MANUAL DE NORMAS SÔBRE PURIFICAÇÃO DE ÁGUAS

Recomendadas pelo Serviço de Saúde
Pública dos Estados Unidos
1946

Tradução de

NICACIO SERAFIM BARCELLOS
QUÍMICO (E. P. U. S. P.)

DA SECÇÃO DE ENGENHARIA SANITÁRIA
DO DEPARTAMENTO DE SAÚDE DO ESTADO

— 1949 —

Introdução

Êste manual de Normas sôbre Purificação de Águas foi preparado cooperativamente pela "Water and Sanitation Investigations Station", de Cincinnati, Ohio, e pela "Sanitary Engineering Division", do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos.

Escrito por um comitê técnico de funcionários do Serviço de Saúde Pública, êle se destina primàriamente a servir de guia aos engenheiros do mesmo serviço na avaliação dos aspectos sanitários dos abastecimentos de água a seu cargo. Foi publicado para uso geral, porquanto se notou que êste tipo de manual é também aplicável aos departamentos estaduais de saúde e outros serviços relacionados com o tratamento de águas.

O presente manual é considerado como representando sòmente as recomendações do comitê e como apresentando certas normas e processos que o comitê acredita sejam de utilidade na purificação de águas. Êsses processos e normas não devem ser interpretados como exigências obrigatórias, nem considerados como excluindo outras normas e processos. O fato de que uma certa prática pode não ser seguida, ou de que outras práticas podem ser substituidas, não será considerado uma falha que influa na purificação adequada de uma água.

O texto dêste manual é dividido em quatro secções. Em forma de esbôço, a Parte I apresenta as características dos sistemas de abastecimento suficientemente importantes para serem incluidas na inspeção sanitária, e enumera os principais defeitos sanitários e os riscos à saúde que, se presentes, seriam prejudiciais à qualidade da água. As Partes II e III cuidam, respectivamente, dos requisitos sanitários recomendados para o tratamento e para os sistemas de distribuição de água. Essas duas partes do manual estão na forma de uma análise encadeada, ampliando a matéria dada em resumo na Parte I.

A Parte IV foi adicionada como um exame explanatório dos requisitos bateriológicos e químicos para as águas potáveis, como exposto pelos Padrões de Água Potável, de 1946, do Serviço de Saúde Pública (1).

Na preparação dêste manual tirou-se tôda a vantagem das críticas feitas ao texto primitivo, que figura como parte do impresso n.º 2.440 do "Public Health Reports" (1). Êle foi confeccionado por vários membros do "Advisory Committee" (que preparou os Padrões de Água Potável, do Serviço de Saúde Pública, de 1942 e 1946), por alguns engenheiros sanitários e outros técnicos. Se bem seja naturalmente impossível conciliar de modo perfeito os pontos de vista divergentes de um grupo tão grande quanto o que foi consultado, foi feito um esfôrço para seguir o consenso de uma maioria representativa do grupo.

Os autores dêste manual reconhecem com gratidão as valiosas contribuições dos membros do "Advisory Committee", de engenheiros sanitários dos Estados e outras personalidades, para a matéria aqui apresentada.

PARTE I

CARACTÉRES FÍSICOS DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SUA PROTEÇAO SANITÁRIA

De acôrdo com a definição dos Padrões de Água Potável do Serviço de Saúde Pública, "um sistema de abastecimento de água inclue as obras essenciais e accessórias para captação, tratamento e distribuição de água desde o manancial até a torneira do último consumidor". A proteção sanitária relaciona-se com tôdas as partes de um sistema de água que estejam dentro dessa definição, se bem que para finalidade de simplificação a atenção deva concentrar-se especialmente sôbre aquelas que dizem respeito aos mananciais, ao tratamento e à distribuição de água.

CONHECIMENTO DO MANANCIAL E SUA PROTEÇÃO

A fim de que as pessoas relacionadas com os serviços de purificação de águas possam ter o necessário conhecimento em que baseiem sua opinião sôbre um abastecimento e façam as suas recomendações, é preciso que cada água tomada em consideração seja cuidadosamente estudada com referência a seu manancial e proteção. A finalidade exata de tal estudo e do respectivo relatório variará com as circunstâncias existentes em cada caso individual e não pode ser perfeitamente especificada em têrmos gerais. O processo geral deve ser substancialmente o seguinte:

1. **A inspeção sanitária de uma água de abastecimento deve ser feita por pessoa competente.** A segurança dos dados colhidos dependerá largamente da competência da pessoa encarregada da inspeção e portanto é de primordial importância a seleção cuidadosa do pessoal destinado a êsse serviço. As qualificações que constituem a "competência" não podem ser precisamente definidas, mas em geral a pessoa encarregada da inspeção deve ter recebido uma educação técnica, nas ciências sanitárias básicas, equivalente à ministrada num curso de engenharia sanitária dado em escola de engenharia de boa reputação ou escola de saúde pública; deve ter um amplo conhecimento de assuntos sanitários e fenômenos físicos que digam respeito a águas potáveis e seus mananciais, assim como deve conhecer os principais característicos das estações de purificação e dos sistemas, seu funcionamento e processos apropriados de contrôle de laboratório.

2. **Deve-se apresentar uma breve descrição geral da água de abastecimento.** Isto deverá incluir:

a) o nome do proprietário da água;

b) uma breve descrição das áreas de captação e dos mananciais;

c) uma breve descrição do possível armazenamento, tanto antes como depois do tratamento;

d) uma breve descrição da estação, inclusive a data de instalação dos serviços principais e um relato das ampliações ou alterações posteriores.

3. **Deve-se fazer uma súmula parcial dos fatos pertinentes à condição sanitária da água, de acôrdo com as conclusões da inspeção local.** O esbôço seguinte servirá para indicar a finalidade geral da inspeção. Nem todos os seus itens, todavia, se aplicam a qualquer água de abastecimento e, em alguns casos, itens não existentes na relação devem ser nela incluidos. Convém fazer referência às Partes II e III dêste manual para certas recomendações pormenorizadas contidas em várias partes do presente esbôço.

A. AGUAS DO SUB-SOLO

1. Carater da geologia local; extensão e topografia da área de captação; declividade da superfície do terreno.

2. Natureza do solo e das camadas porosas subjacentes, seja de areia, argila, cascalho, rocha (especialmente pedra calcárea porosa); granulosidade da areia e do cascalho; espessura da camada aquífera; profundidade do lençol de água; localização e perfil de poços da vizinhança, tanto em uso como abandonados.

3. Declividade do lençol de água, determinada de preferência por meio de poços de observação ou indicada presumidamente, mas não de modo absoluto, pela inclinação do terreno.

4. Extensão da área de drenagem que poderá contribuir provàvelmente com água para o abastecimento; população dessa área de drenagem.

5. Natureza, distância e direção dos focos locais de poluição.

6. Possibilidade de contaminação da água por água de drenagem superficial, e de inundação dos poços; métodos de proteção.

7. Métodos usados para a proteção da água contra poluição por meio de tratamento de esgotos, resíduos industriais e semelhantes.

8. Construção de poços: material, diâmetro, profundidade do revestimento; profundidade até os crivos ou perfurações: altura dos crivos ou perfurações.

9. Proteção superior e lateral dos poços de captação; outros dispositivos de proteção, além de válvulas de retenção ou registros contra refluxo no dreno; proteção das linhas de adução, etc..

10. Construção da casa de bombas (pisos, drenos, etc.); capacidade das bombas; afusamento quando as bombas estão em funcionamento.

11. Possibilidade de uso de uma água impura em lugar de uma água normal, com perigo para a saúde pública.

12. Desinfecção; equipamento; supervisão; contrôle de laboratório.

Exemplos de defeitos sanitários nos abastecimentos de águas de sub-solo:

1. Buracos, fossas ligadas a pias, ou excavações abandonadas, usadas para drenagem superficial, ou descarga de esgoto, nas proximidades do manancial; fendas ou falhas abertas nas camadas superpostas às formações aquíferas.

2. Vasamento no revestimento de poços tubulares, ou revestimento não suficientemente profundo, ou não elevado acima do solo ou do piso da sala de bombas, ou não fechado na extremidade superior; ou revestimento impròpriamente usado como tubo de sucção.

3. Poço de captação, ou reservatório, sujeito a contaminação pelo refluxo de água poluida através de dreno impróprio ou por efeito de drenagem superficial. Falta de tampas, buracos de inspeção impròpriamente construidos, frestas, etc., que possam permitir contaminação.

4. Manancial de abastecimento ou estruturas sujeitas a inundações.

5. Emprêgo de manilhas de barro ou outros condutos não impermeáveis, em lugares onde a água do sub-solo pode ser contaminada.

6. Vasamento em sistemas sob vácuo.

7. Conduto, ou condutos, de ar comprimido em conexão perigosa com esgoto ou com abastecimento de água de qualidade inferior.

8. Poços situados nas proximidades de esgotos; latrinas; fossas negras; fossas sépticas; irrigação sub-superficial por meio de manilhas; drenos; estábulos ou cocheiras; excavações abaixo da flor da terra; ou outras fontes de contaminação.

9. Bôcas de poço, revestimentos de poço, bombas, maquinaria de bomba, canos de sucção expostos, ou caixas de válvula em comunicação com canos de sucção, abrigados em covas abaixo da superfície do solo.

10. Resíduos industriais descarregados na área da bacia ou em camadas subterrâneas, causando contaminação das águas do sub-solo.

B. ÁGUAS SUPERFICIAIS NÃO FILTRADAS

1. Natureza da geologia da superfície; carater dos solos e das rochas.

2. Carater da vegetação; florestas; terras cultivadas e irrigadas, incluindo salinidade, efeito da irrigação, etc..

3. População e população servida de esgoto por milha quadrada de área de captação.

4. Métodos de destino de esgoto, seja por afastamento da bacia de captação, seja por tratamento.

5. Carater e eficiência dos serviços de tratamento de esgoto na área de captação.

6. Fontes de poluição fecal na vizinhança das tomadas de água.

7. Proximidade, origem e carater de resíduos industriais, águas salgadas de campo petrolífero, águas ácidas de minas, etc..

8. Propriedade do abastecimento quanto à quantidade de água.

9. Em abastecimentos oriundos de lagos ou reprêsas: dados sôbre direção e velocidade dos ventos; impulsão da poluição; dados sôbre a luz solar (algas).

10. Carater e qualidade da água "in natura": organismos coliformes (M.P.N.); algas; turbidez; côr; componentes minerais impróprios.

11. Período nominal de retenção em reservatório ou tanques de armazenamento.

12. Tempo mínimo provável de percurso da água desde os focos de poluição até o reservatório e através dêste até a tomada de água.

13. Forma do reservatório com referência a possíveis correntes de água, induzidas pelo vento ou pela descarga do reservatório, desde a entrada até a tomada de água.

14. Medidas para evitar a pesca; transporte em barcas; pouso de aviões; natação; vadeação; extração de gêlo; presença de animais nas áreas marginais e na água ou sôbre a água, etc..

15. Eficiência e constância da fiscalização.

16. Desinfecção da água: natureza e propriedade do equipamento; peças em duplicata; efetividade do tratamento; supervisão e contrôle de laboratório adequados; período de contacto depois da desinfecção; cloro livre residual ou cloraminas na água clorada; teor de desinfetante residual mantido na água.

17. Instalação de bombas; casa de bombas; capacidade das bombas, unidades de reserva; caixas d'água.

Exemplos de defeitos sanitários:

1. Ausência ou impropriedade de cloração, ou falta de contrôle adequado; período de contacto insuficiente quando sòmente cloraminas estão presentes na água tratada.

2. Inexistência de restrições ao uso, para fins recreativos, tanto de águas correntes como de reprêsas, juntamente com suas terras marginais, na área de captação.

3. Existência de focos de poluição, tais como moradores na bacia de captação, córte de madeira, caça, pastagens e outras atividades; fossas negras e esgotos drenando para cursos de água ou lagos dentro da área de captação, ou para terras marginais a êles adjacentes.

4. Localização imprópria de tomadas de água com respeito ao fundo do reservatório e influências de correntes, ou em relação às entradas de água de drenagem superficial.

5. Tomadas expostas e sujeitas a violações.

6. Em abastecimentos oriundos de lagos: navegação nas proximidades das tomadas; bancos de gêlo flutuantes, despejo de produtos de dragagem, lixo, etc., no lago, nas proximidades das tomadas; privadas inadequadas em acampamentos.

