



NORMA TÉCNICA

D3.440

Mar/1978
29 PÁGINAS

Operação e lavagem de filtros rápidos de gravidade:
procedimento

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
1 Objetivo.....	1
2 Referência.....	1
3 Definições.....	1
4 Condições de Operação.....	3
5 Manutenção.....	16
6 Anomalias.....	16
Anexo A.....	19
Anexo B.....	21
Anexo C.....	23
Anexo D.....	25
Anexo E.....	27
Anexo F.....	29
Anexo G.....	31
Anexo H.....	33
Anexo I.....	35

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis na operação de filtros, de modo a as segurar, dentro das limitações inerentes à instalação, a produção de água de qua lidade adequada.

1.2 Esta Norma aplica-se a filtros rápidos de gravidade de fluxo descendente, u sados em tratamento de água para abastecimento público.

2 REFERÊNCIA

Na aplicação desta Norma poderá ser necessário consultar a P-NB-592 - Projeto de Sistemas de Tratamento de Água, da ABNT.

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições 3.1 a 3.11.

3.1 Afluente

Água admitida para lavar o filtro.

3.2 Água de lavagem

Água resultante da lavagem do filtro.

3.3 Água para lavagem

Água admitida para lavar o filtro.

3.4 Bateria de filtros

Grupo de filtros idênticos que funcionam simultaneamente e recebem o mesmo afluente.

3.5 Carreira de filtração

Período de tempo decorrido entre a colocação de um filtro em funcionamento e o instante em que se suspende o funcionamento do mesmo, para submetê-lo à lavagem.

3.6 Filtro de taxa constante

Filtro em que a taxa de filtração é mantida praticamente constante ao longo da carreira de filtração, podendo sofrer acréscimos durante a lavagem de um outro filtro da bateria.

3.7 Filtro de taxa declinante

Filtro em que a taxa de filtração diminui ao longo de sua carreira, sofrendo porém, acréscimos durante a lavagem de um outro filtro da bateria.

3.8 Pré-tratamento

Processos a que a água é submetida antes de ser filtrada.

3.9 Taxa de filtração

Cociente entre a vazão e a área do leito através do qual essa vazão é filtrada.

3.10 Taxa de filtração nominal

Cociente entre a vazão de projeto de um filtro (ou de um conjunto de filtros) e a área útil do filtro (ou soma das áreas úteis dos filtros do conjunto).

3.11 Turbidez limite

Valor máximo estabelecido em função da utilização a ser dada à água e do padrão de qualidade fixado.

4 CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

4.1 Filtração

4.1.1 Descrição do processo

4.1.1.1 A filtração consiste em fazer a água atravessar um meio granular adequado a reter partículas em suspensão na mesma.

4.1.1.2 Na filtração da água para abastecimento público, o meio granular consiste, normalmente, de areia ou de antracito e areia, e é designado como filtrante.

4.1.1.3 A retenção do material suspenso no meio filtrante ocorre pela ação conjunta de vários mecanismos, de natureza física e química, de variados graus de complexidade.

4.1.2 Evolução da turbidez

4.1.2.1 No início da carreira de filtração nem todos os mecanismos físicos e químicos estão plenamente estabelecidos e, por esse motivo, a eficiência do filtro não é tão boa, pois uma certa quantidade desse material atravessa o leito filtrante, provocando uma rápida elevação da turbidez da água filtrada.

4.1.2.2 A turbidez diminui à medida que os mecanismos responsáveis pela filtração se estabelecem, até chegar a um valor que se mantém praticamente constante durante um período que, dependendo do filtro, da natureza e tamanho das partículas suspensas, varia, geralmente, entre 10 e 100 horas.

4.1.2.3 O final deste período é indicado por uma nova elevação da turbidez, relativamente rápida mas não brusca, a qual ocorre quando os vazios do meio filtrante já foram de tal maneira preenchidos por material retido que a passagem da água provoca esforços que deslocam esse material e o carregam até atravessar completamente o leito.

4.1.2.4 Podem ocorrer elevações bruscas da turbidez ao longo do período em que se mantém praticamente constante, devido a:

- a) variações bruscas da vazão afluente ao filtro;
- b) flutuações de pressão que ocorrem no sistema hidráulico;
- c) falhas no pré-tratamento;
- d) defeitos do meio filtrante.

4.1.3 Traspasse inicial

4.1.3.1 A brusca e rápida elevação da turbidez no início da carreira é consequência do chamado traspasse inicial.

4.1.3.2 O traspasse inicial, em geral, dura cerca de 30 minutos, podendo inclusive não existir se as condições forem especialmente favoráveis.

4.1.3.3 O traspasse inicial, em geral, não é importante, mesmo que a turbidez se eleve a valores superiores ao da turbidez limite, desde que a quantidade de água total filtrada não seja prejudicada.

4.1.3.4 É importante considerar o traspasse inicial quando o número de filtros for pequeno ou quando a turbidez prejudicar a qualidade da água filtrada.

4.1.3.5 Para evitar o inconveniente do traspasse inicial há instalações em que a vazão inicial do filtro pode ser desviada para o esgoto e outras em que a taxa de filtração é mantida bem abaixo do valor nominal no início da carreira.

4.1.4 Evolução da perda de carga

4.1.4.1 A perda de carga no meio filtrante aumenta de maneira quase uniforme, salvo no fim da carreira, quando tende a crescer mais rapidamente.

4.1.4.2 Nos filtros cujo meio filtrante é constituído exclusivamente de areia, a maior parte do material em suspensão fica retido na parte superior do leito, o correndo aí, portanto, a maior parte da perda de carga.

4.1.4.3 Algumas vezes a perda total até um certo nível é superior à carga hidráulica disponível nesse nível, acarretando pressão negativa, isto é, atmosférica, o que constitui situação indesejável. Ver 4.3.4.2 e 6.2.

4.1.4.4 A evolução da turbidez e da perda de carga ao longo da carreira de filtração são, qualitativamente, idênticas em filtros de taxa constante e declinante. Quantitativamente, porém, há diferenças importantes.

4.1.4.5 Nos filtros de taxa declinante o traspasse inicial é mais intenso, pois no início da carreira a taxa de filtração é superior à nominal. Em compensação, o traspasse final ocorre mais tarde do que no filtro de taxa constante, supostas iguais às demais condições, porque a taxa final é inferior à nominal.

4.1.5 Tipos de filtros

4.1.5.1 Sob o ponto de vista do controle hidráulico, os filtros rápidos de gravidade se classificam em:

- a) filtros de taxa constante;
- b) filtros de taxa declinante.

4.1.5.2 Filtros de taxa constante - São aqueles em que, mediante um dispositivo adequado, o aumento da perda de carga no leito, provocado pela sua progressiva colmatção, é compensado pela redução da perda de carga na tubulação de efluente ou pelo aumento da carga hidráulica disponível, de tal forma que a vazão permaneça constante ao longo da carreira de filtração.

4.1.5.3 Filtros de taxa declinante - São aqueles em que a vazão varia ao longo da carreira; todos os filtros de uma bateria são interligados pela tubulação ou canal de afluente, de modo que o nível de água em todos os filtros é sempre o mesmo e, conseqüentemente, a unidade mais limpa aceita uma parcela proporcionalmente maior da vazão total e a mais comatada, uma parcela menor. Entretanto, a variação de vazão não é contínua ao longo da carreira, sofrendo decréscimos cada vez que um dos filtros é lavado e recolocado em serviço. No período entre duas lavagens consecutivas de filtros da bateria, o nível da água sobe para compensar o aumento de perda de carga devido à colmatção ocorrida no período. Estes filtros aceitam a vazão que lhes seja encaminhada, com as correspondentes variações de nível da água.

4.2 Dispositivos de controle hidráulico

4.2.1 Principais tipos

Os principais tipos de controle hidráulico de filtros de taxa constante são:

- a) regulador de vazão;
- b) regulador de nível.

4.2.2 Regulador de vazão

4.2.2.1 Consiste numa válvula, em geral tipo borboleta, instalada na tubulação de efluente, acionada por um atuador comandado por um dispositivo medidor de vazão. Esse dispositivo é, em geral, um medidor deprimôgeno (Tipo Venturi ou diafragma), ou um vertedor instalado logo a jusante da extremidade da linha de efluente.

