



NORMA TÉCNICA

D3.570

Dez/1991
57 PÁGINAS

Manual de operação e manutenção de valo de oxidação:
manual técnico

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Avenida Professor Frederico Hermann Jr., 345
Alto de Pinheiros CEP 05459-900 São Paulo SP
Tel.: (11) 3133 3000 Fax.: (11) 3133 3402

<http://www.cetesb.sp.gov.br>

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE VALO DE OXIDAÇÃO

Coordenação: Grupo de Normalização Técnica

Autor do texto-base: Constantino Arruda Pessoa

Redação do texto final:

- Benoit de Almeida Victoretti
- Idair Visnardi
- José Flávio M. Bezerra
- Marco Antonio Gunther
- Max Lothar Hess
- Waldo Lima Vidal

Revisão: Attilio Brunacci

SUMÁRIO

	Pág.
Introdução.....	4
Capítulo I - Grade de barras.....	4
1 Considerações gerais.....	4
2 Modelos adotados.....	5
2.1 Grade de barras de limpeza manual.....	5
2.2 Grade de barras mecanizada.....	7
3 Operação.....	9
3.1 Operação de limpeza manual.....	9
3.2 Operação mecanizada.....	10
3.3 Alternativas operacionais.....	11
3.4 Operação local ou manual.....	11
3.5 Operação automática.....	11
3.6 Manobra para manutenção.....	12
4 Manutenção.....	12
4.1 Grade de barras de limpeza manual.....	12
4.2 Grade de barras de limpeza mecanizada.....	12
4.3 Recomendações complementares.....	14
Capítulo II - Caixa de areia.....	14
1 Considerações gerais.....	14
2 Modelos adotados.....	14
2.1 Caixas de areia de limpeza manual.....	15
2.2 Caixas de areia de limpeza mecanizada.....	17
3 Operação.....	19
3.1 Operação para o tipo de limpeza manual.....	19
3.2 Operação para o tipo de limpeza mecanizada.....	21
3.3 Operação normal.....	23
4 Manutenção.....	23
4.1 Ponte móvel.....	24
4.2 Mecanismo de tração.....	24
4.3 Removedores de areia.....	24
4.4 Depósito de areia.....	24
4.5 Lubrificação.....	24
Capítulo III - Tanque de aeração.....	24
1 Considerações gerais.....	24
2 Modelo adotado.....	25
2.1 Dispositivo de entrada.....	25
2.2 Tanque de aeração.....	25
2.3 Mecanismo de aeração.....	26
2.4 Dispositivo de entrada de lodo recirculado.....	26
2.5 Dispositivo de saída.....	26
3 Operação.....	27
3.1 Regimes de operação.....	27
3.2 Controle operacional.....	28
3.3 Diretrizes gerais de operação.....	30
3.4 Problemas operacionais.....	31

	Pág.
4 Manutenção.....	33
4.1 Dispositivo de entrada.....	33
4.2 Tanque de aeração.....	34
4.3 Equipamento de aeração.....	34
4.4 Dispositivo de entrada do lodo recirculado.....	35
4.5 Dispositivo de saída.....	35
Capítulo IV - Decantador final.....	36
1 Considerações gerais.....	36
2 Modelos adotados.....	36
2.1 Decantadores Dortmund.....	36
2.2 Decantadores mecanizados.....	37
3 Operação e manutenção.....	37
Capítulo V - Leitos de secagem.....	37
1 Considerações gerais.....	37
2 Modelo adotado.....	37
2.1 Leito de secagem.....	37
3 Operação.....	38
3.1 Carregamento dos leitos.....	38
3.2 Remoção do lodo seco.....	38
3.3 Limpeza da camada suporte.....	39
3.4 Procedimentos adicionais.....	39
3.5 Lagoas de lodo.....	39
Anexo A - Exemplo de valo de oxidação com regime semicontínuo de operação.....	41
Anexo B - Ilustrações.....	44
Anexo C - Referências bibliográficas.....	54

INTRODUÇÃO

O presente manual tem como finalidade estabelecer as principais diretrizes para a operação e manutenção de instalações de valo de oxidação, de acordo com os conceitos e parâmetros emitidos no P3.250 - Manual Técnico - Projeto de Valos de Oxidação.¹

Considerando que o processo é dotado de equipamentos, este manual contém basicamente as informações técnicas para pleno domínio pelos profissionais responsáveis da operação e manutenção das unidades e órgãos complementares que compõem a instalação.

Para a complementação das informações indispensáveis ao desempenho do processo, torna-se importante a existência de catálogos, instruções e planos de manutenção dos equipamentos instalados em cada unidade que compõe a instalação e que são de fornecimento obrigatório por parte do fabricante.

O manual estabelece para o sistema de tratamento - valo de oxidação - que a configuração básica seja composta das seguintes unidades (Ilustração 1):

- grade de barras
- caixa de areia
- tanque de aeração
- decantador final
- leito de secagem

As unidades de desinfecção do efluente final (cloração) e de redução de umidade do excesso de lodo (adensador) são opcionais; seus empregos estão condicionados aos estudos de viabilidade técnico-econômica, em relação às características locais e exigências do corpo d'água receptor com vistas à qualidade requerida do efluente final.

As informações técnicas relacionadas com as unidades de cloração dependem essencialmente dos modelos e respectivos fabricantes. As unidades de adensamento são praticamente idênticas às de decantação e suas diretrizes operacionais e de manutenção são plenamente aplicáveis. Por estas razões, aquelas duas fases opcionais de tratamento não foram aqui incluídas.

CAPÍTULO I - GRADE DE BARRAS

1 Considerações gerais

No sistema de tratamento, as unidades de gradeamento têm como finalidade básica remover todo o material grosseiro carregado pelos

¹ CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, junho 1980.

esgotos, inadequado às unidades básicas do processo e de seus respectivos dispositivos de transporte dos esgotos ou dos lodos nas diferentes fases de operação.

2 Modelos adotados

Em função da capacidade da instalação (vazões afluentes), o processo de gradeamento poderá adotar os seguintes modelos:

- de limpeza manual
- de limpeza mecanizada

A seleção do modelo está também relacionada a fatores econômicos e características locais, que poderão justificar excepcionalmente o uso de unidades mecanizadas em instalações de pequeno porte. O grau de automatização da instalação é igualmente um fator importante na seleção do modelo da unidade.

2.1 Grade de barras de limpeza manual

As unidades de limpeza manual são basicamente constituídas das seguintes partes:

- grades de barras
- dispositivo de remoção
- depósito para o material removido
- acesso para operação

2.1.1 Grade de barras

Constituída de barras de ferro, convenientemente fixadas em um quadro, paralelas uma às outras, com espaçamento previamente selecionado em função do tamanho do material que se pretende remover. De acordo com a sua posição, a grade de barras, pode ser:

- vertical (Ilustração 2)
- inclinada (Ilustração 3)

As unidades verticais são adotadas em condições especiais e devem ser de fácil remoção, principalmente em instalações de grandes profundidades.

As grades inclinadas são mais recomendadas para a limpeza manual, principalmente nas instalações onde o canal afluente é pouco profundo e cuja localização é bastante favorável à remoção do material retido.

2.1.2 Dispositivo de remoção

Normalmente empregam-se ancinhos fabricados especificamente para a unidade, em função do espaçamento entre barras e da sua espessura. Nas instalações pequenas e de fácil acesso, o material retido é simplesmente removido por garfos ou ganchos de ferro. As instalações com grande profundidade, onde o acesso do operador é inviável, a remoção é feita através da manobra de funcionamento intermitente das grades (duas unidades em série). Elas possuem bandejas apropriadas para acumular o material retido pela grade e acumulado na bandeja (Ilustração 2). Este tipo de equipamento não se aplica aos canais afluentes rasos. A bandeja deste tipo de grade é provida de pequenos furos para drenagem do líquido contido no material removido.

2.1.3 Depósito do material retido

O material retido deve ser removido tão rapidamente quanto possível e armazenado em depósitos próprios em condições de permitir as seguintes operações subseqüentes:

- drenagem parcial do líquido agregado ao material grosseiro;
- fácil transporte ou transbordo para depósitos maiores, do tipo caçamba de viaturas, apropriadas para esta função ("dumpster");
- cobertura ou tampa, com a finalidade de evitar a presença e/ou a proliferação de insetos e pequenos animais.

Os projetistas têm dado preferência aos seguintes tipos de depósito:

- a) bandeja: geralmente localizada após o topo da grade de modo a permitir, na simples operação de remoção do material retido, o subseqüente transbordo para a bandeja. A bandeja também é perfurada e pode ser substituída por uma cesta com alças laterais para facilitar a sua remoção.
- b) calha: o emprego de calha, cuja localização é idêntica à das bandejas, tem por finalidade facilitar a remoção do material depositado e a conseqüente drenagem do líquido. Por essa razão, além dos furos, deve ser instalada com pequena inclinação para facilitar o retorno do líquido drenado, para a instalação de tratamento.
- c) caçamba: geralmente quando a quantidade de material removido é excessiva para o emprego das soluções anteriores, este é depositado diretamente em

caçambas de grandes volumes, aproximadamente 4,0 m³. Estes equipamentos não permitem a operação de lavagem do material removido, facilmente viável nas bandejas e calhas.

2.1.4 Acesso para a operação e manutenção

A operação freqüente e contínua exige que os dispositivos de gradeamento sejam localizados em áreas de fácil acesso às equipes de operação e manutenção. Assim sendo, as grades de barras devem localizar-se, sempre que possível, ao nível de operação de ETE, de modo que as operações de remoção e transporte sejam realizadas com eficiência e segurança.

2.2 Grade de barras mecanizada

A grade de barras mecanizada realiza as manobras - total ou parcial - das operações de remoção do material retido, do transporte para o depósito e, eventualmente, de lavagem e secagem do material removido. A existência de grande quantidade de equipamentos justifica, para efeito deste manual, selecionar um modelo com características adotadas pela maioria dos fabricantes (Ilustrações 4 e 5), ou seja, um modelo com:

- grade de barras de secção retangular;
- limpeza por rastelo móvel;
- bandeja de coleta do material removido;
- tração do rastelo por conjunto moto-redutor;
- comando local e remoto da operação do rastelo.

2.2.1 Grade de barras de secção retangular

Além das características inerentes às grades de barras de limpeza manual, é importante acrescentar as seguintes características na operação:

- a) o quadro que limita as barras não atinge o piso de operação; sua extremidade superior fica entre 20 a 30 cm acima do nível de esgoto, correspondente à vazão máxima de projeto (Ilustração 5);
- b) acima das barras, o equipamento é dotado de uma placa defletora, que evita o extravazamento de esgoto provocado por níveis não previstos (condições acidentais). A placa

defletora exerce também a função de retentora do material transportado pelo rasteio (Ilustração 4);

- c) as barras são construídas de ferro fundido e fixadas por vigas transversais, convenientemente projetadas para evitar qualquer perturbação no percurso livre do rasteio e facilitar a eventual substituição de qualquer barra avariada, sem prejuízo para o funcionamento do equipamento (Ilustração 6).

2.2.2 Limpeza por rasteio móvel

O rasteio de limpeza é constituído de peças de secções removíveis e ajustáveis, em forma de pente cujos dentes atravessam os espaços livres entre as barras, permitindo, no seu movimento ascensional, remover e transportar o material retido pela grade (Ilustração 7). Os rasteios podem ser tracionados por cabos de aço (Ilustração 4) ou por correntes especiais (Ilustração 5); sua escolha está condicionada ao material removido (quantidade, peso e impacto) e, conseqüentemente, às suas dimensões. As unidades com tração a cabo de aço são mais adequadas às instalações de pequeno e médio portes; as de corrente são mais recomendadas para atender às instalações de médio e grande portes.

2.2.3 Bandeja de coleta do material removido

A maioria dos modelos de grades de barras mecanizadas é dotada de bandejas instaladas próximas ao fim-de-curso do rasteio, onde um dispositivo de raspagem transfere o material do rasteio para esses depósitos (bandeja). Da mesma maneira que as unidades de limpeza manual, estes dispositivos podem ter a forma de bandeja (coifa) ou de canaleta (Ilustração 4). Em algumas instalações, o material gradeado pode ser lançado diretamente, ou através de correias transportadoras, para caçambas apropriadas para este fim.

2.2.4 Tração do rasteio por meio de conjunto motor-reductor

O dispositivo de tração, instalado no topo do equipamento, é constituído de um conjunto motor-reductor, com reversão do sentido de rotação do motor, permitindo o movimento de vaivém do rasteio. Em alguns modelos, este movimento é realizado em um único sentido, produzindo um movimento rotativo do rasteio, o qual remove o material retido no movimento de ascensão.

2.2.5 Comando local e remoto da operação do rasteio

Em função do grau de automatização da instalação, o acionamento do rastelo poderá ser operado no local - por meio de chave elétrica - com botão que permite comandar a subida, descida ou parada. Em equipamentos mais automatizados, a chave local permite transferir o comando da operação para um ponto mais distante, muitas vezes instalado num quadro geral de controle remoto. O número de cursos do rastelo por partida é determinado através de chaves "timer-switch", que controlam o período de funcionamento e a paralisação do rastelo, cujo trajeto tem a reversão do sentido de movimento comandado por um relé de fim-de-curso.