C. AGUAS SUPERFICIAIS FILTRADAS

1. Área de captação: extensão, topografia; densidade da população servida e não servida de esgoto; geologia da superfície; reservatórios, sua capacidade e situação.

2. Focos de poluição: natureza, distância da tomada, inclusive milhas e tempo de percurso; número de habitantes servidos de esgoto e distância das suas habitações.

3. Tratamento de esgotos na bacia: grau do tratamento; processos; número de habitantes servidos; efetividade e uniformidade dos resultados.

4. Característicos da água "in natura": turbidez, côr, alcalinidade, dureza, ferro, etc.; qualidade bateriológica (resultado médio, máximo e mínimo); variações na qualidade, especialmente após chuvas pesadas ou em épocas de grandes "runoffs". (*)

5. Capacidade do sistema de filtros (M.G.D.): produção diária, média e máxima; capacidade máxima das bombas de água "in natura"; equipamento de reserva.

6. Sistema de coagulação: tipo, empregando solução ou material sêco; drogas usadas; dosagem média, máxima e mínima; número e capacidade das unidades; unidades de reserva.

7. Tanques de mistura e floculação: tipo, mistura rápida, tempo médio e mínimo; floculação, tempo médio e mínimo; número, tamanho e disposição das unidades; facilidades para a limpeza.

8. Tanques de sedimentação, número, dimensões e capacidade de retenção; sedimentação simples; sedimentação por post-coagulação; métodos de limpeza; flexibilidade de operação; eficiência na correção da turbidez e na remoção de bactérias.

9. Filtros: tipos de pressão ou de gravidade; número; tamanho e capacidade, área efetiva de filtração; tamanho efetivo e coeficiente de uniformidade da areia; sistema de lavagem, água direta ou vinda de reservatório, taxas de aplicação da água de lavagem; indicadores de perda de carga; reguladores de vazão, valores médio e máximo da vazão dos filtros.

10. Depósito de água filtrada: capacidade; localização; disposição; coberto ou descoberto; proteção contra contaminação; métodos de limpeza; depósito adicional na rede.

11. Aeração: finalidade; sistema; capacidade; localização no sistema de purificação; eficiência.

12. Desinfecção: espécie; fases, se mais de uma; localização no sistema de purificação; capacidade; método de operação; contrôle de operação; dosagem média, máxima e mínima; proporção cloro-amônea, se se empregar amônea; cloração comum ou pelo sistema "break-point", se êste for usado; eficiência de cada fase de cloração; período de contacto do cloro ou da cloramina antes da distribuição.

(*) *Runoff*, água que é removida do solo por drenagem superficial ou subterrânea (N. do T.).

13. Funcionamento e contrôle da estação: supervisão técnica, adestrada ou não, tempo integral ou parcial; número de operadores; contrôle de laboratório, espécies e frequência dos ensaios; assentamentos da estação e do laboratório, espécie, extensão, usos, etc.; registros meteorológicos.

Exemplos de defeitos sanitários:

1. Poluição excessiva da água "in natura" em relação ao grau do tratamento feito (ver sec. II, A. 1., p. 31); existência, nas vizinhanças, de focos não controlados de poluição de água "in natura".
2. Existência de derivações (bypass) por onde uma água "in natura" ou parcialmente tratada pode penetrar na rede de distribuição.
3. Existência de interconexões perigosas, derivações ou canaletas de concreto na estação, como entre condutos ou depósitos de água "in natura" ou parcialmente tratada e condutos ou tanques de água completamente tratada.
4. Deficiência da capacidade de reserva da estação, provocando sobrecarga excessiva das unidades ou a necessidade eventual de flanqueá-las.
5. Falta de supervisão e de operação competentes ou de contrôle de laboratório adequado (parte II, C, 2., p. 43).
6. Deficiência ou desleixo na operação ou nos registros de laboratório (parte II, C, p. 43-44).
7. Falta de meios apropriados para medir e registrar os volumes de água tratada; para manter a continuidade das dosagens de coagulantes e cloro; deficiência de períodos de retenção nos decantadores (parte II, B, 4., p. 34); ou deficiência de áreas, alturas e granulações da areia e dispositivos de lavagem de filtros.
8. Falta ou deficiência de equipamento próprio para cloração e contrôle ou incapacidade de manter a todo tempo, no efluente tratado, a taxa conveniente de cloro residual.
9. Falta de proteção adequada para a água purificada; capacidade de depósito aquém do necessário para efeito de segurança.
10. Localização imprópria da estação de tratamento ou proteção imprópria contra águas de inundação.

D. CASA DE BOMBAS E SISTEMA COLETOR

1. Localização e proteção com referência a inundações.
2. Número, tipo e capacidade das bombas, inclusive as de reserva; estado do equipamento e método de operação; estado dos canos de sucção;
3. Localização dos canos de sucção relativamente aos focos de poluição.
4. Tomadas de emergência.
5. Fontes de energia de emergência; registro de interrupções de fôrça; feito das interrupções de fôrça nas quedas súbitas de pressão nos condutos, etc..

6. Aparelhos registradores do nível de água no poço de sucção; elevações e abaixamentos do nível de água no poço de sucção.

7. Crivos de proteção contra peixes e detritos.

8. Todos os canos de esgoto de ferro fundido ou de outro material.

9. Muretas de proteção em tôrno dos poços de sucção contra drenagem superficial.

10. Operação contínua ou intermitente.

Exemplos de defeitos sanitários:

1. Canos de sucção com vasamentos.

2. Bombas sem escorva própria; escorva com água impura.

3. Poço de sucção sujeito a poluição pelo refluxo de água poluida através de dreno.

4. Poço ou canos de sucção não protegidos contra a poluição superficial ou sub-superficial do solo.

5. Localização imprópria ou proteção inadequada contra águas de inundação.

6. Falta de meios próprios para assegurar a continuidade do trabalho das bombas sob quaisquer condições possíveis.

E. REDE DE DISTRIBUIÇÃO (EXCETO RESERVATÓRIOS OU "STANDPIPES")

1. Área e população abastecida; proporção em relação ao total dentro dos limites da área servida.

2. Propriedade da rede de distribuição em relação à área servida; diâmetro dos tubos mestres e laterais, circulação da água; depósito.

3. Tipo do sistema de distribuição: por gravidade, por elevação direta, por elevação indireta, incluindo-se a capacidade das bombas, etc..

4. Em passagens sôbre água: flexibilidade das juntas dos canos para mantê-las estanques sob a ação de fôrças devidas à vibração e mudanças de temperatura, inclusive congelação; proteção do cano contra o impacto de veículos, inundações e corpos transportados por água de inundação.

5. Em passagens sob água: uso de juntas flexíveis e impermeáveis; provisão de válvulas situadas acima do nível de inundação em cada extremidade do percurso; linhas duplas; equipamento instalado para fazer ensaios de pressão para descobrir vasamentos; torneira para colheita de amostras em cada extremidade do cruzamento; dispositivo para descarga, no solo, dessas secções de canalização; cano condutor assentado abaixo do fundo do leito da corrente.

6. Uso de valas comuns ou separadas para assentamentos de canos de esgoto e canos mestres de água; prática referente a cruzamentos de linhas de água e de esgoto.

7. Processo de desinfecção em seguida ao assentamento de novos canos mestres ou reparação dos existentes.

8. Método de esgotar hidrantes: drenos, covas sêcas, superfície do solo e outros.

9. Elevação do piso da estação de recalque em relação ao nível do chão; localização das linhas de sucção da bomba que mantém a pressão relativamente aos focos de poluição; possibilidade de desenvolvimento de pressões negativas nas instalações da bomba de pressão alimentada diretamente da rede.

10. Método de distribuição de água, do abastecimento público para qualquer outro sistema que use água não purificada.

11. Propriedade do sistema de canalização com respeito à manutenção de pressão positiva em tôdas as partes do sistema de distribuição sob condições normais de uso, em qualquer tempo.

Exemplos de defeitos sanitários:

1. Existência de interconexões perigosas entre um abastecimento primário e um secundário de qualidade duvidosa em qualquer ponto da rede de distribuição.

2. Retôrno, à rede de abastecimento, de qualquer água usada em refrigeração, operações hidráulicas, etc. (Isto não significa excluir o uso do condensador barométrico ou de um circuito de refrigeração inteiramente fechado, na estação de tratamento de água).

3. Ausência ou impropriedade de proteção; falta de coberta; localização inadequada dos reservatórios de distribuição, "standpipes" ou tanques elevados de pressão.

4. Serviço intermitente, acarretando diminuição de pressão ou pressão negativa na rede; diâmetros dos canos mestres ou secundários insuficientes para prevenir pressões negativas; presença de pontos mortos, provocando redução de pressão ou pressões negativas.

5. Conexões para borrifadores que usam soluções tóxicas como anti-congelantes.

6. Recalque de água pelo consumidor quando a pressão está baixa, causando pressões negativas.

7. Conexão para esgotos e tanques fluxíveis, e descargas impròpriamente situadas na rede.

8. Existência de drenos de hidrantes ligados a esgoto.

9. Presença de sistema secundário de água não potável onde exista rede pública, a não ser que regulamentos e sanções adequados previnam efetivamente a ocorrência de interconexões perigosas.

10. Falta de sanções ou sanções impróprias nos códigos sôbre instalações domiciliárias e (ou) nas normas destinadas a proteger a água de abastecimento contra a possibilidade de refluxos vindos de pias ou aparelhos sanitários em geral ou de equipamentos mecânicos alimentados com água do abastecimento público.

11. Ligação, ao sistema, de novas linhas de canalização sem prévia desinfecção dos canos.

12. Existência, na rede, de manilhas de barro ou de outro material permeável.

13. Localização imprópria dos canos de água em relação aos canos de esgoto e de águas pluviais.

F. DEPÓSITO (RESERVATÓRIOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO)

1. Uso, localização e capacidade de reservatórios e "standpipes".

2. Sítios dos reservatórios, proteção contra transgressores; localização com respeito a focos de poluição; carater da geologia local.

3. Perigo de entrada de águas de inundação e de drenagem; elevação da parte superior das unidades de armazenamento em relação ao mais alto nível de água conhecido de algum lago, lagoa ou corrente, cujas águas possam alcançar os reservatórios; precauções para desviar dos reservatórios as águas de superfície; reservatórios ou unidades de armazenamento impermeáveis à água.

4. Ponto de descarga dos extravazamentos, dos ladrões, dos sangradouros e drenos, tanto da parte superior como do fundo dos reservatórios, por meio de canalização de esgotos ou de lançamento sôbre a superfície do solo.

5. Elevação, acima do nível do solo, das paredes dos reservatórios de superfície.

6. Proteção das covas onde estão localizados os registros dos reservatórios contra águas de inundação e de drenagem superficial, e de ponto de descarga de seus drenos.

7. Tipos de tampa ou teto, buracos de inspeção, respiradouros, ladrões, instrumentos de contrôle, e carater das conexões de tubos com o reservatório quanto ao perigo de vasamento no ponto de entrada.

8. Normas de desinfecção para novos reservatórios ou após lavagem e reparação das unidades existentes.

Exemplos de defeitos sanitários:

1. Presença de formações especiais no local do reservatório, como pedra calcárea, lavas partidas, seixos graúdos, etc., cujos interstícios formam canais, juntas ou fendas e por isso apresentam capacidade filtrante muito pequena para evitar que a contaminação atinja o reservatório; más condições de drenagem superficial; distância insuficiente dos corpos de água de superfície ou focos de contaminação; parte superior do reservatório não acima do solo ou acima do nível das águas de inundação.

2. Material impróprio, mau estado de conservação, fendas, falta de tampa apropriada; respiradouros e ladrões que não evitam pássaros, poeiras, chuvas, insetos, etc..

3. Indicadores de nível de água e válvulas de contrôle que permitem a contaminação na água armazenada.

4. Platibanda do teto interferindo com a drenagem dêste.

5. Buracos de inspeção e tampas de tipo raso, e tampas ou buracos de inspeção que permitem penetração de drenagem no reservatório ou unidade de armazenamento.

6. Drenos dos reservatórios para os esgotos ou águas de superfície cujos refluxos possam atingir o reservatório.

7. Hastes de registro não protegidas atravessando a coberta do reservatório.

PARTE II

REQUISITOS SANITÁRIOS RECOMENDADOS PARA OS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

A. REQUISITOS GERAIS

1. Grau de tratamento

Para fins de classificação com respeito aos requisitos de tratamento, as águas aceitáveis para tratamento podem ser divididas em quatro grupos. Para simplificar, o conteúdo bactérico coliforme da água "in natura" pode ser expresso tanto em "números mais prováveis" como pelo "índice de Phelps", sem mudar as medidas limites coliformes indicadas para os vários grupos de águas. (Ver "Public Health Reports", impresso n.º 1170 (2), 15 de julho de 1927, págs. 7-11 e 18-19).

