

**CURSO
TRATAMENTO
DE
DESPEJOS
INDUSTRIAIS**

**FEEMA
FUNDAÇÃO
ESTADUAL DE
ENGENHARIA DO
MEIO
AMBIENTE**

DIVISÃO DE
COMUNICAÇÃO E
TREINAMENTO

RIO DE JANEIRO
JUL81

apostila preparada por
Miguel Fernández y Fernández
engenheiro

INTERNACIONAL DE ENGENHARIA S.A. – IESA

CURSO
TRATAMENTO
DE
DESPEJOS
INDUSTRIAIS

FEEMA
FUNDAÇÃO
ESTADUAL DE
ENGENHARIA DO
MEIO
AMBIENTE

DIVISÃO DE
COMUNICAÇÃO E
TREINAMENTO

RIO DE JANEIRO
JUL81

AULA DE INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

Os esgotos, lançados em um corpo de água, acarretam diversos in convenientes que devem ser evitados. A esses inconvenientes, chama-se de "poluição", que pode ser de diversas formas, quase sempre ocorrendo simultâneamente: contaminação bacteriológica, química, física, estética. Portanto, apesar de os esgotos normalmente serem compostos de 99,9% de água, necessitam de um tratamento se quisermos evitar êsses inconvenientes. O grau de tratamento necessário depende das caracterísitcas do esgoto, do corpo receptor e dos resultados que se admitem como desejados. Assim, uma pequena cidade ou fábrica na beira do mar poderia desaguar seus afluentes diretamente, com mínimas conseqüên cias, o mesmo não ocorrendo se estivesse localizada no interior às margens de um pequeno córrego, principalmente na época da estiagem.

A urbanização, o crescimento industrial e as mudanças de hábitos fruto da dita "melhoria dos padrões de vida", aumentou não só o volume, como também as concentrações dos esgotos, provocan do prejuízos tão evidentes que a necessidade de manter certos padrões de qualidade são agora aparentemente maies claras que até pouco tempo atrás. Por êsse motivo, a legislação dos estados e países preocupam-se em coibir abusos e prevenir prejuí zos sócio-econômicos advindos da irracional utilização dos recursos hídricos. Como curiosidade cita-se a legislação de um país centro-europeu que determina que a captação de qualquer indústria deve ser feita a jusante do lançamento de seus efluen tes.

2 - NOÇÕES TEÓRICAS DO PROBLEMA:

Em nossa apreciação, consideraremos principalmente o problema de poluição por matéria orgânica com microorganismos patogênicos ou não. Os problemas específicos de contaminação química serão tratados com mais detalhes em outra parte do curso. Note-se que a quase totalidade dos casos enquadra-se na presente análise, ou pode ser enquadrado, mediante adequado projeto de separação das fontes de contaminação, não deixando os esgotos se misturarem. Por exemplo, uma vez misturado um esgoto com mercúrio a outros, torna-se muito mais difícil sua eliminação. Pasemos portanto a caracterização dos fenômenos.

A matéria orgânica nos esgotos não é estável e se decompõe facilmente por ação química e bacteriológica. O esgoto sanitário fresco geralmente contém de 2 a 4 mg/l de oxigênio livre. No processo de decomposição aeróbia, esse oxigênio livre é rapidamente consumido pela ação das bactérias aeróbias e facultativas da matéria orgânica. Ao fim de 20 a 30 minutos o oxigênio livre é consumido e as bactérias anaeróbias começam a atuar. Durante o processo da decomposição anaeróbia (putrefação), os componentes orgânicos complexos se decompõem em formas simples e se produzem gases como o H_2S (gás sulfídrico), o NH_3 (amoníaco), o CO_2 (gás carbônico), o CH_4 (metano ou gás dos pantanos). A etapa final da decomposição dos esgotos é a oxidação, na qual o oxigênio absorvido do ar se combina para formar sulfatos, nitratos e outros compostos estáveis.

O processo acima descrito representa uma parte da recirculação de certos elementos químicos na natureza. Pela análise da fase do ciclo mediante a dosagem de seus componentes pode-se determinar o nível de decomposição do esgoto. Assim, um esgoto bem tratado conterá muitos nitratos e pouco NH_3 e H_2S .

Alguns tipos de bactérias encontradas nos esgotos são patogênicas, no entanto outras são importantes auxiliares no processo da decomposição. O tratamento bioquímico dos esgotos se baseia na aceleração do ciclo de decomposição natural, e nos projetos procura-se proporcionar um ambiente favorável à ação das bactérias aeróbias e anaeróbias que estabilizam a matéria orgânica presente nos esgotos.

Os processos de tratamento empregam meios biológicos, químicos e físicos para eliminar as impurezas ou torná-las inofensivas. Inicialmente torna-se necessário conhecer o esgoto a ser tratado. Se o mesmo já existir, será feita uma amostragem representativa de todo um ciclo, pois normalmente os esgotos apresentam características sazonais. Caso o projeto se refira, por exemplo a um sistema a ser implantado, se procurará uma analogia com um sistema semelhante existente. Diversas análises-padrão são feitas para determinar as variáveis de cálculo: sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, DBO e contaminantes químicos sob suspeição ou altamente indesejáveis. Outros testes são o pH, amoníaco livre, nitrogênio orgânico, nitros, nitratos, cloretos. Há também o conceito de "sólidos decantáveis" que são aqueles passíveis de ser retirados por sedimentação ou decantação (o teste standard é o "cone Imhoff", e como dado genérico, 50% dos sólidos em suspensão nos esgotos são decantáveis).

O teste mais importante no entanto é a DBO: demanda bioquímica de oxigênio. Se houver oxigênio disponível, a decomposição aeróbia do esgoto continuará até que não fique matéria oxidável. A quantidade de oxigênio consumida neste processo é a DBO. O esgoto leva meses absorvendo oxigênio e é impraticável determinar o seu consumo final. O teste padrão para a DBO consiste em diluir uma amostra do esgoto com uma água que contenha uma quan

tidade de oxigênio dissolvido e anotar o consumo desse oxigênio depois que a amostra passe 5 dias a 20° C. A velocidade com a qual se dá a DBO (desoxigenação) depende da temperatura e da demanda residual de oxigênio. A demanda satisfeita durante os primeiros 20 dias se chama "demanda da primeira etapa" e é devida principalmente à oxidação da matéria orgânica. A DBO é expressa em mg/l.

Certas indústrias possuem em seus esgotos substâncias químicas ou biológicas que interferem fortemente com o tratamento, sendo imprescindível cuidadosos estudos de laboratório, inclusive com operação de estação pilôto, para determinar e selecionar o tratamento mais adequado. Se avaliarmos os prejuízos advindos da seleção inadequada do processo, veremos que quaisquer gastos nessa fase do projeto são justificáveis. Principalmente porque muitas vezes processos que tiveram sucesso em determinados locais não produzem o mesmo resultado em outros, face variáveis climatológicas ou de natureza não conhecida, que só a experiência empírica vai determinar.

Para os objetivos presentes vamos considerar suficientes estes conceitos, acrescidos de alguns comentários sobre a autodepuração dos corpos receptores:

Havendo uma grande massa de água para diluição, com oxigênio dissolvido em quantidade adequada, a DBO do esgoto pode ser satisfeita sem maiores inconvenientes. A solubilidade do oxigênio depende da temperatura. Quanto mais alta a temperatura (dentro de limites), a atividade bacteriana é maior e menor a solubilidade do oxigênio. Verifica-se portanto que as condições são mais desfavoráveis para os climas tropicais.

Chama-se de deficit de oxigênio à diferença entre a quantidade existente de O₂ num corpo de água e a capacidade de saturação na temperatura dessa água. Quando a água poluída está em conta

to com o ar, o oxigênio é absorvido para substituir o que foi consumido pelo DBO. O processo de reoxigenação e desoxigenação se dão simultaneamente. Se a desoxigenação é mais rápida tem-se um deficit de oxigênio. Se o conteúdo de oxigênio dissolvido chegar a zero, se estabelecem as condições de putrefação. A quantidade de oxigênio dissolvido pode ser determinada a qualquer tempo, se forem conhecidas as velocidades de reoxigenação e desoxigenação.

A desoxigenação é determinada em análises de laboratório, e a reoxigenação por ensaios de campo.

O conhecimento das velocidades de desoxigenação e de reoxigenação é de grande valor prático para o cálculo do conteúdo de oxigênio em qualquer ponto ao longo de um corpo de água contaminado, permitindo a estimativa do grau de tratamento ou do grau de diluição necessário para manter uma certa proporção de oxigênio dissolvido num determinado ponto. A aplicação é evidente quando se pretende garantir um OD numa captação a jusante de um ponto de lançamento, contando com a autodepuração do trecho. As condições são mais favoráveis se o curso de água for turbulento e a reoxigenação rápida. Em alguns casos pode-se usar agitadores mecânicos para introduzir oxigênio em rios e lagos nessas condições.

Cumpra ainda acrescentar que a luz solar estimula o crescimento de algas que produzem o oxigênio por fotossíntese, ajudando portando o processo de reoxigenação.

3 - ELIMINAÇÃO DIRETA DOS ESGOTOS

Há dois métodos viáveis de eliminação direta dos esgotos:

a) diluição (eliminação na água); b) irrigação (eliminação no terreno), sendo a primeira a mais comum.

A diluição requer um corpo receptor com volume adequado para manter uma certa quantidade de oxigênio dissolvido a jusante do lançamento. O oxigênio dissolvido diminuirá até uma certa distância rio abaixo devido à DBO do esgoto subindo em seguida. Esse ponto de "mínimo" não deverá ser inferior a 4 mg/l (por problemas de grande número de peixes), havendo no entanto grandes discussões a respeito desse valor.

A eliminação por diluição em lagos e no mar depende muito das correntes perto do ponto de lançamento. Se as correntes não são suficientes para misturar os esgotos com um volume adequado de água surgirão condições anaeróbicas indesejáveis. A diluição na água salgada é menos efetiva porque para uma mesma temperatura a água salgada tem aproximadamente 80% do oxigênio dissolvido em relação a água doce. O peso específico mais alto também prejudica a sedimentação.

Para a eliminação por irrigação é necessário que o solo apresente boa permeabilidade (pelo menos franco-arenoso). Parte dos sólidos em suspensão dever ser previamente retirada para evitar a colmatação muito rápida. As vazões distribuídas variam muito de solo para solo. Normalmente os esgotos são aplicados de forma intermitente, alternando-se as áreas onde se está "irrigando". Os sólidos orgânicos são filtrados do esgoto ficando retidos no solo, e depois, ao interromper-se a adução àquêle trecho, as bactérias aeróbicas do solo oxidam a matéria orgânica. Os esgotos podem ser usados para irrigar algodão, linho, forrageiras e outras plantações que não sejam para o cultivo huma

no. O mau cheiro que ocorre algumas vezes por excesso de dose de esgoto a uma determinada área pode ser dissipado pela aplicação de cloro e deixando a área descansar algum tempo. Além da exigência de permeabilidade, outra limitação do método é a necessidade de grandes áreas.

4 - MÉTODOS DE TRATAMENTO

Há diversos processos de tratar os esgotos, normalmente classificados por "primários", secundários e "terciários". O tratamento primário consiste em separar uma parte dos sólidos em suspensão dos esgotos, normalmente obtido por gradeamento e decantação (atualmente fala-se muito em peneiras rotativas). Os lodos separados são levados a um tanque (digestor) onde são decompostos por ação bacteriana. O efluente desse tratamento apresentará normalmente uma DBO relativamente alta.

O tratamento "secundário" envolve o tratamento posterior do efluente de um processo de tratamento primário. Normalmente é obtido por processo biológicos usando filtros, aeração, tanques de oxidação, etc. O efluente do tratamento secundário terá pouca DBO e muitas vezes apresenta quantidades apreciáveis de oxigênio dissolvido.

O tratamento terciário é bem mais complexo, envolvendo por vezes verdadeiras fábricas químicas, e varia muito conforme o tratamento específico que se deseja (por exemplo: remoção de nitrogênio e fósforo). Muitas vezes o tratamento terciário é um filtro de areia fina com lavagem de contra-corrente, tipo filtro de água potável.

A distinção entre tratamento primário-secundário-terciário é muito arbitrária, pois muitos métodos de tratamento não podem ser assim classificados.

O tratamento de despejos (esgotos) industriais, frequentemente apresenta problemas especiais, face aos metais tóxicos a outras substâncias químicas que podem impedir ou destruir a atividade bacteriana da qual dependem muitos processos do tratamento. Em alguns casos, despejos orgânicos acrescentam sabores e odores indesejáveis. Em áreas urbanas com sistema de co

leta e tratamento de esgotos, é comum, e normalmente apresenta vantagens. exigir um tratamento preliminar dos despejos industriais na própria fábrica. Quando a indústria está em área isolada é comum o tratamento completo.

Despejos de laticínios tem uma DBO altíssima. Os métodos de tratamento usuais incluem coagulação química, filtração e lodos ativados. Indústrias alimentícias em geral se utilizam de tanques de oxidação. Fábricas têxteis, além de problemas de cor, apresentam grandes variações de pH, exigindo neutralização química. As indústrias de papel são das mais difíceis de tratar, principalmente aquelas que trabalham com o processo de sulfeto, que tem lignina, muito resistente à oxidação biológica. Os despejos radioativos necessitam tratamento especial, e seus principais produtores são os hospitais, laboratórios de pesquisas e reatores nucleares refrigerados a água. Os detergentes sintéticos (ABS) resistem aos melhores processos de tratamento estando presentes nos efluentes das ETES nas mesmas concentrações e características do influente.

5 - PROCESSOS DE TRATAMENTO

O projeto de uma estação de tratamento é norteado pelos recursos financeiros disponíveis e pela qualidade necessária para o seu lançamento, função do corpo receptor. Não é muito justificável projetar instalações que produzam um efluente de qualidade superior às necessárias pelas características do corpo receptor. No entanto, uma estação bem projetada deve prever uma folga, ou melhor, deve ter recursos para adaptar-se a um aumento da carga que receber ou uma necessidade de melhoria do efluente por qualquer razão.

