

ÁGUAS, SAÚDE E DESINFECÇÃO

SUMÁRIO

Introdução

Capítulo 1 - Água para consumo humano

- A água na transmissão de doenças
- Sintomas de existência de água contaminada em nascentes e/ ou poço
- Cloração da água
- Limpeza e desinfecção de poço e reservatórios domiciliares de água
- Exemplos práticos para preparação de solução de cloro a ser utilizada na desinfecção da água
- Cuidados a serem observados na utilização de hipoclorito

Capítulo 2 - Desinfecção de água: Processo, controle e aplicação

- Considerações Gerais
- Características dos principais desinfetantes utilizados no tratamento de água
- Principais desinfetantes químicos
- Desinfecção mediante o cloro
- Metodologias analíticas na determinação de cloro
- Comparação entre os métodos OTA/DPD
- Reagentes
- Métodos práticos de desinfecção
- Bibliografia

Introdução

Em 1848 John Snow demonstrou a correlação entre a água para consumo humano e doenças por meio de mapeamento e técnicas de levantamento. Seguindo a sua intuição científica de que a cólera existente em algumas regiões de Londres estava relacionada a impurezas presentes na água utilizada para consumo humano, indicou num mapa os casos de morte por cólera e examinou a área próxima ao domicílio.

Ele demonstrou que as residências abastecidas pela água de um rio que recebia descargas de esgotos domésticos a montante apresentavam uma taxa de mortalidade por cólera seis vezes mais acentuada do que aquelas residências que se utilizavam da água antes do lançamento dos esgotos. Pela simples remoção do local de bombeamento, iniciou a ciência da epidemiologia analítica e constatou a possibilidade de a água servir como veículo para a transmissão de doenças.

No início do século XX, a adoção de técnicas de tratamento, como a filtração e cloração, tornou relativamente seguro o emprego das fontes de abastecimento de água, pois a poluição dos mananciais ainda não tinha provocado a deterioração da qualidade dos dias de hoje. Devido à rápida implantação dos sistemas de abastecimento, a ocorrência de epidemias transmitidas pela água caiu a níveis muito baixos nos países que executam seus programas de saneamento, o que não ocorreu naquelas nações onde ainda existe carência desta medida. A Organização Mundial da Saúde constatou que 80% de todas as doenças que se alastram nos países do Terceiro Mundo são provenientes de água contaminada. Sabe-se que a diarreia é responsável pelos elevados índices de mortalidade na América Latina e no Caribe, provocando cerca de 200 mil mortes a cada ano, cifra esta lamentavelmente muito superior se incluída a febre tifóide e hepatite.

Inquestionavelmente, a utilização da prática de cloração, aliada aos demais processos de tratamento, contribuiu enormemente para o declínio das doenças transmissíveis pela água. Conforme a American Works Water Association, a incidência de febre tifóide constitui-se em seguro indicador de contaminação bacteriológica de um suprimento de água. Nos EUA a média da mortalidade por febre tifóide no período entre 1880 e 1889 era de 58 por 100mil habitantes. Com a entrada em operação naquele país dos primeiros sistemas de abastecimento de água e a extensão do benefício à comunidade, esta taxa decaiu de 35/100 mil habitantes (período 1900-1909) para 0,16/100 mil habitantes no ano de 1946.

Todavia, sempre é oportuno lembrar o alerta do sanitarista Fausto Guimarães, que numa abordagem desta questão diz que: “É preciso não esquecer que os extraordinários resultados obtidos pelas nações adiantadas na redução das infecções por via hídrica, representam não apenas avanço técnico em saúde pública, mas principalmente, vigilância sanitária permanente, pois os riscos, mesmo quando diminuídos, estão sempre presentes. Toda vez que há negligência ou falhas operacionais, podem sobrevir bruscamente situações desfavoráveis, como sucedeu em princípio de 1963, em Zermatt, na Suíça, onde, por uma série de circunstâncias,



inclusive desleixo das autoridades locais, ocorreu uma epidemia de origem hídrica, com 437 casos, positivos ou suspeitos”.

Confirmando as observações deste ilustre mestre, no período compreendido entre 1971 e 1974 nos Estados Unidos - 65% das doenças transmissíveis pela água tiveram como origem deficiências no tratamento, tais como: cloração inadequada ou a sua interrupção. Outro fato que sustenta a afirmação anterior, ocorreu em novembro de 1981, onde se constatou uma epidemia provocada por cistos de *Giardia lamblia* no sistema público de abastecimento de água em Highland, Califórnia. Os principais fatores que contribuíram para a presença de cistos no sistema distributivo foram: drástica redução da concentração e tempo de contato (estudos demonstraram que cistos da *Giardia lamblia* são sensível à ação de 2 mg/l de cloro num pH entre 6 e 7 e tempo de contato de 60 minutos) provocada por falhas no bombeamento, deficiências de projeto como ausência de tratamento químico, isto é, coagulação e floculação antes da sedimentação, aplicação não apropriada de água bruta nos filtros e falhas no monitoramento - que potenciaram a epidemia. A turbidez e os dados bacteriológicos em nenhum instante indicaram anormalidade no processo, demonstrando a importância do projeto, instalações adequadas e qualidade dos serviços de manutenção e operação - como múltiplas barreiras na prevenção das doenças de transmissão hídrica.

No sistema público de abastecimento de água da Grande São Paulo observaram-se alguns episódios no sistema distributivo; debitadas a falha tanto no cadastro, como na operação e manutenção, com reflexos na qualidade da água para consumo humano e para a saúde dos consumidores. Alguns destes episódios apresentam registros, o que reforça o seu testemunho. Assim, por exemplo, em 1972 no Parque Edu Chaves, São Paulo, houve intermitência no sistema distributivo que ocasionou pressão negativa e na introdução para o interior da tubulação de água e esgotos domésticos. Este fato, amplamente divulgado na imprensa da época, pode-ter provocado 300 casos de febre tifóide. No ano de 1982, no conjunto residencial Promorar de São Mateus, na cidade de São Paulo, ao se efetuar a desinfecção da rede, água com elevada concentração de cloro serviu de abastecimento e ser ingerida pela população da comunidade, ocasionando intoxicação em inúmeras pessoas. A inspeção realizada detectou que a causa que contribuiu para este acidente foi provocada por falhas no cadastro que não previu a existência de uma derivação da rede ao conjunto, impossibilitando que o registro fosse fechado antes da desinfecção.

Neste mesmo ano, a CETESB atendeu a um problema de risco à saúde pública no Parque Continental na cidade de Osasco, São Paulo. As informações preliminares de campo confirmaram a presença de cloro residual no sistema distributivo, apesar do odor desagradável que induzia a suspeita de contaminação da água. A inspeção de campo e os resultados da análise da água confirmaram a hipótese de contaminação e constatou-se como origem da anormalidade uma parada no sistema de recalque do reservatório que abastecia a região, ocasionando pressão negativa na linha e infiltração de água residuária altamente contaminada, num determinado trecho da rede que alimentava o Parque Continental. A rede foi remanejada para lugar mais

seguro e após limpa e desinfetada, os resultados da análise da água demonstraram que ela estava apta ao consumo humano.

Todavia, observou-se um fato que ainda não se conhecia registro na literatura técnica, cujo caráter inusitado do evento nos leva a criar. Ora, como a infiltração deu-se por água superficial contaminada ocorreu também o transporte de ovos de mosquito, que ficaram retidos na peneira do hidrômetro. Embora as análises de laboratório não detectassem nenhuma violação aos padrões de qualidade, os ovos de mosquito surgiram alguns dias após no reservatório domiciliar, cuja eclosão em larvas, provocou uma justa reclamação dos consumidores. A investigação realizada detectou e eliminou as causas do problema e este episódio vem mais uma vez realçar que qualidade da água para consumo humano deriva de um conjunto de ações que devem estar presentes em todas as atividades que compõem um sistema público de abastecimento de água.

Num levantamento sanitário efetuado nos Estados Unidos envolvendo 969 sistemas públicos de abastecimento de água servindo 18 milhões de habitantes, contatou-se que 59% da água consumida era de boa qualidade - 41% de qualidade inferior e que 360.000 pessoas eram abastecidas por água perigosa à saúde, proveniente do sistema público. Ora, se isso ocorre num país com os recursos tecnológicos dos Estados Unidos, dispensa maiores comentários a tentativa de extrapolar conclusões para a realidade sanitária brasileira. Uma tênue radiografia do nosso quadro sanitário pode ser observado em um recente levantamento realizado pela antiga Secretaria de Obras e do Meio Ambiente (Soma) nos Serviços Autônomos de Água e Esgoto do Estado de São Paulo, por volta do ano de 1983, ao se constatar que aproximadamente a metade daqueles sistemas públicos distribui água contaminada para as populações que abastecem sendo que, numa das cidades foi detectado 1.000 coli fecais no sistema distributivo. Esta realidade justifica e encoraja as ações para o controle da qualidade da água para consumo humano, visando reduzir os níveis de exposição da população e assim preservar e promover a saúde dos seres humanos.