Grupo I. Águas que dispensam tratamento. Êste grupo é limitado a águas subterrâneas, não sujeitas a qualquer possibilidade de contaminação, e de acôrdo, a todos os respeitos, com os requisitos dos Padrões de Água Potável do Serviço de Saúde Pública, o que é comprovado por inspeções sanitárias e ensaios analíticos satisfatórios, regulares e frequentes.

Grupo II. Águas que exigem apenas cloração ou seu equivalente. Êste grupo inclue águas subterrâneas e de superfície, sujeitas a baixo grau de contaminação e que satisfaçam os requisitos dos Padrões de Água Potável do Serviço de Saúde Pública (1) a todos os respeitos, exceto quanto ao conteúdo de bactérias coliformes, que deveria dar em média até 50 por 100 ml em qualquer mês.

Grupo III. Águas que exigem tratamento completo, com filtração em filtros rápidos de areia, ou seu equivalente, juntamente com post-cloração contínua. Êste grupo inclue tôdas as águas que requerem tratamento por filtração para remoção de turbidez e côr; águas de alta ou variável demanda de cloro; e águas poluidas por esgoto em tal grau que seja inadmissível sua inclusão nos grupos I e II, mas cuja média de bactérias coliformes não passe de 5.000 por 100 ml em qualquer mês, nem exceda êste número em mais de 20% das amostras examinadas em qualquer mês.

Grupo IV. Águas que exigem tratamento auxiliar além de tratamento completo por filtração e post-cloração. Êste grupo inclue as águas com os requisitos do grupo III em relação à média limite de bactérias coliformes por mês, mas excedendo o número de 5.000 por 100 ml em mais de 20% das amostras examinadas durante qualquer mês e não passando de 20.000 por 100 ml em mais de 5% das amostras examinadas durante qualquer mês.

Nota. Por "tratamento auxiliar", como é aqui empregado, entende-se a pre-sedimentação ou pre-cloração, ou seus equivalentes, seja separada seja combinadamente, como for conveniente. O armazena-

mento demorado, por períodos de 30 dias ou mais, representa uma permanente e segura garantia que em muitos casos vale algo mais do que um efetivo substituto para um ou para ambos os métodos indicados.

Observações.

(a) Ainda que se conceba a inclusão, no grupo I, de águas de superfície excepcionais, livres de qualquer possível contaminação e, além disso, protegidas por armazenamento, dificilmente se pode admitir como regra geral o fornecimento de qualquer água de superfície sem a garantia mínima da cloração, em vista dos presentes e crescentes perigos de contaminação inesperada, resultante da extensão das migrações e viagens recreativas por muitos lugares até agora considerados inacessíveis.

(b) Os números de bactérias coliformes, na média limite mensal estabelecida para as águas dos grupos II e III, compreende-se como sendo mais indicações do que pròpriamente regras inflexíveis, ainda que sejam baseadas em dados de observação extensiva (2) representando a prática atual de tratamento de água neste país. Devem-se considerar todos os aspectos do carater e da qualidade da água "in natura"; sua amplitude e rapidez de flutuação na concentração dos constituintes que podem influir na eficiência do processo de tratamento; tamanho e complexidade da estação de tratamento e tipo de supervisão adotado, além das características bateriológicas da água "in natura". Certos aperfeiçoamentos recentes na cloração e seu contrôle oferecem a esperança de aumentar a margem de segurança na eficiência da purificação da água sob o ponto de vista bateriológico. Êstes aperfeiçoamentos, todavia, não se incorporaram ainda inteiramente à prática geral seguida em todo o país, e não devem ser considerados como justificando qualquer relaxamento nas exigências relativas à qualidade da água "in natura", que a experiência e os presentes Padrões de segurança indicam como necessárias para uma adequada proteção às fontes de abastecimento em geral.

(c) Para as águas do grupo IV, que diferem das do grupo III sòmente em relação à variabilidade, compreende-se o tratamento auxiliar como sendo principalmente um fator de segurança no contrôle das variações do número de bactérias coliformes entre 5.000 e 20.000 por 100 ml. O maior dêstes dois números representa o limite máximo de segurança para pre-cloração, ou seu equivalente, em adição ao tratamento por filtração e post-cloração.

(d) As águas sem os requisitos dos grupos I, II, III e IV são consideradas impróprias para uso como fonte de abastecimento, a não ser que possam ser postas em condição de satisfazer êsses requisitos por meio de armazenamento preliminar prolongado, ou qualquer outra medida de igual duração e que mereça a mesma confiança.

2. Outros requisitos para água "in natura"

Além de satisfazer os requisitos bateriológicos acima citados, as águas destinadas a tratamento não devem conter nenhuma substân-

cia tóxica, produtora de sabor, ou de qualquer forma nociva, ou organismos que não sejam pronta e completamente eliminados por tratamento ordinário da água. As águas "in natura" devem ser livres de ácidos em proporções excessivas, organismos microscópicos e matérias orgânicas que possam interferir na operação normal e na eficiência dos processos de tratamento.

B. PROJETO E CONSTRUÇÃO

Em geral, o projeto e a construção de uma estação de tratamento de água variam com as circunstâncias locais e devem estar de acôrdo com os resultados de experiências com a água a ser tratada. As recomendações seguintes devem ser tomadas como base de orientação geral e interpretadas num sentido amplo para boa compreensão dos aspectos particulares da água "in natura" e outras condições que podem estar compreendidas numa dada situação.

1. Capacidade de produção da estação

A capacidade de produção de uma estação de tratamento, incluindo o armazenamento de água filtrada, precisa exceder sempre o consumo máximo previsto em qualquer dia do ano. A relação entre o consumo diário máximo e o consumo diário médio varia consideràvelmente com a natureza de cada comunidade; por isso o julgamento da capacidade de produção que uma estação de tratamento precisa ter deve basear-se no estudo do consumo máximo previsto em qualquer dia do ano, tendo em vista a experiência anterior e concedendo margem para as condições futuras e o crescimento da comunidade. A estação deve ter capacidade para o consumo diário máximo previsto para um futuro de alguns anos. A ampliação da estação é indicada quando o consumo máximo previsto, 4 ou 5 anos depois, se aproxima da capacidade de produção atual, da estação de tratamento.

2. Localização da estação

A estação deve ser localizada de modo que nenhum tubo, tanque ou outra estrutura, contendo ou conduzindo água no processo de tratamento, possam possìvelmente ser afetados por vasamento de qualquer cano de esgoto, dreno ou outra fonte de contaminação. Se for localizada num vale, o lugar deve ser convenientemente drenado, de forma que nenhuma água de superfície possa ter acesso aos poços, tanques, filtros e outras unidades.

A estação de tratamento deve preferìvelmente ter, contra inundações, uma proteção maior do que a comunidade que ela serve, ou pelo menos igual. Essa proteção contra inundações pode ser obtida pela localização da estação em lugar elevado, acima dos níveis de inundação, pela construção de diques, pela instalação de bombas centrífugas verticais com motores situados acima do nível mais elevado da água, etc.. A propriedade da proteção contra as enchentes deve ser julgada com vistas às alturas previstas das inundações, à solidez es-

trutural dos trabalhos de proteção e possibilidade de uso de suficiente fôrça auxiliar e equipamento de bomba para assegurar a operação contínua das bombas no trabalho de remoção de águas de inundação sob condições de emergência.

3. Reservatórios de sedimentação prévia

A expressão "reservatórios de sedimentação prévia", como é aqui usada, significa reservatórios usados para a remoção de turbidez pela sedimentação simples, suplementada em casos especiais pela adição de coagulantes e (ou) cloro. A expressão não inclue os chamados "tanques de areia", relativamente pequenos, comumente usados no vale do Mississipi, mais para a remoção de areia e terra em suspensão grosseira do que para a deposição das partículas mais finas de argila.

Os reservatórios de sedimentação prévia, se usados, devem ser localizados acima da influência das águas de inundação. Devem ser dois, no mínimo, para permitirem operação contínua sob qualquer circunstância, e devem ter capacidade suficiente para um período de retenção mínimo de um dia e preferìvelmente de dois ou três dias. Deve ser prevista a remoção rápida e adequada do lodo dos reservatórios. No tratamento de águas de qualidade variável, altamente poluidas, deve ser prevista a coagulação na sua entrada e a pre-cloração na entrada ou na saída dos reservatórios, tôda a vez que tais medidas forem consideradas necessárias. Os reservatórios devem ser providos de botes e guardas salva-vidas para a proteção dos empregados.

4. Tanques de coagulação e sedimentação

Para assegurar operação contínua, os tanques para floculação e sedimentação de águas coaguladas devem ser, no mínimo, dois, projetados para operações em série ou em paralelo, e de preferência devem ser capazes de um período de retenção de, no mínimo, 5 a 6 horas, exceto no caso de dispositivos para mistura e floculação preliminares e remoção contínua de lama, permitindo períodos um tanto mais curtos, sem prejuizo da eficiência.

Com tanques convenientemente projetados do tipo convencional, operando com água bem coagulada, um período de retenção teórico de 2 a 4 horas pode ser bastante para preparar a água para a filtração. Entradas e saídas de tanques de escoamento reto (straight-flow basins) devem ser munidas de anteparos para "matar" a velocidade na entrada, sendo localizados de forma a prevenir curtos circuitos. A velocidade máxima do fluxo no compartimento de sedimentação não deve exceder a que é geralmente prevista nos tanques bem projetados dêste tipo. O comprimento dos compartimentos de sedimentação em tais tanques, se êstes são retangulares, deve ter de preferência, e no mínimo, o duplo da largura. Nas entradas dos tanques devem existir compartimentos de repouso. Se a corrente permitir, os drenos de lama podem ser descarregados bem a jusante das tomadas de água, em pontos a salvo da influência de correntes contrárias que vão ter até a tomada

de água. De outra forma, devem ser previstas áreas adequadas para a disposição das lamas. A profundidade dos tanques deve ser tal que permita manter uma velocidade conveniente do fluxo e a remoção da lama, sendo a profundidade admissível levemente mais baixa quando haja remoção contínua de lama. O nível do eixo de escoamento não deve variar mais do que umas poucas polegadas acima ou abaixo do nível normal.

As instalações de coagulação e sedimentação do tipo "sludge blanket" têm sido usadas com êxito com vários tipos de águas "in natura" em certo número de estações construidas nos últimos anos. Quando as reações físicas e químicas nas estações dêste gênero produzem um floco com boas características de sedimentação, são às vezes permissíveis períodos de retenção de uma hora ou menos. O julgamento de estações dêste tipo deve basear-se no comportamento e nos resultados de operação para instalações existentes; para as instalações propostas, deve ser revista a experiência com águas de carater análogo em outras estações dêste tipo.

O equipamento de mistura rápida preliminar e de floculação, dotado da necessária capacidade de ajustamento para provocar a floculação ótima sob as condições variáveis da água "in natura", é uma característica desejável das estações de filtração modernas e bem projetadas, e deve ser creditada como um fator de valia a mais, na proteção sanitária oferecida por um sistema de purificação. Uma combinação ideal de mistura rápida e floculação deveria prever uma agitação violenta de um a dois minutos seguida por cêrca de vinte a trinta minutos de mexedura lenta para favorecer a floculação.

5. Sistema de coagulação

As estações de filtros rápidos de areia devem ser providas de meios modernos e eficazes para calcular e adicionar coagulantes à água sob tratamento. Todo o equipamento de dosagem química, seja do tipo de alimentação a sêco ou em solução, deve ter ao menos uma unidade de reserva e deve ser provido de registro e sinais de alarme para garantir a continuidade do serviço a todo tempo. Deve existir um dispositivo que meça exatamente a vazão de água tratada. Quando se usar o sistema de alimentação a sêco deve-se dispor das medidas gravimétricas necessárias para o cálculo das quantidades de substâncias químicas a serem adicionadas hora por hora. Deve-se adotar um meio de verificar a quantidade de substâncias adicionadas pelo equipamento de alimentação das soluções. Registradores automáticos devem ser instalados nos vertedores dos dosadores ou nos tanques de ingredientes; ou os tanques de suprimento da solução podem ser instalados sôbre balanças para permitir a determinação gravimétrica da quantidade de substância. Todo o equipamento das substâncias de alimentação deve ser capaz de pronto ajustamento às variações de vazão da água em tratamento.