A seguir apresenta-se um resumo das etapas básicas de tratamento, dito convencional:

- 1 - Condicionamento prévio aos principais processos de tratamento:
 - 1.1 - Gradeamento, Peneiras, Trituradores.
 - 1.2 - Desarenadores.
 - 1.3 - Tanque separador de óleos
 - 1.4 - Tanques equalizadores de vazões
- 2 - Tratamento Primário para eliminação de sólidos sedimentáveis:
 - 2.1 - Fossas Sêpticas ou tipo Imhoff (para pequenas vazões de despejos orgânicos)
 - 2.2 - Decantação simples ou química, com digestão separada dos lodos
 - 2.3 - Micro Peneiras
- 3 - Tratamento Secundário para oxidação parcial ou total.
 - 3.1 - Filtros biológicos (percolação)
 - 3.2 - Filtros intermitentes de areia
 - 3.3 - Lodos ativados
 - 3.4 - Tanques de oxidação

4 - Tratamento complementar para melhorar a qualidade do efluente:

4.1 - Filtros e Lagoas de polimento

4.2 - Cloração

Passando à descrição resumida das etapas:

1.1 - Gradeamento, Peneiramento, Trituração:

Desnecessário dizer da função de um gradeamento: se são esperados sólidos grosseiros chegando à estação, aí ficarão retidos esses sólidos que terão o destino final do lixo, podendo inclusive ser incinerados. O espaçamento entre as grades é função do que se deseja reter. As velocidades de passagem devem ser baixas, da ordem de 0,6 m/s, para reduzir as perdas de carga e evitar que muito material retido acabe sendo "forçado através das grades. O peneiramento é um gradeamento muito fino, feito normalmente por peneiras rotativas, para permitir uma limpeza contínua. Há diversos sistemas mecânicos patenteados. Os trituradores são dispositivos que "estraçalham" as partículas grosseiras, transformando-as em partículas normais admitidas no tratamento. Normalmente os projetistas não usam trituradores por acreditarem que a remoção imediata dos sólidos é preferível.

1.2 - Desarenadores:

Junto com os esgotos costuma chegar material mineral pesado tal como pedriscos, silte, escórias, areias, vidros, etc. Convém remover tal fração no início do tratamento para evitar abrasão nos equipamentos (principalmente bombas) e sedimentações com eventual obstrução de tubos e canais. Só deve ser dispensado o desarenador se tivermos total certeza de que não haverá partículas no esgoto. Os desarenadores deverão prever sempre a remoção periódica ou contínua do material separado sem

interrupção da ETE. O princípio mais utilizado no projeto dos desarenadores é a decantação, condicionando-se o fluxo dos esgotos a velocidades adequadas. Alguns autores citam que as partículas em causa tem diâmetros entre 0,1 mm e 0,4 mm, e que a velocidade adequada para remover partículas de pelo menos 0,2 mm de 0,3 m/s. Velocidade acima desta arrastarão as partículas que se deseja reter, e abaixo, causarão a deposição de matéria orgânica, provocando maus odores pela decomposição desse material (caixas sem limpeza contínua). Normalmente são intercalados no fluxograma da ETE logo após as grades, e a redução de velocidade é obtida por alargamento brusco da seção transversal. Em seu fundo será prevista uma "Zona morta" capaz de acumular as "areias" retidas entre os períodos de limpeza previstos. Cumpre salientar que como as vazões aduzidas não são constantes as velocidades também não seriam constantes, acarretando ora o carreamento do material retido, ora a deposição de matéria orgânica. Para minimizar as variações de velocidade, procura-se compensar a seção de escoamento com a variação da altura, de água (já que a largura é constante), tentando manter a equação

$$\text{Velocidade} = Q \text{ (vazão)} + S \text{ (seção)}$$

constante. Para esse fim o vertedor "Sutro" é o dispositivo mais adequado, no entanto adota-se muitas calhas tipo Parshall, que se bem projetadas podem dar uma razoável regularização de velocidade no canal a montante. Outras maneiras de conseguir-se vazões fixas são: varias câmaras em paralelo com extravasores na entrada, ou o desarenador sendo um canal parabólico com um vertedor retangular. Existem ainda dispositivos desarenadores mecanizados com aceleração do processo de sedimentação por centrifugação ou regularização de velocidade por meio da difusão de ar; nesses casos, a renovação do material separado

também é mecanizada e contínua. Desnecessário dizer que nos casos de limpeza periódica descontínua será necessário ou um bypass, ou uma unidade de reserva.

1.3 - Tanque Separador de Óleo:

Frequentemente os esgotos contêm grande quantidade de óleos, graxas e outros materiais de densidade inferior à da água, também denominados sólidos flutuantes, ou espuma, e normalmente classificados como "gorduras". A remoção pode ser simples ou acelerada. Na primeira a gravidade age sozinha e teremos o inverso do decantador. Os padrões de cálculo para este caso costumam ser os do "American Petroleum Institute", que adotou tanques retangulares alongados standard. Na remoção acelerada, injeta-se ar junto ao fundo do tanque, com o que ajuda-se a subida do material. Há dois processos, um deles por difusão direta do ar por bocais especiais e o outro por ar dissolvido. O processo por ar dissolvido é bastante eficaz, chegando a remover muito material com densidade maior que a do líquido e consiste em pressurizar água (que pode ser o efluente da estação) incorporando-lhe ar até a saturação, soltando-a em seguida no fundo do tanque na pressão atmosférica. Formam-se bolhas micrométricas que ao subirem se juntam às partículas, aumentando seu empuxo.

É necessário dotar a superfície de raspadores.

Frequentemente a remoção de gorduras é feita no próprio decantador primário, dotado de raspador de superfície ou escumador.

1.4 - Tanques equalizadores de vazões:

Difícilmente os esgotos afluentes ao tratamento são homogêneos quanto à sua composição nem as vazões são constantes. Por diversos motivos operacionais, convém que Estação de Tratamento trabalhe com vazão fixa e composição definida. Estes mo-

tivos são principalmente de ordem biológica, pois flutuações nas condições operacionais costumam ter efeitos nocivos na atividade bacteriana. Hidráulicamente apenas a flutuação de vazões afeta o projeto, que teria que ser verificado para as condições de máximo e mínimo. Obviamente vazões médias acarretam estruturas e equipamentos mais econômicos do que o dimensionamento em considerações de vazão máxima. Assim sendo, frequentemente precede-se o tratamento propriamente dito de um tanque e equalizador, onde se não for possível uma homogeneização total, já teremos uma melhora razoável nas condições. Muitas vezes o volume de esgotos e a área disponível impõe um limite ao tanque. Em unidades industriais, o estudo do processo, com sugestão de modificações pode reduzir sensivelmente o problema. Em qualquer caso, o ideal seria um tanque com volume suficiente para a vazão de um "ciclo", que normalmente é de 24 horas. Chama-se atenção para as variações não diárias, e operações esporádicas que podem comprometer todo um sistema de tratamento. São comuns em indústrias operações de manutenção com forte reflexo nos despejos, realizadas nos fins de semana ou cada 15 dias, que por vezes escapam à amostragem, caso estas não sejam bem feitas, e caso não haja cooperação e compreensão do problema por parte do responsável pela unidade industrial que deverá alertar o projetista para esses casos.

Portanto, o dimensionamento do tanque será função do histograma de vazões, com consideração sobre a variação de qualidade ao longo do tempo. Normalmente o processo é intermitente por causa da homogeneização, e haverá ao menos dois tanques: enquanto um se esvazia o outro se enche. A vazão de saída do tanque deve ser constante e poderá ser obtida mediante um medidor de vazão que comanda uma válvula, regulando o fluxo, podendo funcionar por gravidade. Outro processo é bombear o esgoto para uma

caixa de nível constante, obtido com um extravazor e um orifício lateral calibrável. O esgoto extravasado na caixa de nível constante retorna ao tanque equalizador. Normalmente o equalizador é dotado de agitador mecânico, para garantir a homogeneização, impedir que comece o processo anaeróbio e começar uma ação que normalmente resulte em alguma floculação, bastante útil no caso de haver decantador primário em seguida. Como o funcionamento do tanque é intermitente, enchendo e esvaziando, se o agitador for um aerador de superfície, deverá ser do tipo fluante.

2.1 - Fossas Sêpticas ou tipo Imhoff

São adotadas para pequenas vazões e combinam a decantação com a digestão dos lodos formados. No tipo Imhoff o esgoto fresco entra no compartimento superior, onde se dá a decantação, indo o material ter ao compartimento inferior de digestão. O lodo digerido fica no fundo desse tanque, de onde pode ser retirado através de um tubo deixado no local. São dispositivos simples e eficientes, removendo aproximadamente 60% dos sólidos em suspensão e 50% da DBO de esgotos do tipo doméstico. As fossas sêpticas simples consistem de uma câmara única onde se dá a decantação e a digestão, com um tempo de detenção de aproximadamente 12 horas. O efluente tem 50 a 70% dos sólidos em suspensão e a DBO é alta. Não tem aplicação no tratamento de despejos industriais.

2.2 - Decantação simples ou química, com digestão separada dos lodos:

A função de um decantador simples no tratamento dos esgotos é retirar uma parte do material em suspensão, que é quase todo orgânico, com peso específico de 1,2 ou menos. A velocidade

de de sedimentação dessas partículas orgânicas é da ordem de 1,0 m/hora, sendo igualmente baixas as velocidades de escoamento. Estas velocidades muito baixas sofrem perturbações sensíveis de correntes de densidade, efeito de vento, etc, que prejudicam a eficiência teórica dos decantadores. O projeto de um decantador de esgotos é idêntico aos utilizados no tratamento de água e podem ser retangulares ou circulares, variando as profundidades - padrão de 2 a 3,5m (quando há remoção automática dos lodos). Seu fundo deve ter uma forma tal que facilite a retirada do lodo e seu adensamento. A entrada do esgoto deve ser cuidada para que produza uma distribuição adequada do fluxo, e das velocidades de entrada. Normalmente se acumula uma grande quantidade de escumas na superfície dos decantadores sendo necessário "varrer" a superfície com "rodos" adequados, coletando a espuma em local adequado. O problema é maior no decantador primário, não sendo entantanto desprezível no secundário.

O processo de decantação pode ser acelerado acrescentando-se aos esgotos substâncias químicas ditas "coagulantes". Frequentemente consegue-se uma remoção de mais de 90% do material em suspensão. O processo convencional é semelhante ao tratamento de água e os coagulantes normalmente usados são o sulfato de alumínio e o sulfato ferroso além do cloreto férrico ($FeCl_3$). O inconveniente do processo são os custos e o aumento considerável no volume de lodos produzidos. No entantnto deve-se comparar os custos com muito cuidado pois a solução pode ser a mais conveniente em diversas situações como por exemplo quando há flutuações sensíveis de qualidade, que podem ser facilmente acompanhadas pelo dosador de coagulante.

2.3 - Micro-Peneiras

Modernamente tem sido proposto com alguma frequência o uso de peneiras como aquelas descritas em 1.1 com pequenas variantes, principalmente quanto às dimensões da malha ou orifícios de passagem, como tratamento "primário". Em verdade, não passa de um condicionamento prévio pois sua eficiência não pode ser comparada com a de decantadores, ou sequer com flotadores (sistema de difusão de ar). Evidentemente que em certos casos, a simples passagem por essas peneiras pode ser o suficiente para "enquadrar" o esgoto.

3.1 - Filtros Biológicos (percolação)

Como foi citado, o efluente da decantação ou da fase "primária" contém de 30 a 50% da matéria orgânica não estável presente no início. Um dos métodos de aceleração do processo de oxidação por meio aeróbio da fração restante da fase primária é o "filtro biológico" que consiste em um leito de brita ou escória, ou carvão ou outro material inerte que forme uma camada por onde os esgotos vão percolar com grande superfície de contato disponível. Os esgotos são aspergidos na superfície do leito de maneira intermitente, percolando na direção de um sistema de drenos sob o leito, onde são coletados e encaminhados a um canal de saída. No meio "filtrante" já que a palavra "percolante" soa mal, e envolvendo cada elemento ou superfície, forma-se uma película gelatinosa e os sólidos coloidais orgânicos dissolvidos são retidos sobre essa película onde se desenvolve intensa oxidação bioquímica. Pelo próprio sistema de drenagem inferior, se garante uma ventilação adequada de forma a manter todo o sistema aerado. Um "filtro biológico" ao iniciar sua operação, não apresenta resultados satisfatórios até que se forme a citada camada gelatinosa o que leva de uma a duas semanas. Com o tempo essa camada gelati

nosa fica bastante grossa, e pedaços se despreendem, saindo com o efluente, sendo necessário um decantador após o filtro. Igualmente é necessário um decantador antes da unidade, pois as experiências conhecidas não deram resultados satisfatórios. Pode haver recirculação do efluente, com alguns benefícios. Sobre os "filtros biológicos" cumpre lembrar que seu projeto deve permitir que o operador possa afoga-lo periodicamente durante algum tempo, procedendo a uma "lavagem" do mesmo, com o objetivo de eliminar larvas de um tipo de moscas que proliferariam no meio em excessivo número, mantendo-as assim sob controle.

3.2 - Filtros Intermitentes de Areia

Usados ocasionalmente quando se deseja um efluente de ótima qualidade, funcionam como um filtro biológico pela ação das bactérias aeróbias, e como "filtro" propriamente dito pela ação de retenção física das partículas. O serviço é intermitente, aplicando-se uma quantidade de esgoto já devidamente tratado, deixando filtrar através do leito e aguardando um bom tempo até repetir a operação permitindo a entrada de ar através dos grãos de areia. Em verdade tais filtros são usados com mais frequência para tratamento final, ou terciário, depois de filtros biológicos ou de outros processos de tratamento secundários e chamados de "filtros de polimento".

Os filtros de areia com lavagem em contra-corrente, como os de tratamento de água são igualmente aplicáveis, sendo que suas águas de lavagem retornam ao início do tratamento, e sua ação é puramente física (retenção).

3.3 - Lodos Ativados

Este processo envolve a mistura de esgoto que está "chegando" com 20 a 30% de seu próprio volume em lodos biologicamente ativados. A agitação desta mistura se faz em presença de ar segui

da de decantação. Com a aeração provocada, consegue-se uma coagulação ou floculação dos sólidos coloidais e gorduras e uma parte da DBO é satisfeita. O rendimento do processo aumenta sensivelmente se forem acrescentados no início lodos aerados, ou seja, se forem fornecidos aos esgotos "sementes" já aclimatadas de bactérias (nas proporções indicadas no início do item). O efluente de uma estação de lodos ativados bem operada é de boa qualidade e normalmente tem uma DBO inferior a uma estação similar pelo processo de "filtro biológico", apresentando no entanto uma desvantagem em relação a este, por ser mais sensível a variações de qualidade dos afluentes. O fluxograma típico de uma estação de lodos ativados é mostrado na figura 1 dos anexos. Normalmente há uma decantação primária antes de passar à aeração. As dimensões das câmaras de aeração são função de ensaios que definem o tempo de detenção necessário e a qualidade de oxigênio a ser consumida, além das características do equipamento escolhido. Existem dois processos básicos para introduzir o ar na massa de esgoto: por difusão de ar comprimido e por agitação mecânica. O número apresenta alguns problemas não inteiramente resolvidos pelos fabricantes quanto a entupimentos dos bocais (as bôlhas formadas devem ser mínimas) e o segundo apresenta rendimentos inferiores acarretando tempos de detenção um pouco maiores. É comum a formação de espuma abundante quando o esgoto contiver detergentes. Nesses casos será necessário instalar um sistema de aspersores de água para reduzir o problema. Da aeração, o esgoto passa a um decantador final (chamado secundário), onde se deposita um lodo chamado ativado. Esse lodo é retirado do fundo do decantador, indo para um outro decantador de grande período de detenção, chamado "adensador". No entanto, parte desse lodo retirado do decantador secundário retorna ao início do processo de aeração como foi descrito, para "semear" o esgoto que

chega. No trajeto decantador secundário-início da aeração do lodo ativado há uma operação de aeração do lodo. Do "adensador" o lodo vai para os digestores e daí para os leitos de secagem ou equipamentos de secagem. Os despejos industriais com alta porcentagem de carboidratos ou com propriedades antisépticas podem ocasionar um grande volume de lodos de baixa densidade, ou seja a formação de um lodo com alto conteúdo de água. Pode ser contornado por uma maior aeração, adição de cal para conseguir pH maior que 8 ou ainda através de uma cloração pesada para matar os organismos causadores do fenômeno. A melhor solução consiste em buscar o motivo e trata-lo na origem, ou seja, antes de se misturarem os esgotos.