Outros modelos são comandados por dispositivos acionados pelo diferencial de nível do esgoto a montante e a jusante. O desnível é captado através de bóias instaladas nesses pontos, cuja diferença de posição é regulada para dar partida ao funcionamento do rastelo, em função de uma perda de carga estimada e provocada por acúmulo de material retido a montante da grade. Este dispositivo permite preestabelecer a quantidade máxima de material grosseiro que se pretende remover por ciclo de funcionamento do rastelo.

Obs: Necessidade de outros modelos

O avanço tecnológico dos equipamentos de controle da poluição tem sido mais acentuado em outros processos de tratamento. As unidades de gradeamento praticamente não evoluíram. Os equipamentos continuam com as mesmas concepções de, pelo menos, 20 anos atrás. O modelo de rastelo rotativo, aparentemente recente, já é empregado no Brasil há quase meio século. Na realidade, a finalidade básica desse processo limita consideravelmente a criatividade dos fabricantes. Portanto, em termos operacionais, não há muita variação nos procedimentos.

3 Operação

A operação dos equipamentos de gradeamento está bem vinculada ao tipo de dispositivo de limpeza (manual ou mecanizado).

3.1 Operação de limpeza manual

A operação manual de limpeza das unidades de gradeamento difere na periodicidade que, por sua vez, depende principalmente das características dos esgotos afluentes à unidade. A prática permite estabelecer os parâmetros operacionais de limpeza, aferindo desse modo os valores preestabelecidos no dimensionamento dessa unidade. A operação de limpeza manual tem dois momentos:

- a) o início da operação ocorre com o acúmulo máximo de material, a montante da grade. Nessa ocasião, o operador remove, por raspagem, esse material. Esta operação deve ser suficientemente lenta para:
 - evitar que parte do material retido atravesse a grade;
 - permitir o escoamento parcial do líquido agregado ao material retido, em fase de remoção.
- b) o material removido deve ser transferido, tão rápido quanto possível, ou depositado na bandeja ou caçamba de transporte.

Nota: Nas instalações com períodos longos de transferência do material removível, cuidados especiais devem ser tomados para evitar a presença ou proliferação de insetos e pequenos animais. A possibilidade de odores desagradáveis pode ser sanada com a adição de cal extinta (hidróxido de cálcio).

3.2 Operação mecanizada

Basicamente, a operação de uma unidade de gradeamento mecanizada obedece à seguinte sequência:

- a) o início do ciclo de operação ocorre com o rastelo no alto da estrutura, na posição de descanso, com as pontas (dentes) em posição vertical e controlado pelo dispositivo limitador de fim-de-curso superior;
- b) com o acionamento de partida de funcionamento, todo o mecanismo que opera o rastelo desce até o fundo do canal da grade, onde, através de dispositivo mecânico, o rastelo passa para posição horizontal, penetrando nos intervalos das barras;
- c) comandado pelo limitador de fim-de-curso inferior, o sentido de rotação do motor é invertido; o rastelo inicia o movimento de ascensão, arrastando no seu trajeto o material retido ao longo das barras;
- d) acionamento da lâmina raspadora do rastelo, através de dispositivos mecânicos (ressaltados) e elétricos (fim-de-curso), situados acima do piso de operação das grades de barras;

- e) a lâmina raspadora do rastelo raspa o material transportado para a bandeja de coleta, de onde é removido para recipientes apropriados ao manuseio desse material;
- f) retorno do rastelo à posição inicial de partida após a operação anterior e controlado pelo limitador de fim-de-curso superior, quando o ciclo operacional for reiniciado através de comando local ou por meio de uma chave de tempo ("timer switch") regulada para acionamento periódico.

Nota: O carro do rastelo é dotado de dispositivos eletro-mecânicos que eliminam qualquer possibilidade de acidente causado por objetos sólidos presos entre as barras da grade, ou por acúmulo exagerado de material entre elas. A segurança se obtém através de dispositivo de controle de sobrecarga elétrica e mecânica.

3.3 Alternativas operacionais

Os dispositivos de manobra de operação das grades de barras mecanizadas oferecem três alternativas de funcionamento, ou seja: operação manual, operação automática e manobra para manutenção. Para as diversas fases dessas operações, o equipamento é dotado, via de regra, dos seguintes controles elétricos e mecânicos:

- a) chave magnética de partida, tipo de reversão, proteção contra sobrecarga e falta de fase;
- b) chave de tempo ("timer switch") para acionamento e regulação do ciclo de limpeza;
- c) botoeiras de comando: "PARA", "SOBE", "DESCE" e "DESLIGA GERAL";
- d) chaves de fim-de-curso.

3.4 Operação local ou manual

A seqüência de manobra para a operação local ou manual deve ser estabelecida de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante do equipamento.

3.5 Operação automática

A seqüência de manobra para operação automática deve ser estabelecida de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante do equipamento.

3.6 Manobra para manutenção

A seqüência de manobras para a manutenção deve estar de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante do equipamento.

4 Manutenção

A manutenção da grade de barras será orientada para as unidades de limpeza manual e mecanizada.

4.1 Grade de barras de limpeza manual

Estas unidades, pelo fato de serem desprovidas de qualquer equipamento eletro-mecânico, e serem de simples fabricação, requerem serviços mínimos de manutenção. Não obstante, é importante verificar periodicamente os seguintes pontos:

- a) manter a posição de projeto durante o funcionamento da unidade;
- b) não alterar o espaçamento das barras;
- c) remover qualquer incrustação de substância nas barras;
- d) substituir a grade por unidade similar em caso de desgaste excessivo;
- e) remover periodicamente - pelo menos a cada trimestre - a unidade e, se for o caso, proceder a reparos gerais das barras e vigas transversais.

4.2 Grade de barras de limpeza mecanizada

As unidades mecanizadas são compostas de equipamentos mecânicos e elétricos, razão pela qual a manutenção deve ser dirigida para essas partes.

4.2.1 Manutenção elétrica

Os componentes elétricos são fornecidos pelos fabricantes aos fornecedores do equipamento. Portanto, as instruções relacionadas com motores elétricos, chaves, chaves de tempo, botoeiras e demais dispositivos elétricos, quando não acompanharem o equipamento, serão obtidas diretamente dos respectivos fabricantes.

4.2.2 Manutenção mecânica

De modo análogo à manutenção elétrica, alguns dispositivos não são fabricados pelo fornecedor do equipamento básico. Para esses, devem ser consultados os fabricantes específicos ou exigidos do fornecedor as informações básicas.

A manutenção mecânica das grades de barras mecanizadas é dirigida para as seguintes partes: redutor, carro do rastelo, graxeiras e pinos autocisalhantes.

a) Redutor

Na maioria dos equipamentos, os redutores têm características semelhantes no que se refere à relação de transmissão e ao fator de potência. Basicamente recomenda-se:

- trocar o óleo a cada 2500 horas de funcionamento ou a cada seis meses;
- não misturar óleos de características diferentes, mesmo que atendam às exigências do regime e condições de funcionamento. A seleção do óleo deve ser parte de um plano geral de lubrificação dos demais equipamentos da ETE. O plano de lubrificação pode ser feito pela equipe de manutenção, em função das recomendações dos diferentes fornecedores e orientado no sentido de estabelecer padronização, equivalência e minimização do número de lubrificantes. Quando for possível, dar preferência a lubrificantes de múltiplas utilizações e sempre procurar fornecedores idôneos.

b) Carro do rastelo

As guias do rastelo precisam ser lavadas semanalmente, removendo-se todo o resíduo sólido acumulado; em seguida reengraxadas, utilizando-se graxa comercial.

c) Graxeiras

Recomenda-se a lubrificação a cada quinze dias.

d) Pinos autocisalhantes

Devem ser fabricados de material apropriado à segurança do equipamento mecânico contra esforços excessivos. Recomenda-se o uso de aço prata-tungstênio, do tipo vergalhão.

4.3 Recomendações complementares

Os fabricantes dos equipamentos serão consultados no caso de anormalidade e inadequabilidade de funcionamento dos seus produtos. Nenhuma modificação deverá ser executada sem sua prévia aprovação, que estão aptos a suprir acessórios e/ou fazer os reparos necessários, bem como a prestar informações omitidas nos manuais fornecidos.

CAPÍTULO II - CAIXA DE AREIA

1 Considerações gerais

O fluxograma dos processos de tratamento preconizados para o valo de oxidação (Ilustração 1) condiciona a ausência de material arenoso nas unidades e canalizações e nas instalações que caracterizam o processo. Portanto, após as unidades de remoção de materiais grosseiros, os esgotos deverão ser submetidos ao processo de remoção do material arenoso. Esta fase é normalmente realizada pelas unidades de caixa de areia, cujas finalidades e características já foram amplamente abordadas no Manual Técnico - Projeto de Valos de Oxidação.

2 Modelos adotados

As unidades de caixa de areia têm basicamente os seguintes modelos:

- de limpeza manual
- de limpeza mecanizada

A seleção do modelo está condicionada à capacidade da instalação, às características do afluente e dos locais. A Norma Brasileira NB-570 da ABNT, como citado no Manual Técnico acima referido, recomenda a definição do número de unidades em função da vazão afluente.

O emprego de uma única caixa de areia está condicionado também à possibilidade de permitir a paralisação do processo por períodos suficientemente longos possibilitando a realização das tarefas de operação e manutenção inerentes ao processo. Neste caso, é indispensável que a instalação seja dotada de uma das seguintes condições de operações:

- a) desvio do fluxo afluente, através de "by pass" ou extravasor;
- b) acúmulo do esgoto afluente no poço da elevatória ou no sistema de coleta (rede de esgoto).

2.1 Caixas de areia de limpeza manual

As caixas de areia de limpeza manual são normalmente constituídas das seguintes unidades (Ilustração 8):

- dispositivo de entrada
- câmara de sedimentação
- câmara de acumulação
- sistema de drenagem
- dispositivo de saída

2.1.1 Dispositivo de entrada

As caixas de areia de limpeza manual são, praticamente, o prolongamento do canal das grades de barra, alargado o suficiente para permitir a redução da velocidade afluyente a níveis compatíveis com a sedimentação do material que se pretende remover.

A utilização de uma única unidade não exige maiores preocupações com a interligação do canal da grade com esta unidade, a não ser os cuidados de ordem geral com relação a possíveis turbilhonamentos ou amortecimentos do fluxo, provocadores de arraste do material que se deseja reter, bem como o acúmulo de material em locais inadequados.

O emprego de mais de uma unidade exigirá a inclusão de caixas de distribuição dotadas de dispositivos destinados à alimentação uniforme, ou proporcional à capacidade de cada caixa de areia.

2.1.2 Câmara de sedimentação

A câmara de sedimentação constitui o compartimento que caracteriza a finalidade da caixa de areia. Em função do projeto, pode ter as seguintes formas:

- para a secção horizontal: retangular ou quadrada;
- para a secção transversal: retangular, trapezoidal ou parabólica.

A secção transversal tem a forma seleccionada em função do dispositivo de controle da velocidade do fluxo (medidor de vazão).

A secção longitudinal é normalmente retangular, uma vez que está condicionada ao trajeto da partícula em fase de sedimentação.

As dimensões da câmara de sedimentação estão relacionadas às velocidades do fluxo e às taxas de aplicação superficial inerentes ao tamanho das partículas arenosas que se pretende remover. Para isso, torna-se importante a verificação dos comportamentos hidráulicos correspondentes às vazões máximas e mínimas, uma vez que estes parâmetros devem ser criteriosamente observados durante o funcionamen

to destas unidades, estabelecendo as diretrizes de operação ao longo do período de vida da instalação.

A câmara de sedimentação deve permitir a passagem livre do líquido, que não poderá ser afetado por qualquer acúmulo excessivo do material previamente sedimentado e depositado no compartimento próprio.

2.1.3 Câmara de acumulação

As caixas de areia de limpeza manual exigem câmaras de acumulação de maior capacidade do que as unidades mecanizadas; nestas, o material sedimentado é removido continuamente. Portanto, a quantidade de areia contida no afluente e o período entre cada limpeza estabelecem a capacidade de cada câmara de acumulação; estas devem ter dimensões mínimas, estabelecidas em função das ferramentas (pás, enxadas, etc.) utilizadas na operação de remoção.

A operação de remoção do material acumulado exige a paralisação da unidade, de modo que a drenagem do líquido retido possa ser realizada sem o arraste do material previamente sedimentado.

Quando a instalação é composta de mais de uma unidade, realiza-se a manobra de isolamento da unidade que se pretende limpar, sobrecarregando por um tempo razoável as demais unidades em operação. A influência da sobrecarga hidráulica deverá ser previamente considerada no dimensionamento das unidades.

