as algas, através do seu metabolismo, constituem a principal fonte de oxigênio para oxidação da matéria orgânica. Devido à turbidez que caracteriza as águas de esgotos, os raios solares não se extinguindo à medida que penetram na massa líquida reduzindo a atividade fotossintética das algas e, conseqüentemente, o teor de oxigênio dissolvido vai decrescendo da superfície para o fundo, podendo chegar até zero.

É pela mistura causada pelos ventos e pelos efeitos térmicos que se distribui melhor a quantidade de oxigênio presente (no Estado de São Paulo tem sido constatada a presença de oxigênio dissolvido até a profundidade de 1 m).

Ao se estabelecer a profundidade de uma lagoa deve-se levar em consideração esses aspectos, assim como deve-se ter em conta a presença de lodo depositado e acumulado.

10. ACUMULAÇÃO DE LODO

Nas lagoas facultativas ocorre a sedimentação de partículas do esgoto juntamente com restos de algas, criando depósitos bentais.

Com o decorrer do tempo a matéria orgânica sedimentada vai se decompondo reduzindo o seu volume e produzindo sólidos mineralizados, estáveis, que se acumulam, formando uma camada de lodo.

A altura ou espessura dessa camada vai aumentando, pouco a pouco, e depois de vários anos, quando se torna grande em relação à profundidade da lagoa, ela precisa ser removida.

Geralmente calcula-se a altura dessa camada para cinco a dez anos, levando-se em conta o valor obtido ao se fixar a profundidade a ser adotada para a lagoa.

O crescimento da camada de lodo depende essencialmente da taxa de aplicação que se considera para a lagoa:

11. DIQUES

Ao projetar uma lagoa deve-se procurar balancear, tanto quanto possível, os volumes das escavações com os volumes das elevações de maneira a minimizar o movimento de terra.

Os diques geralmente são construídos com o próprio material das escavações, na maioria das vezes uma mistura de areia, argila e silte.

Nos casos em que o material disponível no local for muito permeável projeta-se um núcleo de argila à semelhança da técnica adotada para pequenas barragens de terra.

As dimensões dos diques são obtidas da seguinte maneira:

— largura no topo: min. 2,5 m para facilitar os serviços de manutenção;

— altura: igual à profundidade adotada para a lagoa, mais a sobrelevação de nível devido às ondas e mais a altura livre adicional;

— largura na base: depende dos taludes adotados.

A altura das ondas depende da velocidade dos ventos e da dimensão livre da lagoa exposta à corrente aérea.

Ela pode ser calculada pela fórmula de Sverdrup Munk:

$$h = 0,007 V \sqrt{F}$$

em que:

h = altura máxima de onda, em m;

V = velocidade máxima dos ventos em km/h;

F = dimensão livre exposta aos ventos, em km.

Exemplo:

$$V = 70 \text{ km/h}$$

$$F = 0,3 \text{ km}$$

$$h = 0,007 \times 70 \sqrt{0,3} = 0,27 \text{ m.}$$

A experiência mostra que uma onda ao deparar com o talude provoca a elevação da água no parâmetro a uma altura pouco menor do que a altura da própria onda. Geralmente admite-se para essa sobrelevação o valor de 75% de h, resultando no caso 0,2 m.

A altura livre adicional (borda livre da lagoa) não deverá ser inferior a 0,5 m (acima da sobrelevação das ondas).

As inclinações a adotar nos parâmetros dependem muito do material de construção (terra utilizada) e do seu ângulo ou talude de repouso.

Os manuais de Engenharia Civil apresentam tabelas baseadas em observações experimentais (ref. 11):

O talude mínimo da face externa geralmente é de 2,5:1, preferindo-se, muitas vezes, adotar 3:1.

O talude mínimo interno, por estar permanentemente sujeito à água deve ser mais seguro: 3:1 ou 3,5:1.

Se o talude interno for revestido podem ser admitidas inclinações maiores (2:1, por exemplo).

Quanto ao talude externo, se ele for gramado, convém adotar a relação 5:1 para possibilitar a mecanização no corte da grama.

12. PROTEÇÃO DOS TALUDES

A proteção dos taludes, embora possa ser dispendiosa, traz vantagens que devem ser consideradas.