A principal vantagem do processo de lodos ativados é que produz efluentes de alta qualidade com um gasto mínimo de área. No entanto é necessária uma operação cuidadosa e boa parte do tempo do operador é gasto na determinação da quantidade adequada de lodo ativado a ser recirculado para obter rendimento máximo, pois as condições variam conforme as características do esgoto, temperatura ambiente, etc. Os custos de operação de uma estação de tratamento por lodos ativados são superiores a diversos outros tipos de tratamento devido ao consumo de energia. Uma estação deste tipo, ao ser dada a partida leva até um mês para desenvolver lodos adequados e durante esse tempo trabalha com um retorno de quase todo o lodo do decantador secundário. É comum "semear" a partida da estação com microorganismos (lodos) aclimatados em laboratório ou trazidos de outra estação semelhante.

3.4 - Tanques de Oxidação:

Se houver disponível área adequada (terreno plano), o tratamento pode ser feito retendo os esgotos em depósitos (lagos) onde a matéria orgânica é oxidada pelo oxigênio absorvido do ar. São

chamados valos ou lagoas de estabilização ou oxidação, e podem receber os esgotos brutos, com tratamento primário ou secundário.

Na verdade reproduzem com bastante semelhança o processo natural de auto depuração dos corpos d'água, porém em ambiente confinado. Os não mecanizados são as lagoas aeróbias, anaeróbias ou facultativas. As primeiras funcionam baseadas na troca de oxigênio pela superfície livre da água e na oxigenação pelo efeito da fotossíntese das algas que aí se desenvolvem. São lagoas rasas com profundidades da ordem de 0,8 a 1,0m. As anaeróbias ou facultativas são mais profundas. Nas primeiras não há fase aeróbia, e nas segundas, a camada superior funciona como aeróbia. Ambas podem ser aeradas artificialmente, saindo então da classificação citada.

Como tanques de oxidação também podem ser classificados os valos de oxidação com rotores de eixo horizontal ou sua variante de eixo vertical chamada de "carroussel". Estes consistem em criar um "rio" em circuito fechado, e seus fenômenos de autodepuração, com a reoxigenação garantida em condições ideais.

Os tanques de oxidação operados adequadamente são excelentes sistemas de redução da DBO e de tratamento, sendo usadas frequentemente como "polimento" para um tratamento primário ou secundário.

4.1 - Filtros e Lagoas de Polimento.

Já descritos em 3.2 e 3.4. Frequentemente são usados como um "polimento" do tratamento. No caso de lagoas, é importante ressaltar o papel da sedimentação final que aí se processa.

4.2 - Cloração

A cloração dos esgotos é feita da mesma forma que no tratamento d'água. Pode ser na etapa final do tratamento dos esgotos, quando se deseja um efluente de alta qualidade, e se chama de pós-cloração. As propriedades desinfetantes do cloro reduzem o número de bactérias e as características oxidantes reduzem a DBO. Caso a cloração dos esgotos se dê antes do tratamento propriamente dito, chama-se de pré-cloração, e é usada para ajudar a controlar os odores, gorduras, moscas, etc.. A dose de cloro requerida varia consideravelmente, mas é muito maior que a requerida no tratamento d'água. Na pré-cloração pode-se trabalhar com dosagens da ordem de 25 mg/l e na pós, pelo menos 3 mg/l. Por vezes há pré e pós-cloração dos esgotos, e normalmente se usa cloro gasoso. A cloração dos esgotos não é usual face aos custos acarretados por essas dosagens. No entanto, como as instalações para cloração não são caras, convém prever a instalação para ser usada intermitentemente por ocasião de sobrecargas ou "piques" de carga de tratamento, o que pode trazer economias consideráveis no empreendimento global.

Ainda dentro do ítem "Processos de Tratamento", cumpre dizer algo sobre a digestão e destino final dos "lodos" obtidos nos decantadores:

- Os lodos obtidos nos processos de tratamento de esgotos são compostos de 96 a 99% de água e antes de serem admitidos ao digestor freqüentemente passam por um outro decantador, chamado "espessador". O efluente "líquido" do espessador retorna ao decanta

dor primário. O lodo não digerido produz maus odores, sendo facilmente putrescível. A sua digestão por ação de bactérias anaeróbias e facultativas transforma aproximadamente 40% do volume em líquidos e gases. O lodo digerido restante é quimicamente estável e praticamente inodoro, contendo aproximadamente 90% de água. Sob condições favoráveis, a digestão dos lodos se dá entre 30 a 60 dias. A digestão é feita nos "digestores", normalmente de forma cilíndrica, podendo ser equipados com dispositivos para mistura e amostragem em diversos níveis, registradores de temperatura, medidores de produção de gás e sistema de aquecimento (a digestão é mais rápida a temperatura da ordem de 45°C). Normalmente são cobertos, para guardar calor, não permitir a saída de maus odores e permitir recolher o gás produzido. O material de construção usual é o concreto armado, e a conveniência da "agitação" e "mistura" do lodo é muito discutível. Nas primeiras etapas da digestão, são formados ácidos orgânicos voláteis, como reação intermediária na decomposição de carboidratos e proteínas. A acumulação desses ácidos pode produzir uma queda do pH a 5,0, o que eliminaria a atividade bacteriana. Para obter-se bons resultados, o lodo não digerido que entra todas os dias no digestor, não deve superar 2 a 4% em peso seco, o lodo já digerido existente, o que manterá o pH ótimo de 7,2 a 7,4. Se o lodo do digestor ficar ácido, pode-se adicionar cal ao lodo novo que entra. Quando um digestor entra em operação pela primeira vez, pode ser "semeado" por lodo de um digestor existente, caso contrário pode-se levar de 6 meses a um ano para obter uma operação adequada do digestor. O lodo não tratado entra no digestor pela parte de ci

ma, continuamente. Como a fração digerida é mais pesada, vai-se depositando de forma gradual no fundo do digestor, de onde é extraído por descargas periódicas (aproximadamente uma vez por semana). Para facilitar o escoamento, o fundo do digestor costuma ser cônico, com saída central, equipado ou não com raspadores. Normalmente o digestor se estratifica em três camadas: lodo digerido ao fundo, fração líquida no meio (licor) e espuma (sobrenadante). A fração líquida regressa ao início do processo de tratamento. A operação cuidadosa e controlada é que determina a descarga de "licor" e a remoção de espuma (usualmente quebrada por raspadores). O gás desprendido de um digestor contém aproximadamente 70% de metano, 30% de gás carbônico e traços de nitrogênio, H_2S e outros gases, e pode ser utilizado para aquecer os próprios lodos em digestão, ou acionar motores na própria unidade de tratamento. Além do processo anaeróbio, existe a digestão aeróbia dos lodos, feita por processo idêntico aos tanques de aeração do processo de lodos ativados, com subsequente adensamento e destino final. O problema da eliminação final dos lodos não está ainda satisfatoriamente resolvido em termos de engenharia, face os custos envolvidos. Em comunidades ou fábricas à beira-mar, pode-se pensar em jogar os lodos não digeridos diretamente no mar, a longa distância, por meio de barcas. Quando isto não for possível, será necessário secar o lodo (que ao sair do digestor tem 90% de água). O método mais comum e tradicional de secagem de lodos digeridos, é coloca-los sobre "leitos de secagem", que vem a ser uma superfície drenante compartimentada, já que o processo é intermitente. No entanto, apenas uma pequena parte da água realmente se infiltra, dando-se a secagem

principalmente por efeito da evaporação. Tais leitos de secagem devem ser cobertos para evitar que as chuvas venham atrapalhar o processo, e a área necessária é função do tempo de secagem que varia de local para local. Frequentemente a área requerida é considerável, o que leva o projetista a buscar soluções mecanizadas como seja o filtro a vácuo, filtro prensa, centrífugas, etc. Em todos os processos, o lodo digerido seco é o produto final, e pode ser incinerado, lançado em aterros sanitários ou usado como condicionador de solos em jardins e na agricultura.

6 - O PROJETO HIDRÁULICO-CIVIL

6.1 - Localização

Onde a topografia permite, os esgotos escoam por gravidade até as instalações de tratamento, e através do tratamento até o corpo receptor. Nestas condições ideais, o tratamento ficará no ponto mais baixo, usualmente próximo ao corpo receptor. Quando o bombeamento for inevitável por qualquer motivo, pode-se escolher com maior liberdade a área mais adequada para o tratamento. A localização numa encosta de declividade moderada é desejável para a locação das estruturas na sequência normal do fluxo, sem escavação ou aterro significativos.

Embora um projeto e operação cuidadosos possam permitir a localização em quase qualquer local, convém que a área escolhida esteja isolada de unidades comerciais e residenciais. O acesso de veículos e equipamentos em qualquer tempo, e a qualquer ponto da estação devem ser garantidos para que a manutenção possa cumprir seus fins sem maiores contratempos.

Geralmente é necessário ajustar a planta geral da instalação à topografia do local disponível pois raramente se escolhe o local por ser adequado.

Fator importante na escolha do local pode ser ainda a existência de facilidades de destino final para os lodos ou lamas.

Frequentemente o local disponível está sujeito a inundações, e o projeto deve procurar contornar os problemas da maneira mais econômica. Em alguns casos, a submersão ocasional de algumas estruturas pode ser admitida desde que o cálculo estrutural tenha previsto a situação, e determinados equipamentos

fiquem a salvo. Em outros, a construção de diques em torno do terreno ou a elevação das superestruturas pode ser a solução e raramente não será necessário um sistema de bombas de esgotamento para águas de chuva e outras, acionado por gerador de emergência. As condições do nível do corpo receptor (rio ou lago) podem também influir no projeto: durante a época das chuvas e períodos de inundações, seria necessário o bombeamento do efluente da instalação de esgoto e a drenagem do mesmo; geralmente o bombeamento do efluente é mais barato que o do influente, principalmente quando for ocasional, e os custos de proteção contra inundações são contrabalançados pelo custo permanente do bombeamento do influente para uma cota mais alta.

Finalmente, fator determinante da escolha do local é o tipo de solo e fundações necessárias, pela variação importantíssima dos custos.

6.2 - Serviços Preliminares:

O preparo do terreno pode ou não ser assunto secundário dependendo das condições. Face à topografia, a drenagem pode ser o principal fator a ser levado em conta no arranjo geral, assim como o movimento de terra. Em projetos industriais, a previsão de área adequada quando do arranjo geral da indústria na área, pode significar economias superiores ao próprio custo da instalação do tratamento. O projeto das fundações, é similar ao de outras estruturas, apenas as limitações de escolha de local resultam numa maior incidência de condições não usuais de fundações. Também devido à natureza interligada das estruturas e dos contratos, com canais, calhas, vertedouros, etc., as tolerâncias com relação aos recalques diferenciais são mais severas, o que resulta na importância fundamental do projeto de fundações para o sucesso da empreitada.

6.3 - Arranjo Geral

De posse do processo de tratamento, ou seja, do fluxograma de processo, as necessidades de um projeto funcional é que usualmente ditam a disposição das diversas unidades. O projeto hidráulico é que estabelece as exigências de cota das unidades acima de um dado plano de referência. A disposição final das unidades resulta então de uma adaptação das formas do terreno às exigências funcionais e hidráulicas da instalação. Em qualquer disposição é levada em consideração a facilidade de operação e manutenção das unidades de tratamento e seus acessórios.

Se for disponível uma altura de carga suficiente para o escoamento por gravidade, as exigências hidráulicas das unidades controlam a planta geral da estação. Tem-se uma maior flexibilidade com um bombeamento intermediário.

O exame de mais de uma disposição, com uma avaliação das conveniências de operação, flexibilidade e economia, inclusive face às etapas de implantação, acarreta a escolha da alternativa mais vantajosa.

As variações de vazão durante o período de alcance do projeto, a necessidade de limpezas ou reparos sem "paradas" do sistema total, as características dos equipamentos, etc. são todos fatores de relevante importância na concepção final do arranjo.

A disposição dos canais e das tubulações, tem influência importante sobre a disposição das unidades, ainda que secundária. A conveniência de operação, a acessibilidade para manutenção e conexões futuras são considerações importantes a levar em conta. A eficácia com que funcionarão depende da exa-

tidão do projeto hidráulico.

As exigências de manutenção das unidades individuais estabelecem a necessidade de "baipasses" que permitam a retirada de serviço de cada uma dessas unidades. Quando há duas ou mais unidades idênticas em paralelo, geralmente não há "baipasses", e sempre deverá ser levada em consideração a preocupação de minimizar os efeitos de poluição quando da parada de qualquer unidade. Unidades de gradeamento e cloração não devem ter baipas ses e frequentemente é necessário prever unidades "reserva", visando eliminar a possibilidade de queda da qualidade do efluen te durante as manutenções. Por outro lado, conforme a época do ano, e a capacidade de diluição do corpo receptor, os baipasses podem eliminar parte do processo de tratamento.

Igualmente importante no projeto hidráulico e arranjo, são os ladrões ou extravasores, que visam principalmente a proteção de estruturas e equipamentos contra manobras inadequadas ou acidentes imprevistos tais como entupimentos ou algo semelhante. Todas as unidades devem prever extravasores para a vazão total de chegada, detalhadas de forma que sua entrada em serviço seja facilmente percebida, além de munidos de alarme em painel central. Além das hipóteses citadas, há a possibilidade de chegadas extemporâneas de volumes superiores aos previstas em projeto: em redes de esgotos com ligações de águas pluviais, durante o período de chuva, e em indústrias pela operação simultânea ocasional de diversas descargas, caso algum motivo impeça amortecer a "onda" em um tanque equalizador. Nesses casos, o extravasor funciona para evitar a sobrecarga, e será localizado em ponto julgado adequado, se possível após os decantadores primários, mas sempre após as grades, ou seja, admite-se a queda na eficiência dos decantadores durante a anor-

malidade e desvia-se a sobrecarga das unidades de tratamento biológico.