2.1.4 Sistema de drenagem

Quando as unidades possuem sistemas de drenagem de líquido retido com o material acumulado, é prática comum dotar esses sistemas de recursos para a operação de remoção da areia e de seu total esvaziamento.

Esse procedimento poderá ser obtido de duas maneiras:

- a) por descarga livre: quando as unidades estiverem em níveis elevados, favoráveis ao uso de tubulações - com registros - convenientemente instaladas na câmara de acumulação;
- b) por sifão: quando as unidades permitirem a instalação de tubulações afogadas, carga hidrostática suficiente para remover a areia por sifonamento, como ocorre com as unidades de fossas sépticas e tanques Imhoff.

2.1.5 Dispositivo de saída

As unidades convencionais, sem equipamentos, não apresentam qualquer exigência quanto ao dispositivo de saída, a não ser nos seguintes casos:

- a) mais de uma unidade: neste caso, a caixa de reunião dos efluentes terá também as finalidades de distribuição para os tanques de aeração, de "by pass" das unidades subsequentes ou de extravasor geral da ETE;
- b) regularizador de velocidade: o dispositivo de saída poderá ser constituído de unidades de regularização de velocidade do fluxo, ao longo da caixa de areia; neste caso, o comportamento hidráulico do conjunto deverá ser criteriosamente estudado em função da sua real finalidade.

Desta maneira, o dispositivo de saída das caixas de areia deve considerar as possíveis influências no processo de sedimentação e, quando for o caso, nos dispositivos de medição e/ou regularização de velocidade do fluxo.

2.2 Caixas de areia de limpeza mecanizada

Com finalidades idênticas às caixas de areia de limpeza manual, elas possuem características inerentes às funções dos seus equipamentos. Portanto, a seleção do equipamento de remoção e de transporte de areia define simultaneamente a forma e demais características do modelo. Basicamente, são também constituídas das seguintes partes:

- dispositivo de entrada
- câmara de sedimentação
- câmara de acumulação
- dispositivo de remoção de areia
- dispositivo de drenagem
- dispositivo de saída
- acessórios complementares

2.2.1 Dispositivo de entrada

Nos modelos semimecanizados ou de forma convencional (Ilustração 9), do tipo canal, o fluxo é encaminhado para as câmaras de sedimentação apenas através de manobras de comportas, ou registros, com características similares às caixas de areia de limpeza manual. Os modelos de secção quadrada exigem que o dispositivo de entrada promova uma distribuição uniforme ao longo de toda a câmara de sedimentação. Para isso, o fluxo é transversalmente conduzido à câmara por um canal de secção variável e dotado de defletores, convenientemente projetados para garantir um funcionamento homogêneo que não dependa da variação da vazão afluente. Nas unidades de maior grau de automação, a regulagem de posição dos defletores, em função do fluxo afluente, é realizada sob o comando de instrumentos

acoplados às unidades de medição de vazões e velocidades compatíveis com o material arenoso que se deseja remover.

2.2.2 Câmara de sedimentação

A câmara de sedimentação está condicionada à finalidade do processo. Portanto, suas características são idênticas às recomendadas para as unidades de limpeza manual. Os equipamentos deverão funcionar sem provocar qualquer perturbação no regime hidráulico - preestabelecido no projeto - para a sedimentação das partículas arenosas. Os raspadores de fundo também deverão movimentar-se lentamente, de modo a não provocar o revolvimento do material sedimentado.

2.2.3 Câmara de acumulação

A grande vantagem das caixas de areia mecanizadas está na pequena capacidade da câmara de acumulação do material sedimentado. A eficiência de uma rápida remoção resultará no emprego de pequenas câmaras de acumulação. Em geral, o material arenoso sedimentado é continuamente removido ou arrastado para um poço, de onde é transferido para fora da unidade (caçamba, transporte especializado, etc.).

As unidades semimecanizadas, por razões óbvias, possuem câmaras de acumulação de maiores dimensões - em função da frequência de limpeza - preestabelecidas no projeto e aferidas convenientemente durante os períodos de operação.

2.2.4 Dispositivo de remoção de areia

Os modelos variam de fabricante para fabricante. Alguns preferem a remoção hidráulica com conseqüente lavagem do material removido. Nas unidades de secção horizontal quadrada, o dispositivo de raspagem transfere o material arenoso para um poço lateral; deste, o material é removido por transportadores de arraste (vaivém) ou por roscas transportadoras que reduzem parcialmente a umidade contida no material acumulado no poço de remoção.

2.2.5 Dispositivo de drenagem

As unidades mecanizadas exigem freqüentes paralisações para serviços de manutenção do equipamento submerso. Para isto, são providas de dispositivo de drenagem, geralmente localizado no poço de acumulação do material retido. O líquido drenado deverá ser reconduzido para o afluente da ETE.

2.2.6 Dispositivo de saída

As unidades semimecanizadas são geralmente acopladas a uma unidade de medição de vazão, constituída, neste caso, do próprio dispositivo de saída da caixa de areia.

As unidades mecanizadas são dotadas de placas ajustáveis, vertedores reguláveis, que permitem variar o nível do líquido na câmara de sedimentação e manter o desnível recomendado em relação ao canal de coleta do afluente da unidade. Este desnível tem a finalidade de manter o perfil hidráulico recomendado pelos fabricantes

2.2.7 Acessórios complementares

Alguns modelos estão equipados com acessórios que permitem remover parte da matéria orgânica sedimentada com a areia, retornando-a à unidade. Estes acessórios são instalados nos dispositivos de remoção de areia onde provocam um aumento da velocidade do fluxo, suficiente para arrastar a matéria orgânica. A operação é controlada por placas removíveis que também controlam o nível do líquido da unidade.

3 Operação

A operação das caixas de areia depende da característica do tipo de remoção do material retido, ou seja:

- de limpeza manual
- de limpeza mecanizada

3.1 Operação para o tipo de limpeza manual

As características das caixas de areia de limpeza manual permitem a paralisação do funcionamento das unidades para a subsequente remoção do material retido na câmara de acumulação.

Nas instalações com mais de uma unidade, a operação de limpeza pode ser realizada com maior flexibilidade, uma vez que a unidade em fase de limpeza tem condições adequadas para períodos de paralisação mais longos. Esta vantagem não ocorre nas instalações com uma única unidade, nas quais o período de paralisação deverá ser o mínimo possível.

3.1.1 Operação em condições normais

Em condições normais, a operação se realiza segundo as etapas a seguir:

- a) avaliação periódica da camada de material arenoso retido na câmara de acumulação;
- b) isolamento da unidade que apresentar condições de acumulação excessiva de areia, ou prevista para remoção em função da etapa de operação anterior. Geralmente isso ocorre quando a camada de areia atinge dois terços da profundidade líquida da unidade, ou quando a câmara de acumulação atinge o nível máximo;
- c) drenagem do líquido contido no material acumulado, através do dispositivo de drenagem;
- d) remoção do material arenoso, isento de líquido em excesso, por meio de pás ou enxadas;
- e) estimativa ou medição da quantidade de material removido para posterior registro nas fichas de controle operacional;
- f) colocação do material removido para um recipiente apropriado e subsequente transporte para um local criteriosamente selecionado para seu destino final; o simples lançamento no solo poderá acarretar sérios inconvenientes;
- g) limpeza final e lavagem da câmara para ser reutilizada;
- h) análise do teor de materiais voláteis no material removido; adotar medidas corretivas para as unidades de elevado teor de material volátil.

3.1.2 Operação em condições anormais

As perturbações operacionais das caixas de areia podem apresentar os seguintes sintomas, com respectivas causas e soluções:

- Sintoma A: excesso de matéria orgânica no material removido.
- Causas:
 - a) velocidade do fluxo demasiadamente baixa na câmara de sedimentação;
 - b) período de retenção do material acumulado na câmara de sedimentação excessivamente longo.
- Prevenção e/ou recuperação: reduzir a área da secção transversal da câmara de sedimentação através dos seguintes métodos:
 - a) alargamento da face interna da parede lateral da

- câmara de sedimentação (enchimento com tijolo, placas, massa, etc.);
 - b) ajustes do dispositivo de saída, para as vazões médias da época;
 - c) utilização de menor número de caixas de areia, concentrando vazões médias recomendáveis nas unidades em operação;
 - d) redução do comprimento de câmara de sedimentação, em função das vazões afluentes predominantes.
- Sintoma B: excesso de areia no afluente líquido.
 - Causas:
 - a) velocidade do fluxo na câmara de sedimentação demasiadamente elevada;
 - b) período de retenção do material retido na câmara de sedimentação demasiadamente curto.
 - Prevenção e/ou recuperação:
 - a) redução do período entre cada remoção do material retido;
 - b) utilização de maior número de caixas de areia, distribuindo uniformemente as vazões médias recomendadas para cada unidade de operação;
 - c) aumento da área da secção transversal da câmara de sedimentação, em função das vazões predominantes.

3.2 Operação para o tipo de limpeza mecanizada

As recomendações inerentes às operações de limpeza manual são pertinentes às unidades de limpeza mecanizadas. As unidades mecanizadas devem ser operadas de acordo com as instruções dos fabricantes.

Como orientação para operação de caixa de areia mecanizada, será considerada uma unidade similar ao tipo "Simplex" (Ilustração 6, do Manual Técnico já citado antes), constituída das seguintes partes:

- câmara de sedimentação
- dispositivo de remoção

3.2.1 Câmara de sedimentação

A câmara de sedimentação é um tanque de secção horizontal retangular e secção transversal trapezoidal (próxima da forma parabólica), garantindo, independentemente da vazão, velocidades em torno de 0,30 m/s. No fundo do tanque está situado o poço de acúmulo do material sedimentado, que abrange longitudinalmente toda a unidade.

3.2.2 Dispositivo de remoção

O modelo considerado é constituído das seguintes partes:

- ponte móvel
- bomba de sucção
- depósito e removedor de umidade de areia
- tubo de descarga de areia

a) ponte móvel

A ponte móvel tem a finalidade de suportar o mecanismo de remoção da areia (Ilustrações 6 e 7, do Manual Técnico de Projeto), onde estão instaladas as bombas, as tubulações e o depósito da areia removida.

Este dispositivo tem um movimento de translação vaivém ao longo do tanque, permitindo que a tubulação de sucção percorra todo o poço de acumulação de areia.

O mecanismo de tração instalado na parte central da ponte aciona o dispositivo revertendo seu movimento nas extremidades de cada fim-de-curso.

b) bomba de sucção

Cada unidade de caixa de areia possui um grupo motor-bomba, instalado na ponte móvel, que remove por sucção o material arenoso depositado na câmara de acumulação. O material removido é transportado por meio de tubulações para um depósito especialmente projetado e construído para esse fim.

c) depósito e removedor de umidade de areia

O depósito está localizado na extremidade lateral da ponte móvel; construído com chapa de aço, tem a finalidade de acumular a areia removida e, ao mesmo tempo, reduzir parte do líquido (umidade) que serviu de veículo para o transporte hidrico do material.

A areia lançada neste depósito liberta com facilidade grande porção do líquido, que retorna à unidade através de um sistema de dreno do depósito.

A capacidade do depósito é suficiente para acumular a areia removida durante um ciclo completo da ponte móvel.

d) tubo de descarga de areia

Ao final de cada ciclo de remoção, a areia é descarregada do depósito para um funil de coleta dirigido para um recipiente (caçamba) que transporta o material.

3.3 Operação normal

A operação normal ocorre quando todo o equipamento de remoção e transporte do material arenoso opera satisfatoriamente, de acordo com as instruções do fabricante.

A operação do mecanismo poderá ser automática ou manual; neste último caso, as chaves de comando podem ser locais ou de controle remoto.

Em qualquer situação, recomenda-se:

- a) manter os equipamentos de acordo com os manuais de instrução de cada fabricante;
- b) manter o trajeto de movimento livre de qualquer obstáculo causador de avarias ou paralisações imprevistas;
- c) observar as variações bruscas do nível do esgoto e seus efeitos na velocidade do fluxo, na câmara de sedimentação;
- d) lavar diariamente as paredes do tanque e equipamentos (ponte móvel) com jatos de água, removendo sujeiras e incrustações provenientes das variações do nível do esgoto no tanque, ou de qualquer outra causa;
- e) vistoriar a unidade, esvaziando-a pelo menos uma vez por ano. Na ocasião, devem ser testadas as tubulações e dispositivos que operam imersos nos esgotos; a vistoria também deverá abranger as condições estruturais da unidade;
- f) evitar paralisações após a operação de partida do equipamento; este deve funcionar continuamente e ser paralisado apenas em função de programas operacionais ou em serviços de manutenção;
- g) testar periodicamente os dispositivos de segurança (mecânicos e elétricos), principalmente aqueles relacionados com as sobrecargas do equipamento.

4 Manutenção

As unidades de limpeza manual não apresentam qualquer problema de manutenção, uma vez que são isentas de equipamentos. Neste caso, o

problema resume-se nas condições estruturais e nos dispositivos de drenagem (registro e tubulações).
As unidades mecanizadas dependem de cada fabricante. Para o modelo exemplificado, a manutenção resume-se nas seguintes partes:

4.1 Na ponte móvel

- dispositivo de apoio e de tração,
- dispositivo elétrico de alimentação e de controle de reversão de curso,
- passadiço e estrutura.