A expansão das doenças infecciosas transmitidas pela água está sob controle nos países desenvolvidos - a menos que ocorram falhas operacionais, tornando-se o grande problema desta década a contaminação dos cursos de água pelas substâncias químicas e a incapacidade dos sistemas convencionais em removê-las. Contudo, não se pretende apregoar uma água isenta de substâncias químicas, pois o que ocasiona o dano é o desconhecido... aquilo que não se controla, as doses excessivas. Por exemplo, entre os diversos produtos químicos benéficos à saúde está o flúor. Adicioná-lo à água para consumo humano a níveis seguros é um ditame para reduzir em 60% a incidência da cárie dentária, enquanto que seu uso excessivo, não controlado, pode, em lugar de auxiliar, provocar a fluorose dentária.

As múltiplas atividades dos seres humanos, executadas tanto no seu micro como no seu macro ambiente, aliadas ao crescimento e à mentalidade da sociedade de consumo, geraram a dispersão ambiental das substâncias químicas, em maior intensidade as orgânicas e numa menor as inorgânicas, na sua maioria não detectáveis pelos atuais métodos analíticos, alterando a qualidade dos mananciais.



Com isso entraram em cena novos riscos à saúde dos seres humanos, cujas conseqüências a curto e em longo prazo podem provocar efeitos cancerígenos, mutagênicos ou teratogênicos. Os compostos organo-clorados estão entre os conhecidos ou suspeitos de ocasionar câncer em experimentos com animais, podendo estar presentes na água para consumo humano. A possibilidade destes compostos serem formados durante o processo de cloração ou por meio da poluição da água nos mananciais de abastecimento cria a necessidade de avaliar o grau de sua poluição, gerar um sistema de garantia da qualidade nos sistemas públicos de abastecimento e implementar soluções técnicas, à luz do conhecimento disponível.

Compostos como o clorofórmio e outros trihalometanos podem ser formados inclusive em regiões não poluídas, a partir da reação química do cloro com as substâncias húmicas e fúlvicas (denominadas precursores), resultantes da decomposição orgânica normal ou do metabolismo da biota aquática.

Por outro lado, entidades sanitárias como a Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) vêm alertando para a necessidade de limitar o contato humano aos agentes tóxicos, bem como, do imperativo de manter as doenças transmissíveis em níveis reduzidos. Segundo estimativas recentes, existem cerca de 4 milhões de diferentes substâncias químicas resultantes da atividade humana e deste total, cerca de 60 mil possuem uso comum, as quais uma vez no ambiente, experimentam uma série de transformações físicas e químicas, inclusive a combinação com outros produtos químicos que intensificam ou diminuem a sua toxicidade aos seres humanos e organismos vivos.

Em vários países, especialmente nos Estados Unidos e Europa, têm sido desenvolvidos programas e projetos para identificar, classificar e qualificar os níveis de contaminantes químicos, por meio de levantamentos sanitários. Num estudo desenvolvido nos EUA no ano de 1976, foram identificados 1.259 diferentes substâncias químicas na água para consumo humano, pela incapacidade dos sistemas convencionais em removerem as substâncias tóxicas. Desta relação de contaminantes constatou-se a presença de 23 substâncias químicas cancerígenas ou suspeitas de produzir câncer, 30 mutagênicas ou suspeitas de ocasioná-lo e 11 indutoras na água para consumo humano, provenientes de alguns sistemas de abastecimento nos EUA (Federal Register V.43-Nº 130/julho de 1978-páginas 29.149 e 29.150). Assim, se de um lado observa-se nas regiões menos desenvolvidas uma predominância das doenças de transmissão hídrica - pela carência de saneamento básico, emerge nas regiões mais desenvolvidas a problemática dos riscos da poluição química. É a tecnologia equacionando soluções...gerando outros problemas.

Aliás, é oportuno salientar que o Brasil e o estado de São Paulo preocupam-se em estender o benefício de água e saneamento básico à expressiva porcentagem da poluição. Nesta ânsia de produzir e distribuir qualidade, a qualidade da água e dos serviços em geral não foram aquinhoados com o mesmo grau de preocupação.

A reflexão sobre estes fatos induz ao raciocínio de que a existência de sistemas de abastecimento de água, por si só, não é garantia automática de qualidade.



Para sensibilizar todos os povos para a gravidade que o assunto exige, as Nações Unidas proclamaram como objetivo da década o da Água Potável e Saneamento.

No Brasil, apesar de existir uma determinação do Ministério da Saúde estabelecendo a obrigatoriedade do controle da qualidade da água para consumo humano dos sistemas públicos, a legislação quase nunca é cumprida. Pode-se até dizer que são muito raros os sistemas de abastecimento dotados com este tipo de preocupação, muitas vezes pelo desconhecimento de uma metodologia operacional.

As questões aqui colocadas são profundamente delicadas, estando a exigir soluções compatíveis com a nossa realidade sócio-econômica e sanitária, sem os encantos da utopia ou daquele pragmatismo que confunde o verdadeiro com o útil. Nunca é demais salientar que se o problema abordado está a exigir a preocupação com a contaminação química, não pode servir de instrumento para induzir a população a ingerir água bacteriologicamente insegura e que não seja proveniente dos sistemas públicos de abastecimento. Atualmente, se os países desenvolvidos evoluem na investigação de novos riscos à saúde é porque as causas básicas de comprometimento da qualidade da água já foram sanadas e a ocorrência na deterioração da sua qualidade é desvio de regra geral. Por outro lado, a atitude de desconhecer o problema é escapular à responsabilidade com sérias conseqüências à saúde pública, a curto ou em longo prazo.



CAPÍTULO 1 - ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Autor Ben-Hur Luttenbarck Batalha - Eng^o. Químico e Sanitarista

A Água na Transmissão de Doenças

As doenças transmitidas pela água podem ser agrupadas em dois grupos:

- a) doenças de transmissão hídrica;
- b) doenças de origem hídrica.

As primeiras são aquelas em que a água atua como veículo propriamente dito do agente infeccioso como, por exemplo, no caso de febre tifóide, da disenteria bacilar e outras. As segundas são aquelas decorrentes de certas substâncias químicas contidas na água numa quantidade inadequada como, por exemplo, devido ao uso abusivo dos pesticidas.

a) Doenças de transmissão hídrica

A água é um importante meio de transmissão de doenças, notadamente do aparelho intestinal. Os microrganismos denominados patogênicos e que são responsáveis pela transmissão de doenças, atingem a água com os excretos de pessoas ou de animais infectados, provocando as doenças de transmissão hídrica.

b) Doenças de origem hídrica

São aquelas causadas por substâncias que possuem propriedades tóxicas quando presentes na água em proporção superior a certos limites específicos. As principais substâncias, são: arsênico, bário, cádmio, chumbo, selênio, manganês, nitratos, fenóis e outros.

Principais doenças veiculadas pela água

Doenças em que a água tem grande importância como agente infeccioso:

a) Bactérias	b) Protozoários	c) Verme
<ul style="list-style-type: none">▪ cólera▪ febre tifóide▪ febre paratífóide▪ disenteria bacilar	<ol style="list-style-type: none">1. amebíase ou disenteria amebiana	<ol style="list-style-type: none">2. esquistossomose

Doenças em que a água tem menor importância:

a) Vírus <ul style="list-style-type: none">▪ hepatite infecciosa▪ poliomielite	b) Teor excessivo de substâncias químicas <ul style="list-style-type: none">▪ saturnismo (excesso de chumbo)
---	--

Sintomas de Existência de Água Contaminada em Nascentes e/ou Poços

Existem algumas condições que representam importantes indícios de comprometimento da qualidade da água dos sistemas individuais de abastecimento. Qualquer um destes vetores, isolados ou em conjunto, podem contribuir para tornar imprópria uma água destinada ao consumo humano e cujo reconhecimento pode ser inferido a partir da existência dos seguintes sintomas:

- a) Persistência de doenças, especialmente as relacionadas com os intestinos;
- b) Proximidade de privadas, fossas, currais, estábulos, chiqueiros ou plantações;
- c) Inexistência de cobertura, proteção e com possibilidades de inundação;
- d) Proximidade de depósitos de lixo;
- e) Ausência de vales divisoras de água pluviais e de cercados para impedir o acesso de animais;
- f) Localização em áreas densamente povoadas e onde não existe sistema de esgotos sanitários;
- g) Emprego das mãos ou vasilhames contaminados para retirar a água.

Assim, após estes esclarecimentos, considera-se um sistema sem risco à saúde, quando atende aos padrões de potabilidade, cujas condições são a seguir discriminadas:

Nascentes

Para que o manancial de onde aflora a nascente mantenha-se em estado de controle, ou seja, sem proporcionar risco à saúde, torna-se necessário:

- Localização das instalações sanitárias em cota mais baixa do que a fonte e, na distância horizontal no mínimo, 30 m de qualquer instalação sanitária;
- Inexistência na proximidade da nascente de águas provenientes de estábulo, chiqueiro, fossa, privada ou gás de enxurradas;
- Erradicação da vegetação na área de inundação da nascente e, ao mesmo tempo, estímulo ao reflorestamento como proteção contra a erosão;

- Proibição da disposição final de resíduos sólidos, em qualquer ponto da área de proteção da nascente;
- Construção de valetas divisoras para água de enxurradas e de cercado para impedir o acesso de animais, a uma distância entre 8m a 10m da nascente;
- Na construção da captação da nascente, verificar a existência de:
 - Proteção do topo de caixa de areia e da tomada da água, por meio de uma soleira estanque, com uma cobertura;
 - Dispositivo para descarga de fundo;
 - Meios para inspeção e, se necessário, escada de marinho;
 - Extravasor com tela e torneira para distribuição da água;
 - Equipamento para desinfecção da água, se houver condições.

