



NORMA TÉCNICA

L1.021

Dez/1989
57 PÁGINAS

Manual técnico de avaliação de desempenho de estações de tratamento de esgoto

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

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

SUMÁRIO	Página
INTRODUÇÃO	2
CAPÍTULO 1 - CONCEITUAÇÕES RELATIVAS A PROCESSOS	2
CAPÍTULO 2 - CONCEITUAÇÕES RELATIVAS A OPERAÇÃO E DESENPE NHO	7
CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO	15
ANEXO A - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE PAPEL DE PROBABILI DADE	46
ANEXO B - ILUSTRAÇÃO DA NORMA BRASILEIRA NB-570 DA ABNT - "ELABORAÇÃO DE PROJETOS HIDRÁULICO - SANITÁ RIOS DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANI TÁRIOS	49
ANEXO C - NORMAS TÉCNICAS CETESB SOBRE MÈTODOS DE ANÁLI SE DE ÁGUA	53
ANEXO D - BIBLIOGRAFIA	55

INTRODUÇÃO

Os objetivos deste Manual são:

- a) definir os métodos utilizáveis para avaliar o desempenho de estações de tratamento de esgotos e das unidades que as compõem;
- b) definir o campo de aplicação dos métodos utilizáveis;
- c) orientar a respeito da aplicação dos métodos em função do tamanho da estação de tratamento ou das unidades estudadas;
- d) orientar os responsáveis pelas estações de tratamento sobre as causas mais prováveis de um mau desempenho, e possíveis medidas corretivas.

Este Manual é aplicável a estações convencionais de tratamento de esgotos em grau primário, das quais podem fazer parte as seguintes unidades de tratamento:

- . grade
- . caixa de areia
- . decantador primário
- . filtro biológico
- . tanques de aeração
- . decantador secundário
- . digestor anaeróbico
- . leito de secagem

O fluxograma da ilustração 1 é indicativo de uma estação mais convencional.

CAPÍTULO 1

CONCEITUAÇÕES RELATIVAS A PROCESSOS

Este Manual abrange, tal como definido no seu campo de aplicação e na ilustração 1, o tratamento a nível primário e secundário.

O tratamento primário aqui abordado é constituído por processos físicos, e o secundário, por processos biológicos.

Nos processos físicos há uma predominância de fenômenos físicos caracterizados, principalmente, nos processos de remoção das substân

cias fisicamente separáveis dos líquidos, ou que não se encontram dissolvidas.

Nos processos biológicos há uma dependência da ação de microorganismos presentes no esgoto; os fenômenos inerentes à respiração e à síntese são predominantes na transformação dos componentes complexos em compostos mais simples. Na verdade, os processos biológicos procuram reproduzir em dispositivos racionalmente projetados os fenômenos biológicos observados na natureza, condicionando-os em área e volume economicamente justificáveis.

Na estação convencional cujo fluxograma constitui a ilustração 1 inclui-se como processos físicos:

- a remoção da parcela de matéria com suspensão ou em flutuação, no gradeamento;
- a remoção de sólidos sedimentáveis, na caixa de areia e no decantador primário;
- a remoção de umidade do lodo, no leito de secagem;
- no caso de utilização de digestor primário, surge a possibilidade de emprego de adensadores;

Como processos biológicos, inclui-se:

- a oxidação biológica, tanto na filtração biológica como no processo dos lodos ativados;
- a digestão anaeróbia do lodo, no digestor.

Conceitualmente a estação de tratamento primário abrange a remoção de sólidos grosseiros (no gradeamento a remoção da areia na caixa de areia), dos sólidos sedimentáveis (no decantador primário), bem como a digestão e a remoção da umidade desse lodo no digestor e no leito de secagem, respectivamente.

A remoção de sólidos pode ser classificada em grosseira e fina. O gradeamento grosseiro é realizado através de uma unidade constituída de uma série de barras paralelas igualmente espaçadas e que servem para reter os sólidos de diâmetros consideráveis. O gradeamento fino pode ser feito através de peneiras, chapas perfuradas ou através de grades com um espaçamento menor entre as barras.

O critério de dimensionamento da abertura das barras de uma grade é variável de acordo com as características da unidade ou equipamento que a segue e também com o tamanho mínimo do sólido que pode ser removido dos efluentes. Usualmente o espaçamento entre as barras da grade varia de 2 a 10 cm. A limpeza dos sólidos retidos na grade pode ser feita manualmente ou mecanicamente através da instalação de equipamentos de remoção de sólidos.

A remoção da areia (que na verdade poderia ser admitida juntamente com o gradeamento como um tratamento preliminar), poderá ser realizada em caixas de areia de funcionamento hidráulico ou mecanizado. Os decantadores primários podem também ser ou não de limpeza mecanizada.

A digestão, usualmente praticada nas estações convencionais de tratamento e aqui abordada, é a anaeróbia obtida em digestores únicos ou em séries neste último caso formada por digestores primários e secundários, que se caracterizam ainda pelo seu formato, tipo de cobertura, homogeneização do lodo, temperatura, etc.

Os tanques Imhoff constituem também uma forma de tratamento primário e se caracterizam por manterem, na mesma estrutura, sobrepostas, as unidades de decantação e de digestão.

A remoção da umidade do lodo é aqui abordada por meio de processo de secagem natural em leitos de secagem, intervindo os fenômenos de evaporação e infiltração como formas de perda de água do lodo digerido.

Os processos mecanizados não são abrangidos neste Manual.

O tratamento secundário, na forma convencional, é realizado por meio de processos de oxidação biológica, cujas duas alternativas mais clássicas são a filtração biológica e o processo dos lodos ativados.

O processo dos lodos ativados costuma ser aplicado, nas estações convencionais de tratamento, na sua forma clássica, com introdução de ar por agitadores mecânicos superficiais, ou por difusores.

O processo dos lodos ativados admite variações, algumas das quais chegam a constituir casos particulares com aplicações próprias, co com a aeração prolongada (por vezes chamada oxidação total) prati cadannas estações compactas de tratamento, e nos valos de oxidação de fluxo horizontal clássicos e de fluxo orbital.

Estes casos particulares não são objetivamente abordados neste Ma nual.

Como parte fundamental da estação de tratamento de grau secundá rio, o tratamento biológico da fase líquida engloba unidades de importância, como o filtro biológico e o decantador secundário, ou o tanque de aeração (de lodos ativados), o decantador secundário e a elevatória de recirculação, operadas e avaliadas como um siste ma global e não isoladas como se poderá eventualmente supor, uma vez que constituem parte fundamental do tratamento com todas as características de um processo biológico.

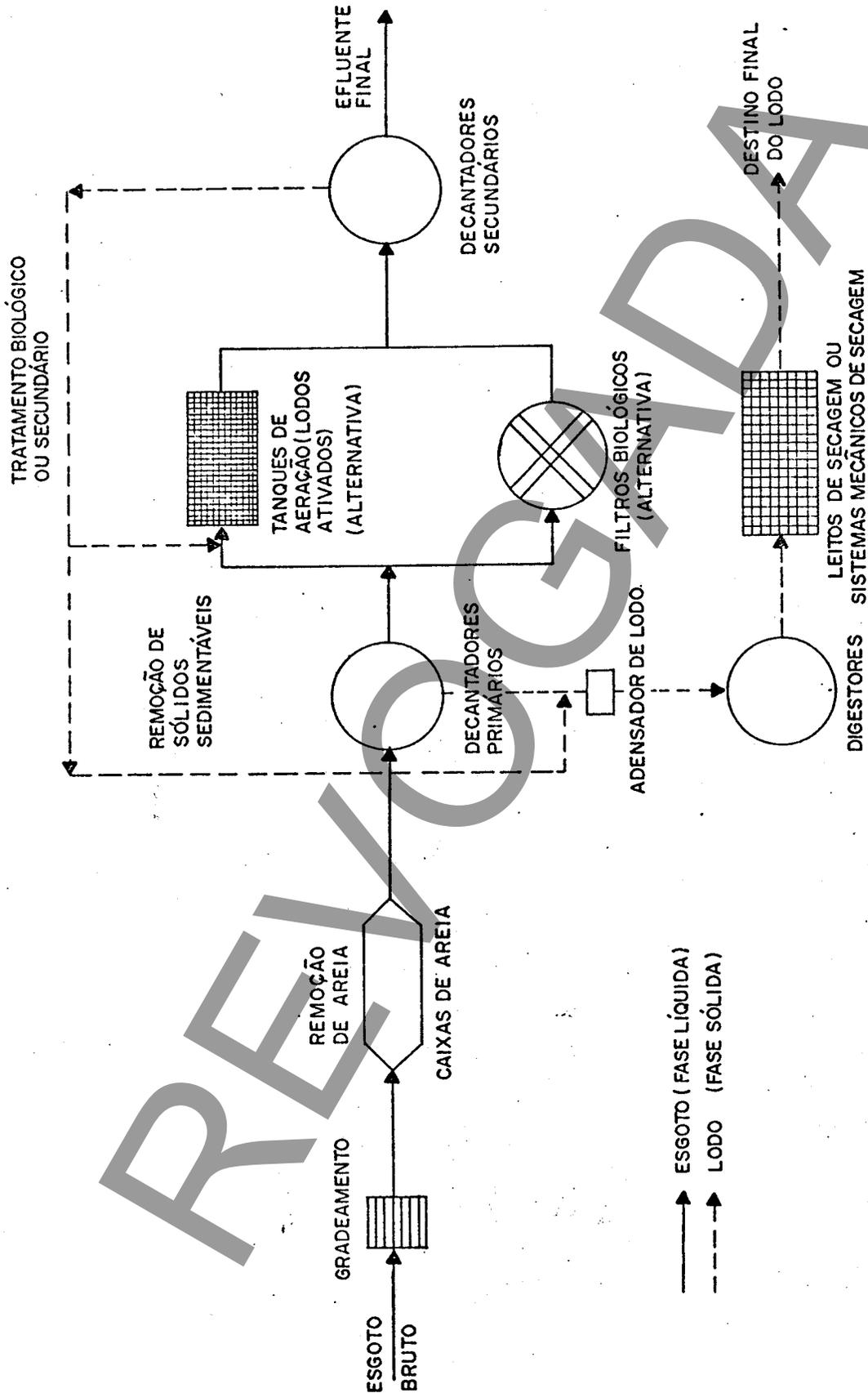


ILUSTRAÇÃO 1 - Fluxograma de uma estação de tratamento convencional de esgotos

CAPÍTULO 2

CONCEITUAÇÕES RELATIVAS A OPERAÇÃO E DESEMPENHO

A diferença entre um manual de Operação e um manual de Avaliação de Desempenho está em que o 1º (primeiro) discorre sobre os procedimentos que conduzem a um bom desempenho da ETE, e o 2º (segundo) indica formas e métodos de avaliação do referido desempenho. O presente Manual refere-se ao segundo caso.