4.2.2.2 O conjunto é regulado para a vazão nominal do filtro. No início da carreira, a vazão tende a ser maior, porém a válvula, na sua posição mais fechada, impede o aumento da vazão. À medida que o leito vai-se colmatando, a vazão tenderia a cair, porém a válvula vai-se abrindo, mantendo constante a perda de carga e, com isto, mantém-se a vazão nominal.

4.2.2.3 A regulagem da vazão nominal pode ser individual, isto é, feita em cada um dos filtros da bateria, ou geral, a partir de painel central de controle. Este tipo de regulador faz com que os filtros trabalhem não só a taxa constante, como também a vazão constante. Se a vazão afluente variar ou se um filtro for retirado de serviço por tempo significativo, a regulagem terá que ser ajustada, de modo que a vazão total dos filtros em operação se iguale à vazão afluente.

4.2.2.4 Durante a lavagem de um filtro, essa regulagem também deve ser alterada, mas isso só é praticável se o controle for central. Como este não é o caso mais frequente, durante a lavagem de um filtro o nível da água sobe nas demais unidades. O projeto deve prever uma altura livre, acima do nível normal, capaz de armazenar, nos demais filtros, o volume que seria filtrado pelo filtro retirado de operação durante o período de lavagem.

4.2.3 Regulador de nível

4.2.3.1 Consiste numa válvula do tipo borboleta acionada, direta ou indiretamente, por um dispositivo regulado para um determinado nível de água no filtro. À medida que o leito vai colmatando a válvula vai abrindo.

4.2.3.2 O princípio de regulagem é o mesmo de 4.2.2.2, havendo compensação de perdas de carga. A diferença fundamental está no fato de que os filtros com regulador de nível aceitam qualquer vazão que lhes for encaminhada, maior ou menor que a nominal, temporária ou permanente, sem necessidade de qualquer ajustagem, desde que não se ultrapasse a condição em que a válvula fica completamente aberta. Após ocorrida esta situação o nível no filtro passará a subir.

4.2.4 Filtros de nível variável

4.2.4.1 Esses filtros não têm qualquer dispositivo regulador na linha de efluente. A compensação do aumento da perda de carga no leito devida à colmatção é obtida pelo aumento do nível de água no filtro, o qual necessita, por esse moti

vo, ter uma câmara mais profunda, para poder acomodar uma variação de nível igual à da perda de carga no leito.

4.2.4.2 Para que tais filtros funcionem a taxa constante, são alimentados por vertedores livres ou outros dispositivos cuja vazão seja independente do nível de água no filtro; assim a vazão total afluente é igualmente distribuída entre todos os filtros em operação; eles aceitam a vazão que lhes seja encaminhada, com aumento ou diminuição do nível conforme a vazão aumente ou diminua.

4.2.4.3 O controle hidráulico dos filtros de taxa declinante é idêntico ao dos filtros de taxa constante com nível variável, descrito em 4.2.4.1, não há dispositivo regulador variável na linha de efluente e o controle hidráulico decorre da carga disponível e das características da tubulação de efluente, além do estado do leito. Assim, a diferença entre os filtros descritos em 4.2.4.1 e neste parágrafo é que, nos primeiros, o aumento da perda de carga no leito conduz ao aumento do nível e, nos segundos, à diminuição da vazão.

4.2.4.4 Em todos os filtros sem válvula na linha de efluente descritos em 4.2.4.1 e 4.2.4.3, existe a possibilidade de serem todas as unidades ligadas a uma câmara única, cujo nível mínimo é mantido em cota tal que permita que a lavagem de um filtro seja feita com a vazão dos demais filtros. Este tipo de arranjo não é usual e é designado, nesta Norma, como "filtros lavados com o efluente dos demais".

4.3 Operação de filtração

4.3.1 Generalidades

O controle operacional de um filtro consiste na observação de seu funcionamento a fim de se determinar o momento em que se deve encerrar a carreira de filtração para submeter o filtro à lavagem. Como atividade subsidiária, tem-se a aferição ou verificação do instrumental de controle e as tarefas de manutenção corrente.

4.3.2 Entrada em operação

A colocação de um filtro em operação, após a lavagem, consiste em abrir as válvulas de entrada de afluente e de saída de efluente. No caso de filtros que são lavados com o efluente dos demais filtros, a entrada em operação se processa mediante a abertura da válvula de entrada de afluente.

4.3.3 Derivação do efluente

Em filtros cuja tubulação de efluente conte com dispositivo (comumente chamado de "dreno") que permita a derivação da água filtrada para o esgoto, o mesmo pode ser usado, caso o transpasse inicial seja julgado excessivo e capaz de comprometer a qualidade da água de consumo. É imprescindível que as condições da derivação possibilitem a contaminação da água filtrada pela do esgoto. O fechamento da válvula de derivação será feito logo que a turbidez oriunda do transpasse inicial caia a valor julgado aceitável; alternativamente, este critério poderá ser substituído pelo fechamento da válvula de derivação após transcorrido um tempo predeterminado, indicado pela experiência operacional como suficiente para que a turbidez ocasionada pelo transpasse inicial caia a valor aceitável.

4.3.4 Parâmetros operacionais

Os parâmetros a observar no controle operacional do filtro variam conforme o projeto, podendo ser um ou mais dos estudados a seguir. Deve-se frisar que sendo vários os parâmetros, haverá várias condições que determinam o momento de se retirar o filtro de operação, devendo sempre prevalecer o que ocorrer primeiro.

4.3.4.1 A turbidez limite é o parâmetro mais importante na filtração. Logo que a turbidez atinja o valor limite, o filtro deve ser retirado de operação e lavado. Sua medição pode ser feita:

- a) por meio de turbidímetros contínuos instalados em todos os filtros. Neste caso é usual que se associe ao mesmo um alarme sonoro ou luminoso que indique a aproximação ou ocorrência da turbidez limite. Na inexistência de alarme, torna-se necessária, por parte do operador, uma atenção maior, aos turbidímetros dos filtros cujo efluente esteja com a turbidez mais próxima do valor limite;
- b) por meio de um ou mais turbidímetros contínuos capazes de receber água de todos os filtros ou de um grupo de filtros. Neste caso deve existir dispositivo, automático ou não, que faça passar periodicamente pelo turbidímetro, água derivada de cada um dos filtros servidos pelo mesmo. Se o dispositivo mencionado for automático, poderá haver alarme tal como o referido na alínea anterior. Inexistindo alarme ou sendo o dispositivo derivador não automático, deve-se dedicar atenção maior à observação da turbidez dos filtros mais colmatados. Além disso, quando a derivação não for automática, o operador deverá se certificar de que a água anteriormente existente na linha de derivação tenha sido expurgada;
- c) em laboratório, com amostras de água filtrada, colhidas nas linhas de efluente. Neste caso é essencial que a coleta de amostras seja feita sistematicamente em todos os filtros e a intervalos adequados. Em filtros novos ou recém reformados, tais determinações devem ser feitas a intervalos pequenos nos primeiros meses de funcionamento, de modo a definir o aspecto da curva de evolução da turbidez ao longo da carreira de filtração. Essas curvas devem ser praticamente idênticas em filtros de uma mesma bateria. Caso isto não ocorra há alguma anormalidade que deve ser investigada e corrigida. Uma vez estabelecida a curva típica da evolução da turbidez, o número de determinações pode ser diminuído, passando-se a fazê-las apenas ao aproximar-se o momento em que se presume que o valor limite da turbidez seja atingido;
- d) a aferição dos turbidímetros é feita por meio de suspensões padrão, fornecidas pelos fabricantes dos aparelhos ou preparadas em laboratório.