4.2 No mecanismo de tração

Dispositivo motriz que transmite o movimento da ponte móvel ao longo do tanque, revertendo automaticamente seu movimento.

4.3 Nos removedores de areia

- tubulação de sucção de areia,
- bomba de sucção de areia,
- tubulação de recalque da areia removida.

4.4 No depósito de areia

- silo para acumulação da areia,
- dispositivo de drenagem parcial da água transportada junto com a areia,
- tubulação de transporte de água drenada para os tanques.

4.5 A lubrificação

A lubrificação deverá obedecer ao plano geral de lubrificação da instalação, de acordo com a tabela de lubrificantes equivalentes, com a finalidade de padronizar e reduzir seu consumo.

CAPÍTULO III - TANQUE DE AERAÇÃO

1 Considerações gerais

O tanque de aeração é a unidade básica do presente manual. Na realidade, é a que apresenta menor incidência de problemas de caráter operacional e de manutenção em todo o sistema. Essa característica foi o principal fator que permitiu a rápida aplicabilidade do sistema. Nos países onde seu emprego foi maior (Holanda, Alemanha e Inglaterra), funciona sem equipes permanentes de operação e de manutenção. Uma visita, no máximo, durante algumas horas por dia, é suficiente para manter o desempenho do sistema. No Brasil, rotina idêntica poderia ser adotada, o que não ocorre devido a freqüentes atos de vandalismo por parte da população, consequência de possíveis problemas inerentes aos aspectos econômico-sociais da população brasileira. Esses fatores negativos citados não modificam as características de simplicidade da unidade, basicamente constituída pelo tanque de aeração propriamente dito e pelo mecanismo de aeração próprio de cada tipo de tanque selecionado.

2 Modelo adotado

Em função do esquema proposto por este manual (Ilustração 1), o modelo adotado é composto de cinco partes:

- dispositivo de entrada
- tanque de aeração
- mecanismo de aeração
- dispositivo de entrada do lodo recirculado
- dispositivo de saída

2.1 Dispositivo de entrada

Deve ser prevista uma folga entre o nível máximo do canal efluente da caixa de areia, ou medidor de vazão, e o nível máximo do tanque de aeração quando em funcionamento.

2.2 Tanque de aeração

Deve manter as condições de escoamento hidráulico previstas para a unidade, principalmente no que se refere à manutenção dos sólidos contidos na massa líquida, bem como manter uma mistura homogênea e movimento de fluxo contínuo.

Sob o ponto de vista operacional, o tanque de aeração deve considerar também as recomendações seguintes:

- a) fácil acesso às equipes de operação, manutenção e controle de desempenho;
- b) fácil drenagem para eventuais vistorias ou manutenção;

- c) iluminação artificial para permitir a realização de tarefas noturnas;
- d) segurança das equipes e de eventuais visitantes em relação às vias de acesso (escadas, passadiços, etc.);
- e) ausência de respingos e aerossóis, provenientes dos dispositivos de aeração;
- f) níveis mínimos de ruídos provocados pelo processo de aeração.

2.3 Mecanismo de aeração

Será considerado no presente manual o mecanismo de aeração constituído por:

- rotor tipo gaiola
- conjunto motor-redutor

As recomendações para aferição e manutenção deverão ser fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos utilizados e deverão ser completadas com informações referentes à capacidade de oxigenação, potência consumida, etc.

2.4 Dispositivo de entrada do lodo recirculado

O lodo é recirculado através da elevatória final do sistema de coleta ou por conjunto de bombas especificamente projetado para este fim. É usual o encaminhamento do lodo recirculado para uma caixa de manobra, a qual permitirá controlar a quantidade de lodo recirculado para o tanque de aeração e seu excesso para as unidades de tratamento de lodo.

As unidades de médio e de grande portes intercalam dispositivos de medição de vazão do lodo recirculado. Este procedimento, obviamente, dotará a instalação de maior flexibilidade e, por consequência, melhor controle operacional.

2.5 Dispositivo de saída

Os dispositivos de saída dos tanques de aeração, além da função de conduzir os esgotos para as unidades subsequentes de tratamento, poderão ser projetados para as seguintes funções adicionais:

- a) controle do nível do líquido no tanque e consequente imersão dos dentes do rotor de aeração;

- b) drenagem total, ou parcial, do tanque de aeração;
- c) operação intermitente do valo de oxidação permitindo reter o líquido em aeração por períodos mais longos ou decantar o lodo em suspensão.

O dispositivo de saída deve ser localizado de modo a que o líquido drenado contenha oxigênio dissolvido.

O efluente deverá, portanto, ser drenado em condições aeróbias. Esta consideração é válida, principalmente para os valos de oxidação projetados para reduzir o teor de nitrogênio do efluente final.

3 Operação

A operação dos valos de oxidação não exige grandes conhecimentos técnicos. Uma unidade criteriosamente projetada, considerando seus princípios básicos de funcionamento e dotado de flexibilidade de manobras inerentes ao processo, minimiza consideravelmente a interferência da equipe de operação, da qual será exigida apenas uma atenção normal quanto ao funcionamento dos equipamentos. Esta simplicidade não significa que a unidade deva ser abandonada.

3.1 Regimes de operação

Os valos de oxidação podem ser operados de acordo com os seguintes regimes:

- contínuo
- semicontínuo
- descontínuo

3.1.1 Regime contínuo

O regime contínuo caracteriza-se por um funcionamento sem interrupção do fluxo ao longo dos tanques de aeração.

Este tipo de operação promove o arrastamento de todo o sólido contido na massa líquida para as unidades subseqüentes, decantadores finais, que têm as seguintes finalidades:

- remover os sólidos (lodo) facilmente decantáveis;
- recircular, parcial ou totalmente, o lodo para o afluente do tanque de aeração.

3.1.2 Regime semicontínuo

O regime semicontínuo também opera com descargas contínuas do efluente, isento de partículas decantáveis. A remoção destas partículas é realizada em um trecho do valo, canal de decantação, ou mesmo em uma unidade do valo, componentes do sistema. A duplicação de um trecho do canal permite que o esgoto circule normalmente por um dos canais, enquanto o outro é totalmente isolado do sistema para a decantação dos sólidos contidos no líquido retido. Ver exemplo de operação desse tipo no Anexo A.

3.1.3 Regime descontínuo

O regime descontínuo foi a primeira maneira preconizada para a operação dos valos de oxidação. Este procedimento, recomendado para unidades de pequeno porte, tem por finalidade utilizar o próprio tanque de aeração como decantador final. Na realidade, é uma variação do regime semidescontínuo onde tudo ocorre como se a operação fosse aplicada ao segundo tanque daquele regime. É importante lembrar que o primeiro valo de oxidação construído no mundo, o de Woorschoten (Ilustração 1, do Manual Técnico de Projeto), operava dessa maneira, com uma eficiência média, em termos de remoção de material em suspensão, próxima a 100% e redução de DBO, próxima a 95%. A operação descontínua preconiza paralisações prolongadas do mecanismo de aeração, devido ao período de decantação e conseqüente descarga do efluente isento de sólidos, após a decantação. Para isso, torna-se necessário paralisar também a alimentação do valo com esgoto bruto que afluí a ETE, o que causará acumulação de esgoto nas canalizações e unidades que antecedem o tanque de aeração; estas deveriam ter sido projetadas considerando-se esse fenômeno. A operação em regime descontínuo deverá ser criteriosamente programada em função dos seguintes fatores intervenientes:

- a) paralisação prolongada da aeração;
- b) paralisação devido à descarga do esgoto previamente decantado;
- c) abaixamento do nível de operação dos esgotos no tanque de aeração e conseqüentes problemas inerentes à imersão dos dentes do rotor e do período de retenção;
- d) acúmulo de esgoto afluyente na rede e demais unidades a montante.

3.2 Controle operacional

O controle do valo de oxidação está intimamente vinculado aos critérios e parâmetros preestabelecidos no projeto do processo.

Assim sendo, a eficiência preconizada, geralmente em torno de 95% de redução de DBO, deverá ser mantida. Para tanto, torna-se necessário controlar os seguintes parâmetros operacionais:

- índice de lodo
- teor de resíduo seco
- idade do lodo

3.2.1 Índice do lodo (IVL)

O índice de lodo, também conhecido como "índice volumétrico de lodo", é o volume em mililitro ocupado por um grama de lodo ativado após a sedimentação de 30 minutos da massa líquida contida no tanque de aeração. Por essa definição conclui-se:

- a) os índices de lodo menores representam maior peso de sólido por volume de líquido e, conseqüentemente, melhores condições de decantação do lodo;
- b) os índices de lodo elevados representam menor peso de sólidos por volume de líquido e, conseqüentemente, é de reduzida capacidade de decantação.

A determinação do índice de lodo pode ser obtida pela seguinte fórmula:

$$IVL = \frac{SDTA}{SSTA}$$

onde:

- IVL = índice de lodo - mL/g
- SDTA = volume em mililitro (ML) dos sólidos contidos no líquido em aeração após 30 minutos de decantação em um cilindro graduado de 1 000 mL.
- SSTA = teor dos sólidos em suspensão contidos no líquido em aeração - g/L

O controle operacional pelo índice de lodo pode ser resumido na Tabela a seguir:

TABELA - Índice volumétrico do lodo (*)

IVL (mL/g)	Sedimentabilidade	Características
menos de 50	Perfeita	Efluente sem turbidez
50 - 100	Muito boa	Efluente bom
100 - 200	Tolerável	Perigo de intumescência e perda de lodo
200 - 400	Má	Lodo "doente"
Mais de 400	Praticamente impossível	Perda total de lodo

(*) Hess, M.L., Diseño de Zanjas de Oxidación, Curso de Tratamiento de Aguas Residuales, OPS, Bogotá (Colombia), 1967.

Em resumo, os valores dos índices de lodo até 100 mg/L são considerados como indicadores de boa qualidade de decantação; por conseguinte, a unidade estará funcionando satisfatoriamente. Os valores de oxidação convencionais operam com valores em torno de 70 mL/g.

3.2.2 Teor de resíduo seco

O teor de resíduo seco do líquido em aeração (SSTA) corresponde aos sólidos em suspensão totais contidos no líquido do tanque de aeração. Os valores destes teores nos valores de oxidação são maiores do que os avaliados nos tanques de aeração dos processos convencionais de lodos ativados, oscilando entre 4 e 8 g/L. A um considerado índice de lodo em torno de 70 mL/g, corresponderá um conteúdo de 280 a 560 mL de lodo por litro de líquido do tanque de aeração.

3.2.3 Idade do lodo

A idade corresponde, teoricamente, ao tempo de permanência do lodo no valo de oxidação e é representada pela seguinte expressão:

$$IL = \frac{\text{kg de resíduo seco contido no tanque}}{\text{kg de resíduo seco de excesso de lodo por dia}}$$

3.3 Diretrizes gerais de operação

É importante considerar que o melhor método de se operar uma instalação é obtido pela experiência, pois cada unidade apresenta peculiaridades do projetista e/ou dos fabricantes de equipamentos. De um modo geral, recomendam-se os seguintes procedimentos:

- a) a aeração deverá ser suficiente para manter um teor mínimo de oxigênio dissolvido: em torno de 2 mg/L durante todo o tempo em qualquer parte do tanque de aeração, exceto na região imediatamente após as descargas do esgoto bruto ou do lodo retornado;
- b) o oxigênio dissolvido (OD) deverá estar presente durante todo o tempo nos decantadores finais;
- c) a recirculação do lodo deverá ser realizada continuamente para os tanques de aeração;
- d) a taxa de recirculação deverá ser mantida em função da vazão afluente;
- e) deve-se manter a concentração de SSTA fixada (de 4 a 8g/L);
- f) deve-se manter o índice de lodo em torno de 70 mg/L e a idade de lodo de 30 a 40 dias;
- g) o teor de SSTA pode ser controlado pela taxa de recirculação do lodo;
- h) o excesso de lodo deverá ser removido em pequenas quantidades, continuamente ou em períodos curtos.
- i) o lodo acumulado no decantador secundário precisa ser removido tão rápido quanto possível, evitando-se a fase séptica;
- j) devem ser evitadas cargas orgânicas excessivas ou tóxicas, não previstas no projeto.

3.4 Problemas operacionais

Com a finalidade de eliminar problemas operacionais, torna-se oportuno relacionar aqueles mais frequentes, inerentes ao desempenho da ETE.

Sintoma A: entumescimento do lodo

Em condições normais, o lodo decanta rapidamente, resultando um efluente líquido final claro, sem odor e estável. O floco é granular na aparência, dourado escuro e tem odor de mofo. Quando estas características se modificam, aumentando o índice de lodo, sua capacidade de decantação diminui sensivelmente. Neste caso ocorre o fenômeno conhecido como "entumescimento do lodo", nos decantadores secundários. Conseqüentemente, parte do lodo flutua e é arrastada junto com o efluente final, reduzindo consideravelmente a eficiência da ETE, com conseqüentes prejuízos para o corpo d'água receptor.