Os taludes internos estão sujeitos

Ângulos e taludes de repouso para materiais terrosos

Materiais	Ângulos de Rep.	Taludes de Rep.
Areia limpa	26°34'	2:1
Areia argilosa	18°26'	3:1
Argila	15°57'	3,5:1
Terra comum	15°57'	3,5:1

Taxa de Aplicação	Acréscimo Anual de Lodo
100 kg DBO ⁵ /ha	2,5 cm
200 kg DBO ⁵ /ha	5,0 cm
300 kg DBO ⁵ /ha	7,5 cm

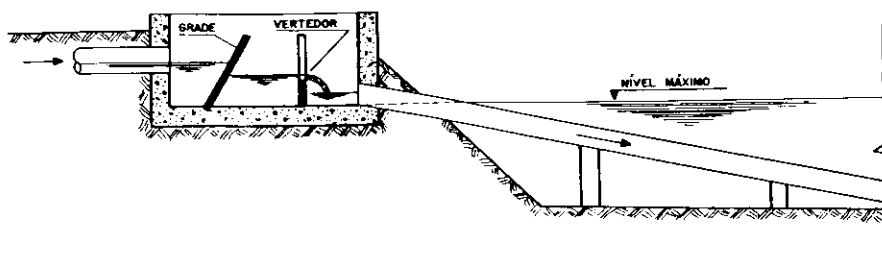


Figura 3 — Tipo sugerido para o dispositivo de entrada (V. Ref. 2)

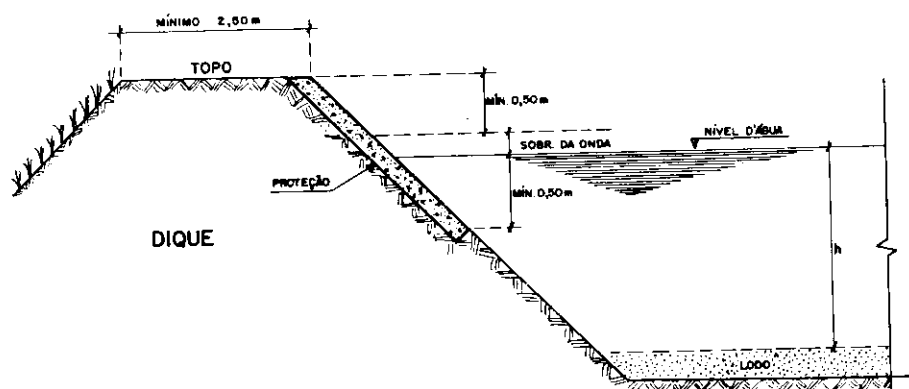


Figura 4 — Dimensões a considerar

às ondas, aos efeitos de erosão e ao desenvolvimento de plantas indesejáveis. O revestimento da parte dos taludes mais exposta a tais inconvenientes é uma medida que tem oferecido bons resultados.

Os seguintes tipos de proteção são os mais empregados:

- a) "rip-rap" (proteção com pedras);
- b) laje de concreto;
- c) placas de concreto;
- d) pavimentação asfáltica;
- e) membrana plástica.

A parte que mais necessita proteção é a que se estende até 0,5 m abaixo do nível de água e até 0,5 m ou mais, acima, dependendo da altura calculada para as ondas e da sobrelevação por elas causada (figura 4).

O "rip-rap" formado por pedras de tamanho 0,15 a 0,2 m constitui uma solução durável no caso de taludes de 1:4.

A laje de concreto geralmente é feita com uma espessura entre 0,07 e 0,13 m, sendo levemente armada.

A referência 6 apresenta indicações sobre os demais tipos de revestimento.

13. FUNDO DAS LAGOAS

Durante as obras deverá ser removida a camada de terra vegetal, deven-

do-se compactar a superfície do terreno. O acabamento deverá ser feito de maneira a evitar infiltrações excessivas e prejudiciais que podem comprometer o nível d'água.

É conveniente realizar alguns ensaios de infiltração (percolação), de acordo com a técnica normalizada (consultar a respeito a Norma Brasileira NBR 7229, 1982).

Se o fundo da lagoa mostrar-se muito permeável será necessário condicioná-lo com outras medidas. Existem vários métodos de impermeabilização:

- introdução de uma camada de argila;
- aplicação de bentonita;
- aplicação de solo-cimento;
- técnica de aplicação de cimento pelo "gunite";
- emprego de membrana ou manta de PVC ou vinil;
- emprego de membrana ou manta de borracha sintética.

As mantas devem ser protegidas por uma camada sobreposta de pelo menos 0,3 m.