4.3.4.2 A perda de carga no leito filtrante tem, em geral, seu máximo fixado pelo projeto para atender às seguintes condições:

- a) evitar a ocorrência indesejável de pressão negativa no leito filtrante. O filtro deve ser lavado quando a perda de carga no leito for tal que a pressão relativa em algum ponto do mesmo se aproxime do zero. O valor máximo fixado pelo projeto para a perda de carga, pode ser alterado na operação se as condições reais de trabalho forem as mesmas que as admitidas pelo projetista. O Anexo A mostra um dispositivo piezométrico que permite a determinação da aproximação

das condições de pressão negativa no leito. Consiste ele num tubo transparente ligado à tubulação de efluente, que é fixado à parede do filtro na qual estará marcada a cota do topo da camada de areia. Quando o nível da água no tubo transparente coincidir com essa cota, algum ponto do leito de areia estará com pressão relativa próxima a zero;

NOTA 1: O dispositivo indica a perda de carga total no filtro, isto é, a perda no leito filtrante e mais as perdas no leito suporte, no sistema de drenagem e na entrada da tubulação de efluente, que são bem pequenas em relação à que ocorre no leito filtrante colmatado.

NOTA 2: Nos filtros de camada única (areia) a perda ocorre, principalmente, nos primeiros 5 a 10 cm do leito.

NOTA 3: O dispositivo citado pode servir para aferição do medidor de perda de carga total (leito filtrante, leito suporte, sistema de drenagem e entrada da tubulação de efluente). Para se utilizar o piezômetro como medidor de perda de carga, deve-se marcar na parede do filtro a cota do nível da água no filtro, se este for constante, ou então ter um tubo piezométrico que indique o nível da água no filtro. A diferença entre os níveis nos tubos piezométricos é a perda de carga total. (Ver Anexo B).

NOTA 4: Caso o medidor meça a perda de carga apenas no leito, o tubo piezométrico deverá ser ligado não à tubulação de efluente e sim ao próprio filtro, em cota igual à do topo do leito suporte ou pouco inferior.

NOTA 5: Inexistindo dispositivo que permita observar a condição de pressão negativa no leito, esta só será constatada com base em anormalidades que surgem após algum tempo.

NOTA 6: O despreendimento de grande número de bolhas de ar quando do fechamento da válvula do efluente ou do início da lavagem, pode ser indicação de ocorrência de pressão negativa. Quando o filtro é provido de dispositivo de insuflação de ar ou houver introdução do mesmo na tubulação de lavagem, o fenômeno das bolhas não é significativo.

- b) evitar a criação de esforços mecânicos que possam provocar compactação indesejável do leito colmatado. Em operação, sua constatação só é possível pela ocorrência de trincas, rachaduras, bolas de lodo, etc;
- c) evitar que seja ultrapassado um nível da água pré-determinado.

NOTA: Embora as variações do nível da água nos filtros sejam consequências das variações da perda de carga, este parâmetro é tratado separadamente porque sua observação é imediata e independente da medição da perda de carga. Cabe distinguir três casos:

- filtros de taxa constante sem válvula de regulação na tubulação de efluente. Os filtros deste tipo são alimentados por vertedores livres ou outros dispositivos cuja vazão seja independente do nível da água no filtro; consequentemente, o nível da água máximo em cada unidade de filtração corresponde à soleira do vertedor de afluente e quando atingido, a unidade deve ser lavada;
- filtros de taxa constante com válvula reguladora na tubulação de efluente. A válvula reguladora, na tubulação de efluente vai sendo aberta para compensar o aumento da perda de carga no leito. A partir do momento em que a válvula fica totalmente aberta, se a carreira de filtração não for interrompida, o ní

vel da água começa a subir, portanto, o filtro deve ser retirado de operação e lavado.

- filtros de taxa declinante. Os filtros de taxa declinante também não têm válvula reguladora, mas a entrada de efluente é afogada de modo que o nível da água em todos os filtros da bateria é o mesmo. Entre duas lavagens, esse nível sobe lentamente até um máximo e, após a lavagem de qualquer filtro, cai para voltar a crescer lentamente durante a filtração. O nível da água máximo no filtro, fixado no projeto, indicará o final da carreira. Se esse nível não for conhecido pelo operador, deve ser adotado como estando a 30 cm da borda superior do filtro.

4.3.4.3 A vazão, a rigor, não é um parâmetro operacional. Entretanto, como a maioria dos filtros têm medidores, indicadores e, às vezes, registradores de vazão, estes dispositivos poderão ser utilizados para se constatar eventual mau funcionamento das válvulas reguladoras. (Ver Anexo C).

4.3.4.4 Em algumas estações, é comum dar por finalizada a carreira de filtração após transcorrido um tempo pré-determinado.

a) esta prática geralmente é adotada por uma das seguintes razões:

- conveniência administrativa, oriunda do fato de que, em várias estações de tratamento, só se mantêm equipes completas de pessoal em um dos turnos;
- necessidade de se adaptar às deficiências do sistema de abastecimento de água, como no caso em que a lavagem dos filtros é feita com água proveniente de reservatório de distribuição e as condições do sistema obrigam que a lavagem dos filtros seja feita durante um período de menor consumo;
- deficiência de instrumental ou de pessoal para operação.

b) a filtração com tempo pré-determinado pode redundar em uma das seguintes consequências:

- desperdício de água para lavagem, quando a lavagem é feita antes que tenha ocorrido as condições reais de fim de carreira de filtração;
- deterioração da qualidade da água filtrada devido ao traspasse final prolongado, quando a lavagem ocorre após as condições limites satisfatórias;
- compactação excessiva do leito, nos filtros em que, graças a um bom projeto, não ocorre traspasse nem pressão negativa.

NOTA: A fim de evitar pressão negativa e compactação excessiva do leito, a duração máxima da carreira de filtração não deve ser superior a 60 horas.

4.3.5 Variações da vazão afluyente provocadas pela lavagem de um dos filtros

A retirada de um filtro para lavagem provoca um aumento da vazão afluyente aos demais filtros, aumentando a carga hidráulica até um máximo operacional estabelecido.

4.3.6 Variações da vazão afluyente provocadas pela paralização prolongada de um filtro

Se os filtros forem providos de válvula reguladora comandada pela vazão, há necessidade de se reajustar a regulagem da válvula para a nova vazão nominal. Nos filtros de taxa declinante haverá aumento do nível da água inicial, até o máximo operacional estabelecido.

4.3.7 Variações da vazão afluyente provocadas pela redução da própria vazão afluyente

4.3.7.1 Em filtros com válvula reguladora comandada pela vazão, deve-se ou reajustar a regulagem ou retirar um certo número de filtros de operação, embora, neste último caso, também possa ser necessário o reajuste da regulagem, se a redução da vazão não for proporcional a um número inteiro de filtros.

4.3.7.2 Em todos os demais casos, pode-se retirar um certo número de filtros de operação, porém, isso não é essencial, porquanto todos os demais tipos de filtros aceitam a vazão que lhes for encaminhada. Nos filtros de taxa constante sem válvula reguladora ou nos de taxa declinante, deve-se evitar que o nível da água fique abaixo da crista das calhas ou do vertedor geral da água de lavagem; poderá ser necessário então, retirar de operação um número adequado de unidades.

4.3.8 Situações de emergência

4.3.8.1 Estas situações, em geral, decorrem de falta de energia elétrica na estação de tratamento, ou na estação de recalque de água bruta, ou em ambos os locais, ou, ainda, no rompimento de adutoras, etc. Suas consequências podem variar muito, dependendo do grau de automação da estação e das condições existentes para evacuação de águas de extravazamento. Está fora do escopo da presente Norma o detalhamento dos casos possíveis; recomenda-se que para cada instalação sejam preparadas instruções específicas, principalmente porque nestes casos os maiores problemas podem ocorrer no pré-tratamento.

4.3.8.2 Uma situação de emergência que pode ocorrer é o esvaziamento parcial ou completo de um filtro. O reenchimento dos filtros constitui operação delicada. Deve-se reencher os mesmos, um a um, abrindo-se ligeiramente a entrada de água para lavagem; reencher tantos filtros quanto possível, começando pelos mais limpos; em seguida, pô-los a funcionar e utilizar essa água para reencher os demais. Deve-se enfatizar a importância do reenchimento lento, uma vez que a abertura brusca da válvula de lavagem é sempre prejudicial e, estando o filtro vazio, pode ocorrer rompimento do fundo falso ou deslocamento das camadas suporte; mesmo iniciado o enchimento lento, não se deve abrir completamente a válvula de água para lavagem, pois continuam a existir os riscos citados.