Causas:

- a) vazão afluyente excessiva ou brusca, diminuindo o período de aeração e idade do lodo;
- b) despejo industrial inadequado ao processo;
- c) variação brusca do teor de sólidos, demasiadamente elevado ou baixo;
- d) aeração insuficiente com conseqüente carência de oxigênio dissolvido e velocidades do fluxo abaixo dos valores recomendados;
- e) interrupção ou períodos longos da remoção do lodo recirculado;
- f) predomínio de formação de fungos com filamentos filiformes (forma de fios), no lodo formado.

Prevenção e/ou recuperação:

Não há recomendação específica para evitar o fenômeno do "entumescimento do lodo"; a única solução prática consiste em pesquisas para estudar esse fenômeno. Algumas recomendações poderão remediar o problema:

- a) elevação do valor de pH acima de 7,1 (cal ou cloro);
- b) redução do teor de sólidos no tanque de aeração;
- c) aumento da aeração ou pré-aeração do lodo recirculado;
- d) cloração do lodo recirculado (de 10 a 20 mg/L);
- e) paralisação e reinício do processo com novo efluente.

Sintoma B: excesso de espuma

O excesso de espuma, formada na superfície líquida do tanque de aeração, constitui o problema mais freqüente nas instalações.

Causas:

As causas não são perfeitamente caracterizadas. Comumente tem sido atribuídas ao crescente uso de detergentes sintéticos.

Prevenção e/ou recuperação:

Independentemente das causas, há diversos métodos para controlar a quantidade de espuma, tais como:

- a) emprego de dissolvente de espuma, através da redução da tensão superficial;
- b) emprego de pulverizadores de água (aspersores de furos finos); os jatos são dirigidos diretamente sobre a camada de espuma.

A eliminação de espuma só deverá ser feita se constituir um problema realmente grave; caso contrário, a unidade poderá operar com alguma quantidade de espuma.

4 Manutenção

A manutenção dos tanques de aeração é bastante reduzida e pode ser classificada em função das seguintes unidades:

- dispositivo de entrada
- tanque de aeração
- equipamento de aeração
- dispositivo de entrada do lodo recirculado
- dispositivo de saída

As características do tanque de aeração, como descritas anteriormente, demonstram que as tarefas de operação e manutenção são bastante comuns e, em alguns casos, se superpõem. As recomendações que seguem complementam as já citadas.

4.1 Dispositivo de entrada

O dispositivo de entrada é basicamente composto de obras civis (concreto e alvenaria), com tubulações, comportas, registros ou

"stop-logs". Portanto, em termos de manutenção, nada de extraordinário merece ser citado, a não ser a sua vistoria periódica e respectiva lubrificação - se for o caso - que devem fazer parte do plano geral da instalação.

4.2 Tanque de aeração

O tanque de aeração dos valos de oxidação tem as mesmas características de qualquer tanque de concreto de unidades de tratamento de esgotos. Além dos esvaziamentos periódicos para vistorias, é importante observar também as possíveis infiltrações através das paredes e fundos. Os tanques construídos em terra exigem maiores atenções com relação a reconstrução ou recuperação periódica dos taludes, devido a possíveis erosões provocadas por velocidades eventuais acima dos valores recomendados.

Em alguns tanques são necessários cuidados específicos nas curvas onde há uma superelevação do líquido junto às paredes externas provocando aumentos da velocidade média do fluxo; em certos casos, isso justifica a instalação de dissipadores de energia e anteparos nas bordas para evitar transbordamento.

4.3 Equipamento de aeração

Sob o ponto de vista da manutenção, o equipamento de aeração é a única unidade que exige maior atenção, uma vez que é composta dos seguintes elementos:

- rotor de aeração
- conjunto motor-redutor

4.3.1 Rotor de aeração

No presente manual foi selecionado o Rotor Gaiola. É importante observar que o Rotor Hess e o Rotor Mamut são variações do rotor selecionado.

A manutenção do rotor de aeração está condicionada às seguintes recomendações:

- vistoria periódica das condições das partes componentes, principalmente dentes, coroa de acoplamento e eixo;
- pinturas periódicas para conservação do componente do sistema de aeração, conforme recomendações do fabricante;
- lubrificação dos mancais de escora do eixo de rotação, de acordo com as recomendações dos fabricantes;
- verificação da uniformidade de imersão dos dentes e, portanto, do nivelamento do eixo de rotação;

- avaliação periódica da rotação do rotor e confronto com os valores fixados no projeto e aferidos na operação normal.

4.3.2 Conjunto motor-redutor

Normalmente os equipamentos que compõem o conjunto motor-redutor não são fabricados pelos fornecedores dos rotores de aeração. Isso significa que a manutenção deverá obedecer às recomendações dos fabricantes daqueles componentes.

Em condições normais, as seguintes recomendações gerais são pertinentes:

- a) engraxar o conjunto de rolamento, no mínimo a cada quatro meses;
- b) lubrificar o motor com graxa de longa durabilidade; eventualmente poderá ser lubrificado por graxa de boa qualidade à base de sabão de lítio; o período entre cada lubrificação é, em média, oito meses;
- c) lubrificar o redutor com óleo mineral puro, de viscosidade AGMA grupo 6, ou similar;
- d) trocar o óleo após as primeiras duas semanas de uso, fazendo-se a segunda troca depois de um mês; daí por diante, pode-se trocar o óleo a cada seis meses;
- e) lubrificar mensalmente as graxeiras.

4.4 Dispositivo de entrada do lodo recirculado

O dispositivo de entrada é constituído de um simples tubo afluente ao tanque. Neste caso, não há qualquer serviço de manutenção, além das vistorias periódicas.

Quando o dispositivo é constituído de uma caixa de manobras, os serviços de manutenção também são mínimos e orientados para o estado de funcionamento de partes especiais, tais como: registros, comportas ou vertedores ajustáveis.

4.5 Dispositivo de saída

O dispositivo de saída também pode ser constituído de uma tubulação com o nível de admissão variável, ou por caixa de manobras. Portanto, a sua manutenção pode ser realizada de mesma maneira que as demais instalações de manobras da ETE.

Neste caso, apenas o vertedor ajustável do nível do líquido no tanque exigirá maior atenção, uma vez que ele tem influência na imersão do rotor e, conseqüentemente, no desempenho do processo.

CAPÍTULO IV - DECANTADOR FINAL

1 Considerações gerais

Nas unidades de valo de oxidação, como ocorre nas unidades de tratamento biológico por lodos ativados, é prevista a recirculação do lodo formado durante a etapa de aeração. Este fato exige que o lodo seja separado da parte líquida e reconduzindo para o afluente do tanque de aeração. A operação é realizada pela unidade de decantação e, subseqüentemente, por conjuntos de bombas especificamente selecionadas para esta função.

Algumas instalações não são dotadas de decantadores, ocorrendo em tais casos a decantação no próprio valo.

Recentemente, tem sido prática comum adotar-se a decantação final, mesmo para as instalações de pequeno porte. Neste caso, utiliza-se o decantador tipo Dortmund e a recirculação é realizada através da elevatória final do sistema de coleta, localizada na mesma área da ETE para permitir este arranjo.

2 Modelos adotados

A condição de rápido retorno do lodo decantado exige que as unidades de decantação final removam continuamente o material decantado. Aqui serão considerados os seguintes modelos:

- Dortmund (sem equipamento)
- Mecanizados (com equipamento)

2.1 Decantadores Dortmund

Os decantadores Dortmund, tipo usado em unidades de pequeno porte, não possuem equipamentos de raspagem; o lodo é removido por carga hidrostática. Esta característica torna a unidade bastante econômica. O uso de equipamentos aplica-se somente quando não é possível, técnica e economicamente, o arranjo com unidades múltiplas de decantadores do tipo Dortmund.

Os decantadores Dortmund podem funcionar continuamente ou intermitentemente. O funcionamento contínuo é de fácil obtenção, uma vez que a carga hidrostática, convenientemente calculada, é suficiente para

remover todo o lodo decantado. O funcionamento intermitente é realizado por meio de manobras periódicas do registro instalado na tubulação do sifão de descarga. Em resumo, o decantador Dortmund é uma unidade de operação simples e de manutenção desprezível.

2.2 Decantadores mecanizados

Os decantadores com equipamentos mecânicos para retirada de lodo são patenteados e devem ser operados conforme instruções fornecidas por seus fabricantes.

3 Operação e manutenção

A operação e manutenção dos equipamentos dos decantadores secundários devem obedecer às normas e recomendações fornecidas por seus fabricantes.

CAPÍTULO V - LEITOS DE SECAGEM

1 Considerações gerais

As unidades de valos de oxidação consideradas neste manual estabelecem, para secagem do lodo, apenas as unidades de leitos de secagem. As lagoas de lodo também podem ser consideradas pela simplicidade de sua aplicação.

Ambas as unidades não necessitam de qualquer equipamento especial para remoção do lodo seco; os leitos de secagem adotam a remoção manual. As lagoas de lodo podem remover o lodo seco de forma manual ou mecânica, sendo a mecanização constituída por equipamentos especiais, pequenos tratores com lâminas e caçambas de raspagem.

2 Modelo adotado

No presente manual será enfatizado o processo por leito de secagem porque esta unidade apresenta maiores problemas construtivos e operacionais.

2.1 Leito de secagem

Basicamente, o leito de secagem compõe-se das seguintes partes:

- tanque
- camada drenante
- meio filtrante
- camada suporte
- camada de lodo

O Manual de Projeto, já citado várias vezes, abordou amplamente as características de cada parte componente do leito de secagem. O número de leitos está em função dos parâmetros de dimensionamento. No entanto, é importante prever um adicional de 20% de área para eventuais problemas operacionais.

3 Operação

A operação dos leitos de secagem consta dos seguintes procedimentos:

3.1 Carregamento dos leitos

Os leitos deverão ser carregados com lodo em fase final de estabilização. Devem ser evitadas as descargas de lodo cru ou em digestão. Os leitos precisam ter todas as camadas previstas em projetos e construídas convenientemente.

A camada drenante deverá ser convenientemente disposta, no fundo do tanque, permitindo a remoção fácil do excesso do líquido drenado. Os drenos serão dispostos no meio do tanque, com calhas perfuradas. Este procedimento exige que o fundo seja construído com inclinação para o sistema de drenagem (Ilustração 9).

O meio filtrante é constituído de agregados (pedras e areia) que deverão ser criteriosamente arrumados e nivelados (Ilustração 10).

A camada suporte deverá ser apoiada na areia de camada filtrante, com os tijolos convenientemente dispostos para permitir a rápida drenagem e eficiente remoção do lodo seco (Ilustração 11).

A camada de lodo deverá ser no máximo de 0,30 m. Não se deve descarregar lodo em leitos ainda em fase de secagem ou aguardando remoção.

3.2 Remoção do lodo seco

O lodo será removido quando atingir umidade em torno de 70%, quando for facilmente raspado por meio de pás e, até mesmo, manualmente. Nessa ocasião, tem o aspecto que pode ser observado na Ilustração 12. Quando atingir o aspecto citado, o lodo deverá ser removido imediatamente do leito. A demora poderá favorecer o crescimento de vegetação (Ilustração 13).

3.3 Limpeza da camada suporte

Cada operação de remoção de lodo seco deverá ser seguida de recomposição da camada suporte, de acordo com a seguinte seqüência:

- a) varredura do material remanescente da operação de remoção do lodo seco; é necessário retirar também a areia agregada a pedaços de lodo ou revolvida durante a raspagem do lodo dos leitos;
- b) limpeza das juntas entre os tijolos e remoção de qualquer fragmento de lodo seco penetrado nelas;
- c) remoção da vegetação - se for o caso - germinada e desenvolvida nas juntas;
- d) recomposição e nivelamento, com tijolos e/ou areia, das falhas provocadas nas operações de remoção de lodo e na limpeza da camada suporte;
- e) manutenção do leito, limpo recentemente, sem utilizá-lo durante pelo menos três dias ensolarados (sem chuvas).

3.4 Procedimentos adicionais

Além das recomendações citadas, convém acrescentar ainda algumas medidas de ordem geral:

- a) mesmo que se tenham unidades de leitos de secagem em excesso, não se deve alongar o período de limpeza após o lodo atingir 70% de umidade, pois, além de o material endurecer demasiadamente, tornando-o inadequado para uso imediato, alguns vegetais crescem e suas raízes removem as camadas suporte e filtrante;
- b) os tubos, canaletas, registros e "stop-logs" deverão ser vistoriados periodicamente, promovendo-se descargas de esgoto líquido para eliminação de possíveis incrustações;
- c) na operação de limpeza, deve-se evitar o trânsito de "carrinhos de mão", a não ser sobre tábuas convenientemente colocadas em cima da camada suporte;
- d) não usar ganchos para a remoção de lodo seco.