As expansões futuras, ou etapas de construção, requerem a previsão de espaço suficiente, bem como uma disposição conveniente das unidades e condutos iniciais, de forma que as ampliações sejam facilmente exequíveis e integradas à primeira etapa, não se constituindo em uma segunda ou terceira estação ao lado das anteriores, com enormes problemas de operação. Assim, o projetista deve preocupar-se sobremaneira com a construção das etapas subsequentes com a inicial operando, e também que o produto final seja "uma" estação e não duas ou três uma ao lado da outra, aparentemente formando uma unidade, porém com duas ou três operações independentes. Muitos elementos são dimensionados inicialmente para atender à etapa final de implantação. ~~Deverá sempre ser verificado seu funcionamento para a vazão mínima.~~

Desnecessário frisar que o arranjo final deverá possibilitar uma flexibilidade de operação o mais amplo possível, com previsão geral das operações de manutenção.

6.4 - Perfil Hidráulico

O projeto hidráulico visa adequar as estruturas do processo às vazões envolvidas. As vazões necessárias ao projeto são a mínima, máxima e média, para as quais devem ser cheçadas todas as situações.

O escoamento dos esgotos através das unidades de tratamento requer uma "altura" para vencer as perdas de carga no trajeto. A "altura" necessária pode não estar disponível, fa-

ce às condições topográficas, sendo então necessários bombeamentos (um ou mais, no início, meio ou fim do processo). Quando parte do fluxo é recirculado, o bombeamento é imprescindível. Tais bombeamentos, são em verdade, "degraus" na linha piezométrica geral, pois o escoamento através de estação é por gravidade.

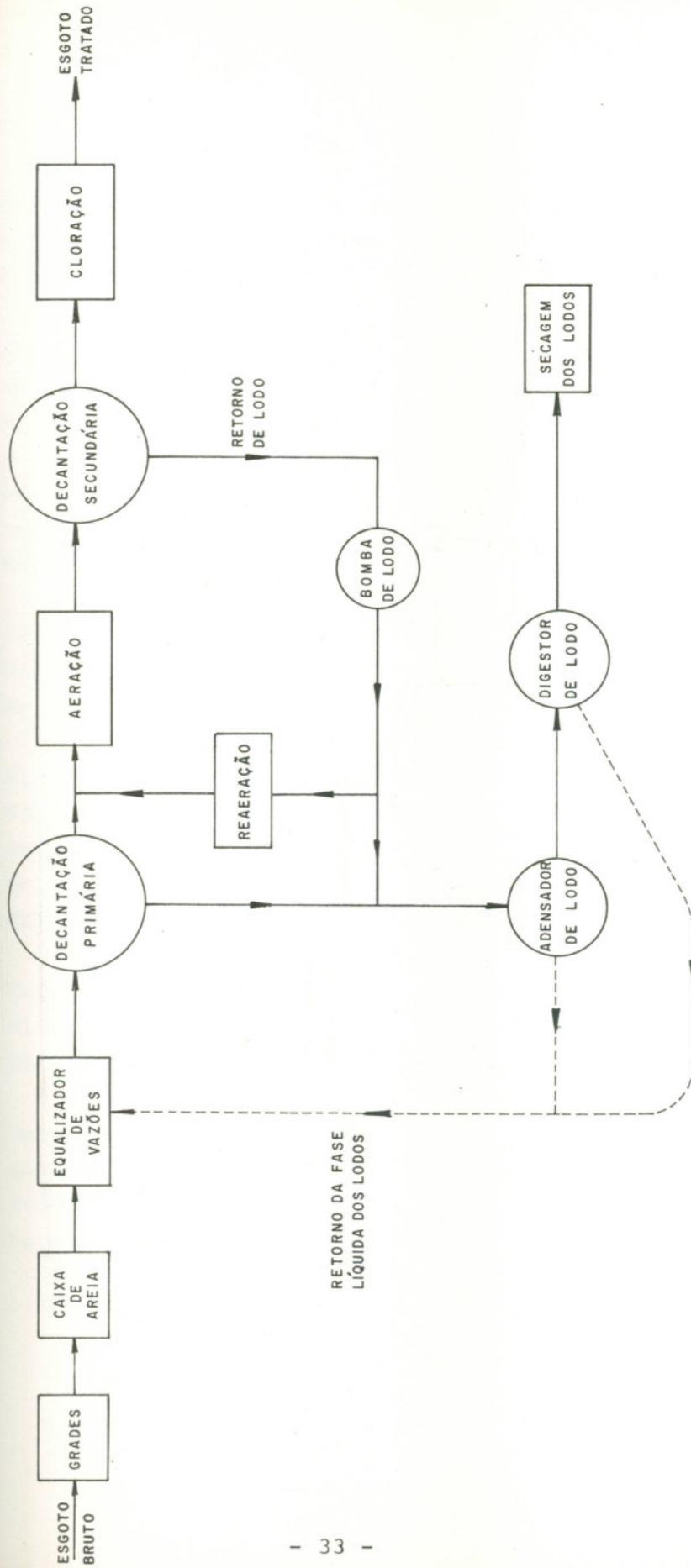
O projeto hidráulico consiste em calcular, de jusante para montante, as perdas de carga no "caminho da água", estabelecendo uma sequência de valores, que representados graficamente constituem o chamado perfil hidráulico, e que vem a ser a linha piezométrica da ETE. O aspecto final de um perfil hidráulico é composto por linhas quase horizontais (representando os trechos praticamente sem perda de carga como decantadores) linhas inclinadas (tubulações e canais) e linhas quase verticais (perdas localizadas, como vertedores de entrada, de saída, medidores, bombeamento, etc.), sendo o eixo vertical com escala adequada a uma boa visualização, e o horizontal podendo ser sem escala. O cálculo deve ser feito para as condições de vazão máxima e verificado quanto à mínima e média. Os perfis hidráulicos geralmente são feitos para todos os percursos principais de fluxo através da instalação, e geralmente incluem um perfil da superfície do solo (quando é conveniente o eixo horizontal ser em escala) e são importantes na definição da elevação ótima das unidades.

Os diversos processos de tratamento requerem mais ou menos alturas disponíveis, o que no entanto não representa "a priori" economia de energia. Assim, um filtro biológico, que produz grande perda de carga localizada (1,5 a 2,0m), compara-

do a um tanque de aeração, com perda desprezível a menos da entrada e saída, pode ser mais econômico mesmo que implique em um bombeamento, caso a potência necessária para a aeração seja superior à do bombeamento.

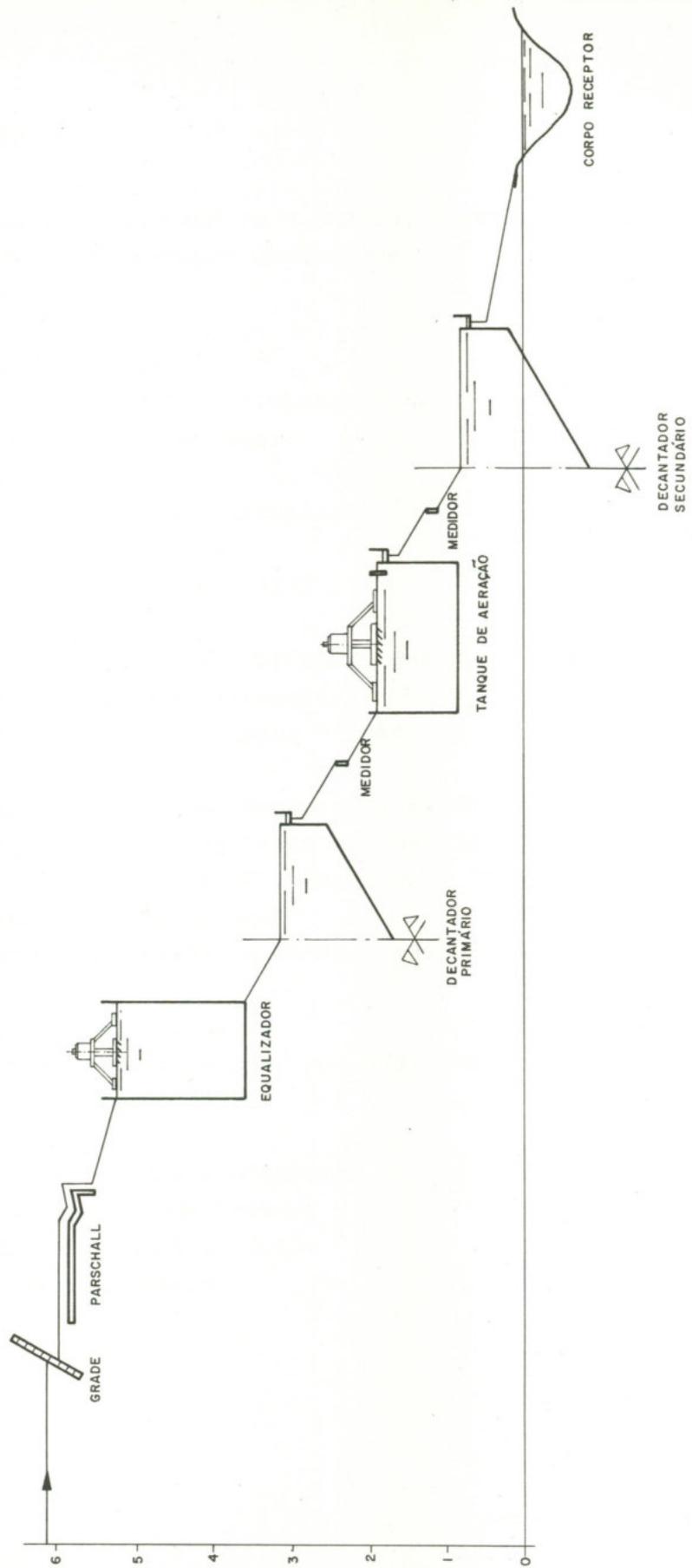
6.5 - Cálculos Hidráulicos

Os métodos para calcular as perdas de carga, perfis de escoamento, remansos, etc., são encontrados em diversos livros e manuais de hidráulica. O escoamento dos esgotos pode dar-se sob pressão ou com uma superfície de água livre (canal aberto), e igualmente importantes são os capítulos sobre orifícios, vertedores, sifões e bombeamento. Portanto, neste trabalho, não serão abordados estes temas, suficientemente explorados na bibliografia.



FLUXOGRAMA DE TRATAMENTO POR LODOS ATIVADOS.

FIGURA Nº 1



PERFIL HIDRÁULICO
(ESQUEMÁTICO)

BIBLIOGRAFIA:

- 1) JORDÃO, Eduardo Pacheco & Pessoa, Constantino Arruda
Tratamento de Esgotos Domésticos
CETESB - 1975
- 2) STEEL, Ernest W.
Abastecimento d'Água - Sistemas de Esgotos
Ao Livro Técnico - 1966
- 3) AZEVEDO NETO, José Martiniano
Manual de Hidráulica
Edgard Blücher Ltda - 1973
- 4) FRANZINI, Joseph B. & LINSLEY, Ray E.
Water - Resources Engineering
Mc Graw-Hill Book Company - 1964
- 5) Manual de Prática de Engenharia nº 36 da American
Society of Civil Engineers (Manual de Prática nº 8 da
Water Pollution Control Federation): "Projeto de Instalação
de Tratamento de Esgoto"
Edição em Português da USAID - 1969
- 6) Fair, G.M. & J.C. Geyer
Elements of Water Supply and Waste-Water Disposal
Wiley, New York, 1958
- 7) Notas de Aula dos Professores
Constantino Arruda Pessoa
Evandro Rodrigues de Brito
Pedro Márcio Braile

A presente apostila foi escrita para o mesmo curso na FEEMA, em MAR1977, em poucos dias, no objetivo de evitar que os alunos do curso ficassem sem um resumo da aula que ministrei. Não é nem tem a pretensão de ser uma fonte de consulta e sim um roteiro de abertura para aqueles que quiserem aprofundar no assunto. Agradeço ao Engº Alfredo Rodrigues de Oliveira, a revisão suscinta quanto aos aspectos do "processo" de tratamento e à Internacional de Engenharia que arcou com os custos de confecção e impressão.

Anexamos ainda a norma P-NB-570 da ABNT - "Elaboração de Projetos Hidráulico-Sanitários de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários", que se encontra esgotada e que, embora algo ultrapassada, já necessitando de uma revisão principalmente quanto aos parâmetros (conservadores), acompanhando a evolução dos últimos anos, ainda é a única referência brasileira sobre o assunto, e que esperamos seja útil.

Os catálogos de fabricantes distribuídos em aula, são meramente ilustrativos não constituindo nenhuma recomendação ou preferência pelo fabricante ou equipamento.

Rio, JUL81

Miguel Fernández y Fernández
Engenheiro Titular
Departamento de Engenharia Sanitária e
Ambiental

Internacional de Engenharia S.A. - IESA
Rua Pinheiro Machado 22
Rio de Janeiro RJ
22232
Tel.: (021) 205-5252

ABNT

ELABORAÇÃO DE PROJETOS HIDRÁULICO-SANITÁRIOS DE SISTEMAS DE
TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

P-NB-570

APRESENTAÇÃO - Por força do Convênio CVN-0035/972 BNH-ABES-ABNT, foi criada a Comissão de Estudos de Saneamento Básico, sendo os engenheiros DANILO LEAL LUSTOSA (DNOS), ORLANDO TEIXEIRA SOARES MOREIRA (CEDAE) e AMARÍLIO PEREIRA DE SOUZA (FEEMA), escolhidos respectivamente, presidente, secretário e coordenador geral das Normas de Esgotos Sanitários da referida Comissão, que tem a finalidade de elaborar entre outras, as normas para projetos de sistemas públicos de esgotos sanitários.

Tomaram parte nos trabalhos relativos à norma em epígrafe, os seguintes especialistas e entidades, segundo o esquema abaixo:

Autor do texto base - Eng^o Max Lothar Hess; Supervisor da Norma - Eng^o Eduardo Pacheco Jordão (SUDEBAR); Especialistas convidados - Eng^o Constantino Arruda Pessôa (FEEMA); Eng^o Sidney Rosas de Sá (BNH-CEDAE); Eng^o Máximo de Barros e Silva (SUDENE); Eng^o Manoel José dos Santos Mendonça (CEDAE); Eng^o Miguel Zwi (SABESP); Eng^o Antonio Luiz Valente do Couto (SABESP); Eng^o Luiz Cláudio Perez (CETESB); Eng^o Luiz Leal Netto Machado (BNH); Eng^o Francílio Paes Leme (CEDAE).