O desempenho é um indicador do comportamento ou do trabalho efetivamente realizado pela ETE; mede, em geral, em unidades absolutas, a capacidade de tratamento (por exemplo em termos de vazão, Qm^3/s), e de remoção da carga de esgotos [por exemplo, em termos de uma grandeza característica do esgoto, como $Kg\ DBO/dia$, no caso $(DBO_{afl.} - DBO_{efl.})Q$.

Medido em unidade relativas, o desempenho é caracterizado pela eficiência da estação, indicadora de percentagem de remoção de uma grandeza característica qualquer, como por exemplo, da DBO, isto é, (para este caso):

$$Efic. (\%) = \frac{DBO_{afl.} - DBO_{efl.}}{DBO_{afl.}} \times 100$$

Na verdade, o desempenho indica se a estação de tratamento está cumprindo os objetivos para os quais foi projetada e se relacionam com os parâmetros ou características físicas, químicas e biológicas do esgoto.

Normalmente as estações de tratamento são projetadas e construídas com o fim de fornecer um efluente tratado com características bem definidas em termos quantitativos diários, isto é, com valores absolutos bem especificados, aos quais em relação à qualidade do esgoto afluente, corresponde uma eficiência determinada.

Por sua vez os objetivos de tratamento ao mesmo tempo que definem um desempenho médio define também, valor mínimo de desempenho que

não deve ser ultrapassado um certo número de vezes no tempo.

O desempenho médio é referido a um determinado período de tempo que pode ser o dia, o mês ou ano em função do número de determinações disponíveis.

Normalmente referem-se aos dados médios mensais e anuais, como forma de avaliação por um período mais prolongado e representativo.

Neste caso, é usual avaliar-se:

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^m E_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (E_m - E_i)^2}{n}}$$

Sendo:

E_m - eficiência ou desempenho médios para o período

E_i - eficiência ou desempenho individuais medidos no período

n - número de determinações disponíveis no período

S - desvio padrão.

O desempenho costuma ser avaliado para as fases de tratamento primário e secundário, devendo ser determinados, também, para cada uma das unidades da ETE, como forma de acompanhar seu funcionamento.

2.1 CARACTERIZAÇÃO

Na avaliação do desempenho da estação deve-se conhecer, especialmente, as características de natureza física, química e biológica que indicam a variação da qualidade do esgoto e do lodo.

As características comumente determinadas são:

a) Físicas:

Temperatura, turbidez, teor de sólidos (totais, em suspensão, dissolvidos, sedimentáveis, fixos, voláteis), odor, cor, vazão, material retido, removido ou produzido;

b) Químicas:

DBO, DQO, formas de nitrogênio (orgânico, amoniacal, nitratos, nitritos), fósforos, óleos e graxas, sais, metais, pH, alcalinidade;

c) Biológicas:

número e tipo de microorganismos;

A relação acima é válida em termos gerais, sendo que algumas determinações não serão necessariamente feitas em ETEs de menor porte, enquanto outras serão realizadas com fins específicos, em função do tipo e do porte da unidade de tratamento.

A Tabela 1 indica as principais medições e determinações analíticas de rotina sugeridas nos diversos pontos de amostragem, que são expostas na Ilustração 2. Estas determinações analíticas serão úteis não só para a avaliação do desempenho da ETE, como necessárias para seu controle de operação.

A Tabela indica, também, de maneira resumida a frequência sugerida de medição, coleta e determinações analíticas para estações de porte médio (250 a 1000 L/s).

Comentários específicos sobre essas determinações são feitas nos itens relativos às diferentes unidades de tratamento.

Vale lembrar que a caracterização do esgoto que está sendo tratado pode ser feita sob duas indicações:

- a da concentração de qualquer constituinte ou característica;
- a da carga de qualquer constituinte ou característica.

As concentrações são normalmente obtidas diretamente nos ensaios padronizados de laboratório, de acordo com as Normas Técnicas da CETESB (ver Anexo C) ou na falta destas, segundo o "Standard Methods" for the Examination of Water and Wastewater - AWWA, APHA, WPCF, New York.

Já a obtenção da carga requer a medição da vazão do esgoto, concomitante com sua coleta para as determinações analíticas.

Em termos de desempenho da ETE a concentração é um indicador do comportamento do processo em relação à qualidade; mas, o conhecimento da vazão torna-se fundamental para avaliar efeitos sobre o corpo receptor e sobre o comportamento hidráulico das diversas unidades.

2.2 AMOSTRAGEM

Na amostragem tem-se por objetivo coletar uma determinada porção do esgoto, em volume tal que permita uma boa caracterização no laboratório, e que seja representativa da sua qualidade que, juntamente com a caracterização da vazão, permitirá conhecer as cargas em tratamento.

A amostragem será do tipo simples ou composta, e a forma da coleta manual ou mecanizada, de acordo com a conveniência, a característica local e a importância.

Alguns cuidados devem ser seguidos, como:

- o ponto de coleta deve ser, sempre que possível, um ponto de turbulência de modo a obter boa mistura; pontos localizados junto a vertedores não são recomendados; no caso de canais deve-se procurar as zonas de maior velocidade de escoamento no centro do canal; no caso de condutos forçados deve-se procurar um ponto de amostragem na canalização de recalque, ou na saída de tubulação.
- a coleta de uma amostra deve ser feita a alguns centímetros abaixo do nível da água evitando-se, assim, a influência dos sólidos flutuantes que tornariam a amostra não representativa.
- as amostras nem sempre poderão ser rapidamente analisadas sendo, nestes casos, necessário preservá-las de modo adequado, até o momento de análise, de tal maneira que as características do esgoto não sejam alterados.

A Tabela 2 indica os preservantes mais convenientes e os respectivos

vos períodos máximos de conservação.

A Tabela 2 indica, também, os volumes a serem coletados a fim de se garantir a possibilidade de análise e de sua eventual repetição para confirmação ou correção; em todo caso, os volumes mínimos para amostragem simples devem estar entre 1 e 2 litros e, para a composta, entre 1 e 4 litros (de acordo com as coletas individuais de amostra composta, que costumam estar entre 25 e 100 mL).

- os pontos de amostragem deverão ser de fácil acesso, de simples identificação e que caracterizem a evolução do tratamento; a Ilustração 2 mostra os pontos selecionados, em primeira instância, para uma estação convencional de tratamento.

TABELA 1 - Principais medições e determinações analíticas de rotina e frequência de amostragem

Pontos de Amostragem Determinações	Trat. Prim.		Trat. Secund.		Lodo (3)					
	Afl.	Efl.	U.B.	Efl.	Prim.	Exc.	Dig.	Seco.	Rec.	Sobr.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vazão	C ou D/24		C(6) ou D/24		C	C	C		C	C
Pressão			C(7)							
Temp.	D						D(1)			
pH	D		D(2)				D(1)			
Alcalin/Acidez					D		D(1)			
ST					D	D	D	D		S
STV					D	D	D			
SS	D	D	D/2 (6)	D						
SSV	D	D	D/2 (2)	D					D	
S.Dec.	D/6	D/6								
IVL			D/2 (2)							
DBO	D	D		D						
DQO	D	D		D						
OD			D/2 (2)							
N	S			S						
P	S			S						
O&G	S	S		S						
Metais (4)	M	M		M	M	M				
Colif. (5)	M			M						
Microorg.			D/2(2)							
Turbidez				D						

C = contínua
D = diária
S = semanal
M = mensal
/n = nº de vezes na frequência

(1) no interior do digestor
(2) no interior do tanque de aeração
(3) ou nas descargas
(4) de acordo com caract. do esgoto
(5) havendo cloração será D
(6) da elev. de recirc. de lodo e dos compressores de ar
(7) nos compressores de ar.

TABELA 2 - Volume para coleta e preservação de amostras

PARÂMETRO	PRESERVANTE	PERÍODO MÁXIMO DE CONSERVAÇÃO	VOLUME mL
Acidez-Alcalinidade	Refrigeração a 4°C	24 horas	100
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Refrigeração a 4°C	6 horas	100 - 500
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	2 mL de H ₂ SO ₄ por litro	7 dias	50 - 100
*Cloreto	Nenhum	7 dias	25 - 100
*Cor	Refrigeração a 4°C	24 horas	100 - 500
Cianeto	NaOH até pH 10	24 horas	25 - 100
Oxigênio Dissolvido	Determinar no momento da coleta	Não há conservação	500 - 1000
Sólidos	Nenhum	Não há	2000
*Fluoreto	Nenhum	7 dias	200
*Metais, Totais	5 mL de HNO ₃ por litro	6 meses	100 - 1000
*Metais, Dissolvidos	Ao Filtrado: 3 mL de HNO ₃ 1:1 por litro	6 meses	100 - 1000
Coliformes	Refrigeração a 4°C	12 horas	200
Nitrogênio, Amoniacal	40 mg de HgCl ₂ por litro a - 4°C	7 dias	500 - 1000
Nitrogênio, Kjeldahl	40 mg de HgCl ₂ por litro a - 4°C	instável	500 - 1000
Nitrogênio, Nitrato - Nitrito	40 mg de HgCl ₂ por litro a - 4°C	7 dias	50 - 100
Óleo e Graxa	2 mL de H ₂ SO ₄ por litro a - 4°C	24 horas	3000 - 5000
pH	Determinar no momento de coleta	Não há conservação	10 - 20
*Fenóis	1,0g de CuSO ₄ por litro + H ₃ PO ₄ até pH 4,0 a - 4°C	24 horas	1000 - 4000
Fósforo	40 mg HgCl ₂ por litro a -4°C	7 dias	100 - 200

*Determinações não rotineiras.