3.5 Lagoas de lodo

As lagoas de lodo são construções simples, geralmente em terra. As unidades podem ser construídas em diques ou em escavações em terrenos apropriados. Em alguns casos, a configuração do terreno é bastante favorável a este tipo de solução.

Os terrenos muito acidentados não apresentam condições técnicas para o uso de leitos de secagem. Nesta circunstância, é bastante conveniente o estudo da alternativa de lagoas de lodo, que serão construídas aproveitando-se a configuração do terreno, como ocorre com as pequenas represas ou açudes.

Devido à grande variação das características do lodo que alimenta as lagoas, torna-se conveniente que estas unidades sejam implantadas em locais afastados das residências. Quando bem operadas, não produzem mau cheiro e podem ser localizadas nas mesmas condições dos leitos de secagem.

Quando a umidade do lodo atingir valores estabelecidos no projeto, ele deverá ser removido.

RENOVAGADA

ANEXO A

EXEMPLO DE VALO DE OXIDAÇÃO COM
REGIME SEMICONTÍNUO DE OPERAÇÃO

ANEXO A - VALO DE OXIDAÇÃO COM REGIME SEMICONTÍNUO DE OPERAÇÃO

O regime semicontínuo também opera com descargas contínuas do efluente, isento de partículas decantáveis. A remoção dessas partículas é realizada num trecho de valo, canal de decantação, ou mesmo em uma unidade de valo componente do sistema.

A duplicação de um trecho do canal permite que o esgoto circule normalmente por um dos canais, enquanto o outro é totalmente isolado do sistema para a decantação dos sólidos contidos no líquido retido. Para que se compreenda o processo, podemos citar a modalidade de operação experimentada nos valos da ETE de Vila Kennedy, no Rio de Janeiro (Ilustração 8). Foi construído um vertedor de interligação entre os dois valos, dotados de "stop-log", na parede divisória, próxima aos aeradores de entrada. Este dispositivo permite as seguintes operações seqüenciais:

- 1) o esgoto bruto é introduzido no valo 1, onde é aerado; o vertedor de saída desse valo é mantido fechado; o líquido deixa esta unidade pelo vertedor que intercomunica os dois valos, dirigindo-se para o valo 2 - que funciona como câmara de decantação - com os aeradores desligados; o vertedor de saída do valo 2 é mantido em um nível de 5 cm, inferior ao vertedor de intercomunicação; o efluente clarificado se dirige ao corpo receptor através do dispositivo de saída do valo 2. Após certo tempo, são executadas as manobras apresentadas nos itens abaixo:
- 2) desligam-se os aeradores do valo 1,
- 3) fecham-se a entrada do esgoto bruto do valo 1 e abre-se a do valo 2;
- 4) levanta-se o vertedor de saída do valo 2 até um nível superior ao do vertedor de intercomunicação;
- 5) ligam-se os aeradores do valo 2.

O esgoto bruto passa então a afluir ao valo 2; o lodo ativado, depositado no fundo dessa unidade, distribui-se em suspensão homogênea por efeito da turbulência causada pelos aeradores; o nível do líquido eleva-se à altura do vertedor de intercomunicação. No caso da Estação de Vila Kennedy, nas ocasiões de vazão de pico decorrem cerca de 15 minutos até que o líquido atinja o vertedor de intercomunicação. Esse período é suficiente para que se possa iniciar a descarga de efluente do valo 1, já clarificado.

No momento em que o nível do líquido no valo 2 atinge o nível do vertedor de intercomunicação, abaixa-se lentamente o vertedor de

saída do valo 1 até 5 cm abaixo do vertedor de intercomunicação; nesse ponto, o fluxo se inverteu. O valo 2 recebe o esgoto bruto e funciona como câmara de aeração, descarregando seu efluente para o valo 1, que atua como câmara de decantação, retendo o lodo e descarregando o líquido clarificado para o corpo receptor. De acordo com o autor da experiência, a operação promove uma elevada remoção de nutrientes, embora não se tenha conseguido, durante o período de observações, manter um efluente de qualidade estável. Essa modalidade operacional deverá ser previamente considerada na fase de projeto, uma vez que sua aplicação posterior apresenta os seguintes inconvenientes:

- redução do período de aeração previamente calculado;
- decantação em unidade de construção mais onerosa e inadequada a esta finalidade;
- maior frequência de manobras operacionais;
- maior frequência de análises de controle de operação do processo.

REVOGADA

ANEXO B

ILUSTRAÇÕES

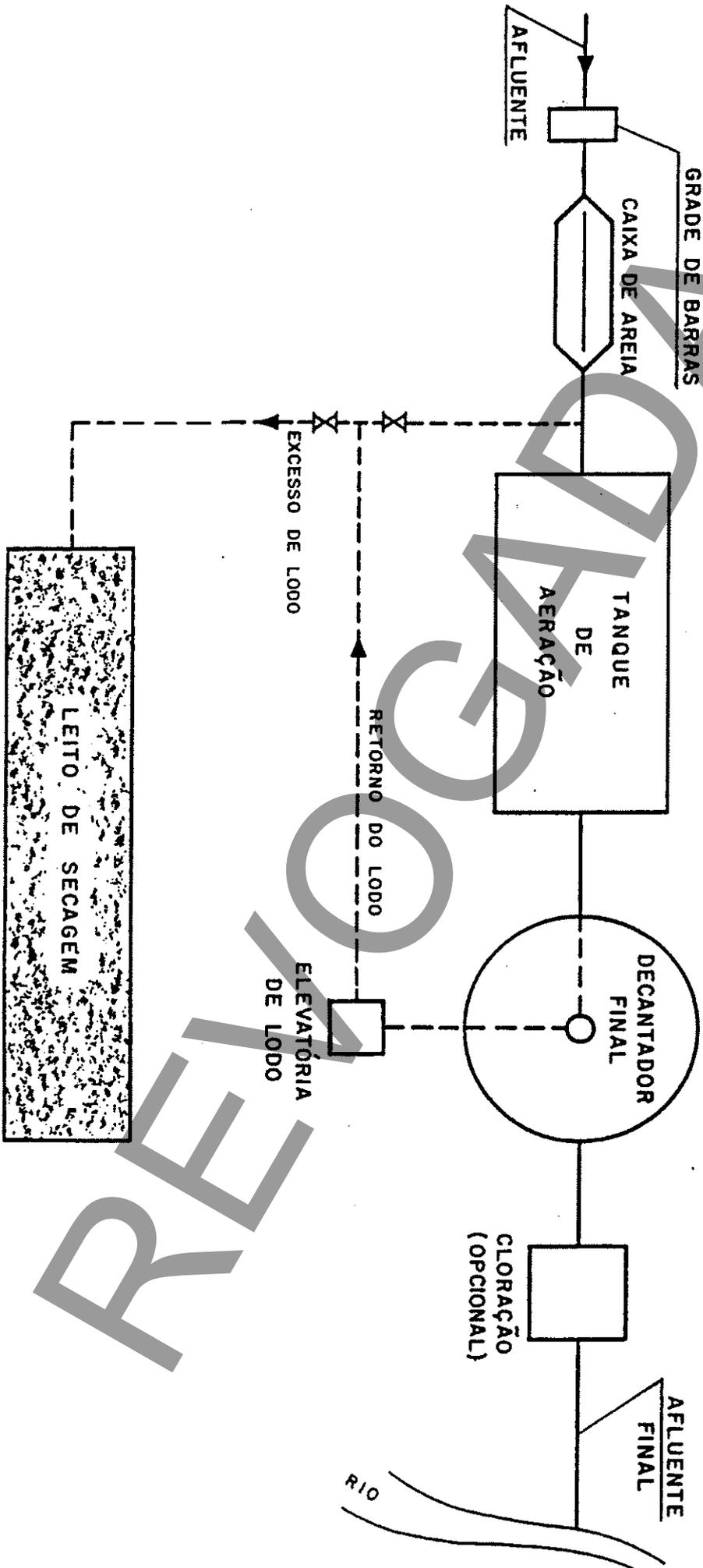


ILUSTRAÇÃO 1 - Esquema do processo de aeração prolongada (oxidação total)