1. OBJETIVO

1.1 Esta Norma tem por objetivo estabelecer os requisitos mínimos a serem exigidos na elaboração de projetos hidráulico-sanitários de sistemas de tratamento de esgotos sanitários.

2. CAMPO DE APLICAÇÃO

2.1 Esta Norma se aplica aos sistemas convencionais de tratamento de esgotos sanitários de cidades ou de bacias de esgotamento.

2.2 As estações elevatórias de esgoto bruto são objeto da Norma "P-NB-569, elaboração e apresentação de projetos hidráulicos de sistemas públicos de bombeamento e emissários de esgotos sanitários".

3. TERMINOLOGIA

3.1 Para efeito da presente Norma será adotada a seguinte terminologia:

3.1.1 Estação de tratamento de esgotos sanitários, abreviadamente E T E, é a unidade ou o conjunto de unidades destinadas a condicionar os esgotos sanitários de forma tal que produzam nos corpos de água receptores, efeitos compatíveis com as exigências legais e/ou com a utilização desses corpos de água, a jusante.

3.1.2 Esgotos Sanitários são os despejos líquidos de residências e prédios podendo-se incluir quantidades menores de águas de chuva, de superfícies e de lençóis subterrâneos, que não são admitidas intencionalmente, bem como quantidades inexpressivas de despejos industriais.

3.1.3 Processos de tratamento são formas particulares de se obter o condicionamento dos esgotos, envolvendo operações unitárias e/ou processos unitários.

3.1.4 Operações unitárias são aquelas constituídas por fenômenos físicos.

3.1.5 Processo unitário são aqueles constituídos por processos de natureza química ou biológica.

3.1.6 Sistema de tratamento de esgotos sanitários é o processo ou o conjunto de processos de tratamento que se integram em uma E T E.

3.1.7 Sistemas convencionais de tratamento de esgotos sanitários são aqueles constituídos por processos convencionais de tratamento, que se relacionam abaixo:

a. tratamento preliminar, compreendendo a remoção de sólidos grosseiros por gradeamento e a remoção de areia por desarenação;

b. tratamento primário, compreendendo a remoção de sólidos sedimentáveis por decantação, o condicionamento do lodo por digestão anaeróbia ou aeróbia, e sua remoção de umidade, por espessamento, por gravidade, secagem natural ou disposição em lagoas;

c. tratamento secundário, compreendendo a remoção de matéria orgânica por atividade biológica.

3.1.8 Órgãos complementares e componentes dos sistemas e processos de tratamento são unidades do sistema ou processo cujo fim é transportar, desviar ou elevar o esgoto, e interligar as unidades de tratamento, e/ou efetuar o controle da operação da ETE.

3.1.9 Grau de tratamento ou eficiência de tratamento é a relação expressa em percentagem, entre a redução dos valores dos parâmetros característicos do esgoto, como a matéria em suspensão (MS) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), após o tratamento, e esses mesmos valores para esgoto bruto, isto é, não tratado.

3.1.10 Sistemas conjungados de tratamento - são sistemas de tratamento em que duas ou mais operações e/ou processos unitários são realizados em unidades que compõem uma única estrutura; algumas vezes chamados de estações compactas de tratamento.

3.1.11 Diâmetros de sedimentação é o diâmetro de uma esfera com mesmo peso específico que o material em consideração, que sedimenta com igual velocidade.

3.1.12 Fator de carga é a relação entre a matéria orgânica expressa em Kg DBO/d e a quantidade de organismos, expressa em Kg de Sólidos em Suspensão Voláteis no tempo de corrosão (SSVTA).

4. DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS HIDRÁULICO-SANITÁRIOS

4.1 Elementos Necessários

Para o desenvolvimento dos projetos hidráulico-sanitários das ETEs considera-se essencial o conhecimento de um certo número mínimo de elementos no início do plano, e sua estimativa para as fases posteriores.

4.1.1 O Relatório Preliminar de concepção do sistema de esgotos da área de projeto.

4.1.2 A população contribuinte à ETE, no início do plano, no fim do plano e em etapas intermediárias.

4.1.3 As vazões de esgotos relativas à população contribuinte à ETE, para os vários estágios do plano.

4.1.4 A localização, classificação e concentração industrial na área contribuinte à ETE.

4.1.5 As vazões de despejos industriais, para os vários estágios do plano.

4.1.6 As características previstas do esgoto afluente à ETE, para os vários estágios do plano.

4.1.7 As exigências legais referentes ao destino final do esgoto tratado.

4.1.8 O(s) ponto(s) de lançamento e o(s) respectivos(s) corpo(s) receptor(es) definidos no relatório preliminar de concepção.

4.1.9 O zoneamento dos usos da água na região que possa ser afetada pelo lançamento dos esgotos.

4.1.10 As características do corpo receptor, que são alteradas pelo lançamento dos esgotos e que possam interferir com os usos da água.

4.1.11 O regime de escoamento e/ou circulação das águas do corpo receptor.

4.1.12 A(s) áreas disponível(is) para construção da ETE.

4.1.13 Sondagens preliminares de reconhecimento do subsolo na área da ETE.

4.1.14 O levantamento topográfico da área disponível, com curvas de nível de metro em metro em escala de 1:1000.

4.1.15 Cota de enchente máxima, do corpo receptor, ou o regime de maré.

4.2 Atividades Necessárias

Para o desenvolvimento dos projetos hidráulico-sanitários da ETE consideram-se necessárias as seguintes atividades:

4.2.1 Selecionar e interpretar os elementos disponíveis para projeto.

4.2.2 Fixar os graus de tratamento necessário.

4.2.3 Definir as alternativas de processos de tratamento, para a fase líquida e para a fase sólida.

4.2.4 Selecionar os parâmetros de dimensionamento da ETE e fixar os seus valores.

4.2.5 Predimensionar as unidades dos processos definidos.

4.2.6 Elaborar arranjo em planta das diversas unidades.

4.2.7 Elaborar o perfil hidráulico preliminar para as diversas alternativas.

4.2.8 Avaliar os custos totais para as diversas alternativas.

4.2.9 Efetuar a comparação técnico-econômica e escolher a alternativa.

4.2.10 Dimensionar e anteprojetar as diversas unidades; órgãos complementares e componentes.

4.2.11 Escolher os equipamentos e especificar as características que interferem com o projeto hidráulico-sanitário.

4.2.12 Ajustar o arranjo das unidades levando em conta a circulação de pessoas e veículos e o tratamento arquitetônico-paisagístico.

4.2.13 Elaborar o perfil hidráulico em função do arranjo definitivo.

4.2.14 Elaborar relatório de projeto hidráulico-sanitário da ETE, justificando o grau de obediência ao relatório preliminar de concepção do sistema.

5. CONDIÇÕES GERAIS

5.1 O Projeto hidráulico-sanitário da ETE só se fará na existência do Relatório Preliminar.

5.2 No dimensionamento das unidades de tratamento, órgãos complementares e componentes, serão levados em conta entre os elementos obtidos, os seguintes parâmetros básicos: as vazões máxima, média e mínima, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), a matéria em suspensão (MS, medida em mg/l), e os sólidos sedimentáveis (SS, medidos em ml/l).

5.3 Com exceção dos casos especiais devidamente justificados, deverão ser adotados, em relação à vazão, os seguintes critérios de dimensionamento:

5.3.1 Deverão ser dimensionados pela vazão máxima:

- a. Estações elevatórias e de recalque (ver P-NB-569);
- b. Canalizações;
- c. Grades;
- d. Desarenadores;
- e. Decantadores primários;
- f. Tanques de lodos ativados com menos de 1,5 horas de tempo de aeração (base vazão máxima) ou com tempo de aeração inferior ao período de duração do pico de vazão, e decantadores secundários correspondentes;
- g. Medidores;
- h. Vertedores de entrada e de saída.

5.3.2 Deverão ser dimensionados pela vazão média:

- a. Espessadores de lodo;
- b. Tanques de lodos ativados com mais de 1,5 horas de tempo de aeração, ou com tempo de aeração superior ao período de duração do pico de vazão, e decantadores secundários correspondentes;
- c. Filtros biológicos;
- d. Todas as unidades e canalizações precedidas de tanques de acumulação e descarga em regime de vazão constante;
- e. Estações elevatórias e canalizações de recirculação de lodo ou de efluente em unidades de tratamento biológico.

5.3.3 Todas as unidades e canalizações de uma estação de tratamento serão verificadas para as condições mais desfavoráveis de carga hidráulica (vazão máxima), de carga orgânica (DBO máxima) e de máxima produção de lodo, devendo ser examinado o comportamento das unidades assim pré-dimensionadas na ocorrência das vazões mínimas.

5.3.4 A não ser nos casos em que haja determinação direta, admitir-se-á o valor da DBO igual a 54 g/hab.d.

5.4 Na localização das unidades da ETE deve-se atender a possibilidade de modulação da estação, para várias etapas de crescimento; a modulação deverá ser prevista tendo em conta a uniformização dos equipamentos da ETE, e as facilidades de ampliação, não se perdendo de vista o aspecto de economia de escala a que se pode obter com unidades de grande porte.

5.5 As ETEs deverão ser dotadas de condutos de desvio ("by-pass"), atendendo as seguintes condições:

a. existência, sempre, de um "by-pass" principal na entrada da ETE, que permita a completa exclusão da mesma; neste caso deverá ser dotado de grades de barras de espaçamento igual ou inferior a 25mm, sendo prevista a possibilidade de remoção do material retido.

b. existência de um "by-pass" para cada conjunto de unidades da ETE que compõem uma mesma operação unitária, com capacidade justificada.

5.6 As unidades de tratamento da ETE deverão possuir sistemas de comportas de isolamento que permitam sua retirada de funcionamento para atender a inspeções ou manutenção. Neste caso o esgoto afluyente será convenientemente encaminhado ao "by-pass" do conjunto de unidades ou a uma segunda unidade do conjunto.

5.7 Em qualquer projeto de estação de tratamento deve ser incluído um sistema de medição de vazão, compatível com a grandeza da própria ETE. Este sistema abrangerá:

- a. medição de vazão afluente e/ou efluente dos esgotos.
- b. medição de vazão do lodo ativado recirculado e em excesso no caso de processo de lodos ativados, excluindo-se os sistemas conjugados de tratamento.
- c. medição de vazão do lodo a ser tratado por processos biológicos, químicos ou térmicos.

5.8 Além do controle de vazão, a possibilidade de um controle adequado da operação deverá ser previsto, seja pela instalação de sensores indicativos de alguns parâmetros de controle, seja pela previsão de um laboratório, compatível com a grandeza da ETE.

5.9 Quando não referido diretamente nas condições específicas desta Norma, as velocidades nas canalizações entre unidades serão:

- a. superiores a 1,00 m/s na vazão máxima
- b. superiores a 0,60 m/s nas vazões médias
- c. superiores a 0,45 m/s nas vazões mínimas.

5.10 Em qualquer unidade da ETE o acesso do operador deve ser fácil e adequadas as condições de segurança, ventilação e iluminação. O acesso a qualquer unidade através de escadas tipo "marinheiro" não é permitido.

5.11 Nos casos em que ocorrerem condições favoráveis ao desprendimento de gases, deve ser previsto:

- a. instalações elétricas a prova de explosão;
- b. ventilação forçada, em particular nos ambientes confinados.

5.12 O relatório de projeto hidráulico-sanitário da ETE deverá ser apresentado compreendendo as seguintes partes:

5.12.1 Memorial descritivo e justificativo.

- 5.12.2 Memória de cálculo hidráulico-sanitário das unidades.
- 5.12.3 Fluxograma do processo com representação esquemática das unidades, órgãos complementares e componentes.
- 5.12.4 Perfil hidráulico da fase líquida e da fase sólida, cotado e referido ao RN de Projeto, a partir dos níveis de água no canal afluente até os níveis de água no corpo receptor.
- 5.12.5 Planta de situação da ETE em relação à área de projeto e ao corpo receptor.
- 5.12.6 Planta de locação das unidades.
- 5.12.7 Planta de escavações e aterros necessária à estimativa de terra.
- 5.12.8 Plantas, cortes e detalhes das unidades, órgãos complementares e componentes em escala e grau de detalhamento tais que permitam a perfeita compreensão do mesmo pelos profissionais encarregados do projeto executivo da ETE.
- 5.12.9 Especificações de materiais que influem diretamente no projeto hidráulico-sanitário.
- 5.12.10 Especificações de equipamentos que influem diretamente no projeto hidráulico-sanitário.
- 5.12.11 Orçamento preliminar dos seguintes itens: movimento de concreto, equipamentos, canalizações, válvulas e comportas.
- 5.12.12 No casos em que houver disposição de algum material, como o retido nas barras das grades, nos desarenadores, no condicionamento do lodo, os seguintes pontos devem ser esclarecidos:
- a. no caso do método de disposição ser aterro sanitário, deverá ser indicada em planta a área destinada ao mesmo bem como deverão ser fornecidas instruções para a execução de tal aterro e os meios de transporte.

b. no caso do método de disposição ser através do sistema da coleta de lixo da cidade, deverá ser juntada, como anexo ao memorial, uma declaração da administração desse serviço público ou da concessionária, se for o caso, de que está aparelhada e disposta a realizar a coleta, transporte e disposição final do material gradeado.

c. no caso do método de disposição ser através de incineração, deverão ser apresentados os cuidados especiais tomados que evitarão a eventual poluição atmosférica, ou incômodo à vizinhança, e indicado o destino final das cinzas, observadas ainda as exigências das alíneas a e b.

6. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

6.1 Grades e canais afluentes

6.1.1 As observações pertinentes à normalização de Grades para Estações Elevatórias de Esgotos são válidas para o caso de Grades em Estações de Tratamento. (ver P-NB-569). Devem ser observados ainda nesta Norma os preceitos relativos a canais afluentes.

6.2 Desarenadores

6.2.1 Esta Norma abrange apenas os desarenadores de retenção de areia por gravidade e de movimento helicoidal ("desarenadores aerados"); desarenadores de outros tipos, comumente patenteados, não são objeto desta norma.

6.2.2 Os desarenadores devem ser projetados para remoção de partículas com mais de 95% em peso com diâmetro de sedimentação igual ou superior a 0,2 mm e peso específico igual a 2,65 kG/l., salvo quando determinação feita indicar a conveniência da remoção de partículas com outros diâmetros.