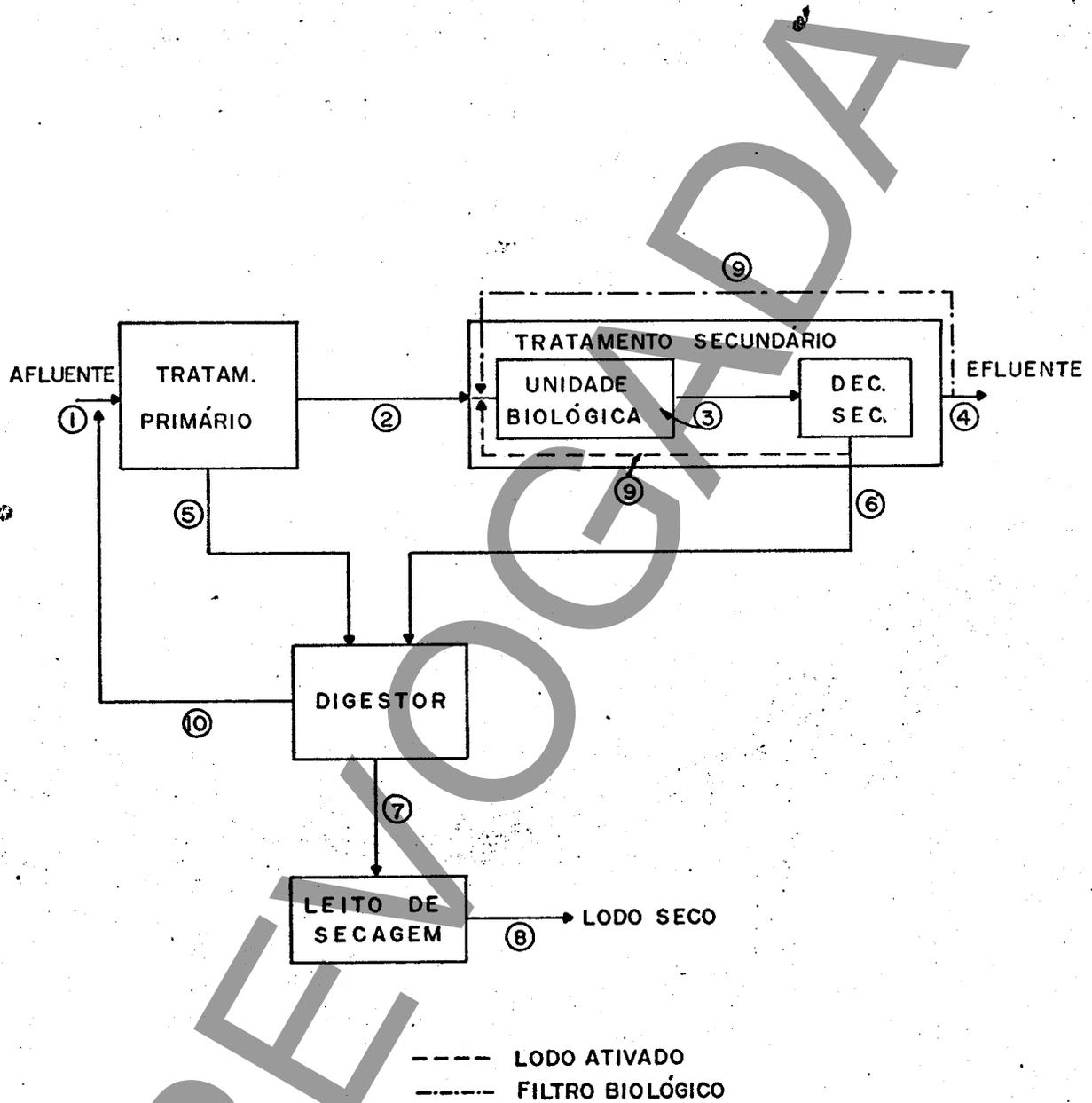


ILUSTRAÇÃO 2 - Pontos principais de amostragem

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A avaliação do desempenho será feita:

- para a estação de tratamento como um todo;
- para as etapas típicas do tratamento: a primária e a secundária;
- para as diversas unidades que compõem a estação.

Os parâmetros a serem verificados nesta avaliação serão aqueles referidos na Tabela 1 acrescidos de outros que possam melhor caracterizar o objetivo para o qual a estação foi projetada. Por outro lado, em função deste objetivo, do porte da estação e das disponibilidades de laboratório, é possível que apenas uma parte daquela relação seja considerada.

3.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO GLOBAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

3.1.1 OBJETIVOS

Tem-se como objetivo avaliar o desempenho global da ETE como um todo, independentemente do desempenho individual de cada unidade, de cada processo, ou de cada etapa do tratamento.

Esta avaliação levará em conta:

- os aspectos quantitativos relativos à vazão e à capacidade hidráulica da estação;
- os aspectos qualitativos relativos às características físicas, químicas e biológicas do esgoto bruto e tratado.

O desempenho será medido:

- em unidades absolutas, indicadoras da capacidade de tratamento (em termos de capacidade de vazão, de redução da carga de esgoto, ou de obtenção de um valor final desejado);
- em unidades relativas, indicadoras da eficiência do tratamento (em termos da percentagem de remoção da carga do esgoto);
- em unidades econômicas, indicadoras do custo de operação e de ma

nutenção referentes à vazão ou carga unitária de esgotos.

3.1.2 PARÂMETROS DE AVALIAÇÕES

Os seguintes parâmetros básicos deverão ser considerados:

- vazão (Q)
- sólidos em suspensão (SS)
- demanda bioquímica de oxigênio (DBO)
- demanda química de oxigênio (DQO)
- série de nitrogênio (amoniaco, orgânico, nitrito, nitrato)
- fósforo (P).

Em função de um interesse particular estes parâmetros poderão ser complementados, como abaixo:

- série de sólidos (ST, STV, SSV)
- série da demanda de oxigênio (DTO, COT, OD)
- organismos coliformes (NMP)
- outros específicos.

3.1.3 AMOSTRAGEM

Os locais de amostragem deverão ser fixados no início e no fim do tratamento (nos pontos (1) e (4) mostrados na Ilustração 2). A vazão será obtida junto ao medidor que, preferencialmente, deverá estar instalado no afluente do tratamento primário.

A frequência de amostragem deverá obedecer a estabelecida na Tabela 3.

Os procedimentos de coleta devem obedecer as técnicas mais indicadas (ver publicação da CETESB - "Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água").

A Tabela 3 aponta, também, a conveniência da amostragem ser simples ou composta.

TABELA 3 - Desempenho da ETE - Frequência e tipo de amostragem

Parâmetro	Porte da ETE	Estações com Q 250 L/s	Estações com Q 250 L/s
	Q		D/24 ou c
SS		D-c	D-c
DBO, DQO		D-c	D-c
N (Série)		S	S
P		S	S

D = diária simples /nº = nº de vezes no período

D-c = diária composta S = semanal

P = fosfato N = nitrogênio

3.1.4 DETERMINAÇÃO ANALÍTICA

As determinações analíticas deverão ser feitas de acordo com o estabelecido nas Normas Técnicas CETESB (Anexo C) ou, na sua falta, na última edição do "Standard Methods" for the Examination of Water and Wastewater - AWWA, APHA, WPCF, NEW YORK.

3.1.5 DESEMPENHO GLOBAL MEDIDO EM UNIDADES ABSOLUTAS

O desempenho global da ETE deverá ser referido, a longo prazo (período de 1 ano), ou a curto prazo (período de 1 (um) mês). Os períodos dos diários não são isoladamente representativos do desempenho global, devendo constituir a massa de dados a ser estatisticamente interpretados.

Com os n resultados disponíveis das análises e medições diárias, mensais, ou anuais, poder-se-a calcular:

a) - para a vazão:
$$\frac{\sum Q_i}{n}$$

- vazão média $Q_m = \frac{1}{n}$

- vazão mínima Q_{\min}

- média das mínimas $Q_{\min} = \frac{\sum Q_{\min}}{n}$

- vazão máxima Q_{\max}

- médias das máximas $Q_{\max} = \frac{\sum Q_{\max}}{n}$

As vazões individuais Q_i podem ser obtidas através de medidores de vazão, gráficos registradores, ou aparelhos totalizadores.

b) - para os parâmetros de qualidade (Ex: DBO):

. valores diários, fornecidos pelo laboratório, em concentração: DBO (mg/L)

. cargas diárias (em kg/d) = DBO (mg/L) x Q (m^3/d) x 10^{-3}

No caso de existir n determinações da concentração (de DBO) e Q correspondente:

$$\text{carga DBO} = \sum_{1}^{n} \text{DBO} \times Q$$

. médias mensais e anuais da carga (kg/d)

$$\text{carga DBO} = \frac{\sum_{1}^{n} \text{carga DBO}}{n}$$

. médias mensais e anuais da concentração (mg/L)

$$\text{DBO}_m = \frac{\text{carga}_m \text{ DBO}}{Q_m}$$

. as cargas removidas na ETE, (carga rem):

$$\text{carga rem. DBO} = \text{carga DBO}_{\text{afl}} - \text{carga DBO}_{\text{efl}}$$

3.1.5.1 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Para a vazão considerar-se a estação operando:

- de acordo com os dados do projeto, se a vazão média mensal for igual à vazão média de projeto, $\pm 20\%$; e se a média das máximas mensais for igual à vazão máxima de projeto, $\pm 20\%$.
- superdimensionada, se existir uma diferença entre aqueles dados de projeto e os respectivos valores medidos, superiores a 20% da vazão de projeto; o fato de existir uma tal diferença entre a vazão do projeto e a medida não significa, necessariamente, que a estação trabalhará bem, pois, em algumas unidades o tempo de retenção poderá ser demasiado, gerando septicidade no esgoto, ou alterando as condições ideais de projeto, enquanto nas canalizações

de transporte entre as unidades, a velocidade mínima poderá não ser respeitada, gerando deposição de matéria sólida.

- subdimensionada, se existir uma diferença entre os valores medidos e os respectivos valores de projeto, superiores a 20% da vazão de projeto; nesses casos, em geral, o desempenho global não é satisfatório, e a estação está sobrecarregada.

Para os indicadores da qualidade (DBO, SS, etc.), mesmo critério acima referido é válido, em relação às cargas afluentes.

Em relação às cargas e às concentrações efluentes, considerar-se-á a estação operando bem e de acordo com os objetivos desejados, se:

- as médias mensais e anuais das cargas e concentrações efluentes forem iguais, ou menores que os respectivos valores de projeto;
- os valores individuais maiores que os de projeto, não os excederem em mais de 20% do tempo;

Uma verificação mais simples, se os valores do efluente seguem uma distribuição normal de frequência, pode ser obtida através de um "papel de probabilidade", que permite a transformação da curva de distribuição normal de frequência em uma linha reta, facilitando a solução gráfica de muitos problemas estatísticos.

O "papel de probabilidade aritmética" se caracteriza por:

- séries de observação que têm uma distribuição normal de frequência formando linhas retas no gráfico.
- média dos valores que será obtida pela interseção no ponto 50% de probabilidade (no eixo das abcissas) - com a reta da distribuição.
- desvio padrão que é obtido pela inclinação da reta.
- valores da média \pm desvio padrão que serão lidos na

abcissa, nas frequências 84,1% e 15,9%.

Nota: No Anexo A consta um exemplo de aplicação.

Vale lembrar que não existe, a priori, um valor absoluto que determine se a qualidade de um efluente é boa ou má. Este valor é função do caso particular em estudo, do projeto da estação de tratamento, e das características do corpo receptor, devendo ser conhecido para efeito de operação da ETE e avaliação de seu desempenho.