ILUSTRAÇÃO 2 - Grade de barras vertical, removível e de limpeza manual

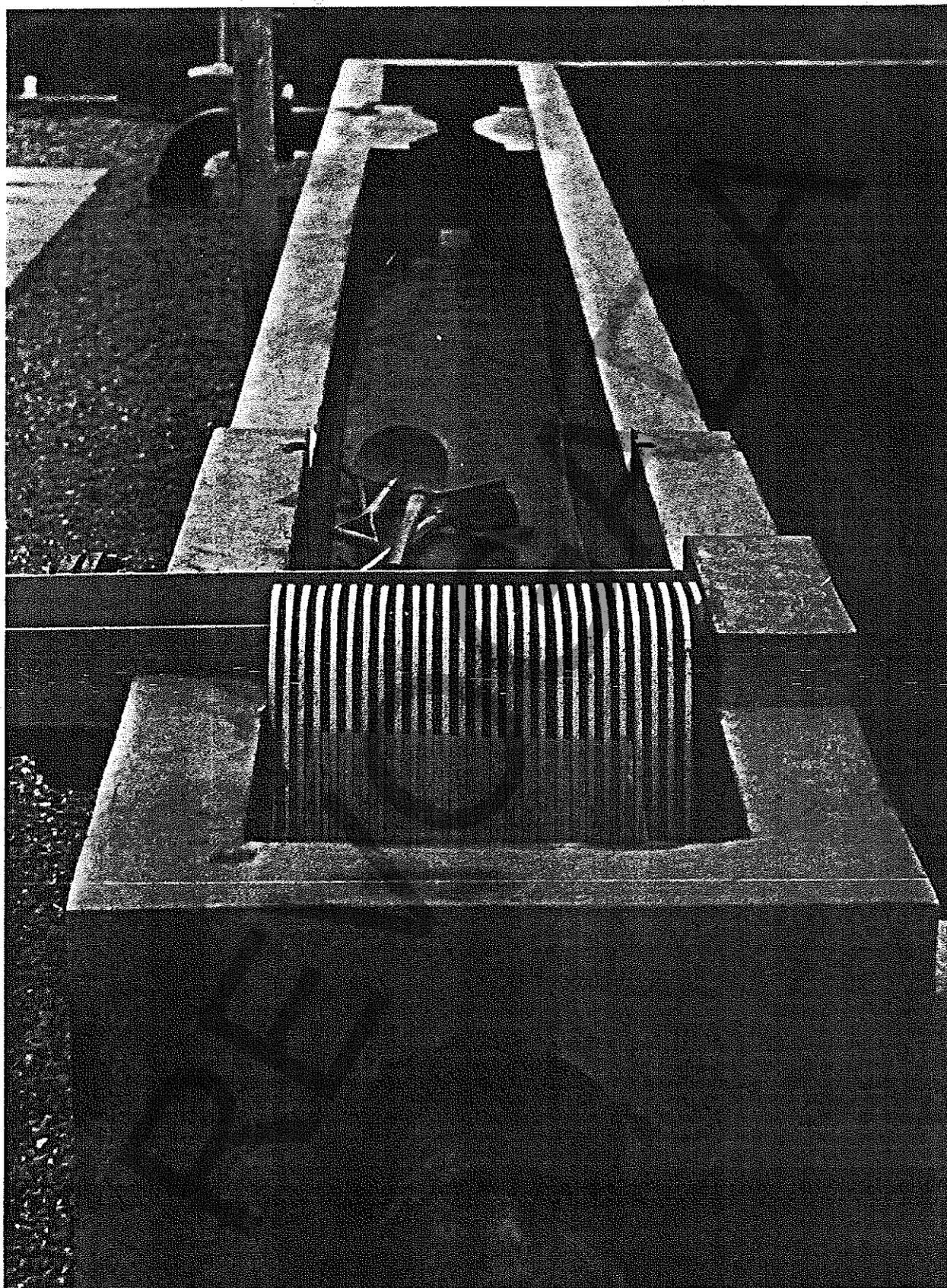


ILUSTRAÇÃO 3 - Grade de barras inclinada, removível e de limpeza manual

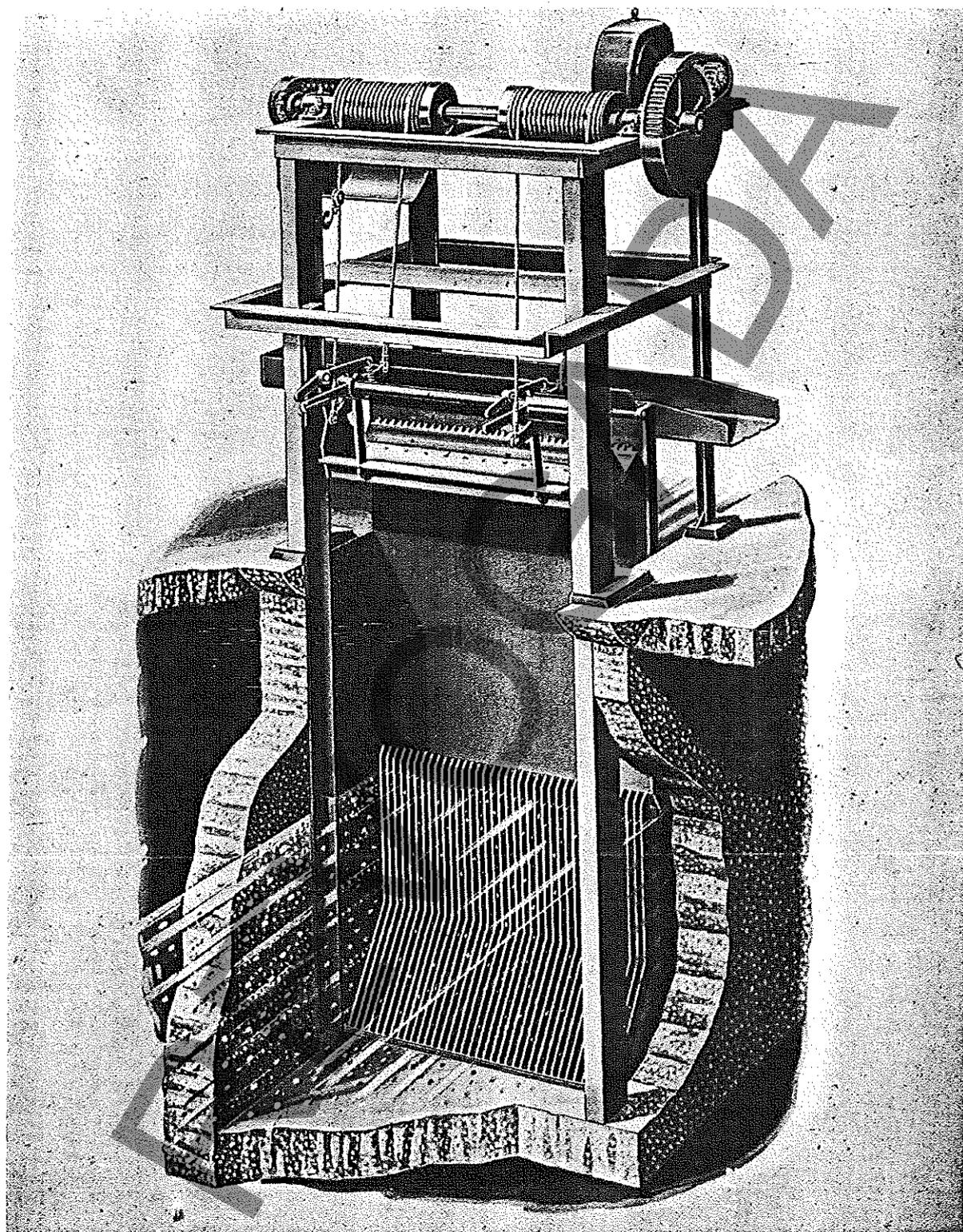


ILUSTRAÇÃO 4 - Grade de barras mecanizada

VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

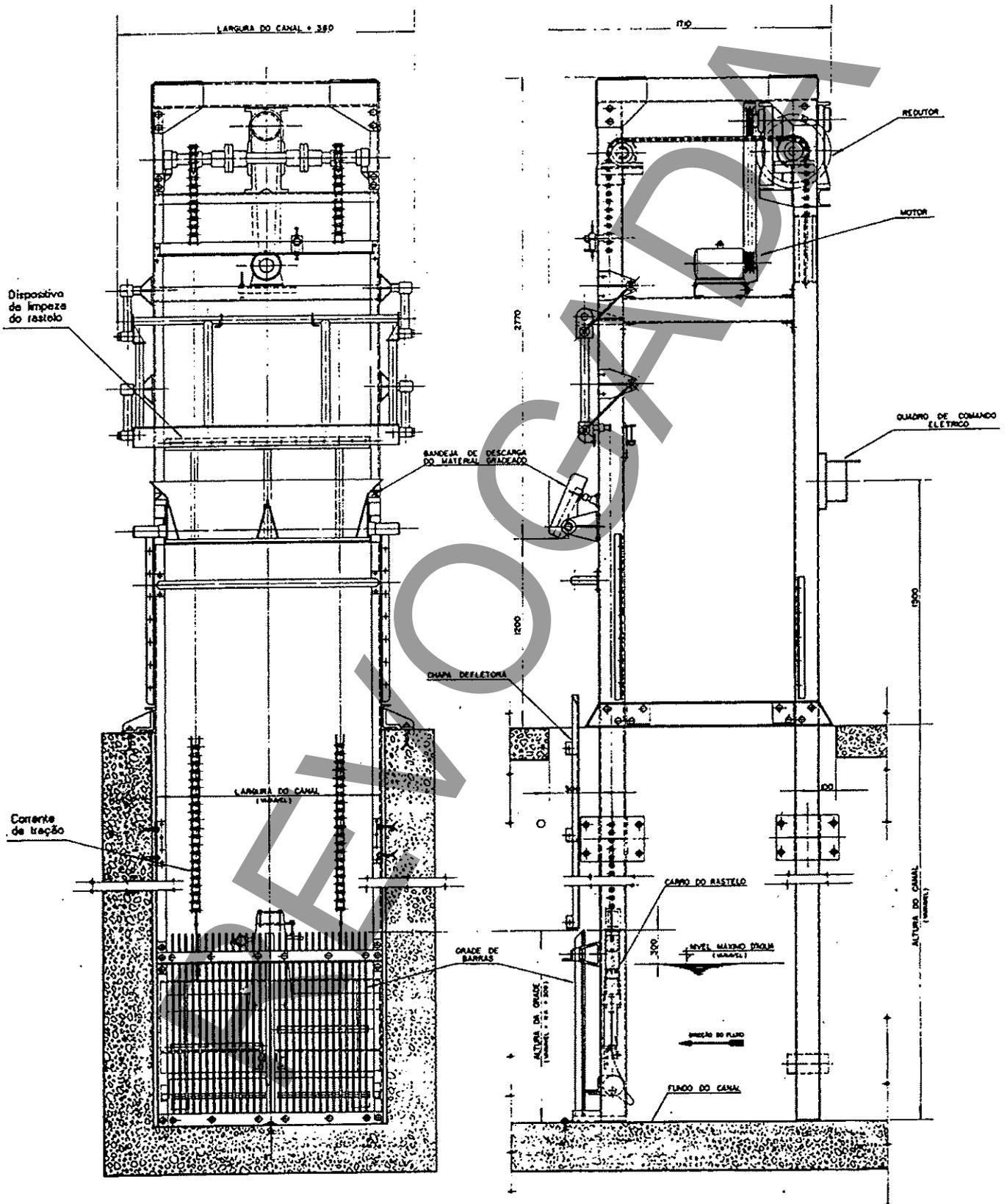


ILUSTRAÇÃO 5 - Grade mecânica Simplex

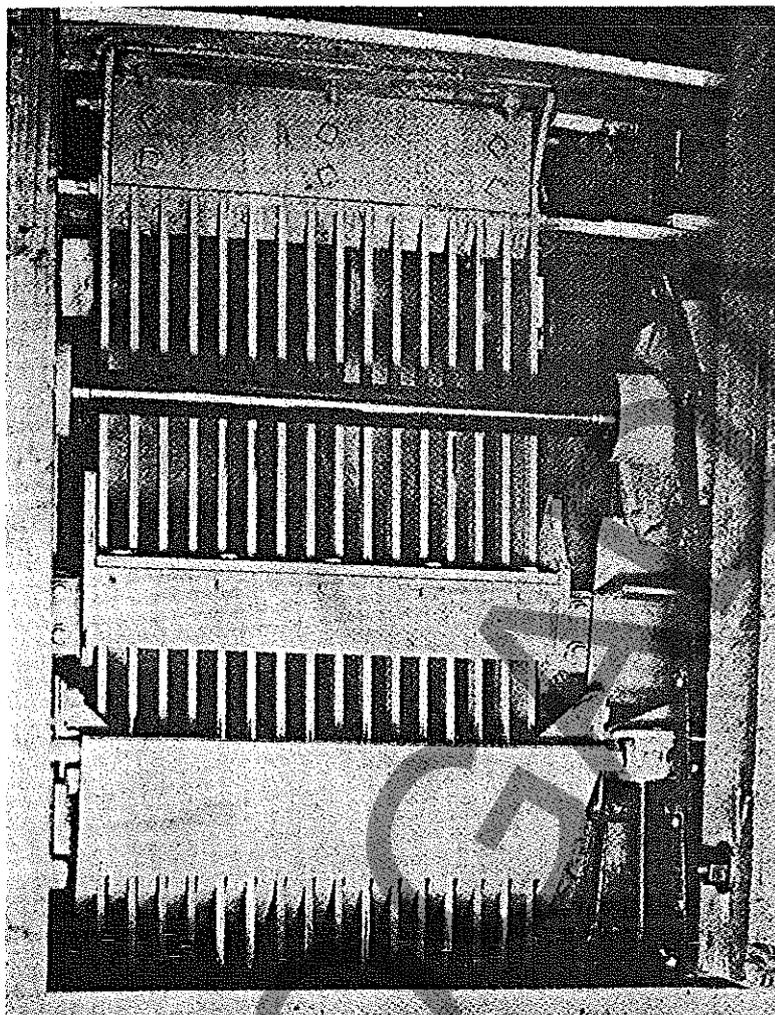


ILUSTRAÇÃO 6 - Grade de barras construída de ferro fundido

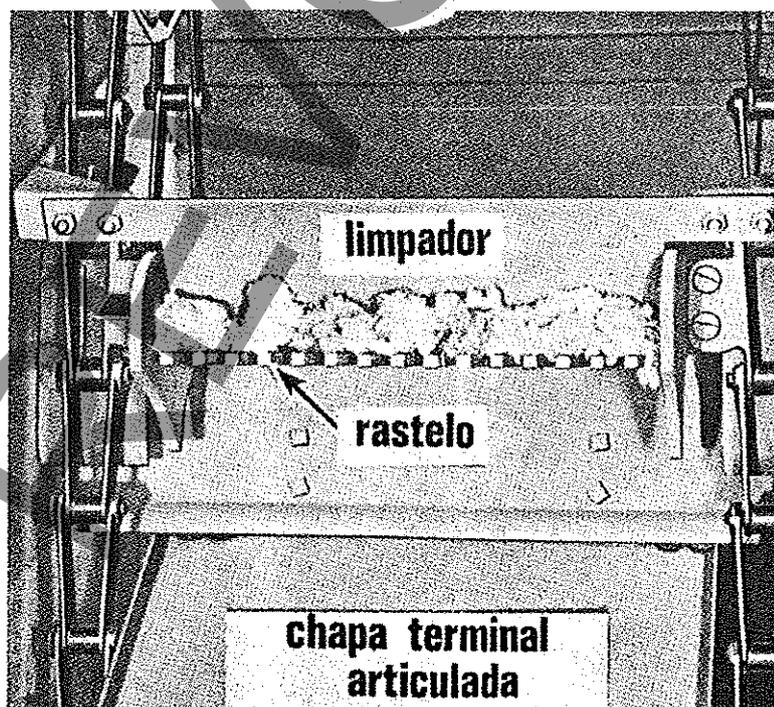


ILUSTRAÇÃO 7 - Posição do rastelo da grade de barras

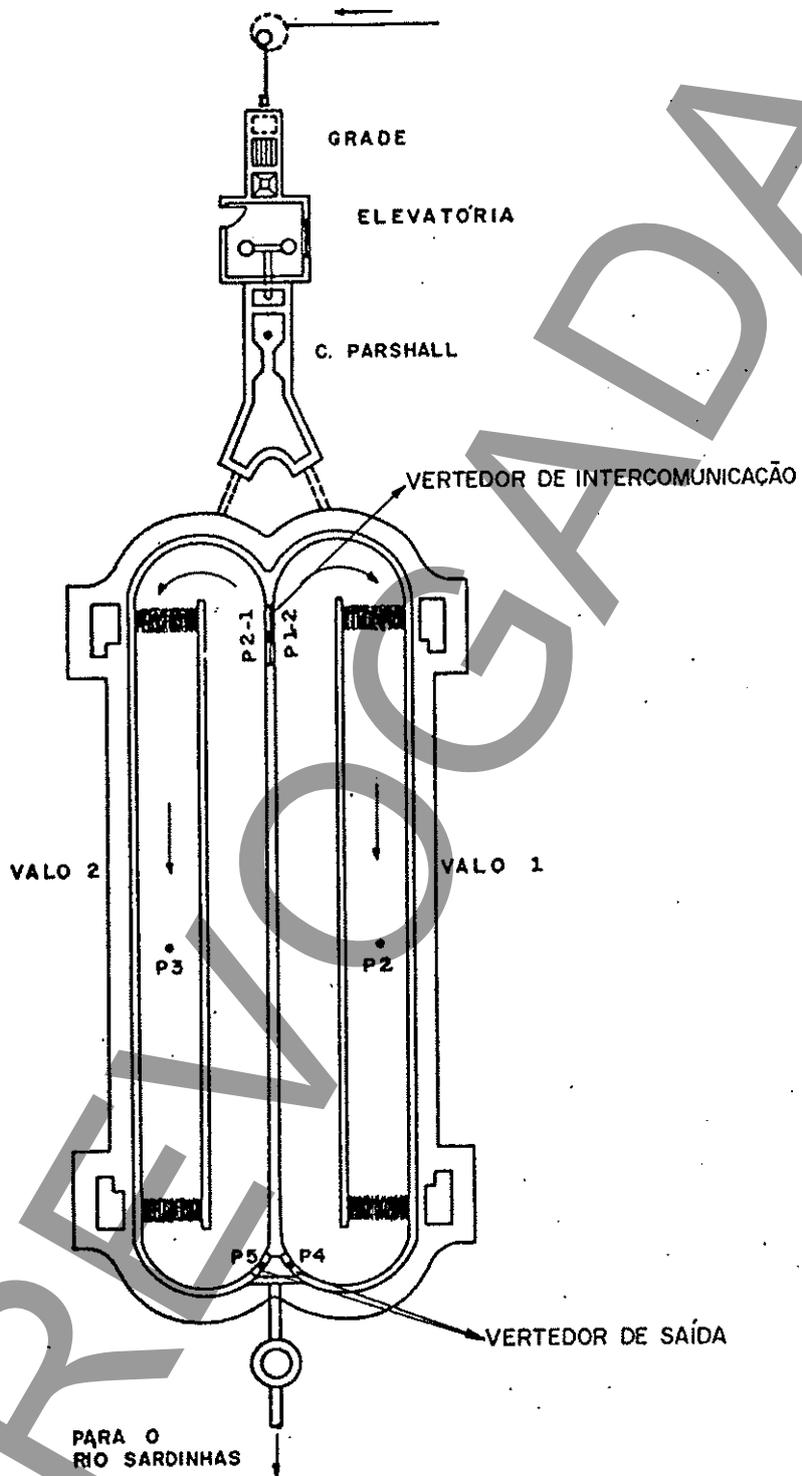


ILUSTRAÇÃO 8 - ETE Vila Kennedy



ILUSTRAÇÃO 9 - Arrumação dos materiais do meio filtrante em leito de secagem

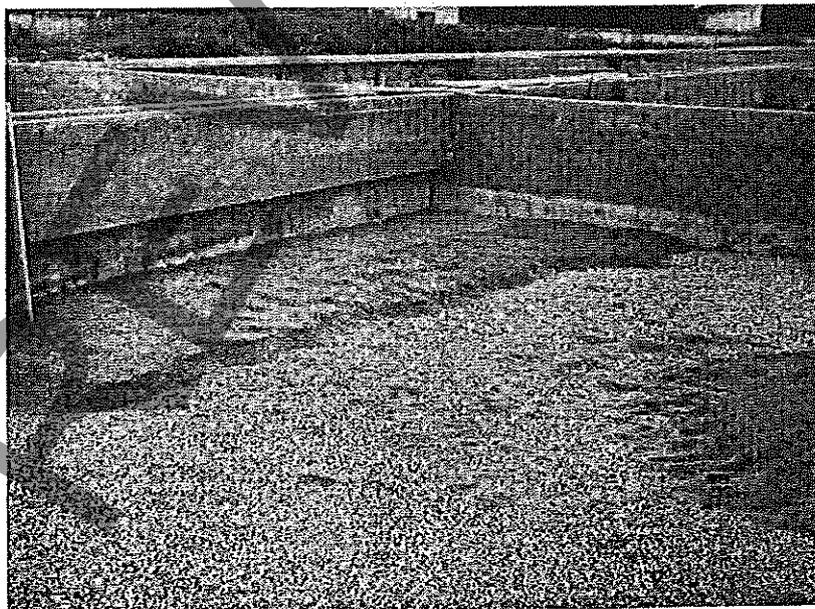


ILUSTRAÇÃO 10 - Nivelamento dos materiais do meio filtrante em leito de secagem

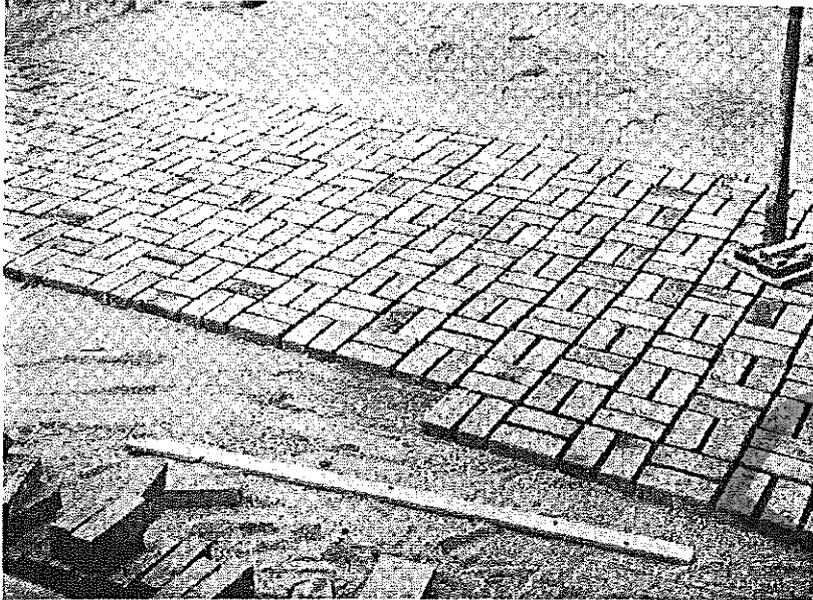


ILUSTRAÇÃO 11
Disposição dos tijolos
em leito de secagem



ILUSTRAÇÃO 12
Lodo seco em
leito de secagem

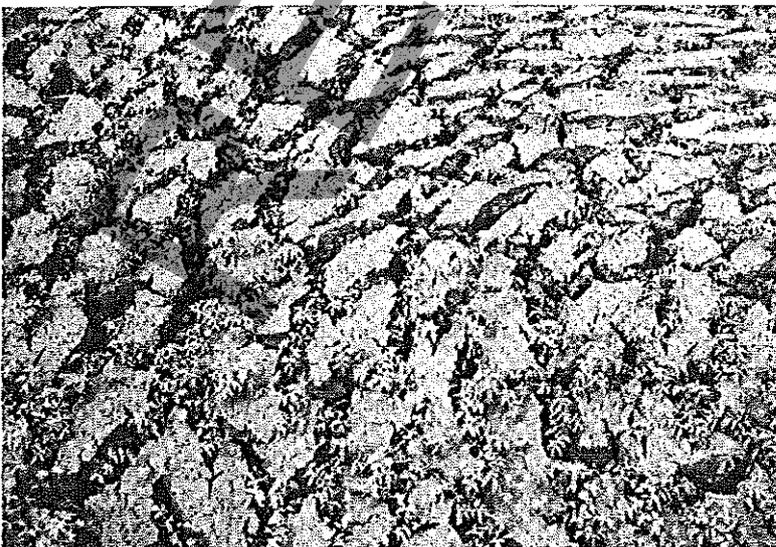


ILUSTRAÇÃO 13
Crescimento de
vegetação em lodo
seco num leito
de secagem

REVOGADA

ANEXO C

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO C - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AERATION in wastewater treatment; manual of practice n. 5.
J. Wat. Pollut. Contr. Fed. Washington, 41 (11):1863-78, Nov. 1969
- AFINI Jr., B. - Estudos preliminares do projeto do valo de oxidação da Fundação "Parque Zoológico de São Paulo - Capital". Rev. DAE; São Paulo, 32 (86): 98-111. Ago. 1972.
- AQUA - AEROBIC SYSTEMS INC. - Engineering manual. 111. Rockford, 1972
- ASHCROFT, L.G. & EDWARDS, M.B. - Split channel Pasveer oxidation ditches. Separata da Surveyor, May.1969.
- AZEVEDO NETTO, J.M. & HESS, M.L. - Tratamento em lagoas de estabilização. Valos de oxidação. In: Tratamento de águas residuárias. São Paulo, DAE, 1970. p. 80-6. (Separata da Rev. DAE).
- BOTELHO, M.H.C. - Assistência a operação de um valo de oxidação de esgotos sanitários. In: 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. Salvador, 1973 (mimeogr.).
- BRANCO, S.M. - Depuração biológica das águas residuárias. In: Hidro biologia aplicada à engenharia sanitária, São Paulo, CETESB, 1971. V. III p. 825-975.
- BRANCO, S.M. - Princípios biológicos em valos de oxidação e lagoas aeradas. São Paulo, CETESB. Div. Treinamento e Assistência, 1971 (mimeogr.).
- BURCHINAL, J.C. - A detailed study of the oxidation ditch as a method of wastewater treatment at Cameron, West Virginia. Morgantown, Department of Civil Engineering, College of Engineering, West Virginia University, 1967.
- CAPRI, G.M. & MARAIS, G.V.R. - The activated sludge process treating raw unsettled domestic sewage. Cape Town. Department of Civil Engineering. University of Cape Town, 1974.
- DERÍSIO, J.C. et alii - Teste de reoxigenação em um valo de oxidação. Rev. DAE, São Paulo, 34 (95): 26-35, Jun. 1974.
- ECKENFELDER Jr., J.W.W. - Theory and practice of activated sludge process modifications. Water Sewage Works, Chicago, (Ref, n.): 340-5, Oct. 1961.