4.3.8.3 Não se deve encher o filtro "por cima", isto é, com a água afluyente, pois ter-se-ia cascateamento de água sobre o leito filtrante, com deterioração certa do efluyente e com risco de prejudicar a parte superior da camada suporte. Esta é a justificativa da recomendação final de 4.3.7.2.

4.4 Controle do processo de lavagem

4.4.1 Processo de lavagem contra-corrente

4.4.1.1 Na lavagem contra-corrente devem ser consideradas as seguintes circunstâncias:

- a) a lavagem dos filtros é feita mediante a passagem da água em sentido contrário ao da filtração, com vazão várias vezes superior à de filtração. Com essa vazão, a velocidade ascensional é tal que o leito filtrante "fluidifica", isto é, sofre uma expansão até uma situação em que o esforço hidrodinâmico sobre os grãos equilibra seu peso. O material (lodo) retido no leito filtrante, é removido pela ação de dois mecanismos: o efeito do esforço de cisalhamento da água sobre os grãos e o efeito do atrito entre os grãos que se chocam uns contra os outros; o material assim despreendido dos grãos é arrastado pela corrente de água ascensional e descarregado no esgoto;
- b) a água para lavagem do filtro poderá provir:
 - de um reservatório, situado em cota elevada, para o qual se bombeou previamente água filtrada, denominado "reservatório de água para lavagem";
 - de um reservatório de distribuição próximo; neste caso é desejável que as saídas para a distribuição e para a lavagem sejam distintas e se localizem em cotas tais que não haja possibilidade do reservatório ficar completamente vazio;
 - de um sistema que consiste em bombear a água para lavagem diretamente aos filtros;
 - de um sistema que consiste em lavar os filtros mediante a derivação da linha de recalque de água filtrada;
 - diretamente, e sem bombeamento, dos demais filtros.
- c) a lavagem descrita em (a) não é perfeitamente satisfatória, uma vez que, em grande número de casos, constatou-se que ela não é capaz de remover totalmente o material retido no leito. O material lodoso que permanece vai se acumulando e vem a provocar problemas a médio ou longo prazo, que acabam por exigir a completa substituição do meio filtrante.

4.4.2 Processos auxiliares

O uso de processos auxiliares tem como objetivo a remoção completa do material retido. Esses processos são:

- a) lavagem superficial - consiste na ação de grande número de pequenos jatos de água, de alta velocidade, incidindo sobre o leito filtrante, sob ângulos de 15° a 30° ; essa lavagem tem como objetivo apenas soltar o lodo das partículas de areia, seja pela ação do impacto direto do jato sobre os grãos, seja pela intensificação do atrito entre os grãos e auxiliar a lavagem contra-corrente; esta arrasta o material solto para fora do filtro, além de promover a lavagem propriamente dita, nas partes do leito não atingidas pela lavagem superficial. A água para lavagem superficial é geralmente bombeada, pois exige pressão que raramente é obtida mediante reservatório elevado;
- b) lavagem sub-superficial - consiste numa variante da lavagem superficial, usada em filtros de camada dupla. A lavagem sub-superficial objetiva agir sobre a parte superior da camada de areia;
- c) agitação por insuflação de ar - consiste na introdução de ar comprimido pelo fundo do filtro; as bolhas de ar atravessando o leito intensificam o atrito entre os grãos de material filtrante; esta agitação po-

de ser feita antes da lavagem contra-corrente ou simultaneamente à mesma; nos filtros com leito de antracito e areia a ação simultânea da agitação com ar e da lavagem contra-corrente é inconveniente, pois isso provoca excessiva perda de antracito;

- d) rastelagem - consiste em intensificar o atrito entre grãos mediante a passagem de um rastelo ou ancinho; a rastelagem mecanizada está hoje em desuso por ser muito menos eficiente que os outros processos auxiliares. Entretanto, a rastelagem manual constitui um recurso a usar em pequenas instalações não providas de processos auxiliares.

4.4.3 Dispositivos de controle de lavagem

Os dispositivos de controle de lavagem contra-corrente são:

- a) indicador de nível no reservatório de água para lavagem - dispositivo que serve para indicar ao operador se há água suficiente para realizar a operação de lavagem;
- b) regulador de vazão - dispositivo que:
- serve para compensar as variações de vazão para lavagem que podem ocorrer entre o filtro mais próximo e o mais afastado, em virtude de perda de carga na linha de lavagem;
 - deve ser ajustado para a vazão de lavagem;
 - é dispensável quando os filtros dispõem de medidor de vazão, dado que a válvula de entrada de água para lavagem pode ser ajustada para a vazão desejada.
- c) medidor de expansão do leito - dispositivo que:
- é pouco usado e pode ser empregado nos filtros lavados com efluente dos demais filtros, nos quais os dispositivos citados em 4.4.3 (a) e (b) não existem;
 - pode substituir o medidor de vazão.

4.4.4 Dispositivos de controle dos processos auxiliares

Esses dispositivos são os inerentes aos respectivos equipamentos (bombas, compressores ou sopradores), podendo, além desses incluir reguladores e/ou medidores de vazão, tanto de água como de ar.

4.4.5 Operação para lavagem

4.4.5.1 As operações preliminares à lavagem contra-corrente são as seguintes:

- a) verificar se o reservatório de água para lavagem contém água suficiente para esta operação (caso de 4.4.5.2 e 4.4.5.3);
- b) fechar a entrada do afluente;
- c) aguardar que o nível da água no filtro desça até a cota de extravasão de água de lavagem (cota da crista das calhas ou cota da crista do vertedor de descarga) (opcional);
- d) fechar a saída do efluente;
- e) abrir a válvula de esgoto.

4.4.5.2 Se a lavagem contra-corrente for feita com água proveniente de reservatório elevado, as operações serão as constantes do item 4.4.5.1 mais as seguintes:

- a) abrir lentamente a válvula de admissão de água para lavagem até atingir a vazão ou expansão estabelecida;

- b) manter essa vazão até terminar a lavagem;
- c) fechar lentamente a válvula de admissão de água para lavagem;
- d) fechar a válvula de esgoto.

4.4.5.3 Se a lavagem contra-corrente for feita com água bombeada diretamente, as operações serão as constantes do item 4.4.5.1 e mais as seguintes:

- a) ligar a bomba de lavagem, mantendo fechada a válvula de admissão ao filtro;
- b) abrir lentamente a válvula de admissão de água para lavagem até se atingir a vazão ou expansão especificadas;
- c) manter essa vazão durante o tempo especificado;
- d) fechar lentamente a válvula de admissão de água para lavagem;
- e) desligar a bomba.

4.4.5.4 Se a lavagem contra-corrente é feita por derivação da linha de recalque de água filtrada (prática geralmente utilizada em situações de emergências) as operações serão as constantes do item 4.4.5.1 e mais as seguintes:

- a) abrir lentamente a válvula de admissão de água do sistema de recalque para lavagem até se atingir a vazão ou expansão especificadas;
- b) manter essa vazão durante o tempo especificado;
- c) fechar lentamente a válvula de admissão de água para lavagem;
- d) fechar a válvula do esgoto.

4.4.5.5 Se a lavagem contra-corrente é feita com efluente dos demais filtros, as operações preliminares e as de lavagem se confundem, a saber:

- a) fechar a entrada de afluente do filtro a ser lavado;
- b) abrir a válvula do esgoto.

Pode-se aguardar, entre as operações (a) e (b) que o nível da água caia um pouco, mas não é prático aguardar que ele chegue à cota do vertedor geral da água filtrada, pois essa queda é extremamente lenta.

4.4.5.6 Há diversas práticas possíveis de lavagem superficial, com sistema rotativo ou fixo:

- a) ligar as bombas e/ou abrir a válvula de lavagem superficial imediatamente antes de abrir a válvula de lavagem contra-corrente;
- b) ligar as bombas e/ou abrir a válvula de lavagem superficial imediatamente depois de abrir a válvula de lavagem contra-corrente;
- c) abrir ligeiramente a válvula de lavagem contra-corrente (apenas o suficiente para relaxar a compactação do leito filtrante), acionar a lavagem superficial e, depois de um certo tempo, abrir a lavagem contra-corrente até a vazão especificada.

NOTA: Em qualquer caso, o fechamento da lavagem superficial é feito antes do fechamento da lavagem contra-corrente.