3.1.6 DESEMPENHO GLOBAL MEDIDO EM UNIDADES RELATIVAS

Nesse caso, refere-se à eficiência da estação medida em percentagem. Para qualquer grandeza da qualidade: para a DBO por exemplo - a eficiência será:

$$\text{Efic. (\%)} = \frac{(\text{DBO}_{\text{af1}} - \text{DBO}_{\text{ef1}})}{\text{DBO}_{\text{af1}}} \times 100$$

A longo prazo, a eficiência deverá ser obtida no período de 1 (um) ano. A curto prazo, no período de 1 (um) mês. Os períodos diários não são, isoladamente, representativos da eficiência da estação, devendo constituir a massa de dados a ser estatisticamente interpretada; pode-se caracterizar:

- a eficiência média E_m , para n determinações:

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

- o desvio padrão S

$$S = \sqrt{\frac{\sum (E_m - E_i)^2}{n}}$$

Nota: Para um número de observação até 20, o valor do desvio padrão é melhor calculado pela expressão:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (E_m - E_i)^2}{n-1}}$$

3.1.6.1 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A estação será considerada operando bem, dentro dos objetivos desejados. se:

- as eficiências médias mensais e anuais dos diversos parâmetros de qualidade forem iguais ou superiores às respectivas eficiências de projeto;
- os valores individuais de eficiência, menores que os valores de projeto, não persistirem por mais de 20% no tempo;

3.1.6.2 DESEMPENHO MEDIDO EM UNIDADES ECONÔMICAS

Deseja-se aqui avaliar o custo operacional da estação de tratamento, em função de sua capacidade de remoção de carga e de sua capacidade hidráulica.

Os custos operacionais são gerados por uma série de despesas D que podem ser decompostas em 4 (quatro) - parcelas principais:

D_E = despesas relativas a energia;

D_P = despesas relativas a pessoal;

D_M = despesas relativas a manutenção;

D_Q = despesas relativas ao emprego de produtos químicos, quer de laboratório (controle operacional), quer de eventual uso nas unidades de tratamento;

$$D = D_E + D_P + D_M + D_Q$$

Sendo D e suas parcelas expressas em moeda corrente.

Os custos unitários que se deseja conhecer são:

C_c , para a capacidade de remoção de carga da ETE (para

a remoção da DBO por exemplo):

$$C_c = \frac{D}{\text{carga rem DBO}}$$

- C_v , para a capacidade hidráulica de tratamento da ETE:

$$C_v = \frac{D}{Q}$$

Os custos devem ser acompanhados mês a mês e ano a ano, como forma de avaliar a produtividade da estação. Estes custos servirão de base também para comparar esta produtividade com a de outras estações similares, e como base para estudos econômicos da concessionária.

3.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO TRATAMENTO PRIMÁRIO

3.2.1 OBJETIVOS

Têm-se como objetivo avaliar o desempenho da fase primária do tratamento, independentemente do desempenho individual de cada unidade. As observações constantes do item 3.1.1 são aqui válidas.

3.2.2 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

Os seguintes parâmetros básicos deverão ser considerados:

- vazão (Q)
- sólidos em suspensão (SS)
- demanda bioquímica de oxigênio (DBO)
- demanda química de oxigênio (DQO).

Em função de um interesse particular estes parâmetros poderão ser complementados de acordo com o referido no item 3.1.2.

3.2.3 AMOSTRAGEM

Os locais de amostragem deverão ser fixados no início e no fim do tratamento primário (antes e após o decantador primário) nos pontos (1) e (2) mostrados na Ilustração 2. Todas as observações re

feridas no item 3.1.3 são aqui pertinentes.

3.2.4 DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS

Tal como descrito no item 3.1.4.

3.2.5 DESEMPENHO MEDIDO EM UNIDADES ABSOLUTAS

Todas as observações do item 3.1.5 e subitens são aqui válidas.

3.2.6 DESEMPENHO MEDIDO EM UNIDADES RELATIVAS

Todas as observações do item 3.2.5 e seus subitens são aqui válidas.

3.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO TRATAMENTO SECUNDÁRIO

3.3.1 OBJETIVO

Têm-se como objetivo avaliar o desempenho da fase secundária do tratamento, independentemente do desempenho individual de cada unidade. As observações do item 3.1.1 são aqui válidas.

3.3.2 AMOSTRAGEM

Apenas como fase secundária de uma ETE secundária considera-se os pontos (2) e (4) mostrados na Ilustração 2, como indicadores do início e do fim desta fase. Em uma estação mais completa, de grau terciário por exemplo, a avaliação do desempenho do tratamento secundário seria caracterizada por amostragens nos pontos (1) e (4).

3.3.3 OUTRAS CONSIDERAÇÕES

As considerações e observações dos itens 3.1.2, 3.1.4, 3.1.5, e 3.1.6 são aqui pertinentes.

3.4 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO INDIVIDUAL DE CADA CONJUNTO OU UNIDADE DE ETE

3.4.1 OBJETIVOS

Têm-se como objetivo avaliar o desempenho individual de cada com-
junto ou unidade da estação, segundo o fim ao qual se destinam, co-
mo:

- gradeamento.
- remoção da areia: caixa de areia.
- remoção dos sólidos sedimentáveis: decantador primário.
- oxidação biológica: filtro biológico ou tanque de aeração e de-
cantador secundário.
- digestão do lodo: digestor anaeróbio.
- remoção da umidade do lodo: leito de secagem.

3.4.2 REMOÇÃO DE SÓLIDOS - GRADEAMENTO

As grades são normalmente empregadas como primeira unidade de tra-
tamento e têm como objetivo proteger os equipamentos do sistema de
tratamento. As grades são instaladas em canais fixos, geralmente
de concreto. É recomendável a construção de dois canais paralelos
que devem ser utilizados alternadamente para possibilitar a sua
limpeza e a manutenção. A avaliação de seu funcionamento deve ser
feita visualmente e a frequência da limpeza e remoção dos sólidos
retidos devem ser definidos na prática pois depende das caracterís-
ticas dos despejos tratados.

3.4.3 REMOÇÃO DE AREIA - CAIXAS DE AREIA

3.4.3.1 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

A finalidade da caixa de areia é remover material inorgânico, não
putrescível, que se caracteriza por uma partícula que não floclula,
de tamanho em geral superior a 0,2 mm, e por uma velocidade de se-
dimentação maior que a das partículas orgânicas, em geral 0,02
m/s. Assim, a caixa de areia funcionará bem se o material removido
tiver estas características, devendo medir-se:

- a quantidade de matéria sólida removida por unidade de volume de
esgoto tratado;
- a percentagem de sólidos voláteis presente na matéria sólida re-
movida;
- o teor de umidade;

- a granulometria da areia removida na caso de estações de grande porte.

3.4.3.2 AMOSTRAGEM E MEDIÇÃO

A amostragem e a medição deverão ser feitas por ocasião da remoção da areia retida na unidade.

No caso de caixas de areia de limpeza manual os volumes removidos devem ser anotados, cada vez que a unidade é limpa e relacionados ao volume tratado, no período entre as limpezas.

Sendo:

V_A = volume de areia removido durante a limpeza da unidade (medido);

Q = vazão média do esgoto;

T = período de tempo entre as limpezas;

V_E = volume de esgoto tratado entre as limpezas = $Q.T.$,

pode-se relacionar:

$\frac{V_A}{V_E} = \frac{V_A}{Q \times T}$ o volume de areia removido por unidade de volume de esgoto tratado, m^3/m^3 .

No caso de caixas de areia de limpeza mecanizada, os volumes diários de areia removida devem ser anotados, e o índice $\frac{V_A}{V_E}$ determinado.

A amostragem para qualquer análise da areia deverá ser formada de pequenas quantidades iguais de amostras de vários locais e camadas de caixas de areia.

Essas porções devem ser homogeneizadas, misturadas e delas retiradas a quantidade conveniente para o exame.

a análise para determinação da percentagem de sólidos voláteis em relação aos totais, e do teor de umidade, deverá ser feita com uma frequência trimestral, nas estações com vazão inferior a 250 L/s, e mensal quando a vazão for superior a 250 L/s, observando-se as determinações do "Standar Methods" ou, preferencialmente, das Normas CETESB (vide Anexo C).

Sendo:

ST - sólidos totais, em mg/L na amostra;

SV - sólidos voláteis, em mg/L na amostra;

pode-se relacionar:

$\frac{SV}{ST} \times 100$, a percentagem de sólidos voláteis na areia removida, em relação aos totais.

3.4.3.3 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Volume de areia removido por unidade de volume de esgoto tratada do $\frac{V_A}{V_E}$

- faixa usual dos valores médios: $2/10^5$ a $4/10^5$.
- valores acima de $15/100.000$: provável infiltração excessiva na rede, ou fator condicionante local.
- valores abaixo de $1/100.000$: provável má operação ou falha de projeto na unidade, ou fator condicionante local.

Percentagem de sólidos voláteis na areia removida $\frac{SV}{ST}$.

- limite tolerável 30%.
- valores acima do limite: provável má operação ou falha de projeto na unidade.

Teor de umidade TU

- é conhecido através de determinação da concentração de sólidos totais ST. Sendo os ST medidos mg/L o teor de umidade (ou teor de água), será, em %:

$$TU = 100 - \frac{ST}{10^4}$$

3.4.4 REMOÇÃO DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS, DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO E DE SÓLIDOS FLUTUANTES

3.4.4.1 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

A remoção de sólidos sedimentáveis é parcialmente feita nas unidades em que ocorrem fenômenos físicos de decantação (decantadores primários).

Paralelamente aos sólidos sedimentáveis são removidos os sólidos em suspensão e os sólidos flutuantes. A eficiência de sua remoção é função dos próprios sólidos, da taxa de escoamento superficial e do tempo de retenção.

Sendo esses sólidos em suspensão tipicamente orgânicos e, portanto, responsáveis por uma parcela razoável da DBO, considera-se que os decantadores primários são, também, responsáveis pela remoção parcial desta DBO, na fase primária do tratamento.

É importante conhecer-se além do desempenho da unidade de decantação relacionado com a remoção dos sólidos decantáveis, dos em suspensão, dos flutuantes e da D.B.O, as características do lodo bruto produzido em relação ao seu teor de sólidos e de umidade.

Assim, os parâmetros a serem caracterizados são:

- teor de sólidos decantáveis, SD, medido em mL/L, antes e depois do decantador, nos pontos (1) e (2) da Ilustração 2 (pág 12).
- concentração dos sólidos em suspensão, em suspensão voláteis, SS, SV, em mg/L medida nos mesmos pontos.
- concentração dos sólidos totais e voláteis, ST, SV, em mg/L do lodo primário, ponto (5).
- concentração da DBO, em mg/L nos pontos (1) e (2).
- concentração de óleos e graxas, em mg/L nos mesmos pontos.
- pH, no esgoto afluente, ponto (1).
- vazão, no esgoto afluente ou efluente, ponto (1) ou (2).
- vazão, no lodo recalçado, ponto (5).