Poços Rasos

São poços de grande diâmetro (1 a 5 metros), com profundidade variando entre 3 e 12 metros. São construídos, geralmente, em terrenos arenosos captando água do lençol freático (aquífero livre). Devido à profundidade relativamente pequena de onde se extrai a água, são bastante vulneráveis às infiltrações de superfície.

Para que a água de um poço não provoque riscos à saúde, é necessário averiguar se:

- a) O poço está localizado acima dos focos de contaminação e numa distância de, pelo menos, 15 metros de fossas secas, sépticas, fossas absorventes e, no mínimo, a 30 metros de estábulos, currais ou chiqueiros (em qualquer sentido).
- b) A boca (abertura) do poço está acima do nível do solo, com um montículo impermeável em torno do seu diâmetro com caimento para fora, a fim de evitar enxurradas de água da superfície;
- c) As paredes estão impermeabilizadas até 3 metros da superfície do solo, para evitar infiltração de água contaminada da superfície, através das paredes laterais;
- d) Possui cobertura com tampa selada (tampa para inspeção) para evitar a penetração no poço de objetos contaminados, ou de animais, poeiras ou baldes;
- e) É dotado de meio elevatório adequado (por exemplo: conjunto motor-bomba);
- f) No caso de poços construídos próximo à margem de um rio, observar se foram tomados os devidos cuidados para localizá-los fora do nível de enchente, de modo a evitar-se a sua inundação;
- g) O poço deve ser limpo e desinfetado pelo menos duas vezes ao ano. Isto, na hipótese de não existir contaminação do lençol freático (as instruções para desinfecção de poço estão contidas mais adiante).

Cloração da Água

A água é desinfetada para exterminar organismos patogênicos e, conseqüentemente, evitar as doenças de transmissão hídrica, sendo um dos instrumentos mais valiosos

na promoção e preservação da Saúde Pública, refletindo principalmente, na redução da mortalidade infantil. Isto a um custo pequeno de equipamento e de material.

Historicamente, o cloro tem sido a substância química escolhida para a desinfecção da água para consumo humano. Porém, começam a ser usados com mais frequência outros desinfetantes alternativos, tais como: ozônio e dióxido de cloro.

Nem todos os organismos microscópicos e formas superiores de vida na água podem ser removidos apenas pela desinfecção. Por exemplo, a *Entamoeba histolytica* não é removida pela cloração comum.

A escolha, tanto do desinfetante como da forma de utilização do cloro no tratamento de água, está relacionada com os propósitos pelos quais se deseja a sua aplicação. Ela é influenciada pelas características e limitações das substâncias em apreço, sua disponibilidade, segurança, facilidade de manuseio, controle de operação, custos relativos, preferências pessoais e outros fatores semelhantes. Normalmente, em ocasiões de emergência ou em zonas rurais pode ser mais desejável o uso do cloro, na forma de hipoclorito de sódio ou de cálcio (vide Tabela 1).

Na zona rural, ou quando o custo de um equipamento comercial para dosagem de cloro for proibido, pode ser construído um clorador simples com peças geralmente disponíveis no local. Este dosador, vulgarmente conhecido como “pinga-pinga” tem comprovado a sua eficiência, principalmente em situações de emergência, desde que convenientemente operado.

Este clorador consiste no emprego de uma caixa d’água. Seu volume pode ser de uns 100 litros, provido de tampa do mesmo material. Na base da caixa faz-se um orifício através do qual introduz-se uma rolha e nesta um tubo de vidro com aproximadamente 3 mm de diâmetro (ou uma torneira resistente a corrosão). O tubo de vidro é ligado por meio de um látex ao flutuador. O flutuador poderá ser um balão de vidro com lastro de pedregulho de areia, cuja boca é tampa com rolha de borracha.

Esta rolha também tem que possuir um orifício onde se insere um tubo de vidro (\pm 3mm de diâmetro). Uma das extremidades do tubo de vidro flutuador liga-se por meio de látex ao outro tubo de vidro localizado na base da caixa de cimento amianto. Evidentemente, a outra extremidade do tubo de vidro do flutuador, serve de entrada para a solução de hipoclorito.

Na saída do tubo de vidro da base da caixa, coloca-se uma mangueira de látex-até o local onde será efetuada a cloração-provido de uma pinça (ou estrangulador).

Por aí é controlada a vazão a nível consiste e então por gravidade se faz a cloração da água destinada ao consumo humano. Seu emprego deve ser recomendado para vazões constantes de água como no caso de uma nascente.

Tabela 1 - Compostos de cloro

Nome e Fórmula	Nome Comum Ou Comercial	Acondicionamento	Teor de Cloro	Características
Cloro gasoso	Cloro gasoso	Cilindros	100% (definição)	Gás
Cloreto de amônio NH ₄ Cl	Sal amoníaco	Barricas de 45 kg Barris de 95/250 kg Pipas de 400/540 kg		Forma de cristais ou tabletes brancos. Higroscópico Volatiliza
Hipoclorito de cálcio Ca (OCI) ₂ 4H O	HTH; percloro	Latas de 1,5 kg Tambores de 45/135/360kg	70%	Forma de pó, grão branco Solução usada 1- 3%, cloro disponível. Estabilidade superior a um ano
Hipoclorito de sódio Na Cl O	Hipoclorito de sólido	Bombonas de 40 litros	10-15%	Líquido
Cal clorado CaO.2CaOCI ₂ .3H ₂ O	Pó descorante Cloreto de cal	Tambores de 45/135/360kg	25-37%	Pó branco Deteriora com o tempo
Hipoclorito de sódio Na Cl O	Água sanitária clorada	Plástico de 1 litro	2,0-3,0%	Líquido

É imperativo que se proceda ao controle do residual de cloro na água. Este controle pode ser executado por um método caseiro, explicado no Item c. Todavia, este método somente apresentará resultados seguros uma vez executadas as ações de proteção de nascentes e poços, anteriormente descritas.

Método prático para controle da cloração

Nascente

- A cloração pode ser executada utilizando-se uma solução de hipoclorito de sólido a 10% ou água sanitária clorada (Cândida, Q-Boa e outras). Numa caixa de cimento amianto de 100 litros, utilizar 10 litros de hipoclorito de sólido a 10% (ou 40 litros de água sanitária clorada) e completar o volume com água até os 100 litros.
- Deixar pingar a solução de cloro na água a ser ingerida e para verificar a concentração do cloro escolher a torneira mais distante da nascente, no interior da residência.
- Pegar um copo de água desta torneira, clorada pelo processo anterior e adicionar 3 cristais (uma pitada) de iodeto de potássio (encontrado nas farmácias), em seguida 5 gotas de vinagre (de preferência branco) e, finalmente, 2 pitadas de maizena (amido). Agitar.
- O surgimento de uma cor azul claro indica a presença de cloro e a ausência desta cor, a inexistência de quantidade suficiente de cloro. Quanto mais intensa a cor azul, maior a concentração do cloro residual na água.

Portanto, deve-se calibrar o aparelho para fornecer uma quantidade de cloro equivalente à cor azul cloro-nem mais nem menos.

- e) Executar esta medida pelo menos uma vez por dia e, se possível mandar analisar a água para avaliar a eficiência da cloração.

Poço

- a) Adicionar um copo de água sanitária clorada (Cândida, Q-Boa e outros) para cada mil litros de água (1 copo/m³)
- b) Seguir os procedimentos anteriores, constantes nos itens c, d e
- c) A quantidade de hipoclorito de sódio (ou água sanitária clorada entre 2,0% a 3,0%) a ser adicionada no poço dependerá do residual de cloro, determinado como explicado em c e d.

Limpeza e Desinfecção de Poço e Reservatórios Domiciliares de Água

De poço

- ⇒ Retirar com o auxílio de uma bomba, ou manualmente, toda água do poço.
- ⇒ Limpar e esfregar, se possível, as paredes internas do poço.
- ⇒ Deixar entrar água nova no poço.

Quando o nível da água estabilizar, adicionar dois litros de água sanitária clorada (Cândida, Q-Boa e outras) para cada metro cúbico de água do poço.

Na desinfecção do poço, a água sanitária poderá ser substituída pelo hipoclorito de sódio a 10%. Neste caso, ao invés de dois litros de água sanitária, deve-se utilizar meio litro de hipoclorito de sódio a 10% para cada metro cúbico de água.

- ⇒ Esperar 2 (duas) horas e esvaziar totalmente o poço.
- ⇒ Deixar encher normalmente o poço.
- ⇒ Quando houver reservatório domiciliar, também deverá ser efetuada a sua desinfecção, observando-se as seguintes instruções:
 - ⇒ esvaziar e limpar o reservatório domiciliar;
 - ⇒ enchê-lo com a mesma água clorada do poço (água que foi adicionada à água sanitária clorada);
 - ⇒ esperar 2 (duas) horas e abrir todas as torneiras até esvaziar o reservatório.
 - ⇒ O poço e o reservatório estarão desinfetados.
 - ⇒ Efetuar a cloração e o controle da dosagem do cloro, conforme explicação constante nos itens c e d (Método Prático para Controle da Cloração).

De reservatórios domiciliares

- ⇒ Esvaziar e limpar o reservatório, retirando-se o lodo, escovando-se paredes e lavando-se o reservatório com esguicho, de modo a retirar toda a sujeira.