- ECKENFELDER Jr., J.W.W. - Water quality engineering for practicing engineers. New York, Barnes & Noble, 1970.
- GUILLAUME, F. - Evaluation of oxidation ditch as a mean of wastewater treatment in Ontario. Ontario, Water Resources Commission, 1964. (Division of Research. Publ. 6).
- HESS, M.L. - Desenho de lagoas e valos de oxidação. In: Tratamento de recuperação de despejos industriais. Rio de Janeiro, Instituto de Engenharia Sanitária, SURSAM, 1971. Seção 2 p. 1-20.
- KANESHIGH, H.M. - Performance of the Somerset Ohio, oxidation ditch. J. Wat. Pollut. Contr. Fed., Washington, 42 (6): 1370-8, Jul. 1970.
- MARAIS, G.V.R. - Course of activated sludge plants. São Paulo, CETESB, 1975 (anotações de aula).
- OPERATION of wastewater treatment plants; manual of practice n. 11. Washington, Water Pollution Control Federation, 1961.
- PARKER, H.W. - Oxidation ditch sewage wate treatment process. Washington, Federal Highway Administration, 1972. v. 6 (Water Supply and Waste Disposal Series).
- PASVEER, A. - New developments in the application of Kessener bruches (aeration rotors) in the activated sludge treatment of tradewaste waters. In: ISAAC, P.C.G. (ed.) - Waste Treatment: proceedings of the second symposium on the treatment of wastewaters. Oxford, Pergamon Press, 1960. p. 126-55.
- PASVEER, A. - Developments in activated sludge treatment in the Netherlands, 1960. In: CONFERENCE ON BIOLOGICAL WASTE TREATMENT, Manhattan College April 20-22, 1960. (Report n. 34).
- PERA, A.F. - Comunicação preliminar sobre um funcionamento de um valo de oxidação com perspectiva de reaproveitamento da água. Rev. DAE, São Paulo, 26 (59): 59-65, Dez. 1965.
- PESSOA, C.A. - Valo de oxidação. In: Curso livre por correspondência sobre processos simplificados de tratamento de esgotos. São Paulo, CETESB Fac. de Saúde Pública da USP, 1973.
- PESSOA, C.A. & JORDÃO, E.P. - Valo de oxidação, in: Tratamento de esgotos domésticos, São Paulo, CETESB, 1971. p. 297-314.
- PESSOA, C.A. & JORDÃO, E.P. - Oxidação total. In: Tratamento de esgotos domésticos. São Paulo, CETESB, 1971, p. 231-58.

- PORGES, R. et alii - Sewage, treatment by extended aeration. J. Wat. Pollut. Contr. Fed., Washington, 33 (12): 1260-6, Dec. 1961.
- RIN, B.P. & NASCIMENTO, G.P.L. - Método de dimensionamento de valos de oxidação para tratamento de esgotos domésticos. In: 8° CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, Rio de Janeiro, 1975 (mimeogr.).
- RIZZO, O. & LIMA, L.C. - Utilização de valo de oxidação como tratamento de esgotos de pequenas comunidades. In: 7° CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA., Salvador, 1973 (mimeogr.).
- WALKER, P.G. - Rotor aeration of oxidation ditches. Water Sewage Works, Chicago, 109 (6): 238-41, Jun. 1962.
- WHEELER, R.W. - A cost survey of oxidation ditches in the United States and Canada. Morgantown, West Virginia, s.c.p. 1967. (Problem submitted in partial fulfillment of the requirements for degree of master of science in civil engineering to the Faculty of the Graduate School of West Virginia University).
- ZEPPER, J. - Valos de oxidação de grandes tamanhos "Carroussel". Trad. Bento Afini Junior. Rev. DAE, São Paulo, 32 (87): 25-34, Set. 1972.
-