3.4.4.2 AMOSTRAGEM E MEDIÇÃO

A frequência e a forma de amostragem, devem obedecer ao indicado no item 3-1, e na Tabela 4.

TABELA 4 - Decantador primário - Amostragem para avaliação do desempenho

PARÂMETRO DE AVALIAÇÃO	ESTAÇÕES COM $Q < 250$ (L/s) FREQUÊNCIA MÍNIMA	ESTAÇÕES COM $Q \geq 250$ (L/s)	AMOSTRA
SD	D/3	D/6	Simplex
SS, SSV	S/2	D	Composta
ST, SV (lodo)	S/2	D	Composta
DBO, DQO	S/2	D	Composta
O & G	S	D	Composta
pH	D	D	Composta/ Contínua
Q	D/3 a D/24	D/24 ou C	

S - semanal

D - diária

/nº - Nº de vezes.

3.4.4.3 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

SÓLIDOS DECANTÁVEIS

Individualmente a determinação de sólidos decantáveis indica o volume de sólidos sedimentáveis do esgoto que deverá decantar em um determinado período. Correlacionando-se o teor de SD no afluente e no efluente do decantador, mede-se a eficiência da remoção de sólidos decantáveis, ou o desempenho do decantador nesta remoção.

Sendo:

SD_{af1} - sólidos decantáveis no afluente ao decantador, usualmente entre 6 e 10 mL/L no esgoto doméstico.

SD_{ef1} - sólidos decantáveis no efluente do decantador, usualmente entre 0,1 e 0,3 mL/L no esgoto doméstico.

A eficiência E de remoção dos sólidos decantáveis será:

$$E = \frac{SD_{afl} - SD_{efl}}{SD_{afl}} \times 100$$

Valores típicos de eficiência para esgotos domésticos são superiores a 90%; valores abaixo de 80% indicam, em geral, más condições operacionais ou de projeto.

SÓLIDOS EM SUSPENSÃO

Da mesma forma se poderá determinar a eficiência do decantador em relação à remoção dos sólidos em suspensão.

Essa eficiência é, em geral, função da taxa de vazão superficial e do tempo de detenção, sendo da ordem de 40 a 60% para os esgotos domésticos. A Ilustração B-1 e B-2 mostra os valores esperados em função da taxa de escoamento superficial e do tempo de detenção, segundo a Norma Brasileira NB-570 da ABNT.

Valores inferiores a 40% de eficiência indicam, em geral, má operação, subdimensionamento, ou sobrecarga da unidade.

SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS

O teor de sólidos suspensos voláteis é indicativo da fração orgânica dos sólidos em suspensão nos esgotos. Esta função, expressa pela relação $\frac{SSV}{SS}$, é em geral, para o esgoto tipicamente doméstico, da ordem de 70%.

DBO

A eficiência da remoção está relacionada à taxa de escoamento superficial, tal como indicado na Ilustração B-2 do Anexo B. Valores típicos para o esgoto doméstico são da ordem de 25 a 35%; valores inferiores a esta faixa podem indicar má operação, sobrecarga da instalação, ou septicidade do esgoto afluente.

ÓLEO E GRAXAS

A matéria graxa será parcialmente removida com a espuma no decantador primário. A eficiência desta remoção é variável com as características do próprio sistema de esgotos (existência ou não de caixas domiciliares de gordura), do pré-tratamento na estação (existência ou não de unidade de pré-aeração, e tanques de remoção de sólidos flutuantes), e das características da própria unidade de decantação.

pH

O controle do pH afluente é importante para caracterizar a septicidade dos esgotos ocasionada na rede porque pode interferir no desempenho do decantador.

O esgoto séptico tende a produzir gases, no interior do decantador (pH abaixo de 6), que se desprendem para a superfície como bolhas e dificultam a decantação.

TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL, TES

Por ser a eficiência da remoção dos sólidos em suspensão e da DBO relacionada à taxa de vazão superficial deve-se determiná-la verificando-se se o decantador está trabalhando com a taxa especificada em projeto.

Sendo:

TES, a taxa de escoamento superficial, $m^3/m^2 \cdot d$

Q, a vazão média diária, m^3/d

A, a área superficial do decantador, m^2

$$TES = \frac{Q}{A}$$

Determinada a taxa de escoamento superficial, entra-se com este valor nas curvas de Ilustração B-1 e B-2 do Anexo B, obtendo-se as eficiências esperadas na remoção de SS e da DBO. Os valores da curva devem ser comparados aos operacionalmente verificados. Se estes últimos forem inferiores aos dos obtidos das curvas, caracteri

zar-se-à uma falha de operação, ou uma condição particular do esgoto afluente diversa do esgoto doméstico típico.

TEMPO DE DETENÇÃO, T

Um relacionamento semelhante existe entre a remoção dos sólidos em suspensão e o tempo de detenção, aplicando-se as mesmas observações acima, em relação à curva da Ilustração B-1 do Anexo B.

Sendo:

T, o tempo de detenção, em horas

V, o volume do decantador, em m³

Q, a vazão afluente, em m³/h

$$T = \frac{V}{Q}$$

Além do relacionamento entre o tempo de detenção e a eficiência de remoção dos SS, dever-se-à verificar o tempo de detenção real em relação ao valor do projeto.

Tempos de detenção superiores aos valores de projeto (quando da ordem de 2 h) não aumentam significativamente a remoção dos SS podendo, ao contrário, contribuir para a septicidade do esgoto.

TAXA DE ESCOAMENTO DOS VERTEDORES, TEV

As Normas Brasileiras fixam valores máximos para a taxa de escoamento dos vertedores, que indica a vazão escoada por unidade de comprimento de vertedor.

Sendo:

TEV, a taxa de escoamento do vertedor, m³/h.m

Q, a vazão média diária, m³/h

D, o diâmetro do decantador, m

L, o comprimento do vertedor, m

$$TEV = \frac{Q}{\pi D} \quad (\text{Decantadores Circulares}), \quad TEV = \frac{Q}{L} \quad (\text{Decantadores Retangulares})$$

Será necessário verificar a taxa real TEV, e comparar à taxa de projeto ou das Normas. Valores de TEV superiores a 30 m³/h.m não são recomendados, podendo ocorrer arraste do lodo com o efluente e passagem da escuma por baixo do raspador.

LODO

O lodo decantado que será removido para o digestor têm características físicas típicas, devendo ainda apresentar teor de sólidos conforme o objetivo do projeto. Na análise do desempenho do decantador é importante verificar se as faixas usuais e características de projeto estão sendo alcançadas.

Essas características são:

- cor: castanho acinzentada; a cor cinza escura é indicativa do lodo velho ou de esgoto séptico (não desejada).
- textura física: não uniforme
- odor: ofensivo
- pH: entre 5,0 e 6,5
- SV: cerca de 70 a 80%
- O&G: cerca de 10 a 20 mg/L
- teor de sólidos totais: 3 a 8% (verificar o teor desejado do projeto)
- volume produzido (faixa usual): de 0,5 a 5 L de lodo/m³ de esgoto tratado. Deve-se verificar o valor desejado do projeto.

3.4.5 OXIDAÇÃO BIOLÓGICA POR FILTRAÇÃO BIOLÓGICA

3.4.5.1 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

Na avaliação do desempenho de oxidação biológica, o filtro propri

amente dito e o decantador secundário devem ser encarados como um único sistema. Assim, as determinações de rotina para avaliação do desempenho deverão ser feitas no afluente do filtro e no efluente do decantador secundário, pontos (2) e (4) da Ilustração 2. Somente para efeitos de controle operacional realizar-se-ão análises do efluente do filtro, ponto (3), e do lodo secundário, ponto (6).

Os parâmetros são:

- concentração de sólidos em suspensão e sólidos em suspensão voláteis, SS, SSV, antes do filtro e depois do decantador, pontos (2) e (4); SS eventualmente depois do filtro, ponto (3);
- concentração de DBO e DQO antes do filtro e depois do decantador pontos (2) e (4);
- concentração de oxigênio dissolvido OD no efluente do filtro, ponto (3);
- concentração de nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, e nitrogênio orgânico total, no afluente do filtro e no efluente do decantador secundário, pontos (2) e (4);
- vazão afluente ao filtro, ponto (2).

3.4.5.2 AMOSTRAGEM E MEDIÇÃO

A frequência e os pontos de amostragem devem obedecer ao indicado no item 3.1 e na Tabela 5.

Os métodos de análise são os referidos no "Standard Methods" ou, preferencialmente, nas Normas CETESB (Anexo C); as amostras são todas compostas.

TABELA 5 - Filtração biológica - Amostragem para
 avaliação do desempenho

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	ESTAÇÕES COM $Q < 250$ L/s (FREQUÊNCIA MÍNIMA)	ESTAÇÕES COM $Q \geq 250$ L/s	PONTOS DE AMOSTRAGEM
SS, SSV	S/2	D	(2), (4)
DBO, DQO	S/2	D	(2), (4)
OD*	M/2	S/2	(3)
SÉRIE DO N,P	M	S	(2), (3), (4)
Q	D/3 a D/24	D/24 ou C	(2)

S - semanal C - contínua D - diária /Nº - Nº de vezes

* para avaliação de ventilação do filtro.

3.4.5.3 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

SÓLIDOS EM SUSPENSÃO

SS medidos antes e depois do sistema de oxidação biológica indicam a eficiência da operação conjunta do filtro e decantador secundário.

Sendo:

SS_{af1} - sólidos em suspensão no afluente do filtro biológico;

SS_{ef1} - sólidos em suspensão no efluente do decantador secundário.

a eficiência E de remoção dos SS será:

$$E = \frac{SS_{af1} - SS_{ef1}}{SS_{af1}} \times 100$$

Esta eficiência medida entre o afluente do decantador primário e o efluente do decantador secundário indica o comportamento geral de estação de tratamento.

DBO

Da mesma forma se poderá determinar a eficiência do conjunto em relação à DBO. Em geral, as seguintes eficiências são típicas para a eficiência global das ETEs com filtração biológica.

- com filtro de baixa taxa: 80 a 85% de remoção da DBO.
- com filtros de alta taxa: 65 a 80%.
- com filtros de meio plástico: 65 a 85%.

A determinação da concentração da DBO é também útil na avaliação da carga orgânica unitária aplicada ao filtro.

Sendo:

DBO = DBO afluente ao filtro, mg/L.

Q = vazão afluente ao filtro, m³/d.

S = área superficial do filtro.

$Q \times 10^{-3} \times \text{DBO}$ = carga de DBO aplicada ao filtro.

V = volume do meio filtrante.