6. Filtros lentos de areia

Os filtros lentos de areia, se construidos e utilizados convenientemente, são aplicáveis ao tratamento de certos tipos de águas relativamente límpidas. Devem, de preferência, ser cobertos e providos de indicadores de perda de carga; devem ter uma camada de areia de 36 a 40 polegadas (90 a 100 cm) e nunca devem funcionar com menos de 20 polegadas (50 cm) de profundidade. A areia deve ter preferìvelmente um tamanho efetivo de 0,25 a 0,35 milímetros e a taxa de filtração deve ser aproximadamente de 2,5 milhões de galões por acre por dia (2,3 m^3 por metro quadrado por dia, mais ou menos). A operação com filtros lentos exige cuidado para evitar-se qualquer aumento repentino na taxa de filtração. A área filtrante deve ser distribuida em várias unidades independentes, de forma que a quantidade de água requerida nos momentos de consumo máximo possa ser suprida quando algumas unidades estão fora de serviço, em limpeza ou reparação.

Algumas vezes se faz tratamento preliminar na água que vai passar pelos filtros lentos. Êsse tratamento pode consistir em sedimentação simples; sedimentação precedida de coagulação; ou filtração rápida preliminar com ou sem coagulação ou sedimentação. Nestes casos o objetivo é pôr a água não tratada, particularmente com respeito á remoção da turbidez, em condições de tratamento mais eficaz e satisfatório nos filtros lentos. As taxas de filtração para filtros lentos de areia podem ser sensìvelmente aumentadas, dependendo do grau do tratamento preliminar feito. Em tais circunstâncias a taxa diária convencional de 2,5 milhões de galões por acre pode ser dobrada ou triplicada.

7. Filtros rápidos de areia

Os filtros rápidos de areia devem ser preferìvelmente do tipo de gravidade, abertos, a fim de permitir inspeção rápida e contínua. Os filtros de pressão não são recomendados para a filtração de águas poluidas; todavia, êles têm uso conveniente em amolecedores de zeolito.

A altura, o tamanho efetivo e o coeficiente de uniformidade da areia devem estar de acôrdo com os requisitos de bom funcionamento e de adequado rendimento do filtro. Recomendam-se camadas de areia de 30 polegadas (75 cm) de altura, com um tamanho efetivo de 0,40 a 0,50 milímetros e um coeficiente de uniformidade de 1,5 a 2,0. Contudo, areias com características diferentes destas podem ser usadas com êxito, dependendo das condições locais, da construção da estação e das características da água. A taxa de filtração deve estar de acôrdo com a prática estabelecida, não excedendo, preferentemente, 3 galões por minuto por pé quadrado de área filtrante (120 m3 por m2, por dia).

Em geral os filtros rápidos de areia devem ser construidos e operados tendo-se em vista manter uma taxa razoàvelmente elevada de remoção de bactérias, e manter o meio filtrante em boas condições, livre de bolinhas de lama (mud balls), fendas e outros obstáculos a uma boa filtração.

A experiência presente indica que os dispositivos de lavagem por inversão da corrente devem proporcionar um volume de água suficiente para um aumento ou expansão de 50% na altura da camada de areia.

Um equipamento próprio para lavagem superficial é conveniente na manutenção do bom funcionamento do filtro onde se note tendência para a formação de bolinhas de lama. Devem existir bons indicadores de perda de carga, reguladores de vazão e outros dispositivos de contrôle essenciais. A área filtrante deve ser distribuida em diversas unidades independentes, de forma que, nas ocasiões de consumo máximo, a água possa ser fornecida no volume requerido quando algumas unidades estiverem paradas para limpeza ou reparação.

8. Reservatórios para depósito de água filtrada

Os reservatórios de água filtrada na estação devem ser de preferência cobertos e localizados junto da estação, mas fisicamente separados dela. Entretanto, onde os reservatórios forem situados abaixo dos filtros, deve haver proteção adequada contra infiltração de água de drenagem vinda de outras partes da estação para os reservatórios. Alçapões e aberturas de inspeção devem ser convenientemente fechados. Devem existir respiradouros, protegidos contra contaminação externa. Todos os condutos de efluentes devem ser bem selados para evitar vasamentos e ensaiados em frequentes inspeções. Os reservatórios de água filtrada devem ser absolutamente impermeáveis a vasamento externo; se possível, devem estar situados acima do lençol de água subterrânea e preferìvelmente não devem ter paredes em comum com qualquer outra unidade da estação contendo água em fase inferior de tratamento.

9. Interconexões perigosas, conexões abertas e paredes divisórias

(Ver Parte III — D)

a) Numa instalação de filtros, nenhuma interconexão perigosa deve ser permitida entre qualquer conduto de água filtrada ou postclorada e outro conduto de água "in natura" ou em fase inferior de tratamento.

b) Nenhum conduto ou tanque contendo água tratada deverá ter parede divisória comum com outro conduto ou tanque contendo água "in natura" ou em fase inferior de tratamento.

c) Os condutos de água de lavagem ou de descarga dos filtros não devem ser diretamente ligados a qualquer conduto de drenagem, e devem ser protegidos por uma adequada conexão distribuidora, de uma via, com uma solução de continuidade admitindo ar que assegure a impossibilidade de refluxo em qualquer condição.

d) Nenhum conduto de água "in natura" ou de qualquer água em fase inferior de tratamento, deve ser situado diretamente acima de outro conduto de água purificada, com uma só parede divisória entre

êles. Esta regra não é rigorosamente aplicável nos casos em que a água em fase inferior de tratamento é conduzida em cano de ferro fundido, ou de material igualmente durável e impermeável, com juntas estanques, e localizado em lugar fàcilmente accessível para inspeção e reparo.

10. Drenos

Todos os condutos de drenagem devem ser completamente estanques contra infiltração externa. Devem descarregar em pontos (em rios ou lagos) localizados de tal forma que nenhuma corrente de água possa, em quaisquer circunstâncias, carregar as águas de drenagem da bôca de descarga até a tomada de água da estação, ou até qualquer outra tomada localizada na vizinhança da estação. Não se deve permitir que nenhum esgoto doméstico ou de outra natureza descarregue em rio ou lago na vizinhança da tomada de água de uma estação de tratamento ou diretamente acima de tal tomada; nem se deve permitir que drenos com água de superfície contaminada descarreguem da mesma maneira.

11. Cloração

a) Generalidades.

O equipamento de cloração deve ser selecionado, instalado e operado de modo que uma contínua e efetiva desinfecção seja assegurada nas condições locais.

b) Equipamento de cloração.

(1) Todo o equipamento de cloração deve ser instalado com número suficiente de unidades de reserva de modo a garantir a continuidade da operação. A capacidade do equipamento de cloração deve exceder a mais alta dosagem prevista, de modo a não se exigir o uso de equipamento sobrecelente em operação rotineira. A determinação da mais alta dosagem prevista deve ser feita sob a aprovação da repartição supervisora, como o Serviço de Saúde Pública, o Departamento Estadual de Saúde, etc., atentando devidamente para as características da água a ser tratada e para o tratamento em causa (**3**), p. ex., "break point", cloro livre, cloraminas, etc.. As unidades de reserva devem funcionar frequentemente a fim de estarem sempre em condições de trabalho. Deve-se ter à mão um completo estoque de peças de reserva e utensílios para substituições de emergência ou reparações. O equipamento de cloração deve ser capaz de funcionar satisfatòriamente sob qualquer condição hidráulica predominante na estação.

(2) As estações maiores e, em geral, tôdas aquelas em que a medida da vazão de água tratada varia em mais de 50% acima ou abaixo da média, devem ser providas de alimentação automática da dosagem de cloro na proporção da vazão. No último caso e nos casos em que a

água em cloração é recalcada por bombas de contrôle manual, é permitido o ajustamento manual da dosagem de cloro, desde que se possam fazer as necessárias alterações na dosagem acompanhando as alterações no trabalho das bombas. O contrôle manual da dosagem de cloro é geralmente permissível quando a medida da vazão é relativamente constante e se dispõe de um funcionário apto a efetuar prontamente os necessários ajustamentos na dosagem. E' também desejável a alimentação automática da dosagem de cloro para a demanda de cloro da água, particularmente nos casos em que a qualidade da água é sujeita a alteração súbita.

(3) Um suprimento de água seguro e ininterrupto, livre de matérias grosseiras em suspensão, deve ser suficiente, sob uma conveniente pressão, para garantir a operação contínua dos cloradores de alimentação líquida. As bombas, funcionem hidráulica ou elètricamente, quando usadas para manter tal pressão, devem ser munidas de alternadores de energia, onde for necessário, para assegurar a continuidade de operação.

(4) Devem existir balanças, preferìvelmente do tipo indicador e registrador, para pesar cilindros de cloro e verificar as perdas de gás no cilindro, durante intervalos sucessivos de tempo. As balanças devem ser perfeitamente reguladas e sensíveis para medir tais perdas com a devida precisão.

(5) Deve-se ligar ao clorador em uso um número suficiente de cilindros de cloro, de modo que as pressões necessárias sejam mantidas em diferentes temperaturas; e um suficiente suprimento de cloro deve estar à mão, de reserva, a qualquer tempo, para assegurar uma contínua cloração da água.

c) **Soluções de hipoclorito**

(1) As soluções de hipoclorito de cálcio ou de sódio devem ser preparadas num tanque de mistura separado, em seguida diluidas e deixadas em repouso para sedimentar, de modo que sòmente um líquido claro e sobrenadante é retirado para o tanque de armazenamento da solução e para o clorador.

(2) A fôrça ativa das soluções de hipoclorito de cálcio guardadas deve ser frequentemente verificada em ensaios de laboratório, a fim de se certificar de que não está se enfraquecendo. As soluções devem ser renovadas em cada período de 4 ou 5 dias, a não ser que sejam devidamente alcalinizadas com carbonato de sódio.

d) **Requisitos de segurança**

(1) Máscaras contra gases, além de uma pequena garrafa de amônea para pesquisas de vasamento, devem ser conservadas em pontos accessíveis imediatamente fora do compartimento ou recinto em que o cloro é guardado ou está em uso. As máscaras devem ser inspecionadas em intervalos regulares de tempo e conservadas em condições de poderem ser usadas a qualquer momento.

(2) O equipamento de cloração e os cilindros de cloro devem ser guardados de preferência em casas separadas, acima do nível do solo, como medida de segurança.

(3) O recinto, ou edifício, onde se encontram os cloradores em uso deve ser mantido em temperatura acima de 60° F. (15,5° C.), mas nunca em excesso sôbre a temperatura normal da atmosfera no verão.

Os cilindros de cloro devem ser protegidos, onde necessário, do calor ou frio excessivos. Não se deve aplicar calor direto a cilindros de cloro ou suas válvulas, nem água quente deve fluir sôbre êles ou entrar em contacto com suas válvulas.

(4) Uma ventilação adequada deve ser aplicada em todos os recintos em que o cloro está sendo alimentado ou guardado.

(5) Tôdas as juntas dos tubos que comunicam os cilindros de cloro com os cloradores devem ser conservadas absolutamente estanques e ser inspecionadas frequentemente. A inclinação do sistema de tubos deve dirigir-se dos cilindros para cima.

e) **Contrôle da cloração.**

(1) O cloro deve ser aplicado contìnuamente ao efluente filtrado num ponto onde possa ser completa e ràpidamente misturado à água tratada. O cloro livre ativo deve estar em contacto com a água tratada pelo menos 20 minutos (a cloramina, pelo menos 3 horas), antes que a água chegue ao primeiro consumidor.

(2) A dosagem apropriada de cloro será determinada por frequentes e regulares ensaios de rotina, bateriológicos e de cloro residual, uns e outros na estação e em vários pontos da rede de distribuição. Em geral, um mínimo desejável de cloro livre residual, oferecendo garantia, em pontos distantes do sistema de distribuição, é 0,05 ou 0,10 p.p.m., dependendo do pH e da temperatura da água (ver quadros I e II). Para cloraminas, o residual desejável é de 0,1 a 0,2 p.p.m. O cloro residual mantido na água completamente tratada e determinado na estação, deve ser regulado convenientemente. Havendo uma irrupção, ou mesmo uma simples ameaça, de moléstia de origem hídrica, o cloro residual deve ser mantido, de preferência, a um mínimo de 0,1 p.p.m., para cloro livre e de 2,0 p.p.m., para cloramina, em tôda a extensão da rede, sem se levar em conta o cheiro ou sabor que a água tratada possa apresentar. Medidas análogas devem ser tomadas em caso de uma falha qualquer no funcionamento normal da estação.