4.4.5.7 As práticas de lavagem sub-superficial, com sistema rotativo são:

- a) fechar a entrada do afluente;
- b) fechar a saída do efluente;
- c) abrir a válvula do esgoto;
- d) abrir lentamente a válvula de lavagem contra-corrente até o leito filtrante expandir o suficiente para permitir a rotação do agitador (normalmente 10% de expansão);

- e) ligar a bomba e abrir a válvula de lavagem sub-superficial;
- f) verificar a rotação do agitador pelo indicador de rotação;
- g) abrir a válvula de lavagem contra-corrente até se atingir a vazão ou expansão especificada;
- h) manter essa vazão durante o tempo especificado;
- i) fechar a válvula de lavagem sub-superficial lentamente, 1 a 2 minutos antes do término da lavagem contra-corrente;
- j) desligar a bomba;
- l) fechar lentamente a válvula de lavagem contra-corrente;
- m) fechar a válvula do esgoto.

4.4.5.8 As práticas de lavagem sub-superficial com sistema fixo são idênticas as de 4.4.5.6.

4.4.5.9 Quando a lavagem auxiliar é realizada por meio de insuflação de ar é conveniente observar os seguintes itens:

- a) fechar a válvula de afluente;
- b) permitir que o nível da água baixe até que esteja, aproximadamente, 30 cm acima do topo do leito filtrante;
- c) fechar a válvula de efluente;
- d) abrir a válvula de ar, depois de ligar o compressor;
- e) após decorridos entre 5 a 10 minutos, fechar a válvula de ar;
- f) desligar o equipamento de ar e proceder à lavagem contra-corrente.

4.4.5.10 A rastelagem deve ser realizada durante todo o período de lavagem de um filtro.

4.4.6 Critérios para controle

4.4.6.1 A lavagem contra-corrente é controlada através de dois parâmetros: a vazão de lavagem (ou, alternativamente, a expansão do leito) e a duração da lavagem. O primeiro parâmetro é fundamental, uma vez que se a vazão de lavagem for insuficiente, o filtro se ressentirá a médio prazo, podendo tornar necessária a substituição do meio filtrante. A duração da lavagem é um critério de ordem econômica; ela não deve ser excessiva porque tal significa gasto inútil de água filtrada; por outro lado, se for insuficiente, redundará em uma carreira de filtração mais curta e não significará economia de água de lavagem.

4.4.6.2 A vazão de lavagem é, em tese, estabelecida pelo projetista; este, entre tanto, necessita adotar uma margem de segurança face a incerteza com referência a um grande número de fatores, de modo que a vazão de dimensionamento do sistema de lavagem é frequentemente mais elevada que a ideal. A vazão ideal de lavagem é que provoca uma velocidade ascensional que remove o máximo possível de material floculento retido no meio filtrante. Se a vazão for muito alta, a expansão será maior e o número de colisões entre grãos será menor; por outro lado, se a vazão for muito baixa, a expansão também o será e a movimentação dos grãos ficará restringida, redundando em menor número de colisões; análise teórica mostra que a velocidade de lavagem que proporciona o maior número de colisões entre grãos é da pelas expressões:

$$V = C d, \text{ para a areia, e}$$
$$V = 0,47C d \text{ para o antracito,}$$

Onde:

V = taxa de lavagem, em m/min
 C = coeficiente de desuniformidade
 d = diâmetro efetivo, em mm.

4.4.6.3 A vazão ideal de lavagem pode ser determinada mediante experiências em filtros piloto. A experiência pode ser feita em alguns filtros da estação, variando-se a vazão de lavagem em torno do valor determinado com base nas equações de 4.4.6.2, contudo os efeitos de lavagem inadequada só são sentidos no filtro após alguns meses de funcionamento.

4.4.6.4 Para um dado meio filtrante, a cada taxa de lavagem contra-corrente corresponde uma certa expansão, podendo-se, pois, usar esta como parâmetro, caso não exista medidor de vazão. A expansão é medida em percentagem de espessura do leito filtrante em repouso. Uma maneira simples e prática, de medir a expansão consiste em fixar à parede do filtro, em várias cotas, recipientes rasos e verificar, após a lavagem, qual o recipiente mais alto em que se encontra o material filtrante.

4.4.6.5 A expansão correspondente à vazão ideal de lavagem indicada pelas expressões dadas em 4.4.6.2 é dada pela expressão:

$$E = \frac{0,6 - f}{0,4}$$

Onde:

f = porosidade do leito filtrante em repouso

4.4.6.6 É útil associar as vazões ou expansões às posições intermediárias da válvula de entrada de água de lavagem; essas posições podem variar de filtro para filtro, face à distância de cada um deles ao reservatório de água de lavagem.

4.4.6.7 A vazão ideal de lavagem varia com a viscosidade da água e, portanto, com a temperatura desta; adotando-se, como temperatura de referência 20°C, a correção para outras temperaturas é dada pela expressão:

$$V_t = \frac{V_{20}}{\mu^{1/3}}$$

Onde:

V_t = taxa de lavagem à temperatura t

V_{20} = taxa de lavagem a 20°C

μ = viscosidade absoluta, em centipoise, à temperatura t.

4.4.6.8 A duração da lavagem deve ser aquela a partir da qual a diminuição da turbidez da água de lavagem deixa de ser visualmente perceptível. Isto, em geral, ocorre quando tal turbidez é da ordem de 2 a 5 UJT. O Anexo D apresenta o aspecto típico da curva de evolução da turbidez da água de lavagem e a metodologia para o levantamento de tais curvas. No exemplo do Anexo D, a lavagem poderá ser suspensa após 6 minutos.

4.4.6.9 Quando se dispõe de processo auxiliar, este deve ser usado a plena capacidade e a vazão de lavagem contra-corrente pode ser significativamente menor que a necessária na ausência do processo auxiliar. Na ausência de valor fixado pelo projetista, adota-se para vazão de lavagem até a metade da que seria necessária na ausência de processos auxiliares.

4.4.6.10 A combinação ideal de cronologia e vazões dos processos de lavagem contra-corrente e auxiliar deve ser ensaiada em filtros piloto ou em unidades da própria instalação.

5 MANUTENÇÃO

5.1 As tarefas de manutenção do equipamento dos filtros estão fora do escopo desta Norma, pois só podem ser descritas para determinados equipamentos. O operador deve, entretanto, prestar especial atenção aos seguintes pontos:

- a) funcionamento das válvulas dos dispositivos reguladores;
- b) funcionamento das válvulas de afluentes e lavagem;
- c) funcionamento dos equipamentos de controle e medição.

5.2 Qualquer indício de mau funcionamento, inclusive vazamentos de água, ar ou óleo, deve ser imediatamente corrigido.

5.3 Recomenda-se a preparação de instruções específicas para cada estação, às quais devem ser anexados os catálogos dos equipamentos.

6 ANOMALIAS

6.1 Generalidades

As anormalidades que ocorrem em filtros podem ser devidas às deficiências de projeto, de construção ou de operação. No que diz respeito às anormalidades devidas às duas primeiras das causas acima, o operador obviamente nada pode fazer para preveni-las, mas cabe-lhe detetá-las o quanto antes e solicitar sua correção.

6.2 Obstrução por ar ocluso

6.2.1 Este fenômeno consiste no aparecimento, no interior do leito filtrante, de bolhas de ar que ficam aderentes aos grãos. Esse ar desprende-se da água quando a pressão se torna sub-atmosférica ou seja, quando ocorre o fenômeno antes referido de "pressão negativa no leito". Em consequência do espaço ocupado por essas bolhas de ar, a perda de carga cresce e a vazão diminui, às vezes de forma acentuada. O fenômeno é, portanto, um indicador de ocorrência de "pressão negativa", a qual pode ter consequências permanentes, devendo pois, ser evitada. A simples ocorrência de obstrução por ar significa uma redução da carreira de filtração. A constatação do ar ocluso é notada imediatamente, pelo seu despreendimento, no momento em que se para o funcionamento do filtro ou então, imediatamente após o iní

cio da lavagem ainda que à velocidade baixa. É essencial, contudo, verificar se o aparecimento do ar não se deve a outras causas, tais como: vazamento de ar nos filtros que contarem com insuflação de ar comprimido ou penetração de ar pela tubulação de água de lavagem contra-corrente. Também pode ocorrer ar ocluso, quando, devido a erro de operação permite-se que o nível da água caia abaixo do topo do leito.