- ⇒ Deixar entrar nova água e, uma vez cheiro o reservatório, fechar a entrada da água.
- ⇒ Adicionar dois litros de água sanitária clorada (Cândida, Q-Boa e outras) para cada metro cúbico de água do reservatório. Na desinfecção do reservatório, a água sanitária clorada ser substituída pelo hipoclorito de sódio a 10%.
- ⇒ Neste caso, ao invés de dois litros de água sanitária clorada, deve-se utilizar meio litro de hipoclorito de sódio a 10% para cada metro cúbico de água.
- ⇒ Esperar duas horas e, findo esse prazo, abrir todas as torneias do interior da residência para esgotar o reservatório. Como esta água contém elevada concentração de cloro, não pode ser bebida.
- ⇒ O reservatório está desinfetado.
- ⇒ Encher novamente o reservatório domiciliar.
- ⇒ No caso de água proveniente de poço, clorar a mesma e determinar o residual, conforme explicado no item (Método Prático para Controle de Cloração).

Quando houver reservatório interior

- ⇒ Esvaziar, limpar e desinfetar o reservatório, conforme as indicações acima.
- ⇒ Ligar a bomba para recalcar a água clorada do reservatório inferior para o reservatório elevado.
- ⇒ Após uma hora, abrir todas as torneias do interior da residência, esvaziar o reservatório elevado que contém água com elevada concentração de cloro.
- ⇒ Esta água não pode ser bebida.
- ⇒ Deixar entrar novamente a água. No caso de poço, deve ter sido clorada conforme instruções anteriores.

Exemplos Práticos para Preparação de Solução de Cloro a Ser Utilizada na Desinfecção da Água

1- Deseja-se preparar 10 litros de uma solução clorada que contenha 10.000 mg/1 de cloro, utilizando hipoclorito de cálcio que contenha 34% de cloro livre. Empregando-se a fórmula:

$$P = \frac{C \times L}{\% B \times 10}$$

Onde:

P = gramas do composto de cloro

C = mg/1 de cloro livre desejado na água a ser desinfetada

L = volume de água a ser desinfetada (litros)

%B = porcentagem de cloro livre do produto comercial escolhido para emprego.

vem do problema:

P = o que se está procurando (incógnita)

C = 10.000 mg/1

L = 10l

B = 34%

então:

$$P = \frac{10.000 \times 10}{34 \times 10} = 294 \text{g}$$

Conclusão: Para 10 litros de água limpa, deve-se adicionar 294 g de hipoclorito de cálcio a 34%.

2 - Após a limpeza de um poço, deseja-se desinfetá-lo. Sabendo-se que possui um diâmetro de 1,20 m e uma altura de água de 4,50 m, dispondo-se de hipoclorito de sódio a 10%, calcular o volume de solução a ser adicionada na água do poço.

-Cálculo do volume de água no poço:

$$v = 3,1416 \times r^2 \times h$$

$$v = 3,1416 \times (0,60)^2 \times 4,50$$

$$v = 5,10 \text{ m}^3 = 5.100 \text{ l}$$

-Cálculo do volume da solução de hipoclorito de sódio a 10%, a ser adicionado para desinfecção. (esta água não pode ser bebida. Deve ser jogada fora).

$$P = \frac{50 \times 5.100}{10 \times 10} = 2.550 \text{ g}$$

Volume de hipoclorito de sódio a ser adicionado

$$V = 2,15 \text{ litros}$$

Conclusão: Adicionar no poço uma solução de 2,5 l de hipoclorito de sódio a 10%.

-Cálculo utilizando-se água sanitária clorada (Q-Boa, Cândida e outros) numa concentração de 2,5% de cloro-livre.

$$P = \frac{50 \times 5.100}{2,5 \times 10} = \frac{255.000}{25}$$

$$P = 10.200 \text{ g}$$

Volume de água sanitária clorada que deve ser adicionada no poço (pela elevada concentração de cloro, esta água não pode ser bebida. Deve ser jogada fora).

$$V = \frac{10.200}{1,05} = 9.715 \text{ mil} \cong 10 \text{ litros}$$

Nota: A densidade da água sanitária clorada foi estimada, podendo variar em função do lote adquirido.

Conclusão: Adicionar no poço 10 litros de água sanitária clorada. Seguir as instruções anteriores para desinfecção de poço.

3 - Após a limpeza, deseja-se desinfetar a água de um poço profundo com 10 polegadas de diâmetro e uma altura de água de 60 m. Qual a quantidade de hipoclorito de cálcio a 70% que se deve utilizar para sua desinfecção.

-O cálculo do volume de água de um poço, é dado pela equação:

$$V = \frac{3,1416 \times d^2 \times h}{4} \quad d = 10 \text{ polegadas} = 25 \text{ cm}$$
$$V = \frac{3,1416 \times 0,0625 \times 60}{4} \quad V = 2,94^3 = 2.940 \text{ litros de volume de água no poço}$$

-Como se deseja uma concentração de 100 mg/1 na desinfecção e para se obter a quantidade de hipoclorito de cálcio a 70%, aplica-se a fórmula:

$$P = \frac{C \times L}{\% B \times 10}$$

$$P = \frac{100 \times 2.940}{70 \times 10} = 420$$

Conclusão: Para desinfetar uma água de poço com este volume de água é necessário diluir 420 g de hipoclorito de cálcio a 70% num vasilhame de plástico e verter a solução no poço. Seguir as instruções para desinfecção explicadas anteriormente.

4 - Após a limpeza, deseja-se desinfetar um reservatório para armazenamento de água potável, com as seguintes dimensões interiores: 1,20 m x 2,80 m x 1,30 m.

Pede-se:

-A quantidade de hipoclorito de cálcio a 34%, necessidade para obter uma solução com uma concentração de 100 mg/1 de cloro livre.

Volume do reservatório = 1,20 x 2,80 x 1,30 m

$$V = 4,37 \text{ m}^3 = 4.370 \text{ litros}$$

A quantidade de hipoclorito de cálcio a 70%, aplicando a fórmula:

$$P = \frac{C \times L}{\% B \times 10}$$

$$P = \frac{100 \times 4.370}{34 \times 10} = \frac{437.000}{340}$$

$$P = 1.285 \text{ g} = 1,285 \text{ kg} \cong 1,300 \text{ kg}$$

Conclusão: Deve-se pesar 1,300 kg de hipoclorito de cálcio a 34%, dissolvendo-o num recipiente de plástico e vertendo-o ao reservatório. Esta água não pode ser bebida. Seguir as instruções anteriores quanto à desinfecção.

-A quantidade de hipoclorito de sódio a 10% necessária para obter uma solução concentrada de 100 mg/1 de cloro livre.

Aplicar a fórmula:

$$P = \frac{C \times L}{\% B \times 10}$$

onde:

P = gramas do composto de cloro

L = volume de água a ser desinfetada (4.370 litros)

C = mg/1 de cloro livre desejado (100 mg/1)

%B = porcentagem de cloro livre do produto comercial escolhido -
(hipoclorito de sódio a 10%).

$$P = \frac{100 \times 4.370}{10 \times 10} = 4.370g$$

Volume de hipoclorito de sódio a 10% a ser adicionado no reservatório, para fornecer um teor de cloro livre de 100mg/1.

$$V = \frac{4.370}{1,185} = 3.688 \text{ mg} \cong 4 \text{ litros}$$

Conclusão: Verter no reservatório de água para desinfecção, 4 litros de hipoclorito de sódio a 10% ou 16 litros de água sanitária clorada a 2,5%. Seguir as instruções para desinfecção da água, conforme explicado anteriormente.

5 - Por carência de disponibilidade de recursos técnicos, necessita-se instalar um “pinga-pinga” para cloração da água para consumo humano utilizando-se como manancial de abastecimento uma nascente, cujas águas aparentemente límpidas, estão contaminadas. Foram efetuadas todas as medidas recomendadas para a proteção da nascente. A água é captada e por gravidade chega a um reservatório, do qual é distribuída para diversas casas. Esta captação é realizada durante um período de 2 horas, até encher um reservatório com capacidade para 7.200 litros de água.

Deseja-se instalar um “pinga-pinga”, cujo funcionamento deverá ser regulado para uma produção de água nascente de 1 litro/seg. (60 litros/min.) e durante o período de armazenamento da água. Em seguida, o “pinga-pinga” deve ser desligado.

Instruções:

-Instalar o “pinga-pinga” conforme descrito anteriormente e utilizar uma solução de hipoclorito de sódio a 10%, numa caixa de cimento amianto (Eternit ou Brasilit), com um volume de 100 litros. Adicionar 10 litros de hipoclorito de sódio a 10% ou 40 litros de água. Assim, prepara-se uma solução com 1% de cloro livre.

-Determinar a vazão do “pinga-pinga” (número de gotas a ser adicionado à nascente, durante o período que está sendo cheio o reservatório de água), para regular uma concentração aproximada de cloro livre de 0,7 mg/1 na água a ser bebida.

$$P = \frac{C \times L}{\% B \times 10}$$

onde:

P = gramas do composto de cloro a ser adicionado por minuto

C = 0,7 mg/1 de cloro livre/minuto

L = volume da água a ser desinfetada (litros/minuto)

%B = porcentagem de cloro livre disponível na caixa de Eternit ou Brasilit.

$$P = \frac{0,7 \times 60}{1 \times 10} = \frac{42}{10}$$

P = 4,2 g de cloro livre por minuto, que pode ser adotado como equivalente a 4,2 ml de cloro livre por minuto.