(3) Os pontos de colheita de amostras, no trabalho rotineiro, devem ser mantidos, tanto na estação de tratamento como em diversos pontos vitais da rede. As amostras devem ser colhidas regularmente nestes últimos pontos e submetidas a exame bacteriológico e ao ensaio de cloro residual. Devem-se fazer, de vez em quando, ensaios de cloro em amostras colhidas na rede para comparação com os resultados de ensaios idênticos na estação de tratamento. E' preciso verificar qualquer aumento anormal da demanda de cloro ou decréscimo do cloro residual em qualquer ponto da rede. Se uma tal anormalidade for con-

firmada, torna-se necessário promover uma investigação física completa na porção afetada do sistema.

(4) Os ensaios de cloro residual devem ser feitos de acôrdo com a edição corrente dos "Standard Methods for the Examination of Water and Sewage" (4), publicado conjuntamente pela "American Public Health Association" e pela "American Water Works Association". E' preciso fazer distinção entre os residuais de cloro livre e de cloraminas.

Usam-se vários processos para se estabelecer a diferenciação (5, 6, 7, 8). Os ensaios devem ser feitos pelo menos uma vez em cada período sucessivo de 8 horas, diàriamente, na água purificada, na estação de tratamento, e pelo menos três vezes por semana nos pontos onde se faz normalmente a colheita de amostras, na rede de distribuição.

(5) Deve-se ter especial cuidado em manter um minucioso e acurado registro da cloração e seus resultados. De tal registro devem constar:

(a) a vazão da água tratada;
(b) o pêso bruto do cilindro de cloro em uso;
(c) o pêso do cloro usado em 24 horas;
(d) a ligação do clorador;
(e) o horário das determinações de cloro residual e seus resultados.

(6) A menos que os exames bateriológicos e outros ensaios indiquem a necessidade de manter mais altas concentrações mínimas de cloro residual, recomenda-se aos operadores de tratamento de água que ao menos 0,2 p.p.m. de cloro livre devem ser mantidos na água tratada depois de um período de contacto de pelo menos 20 minutos na rede de distribuição, além do ponto de aplicação do cloro. Quando se usa tratamento com cloramina, para desinfecção, a concentração de cloro residual, indicada pela ortotolidina, deve ser ao menos de 2,0 p.p.m. depois de três horas de contacto, e de 1,0 a 2,0 p.p.m. em todos os pontos da rede. Onde se pratica a cloração pelo sistema "break-point", deve-se manter na estação uma concentração suficiente de cloro livre residual que não seja inferior à escala de 0,05 a 1,0 p.p.m., em tôda a extensão da rede. Sendo necessário, em casos específicos, a concentração mínima de cloro residual e o período mínimo de retenção para a água clorada podem ser aumentados segundo indicação do Departamento Estadual de Saúde.

(7) Estudos recentes, dirigidos pelo Serviço de Saúde Pública (9, 10, 11), indicam que:

(a) Para um dado período de contacto, e dependendo do pH e da temperatura da água em tratamento, a relação de cloramina para cloro, necessária para se obter uma destruição de 100% de **Escherichia coli**, é aproximadamente de 25:1, e varia de 10:1 a 60:1.

(b) Para se obter uma destruição de 100% de **Esch. coli** na temperatura de 2° a 5° C., é preciso um período de contacto de 1 a 10 vezes mais longo (média, 3 vezes) do que à temperatura de 20° a 25° C., dependendo do pH da água, quando o cloro livre é usado num determi-

nado teor. Quando se usa cloramina, é preciso um período de contacto de 1 a 18 vezes mais longo (9 em média) na temperatura mais baixa.

(c) Para se obter uma destruição de 100% de **Esch. coli** na temperatura de 2° a 5° C., e mantendo-se o mesmo período de contacto, será preciso de 1 a 7 vezes (média 4) mais cloro livre do que o necessário a 20.°-25° C., dependendo do pH da água. Quando se usa cloramina, é preciso de 1 a 4 vezes (média 2,5) o cloro necessário na temperatura mais baixa.

Os quadros I e II indicam a taxa de cloro residual necessária para provocar uma eliminação de 100% de **Esch. coli** para vários valores de pH e para duas séries de temperatura nos períodos de contacto indicados.

Estes dados são para cloro livre e para cloramina.

QUADRO I — CLORO LIVRE. **As mais baixas taxas de cloro residual produzindo uma destruição de 100% de "Escherichia coli" para períodos de contacto e temperaturas indicadas, em vários valores de pH.**

pH	2° a 5° C.			20° a 25° C.		
	10 minutos	20 minutos	60 minutos	10 minutos	20 minutos	60 minutos
7,0	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
8,5	0,14	0,07	0,05	0,07	0,07	0,05
9,8	0,72	0,40	0,40	0,30	0,06	0,06
10,7	> 1,00	> 1,00	0,30	0,40	0,30	0,03

QUADRO II — CLORAMINA. **As mais baixas taxas de cloro residual produzindo uma eliminação de 100% de "Escherichia coli" para *períodos de contacto e temperaturas indicados, em vários valores de pH.***

pH	2° a 5° C.				pH	20° a 25° C.		
	40 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos		10 minutos	20 minutos	60 minutos
					6,5	1,50	0,90	0,30
7,0	1,80	1,50	1,20	0,90	7,0	1,80	1,20	0,60
					7,8	> 1,80	1,50	0,90
8,5	1,80	1,80	1,80	1,80	8,5	> 1,80	1,80	1,20
9,5	> 1,80	> 1,80	1,80	1,80	9,5	1,80	1,80	1,50
					10,5	> 1,80	> 1,80	1,80

Deve ser bem compreendido que os dados apresentados no quadro I para cloro livre são aplicáveis sòmente quando o residual está presente sob forma de cloro livre, com absoluta exclusão de produtos de adição de cloro (cloramina, etc.). Como se vê pelos dados do quadro II, a eliminação bactérica com produtos de adição de cloro (cloramina) é acentuadamente menor do que com cloro livre.

A relação de cloro para nitrogênio, no caso de cloraminas, não mostrou qualquer efeito sôbre a ação bactericida da cloramina enquanto essa relação não se aproximou de 10 para 1. Quando o cloro está presente em tais proporções, uma certa quantidade pode estar presente como cloro livre antes que como mono ou dicloramina, e êsse cloro livre, segundo já foi indicado, atua sôbre as bactérias muito mais ràpidamente do que as cloraminas.

C. CONTRÔLE DE OPERAÇÃO

1. Supervisão

Tôda estação, empregada na purificação de água para uso doméstico, deve estar a cargo de um supervisor tècnicamente treinado para isso. Nas estações em que se tratam águas de qualidade variável ou altamente poluidas, a supervisão deve ser treinada, contínua e de tempo integral. Em certos tipos de estações pequenas pode ser praticável uma supervisão treinada de tempo parcial, em circunstâncias favoráveis. Sob estas condições, o supervisor deve estar em constante contacto com os funcionários da estação, estar em condições de atender imediatamente aos chamados de emergência e visitar a estação pelo menos duas vezes por semana.

2. Ensaios de laboratório e contrôle

a) A série dos ensaios de laboratório, adotada no contrôle de operações de uma estação de tratamento, deverá variar com a importância da estação e o carater da água tratada, posto que certos requisitos mínimos possam ser invariáveis. Para uma estação comum, a série mínima dos ensaios de laboratório deve incluir determinações de temperatura do ar e da água, turbidez ou côr (ou ambos), alcalinidade, valor de pH, dureza, cloro residual, contagem de bactérias a 20° C. ou 37° C. (ou ambas) e números de bactérias coliformes (provas presuntiva e confirmatória). Quando se praticar a cloração "break point" deve-se manter um registro contínuo da amônea livre na água a ser clorada. Ocasionalmente podem tornar-se necessários ensaios especiais, como para alumina residual, ferro, manganês, sabor e odor, ou outros constituintes indesejáveis do efluente final. Quando se usar pre-cloração em adição a post-cloração, devem-se fazer ensaios de cloro residual em cada fase mais importante do tratamento e, na água "in natura", deve também ser feita a determinação da demanda de cloro.

b) Para o contrôle das operações na estação, a frequência dos ensaios, particularmente de turbidez, cloro residual, contagem de bacté-

rias e organismos coliformes, se bem dependam do carater da água tratada e da sua variabilidade, deve ser tal que, ao menos um ensaio em cada período de 24 horas, todos os dias da semana, deve ser feito.

Para as estações maiores, ao menos três séries de amostras devem ser, em regra, colhidas diàriamente para exames bateriológicos. As determinações de turbidez e de cloro residual devem ser feitas mais frequentemente, às vezes em intervalos de hora em hora, quando o carater da água "in natura" ou parcialmente tratada está mudando ràpidamente. (*)

c) Um elemento importante, se bem que um tanto menos tangível no julgamento da eficiência de trabalho da estação, é a sua aparência vista de conjunto. Uma estação limpa e bem conservada, com jardins atraentes, é quase invariàvelmente um índice de operação eficiente, muito embora, especialmente em algumas estações menores, êste critério nem sempre seja infalível. A simples limpeza externa, todavia, não pode compensar a falta de experiência de um operador.

Para julgamento de um bom contrôle de operações, são de grande importância os itens seguintes:

(1) supervisor e auxiliares capazes e experientes;

(2) registros de operações adequados;

(3) eficiência de contrôle de laboratório;

(4) estação projetada e construida de acôrdo com o carater e grau de poluição da água a tratar;

(5) capacidade da estação relativamente à produção média e máxima necessária.

(*) A regra seguinte, puramente arbitrária, pode indicar o número de amostras a serem colhidas, dependendo em parte do volume diário da água tratada e da densidade de poluição da água "in natura":

$$N = \sqrt[3]{VC}$$

em que N = número de amostras em 24 horas
V = volume da água tratada em milhões de galões por dia
C = contagem de bactérias coliformes, M.P.N., em milhares por 100 ml

De acôrdo com esta regra, o número de amostras em 24 horas deve ser de 1 a 2 para uma estação de 1 m.g.d. (3.785.000 litros), contendo a água a tratar bacilos coliformes de 1 a 5 mil por 100 ml; e de 5 a 8 para uma estação de 100 m.g.d. (378.500.000 litros) com água de igual qualidade bateriológica.

PARTE III

REQUISITOS SANITÁRIOS GERAIS RECOMENDADOS PARA REDES DE ÁGUA

A. GENERALIDADES

1. Uma rede de distribuição deve ser projetada e construida de forma a oferecer a todo tempo um suprimento de água suficiente, com pressão ampla em tôda a extensão do sistema.

2. A garantia e o sabor agradável da água não devem peorar de nenhum modo enquanto ela percorre a rede ou parte da rede.

3. A rede deve possuir suficiente número de registros e descargas, de modo que os reparos necessários possam ser efetuados sem interrupção desnecessária do serviço em área muito extensa. As ligações de descarga com os esgotos devem ser proibidas. Em terreno plano isso pode exigir a instalação de bombas para esgotar os poços de inspeção das descargas.

4. Não devem ser permitidos reservatórios abertos e desprotegidos, nem interconexões perigosas por onde possam penetrar águas impuras na rede.

5. A rede deve ser impermeável, sem perdas excessivas e os vários canos mestres e ramais devem ser afastados dos rios e outros possíveis focos de contaminação.

6. O sistema deve ser projetado de modo a permitir uma efetiva circulação de água, com um mínimo de pontos mortos.

7. A rede deve ser mantida em boas condições sanitárias, tomadas as devidas precauções contra a contaminação da água em qualquer parte dela, em resultado dos necessários reparos, substituições ou extensão dos canos mestres.

8. Devem-se fazer frequentes e regulares exames bateriológicos de amostras de água colhidas em vários pontos de contrôle no sistema de distribuição, com imediata e completa verificação de qualquer anormalidade por ventura observada.

B. SISTEMA DE CANALIZAÇÃO

1. O sistema de canalização deve ser projetado de forma a manter uma adequada e positiva pressão de água em tôda a extensão da rede, sem se levar em conta consumos anormais em qualquer ponto da mesma. Os canos mestres devem ser de diâmetro adequado, e reservatórios e "standpipes" para igualar a pressão devem ser localizados em pontos situados a uma distância conveniente da casa de bombas ou da estação principal de abastecimento.