6.2.3 Os desarenadores deverão ser projetados para a vazão máxima de projeto.

6.2.4 Desarenadores de retenção de areia por gravidade:

- a. A seção de escoamento deverá ser tal que, com qualquer vazão, a velocidade média de escoamento seja de 0,30 m/s com um mínimo de 0,20 m/s e máximo de 0,40 m/s; para tanto é obrigatório uso de um dispositivo de controle a jusante.
- b. No fundo deverá ser previsto um espaço para acumulação de material decantado de no mínimo 0,20m. de profundidade e ao longo de todo o canal.
- c. Em instalações de tratamento com vazões máximas inferiores a 50 litros por segundo, os desarenadores por gravidade serão de limpeza manual; para vazões máximas superiores a 150 l/s serão de limpeza mecanizada; para vazões intermediárias se justificará a solução adotada.
- d. No caso de um único desarenador ser suficiente na estação, deverá ser prevista uma unidade adicional para situações de emergência; o desarenador adicional poderá ser de limpeza manual.

6.2.5 Desarenadores Aerados

- a. A seção transversal do canal do desarenador deverá ser tal que resulte uma velocidade longitudinal inferior a 0,25 m/s com vazão máxima de projeto;
- b. A quantidade de ar injetada deverá ser regulável de tal maneira a produzir uma velocidade tangencial periférica variável de zero a 0,40 m/s.
- c. O tempo de detenção, com vazão máxima, não poderá ser inferior a 120 segundos;
- d. A areia depositada na canaleta de retenção poderá ser removida por descarga hidrostática ou por dispositivos mecânicos.

6.3 Decantadores Primários

6.3.1 Fica a critério do projetista o uso de decantadores retangulares ou circulares, de fluxo predominantemente horizontal ou vertical, bem como a forma de remoção do lodo retido, ser mecanizada ou não, obedecidas as prescrições e restrições constantes desta Norma. Em qualquer caso, porém, a escolha deverá ser justificada.

6.3.2 Remoção do Lodo e da Escuma

6.3.2.1 Decantadores com capacidade até 500 m^3 podem ser projetados com ou sem remoção mecanizada de lodo; para capacidades acima de 500 m^3 é obrigatória a remoção mecanizada.

6.3.2.2 Os decantadores devem ter dispositivo para interceptar a escuma flutuante sobre a superfície do líquido, a fim de não ser carregado com o efluente; no caso dos decantadores com remoção mecanizada de lodo, devem ter também dispositivo para a remoção mecanizada de escuma.

6.3.2.3 O aparelhamento mecanizado para a remoção do lodo de fundo dos decantadores deverá ter uma velocidade inferior a 20 mm/s , no caso dos decantadores deverá ter uma velocidade inferior a 20 mm/s , no caso dos decantadores retangulares, e uma velocidade periférica inferior a 40 mm/s no caso dos circulares.

6.3.3 Relação entre dimensões

6.3.3.1 As dimensões dos decantadores com capacidade inferior a 100 m^3 devem obedecer ao disposto na Norma NB-41 (Normas para Construção e Instalação de Fossas Sêpticas), salvo justificativa.

6.3.3.2 As dimensões dos decantadores com capacidade superior a 100 m^3 devem obedecer a:

- a. no caso de decantadores retangulares, a relação comprimento/profundidade deverá ser superior a 4:1 e a relação largura/profundidade deverá ser superior a 2:1;

- b. no caso de decantadores de remoção manual de lodo ou por carga hidrostática a profundidade mínima será de 1,50 m; no caso de decantadores de remoção mecanizada do lodo a profundidade mínima será de 2,0 m;
- c. os poços de acumulação e adensamento de lodo deverão ter paredes com inclinação de pelo menos 1,5 vertical para 1,0 horizontal, e seu volume não deverá ser considerado na determinação da capacidade do decantador;
- d. os poços de acumulação e adensamento do lodo deverão ter seu vértice truncado, de maneira a resultar uma dimensão horizontal mínima de 0,60 m de lado ou de diâmetro e a profundidade máxima de 4,0 m, salvo quando justificado, sendo a inclinação das paredes pelo menos 1,5 vertical para 1,0 horizontal;
- e. as tubulações de descarga de lodo deverão ter um diâmetro mínimo de 150 mm; as tubulações de transporte por gravidade deverão ter uma declividade mínima de 0,03 m/m, e velocidade de escoamento superior a 1,8 m/s, prevendo-se caixas de passagem na descarga do lodo para permitir sua observação.

6.3.4 Critérios de dimensionamento

6.3.4.1 Os decantadores primários deverão ser dimensionados pela vazão máxima:

- a. No caso de decantadores primários não seguidos de tratamento biológico, a taxa de aplicação por unidade de superfície não deve exceder a $25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$;
- b. no caso de decantadores primários que precedem unidades de filtro biológico ou de lodos ativados, a taxa de aplicação por unidade da superfície não deve exceder a $60 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$ nem ser inferior a $30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$.

6.3.4.2 Gráficos como os do Anexo, que relacionam a eficiência da sedimentação com a taxa de aplicação e com o tempo de detenção, podem ser utilizados como critério de dimensionamento.

6.3.4.3 A velocidade horizontal junto ao fundo de decantadores primários não deve ultrapassar a 20 mm/s, sendo toleradas velocidades até 50 mm/s no caso de não haver lodo de decantadores secundários misturados com os do primário.

6.3.4.4 A taxa de escoamento através dos vertedores de saída não deve ultrapassar 30 m³/hora por metro de vertedor, sendo recomendados para a mesma valores abaixo de 10 m³/h.m. Valores superiores devem ser verificados experimentalmente.

6.3.4.5 O emprego de um único decantador só é admitido para vazões máximas de projeto inferiores a 250 l/s.

6.4 Filtros Biológicos

6.4.1 Os filtros biológicos poderão ter meio suporte constituído de material natural, como seixos, pedra britada, escória de alto-forno, ou de material artificial, como os moldados em plástico. No caso de material natural, a dimensão média deverá ser de 50 a 100 mm, e tão uniforme quanto possível evitando-se peças chatas ou com faces horizontais. No caso do uso de material artificial, o tipo empregado deverá ter sido previamente utilizado ou testado em instalação piloto.

6.4.2 Os filtros biológicos terão forma circular em planta, e a aplicação do esgoto a tratar deverá se dar uniformemente sobre a superfície do meio suporte por meio de distribuidores rotativos acionados pela reação dos jatos. Um distribuidor parado deve ser projetado para dar partida com uma carga hidrostática de até 0,60 m e deve continuar em movimento com uma carga de 0,20m.

6.4.3 Os filtros são dimensionados considerando a vazão média.

6.4.4 Quando efluentes de tratamento não necessitarem apresentar valores de DBO₅ inferiores a 40mg/l, pode-se utilizar filtros biológicos de baixa capacidade, sem recirculação, os quais deverão ser dimensionados para uma taxa de aplicação orgânica expressa em DBO

por unidade de volume entre 200 e 400 g/m³ dia, e taxa de aplicação hidráulica entre 0,8 e 2,2 m³/m² dia, salvo justificativa. Quando for necessário um grau de tratamento mais elevado ou quando a carga hidráulica mínima não for exequível, deve-se recircular parte do efluente, justificando-se a relação de recirculação adotada. Nestes casos em que se utiliza filtros de alta capacidade as taxas de aplicação orgânica e hidráulica deverão manter-se respectivamente entre 500 e 1800 g de DBO/m³ dia e superior a 20 m³/m² dia, salvo justificativas e salvo, no caso de meio plástico, quando as taxas devem ser fruto de experiências típicas para o material a ser usado. Em qualquer caso, para o meio suporte natural, a altura deste deverá ser entre 1,50m e 3,5m, salvo justificativa em contrário.

6.4.5 O emprego de filtros em série deve ser justificado, e a solução proposta comparada com outras opções, sob o aspecto técnico e econômico.

6.4.6 O emprego de filtros cobertos não é permitido, salvo quando existirem condições extremas que o obriguem; neste caso deve ser apresentada uma justificativa técnica e econômica da solução.

6.4.7 Ventilação

6.4.7.1 O fundo dos filtros deve ser conformado de maneira a garantir um mínimo de 30% de vazios para a circulação de ar. Se o meio de suporte for cercado de uma parede, esta deverá ter na sua parte inferior aberturas para passagem de ar, totalizando uma área de pelo menos 1% da área horizontal ocupada pelo filtro.

6.4.7.2 Filtros cobertos devem ter dispositivos de ventilação que garantam um movimento vertical de ar com velocidade mínima de 0,30m/minuto. A ventilação artificial não tem influência sobre a eficiência do filtro considerado descoberto.

6.4.8 Sistema de Drenagem

6.4.8.1 O sistema de drenagem do esgoto percolado através do meio suporte deve ser disposto de forma a cobrir toda a área do piso do filtro.

6.4.8.2 Os drenos deverão ter uma declividade mínima de 1%, e as canaletas do efluente propiciar uma velocidade superior a 0,60m/s.

6.4.8.3 O sistema de drenagem e as canaletas do efluente devem ser dimensionadas de forma tal a que sua seção molhada não seja superior a 50% de sua seção transversal, na vazão de projeto nela considerada a recirculação, permitindo assim livre circulação do ar.

6.4.8.4 Deve prever a possibilidade de se efetuar a limpeza do sistema de drenagem.

6.4.9 A concepção o permitindo, em filtros não coberto deve-se prever formas de inundá-lo, com o propósito de controlar o crescimento das larvas de moscas; em filtros cuja concepção não permita, o projetista deverá acrescentar a metodologia do controle.

6.5 Lodos Ativados

6.5.1 São aqui abrangidos o processo convencional de lodos ativados, como todas as suas modificações, inclusive aeração prolongada ou, oxidação total. Em projeto, a escolha de uma das formas ou variações do processo deve ser justificada sob os aspectos técnico e econômico.

6.5.2 No projeto das unidades os seguintes aspectos devem ser tomados em conta e justificados:

- a. equipamentos de aeração
- b. oxigênio a ser fornecido
- c. sólidos em suspensão no tanque de aeração
- d. fator de carga
- e. tempo de aeração
- f. densidade de potência
- g. flexibilidade de operação
- h. pretratamento

6.5.3 Equipamentos de aeração

6.5.3.1 Os seguintes tipos são aceitos:

- a. equipamentos de introdução de ar difuso
- b. equipamentos de introdução de ar por bolhas grosseiras
- c. equipamento de introdução de oxigênio puro
- d. equipamentos de agitação por rotores de eixo vertical
- e. equipamentos de agitação por rotores de eixo horizontal
- f. equipamentos empregando combinação dos anteriores

6.5.3.2 A proposição de outros tipos que não os listados no item 6.5.3.1 deve ser justificada com indicação de experiências e/ou dados comprobatórios da eficiência esperada.

6.5.3.3 No caso específico dos rotores de aeração deve ser conhecida sua capacidade em KgO_2/kWh , determinada em tanque com água limpa, a 20°C , com densidade de potência entre 30 e 50 W/m^3 , na ausência de oxigênio dissolvido.

6.5.3.4 A capacidade de transferência de oxigênio de que trata o item 6.5.3.3, para o esgoto a tratar, nas condições de operação, deverá levar em conta:

- a. o tipo de esgoto a ser tratado, devendo o fator de correção para o esgoto doméstico ser entre 0,8 e 0,9.
- b. a temperatura T do esgoto, devendo o fator de correção em relação aos ensaios a 20°C , ser de $1,02^{(T-20)}$
- c. a geometria do tanque de aeração
- d. a densidade da potência, medida em W/m^3 , no eixo do rotor.

6.5.3.5 Não se admite o uso de um motor acionando mais de um rotor de aeração, devendo existir um motor para cada rotor.

6.5.3.6 Os rotores de aeração de eixo vertical poderão ser de baixa ou alta rotação, neste último caso sendo desnecessário o emprego de redutores. Em qualquer dos casos deverá ser conhecida a zona de influência destes rotores.

6.5.3.7 Os rotores de aeração de eixo horizontal poderão ser de vários tipos, como de cantoneiras ou dentes de aço, barras de madeira, escovas de piaçava etc. Em qualquer dos tipos são válidas as observações pertinentes ao item 6.5.3.3, podendo neste caso a eficiência ser indicada sob a forma de $\text{kg O}_2/\text{metro de rotor}$.

6.5.3.8 No caso específico de sistemas de introdução de ar, o sistema de difusores e de tubulação deverá possuir uma capacidade 1,5 vezes a capacidade nominal necessária.

6.5.3.9 Os compressores ou sopradores utilizados em sistemas de introdução de ar deverão ser em tal número que seja permitido sua melhor utilização para atender às variações de carga orgânica; considerando a maior unidade fora de serviço, as demais deverão ter capacidade para produzir a quantidade total máxima de ar necessário.

6.5.3.10 Os difusores poderão ou não ser do tipo removível para limpeza ou substituição, com a unidade em funcionamento; nos casos em que apenas um tanque de aeração é utilizado, os difusores obrigatoriamente o serão.

6.5.4 Oxigênio a ser fornecido

6.5.4.1 O oxigênio a ser fornecido dependerá da carga de DBO aplicada, do grau de tratamento, da quantidade de lodo mantida no tanque de aeração, devendo estes fatores serem levados em conta na sua determinação.

6.5.4.2 Em qualquer circunstância deve ser mantido um mínimo de 0,5 mg/l de OD no tanque de aeração.

6.5.5 Sólidos no Tanque de Aeração

6.5.5.1 É admitido um teor de sólidos em suspensão voláteis no tanque de aeração entre 1500 e 5000 mg/l, de acordo com as características próprias do processo sendo utilizado, devendo ser convenientemente justificado.

6.5.5.2 A manutenção desta concentração será obtida por meio de uma recirculação do lodo ativado secundário decantado, que expressa em percentagem da vazão média de esgoto, base de 24 horas, deve situar-se entre 20% e 100%. Os equipamentos de recirculação devem ser dimensionados para atender a pelo menos dois valores na faixa considerada.

6.5.6 Fator de Carga

6.5.6.1 Os tanques de aeração devem ser dimensionados para garantir as seguintes taxas de aplicação máximas de DBO_5 em relação aos sólidos em suspensão voláteis:

- a. entre 0,2 e 0,5 kg DBO/kg SSVTA dia para sistemas convencionais de lodos ativados de alta eficiência
- b. entre 0,5 e 1,0 kg DBO/kg SSVTA dia para sistemas convencionais de lodos ativados de menor eficiência
- c. entre 0,05 e 0,1 kg DBO/kg SSVTA dia para sistemas de aeração prolongada.