P = 4,2 ml /minuto

Na hipótese de não existir nenhum instrumento para aferir a vazão, controlar a vazão pelo número de gotas por minuto. Este cálculo, pode ser efetuado da seguinte maneira:

1 ml (1 mililitro) = 20 gotas

4,2 ml (4,2 mililitro) = x (?)

Assim, tem-se:

$$x = \frac{4,2 \times 20}{1} = 84 \text{ gotas / minuto}$$

6- Método prático de controle da presença de cloro na água para consumo humano (deve-se ter em mente que o cloro elimina as bactérias num teor adequado. Todavia, o seu excesso não é aconselhável, necessitando ser cuidadosamente controlado o residual pelo método caseiro).

a) Tomar um copo de água clorada numa torneira do interior da casa.

b) Controlar o cloro, adicionando:

-2 ou 3 cristais de iodeto de potássio (encontrado em qualquer farmácia);

-Em seguida, pingar 5 gotas de vinagre (de preferência branco);

-Adicionar 2 pitadas de maizena (amido) ou farinha de milho.

c) Observar se ocorre:

-Ausência de cor azul claro: indica que o cloro adicionado não foi suficiente. Deve-se aumentar o número de gotas do “pinga-pinga”, até o seu aparecimento;

-Presença de cor azul claro; indicar que a quantidade de cloro adicionada foi suficiente a água pode ser bebida;

-Aparecimento de uma cor azul intensa (tendendo ao roxo): indica excesso de cloro, necessitando diminuir o número de gotas do “pinga-pinga”, até aparecer a cor azul claro.

Cuidados a Serem Observados na Utilização de Hipoclorito

No armazenamento

- Manter o cloro (na forma de pó ou solução) nas embalagens comerciais de origem e em lugares secos, frescos, ventilados e ao abrigo da luz (na sombra).
- Armazená-lo em locais fora do alcance de crianças, animais e materiais combustíveis;
- Com a presença de umidade os compostos de cloro são altamente corrosivos.

- Por isso, evitar o seu derramamento em superfícies metálicas.
- Não manter estoques de compostos clorados por prazo superior a 30 dias.
- Não utilizar os recipientes de hipoclorito para acondicionamento de outras substâncias.



Na manipulação

Na execução do trabalho de desinfecção e cloração - em poço, reservatório ou na instalação de “pinga-pinga” em nascente, fazê-lo em ambiente arejado, tomando cuidado para proteção dos olhos, aparelho respiratório, boca e da pele.

Devido à propriedade descorante dos hipocloritos para as roupas recomenda-se que durante a sua manipulação, seja usada roupa apropriada a esta função.

Havendo derramamento de hipoclorito em pisos, efetuar imediatamente a lavagem do local com bastante água.

No caso de intoxicação por acidente

No caso de acidente que ocorra a ingestão de solução de hipoclorito, oferecer ao paciente uma solução de bicarbonato de sódio em meio copo de água com 5 a 10 gotas de LUGOL (iodo+iodeto de potássio). Provocar vômito no paciente e ministrar novamente a solução de bicarbonato. Chamar um médico.

Dosagem de cloro

A água desinfetada de poço ou reservatório possui uma elevada concentração de cloro (ao redor de 100 mg/l). Não pode ser bebida.

Quando se utiliza dosador de cloro tipo “pinga-pinga” em nascente, o tempo de aplicação do cloro depende do período de funcionamento do sistema de abastecimento de água. Na hipótese de aplicar o cloro sem o sistema estar em funcionamento, o residual de cloro na água pode elevar-se a valores que a tornam imprópria ao consumo.

Efetuar, pelo menos duas vezes ao dia, a determinação do cloro pelo método caseiro ou toda vez que o sistema for ligado ou desligado (na entrada e saída de operação do sistema de abastecimento de água).

Nos casos mais complexos, onde as sugestões contidas neste Manual Técnico não se aplicam, recomenda-se solicitar a prestação de serviços de uma entidade pública, como a CETESB.

Existem no mercado, aparelhos destinados à determinação do cloro residual. Eles são encontrados nas casas de química ou de equipamentos para tratamento de água, como, por exemplo, de piscinas.

Aconselha-se, após a execução das medidas de saneamento rural - constantes neste Manual Técnico, a realização de análise bacteriológica da água para avaliar a eficiência das ações preventivas e/ ou corretivas que foram realizadas.

CAPÍTULO 2 - DESINFECÇÃO DE ÁGUA: PROCESSO, CONTROLE E APLICAÇÃO

Considerações Gerais

A Organização Mundial de Saúde vem alertando que a propagação da cólera somente pode ser controlada por meio de ações de saneamento.

A desinfecção da água através da cloração já teve sua eficácia devidamente comprovada.

Evidentemente, a desinfecção não é um substituto para outras formas de tratamento. A desinfecção, normalmente, requer dispositivos adequados, que exigem a atenção de técnicos especializados para evitar interrupção e dosagem incorreta. Os perigos de uma desinfecção ser efetuada por pessoal não qualificado são tão grandes, que devem ser evitados por todos os modos possíveis.

Nem todos os organismos microscópicos e formas superiores de vida na água podem ser removidos apenas pela desinfecção, por exemplo, a *Entamoeba Histolytica* não é removida pela cloração comum.

Características dos Desinfetantes Utilizados no Tratamento de Água

Devem poder destruir, em tempo razoável, os organismos patogênicos que precisam ser eliminados, na quantidade e nas condições encontradas nas águas.

Não devem ser tóxicos para o homem e para os animais domésticos e nas dosagens usuais não podem dar à água cheiro e gosto que prejudique o seu consumo.

Devem ser disponíveis a custo razoável e apresentarem condições de facilidade e segurança no transporte, armazenamento, manuseio e aplicação.

A sua concentração na água tratada deve ser fácil e rapidamente determinável, de preferência automaticamente.

Devem produzir residuais persistentes na água, de maneira a constituir uma barreira sanitária contra eventual recontaminação, antes do uso. Como esta propriedade nem sempre pode ser conseguida ou garantida, a existência inicial de um residual e o desaparecimento poderá constituir uma indicação ou alarme da ocorrência de uma recontaminação.

Principais Desinfetantes Químicos

A escolha da forma de cloro a ser empregada no tratamento de água está relacionada com os propósitos de sua aplicação. Ela é influenciada pelas características e

20



limitação das substâncias em apreço, sua, sua disponibilidade, segurança, facilidade de manuseio, controle de operação, custos relativos, preferências pessoais e outros fatores semelhantes. Apesar da ampla utilização do cloro gasoso, existem determinadas situações, como a necessidade de um abastecimento de emergência no campo e outras aplicações temporárias ou intermitentes, ou ainda, instalações menores-quando o uso de outros compostos de cloro como, por exemplo, os hipocloritos, podem ser mais desejáveis.

Pode-se dizer que para a desinfecção rotineira de águas, o único produto químico eficiente como razoavelmente barato é o cloro. O ozona é eficiente mas relativamente caro e não é suficientemente persistente para indicação residual e o calor é relativamente mais caro e carente de propriedades indicadoras. Todavia, o calor é especialmente útil e pode ser utilizado em situações de emergência, onde inexistente composto de cloro.

Desinfecção mediante o Cloro

Fatores que afetam a cloração

O cloro e alguns compostos clorados têm poder desinfetantes sobre as células dos microorganismos vivos. Essas ações não foram totalmente estudadas, porém, os resultados obtidos e alguns fatores que têm influência sobre a desinfecção são conhecidos. Sabe-se que a ação do cloro depende:

- da sua concentração: quanto maior a concentração, mais efetiva sua ação;
- do tempo de contato: quanto maior o tempo de contato, mais efetiva sua ação;
- da característica física-química da água: a presença de certas impurezas consome parte do cloro adicionado, a turbidez elevada prejudica a cloração;
- da temperatura da água: o aumento da temperatura favorece a desinfecção;
- do pH: o pH além de alterar a forma de apresentação do cloro, altera as cargas elétricas dos microorganismos;
- do tipo dos microorganismos a serem destruídos: alguns microorganismos são mais resistentes à ação do cloro;
- da concentração dos microorganismos a serem destruídos: quando maior o número inicial de microorganismos, maior a dosagem de cloro a ser aplicada;
- da forma como o cloro se apresenta: o cloro é mais ativo quando está sob a forma de ácido hipocloroso não dissociado. Em seguida, em ordem decrescente de capacidade desinfetante, encontram-se o ácido hipocloroso dissociado, a dicloramina e a monoclорamina.

Em resumo, relacionamos os seguintes fatores que influenciam a desinfecção:

- concentração do desinfetante;
- período de contato;
- pH;
- tipo de residual de cloro.

Pela desinfecção podem ser eliminados os microorganismos que tenderiam a se desenvolver nas instalações, causando problemas de odor, originando o limo que se adere às estruturas e paredes dos reservatórios e das tubulações, além de se desenvolver nos filtros - prejudicando o leito filtrante.

Formas de cloro

Quando se aplica o cloro na água visando seu tratamento, ocorrem reações químicas entre o cloro e a água e entre o cloro e as impurezas presentes na água.

Algumas reações se processam rapidamente, enquanto outras se completam após algum tempo. Dos compostos formados, alguns são inertes, outros alteram certas características da água, enquanto outros permanecem quimicamente ativos e em condições de prosseguir reações capazes de exercer ação desinfetante.