O fundo, depois de preparado, deverá ficar com superfície regular com uma variação que não exceda de 0,1 m para mais ou para menos em relação à cota estabelecida.

14. DISPOSITIVOS DE ENTRADA

A entrada dos esgotos nas lagoas facultativas é feita através de tubulações localizadas de maneira a assegurar uma boa distribuição do líquido, minimizando curto-circuitos.

A boa distribuição é requisito essencial para evitar a ocorrência de odores, e para isso as tubulações devem ser previstas com uma disposição criteriosa.

Uma tubulação única somente é admitida no caso de lagoas pequenas. Tratando-se de lagoas maiores são recomendáveis tubulações múltiplas, de entrada (duas, três ou mais, espaçadas no máximo de 50 m e preferivelmente menos). As distâncias que separam as tubulações devem obedecer à regra da equalização das áreas de alimentação, conforme indicado na figura 2.

Em geral as tubulações se prolongam até uma distância correspondente a 1/3 do comprimento da lagoa, pela razão de se considerar o efeito de jato na descarga.

O traçado recomendável para essas tubulações consiste em colocá-las próximo ao fundo das lagoas, realizando a descarga horizontal, sobre uma pequena laje de proteção. Nessa posição elas promovem uma certa mistura e ajudam a reduzir curto-circuitos.

As tubulações funcionarão afogadas com uma velocidade média do líquido, igual ou superior a 0,5 m/s.

Em instalações modernas e importantes apresentam-se inovações interessantes, embora ainda pouco divulgadas:

- a) o emprego de tubulações trasladáveis;
- b) tubulações com saídas múltiplas através de bocais fazendo pequeno ângulo com a horizontal.

Deverão ser avaliadas as perdas de carga para se determinar as relações de cotas entre a soleira do último poço de visita que antecede a instalação e o nível máximo de água admissível nas lagoas (em outras palavras, deve ser elaborado o perfil hidráulico do conjunto).

Não é aconselhável o emprego de válvulas tipo borboleta, as quais pela sua construção interna provocam entupimentos.

As lagoas devem ser dotadas de medidores de vazão (normalmente vertedores) tanto nos dispositivos de entrada como nos de saída.

15. DISPOSITIVOS DE SAÍDA

Os dispositivos de saída devem ser localizados em pontos afastados e extremos em relação às entradas, para minimizar curto-circuitos.

Eles devem possibilitar a retirada de líquido em níveis variáveis, porém devem evitar as águas da superfície, as quais, além de apresentar maior concentração de algas, inclui sólidos flutuantes. Normalmente recomenda-se tomar o efluente 0,3 m ou mais, abaixo da superfície (nível d'água).

Os dispositivos de saída devem ter capacidade para retirar até o dobro da vazão máxima prevista.

Para proteger o dispositivo de saída pode-se adotar um sistema de cortina protetora, imersa até 0,3 m.

Um tipo simples e eficiente de dispositivo de saída consiste em uma câmara de concreto com ranhuras internas para o encaixe de planchas (stop logs). A colocação ou retirada de planchas permite variar o nível da água a ser descarregada. A plancha superior poderá funcionar como um vertedor para medida da vazão.

Nos casos em que a ação dos ventos é muito intensa podem ser previstas cortinas de controle.

16. RECIRCULAÇÕES E TRANSFERÊNCIAS

A recirculação de líquido entre as lagoas, embora possa ser bastante vantajosa, sobretudo para as instalações de maior porte, nem sempre é adotada. Ela deve ser considerada um recurso adicional de utilidade para a operação.

Em alguns casos a recirculação deve ser admitida como necessária:

a) em lagoas cuja forma deixa a desejar;

b) em lagoas facultativas projetadas com taxas de aplicação elevadas;

c) na primeira unidade de lagoa em série cujo tamanho não foi ajustado à maior carga inicial;

d) no caso de instalações que estejam funcionando com sobrecarga significativa;

e) no caso de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas, para controle de odores (uma recirculação de 1:6 é suficiente para reduzir consideravelmente ou até mesmo eliminar o problema de odor).

Para efetuar a recirculação pode-se adotar uma instalação simples ao ar

livre, com uma bomba tipo "propeler" (ver ref. 6).

Outro recurso que se pode ter no caso de unidades múltiplas (instalações multicelulares) consiste em prover tubulações de transferência de líquido de uma lagoa para outra (interligações, ver figura 1).