6.2.2 Em filtros em que ocorra o fenômeno descrito em 6.2.1, o mesmo só pode ser evitado operando-se com um nível de água mais alto, o que às vezes não é possível, sem modificações substanciais que ultrapassem as providências de competência do operador.

6.3 Bolas de lodo

6.3.1 As bolas de lodo são aglomerados de areia e material flocculento retido no leito, compactados a tal ponto que não se desagregam pela lavagem contra-corrente. Trata-se de fenômeno comum em filtros não dotados de processos auxiliares de lavagem e, na realidade, a solução eficaz do problema só pode ser obtida com a instalação de um tal sistema.

6.3.2 O Anexo G apresenta a metodologia proposta por Baylis para análise das bolas de lodo. Recomenda-se fazer esta análise uma vez por ano e providenciar as medidas corretivas, abaixo indicadas, sempre que o percentual chegue a 2,5%.

6.3.3 Na ausência de processo de lavagem auxiliar, indicam-se os seguintes meios para evitar, ou pelo menos retardar, a formação de bolas de lodo:

- a) rastelagem manual enérgica durante a lavagem;
- b) sempre que se trocar o leito filtrante, raspar os 2,5 a 5 cm superiores após algumas lavagens; esta indicação deriva do fato de que se constatou que os menores grãos de areia favorecem a formação de bolas de lodo.

6.3.4 As medidas corretivas necessárias quando o percentual de bolas de lodo se torna excessivo são:

- a) troca do meio filtrante;
- b) tratamento com soda cáustica (Anexo H).

6.4 Contração do leito (trincas e crateras)

6.4.1 Num leito em que a lavagem não é eficaz, permanece, após a lavagem, uma certa quantidade de lodo; com o decorrer da carreira, o aumento da perda de carga vai provocando uma compactação do leito e, sendo o material flocculento muito compressível, o leito começa a apresentar trincas e crateras, facilmente visíveis. É comum também o deslocamento do leito junto às paredes. Estes fenômenos são altamente indesejáveis pois, na realidade, significam uma redução da espessura do leito filtrante.

6.4.2 A ocorrência descrita em 6.4.1 e análoga à formação de bolas de lodo e evita-se ou corrige-se de forma semelhante.

6.5 Deslocamento do meio suporte

6.5.1 Um sistema de lavagem mal projetado ou, às vezes, uma lavagem mal conduzida, pode fazer com que a vazão de lavagem não se distribua uniformemente por todo o filtro. Sua concentração local pode provocar deslocamento do meio suporte, o que redundará em espessuras diferentes do meio filtrante de ponto para ponto, e de desigualdades nas lavagens posteriores.

6.5.2 A verificação deste fenômeno é feita por sondagens do leito, de acordo com o exposto no Anexo F e o traçado de curvas de nível do meio suporte. Sua correção exige a remoção e reconstituição do meio.

6.6 Perda de material filtrante e variação de granulometria

6.6.1 A perda do material filtrante pode ocorrer tanto por cima, isto é, pela lavagem, como por baixo, isto é, no curso da filtração.

6.6.2 A perda de material durante a lavagem é devida a um posicionamento das calhas coletoras incompatível com a expansão provocada pela vazão de lavagem. O medidor de expansão mencionado em 4.4.3(c) indica se ocorre este fenômeno. Admitindo que a vazão de lavagem esteja correta, só se pode evitar a perda elevando-se as calhas.

6.6.3 A perda durante a filtração é mais rara e é devida a um meio suporte inadequado ou deslocado. Pode ser constatada pelo retentor de areia apresentado no Anexo E. Tanto esta perda como a anterior podem ser também constatadas pela medição da espessura do leito, mas este meio só revela o fenômeno a prazo relativamente longo.

6.6.4 A variação da granulometria ocorre em filtros de antracito pois este é relativamente friável e a abrasão provocada pela lavagem vai reduzindo o tamanho dos grãos; às vezes, a redução é suficientemente grande para ter como consequência a perda de material durante a lavagem. A reposição periódica do antracito é necessária em tais casos.

ANEXO A - DISPOSITIVO PARA DETERMINAÇÃO DE PERDA DE CARGA

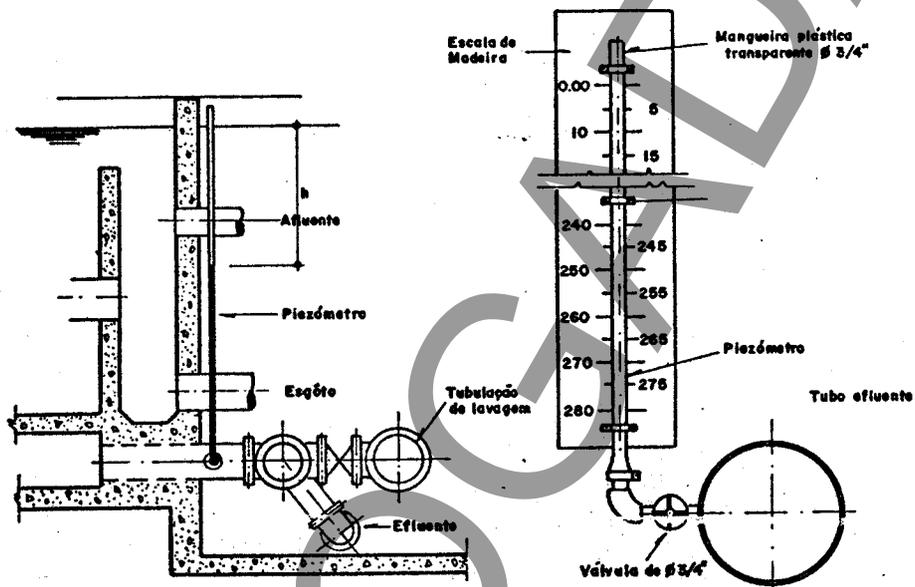


FIGURA 1

ANEXO B - VERIFICAÇÃO DE MEDIDORES DE PERDA DE CARGA

B-1 GENERALIDADES

B-1.1 O presente método tem por objetivo a verificação da exatidão de medidores de perda de carga, usados em controle de filtração.

B-1.2 A verificação deve ser feita pelo menos uma vez por ano em cada medidor.

B-1.3 A verificação deve ser feita em várias situações, isto é, logo após à lavagem, imediatamente antes da lavagem e em pelo menos uma situação intermediária.

B-2 VERIFICAÇÃO DOS MEDIDORES

B-2.1 Verificar a instalação dos medidores para constatar até que nível do filtro se refere sua medição, ou seja, se inclui ou não a medição das perdas no leito suporte, no sistema de drenagem e na entrada da tubulação de efluente.

B-2.2 Perfurar a parede do filtro comum à galeria de tubulações na cota do nível constatado conforme B-2.1 e instalar um tubo metálico ao qual se liga um tubo plástico transparente que se fixa à parede da galeria de tubulações.

B-2.3 Instalar, de forma análoga à indicada em B-2.2, um tubo em nível pouco superior ao topo do leito filtrante.

B-2.4 Em filtros dotados de válvula de efluente comandada pelo nível d'água no filtro, é desnecessária a instalação prevista em B-2.3, podendo ser substituída por uma marca, feita na parede da galeria, rigorosamente na mesma cota do nível da água de operação do filtro.

B-2.5 A perda de carga, em cm de coluna d'água, é a diferença de cota, em centímetros, entre os níveis que se estabelecerem nos tubos instalados conforme B-2.2 e B-2.3, ou entre o nível do tubo instalado conforme B-2.2 e a marca feita conforme B-2.4.

B-2.6 Uma diferença significativa (da ordem de 5%) entre o valor determinado conforme B-2.5 e o indicado pelo medidor de perda de carga na mesma ocasião, exige reajuste deste último.

ANEXO C - VERIFICAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO

C-1 GENERALIDADES

C-1.1 Tem por objetivo a verificação da exatidão dos medidores de vazão usados em controle de filtração e de lavagem.