O cloro ativo, capaz de exercer ação desinfetante e ação oxidante e que resta na água após um certo tempo de sua aplicação, denominamos cloro residual. Além desta designação, as seguintes denominações também serão adotadas no presente trabalho:

Cloro disponível: é a medida do poder de oxidação de um composto de cloro expresso em termos de cloro elementar;

Cloro residual livre: é o cloro residual presente na água sob a forma de ácido hipocloroso (HOCl) ou ácido hipocloroso dissociado;

Cloro residual livre disponível: é a medida do cloro residual livre em termos de cloro elementar;

Cloro residual combinado: o cloro residual presente na água, menos o cloro residual livre (apresenta-se sob a forma de composto orgânico nitrogenado).

Cloro residual combinado disponível: é a medida do cloro residual combinado em termos de cloro elementar;

Cloro residual disponível: é a medida do cloro residual total, livre e combinado, em termos de cloro elementar.

Conceitos sobre reação do cloro na água

O uso do cloro ou de seus compostos desinfetantes na água provoca as seguintes reações:

a) ácido hipocloroso (HOCl), íon hipoclorito (OCl^-) e cloro elementar (Cl_2). A distribuição destas formas depende do pH. O cloro elementar, proveniente do cloro gasoso, somente perdura um durante um momento passageiro dentro da zona de pH

normal. As espécies prevalentes de HOCl e OCl denominam-se na prática cloro livre disponível;

b) Moncloramina (NH_2Cl), dicloroamina (NHCl_2) e tricloreto de nitrogênio (NCl_3). O amoníaco ou nitrogênio, são essenciais para a produção destes compostos. De novo, a distribuição destas substâncias químicas é uma função do pH. O tricloreto de nitrogênio não se forma em quantidades significativas dentro da zona normal do pH, exceto quando se aproxima do ponto de quebra (break-point). As duas espécies prevalecentes, NH_2Cl e NHCl_2 , equivalem, na prática, ao cloro disponível combinado.

Devido ao poder desinfetante das diferentes espécies do cloro variar muito, deve-se compreender com profundidade a química da cloração. Senão, o cloro e seus compostos não serão empregados de forma inteligente e eficaz na desinfecção das águas.

Como agente oxidante forte, o cloro reage com as substâncias redutoras para consumir o cloro. Dependendo da natureza das substâncias presentes na água, o átomo de cloro, ao ganhar elétrons sofre uma troca para íon cloreto ou cloreto orgânico. As substâncias redutoras podem incluir Fe^{++} , Mn^{++} , NO_2 e H_2S inorgânicos, além da maior parte do material orgânico (vivo ou morto).

As substâncias inorgânicas geralmente reagem de forma rápida e estequiométrica. A reação do cloro com o material orgânico é geralmente lenta e seu grau de alcance depende da quantidade de cloro disponível que se encontra presente, em além da quantidade requerida. Como a matéria orgânica nos abastecimentos públicos encontra-se estritamente relacionada com a cor da água, a demanda orgânica provável de cloro pode ser calculada a partir da intensidade da cor.

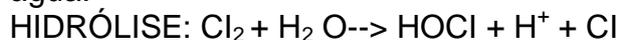
Estas reações constituem fatores que complicam o processo da cloração da água. Deve-se agregar suficiente quantidade de cloro para levar a cabo estas reações, assim como sua desinfecção.

Para assegurar isto, tomam-se como normas ou objetivos de referência, os resíduos de cloro remanescente depois de um tempo de contato específico, em vez das doses iniciais de cloro.

Na maioria dos casos é especificado um tempo de contato de cerca de 10 minutos. Devido ao fato de ser a demanda de cloro uma função tanto da matéria orgânica (viva ou morta), como de interferentes, da temperatura, da concentração e do tempo, sua determinação deve tomar em conta cada um destes fatores. O cloro que efetua realmente a desinfecção constitui uma parte da demanda.

Reações do cloro com a água (cloro residual livre disponível)

Obtêm-se as seguintes equações de equilíbrio quando se dissolve cloro elementar na água:



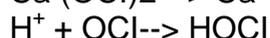
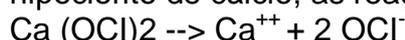
Esta reação é reversível, com o grau de dissociação dependente do pH e da temperatura.

A extensão dessa dissociação dependerá do pH da água:
com pH=5, apresenta apenas HOCl (OCl⁻ ausente)
com pH=9, apresenta cerca de 4% de HOCl e 96% de OCl⁻.

Observa-se, no quadro abaixo, uma determinada amostra de água, com valor de pH 7,5 a uma temperatura de 20°C teremos: 50% de HOCl e 50% de OCl⁻. Tanto o ácido hipocloroso como o íon hipoclorito, denominados cloro residual livre, são fundamentais para a inibição do crescimento bacteriano. Porém, o ácido hipocloroso possui uma bacteriana mais eficiente que o íon OCl⁻, pela sua permeabilidade à membrana celular. Em determinadas condições, o OCl⁻ apresenta apenas 2% da ação bactericida do HOCl.

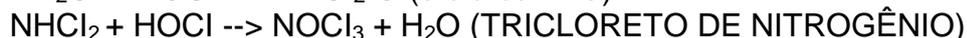
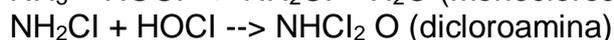
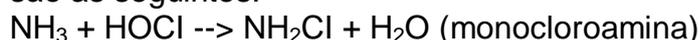
Logo, para se garantir teores adequados de HOCl, é necessário considerar-se o equilíbrio de dissociação sua relação com o pH.

As soluções de hipocloritos, como o cloreto de cal ou hipoclorito de cálcio, estabelecem o mesmo equilíbrio de ionização na água. Tomando como exemplo o hipoclorito de cálcio, as reações que conduzem ao equilíbrio são:



Reações do cloro com a amônia - (cloro residual combinado disponível, cloraminas)

A reação mais importante do cloro com os compostos de nitrogênio é a reação do ácido hipocloroso com o amoníaco que é, normalmente, a principal causa da demanda de cloro. Este é um processo químico em etapas, cujas reações sucessivas são as seguintes:



As cloraminas também têm a sua formação condicionada pelo pH. Assim:

pH acima de 8,5 formam-se uma apenas monocloramina;

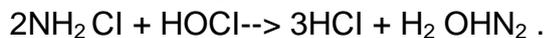
pH 8,5 e 4,4 formam-se uma mistura de monocloramina e dicloramina;

pH 7 formam-se cerca de 50% de monocloramina e 50% de dicloramina;

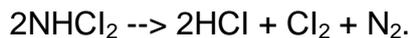
pH entre 4,4 e 5 formam-se apenas dicloramina.

Reações complementares

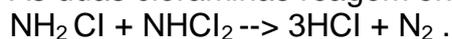
A adição de cloro de forma contínua leva à destruição da recém-formada e relativamente estável cloramina:



A instável dicloramina decompõe-se por si mesma:



As duas cloraminas reagem entre si da seguinte forma:



O modo de ação das cloraminas como desinfetantes é diferente do HOCl, seus residuais são mais estáveis, porém de ação lenta.

A dicloramina é muito mais ativa do que a monocloramina (e em certos casos, cerca de três vezes). Por outro lado, se comparado a dicloramina com o HOCl, no teste de destruição de esporos do bacilo Anthracis após um período de contato de 30 minutos, a dicloramina mostrou ter um poder desinfetante de apenas 15% do correspondente ao HOCl.

Portanto, o pH é um fator importante para a cloração das águas e que a desinfecção é mais eficiente com pH baixo.

As soluções de hipoclorito na cloração: Aplicação

Entre os compostos do cloro, os hipocloritos de sódio e de cálcio têm sido empregados com maior frequência, em pequenas instalações de tratamento de água ou em situações de emergência.

O método mais corretamente empregado é o de mistura descontínua, consistindo na obtenção de uma solução de concentração determinada e sua adição a ser tratada.

As soluções de hipoclorito são bastante corrosivas e, portanto, os alimentadores devem ser construídos com materiais especiais, tais como: cerâmica, vidro, fibra de vidro, materiais plásticos e outros.

Entre os diversos modelos de dispositivos de aplicação a escolha irá depender das condições locais de instalação desde o ponto de vista hidráulico, levando-se em conta os pontos de aplicação, até o tipo e regularidade de serviço a ser oferecido.

Em geral o equipamento consiste de:

- a) bombas de membrana acionadas por motor de percurso variável e, às vezes, com velocidade regulável, ou
- b) bombas de membrana acionadas por diafragmas hidráulicos de grande superfície, quando não há energia disponível, ou
- c) alimentadores com orifício de nível constante calibrado, ou
- d) alimentadores com orifício de carga variável.

A bomba diafragma são os alimentadores mais usados e ela apresenta as seguintes características:

- dosagem por gravidade ou em contra-pressão;
- possibilidade de regulagem precisa, constante e reprodutível;
- eliminação das causas de entupimento;
- adaptabilidade ao controle semi- automático.

A capacidade de volume dessas bombas dosadoras é limitada a 240 litros / 24 horas, correspondendo à possibilidade de clorar até 24.000.000 litros / dia com uma solução a 10% do cloro ativo.

Eventemente, não devem ser usados equipamentos acionados por motor elétrico, quando houver haver cortes de eletricidade e quando a água a ser tratada continua a fluir durante a interrupção.