2. As juntas devem ser projetadas e instaladas de tal forma que os vasamentos, avaliados a uma pressão-base de 150 libras por polegada quadrada (10,5 kg por cm2), sejam inferiores a 100 galões por 24 horas, por milha de cano, por polegada de diâmetro nominal (240 litros por km, por polegada de diâmetro). Os materiais usados para calafetagem devem ser de natureza a não favorecer o desenvolvimento de bactérias coliformes e, também, isentos de óleo, alcatrão e (ou) substâncias gordurosas.

3. Deve-se aplicar um tratamento corretivo na água quando depósitos nos canos mestres tendem a reduzir o diâmetro efetivo e a capacidade dêstes. Para depósitos biológicos, uma cloração forte pode ter resultados positivos.

4. Quando forem necessários pontos mortos como etapa na ampliação da rede, devem êles ser localizados e dispostos tendo-se em vista uma futura ligação, de forma a estabelecer a circulação.

5. Muitos cruzamentos de canos de água e de esgotos não podem ser evitados, exceto a um custo sensìvelmente aumentado. Por outro lado, surgem os perigos potenciais à saúde em consequência dêsses cruzamentos, particularmente quando o cano de esgoto está em nível mais elevado que o cano de água. Podem ocorrer vasamentos nas duas canalizações em virtude de defeitos nas juntas, ação corrosiva do solo e da água, desmoronamentos de terra em tôrno dos canos, etc.. Sob tais circunstâncias, a contaminação do esgoto pode penetrar nos condutos de água, dependendo isso das condições de pressão nos mesmos condutos; da extensão do vasamento do esgoto; e da natureza da formação do solo. Assim, recomenda-se que os canos de água sejam assentados, tão longe quanto possível, em nível superior ao dos canos de esgoto vizinhos. Onde isso não se puder fazer por causa da topografia ou de outras condições restritivas, deve-se ter o cuidado de instalar canos de material durável e resistente à corrosão, com juntas estanques e duráveis, tanto nos canos de água como nos de esgoto. Precauções análogas devem-se tomar quanto às canalizações de ligações domiciliárias de água.

6. Quando se vão usar, para canalizações domiciliárias, canos metálicos não ferrosos, é preciso considerar os efeitos corrosivos da água aduzida sôbre o metal a ser usado, em vista do possível aparecimento de efeitos fisiológicos deletérios nos consumidores, resultantes da dissolução do metal.

7. Devem ser tomadas as devidas precauções sanitárias na colocação de novos canos de água. Quando possível, os canos não devem ser assentados em água nem em lugar que possa ser inundado com água ou esgoto durante o processo de assentamento. Devem-se fazer ensaios de vasamento por meio de pressão hidrostática. Os canos mestres novos devem ser conservados cheios de uma forte solução de hipoclorito ou de cloro (40-60 p.p.m. de cloro) durante pelo menos 24 horas, sendo esgotados antes de postos em serviço. Os hidrantes de incêndio

não devem ser drenados para os canos de descarga de esgotos ou galerias de águas pluviais. As câmaras de válvulas devem ser impermeáveis à água e não devem ser ligadas diretamente a esgoto sanitário ou pluvial.

C. DEPÓSITO

1. Deve haver suficiente capacidade de armazenamento no sistema, para assegurar, a todo tempo, um adequado abastecimento de água e abundante pressão em tôda a extensão da rede. Devem-se considerar os requisitos de armazenamento e reserva para usos de emergência, como para combate a incêndios, e para atender à deficiência decorrente de arrebentamento num cano mestre de água.

2. Os reservatórios de armazenamento devem, de preferência, ser construidos acima do nível da água do sub-solo e em tal situação que as àguas de superfície e de drenagem subterrânea fiquem afastadas das estruturas. E' preciso tomar medidas contra os riscos sanitários relacionados com os fatores locais, tais como níveis da água de subsolo, movimentos e qualidade, carater do solo, possibilidade de poluição por esgoto e de submersão por inundação. Devem-se evitar localizações em áreas baixas ou barrancos sujeitos a inundações periódicas. Todo esgoto situado dentro de 50 pés (15 m) de um reservatório deve ser feito de cano de ferro fundido extra-pesado, com juntas estanques prèviamente experimentadas.

3. Todos os reservatórios devem ser protegidos contra águas de inundação ou elevações de nível de qualquer corrente, lago ou outro corpo de água. Se for possível, o reservatório deve ser situado acima do nível máximo das águas. A estrutura e seus pertences devem ser construidos de modo a ficar impermeáveis à água.

4. A superfície do solo em tôrno do reservatório deve ser em declive, de modo a drenar ou desviar dêle as águas de superfície; e deve ser inclinado de tal modo que não se formem poços de água superficial na vizinhança do reservatório.

5. Todo cano de ladrão, descarga ou limpeza vindo dos reservatórios deve descarregar livremente num tanque aberto num ponto que tenha pelo menos dois diâmetros do cano de descarga acima da parte superior ou vertedor das sobras do tanque recipiente. Se há probabilidade de serem êsses canos de drenagem submergidos a qualquer época por água de superfície ou de inundação, êles devem ser munidos de uma válvula de retenção dupla para evitar fluxo de água contaminada no reservatório. Se o tanque recipiente está localizado de modo a extravasar acima do nível do solo, é preciso dar escoamento a essas sobras através de uma galeria de águas pluviais; de outro modo, êle deveria ser drenado por uma bomba digna de confiança. Todos os canos de ladrões, descargas e limpeza devem ser virados para baixo e munidos de um crivo removível de malha 24 para evitar entrada de

chuva, poeira, pássaros, insetos, roedores e tudo que seja portador de contaminação.

6. Todos os condutos de entrada e saída em ligação com os reservatórios devem ser convenientemente assentados e construidos de forma a reduzir ao mínimo a sedimentação, e as peças metálicas fixadas nas paredes devem ser providas de aros apropriados para assegurar uma conexão estanque.

7. Todo reservatório, tanque elevado ou outra estrutura usada para depósito de água, deve ser adequadamente provido de uma boa coberta. As cobertas devem ser impermeáveis, de material permanente, e construidas de modo a desviar delas as águas de chuva e a evitar a contaminação da água armazenada. A superfície da coberta nos reservatórios não deve ser usada para qualquer finalidade em relação com a qual seja provável a produção de matéria contaminante.

8. Os buracos de inspeção e suas tampas (onde forem necessários em cobertas de reservatórios) devem ser providos de paredes impermeáveis projetando-se no mínimo 6 polegadas (15 cm) acima do nível da superfície de concreto circundante. Cada guarnição do buraco de inspeção deve ser fechada com um sólido tampão impermeável de preferência com os bordos projetando-se para baixo pelo menos duas polegadas (5 cm) em tôrno da parte externa da guarnição. As tampas do buraco de inspeção devem ser providas de um forte fêcho e devem ser conservadas fechadas todo o tempo, exceto quando efetivamente em uso.

9. Quaisquer aberturas e respiradouros necessários através das cobertas dos reservatórios, para válvulas de contrôle do nível da água ou outras finalidades, devem ser construidos de modo a prevenir a entrada de pó, chuva, neve, pássaros, insetos ou qualquer outra coisa que possa veicular contaminação.

10. Os reservatórios devem funcionar sempre de modo a manter a mais alta qualidade sanitária da água.

D. INTERCONEXÕES, CONEXÕES DE REFLUXO, INTERCONEXÕES PERIGOSAS E CONEXÕES ABERTAS

Definições

(1) **Interconexão perigosa:** — Qualquer conexão física ou disposição de canos entre dois sistemas de abastecimento de água separados, um dos quais contém água potável e outro água de qualidade desconhecida ou duvidosa, por onde a água pode passar de um sistema para outro, dependendo a direção do fluxo da diferença de pressão entre os dois sistemas.

(2) **Conexão aberta:** — Uma disposição de canos com uma solução de continuidade admitindo ar entre duas redes de abastecimento de água e que pode tornar-se uma interconexão perigosa ou não pela inserção de um pedaço de cano no trecho aberto.

(3) **Conexão de refluxo:** — Qualquer disposição pela qual pode ocorrer um afluxo de água ou de outros líquidos para uma rede de abastecimento de água potável, provindos de uma fonte ou fontes direntes da legítima.

(4) **Interconexão:** — Uma conexão física entre dois sistemas de abastecimento de água potável.

1. Em geral, não se deve permitir nenhuma interconexão física, perigosa, entre uma rede pública ou privada de distribuição de água, contendo água potável, e qualquer outra rede contendo água de qualidade duvidosa ou qualquer substância contaminadora.

2. As conexões abertas, fìsicamente separadas, podem ser permitidas sob regulamento e fiscalização da autoridade local ou do Estado.

3. As privadas domésticas e de fábricas e os aparelhos sanitários fixos capazes de provocar refluxo para o sistema de água, devem ser classificados como conexões de refluxo e, em consequência, proibidos.

4. As interconexões podem ser permitidas quando aprovadas pelo Departamento de Saúde do Estado.

PARTE IV

EXAME DOS REQUISITOS QUÍMICOS E BATERIOLÓGICOS PARA ÁGUA POTÁVEL CONFORME OS EXEMPLOS DOS PADRÕES DE 1946

A. REQUISITOS QUÍMICOS

E' perfeitamente claro que a água, turva ou colorida a um grau nìtidamente visível ou que apresente um odor ou gôsto desagradáveis, será olhada com suspeita pelos consumidores aos quais é fornecida para finalidades de alimentação. Por essa razão, o seu uso não deve ser permitido onde for praticável a sua clarificação ou onde se puder lançar mão de uma água mais aceitável.

A presença de consideráveis quantidades de sais de cálcio e de magnésio torna a água imprópria para lavagens e também de gôsto desagradável para pessoas acostumadas com águas mais moles. Indivíduos habituados a águas mais duras podem achar as mais moles menos agradáveis ao seu gôsto. Se bem seja uma questão aberta saber se seria justificável exigir a diluição da água altamente mineralizada por água destilada a fim de conservar sua composição dentro dos limites especificados pelos Padrões de Água Potável de 1946, seria conveniente exigir das emprêsas comuns de transporte a seleção das águas locais que melhor preencham os requisitos dos Padrões relativamente à sua composição mineral.

Visto como a composição química da água pode causar inconvenientes por seu efeito irritante no canal intestinal, ou por qualquer outro efeito mais sério afetando o bem-estar, a autoridade certificadora fará bem em exigir que as emprêsas de transporte deem a devida atenção a êste assunto. Infelizmente é difícil obter dados seguros relativamente aos efeitos fisiológicos de sais nas proporções em que são encontrados na água. São importantes as variações individuais. E' universalmente admitido que os elementos ou sais venenosos ou de qualquer forma prejudiciais em quantidades ponderáveis, como chumbo, cromo hexavalente, arsênico, fluoretos ou selênio, não devem ser permitidos em águas potáveis ou destinadas a fins culinários. E' difícil, contudo, fixar limites para as substâncias ou sais menos venenosos, normalmente presentes. O efeito produzido pelos sulfatos, e especialmente pelo sulfato de magnésio, é, entretanto, bem conhecido, e seria conveniente evitar o uso de águas em que a concentração dêstes sais é suficientemente alta para torná-las incômodas. O uso de sais de bário ou de cromo hexavalente não deve ser permitido no tratamento de águas destinadas a fins de alimentação. Fosfatos molecularmente desidratados têm sido usados em tratamento de água, mas não há informes suficientes sôbre os efeitos fisiológicos de pequenas quantidades dêstes sais. Consequentemente, deve ser evitado o seu uso

em mais de 10,0 p.p.m. para tratar qualquer água potável. Quando as águas são tratadas com substâncias químicas a fim de amolecê-las ou purificá-las de qualquer maneira, é desejável que se evite o emprêgo em excesso das mesmas. Os limites para a alcalinidade resultante de excesso de cal ou de outros processos de amolecimento são recomendados nos Padrões de Água Potável. Merece objeção a presença, no efluente de uma estação de tratamento, de cloro livre em teor superior a 1,0 p.p.m., e de cloramina em teor acima de 2,0 p.p.m., em virtude do sabor de cloro que deixam na água.

Em regra, considera-se conveniente insistir no esfôrço para encontrar águas tão satisfatórias quanto possível, do ponto de vista dos seus característicos químicos, mas dando sempre a devida atenção à região dentro da qual tem de ser obtida a água. Deve-se compreender que alguns característicos químicos da água, que são toleráveis do ponto de vista da saúde pública, causarão transtornos na estação de tratamento e na rede de distribuição. O dano sofrido pelo sistema de água por êsses característicos químicos é um problema econômico que precisa ser resolvido para evitar prejuizos materiais, mas que não justifica um regulamento de saúde pública que prescreva uma ação corretiva.