6.5.7 Tempo de aeração

6.5.7.1 Os tanques de aeração devem ser dimensionados para garantir os seguintes tempos de aeração, considerados em relação à vazão média afluente de esgoto:

- a. superior a 120 minutos para sistemas convencionais de lodos ativados de alta eficiência
- b. entre 60 e 120 minutos para sistemas convencionais de lodos ativados de menor eficiência
- c. superior a 8 horas para sistemas de aeração prolongada
- d. superior a 15 horas para sistemas de aeração prolongada com digestão incorporada à unidade de aeração

6.5.7.2 Em qualquer caso, os dimensionamentos dos tanques de aeração não devem ser feitos a partir do estabelecimento dos tempos de aeração, mas das características de degradação da matéria a ser tratada.

6.5.8 Capacidade de agitação

6.5.8.1 O sistema de aeração deve ser tal que se possa manter uma agitação completa no tanque, de modo a não permitir qualquer sedimentação e manter os flocos em contato íntimo com os organismos do meio.

6.5.8.2 No caso dos tanques compartimentados as densidades de potência (medidas em W/m^3) dos ensaios de fábrica dos aeradores deverá ser obedecido.

6.5.9 Flexibilidade de Operação

6.5.9.1 As linhas de alimentação de esgoto e de lodo ativado recirculado deverão ser previstas de modo a permitir, sempre que possível, flexibilidade de operação de variantes ao processo convencional.

6.5.9.2 Em instalações com capacidade superior a 300 l/s, deve-se prever dispositivos que possam fazer variar o teor de oxigênio dissolvido através da variação da imersão das palhetas do rotor de aeração ou da variação do ar insuflado.

6.5.10 Pré-tratamento

6.5.10.1 Os processos de lodos ativados convencionais pressupõem tratamento preliminar e decantação primária de esgotos. A aeração prolongada, no entanto, admite a supressão do tratamento primário. Independentemente da capacidade da estação, deve o projetista justificar a escolha da forma adotada, sob os aspectos econômico e de operação.

6.5.10.2 Constatada a eventual parcela, mesmo que em quantidades inexpressivas, de despejo industrial, devem os constituintes capazes de inibir o desenvolvimento do processo biológico, tais como óleos e graxas, metais, sulfetos, cloretos, fenóis, amônia, sais dissolvidos etc, ter suas características indicadas para o esgoto a ser tratado, e nos casos de necessidade, sofrerem a devida remoção prévia.

6.5.11 Sistemas Conjugados

6.5.11.1 Admite-se sistemas conjugados, isto é, arranjos em que o tanque de aeração e o decantador secundário constituem uma única

estrutura, sendo admissível até que uma unidade de digestão aeróbica e uma unidade de reaeração do lodo constituam também o conjunto.

6.5.11.2 Nos sistemas conjugados o lodo ativado deve, preferencialmente, retornar ao tanque de aeração por meio de um bombeamento ou "air-lift"; admite-se, no entanto, que o lodo recirculado alcance a zona de aeração por gravidade, e neste caso, a inclinação da parede divisória entre o tanque de aeração e o de decantação, bem como a inclinação da parede oposta a esta, isto é, a parede externa da zona de decantação, não deve ser inferior a 45°.

6.5.12 Valos de oxidação

6.5.12.1 Os valos de oxidação constituem uma forma particular de aeração prolongada, caracterizada por baixos custos de instalação, por tempos de aeração extensos, normalmente superiores a 15 horas e inferiores a 3 dias, por um elevado teor de SSVTA, em geral superior a 3,5 kg/m³ e por permitir um alto grau de estabilização de lodo, não sendo empregados decantadores primários.

6.5.12.2 Para vazões de até 20 l/s os valos podem ser ou não seguidos de decantação; para vazões acima de 20 l/s o uso de decantadores finais é obrigatório.

6.5.12.3 Em qualquer caso, o emprego ou não de decantadores finais deve ser justificado; no caso particular de não se utilizar decantadores, a operação do sistema deve ser sumariamente descrita pelo projetista.

6.5.12.4 Quando não forem empregados decantadores finais, podem ser previstos compartimentos de retenção de lodo no interior dos tanques, que não modifiquem a aeração e o escoamento.

6.5.12.5 Os equipamentos de aeração, adicionalmente à capacidade de transferência de oxigênio, devem manter a massa líquida em movimento, propiciando condições apropriadas para impedir a sedimentação de lodo no fundo dos tanques; para tanto, a velocidade de transferência deverá ser igual ou superior a 0,25 m/s.

6.5.12.6 Admite-se o uso de rotores de eixo horizontal ou vertical nos valos devendo em qualquer caso ser especificada a transferência de oxigênio esperada para a rotação e imersão do projeto.

6.5.12.7 Nos casos de emprego de rotores de eixo horizontal, a profundidade do valo não deverá ultrapassar 1,50m.

6.5.12.8 Nos casos de emprego de rotores de eixo vertical, a profundidade do valo não deverá ultrapassar 4,0m.

6.5.12.9 Nos casos de emprego de aeradores de eixo vertical, deverão ser satisfeitas, ainda, as seguintes condições:

a. Densidade de potência, expressa em Watts absorvidos eixo rotor, ou dos rotores, por m^3 de capacidade de tanque igual ou superior a $10 W/m^3$, devendo ser justificadas no caso da adoção de densidades menores.

b. Cada aerador deverá compreender um paralelepípedo ideal de água de projeção horizontal quadrada, proporcional a sua potência e profundidade igual à do tanque.

6.5.12.10 O excesso de lodo ativado de valos de oxidação e/ou de outros processos de aeração prolongada é considerado estável, para disposição final sem digestão, caso a idade desse lodo não seja inferior a 10 dias. Lodos com idades menores que esta devem ter justificada sua disposição final.

6.6 Decantadores Secundários

6.6.1 Nos casos normais, os decantadores secundários constituirão uma unidade independente na estação de tratamento, com forma e com características apropriadas à decantação e remoção de sólidos sedimentáveis formados em processos biológicos. Admite-se, no entanto, decantadores fazendo parte da mesma estrutura de um sistema conjugado e neste caso devem ser seguidas as prescrições de 6.5.11.

6.6.2 Decantadores com capacidade até 300 m^3 , podem ser projetados com ou sem remoção mecanizada de lodo; para capacidade superior a 300 m^3 é obrigatória a remoção mecanizada do lodo.

6.6.3 Decantadores de capacidade até 300 m^3 , não mecanizados, devem ser preferivelmente do tipo cônico ou piramidado com fluxo predominantemente vertical (tipo "Dortmund").

Neste caso se observará ainda:

a. A inclinação das paredes deverá ser mais acentuada do que 1:1,4 (horizontal/vertical), ou no mínimo igual a este valor. Neste caso a remoção de lodo será por carga hidrostática.

b. A carga hidrostática mínima para descarga do lodo será de 1,5 metros.

c. A canalização de lodo secundário, com escoamento por gravidade, deverá ter diâmetro mínimo de 150mm e declividades mínimas de 0,02 m/m.

6.6.4 Decantadores retangulares não mecanizados poderão ser empregados em lugar de decantadores cônicos, tendo descarga de lodo por gravidade, obedecidas as restrições de 6.6.2. Neste caso, devem se observar as seguintes condições:

a. O fundo deverá ser na sua totalidade constituído por poços piramidados de lodo, com tubos de descarga individuais;

b. A relação comprimento/profundidade do decantador deverá ser no mínimo de 4:1;

c. A relação largura/profundidade, deverá ser superior a 2:1.

6.6.5 Decantadores retangulares mecanizados com removedores de movimento longitudinal devem ter os mecanismos das diversas unidades com seus movimentos escalonados, de forma a descarregarem o lodo de cada decantador sucessivamente um após o outro, em intervalos de tempo uniformes.

6.6.6 Decantadores circulares mecanizados poderão possuir poço central para acumulação do lodo raspado no fundo, por meio de uma lâmina, ou sistema de remoção contínua ao longo de todo o raio e da periferia do tanque, por meio de dispositivos de sucção ou "air-lift". No primeiro caso, o fundo do decantador deverá ter uma declividade mínima.

6.6.7 Decantadores mecanizados deverão ter:

- a. Profundidade mínima de 2,0 metros, atendendo ainda as necessidades do equipamento utilizado.
- b. O aparelhamento mecanizado para remoção de lodo do fundo do decantador com uma velocidade periférica inferior a 20 mm/s.
- c. Poços de acumulação de lodo, quando for o caso, deverão ter seu vértice truncado, de maneira a resultar uma dimensão mínima horizontal de 0,60 m de lado ou diâmetro, e profundidade máxima 4,00 m, salvo justificativa, sendo a inclinação das paredes pelo menos 1,5 vertical para 1,0 horizontal.
- d. As tubulações de descarga do lodo deverão ter um diâmetro mínimo de 150 mm; no caso de tubulações de transporte por gravidade, declividade mínima de 0,03 mm e velocidade de escoamento superior a 1,80 m/s.

6.6.8 Não existindo decantadores primários na estação de tratamento, os decantadores secundários deverão ter cortinas de retenção de espuma e meios de removê-la, de forma a impedir que esta saia junto com o efluente.

6.6.9 Taxas de aplicação por unidade de superfície devem estar entre 36 e 60 m^3/m^2 dia, para vazão máxima, no caso de processos biológicos convencionais, e entre 12 e 24 m^3/m^2 dia no caso de aeração prolongada.

6.6.10 Tempo de detenção não deve ser o parâmetro adotado para projeto. No entanto, decantadores secundários após filtros biológicos, deverão ter um tempo de detenção mínimo de 1,5 horas;

após lodos ativados o tempo de detenção mínimo será de 2 horas, sendo recomendáveis tempos mais longos quando for desejado um efluente de baixa turbidez.

6.7 Estabilização do lodo

6.7.1 O lodo extraído dos decantadores primários, e o lodo em excesso formado nos processos biológicos, devem ser estabilizados para disposição final.

6.7.2 Em casos especiais convincentemente justificados, poderá ser dispensada a estabilização do lodo antes de sua disposição, especialmente quando:

- a. For empregado para fins agrícolas, ou seja, irrigação, ou produção de "composto" com lixo;
- b. For feita a decomposição em locais distantes de aglomerações urbanas;
- c. For o caso de lançamentos subaquáticos, não havendo riscos para alterações ecológicas;
- d. For o caso de transferência para outras instalações de tratamento de lodo;
- e. No próprio sistema de aeração o lodo já tiver sido submetido a uma estabilização aeróbia, sendo a idade do lodo neste sistema superior a 10 dias.

6.7.3 Para condicionamento do lodo são aplicáveis os seguintes processos de estabilização:

- a. Digestão aeróbia;
- b. Digestão anaeróbia;
- c. Concentração até um teor de sólidos superior a 40%;
- d. Pasteurização, autoclavagem e tratamentos térmicos de natureza semelhante;

e. Adição de substâncias inibidoras da decomposição biológica, bioquímica e/ou química;

f. Outros, quando justificados.

6.7.4 Esta Norma abrange apenas os dois processos citados em 6.7.3, a e b, que são os processos convencionais normalmente empregados.

6.7.5 Digestão aeróbia

6.7.5.1 A digestão aeróbia deve ser feita em tanques com dispositivos de ar, oxigênio, capazes de garantir permanentemente um teor de oxigênio livre superior a 1,5 mg/l e uma completa mistura do lodo.

6.7.5.2 Os dispositivos de fornecimento de ar poderão ser rotores centrífugos ou difusores; neste último caso deverão ser de tipo "não entupível", com possibilidade de serem limpos, mantidos e substituídos sem o esvaziamento dos tanques.

6.7.5.3 O tamanho e as dimensões dos tanques de digestão aeróbia, bem como a capacidade dos dispositivos de aeração, deverão ser calculadas racionalmente e baseados em parâmetros específicos, como a quantidade de lodo a tratar, sua percentagem de sólidos, a redução de sólidos voláteis desejada, a temperatura.

6.7.5.4 Considera-se que a estabilização do lodo é adequada num sistema de digestão aeróbia quando o teor de sólidos voláteis é reduzido entre 35 e 50%, e este dado deve ser considerado como parâmetro de projeto.

6.7.6 Digestão anaeróbia

6.7.6.1 A digestão anaeróbia deverá ser feita em unidades isoladas da ação do ar e/ou de qualquer outra fonte de oxigênio livre.

6.7.6.2 Em instalações com capacidade inferior a 10.000 habitantes, a estabilização anaeróbia do lodo poderá ser realizada em tanques sépticos dimensionados de acordo com a norma NB-41.

6.7.6.3 Dentro dos limites e nas condições estabelecidas pela norma NB-41, a digestão anaeróbia poderá ser realizada na parte inferior de tanques de compartimentos superpostos.

6.7.6.4 Salvo convincentemente justificado, o tempo de digestão em função da temperatura, será o seguinte:

Temperatura, °C.....	15	20	25	30	35
Tempo de digestão, dias.....	60	45	30	27	20

6.7.6.5 A carga volumétrica de matéria orgânica, medida Sólidos em Suspensão Voláteis (SSV), a 20°C, será de, no máximo, igual a 2 kgSSV/m³ dia. Valores superiores poderão ser admitidos, desde que convincentemente justificados.

6.7.6.6 Os digestores anaeróbios devem preferencialmente permitir a introdução de lodo fresco em pelo menos duas alturas; deverão ter dispositivos comprovadamente eficientes para a remoção de espuma, de sobrenadante e de lodo digerido, em posições justificadas convincentemente.

6.7.6.7 Os digestores anaeróbios deverão ter, interna ou externamente, dispositivos capazes de propiciar uma revolução completa do conteúdo em um lapso de tempo máximo de três ou oito horas, conforme se trate de digestão de alta capacidade ou convencionais.

6.7.6.8 A forma dos digestores deverá ser tal a minimizar a necessidade de instalação de equipamentos para a remoção ou fluidificação (quebra) de espuma e para a remoção de areia.

6.7.6.9 Deverão ser instaladas canalizações ou dispositivos telescópicos capazes de propiciar a descarga de líquido sobrenadante em diversas alturas, totalizando pelo menos 20% da altura do digestor.

6.7.6.10 As válvulas de descarga de lodo digerido deverão ser instaladas em duplicata, podendo ser iguais ou não, sendo uma válvula substituível e de manobra, e outra, válvula de parada para permitir a substituição da primeira sem esvaziar o digestor.

6.7.6.11 Em instalações de capacidade superior a 50.000 habitantes deverá ser examinada a conveniência de estabilizar o loço em duas unidades em série denominadas digestores de primeiro e de segundo estágio, podendo o digestor de segundo estágio ser aberto, sem cobertura.

6.7.6.12 Precauções especiais deverão ser tomadas para prevenir a asfixia de operadores ou explosão das instalações devendo o memorial conter recomendações de manutenção somente por meio de ferramentas "brancas", que não emitam faúlhas quando se chocam contra superfícies sólidas.