A carga orgânica unitária aplicada, kg/m³.d, será:

$$\frac{\text{DBO (mg/L)} \times Q \text{ (m}^3\text{/d)} \times 10^{-3}}{v \text{ (m}^3\text{)}}$$

Da mesma forma que a carga orgânica unitária aplicada, a carga hidráulica unitária aplicada ao filtro deve ser avaliada.

A carga hidráulica, m³/m².d aplicada será:

$$\frac{Q \text{ (m}^3\text{/d)}}{S \text{ (m}^2\text{)}}$$

As eficiências de redução de DBO acima citadas são válidas para cargas variando de acordo com a seguinte relação:

- filtro de baixa taxa;

carga orgânica-0,1 a 0,4 kg DBO/m³.d

carga hidráulica - 1 a 4 m³/m².d

- filtro de alta taxa:

carga orgânica-0,4 a 5 kg/DBO/m³.d

carga hidráulica- 10 a 40 m³/m².d

- filtros de meio plástico:

carga orgânica - até 5 kg/DBO/m³.d

carga hidráulica - 15 a 100 m³/m².d

A avaliação do desempenho do conjunto de filtro biológico ou da ETE deve, assim, ser verificada em função das características próprias do tipo de filtro, das cargas em aplicação e do projeto.

OD

A medição da concentração de OD não indica diretamente o desempenho mas, feita no efluente do filtro permite avaliar o estado da ventilação da unidade. Uma concentração muito baixa, próxima de zero, indica falta de ventilação e condições anaeróbias não desejadas no interior do filtro.

SÉRIE DO NITROGÊNIO

É interessante determinar periodicamente o grau de nitrificação; que se obtém. Os filtros de baixa taxa apresentam boa nitrificação; os de alta taxa, eventualmente alguma.

Um conjunto bem operado deve apresentar uma diminuição em amônia e

em nitrogênio orgânico total, e um aumento de nitrito e de nitrato entre o afluente e o efluente do filtro.

3.4.6 OXIDAÇÃO BIOLÓGICA PELO PROCESSO DOS LODOS ATIVADOS

3.4.6.1 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

Na avaliação do desempenho da oxidação biológica pelo processo dos lodos ativados, o tanque de aeração e o decantador secundário de vem ser encarados como um sistema único. Assim, as determinações de rotina para avaliação do desempenho deverão ser feitas no afluente do tanque de aeração e no efluente do decantador pontos, (2) e (4) da Ilustração 2. Para efeito de controle operacional reali zar-se-ão análises no próprio interior do tanque de aeração, ponto (3) e no lodo recirculado, pontos (6) e (9).

Os parâmetros de interesse para a avaliação de desempenho são:

- concentração de sólidos em suspensão e sólidos em suspensão voláteis, SS, SSV, antes do tanque de aeração, ponto (2), no interior do tanque, ponto (3), e no efluente do decantador ponto (4).
- concentração de sólidos em suspensão e de sólidos em suspensão voláteis, SS, SV, no lodo recirculado, pontos (6) e (9).
- concentração da DBO, DQO antes do tanque de aeração e após o decantador, pontos (2) e (4).
- para o controle de operação é importante a determinação, também, do índice volumétrico do lodo (IVL) no interior do tanque de aeração, ponto (3), e do OD no interior do tanque de aeração, ponto (3), no efluente do decantador ponto (4), e na linha de recirculação do lodo, ponto (6).
- vazão, afluente ao tanque de aeração (ou efluente do decantador) e do lodo recirculado, pontos (2), (6) e (9).

3.4.6.2 AMOSTRAGEM E MEDIÇÃO

A frequência, os pontos e a forma de amostragem devem ser como es

tá indicado na Tabela 6 e no item 4.1.

Os métodos de análise são os referidos nas Normas CETESB (vide Anexo C) ou na sua falta, na última edição do "Standard Methods" for the Examination of Water and Wastewater - AWWA, APHA, WPCF, New York.

TABELA 6 - Processo dos lodos ativados - Amostragem para avaliação do desempenho

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	ESTAÇÃO COM Q < 250 L/s	ESTAÇÕES COM Q ≥ 250 L/s	PONTOS E FORMA DE AMOSTRAGEM
SS, SSV	S/2	D	(2) , (4) Comp.
SS, SSV	S/2	D	(3) Simples
SS, SSV no lodo recirculado	S/2	D	(9) Simples
*IVL	S/2	D	(3) Simples
DBO, DQO	S/2	D	(2), (4) Comp.
*OD	D	Cont. ou D/4	(3), (4), (9) Simples
Q	D/3 a D/24	Cont. D ou D/24	(2), (4), (6), (9)
pH	S/2	D	(2) e (3) Simples

D - diária S - semanal Cont.-contínua /Nº - nº de vezes

* parâmetros de controle de operação.

3.4.6.3 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

EFICIÊNCIA DA OXIDAÇÃO BIOLÓGICA

A eficiência será medida tal como nos processos anteriores, para a remoção de SS e de DBO, antes do tanque de aeração (af1.) e após o decantador secundário (ef1.).

$$\text{- para SS, } E = \frac{SS_{af1} - SS_{ef1}}{SS_{af1}} \times 100$$

$$\text{para DBO, } E = \frac{\text{DBO}_{\text{afl}} - \text{DBO}_{\text{efl}}}{\text{DBO}_{\text{afl}}} \times 100$$

O processo dos lodos ativados costumam oferecer as mais elevadas remoções da DBO, acima de 90% para ETES com fator de carga inferior a 0,5 e entre 80% e 90% para fator de carga na faixa de 1,0 a 0,5.

A avaliação do desempenho em termos de eficiência da remoção da DBO deve, assim, levar em consideração as características de projeto e de operação real.

A operação real (e o próprio projeto) é caracterizada não apenas pelo fator de carga com que se trabalha, mas, também, pela idade do lodo, pela concentração de sólidos em suspensão voláteis mantidos no interior dos tanques de aeração e, pela recirculação do lodo.

FATOR DE CARGA f

A avaliação do fator de carga tem por objetivo verificar a faixa de carga em que está operando a estação; em função desse valor poder-se-á saber se a eficiência obtida é ou não satisfatória.

Sendo:

f - fator de carga, d⁻¹

SSVTA - concentração de sólidos em suspensão voláteis no interior do tanque de aeração, mg/L.

DBO - DBO no efluente ao tanque de aeração mg/L

V - volume do tanque de aeração, m³

Q - vazão afluente à oxidação biológica (efluente do decantador primário), m³/d.

Então,

$$f = \frac{Q \cdot DBO}{SSVTA \cdot V}$$

Valores de f entre 0,25 e 0,6 são usuais para ETEs de lodos ativos; estações com alta carga podem ter este valor elevado até 2,0, decrescendo sua eficiência; estações típicas de aeração prolongada apresentam f na faixa de 0,05 a 0,1.

IDADE DO LODO, IL

A avaliação da idade do lodo tem o mesmo objetivo que a do fator de carga.

Sendo:

IL - idade do lodo, dias.

SSVTA - sólidos em suspensão voláteis no interior do tanque de aeração, mg/L.

SSVLE - sólidos em suspensão voláteis no lodo em excesso, mg/L.

V - volume do tanque de aeração, m³.

Q - vazão afluente à oxidação biológica, m³/d.

Q₁ - vazão do lodo ativado em excesso, m³/d.

Então, em termos práticos:

$$IL = \frac{SSVTA (V)}{SSVLE \times Q_1}$$

A idade do lodo usual no processo convencional está na faixa de 4 a 15 dias; nas variações de aeração prolongada, entre 20 e 30 dias.

TEOR DE LODO, TL, E ÍNDICE VOLUMÉTRICO DO LODO, IVL

O teor de lodo fornece uma indicação da decantabilidade do floco

de lodo formado, sendo utilizado mais como controle operacional do que como controle de desempenho.

O Índice Volumétrico de Lodo é um indicador da qualidade do lodo formado.

Sendo:

SSTA - sólidos em suspensão no interior do tanque de aeração, mg/L.

TL - volume de lodo ativado que sedimenta num cilindro de 1.000mL, em mL (teor de lodo ou lodo decantado).

IVL - índice volumétrico de lodo.

Então:

$$IVL = \frac{TL \times 1000}{SSTA}$$

Valores de IVL entre 40 e 150 indicam uma boa qualidade do lodo formado; valores acima de 200 são normalmente indicativos de um lodo de qualidade inferior.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO, OD

A determinação do oxigênio dissolvido deve ser feita para controle operacional, pelo menos uma vez ao dia nos momentos de pico de carga; determinações contínuas permitem um controle mais seguro.

3.4.7 DIGESTÃO

3.4.7.1 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

Na avaliação do desempenho do digestor três produtos da digestão deverão estar bem caracterizados; o lodo digerido, o sobrenadante, e o gás. Na verdade estes parâmetros serão avaliados no acompanhamento da operação, sendo que na avaliação do desempenho (em relação à eficiência) estudar-se-á particularmente o lodo digerido).

A Tabela 7 indica as análises recomendadas e as respectivas frequências.

TABELA 7 - Avaliação do desempenho da digestão

PARÂMETRO	ESTAÇÕES COM $Q < 250$ L/s (FREQ. MÍNIMA)	ESTAÇÕES COM $Q \geq 250$ L/s	PONTOS DE AMOSTRAGEM
VAZÃO Q	(*)	(*)	5,6,7
ST, SV	S/2	D	5,6,7
ÁCIDOS VOLÁTEIS	S/2	D	5,6,7
UMIDADE	S/2	D	5,6,7
pH	S/2	D	5,6,7

(*) contínua S - semanal D - diária /Nº - Nº de vezes

3.4.7.2 AMOSTRAGEM

A amostragem poderá ser simples, e as análises deverão seguir o estabelecido nos "Standard Methods" ou, preferencialmente, nas Normas CETESB (Vide Anexo C).

3.4.7.3 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Em relação ao lodo digerido se considerará:

- Sólidos Totais: requer-se em geral uma eficiência de destruição de ST superior a 30%, em relação ao lodo fresco.
- Sólidos Voláteis: requer-se em geral uma eficiência de destruição de SV superior a 40% em relação ao lodo fresco.

Sendo:

ST_c , SV_f - concentração no lodo fresco, de sólidos totais e voláteis,

ST_d , SV_d - concentração no lodo digerido, de sólidos totais e voláteis.

E - eficiência de destruição dos sólidos; ter-se-á:

$$E_{ST} = \frac{ST_f - ST_d}{ST_c} \times 100$$

$$E_{SV} = \frac{SV_f - SV_d}{SV_d} \times 100$$

Ácidos Voláteis: o lodo totalmente digerido deve apresentar teor de ácidos voláteis inferior a 300 mg/L.

- pH em torno de 7,0.