Relação entre o pH, a alcalinidade total e as alcalinidades de hidróxido, de carbonato e de bicarbonato nas águas (*)

Nas análises químicas de água é muitas vezes desejável conhecer as concentrações das alcalinidades de hidróxido, carbonato e bicarbonato presentes na amostra, bem como a alcalinidade total pelo metil-orange. De acôrdo com os "Standard Methods for the Examination of Water and Sewage" (4), o OH^-, $CO_3^=$ e HCO_3^-, componentes de uma alcalinidade total, são calculados sôbre os valores das alcalinidades pelo metil-orange (**T**) e pela fenolftaleina (**P**) por meio das relações dadas na Parte II, secção VI, parágrafo 3.1 (pág. 66, oitava edição). Experimentalmente, a titulação com fenolftaleina, de amostras contendo bióxido de carbono e carbonatos misturados, está longe de ser satisfatória. Além disso, as fórmulas para cálculo da alcalinidade em OH^-, $CO_3^=$ e HCO_3^- sôbre os valores de **P** e **T** contradizem as leis de equilíbrio químico. As fórmulas presumem que nem OH^- e $CO_3^=$ nem HCO_3^- e CO_2 podem existir na mesma solução, presunções que são quantitativamente incorretas. Também as fórmulas dão valores para OH^- que muitas vezes não conferem com os calculados sôbre o pH da água.

Na base do equilíbrio de ionização dos carbonatos e da água, De Martini (12) formulou equações por meio das quais as concentrações de CO_2, HCO_3^-, $CO_3^=$ e OH^-, presentes numa dada amostra, podem ser calculadas dos valores para pH e alcalinidade total. Moore

(*) Esta exposição é pertinente aos requisitos da sec. 4,22 (1), (2), (3), dos Padrões de Água Potável.

(13), usando os melhores dados disponíveis para as cónstantes de ionização de ácido carbônico e água, apresenta as equações de De Martini da seguinte forma:

$$(1) \qquad OH^- \text{ (em } CaCO_3) = \frac{5 \times 10^{-10}}{(H^+)}$$

$$(2) \qquad CO_3^{=} \text{ (em } CaCO_3) = \frac{5{,}61 \times 10^{-6}}{(H^+)} \times A$$

$$(3) \qquad HCO_3^- \text{ (em } CaCO_3) = 50.000 \times A$$

$$(4) \qquad CO_2 \text{ (em } CO_2) = 9{,}70 \times 10^{10} \times (H^+) \times A$$

em que A é o fator $$\frac{\left[\frac{T}{50.000} + (H^+) - \frac{10^{-14}}{(H^+)}\right]}{1 + \frac{11{,}22 \times 10^{-11}}{(H^+)}}$$

no qual T se refere à alcalinidade total em p.p.m. e (H^+) representa a concentração do ion hidrogênio em moléculas por litro e está em relação com o pH pela expressão

$$pH = \log \frac{1}{(H^+)}$$

A alcalinidade total é uma mistura de equilíbrio de seus componentes OH^-, $CO_3^{=}$ e HCO_3^-. Se as quantidades de OH^-, $CO_3^{=}$ e HCO_3^- numa dada alcalinidade são expressas em porcentagens da alcalinidade total, uma qualquer mistura de equilíbrio pode ser representada por um ponto num diagrama triangular de coordenadas (ver fig. 1). O diagrama triangular tem três coordenadas: as porcentagens fracionais de cada um dos três componentes de alcalinidade, OH^-, $CO_3^{=}$ e HCO_3^-. Êstes variam de 0%, nos três lados do triângulo, a 100% no vértice oposto.

Usando as equações de Moore, as quantidades de OH^-, $CO_3^{=}$ e HCO_3^-, em equilíbrio mútuo nos valores de pH compreendidos entre 7,0 e 11,6 para valores de alcalinidade de 25, 50, 75, 100, 150, 200 e 300 p.p.m., foram calculadas, convertidas à base de fração porcentual e delineadas no diagrama triangular. As curvas mostram como as proporções relativas de OH^-, $CO_3^{=}$ e HCO_3^- para uma dada alcalinidade, mudam com o pH. No diagrama há curvas para águas com alcalinidades totais de 25, 50, 75, 100, 150, 200 e 300 p.p.m (linhas curvas contínuas). As linhas finas saindo da base do triângulo para o vértice oposto (100% OH^-) representam amostras de um dado pH e mostram como, para um dado pH, as quantidades relativas de OH^-, $CO_3^{=}$ e HCO_3^- variarão com a alcalinidade total.

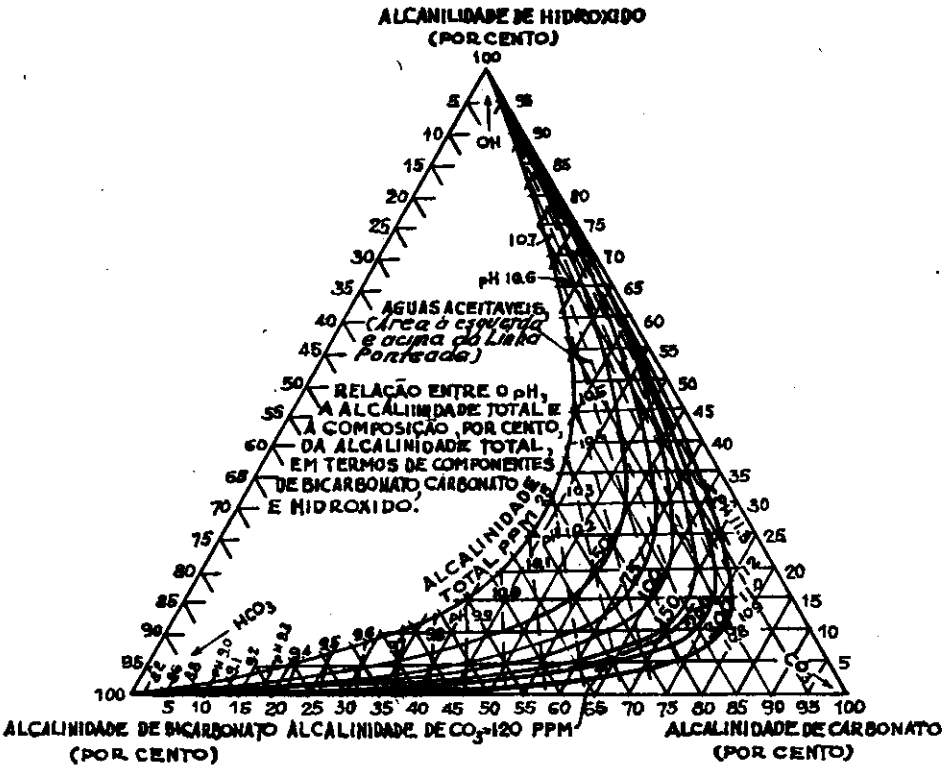

FIG. 1.— *Relação entre o pH, a alcalinidade total e a composição, por cento, da alcalinidade total.*

Os Padrões de Água Potável estabeleceram os seguintes limites:

1. A água não terá um pH acima de 10,6.
2. A alcalinidade de carbonato ($CO_3^{=}$) não excederá de 120 p.p.m.

As linhas pontilhadas cheias representam êstes limites. Todas as amostras cujas composições são representadas por pontos à esquerda da linha de pH 10,6 e acima da linha de 120 p.p.m de $CO_3^{=}$, são aceitáveis. Tôdas as amostras de composição representada por pontos à direita e abaixo das linhas de limite, não obedecem aos padrões recomendados de pH e alcalinidade. Os limites acima para pH e alcalinidade aplicam-se a tôdas as águas quìmicamente tratadas, incluindo tanto as águas amolecidas pelo processo da cal e soda como pelo do zeolito. Deve-se compreender também que as águas naturais, tendo pH e alcalinidade inferiores a êsses limites, não são desejáveis como águas potáveis.

Sendo os equilíbrios químicos afetados por mudança de temperatura e por modificações na fôrça iônica da solução, as equações de Moore são válidas estritamente para águas a 25° C. e de baixa concentração de sólidos dissolvidos. Sabe-se que a fôrça iônica é mais ou menos proporcional à concentração dos sólidos dissolvidos. Entretanto, para fins de simplificação, as equações devem prevalecer de modo perfeitamente exato para todos os valores de pH até 10 em águas con-

tendo até 500 p.p.m., de sólidos dissolvidos em temperatura de 15° a 25° C.

B. REQUISITOS BATERIOLÓGICOS

Os exames bateriológicos geralmente reconhecidos como de mais valor no exame sanitário das águas de abastecimento, são os seguintes:

1. Contagem de colônias totais desenvolvidas em porções medidas semeadas em placas de agar ou gelatina e incubadas por 48 horas a 20° C.

2. Contagem semelhantes das colônias totais desenvolvidas em placas de agar e incubadas por 24 horas a 37° C.

3. Cálculo quantitativo de organismos do grupo coliforme pela aplicação de exames específicos a porções múltiplas de volume medido.

Destas três determinações, o exame de organismos do grupo coliforme é quase universalmente considerado o mais significativo, porque constitue a prova mais próximamente específica da existência de contaminação fecal. Sòmente êste ensaio foi incluido, por essa razão, no padrão bateriológico recomendado, visto que nem a contagem a 37° C. nem a contagem a 20° C. são, para as finalidades dos Padrões, de importância suficiente para justificar sua inclusão no exame. A omissão, nos Padrões, das contagens de placas, não deve ser interpretada, todavia, como uma negação ou diminuição da sua importância em exames de rotina, feitos em coordenação com o contrôle dos processos de purificação de águas.

Para as finalidades dos Padrões, o grupo coliforme é definido como incluindo todos os organismos considerados do grupo coli-aerogenes, segundo foi estabelecido nos "Standard Methods for the Examination of Water and Sewage", edição atual, preparados, aprovados e publicados em conjunto pela "American Public Health Association" e "American Water Works Association", de Nova York.

De acôrdo com esta definição o padrão bateriológico estabelece que o processo para a pesquisa do grupo coliforme seja o que vem prescrito nos "Standard Methods" acima referidos, para os ensaios indicados:

(*a*) ensaio completo; ou

(*b*) ensaio confirmatório, quando é usado um meio confirmatório líquido (caldo de bile lactosada verde brilhante a 2%); havendo formação de gás em qualquer quantidade, nesse meio, durante 48 horas de incubação a 37° C, o ensaio é considerado positivo; ou

(*c*) ensaio confirmatório, quando são usados (*i*) caldo lactosado violeta cristal, (*ii*) caldo lactosado de fucsina ou (*iii*) caldo com formiato e ricinoleato, desde que o analista verifique a conformidade dos resultados, obtidos por êstes três meios, com as condições estabelecidas.

Além disso, recomenda-se que essa referência aos "Standard Methods" seja considerada aplicável a todos os detalhes de técnica, inclusive a seleção e preparação de aparelhagem e meios de cultura, colheita

e manipulação de amostras; e intervalos de tempo admissíveis entre a colheita e o exame. Como o processo padrão citado nesta referência não requer diferenciação entre as várias formas ou tipos incluidos na definição geral do grupo coliforme, como é dado acima, não parece aconselhável, no presente estado de conhecimentos, exigir-se tal diferenciação na aplicação do padrão bateriológico. Duas considerações tendem a militar contra a necessidade ou conveniência de complicar o padrão bateriológico incluindo nele tal diferenciação. Primeiro, um exame dos dados de um considerável número de águas de abastecimento municipal, durante os últimos 20 anos, sugere que o grupo coliforme tem servido efetivamente como um indicador de poluição fecal, quando o processo para a determinação do grupo coliforme tenha sido executado exatamente de acôrdo com os métodos especificados. Segundo, pesquisas competentes indicam que todos os membros constituintes do grupo coliforme são usualmente encontrados em matéria fecal humana. Consequentemente, parece aconselhável acentuar aqui uma estrita observância dos métodos referidos, em vez de introduzir quaisquer processos desnecessários para a diferenciação do grupo coliforme.