6.7.6.13 A forma mais recomendada para digestores de capacidade inferior a 6.000 m³ é de um cilindro apoiado em/e encimado por paredes cônicas, sendo que, as paredes superiores formarão um ângulo de 45º com a horizontal, e as inferiores, um de 55º, no mínimo.

6.7.6.14 Digestores com capacidade superior a 6.000 m³ poderão ter formas especiais, quando justificado técnica e economicamente.

6.7.6.15 O aproveitamento do gás de digestão em geral não será considerado em instalações de capacidade inferior a 100.000 habitantes. Em instalações maiores deve ser justificado técnica e economicamente o emprego ou não do gás.

6.7.6.16 O gás não aproveitado deverá ser eliminado por queimadores ou dissipado na atmosfera, sem queima, desde que não cause perigo.

6.7.6.17 As canalizações de gás devem ser protegidas contra sobrepressão, subpressão (vácuo) e condensação de umidade, devendo ser munidas de medidores de gás e de válvulas corta-chamas.

6.7.6.18 Os queimadores de gás serão instalados a uma distância mínima de 20 m de qualquer unidade ou edifício da estação, devendo ser garantida uma pressão mínima de 0,15 de coluna de água no gás existente no interior do digestor, e impedida a entrada de ar dentro do mesmo.

6.7.6.19 Os digestores deverão ser dotados de uma visita lateral ao nível do terreno, através da qual um homem possa ter acesso para eventual manutenção e/ou retirada de areia.

6.7.6.20 A tubulação de lodo, no interior do digestor, deverá ter no mínimo 150 mm de diâmetro, incluída a tubulação de extravasão que é obrigatória.

6.7.6.21 Independentemente do 6.7.6.20, a tubulação de saída do lodo digerido deverá ser no mínimo de 200 mm de diâmetro, mesmo no caso de ligação entre digestores de primeiro e segundo estágio.

6.7.7 Adensamento

6.7.7.1 É facultado o espessamento do lodo, antes ou posteriormente ao processo de sua estabilização com fins de remoção parcial da unidade.

6.7.7.2 O espessamento do lodo poderá ser praticado em tanques de espessamento por gravidade ou por flotação ou pela elutriação do lodo. Estas Normas referem-se apenas aos processos por gravidade, considerados convencionais.

6.7.7.3 O adensamento por gravidade pode ser aplicado em lodo cru, em excesso de um processo biológico ou em uma mistura de ambos, devendo o dimensionamento das unidades de espessamento levar em conta o tipo e as características do lodo a ser tratado.

6.7.7.4 As unidades de espessamento por gravidade deverão ser circulares em planta, com equipamento para remoção mecanizada do lodo do fundo; este deverá ser do tipo convencional para arraste do lodo em decantadores sendo dotado de pontaletes verticais.

6.7.7.5 No dimensionamento das unidades de espessamento, os seguintes critérios deverão ser obedecidos:

- a. A taxa de aplicação de vazão por unidade de superfície não deverá exceder $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$ nem ser inferior a $25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$.
- b. A taxa de aplicação de sólidos por unidade de superfície deverá ser compatível com o tipo de lodo a ser tratado, devendo o valor adotado ter sido obtido em experiências de sedimentação com o lodo a ser produzido, ou justificado através da adoção de valores já consagrados para lodos análogos.
- c. O poço de acumulação do lodo no fundo deverá ser central, com inclinação de pelo menos 1,5:1 (vertical/horizontal), devendo ter seu vértice truncado, de maneira a resultar numa dimensão mínima de 0,60 m de lado ou de diâmetro e profundidade máxima de 4,0 m, salvo justificativa.
- d. A profundidade mínima do adensador deverá ser de 3,0 m atendendo ainda as necessidades do equipamento a ser nele instalado.
- e. A entrada do lodo a espessar deverá ser feita, preferencialmente, pelo fundo do espessador, admitindo-se no entanto, a entrada pela parte superior.
- f. As tubulações de lado deverão ter um diâmetro mínimo de 150 mm, e no caso de transporte por gravidade, uma velocidade de escoamento superior a 1,8 m/s, com declividade mínima de 0,03m/m, prevendo-se caixas de passagem para permitir observação e limpeza.
- g. O sobrenadante do espessamento deverá retornar à cabeceira da estação ou aos decantadores primários.

6.8 Remoção da umidade e disposição final

6.8.1 Ao lodo estabilizado deve ser dado existindo área disponível, de preferência um dos seguintes destinos:

- a. Acumulação em lagoas de lodo

b. Secagem natural

Outros processos, de natureza mecânica, ou de tratamento térmico, podem ser empregados, devendo ser técnico-economicamente justificados. Estes processos não são objeto desta Norma.

6.8.2 Lagoas de lodo

6.8.2.1 Lagoas de lodo destinadas a receber lodo não estabilizado só podem ser projetadas em locais afastados e não acessíveis ao público em geral e em que efeitos de ventos não transportem o cheiro desagradável e típico da fermentação anaeróbia a estradas, habitações ou pontos de lazer e recreação.

6.8.2.2 Junto às estações de tratamento, somente serão aceitas lagoas de lodo em que este tenha sofrido previamente um processo de estabilização.

6.8.2.3 As lagoas de lodo deverão ter, ao longo de um ou mais lados, entradas em diversos pontos, distantes entre si de, no máximo, 50 metros e nos diques opostos serão previstos dispositivos para remoção e drenagem do líquido sobrenadante, distantes entre si no máximo 100 metros.

6.8.2.4 As lagoas de lodo deverão ter uma profundidade máxima de 5 metros.

6.8.2.5 O líquido drenado deverá voltar para um ponto a montante dos decantadores primários ou aos tanques de aeração, caso aqueles não existam.

6.8.3 Leitões de secagem de lodo

6.8.3.1 Leitões de secagem natural somente poderão ser usados após prévia digestão do lodo.

6.8.3.2 As paredes divisórias entre os leitões de secagem de lodo podem ser taludes de terra, de alvenaria ou de concreto.

6.8.3.3 O número de leitos deverá ser igual ou maior do que dois.

6.8.3.4 A superfície total dos leitos de secagem de uma ETE será no mínimo:

a. 40 m² por 1.000 habitantes, para lodo de tratamento primário.

b. 60 m² por 1.000 habitantes, para lodo de estações de tratamento com filtros biológicos;

c. 80 m² por 1.000 habitantes, para lodo de estações de tratamento por lodos ativados.

6.8.3.5 A camada de lodo vertida em um leito não deve ter espessura superior a 30cm.

6.8.3.6 A subdivisão da área necessária em diversos leitos deve ser feita de maneira que nunca se tenha necessidade de lançar lodo molhado em um leito que ainda contenha lodo em fase de secagem.

6.8.3.7 A soleira drenante deverá ser projetada nas seguintes condições:

a. Será constituída de 3 camadas superpostas de areia com pelo menos 0,30m de espessura no total, com grãos de tamanho crescente de cima para baixo, variando de 0,5 mm na parte superior até 20 mm na parte inferior;

b. A superfície deve ser coberta com uma camada de tijolos deixando juntas de 40 mm cheias de areia de mesma granulometria que a camada superior;

c. A camada inferior deverá conter drenos de manilhas perfuradas ou de manilhas comuns com juntas abertas ou de telhas;

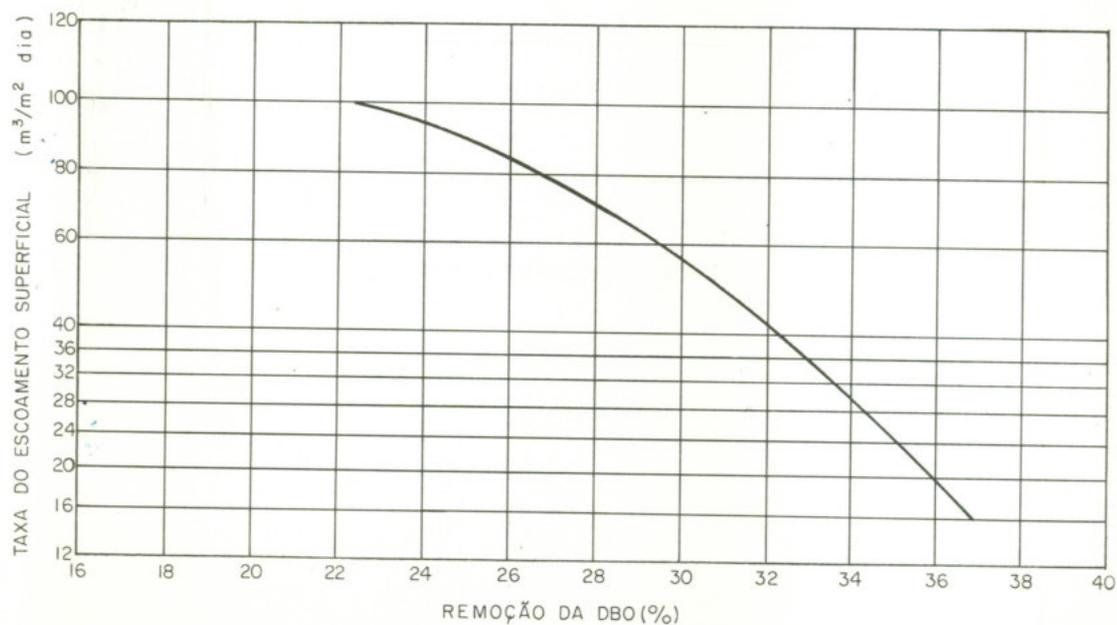
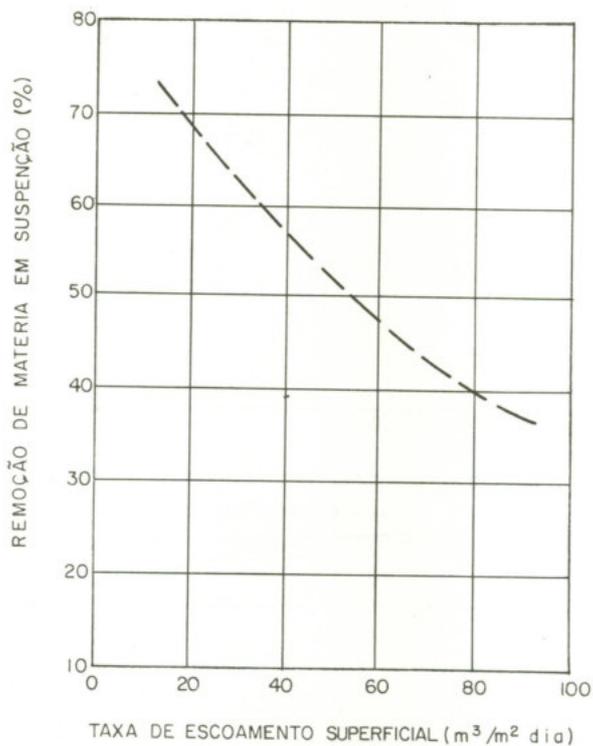
d. Os drenos não deverão estar distantes mais de 3 metros entre si e o seu diâmetro deverá ser no mínimo 100 mm.

6.8.3.8 As paredes ou diques deverão ter altura mínima de 0,70 m acima do topo da soleira drenante.

6.8.3.9 Deve ser explicitada pelo projeto o destino final a ser dado ao lodo seco.

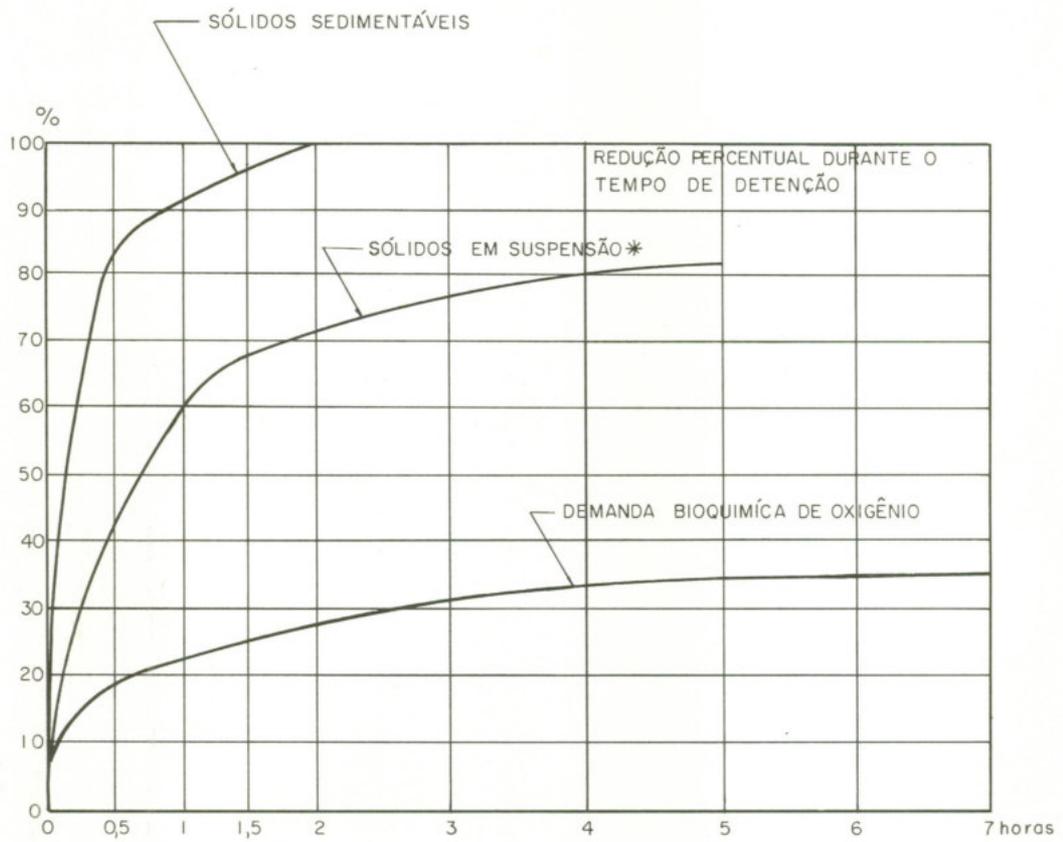
ANEXO 1

GRÁFICOS RELACIONANDO A TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL COM PERCENTAGENS DE REMOÇÃO DA MATÉRIA EM SUSPENSÃO (MS) E DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO₅)



ANEXO 2

GRÁFICO RELACIONANDO O TEMPO DE DETENÇÃO COM PERCENTAGENS DE REMOÇÃO DE MATÉRIAS EM SUSPENSÃO (MS) SEDIMENTÁVEIS (SS), E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO₅)



* MATÉRIA EM SUSPENSÃO