Para isto são adotados tubos de custo baixo providos de tampões de fibra de vidro.

17. DISPOSITIVOS E DETALHES ADICIONAIS

Existem outros detalhes que exigem a atenção e perspicácia do projetista. Trataremos aqui de alguns deles.

Antes de qualquer outra consideração é preciso proteger as lagoas contra águas superficiais. Elas não devem receber quantidades significativas de runoff. Se houver algum curso d'água na área, ele deverá ser desviado (vazões excessivas de águas correntes carregam algas e prejudicam o equilíbrio funcional das lagoas).

Sempre que possível deve ser prevista a possibilidade de esgotamento das lagoas através de drenos.

A respeito, convém lembrar que todas as canalizações que atravessam diques, abaixo do nível d'água, devem ser providas de colares contra a infiltração ao longo das paredes dos tubos (piping).

O projetista não deve esquecer os aspectos de operação e manutenção. É por isso que nas instalações importantes devem ser projetadas rampas especiais para a descida de barcos, utilizados na fase operacional.

Os cuidados paisagísticos e de planejamento territorial não devem ser esquecidos.

A área deve ser inteiramente cercada colocando-se nos portões de entrada avisos indicando a natureza da instalação e a proibição de entrada de pessoas sem autorização.

Uma pequena construção poderá servir para abrigo do operador, instalação sanitária, box com chuveiro, lavatório, depósito de amostras, estojo de primeiros socorros e desinfetantes, ferramentas, armários de roupas de serviço etc.

A iluminação da área, quando prevista, deverá servir às áreas do portão, dos medidores e dos pontos de amostragem.

18. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 — ABNT, Construção e Instalação de Fossas Sépticas e Disposição dos Efluentes, NBR 7229, Rio de Janeiro (1982).

2 — Arceivala, Sorab J., Simple Waste Treatment Methods, Middle East Technical University, Ankara (1973).

3 — Azevedo Netto, J. M. e Max L. Hess, Tratamento de Águas Residuárias, DAE, São Paulo (1970).

4 — Azevedo Netto, J. M., A localização de Estações de Tratamento de Esgotos, Revista DAE, 37, n.º 114 (1977).

5 — EPA, Wastewater Treatment Facilities for Sewered Small Communities, Process Design Manual, 625/1-77-009, Cincinnati (1977).

6 — EPA, Municipal Wastewater Stabilization Ponds-Design Manual, 625/1-83-015, Cincinnati (1983).

7 — Fair, Gordon M. e John C. Geyer, Water Supply and Wastewater Disposal, John Wiley, New York (1954).

8 — Jordão, Eduardo P., Lagoas de Estabilização: Situação Atual, Seminário sobre Processos Econômicos de Tratamento de Esgotos Sanitários, Porto Alegre (1977).

9 — Jordão, Eduardo P., Revisão de Critérios de Concepção e Dimensionamento de Lagoas de Estabilização, 12.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú (1983).

10 — Marais, G.V.R., A dynamic theory for the design of Oxidation Ponds, Cetesb, São Paulo (1976).

11 — Matsushita, Augusto T. e Hideo Kawai, Características Funcionais de Lagoas de Estabilização no Brasil, Cetesb, São Paulo.

12 — Merriman, T. e T. H. Wiggan, American Civil Engineers' Handbook, John Wiley, New York (1941).

13 — Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering, 2.ª edição, McGraw Hill Book, New York (1972).

14 — Okun, D. A. e G. Ponghis, Community Wastewater Collection and Disposal, O. M. S., Geneve (1975).

15 — Oswald, W. J., Harold B. Gotaas e Richard J. Hee, Algal Bacterial Symbiosis in Sewage Treatment, 4.º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, São Paulo (1954).

16 — Oswald, W. J., The Use and Design of Stabilization Lagoons, International Symposium on Stabilization Lagoons, Santiago (1971).

17 — Silva, Salomão A. e Duncam Mara, Lagoas de Estabilização.

18 — Silva, Salomão A., Eficiência de Lagoas Facultativas no Tratamento de Esgotos Domésticos no Nordeste do Brasil, 12.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú (1983).

19 — University of California, Dept. of Civil Engg., Stabilization Ponds (Notas de Aulas), Berkeley (1975).

20 — Water Pollution Control Federation, Wastewater Treatment Plant Design, M. O. P. 8, Washington (1977).

21 — Yanez, Fabian, Lagunas de Estabilización, CEPIS, Lima (1976).