Os princípios compreendidos na interpretação quantitativa dos ensaios de fermentação, de acôrdo com o conceito do "mais provável número", em múltiplas porções de igual volume e em porções constituindo séries geométricas, foram perfeitamente discutidos no apêndice III dos Padrões adotados em 1925 (15) e, desde então, essa discussão tem sido ampliada por vários autores. Como tais princípios não são compreendidos universalmente e os processos de enumeração a êles referentes são largamente usados, parece desnecessário repetir essa discussão na presente revisão. O exame de porções múltiplas de igual volume, dá uma medida da densidade do grupo coliforme, dentro de limites de variação relativamente estreitos, mais precisa do que o exame de porções em séries geométricas. Por isso, como as águas que serão apresentadas para exame representam apenas uma estreita escala de poluição muito moderada, o padrão bateriológico exige que a análise de cada amostra consista no exame separado de cinco porções iguais, quer seja de 10 ml ou de 100 ml cada uma (*). Em laboratórios equipados para êstes ensaios, o exame das porções maiores, de 100 ml, contribue para:

1. uma medida mais definitiva da densidade de bactérias coliformes na escala de cêrca de 1 por 100 ml, como foi estabelecido no padrão bateriológico;
2. indicação sôbre a aproximação de condições desfavoráveis da água.

O processo para o exame de porções de 100 ml não oferece dificuldade na técnica de laboratório, sendo os seguintes os únicos requisitos

(*) E' aconselhável, especialmente no exame de águas de qualidade desconhecida ou que possam ser suspeitas de alta poluição, fazer ensaios simultâneos em porções de uma série geométrica, indo de 100 ml a 1,0 ml, ou menos.

adicionais: ter recipientes maiores, maiores quantidades de meios de cultura, espaço de incubação um pouco maior e colheita de amostras de maior volume. Se se deseja economizar espaço na incubadora, deve-se usar caldo lactosado de concentração múltipla, de conformidade com as determinações dos "Standard Methods for the Examination of Water and Sewage". Na prática, tem dado resultado satisfatório usar frascos padrões de água de diluição de 160-180 ml de capacidade como tubos ou recipientes para porções de 100 ml. Êstes frascos, contendo 30-35 ml de caldo lactosado de concentração quádrupla, e equipados com o tubinho comum coletor de gás, invertido, ou com um tubo de Cowles (14), são esterilizados da maneira usual. Por conveniência em completar volumes ou eliminar a necessidade de usar pipetas volumétricas, os frascos podem ser graduados nos pontos correspondentes a 35 ml e a 135 ml. Êste processo presta-se para introduzir ràpidamente amostras diretamente no caldo de lactose no próprio local da colheita.

Não há certamente nenhuma razão essencial pela qual o número de porções examinadas deva ser cinco em vez de um maior número, a não ser quanto à necessidade de reduzir o trabalho e o material usado. Cinco porções dão a precisão suficiente na prática ordinária.

Com referência ao número total de amostras que devem ser examinadas, aos intervalos em que devem ser colhidas e ao local dos pontos de colheita na rede, reconhece-se que êsses requisitos são afetados:

1. pela natureza do manancial da água;
2. pelo carater e consistência do tratamento;
3. pelas condições sanitárias da rede;
4. pelo volume diário médio de água fornecida à rede;
5. pela população total servida.

E' òbviamente conveniente, sob o aspecto da precisão e significação dos resultados, examinar um grande número de amostras colhidas em intervalos frequentes e regulares e, preferìvelmente, no caso de condições normais, em pontos uniformemente espaçados na rede. Na eventualidade de condições anormais, a colheita deve ser feita em pontos que possam dar melhores indícios sôbre as causas de perturbação na qualidade da água. Também é claro não ser prático estabelecer requisitos rígidos adaptados às qualidades de cada abastecimento considerado. Considerou-se desejável, no entanto, estabelecer para o abastecimento ideal o número mínimo de amostras a serem colhidas e examinadas durante especificados intervalos com base na população servida, e delegar ao funcionário da inspecção, que deve conhecer as condições relativas à água em questão, autoridade para aumentar o número de amostras necessárias e fixar as horas e os locais de colheita na rede de distribuição.

A localização dos pontos de colheita deve ser determinada cuidadosamente, de forma que se possa julgar com segurança as condições médias da água na rede. No julgamento de uma água com respeito ao esquema de colheita, devem-se ter em consideração as circunstâncias

individuais e a extensão dos esforços feitos na realização do esquema recomendado.

De acôrdo com êstes princípios, o primeiro requisito estabelecido no padrão bateriológico, a saber, que "de tôdas as porções padrão de 100 ml ou 10 ml examinadas por mês, de acôrdo com o processo especificado, não mais de 60% ou 10%, respectivamente, devem conter organismos do grupo coliforme", pode ser interpretado como significando que a densidade média de organismos do grupo coliforme não deve exceder de cêrca de 1 por 100 ml. O segundo requisito do padrão, que especifica que não mais de 20% (ou 5%, quando são examinadas porções de 10 ml) das amostras examinadas (ou não mais do que uma amostra, se o número total examinado é inferior a 20 para porções de 10 ml ou inferior a 5 para porções de 100 ml) devem apresentar organismos do grupo coliforme em tôdas as cinco porções de 100 ml, ou em três ou mais, entre cinco porções de 10 ml, é mais complexo nas suas consequências e mais difícil de explicar. Êsse requisito foi bem discutido no apêndice III dos Padrões de 1925 (15) e desde então essa discussão tem sido ampliada por vários autores. Foi verificado que, de acôrdo com as leis da probabilidade, a presença de germes coliformes nas quantidades acima referidas poderia ocorrer em certa pequena proporção das amostras examinadas, ainda que a densidade média de organismos do grupo coliforme em todo o corpo da água examinada tenha ficado constante a cêrca de 1 por 100 ml ou menos e, consequentemente, assegure a não interferência de reais flutuações na densidade, a não ser que isso ocorra com maior frequência do que é previsto, segundo a teoria das ocorrências casuais. Entretanto, acredita-se que uma ocorrência mais frequente, suficiente para indicar uma poluição ocasionalmente mais elevada, seja uma indicação de perigo potencial, mesmo que a qualidade média da água seja satisfatória, isto é, esteja de conformidade com a primeira exigência do padrão bateriológico. Êste item do padrão procura fixar um limite para a frequência admissível de resultados positivos em um número maior de porções de qualquer amostra. E' necessário, assim fazendo, reconhecer que as águas de abastecimento variam diàriamente em seu grau de poluição e que em muitas instâncias a série de exames a ser considerada pode ser pequena. Por isso, o limite (20 e 5%) é estabelecido em uma frequência mais alta do que razoàvelmente pode ser previsto numa grande série de amostras de uma água em que a densidade de organismos do grupo coliforme nunca excedeu muito de 1 por 100 ml. No caso de porções de 10 ml, o limite para esta frequência é estabelecido em 5%, que é aproximadamente cinco vezes mais alto do que a espectativa normal.

Com porções de 100 ml, o requisito é um tanto mais restrito, com a frequência de 20% admitida sòmente cêrca de 2,5 vezes mais alta do que razoàvelmente se pode esperar. Visto estar sempre presente a possibilidade de um aumento de poluição, o padrão bateriológico exige, mais, que quando se obtêm resultados positivos em maiores números de porções de qualquer amostra, amostras adicionais devem ser colhi-

das e examinadas mais frequentemente. Os resultados dessas amostras suplementares dirão se o aumento no número dos resultados positivos é devido às probabilidades do acaso ou a um aumento real na densidade da poluição.

Nos padrões bateriológicos adotados o Comité procurou estabelecer dois fatores de contrôle: primeiro, dois valores limites para densidade de organismos do grupo coliforme: um limite para a densidade média, como foi calculada da série completa de ensaios feitos durante um mês qualquer, e outro para a amplitude e a frequência de desvios ocasionais dessa média; e, segundo, um requisito para a conformidade com os processos especificados para os exames bateriológicos em apreço. A falta de conformidade com os processos especificados pode ser tomada como base para considerar não satisfatória uma água de abastecimento. Isto é, uma falta de obediência aos processos especificados pode dar resultados que não permitem um julgamento satisfatório a respeito da qualidade da água em questão.

REFERÊNCIAS

(1) Public Health Service Drinking Water Standords. Pub. Health Rep. 61:371-84 (1946). Reprint N.º 2697.

Public Health Service Drinking Water Standards and Manual of Recommended Water Sanitation Practice. Pub. Health Rep., 58:69-11 III (15 de Janeiro de 1943). Reprint N.º 2440.

(2) STREETER, H. W.: Studies of the efficiency of water purification processes. I. Results obtained from a preliminary study of the Cincinnati and Louisville municipal filtration plants. II e III. Results obtained from a collective survey of seventeen municipal filtration plants. Public Health Bulletin N.º 172, Maio de 1927.

STREETER, H. W.: Studies of the efficiency of water purification processes. IV. Report on a collective survey of the efficiency of a selected group of municipal water purification plants located along the Great Lakes. Public Health Bulletin N.º 193, Novembro de 1929.

MOSS, FREDERICK J.: Experimental studies of water purification. I. Description of experimental water purification plant. STREETER, H. W.: II. Preliminary review of results of primary experiments. Pub. Health Rep., 41:2121-2146 (1.º de Outubro de 1926). Reprint N.º 1114.

STREETER, H. W.: Experimental studies of water purification. III. Discussion of B. coli results obtained from primary series of experiments. Pub. Health Rep., 42:1841-1859 (15 de Julho de 1927). Reprint N.º 1170.

STREETER, H. W.: Experimental studies of water purification. IV. Observations on the effects of certain modifications in coagulation-sedimentation on the bacterial efficiency of preliminary water treatment in connection with rapid sand filtration. Pub. Health Rep., 45:1521-1536, 1597-1623 (4 e 11 de Julho de 1930). Reprint N.º 1392.

STREETER, H. W., e WRIGHT, C. T.: Experimental studies of water purification. V. Prechlorination in relation to the efficiency of water filtration processes. Pub. Health Rep., 45:3105-3128 (19 de Dezembro de 1930). Reprint N.º 1434.

STREETER, H. W.: Experimental studies of water purification. VI General summary and conclusions. Pub. Health Rep., 48:377-400 (14 de Abril de 1933). Reprint N.º 1565.

(3) GRIFFIN, A. E.: Chlorination — a five-year review. J. New Eng. Water Works Assoc., 58:322-32 (Dezembro de 1944).

(4) Standard Methods for the Examination of Water and Sewage, 8.ª edição. American Public Health Association and the American Water Works Assosociation, New York, 1936. (Edição atual em preparação).

(5) PALIN, A. T.: The determination of free chlorine and chloramine in waters using p-aminodimethylaniline. Water and engineering, 98:504-508. (Setembro de 1945).

(6) MOORE, W. A.: Use of p-aminodimethylaniline as an indicator for free chlorine. J. Amer. Water Works Assoc., 35:427 (1943).

(7) HALLINAU, FRANCIS J.: Tests for active residual chlorine and chloramine in water. J. Amer. Water Works Assoc. 36:396-302 (1944).

(8) LAUX, P. C.: Breakpoint chlorination at Anderson. J. Amer. Water Works Assoc., 32:1027 (1940).

(9) WATTIE, ELSIE, and BUTTERFIELD, C. T.: Relative resistance of *Escherichia coli* and *Eberthella typhosa* to chlorine and chloramines. Pub. Health Rep., 59:1661 (29 de Dezembro de 1944). Reprint. N.º 2593.

(10) BUTTERFIELD, C. T.: WATTIE, ELSIE; MEGREGIAN, STEPHEN; and CHAMBERS, C. W.: Influence of pH and temperature on the survival of coliforms and enteric pathogens when exposed to free chlorine. Pub. Health Rep., 58:1837-1866 (17 de Dezembro de 1943). Reprint N.º 2530.

(11) BUTTERFIELD, C. T. and WATTIE, ELSIE: Influence of pH and temperature on the survival of coliforms and enteric pathogens when exposed to chloramine. Pub. Health Rep., 61:157-192 (8 de Fevereiro de 1946). Reprint N.º 2692.

(12) DE MARTINI, F. E.: Corrosion and the Langelier calcium carbonate saturation index. J. Amer. Water Works Assoc., 30:85 (1938).

(13) MOORE, EDWARD W.: Graphic determination of carbon dioxide and the three forms of alkalinity. J. Amer. Water Works Assoc., 31-51 (1939).

(14) COWLES, P. B.: A modified fermentation tube. J. Bact., 38:677 (1939).

(15) Report of advisory committee on official water standars. Pub. Health Rep.,40:693-722 (10 de Abril de 1925). Reprint. N.º 1029. (Padrões de água potável adotados pelo Departamento do Tesouro, 30 de Junho de 1925).