- teor de umidade: deve ser reduzido a cerca de 87 a 90% (TU).

$$TU = 100 - \frac{ST_d}{10^4}$$

Em relação à produção de gás se considerará:

- uma produção típica de cerca de 0,5 a 0,75 m³/kg de SV adicionado ao digestor, ou de cerca de 0,75 a 1,1 m³/kg de SV destruído; em outra base, cerca de 0,02 a 0,03 m³/hab. dia.

3.4.8 LEITO DE SECAGEM

3.4.8.1 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

A avaliação do desempenho de leito de secagem far-se-á através de determinação da redução de umidade do lodo, sendo necessário de terminar a concentração de sólidos totais no lodo seco; a amostragem poderá ser simples, feita com frequência trimestral nas estações com vazão inferior a 250 L/s e mensal, nas de maior vazão.

3.4.8.2 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

O lodo seco de boa qualidade, na secagem natural, no leito bem dimensionado e bem construído, deverá ter umidade inferior a 50%.

Sendo:

ST - concentração de sólidos totais no lodo seco, mg/L.

O teor de umidade TU será, em %.

$$TU = 100 - \frac{ST}{10^4} \cdot$$

REVOGGADA

ANEXO A

EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE PAPEL DE PROBABILIDADE

ANEXO A - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE PAPEL DE PROBABILIDADE
ARITMÉTICA

São conhecidos os valores da DBO do efluente tratado de uma ETE, por um período de 10 meses, dos quais 259 determinações diárias são confiáveis e aproveitáveis, variando de 5 a 45 mg/L.

Os passos a seguir são:

- 1º - Tabular os valores da DBO, em intervalos, de 5 em 5 unidades, como consta na 1ª. coluna da Tabela A-1.
- 2º - Determinar o valor médio para os intervalos considerados, como consta na 2ª. coluna da Tabela A-1.
- 3º - Determinar a frequência com que os valores aparecem, por intervalo, e anotar na 3ª. coluna da Tabela A-1.
- 4º - Calcular a frequência relativa correspondente, e anotar na 4ª. coluna da Tabela A-1.
- 5º - Calcular a frequência relativa acumulada correspondente, e anotar na 5ª. coluna da Tabela A-1.
- 6º - No papel de probabilidade marcar os pontos correspondentes aos pares "valor médio para os intervalos considerados" (da 2ª. coluna, correspondente à ordenada) e "frequência relativa acumulada" (da 5ª. coluna, correspondente à abcissa).
- 7º - Através dos pontos assim marcados traçar uma reta que melhor se ajuste a eles; a obtenção de uma reta é indicação de uma distribuição normal.
- 8º - A partir do valor 50% da abcissa levantar uma vertical até encontrar a reta traçada, e deste ponto traçar uma linha horizontal até encontrar a ordenada; o ponto correspondente na ordenada é o valor médio da DBO; o valor encontrado foi 18,5 mg/L.
- 9º - Determinar na ordenada o valor correspondente à frequência

84,1%; o valor lido foi 24,5; este valor menos o da média é igual ao desvio padrão (6,0).

10º - Retas obtidas com menos inclinação indicam menores desvios.

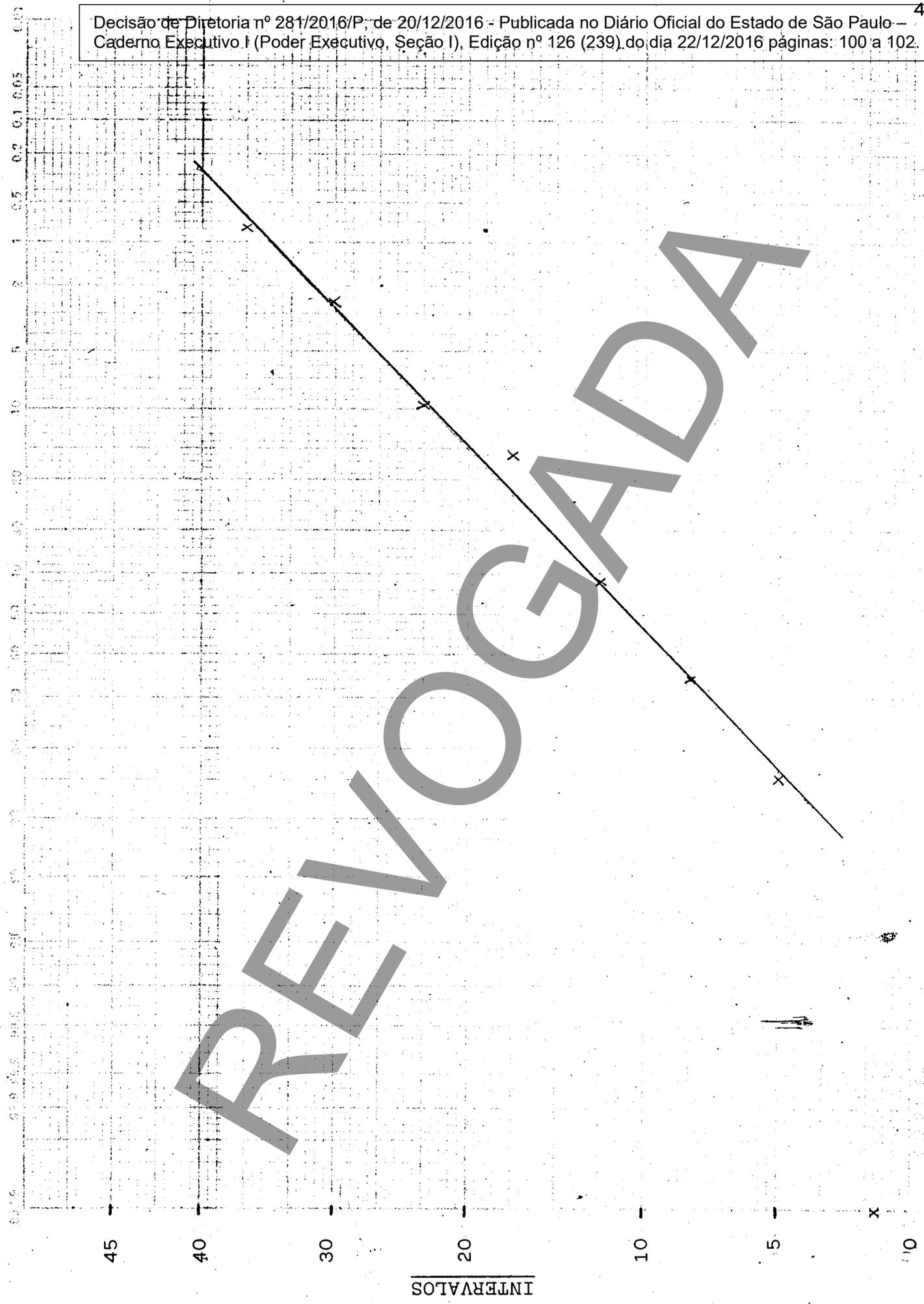
TABELA A-1 - Processo analítico para determinação da média e do desvio padrão no papel de probabilidades

INTERVALO mg/L (1)	VALOR MÉDIO DO INTERVALO mg/L (2)	FREQUÊNCIA (3)	FREQUÊNCIA RELATIVA (4)	FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA % (5)
5 - 9,9	7,5	39	15,1	15,1
10 - 14,5	12,5	50	19,3	34,4
15 - 19,9	17,5	62	23,9	58,3
20 - 24,9	22,5	67	25,8	84,1
25 - 29,9	27,5	16	6,2	90,3
30 - 34,9	32,5	16	6,2	96,5
35 - 39,9	37,5	7	2,7	99,2
40 - 44,9	42,5	1	0,8	100,0
-	-	259	100,0	-

ANEXO B

ILUSTRAÇÃO DA NORMA BRASILEIRA NB-570 DA ABNT

**"ELABORAÇÃO DE PROJETOS HIDRÁULICO – SANITÁRIOS DE SISTEMA DE
TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS**



FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA

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

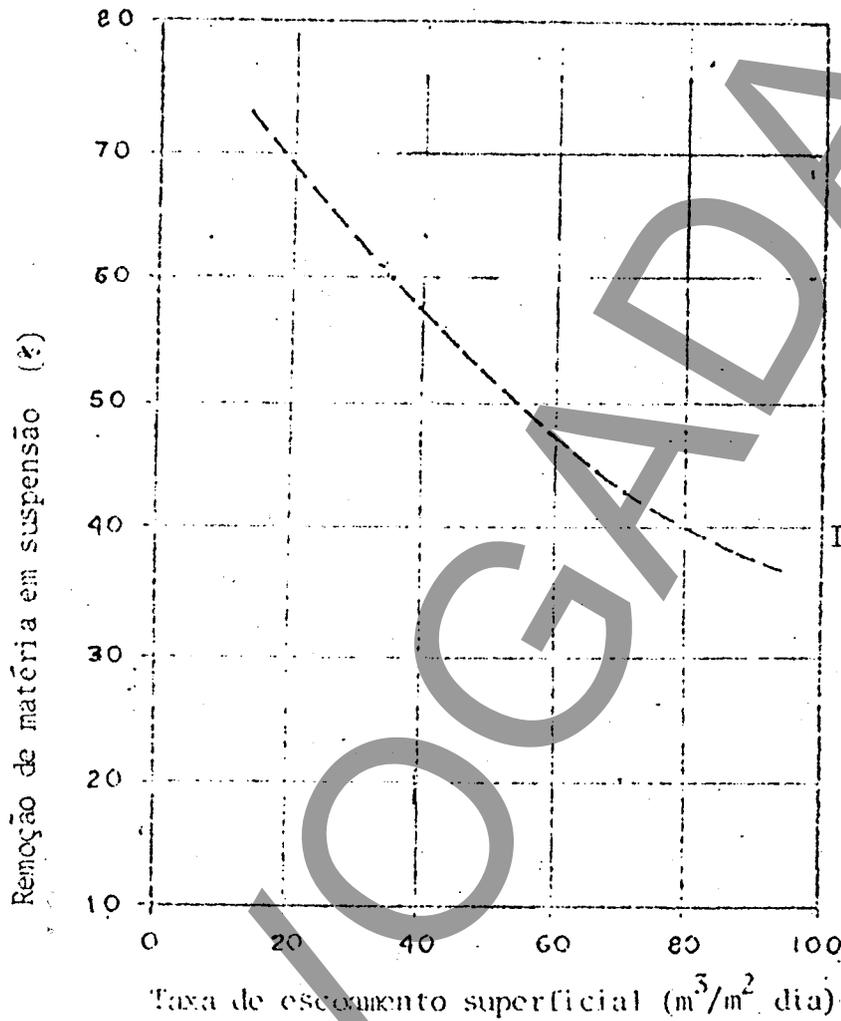


ILUSTRAÇÃO B-1

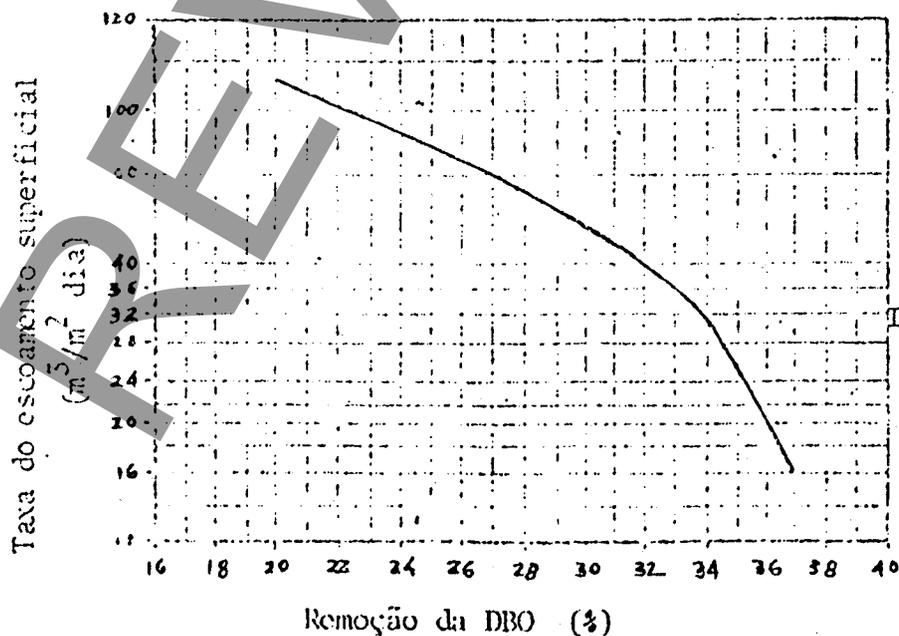


ILUSTRAÇÃO B-2

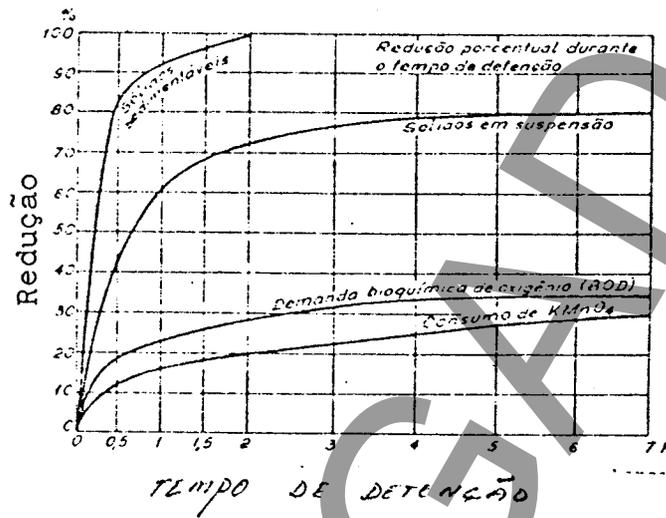


ILUSTRAÇÃO B-3

ANEXO C

NORMAS TÉCNICAS CETESB SOBRE MÉTODOS DE ANÁLISES DE ÁGUA

- L5.102 - Determinação de alcalinidade em águas - Método da titulação potenciométrica até pH pré-determinado.
- L5.112 - Determinação do cianeto total em águas - Método da piridina-pirazolona ou do nitrato de prata, com destilação prévia.
- L5.117 - Determinação de cor em águas - Método da comparação visual.
- L5.120 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método da diluição e incubação (20°C, 5 dias).
- L5.128 - Determinação de fósforo em água - Método do ácido ascórbico.
- L5.136 - Determinação de nitrogênio amoniacal em águas - Método de Nesslerização com destilação prévia.
- L5.137 - Determinação de nitrato em águas - Método do ácido fenol disulfônico.
- L5.138 - Determinação de nitrito em águas - Método da sulfanilamida e N-(1-Naftil)etilenodiamina.
- L5.139 - Determinação de nitrogênio orgânico e de nitrogênio total KJELDAHL em águas - Método da determinação de nitrogênio na forma de amônia.
- L5.142 - Determinação de óleos e graxas em água - Método da extração por solvente.
- L5.145 - Determinação de pH em águas - Método eletrométrico.
- L5.148 - Determinação de resíduo sedimentável em água - Método do cone Imhoff.
- L5.149 - Determinação de resíduos em água - Métodos gravimétricos.
- L5.156 - Determinação da turbidez em água - Método nefelométrico.
- L5.169 - Determinação de oxigênio dissolvido em águas - Método de Winkler modificado pela azida sódica.
- L5.202 - Coliformes totais e fecais - Determinação do N.M.P. pela técnica dos tubos múltiplos.
-

REVOGADA

ANEXO C

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- AERATION in wastewater treatment; manual of practice nº 5. J. Wat. Pollut. Contr. Fed. Washington, 41 (11): 1863-78, Nov. 1969.
- AFINI Jr., B. - Estudos preliminares do projeto do valo de oxidação da Fundação "Parque Zoológico de São Paulo - Capital". Rev. DAE. São Paulo, 32 (86): 98-111. Ago. 1972.
- AQUA - AEROBIC SYSTEMS INC. - Engineering manual. 111. Rockford, 1972.
- ASHCROFT, L.G. & EDWARDS, M.B. - Split channel Pasveer oxidation ditches. Separata da Surveyor, May. 1969.
- AZEVEDO NETTO, J.M. & HESS, M.L. - Tratamento em lagoas de estabilização. Valos de oxidação. In: Tratamento de águas residuárias. São Paulo, DAE, 1970. p. 80-6. (Separata da Rev. DAE).
- BOTELHO, M.H.C. - Assistência a operação de um valo de oxidação de esgotos sanitários. In: 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. Salvador, 1973 (mimeogr.)
- BRANCO, S.M. - Depuração biológica das águas residuárias. In: Hidrologia aplicada à engenharia sanitária, São Paulo, CETESB 1971. V.111. p. 825-975.
- BRANCO, S.M. - Princípios biológicos em valos de oxidação e lagoas aeradas. São Paulo, CETESB. Div. Treinamento e Assistência, 1971 (mimeogr.)
- BURCHINAL, J.C. - A detailed study of the oxidation ditch as a method of wastewater treatment at Cameron, West Virginia. Morgantown, Department of Civil Engineering, College of Engineering, West Virginia University, 1967.
- CAPRI, G.M. & MARAIS, G.V.R. - The activated sludge process treating raw unsettled domestic sewage. Cape Town. Department of Civil Engineering. University of Cape Town. 1974.
- CETESB, S.P. - Guia de coleta e preservação de amostras de água São Paulo, CETESB, 1987, 150 p.
- DERÍSIO, J.C. et al. - Teste de reoxigenação em um valo de oxidação. Rev. DAE, São Paulo, 34 (95): 26-35, Jun. 1974.

- ECKENFELDER Jr., J.W.W. - Theory and practice of activated sludge process modifications. Water Sewage Works, Chicago, (Ref. nº): 340-5, Oct. 1961.
- ECKENFELDER Jr., J.W.W. - Water quality engineering for practicing engineers. New York, Barnes & Noble, 1970.
- GUILLAUME, F. - Evaluation of oxidation ditch as a mean of Waste water treatment in Ontário. Ontário, Water Resources Commission, 1964. (Division of Research. Publ. 6).
- HESS, M.L. - Desenho de lagoas e valos de oxidação. In - Tratamento de recuperação de despejos industriais. Rio de Janeiro, Instituto de Engenharia Sanitária, SURSAM, 1971. Seção 2 p. 1-20.
- KANESHIGH, H.K. - Performance of the Somerset Ohio, oxidation ditch. J. Wat. Pollut. Contr. Fed. Washington, 42 (6): 1370-8, Jul. 1970.
- MARAIS, G.V.R. - Course of activated sludge plants. São Paulo, CETESB, 1975 (anotações de aula).
- OPERATION of wastewater treatment plants; manual of practice nº 11. Washington, Water Pollution Control Federation, 1961.
- PARKER, H.W. - Oxidation ditch sewage waste treatment process Washington Federal Highway Administration, 1972. v: 6 (Water Supply and Waste Disposal Series).
- PASVEER, A. - New developments in the application of Kessener brushes (aeration rotors) in the activated sludge treatment of tradewaste water. In: ISAAC, P.C.G. (ed.) - Waste Treatment: proceedings of the second symposium on the treatment of wastewater. Oxford, Pergamon Press, 1960. p. 126-55.
- PASVEER, A. - Developments in activated sludge treatment in the Netherlands, 1960. In: CONFERENCE ON BIOLOGICAL WASTE TREATMENT, Manhattan College April 20-22, 1960. (Report nº 34).
- PERA, A.F. - Comunicação preliminar sobre um funcionamento de um valo de oxidação com perspectiva de reaproveitamento da água. Rev. DAE, São Paulo, 26 (59): 59-65, Dez. 1965.
- PESSÔA. C.A. - Valo de oxidação. In: Curso livre por correspondência sobre processos simplificados de tratamento de esgo

- tos. São Paulo, CETESB Fac. de Saúde Pública da USP, 1973.
- PESSÔA, C.A. & JORDÃO, E. P. - Valo de oxidação, In: - Tratamento de esgotos domésticos, São Paulo, CETESB, 1971. p. 297-314.
- PESSÔA, C.A. & JORDÃO, E.P. - Oxidação total. In: Tratamento de esgotos domésticos. São Paulo, CETESB, 1971, p. 231-58.
- PORGES, R. et al. - Sewage treatment by extended aeration. J. Wat. Pollut. Contr. Fed. Washington, 33 (12): 1260-6, Dec. 1961.
- RIN, B.P. & NASCIMENTO, G.P.L. - Método de dimensionamento de valos de oxidação para tratamento de esgotos domésticos. In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, Rio de Janeiro, 1975 (mimeogr.).
- RIZZO, O. & LIMA, L.C. - Utilização de valo de oxidação como tratamento de esgotos de pequenas comunidades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 7º, Salvador, 1973 (mimeogr.).
- WALKER, P.G. - Rotor aeration of oxidation ditches. Water Sewage Works. Chicago, 109 (6): 238-41, Jun. 1962.
- WHEELER, R.W. - A cost survey of oxidation ditches in the United States and Canada. Morgantown, West Virginia, s.c.p. 1967. (Problem submitted in partial fulfillment of the requirements for degree of master of science in civil engineering to the Faculty of the Graduate School of West Virginia University).
- ZEPPEL, J. - Valos de oxidação de grandes tamanhos "Carroussel", Trad. Bento Afini Junior. Rev. DAE, São Paulo, 32 (87): 25-34, Set. 1972.
-