Em casos de urgência ou quando o custo do equipamento comercial for proibitivo, podem ser construídos dispositivos simples com meios geralmente disponíveis no local.

Infelizmente, tais dispositivos simples não possibilitam a necessária regulagem automática quando a vazão da água for variável.

Um dispositivo de baixo custo e que permite regular bem a dosagem consiste no emprego de uma caixa de cimento amianto (Eternit ou Brasilit). Seu volume pode ser de uns 100 litros, provido de tampa adequada. Na base da caixa, faz-se um orifício através do qual introduz-se uma rolha e neste um tubo de vidro com aproximadamente 3 mm de diâmetro. O tubo de vidro é ligado por meio de um látex a um flutuador. O flutuador poderá ser um balão de vidro com lastro de pedregulho de areia, cuja boca é tampada com rolha de borracha. Esta rolha também tem que possuir um orifício onde se insere um tubo de vidro (± 3 mm de diâmetro). Uma das extremidades do tubo de vidro do flutuador é ligado por meio de látex ao outro tubo de vidro, localizado na base da caixa de cimento amianto.

Evidentemente, a outra extremidade do tubo de vidro do flutuador, serve de entrada para a solução de hipoclorito.

Na saída do tubo de vidro da base da caixa, coloca-se uma mangueira de látex, até o local onde será efetuada a cloração, provido de uma pinga de Hoffman. Por ai é controlada a vazão a nível constante e então por gravidade fazemos a cloração.

Break Point - ponto de inflexão



A inflexão do íon amônio para nitrogênio (queima-úmida) demanda um excesso de cloro de 8-10 vezes por parte do amônio.

O ponto de inflexão é alcançado quando houver equilíbrio da relação cloro/matéria oxidável. A partir deste ponto, poderá existir um residual de cloro. A permanência deste residual indica que as reações químicas e/ ou biológicas foram completadas.

Monitoramento da cloração

Como já abordamos, o cloro reage com a matéria orgânica, com compostos redutores e com amônia originando cloraminas.

Observa-se que, quando da formação das cloraminas, ocorre inicialmente uma elevação dos teores de cloro combinado que tende à diminuição destas e dos compostos clorados.

O processo de elevação dos teores de cloro residual só tem início a partir do break point.

Metodologias Analíticas na Determinação de Cloro

A metodologia colorimétrica visual é normalmente aplicada no monitoramento de teores de cloro na água. Para tanto, são utilizados comparadores colorimétricos, de preferência com prisma de junção de imagem, com discos colorimétricos de padrões de referência constituídos por polímeros ajustados à iluminação padrão de 5.000 a 5.500K.

Método OTA (Orto Tolidina/ Arsenito de Sódio)

Várias versões do método da orto-tolidina são conhecidas. A primeira versão foi apresentada em 1913 e, com o passar dos anos, foram introduzidas várias modificações, sendo este um método amplamente utilizado.

As modificações introduzidas procuravam dar condições ao método de determinar as parcelas de cloro livre e combinado com segurança e sensibilidade.

A melhor variação do método OT é a combinação com arsenito de sódio, dando origem ao método OTA.

O arsenito de sódio (agente redutor) bloqueia a reação depois que o cloro livre disponível tenha reagido com a orto-tolidina (aproximadamente) e antes da reação com cloro combinado.

Princípio



A ortotolidina reage com cloro existente na amostra, por oxidação, formando um complexo colorido que vai desde amarelo-claro até vermelho-laranja, dependendo do pH e da concentração de cloro residual.

Interferentes

O pH mais alto permitido para a reação é de 1,8. Se o pH for maior que 1,8 aumenta a interferência de manganês, nitrito e ferro devido à mudança que sofrem seus potenciais de oxi-redução em função da concentração de H⁺ do meio.

Exemplo de uma leitura residual

Suponhamos que em um reservatório domiciliar de água ao aplicar o método OTA, encontrou-se os seguintes resultados:

Cloro total = 2,0mg/1

Cloro residual livre + interferentes = 0,6mg/1

Interferentes aos 5 minutos = 0,1mg/1,

e que desejamos saber os valores do:

Cloro residual livre (CRL) Cloro residual combinado (CRC),

ora, sabemos que a soma do cloro residual livre mais interferentes é dado por leitura direta do aparelho.

Assim:

$CRL + I = 0,6$

$I = 0,1$

Então:

$CRL = 0,6 - 0,1 = 0,5\text{mg/1}$

Com relação à determinação do cloro residual combinado, sabemos:

$CRT = CRC + CRL + I$

$CRC = CRT - (CRL + I)$

$CRC = 2,0 - 0,6$

$CRC = 1,4\text{MG/1}$.



Procedimento de Análise

	Material Utilizado	Reagentes	Procedimento
Cloro Residual Total	comparador colorimétrico e dois tubos de ensaio	orto-tolidina- usar 0,25 ml (gotas) para cada 5 ml da amostra	a) Tomar as duas cubas do comparador. Colocar na primeira cuba 5 ml da amostra de água e na segunda cuba 0,25 ml de orto-tolidina; b) Verter o conteúdo da primeira cuba para a segunda cuba (sobre a orto-tolidina); c) Decorridos cinco minutos, fazer a leitura.
Cloro residual livre mais interferente	comparador colorimétrico e três tubos de ensaio ou cuba.	solução de orto-tolidina- usa 0,25 ml (5gotas cada 10 ml da amostra e solução de meta-arsenito de sódio, 0,25 ml (5 gotas para 10 ml de amostra.	a) Pegar três cubas de 13 mm, limpas lavadas com água destilada. Na primeira cuba colocar 10 ml da amostra de água, na segunda cuba 0,25 ml de orto-tolidina e na terceira 0,25 ml de arsenito; b) Verter a amostra de água da primeira cuba (com água) sobre a segunda (com orto-tolidina) e após cinco segundos, a segunda cuba (agora com água + orto-tolidina) sobre a terceira (que contém arsenito); c) Os cinco segundo de contato da amostra de água com a orto-tolidina,são importantes e devem ser rigorosamente observados. Colocar esta cuba do lado esquerdo, no aparelho; d) Lavar a outra cuba e encher com água da amostra colocando, em seguida, do lado direito do aparelho; e) Direcione o comparador para o ponto de maior intensidade luminosa, gire o disco, faça a comparação de cores e leia o resultado no visor da escala.
Interferentes	o mesmo do anterior.	os mesmos do anterior. A diferença desta fase, em relação à determinação de cloro residual livre mais interferentes, está na posição das cubas com arsenito e orto-tolidina.	a) Tomar três cubas ou tubos de ensaio de 13 mm limpos e lavados com água destilada. Colocar na primeira cuba 5 ml da amostra de água, na segunda 0,25 ml de arsenito de sódio e na terceira cuba 0,25 ml do reagente orto-tolidina; b) Verter a amostra de água da primeira cuba (com água) sobre a segunda (com arsenito) e esta (ou seja,a cuba agora com água + arsenito) sobre a terceira cuba (que contém orto-tolidina), colocando-a do 1ª do direito ao aparelho; c) Lavar e encher uma cuba com água da amostra, colocando-a do lado esquerdo do aparelho. Fazer as duas leituras; d) Aos cinco segundos, primeira leitura: interferentes B1; aos cinco minutos,interferentes B2. Quando B1 e B2 são nulos, não há interferentes.

Método DPD (NN dietil p. fenilendiamina)

Na década de 40, surgiu a necessidade da quantificação do cloro, nas formas livre e combinada, devidos aos diferentes poderes bactericidas das duas formas.

O desenvolvimento do método DPD teve impulso a partir do desenvolvimento das técnicas denominadas “break-point” de cloração (vide item 4.5), um processo já em prática, mas com seus mecanismos químicos desconhecidos.

Princípio

Em meio aquoso, os oxidantes são cloro, ozônio, ferro III e manganês IV. Os dois últimos são marcadores com EDTA e na ausência de ozônio, esta reação se torna específica para o cloro. O DPD encontra-se dissolvido em solução ácida e é adicionado à amostra, previamente alcalinizada com um tampão de fosfato formando um tampão de pH 6,4.

Desta maneira, a p. diamina aromática DPD de rápida reação com cloro forma uma holoquinona incolor e semi-quinona violeta-avermelhada. Observa-se aqui que o DPD também reage com as cloraminas só que de maneira mais lenta, permitindo, então uma diferenciação efetiva do cloro livre e combinado.

Com a adição de Iodeto de Potássio que atua como catalisador, acelerando a reação entre DPD e as cloraminas determina-se o cloro total.

Interferentes

A maioria das substâncias oxidantes reage com o DPD, mas estas, em geral, são mascaradas pela adição do EDTA. Altas concentrações de cloro combinado produzem uma leve resposta ao cloro livre, podendo estas ser inibidas pela adição da Tiocetamida.

O controle de pH é fundamental para o bom andamento da reação.