C-1.2 A verificação deve ser feita pelo menos uma vez por ano em cada medidor.

C-1.3 A verificação de medidores de vazão de água filtrada deve ser feita em várias situações, isto é, logo após a lavagem, imediatamente antes da lavagem e em pelo menos uma situação intermediária.

C-1.4 A verificação de medidores de vazão de água para lavagem deve ser, pelo menos, para três aberturas diferentes de válvula de admissão de água de lavagem.

C-2 VERIFICAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO DE ÁGUA FILTRADA

C-2.1 Fixar à parede do filtro uma ripa, barra ou régua, graduada de 10 em 10 cm.

C-2.2 Fechar a válvula de entrada de afluentes.

C-2.3 Medir o tempo t , em segundos, necessário para que o nível da água baixe de uma graduação para a seguinte, devendo, contudo, ambas as graduações situar-se abaixo das calhas.

C-2.4 Anotar as indicações do medidor de vazão nos dois instantes extremos do intervalo t , medido conforme C-2.3.

C-2.5 Calcular a vazão, em litros/segundo, pela expressão:

$$Q = \frac{100 A}{t}$$

Onde:

A = área do leito filtrante, em m^2 .

C-2.6 Cotejar o valor calculado conforme C-2.5 com a média aritmética das indicações lidas conforme C-2.4.

C-2.7 Havendo diferença significativa (da ordem de 5%), providenciar a correção do indicador.

C-2.8 Havendo válvula reguladora comandada pela vazão de efluente, se as indicações lidas conforme C-2.4 forem diferentes, providenciar a correção do equipamento de comando da válvula.

C-2.9 A taxa de filtração, em m^3/m^2 dia, pode ser calculada pela expressão:

$$V_f = \frac{8.640}{t}$$

C-3 VERIFICAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO DE ÁGUA PARA LAVAGEM

C-3.1 Fixar à parede do filtro uma ripa, barra ou régua, graduada de 10 em 10 cm.

C-3.2 Fechar a válvula de afluente, aguardar que o nível da água baixe até pouco acima do topo do leito filtrante, fechar a válvula de efluente e abrir a de esgoto.

C-3.3 Abrir a válvula de entrada de água para lavagem até uma determinada posição, que deve ser anotada.

C-3.4 Medir o tempo t , em segundos, necessário para que o nível da água suba de uma graduação para a seguinte; observe-se que a graduação mais alta não pode estar em cota superior à do ponto mais baixo das calhas de coleta de água de lavagem.

C-3.5 Anotar as indicações do medidor de vazão nos dois instantes extremos do intervalo t , medido conforme C-3.4.

C-3.6 Calcular a vazão, em litros/segundo, pela expressão:

$$Q = \frac{100 A}{t}$$

Onde:

A = área do leito filtrante, em m^2 .

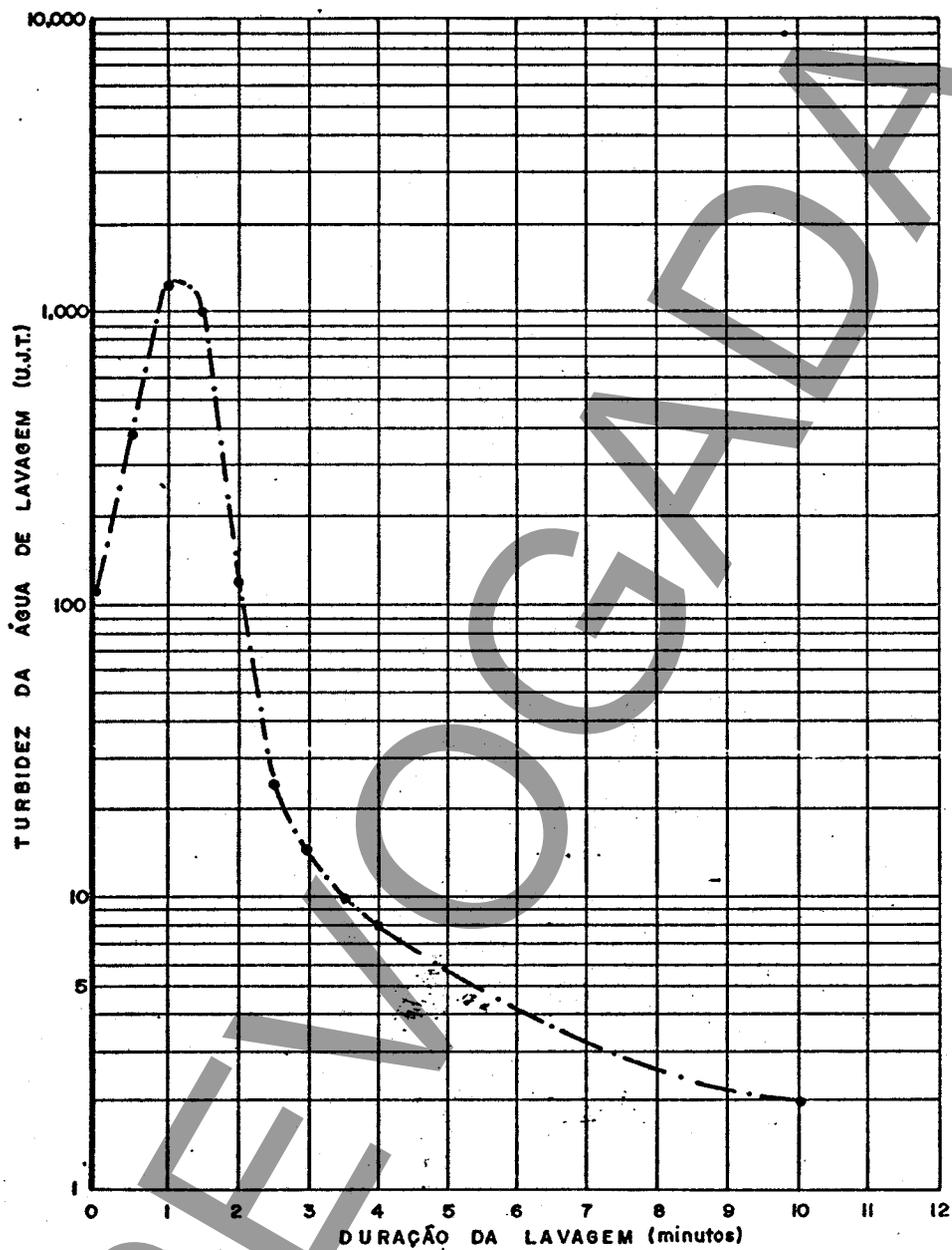
C-3.7 Cotejar o valor obtido conforme C-3.6, com a média aritmética das indicações lidas conforme C-3.5, nas mesmas unidades.

C-3.8 Havendo diferença significativa (da ordem de 10%), providenciar a correção do indicador.

C-3.9 Construir curva ou tabela correlacionando as vazões com a posição da válvula determinada conforme C-3.3.

C-3.10 A taxa de lavagem, em cm/min, pode ser calculada pela expressão:

$$V_L = \frac{600}{t}$$

ANEXO D - CURVA DE EVOLUÇÃO DA TURBIDEZ DA ÁGUA DE LAVAGEMFIGURA 2

ANEXO E - RETENTOR DE AREIA

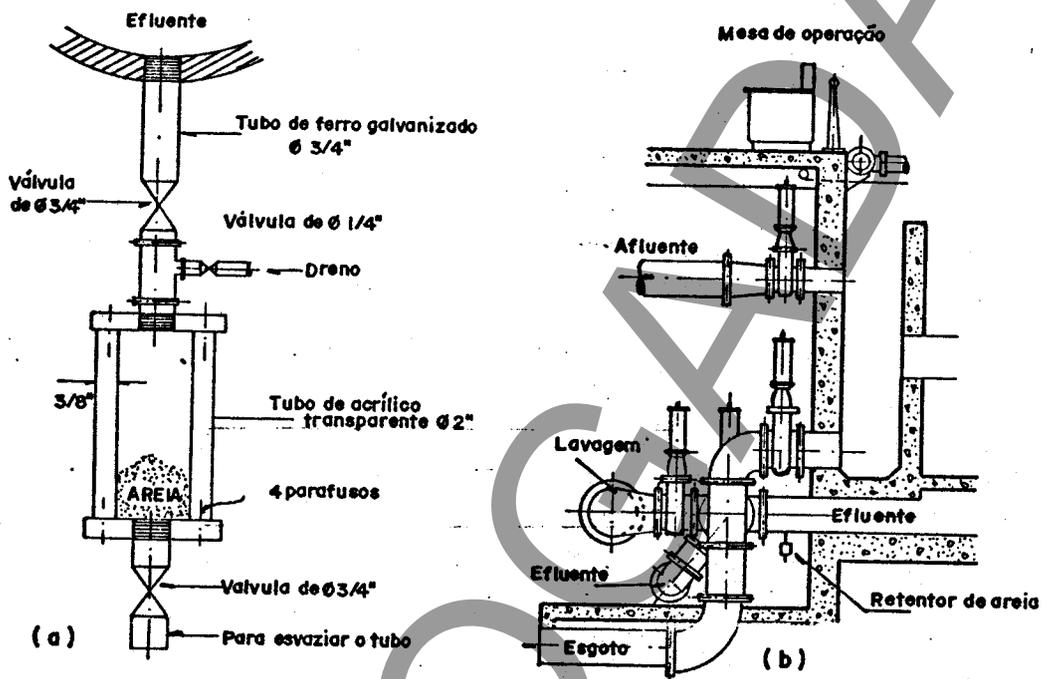


FIGURA 3

ANEXO F - DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DO LEITO SUPORTE

F-1 GENERALIDADES

F-1.1 O presente método tem por objetivo verificar a posição do leito suporte do meio filtrante.

F-1.2 A verificação deve ser feita pelo menos uma vez por ano, em cada filtro.

F-2 VERIFICAÇÃO

F-2.1 A verificação consiste em determinar, mediante sondagem, a cota do topo do leito suporte em relação a um plano horizontal de referência.

F-2.2 As sondagens devem ser feitas nas interseções de um reticulado de espaçamento uniforme; sugere-se que tal espaçamento seja de 0,50 a 1,00 m, mas poderá ser alterado em função do posicionamento das calhas de água de lavagem ou dos cursos disponíveis para a execução das sondagens.

F-2.3 A sonda é um vergalhão de aço de 12 mm de diâmetro, com ponta plana, muni-do de alça na outra extremidade, graduado de 5 em 5 cm e com comprimento suficiente para permitir a execução da sondagem (indicada em F-2.5) por um operador, de pé nas calhas de água de lavagem ou, na falta destas, no passadiço do filtro.

F-2.4 Para executar a sondagem, fechar o afluente e o efluente, deixando o nível d'água acima do topo da areia.

F-2.5 Cravar a sonda a mão até que ela toque o leito suporte. Anotar a leitura em relação ao nível d'água no filtro.

F-2.6 Sugere-se representar os resultados das sondagens mediante desenho das curvas de nível do topo do leito.

ANEXO G - ANÁLISE DE BOLAS DE LODOG-1 GENERALIDADES

G-1.1 O presente método tem por objetivo a determinação quantitativa de bolas de lodo existente no leito filtrante.

G-1.2 A determinação deve ser feita pelo menos duas vezes por ano.

G-2 INSTRUMENTAL

G-2.1 Amostrador - O amostrador, ilustrado na Figura 4, consiste em um cilindro metálico, de diâmetro interno aproximadamente igual a 75 mm e altura aproximada de 150 mm, munido de cabo de madeira.

G-2.2 Peneira de malha nº 10 (2 mm de abertura).

G-2.3 Dois baldes

G-2.4 Proveta.

G-3 PROCEDIMENTO

G-3.1 Aferir o volume do amostrador (v).

G-3.2 Lavar o filtro como de costume.

G-3.3 Abrir a válvula de efluente e deixar que o nível d'água baixe até pelo menos 20 cm abaixo do topo do leito.

G-3.4 Cravar verticalmente o amostrador em pelo menos 4 pontos uniformemente distribuídos pela superfície do filtro; a cravação deve ser até à introdução total do cilindro, após o que o mesmo é virado até que o cabo esteja quase horizontal; retirá-lo cuidadosamente, evitando que se perca material contido no mesmo e lançar o conteúdo num dos baldes. Juntar, assim, todas as amostras, em número de n.

G-3.5 Proceder à separação das bolas de lodo, da seguinte forma: colocar pequenas porções da amostra total na peneira e, mantendo-a semi-mergulhada num balde cheio de água, balançá-la suavemente, de tal forma que os grãos de areia passem pe

la peneira mas sem que as bolas de lodo de desagreguem.

G-3.6 Feita a seleção em cada porção, deixar escorrer as bolas de lodo obtidas e transferi-las para a proveta, na qual previamente terá sido colocada e medida uma quantidade de água.

G-3.7 Feitas as operações indicadas em G-3.5 e G-3.6, em todas as amostras colhidas (como indicado em G-3.4), determinar qual foi o aumento de volume na proveta; este aumento corresponde ao volume das bolas de lodo, designado por V.

G-3.8 O percentual de bolas de lodo se calcula pela expressão:

$$p = \frac{100 V}{nv}$$

G-3.9 O resultado se interpreta de acordo com o quadro abaixo:

% de bolas de lodo, em volume	Classificação do leito
0,0 a 0,1	excelente
0,1 a 0,2	muito bom
0,2 a 0,5	bom
0,5 a 1,0	regular
1,0 a 2,5	deficiente
2,5 a 5,0	mau
acima de 5,0	muito mau

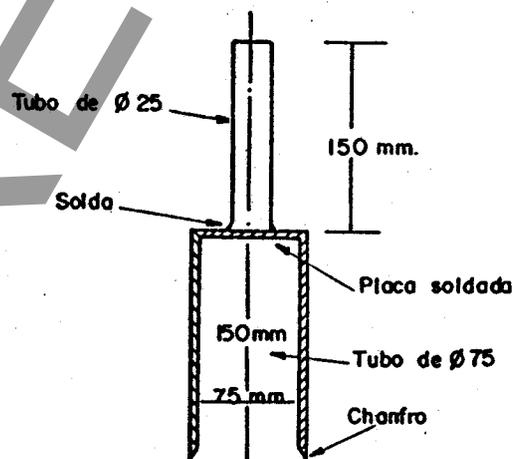


FIGURA 4

ANEXO H - TRATAMENTO DO LEITO FILTRANTE COM SODA CAÚSTICA

H-1 GENERALIDADES

H-1.1 O presente método tem por objetivo definir o tratamento de leitos filtrantes com soda cáustica para destruir bolas de lodo.

H-1.2 Este método só pode ser aplicado quando a tubulação de efluente do filtro contar com derivação que permita desviar o efluente para o esgoto ou quando houver outra maneira prática de evitar que a água do filtro sob tratamento vá ao reservatório de água filtrada antes da lavagem prevista em H-2.4.

H-1.3 Inexistindo as condições previstas em H-1.2, o tratamento só poderá ser feito se a estação estiver fora de operação, devendo ser feita a lavagem do reservatório de água filtrada após concluído o tratamento dos filtros.

H-2 MÉTODO

H-2.1 Fechar a válvula de afluente, esperar que o nível d'água no filtro caia até 30 cm acima do leito filtrante e fechar a válvula de efluente.

H-2.2 Lançar no filtro, de forma uniformemente distribuída, 5 a 10 kg de soda cáustica para cada metro quadrado de área filtrante.

H-2.3 Abrir a válvula de derivação para o esgoto até que o nível da água no filtro caia até pouco acima do topo do leito filtrante, e deixá-lo assim, durante 12 horas.

H-2.4 Lavar o filtro como de costume e repô-lo em serviço.

ANEXO I - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICASI-1 AWWA

- Water Quality and Treatment - 3^a ed. - McGraw-Hill Book Company, New York, 1971.

I-2 CEPIS

- Teoría, Diseño y Control de los Procesos de Clarificación del Agua - Organización Panamericana de la Salud, Lima, Peru, 1973.

I-3 KAWAMURA, S

- Design and Operation of High-Rate Filters - Journal, American Water Works Association - Oct., Nov., Dec. 1975.