Procedimento de Análises

	Material Utilizado	Reagentes	Procedimento
Cloro livre	comparador colorimétrico com duas cubetas e discos colorimétricos DPD.	Reagentes: Solução tampão, Solução indicadora DPD, Solução Tiocetamida e Solução Iodeto de Potássio.	<p>a) Adicionar em uma cubeta, limpa e vazia, cinco gotas da solução tampão.</p> <p>b) Acrescentar cinco gotas da solução de DPD.</p> <p>c) Adicionar nessa cuba até a marca (5ml) da amostra.</p> <p>d) Agitar para homogeneização.</p> <p>e) A adição de 1 gota da solução de Tiocetamida só deve ser utilizada se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • somente for determinar-se cloro livre, • e/ou a amostra conter mais que 0,5mg/1 de cloro combinado, • caso este reagente seja utilizado para determinação de cloro livre não se pode determinar diretamente a concentração de cloro total. <p>f) Colocar a cubeta no orifício da esquerda.</p> <p>g) Colocar uma cuba com a amostra (não reagida) no orifício da direita.</p> <p>h) Colocar o disco no comparador de maneira que a escala impressa no disco fique voltada para você.</p> <p>i) Direcione o comparador para o ponto de maior intensidade luminosa no local de análise.</p> <p>j) Gire o disco de modo que os dois campos do prisma fiquem o mais parecido possível.</p> <p>l) Leia no visor da escala o resultado da análise.</p>
Cloro Total	Idem ao anterior	Idem ao anterior	<p>a) Adicione cinco gotas da solução de Iodeto de Potássio na cubeta da reação para a análise de cloro livre (procedimento até item d).</p> <p>b) Agitar.</p> <p>c) Aguardar um minuto.</p> <p>d) Proceder como os itens f, g, h, i, j e l, anteriormente descritos.</p>
Cloro combinado			Cloro combinado = cloro total - cloro livre.



Comparação entre os Métodos OTA/DPD

O estudo descrito no Standard Methods for Examination of Water and Waste Waters - 14ª edição, compara vários métodos analíticos para a determinação de cloro residual.

Abaixo, transcrevemos os dados referentes aos métodos OTA e DPD:

Quadro IV

Método	Concentração Cloro Residual		Número de Laboratórios	Desvio Padrão Relativo %	Erro Relativo %
	Livre mg/L	Total mg/L			
Orto-Tolidina	800	-	15	64,6	42,5
	-	640	17	37,3	20,2
	-	1830	18	31,9	41,4
Orto-Tolidina Arenito	800	-	20	52,4	42,3
	-	640	21	28,0	14,2
	-	1830	21	35,0	49,0
DPD Colorimétrico	980	-	26	20,7	15,6
	-	860	26	27,6	15,6

Logo, estão confirmadas as investigações de K.J.Guter, W.J. Cooper e C.A. Sorbes que também demonstraram que o mais preciso e adequado método para cloro é o método DPD.

Reagentes

Solução de Ortodolidina

Dissolver 1,35g de cloridrato de ortotolidina ($Cl_4 H_8 Cl_2 N_2$) em 500 ml de água destilada. Adicionar à solução, com agitação constante, uma mistura de 350 ml de água destilada e 150 ml de ácido clorídrico concentrado. Para este reagente não deve ser usada a ortotolidina básica.

Guardar em frasco âmbar ao abrigo do sol. Evitar contato com borracha.

Evitar ingestão, inalação ou contato com a pele.

Solução de Arsenito de Sódio

Dissolver 5,0g de Na_2AsO_2 p.a em um litro de água destilada.

Substância tóxica: evitar ingestão.

Solução Tampão de Fosfato

Dissolver 24g de disódio hidrogênio fosfato anidro ($KH_2 PO_4$) em água destilada.

Acrescentar 100 ml de água destilada contendo 800 mg de EDTA sal sódio e diluir em um litro de água destilada.



Adicionar 20 mg de Hg Cl₂ para evitar o crescimento de bolores e, também, para inibir interferências provocadas por traços de iodo nos reagentes.

Solução de Iodeto de Potássio

Dissolver 500 mg de iodeto de potássio e diluir a 100 ml de água destilada recentemente fervida e resfriada. Conservar em vidro âmbar, se possível, em refrigerador.

Solução Indicadora DPD

Dissolver 1,5 de NN-dietil-p-fenilendiamina sulfato em água destilada isenta de cloro, contendo 8 ml de ácido sulfúrico (1:3) e 200 mg de EDTA sal sódio.

Diluir a um litro.

Conservar esta solução em frasco âmbar e protegê-la da ação da luz e mudanças de temperatura.

Solução de Tioacetamida

Dissolver 125 mg de tioacetamida (CH₃ CSNH₃) em 100 ml de água destilada.

Método FE (Diluição da amostra, para leitura do cloro residual)

Freqüentemente, quando desinfetamos um reservatório domiciliar ou uma canalização de água, as concentrações necessárias de cloro são da ordem de 50 mg/l a 300 mg/l (dependendo do tempo de contato). Neste caso, temos que diluir a amostra se quisermos saber se o cloro está na concentração desejada. Isto, devido ao fato da leitura do residual de cloro acima de 10 mg/l ser extremamente difícil e os discos comparadores não ultrapassarem esta faixa.

a) Aparelhagem necessária:

- um cilindro graduado de 100 ml;
- uma pipeta;
- um conta-gotas para medir a amostra de água. Selecionar um que lidere 1,0 ml de amostra em 20 gotas e usá-lo exclusivamente para estas medidas;
- um aparelho comparador de cloro comercial que contenha uma variação adequada dos padrões.

b) Reagente:

- orto-tolidina.

c) Método para determinação do cloro residual total:

- com uma pipeta, transferir 5 ml da solução da amostra de água, cuja concentração desejamos conhecer, para uma proveta de 100ml;
- adicionar 95 ml de água destilada ao tubo. Agitar bem os conteúdos;
- com um conta-gotas, adicionar uma gota de cada vez da amostra de água, agitando bem o tubo de ensaio após cada adição, para misturar os conteúdos.



Durante a agitação, fechar o tubo com rolha de borracha limpa ou colocá-lo contra um fundo limpo. Não usar os dedos para tampar a boca do tubo;
Continuar a acrescentar uma gota da amostra de água de cada vez, até que a cor amarela aparecer;
Comparar imediatamente a cor com os padrões permanentes de cor. Se o cloro equivalente estiver abaixo de 0,1 mg/L continuar acrescentando as gotas de amostra de água, mexendo sempre, até que a cor amarela estabelecida corresponda a, pelo menos, 0,1 mg/L de cloro no comparador;
Registrar o número total de gotas usadas e também o valor final do cloro obtido;
Calcular o cloro residual total em mg/L, multiplicando, “primeiramente, o valor final do cloro por 1900 e, em seguida, dividindo o resultado pelo número total de gotas usada, ou seja:

$$C = \frac{\text{valor do cloro} \times 1900}{n^{\circ} \text{ de gotas}}$$

Métodos Práticos de Desinfecção

Reservatórios domiciliares de água

A limpeza e desinfecção dos reservatórios de água domiciliares é um dos componentes do sistema de abastecimento de água, que merece maior proteção com vistas à proteção da saúde pública. Na verdade, a existência do reservatório domiciliar é uma imposição devido à irregularidade do sistema de distribuição de água e variação das vazões. Se a necessidade gerou o hábito, criou também um local potencialmente propício à concentração.

Há uma enorme e benéfica preocupação de tratar a água e distribuí-la dentro dos mais rigorosos padrões de potabilidade. Estudos são feitos para melhorar os processos de tratamento de água e das condições de distribuição. Tudo isto, para manter uma água em condições de potabilidade até a entrada do reservatório domiciliar.

Contudo, existe uma preocupação sofrível pela qualidade da água distribuída dentro de um edifício. Em termos de qualidade, o abastecimento interno de um prédio ainda constitui no filho esquecido da Engenharia Sanitária.

A experiência do controle de qualidade da água para consumo humano tem mostrado que grande parte das reclamações, que são debitadas ao sistema de distribuição, pertence ao reservatório domiciliar.

É fundamental levar ao conhecimento da população da necessidade do hábito sistemático de limpar e desinfetar um reservatório domiciliar, no mínimo duas vezes ao ano. Ou ainda, nos seguintes casos:



- após o término da construção, para ser utilizado (os reservatórios terminados estão sempre poluídos, pelos operários e materiais empregados);
- depois de qualquer reparo interno;
- sempre que houver qualquer eventual poluição.

Os reservatórios devem ser inspecionados periodicamente e reparados quando houver necessidade.

Alertamos que a desinfecção de um reservatório - como se pode concluir da teoria já exposta, deve ser efetuada por técnicos especializados.

Os técnicos utilizados neste trabalho - além do conhecimento sobre o assunto, devem ter equipamentos adequados e possuir ficha médica. Pode ser facilmente imaginado o risco à saúde pública se estes técnicos forem portadores de moléstias transmissíveis.

Bibliografia

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION -Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - Washington, APHA, AWWA & WPCF, 1985, 16ª Edição.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - Disinfecting Water Mains - ANSI/AWWA c: 651 - 86.
- CRISTIAN, E.D.; BARADA,M.F.& RENN,C.E. - Rapid disinfection of water with high concentration of hypochlorite - Journal of the American Water Works Association, 53, (3): 307-311, 1961.
- JOINT COMMITTEE REPORT - Potable - Water Storage Reservoirs - Journal of the American Water Works Association, 45, (10): 1079-1089,1953.
- RANEY,J.C.& ANGVIK,N.R.- Cross-Connection Control Program - Journal of the American Water Works Association, 60, (2): 213-220,1968.
- SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS - Desinfecção de Águas - São Paulo, Convênio BNH/ABES/CETESB, 1974.
- TELLER, J. P. - Disinfection of a Distribution System After Disaster - Journal of the American Water Works Association, 53, (11): 1403-1405,1961.

