

MANUAL DE CLORAÇÃO DE ÁGUA EM PEQUENAS COMUNIDADES

UTILIZANDO O CLORADOR SIMPLIFICADO
DESENVOLVIDO PELA FUNASA

Fundação Nacional de Saúde

**Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades
Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa**

Brasília, 2014



Esta obra é disponibilizada nos termos da Licença Creative Commons – Atribuição – Não Comercial – Compartilhamento pela mesma licença 4.0 Internacional. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte.

A coleção institucional do Ministério da Saúde pode ser acessada, na íntegra, na Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde: <www.saude.gov.br/bvs>.

Tiragem: 1ª edição – 2014 – 5.000 exemplares

Elaboração, distribuição e informações:

MINISTÉRIO DA SAÚDE

Fundação Nacional de Saúde

Departamento de Saúde Ambiental (Desam)

Coordenação de Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano (Cocag)

Setor de Autarquias Sul, Quadra 4, Bloco N, 9º andar, Ala Sul

CEP: 70.070-040, Brasília/DF

Tel.: (61) 3314-6670

Homepage: <http://www.funasa.gov.br>

Editor:

Coordenação de Comunicação Social – Coesc/gab/Presi/Funasa/MS

Divisão de Editoração e Mídias de Rede

Setor de Autarquias Sul, Quadra 4, Bl. N, 2º andar, Ala Norte

CEP: 70.070-040 – Brasília/DF

Impresso no Brasil / **Printed in Brazil**

Ficha Catalográfica

Brasil. Fundação Nacional de Saúde.

Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa / Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014.

36 p.

1. Controle da qualidade da água. 2. Cloração de água em pequenas comunidades. 3. Clorador simplificado. 4. Água. I. Título.

CDU 628.1

Sumário

Apresentação	5
1 Introdução	7
2 Importância da desinfecção da água para consumo humano	9
3 Tipos de desinfetantes	11
4 O processo básico da cloração	13
5 Tipos de cloradores	15
6 O clorador simplificado desenvolvido pela Funasa	17
6.1 Aplicação	17
6.2 Esquema de montagem	17
6.2.1 Clorador simplificado – modelo “A”	17
6.2.2 Clorador simplificado – modelo “B”	18
6.3 Instalação	19
6.4 Funcionamento	20
6.5 Limpeza	21
6.6 Dosagem de cloro	21
6.7 Procedimento para desinfecção da água de consumo humano	21
6.8 Reabastecimento do clorador	23
6.9 <i>Kit</i> de cloração	23
7 Medida do cloro residual livre – CRL	25
7.1 Método do DPD (n-dietil-para-fenilendiamina)	25
7.2 Método da ortotolidina	25
7.3 Procedimentos de determinação	25
8 Controle da cloração	27
9 Características do hipoclorito de cálcio	29
10 Demanda de cloro	31
Referências bibliográficas	33
Anexo – Modelo de ficha de controle da cloração	35



Apresentação

A Fundação Nacional de Saúde – **Funasa**, ao longo de sua história tem se caracterizado pelo apoio e trabalho em parceria com estados, municípios e outras instituições ligadas ao saneamento ambiental.

Neste sentido, procura sempre o desenvolvimento e divulgação de soluções inovadoras, além da elaboração de manuais técnicos de interesse do saneamento ambiental, visando orientar seus parceiros no desenvolvimento das atividades.

Dentre o conjunto de manuais desenvolvidos pela área técnica da **Funasa**, este proposto Manual de cloração de água utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela **Funasa**, vem preencher e completar um trabalho que já se encontra em andamento na instituição.

Este manual tem como objetivo principal auxiliar técnicos que operam sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água em situações especiais e excepcionais, em localidades de difícil acesso, localidades rurais, ribeirinhas, indígenas, onde não existe qualquer tipo de tratamento da água.



1 Introdução

Muitas pequenas comunidades do país, que possuem algum tipo de abastecimento coletivo de água para consumo humano não fazem qualquer tratamento, embora a Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, estabeleça a obrigatoriedade de que toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deva passar por processo de desinfecção ou cloração.

É evidente que muitos fatores influenciam na carência de tratamento da água dessas comunidades, tais como: ausência do poder público, desconhecimento da legislação, precariedade do sistema de água, falta de conhecimento das tecnologias existentes, deficiência ou falta de pessoal qualificado, custo dos materiais e dos produtos de desinfecção, entre outros aspectos.

Nesse contexto, este manual visa orientar os gestores locais na sua tomada de decisão e auxiliar o operador do serviço de abastecimento de água no desenvolvimento de suas atividades e compreensão da importância da desinfecção da água e os benefícios que ela proporciona às populações.



2 Importância da desinfecção da água para consumo humano

A desinfecção constitui-se na etapa do tratamento da água, cuja função básica consiste na inativação dos micro-organismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e ou químicos. Ainda que nas demais etapas do tratamento haja redução do número de micro-organismos presentes na água, a desinfecção é operação unitária obrigatória, pois somente ela inativa qualquer tipo existente e previne o crescimento microbiológico nas redes de distribuição.

O tratamento da água para consumo humano, dependendo do tipo de água captada, requer conhecimento técnico e pessoal qualificado. Em relação às águas superficiais, por exemplo, o tratamento mínimo requerido envolve a filtração e a desinfecção.

Micro-organismos Patogênicos

Micro-organismos são organismos (bactérias, vírus, fungos e protozoários) que, pelo seu tamanho, somente podem ser vistos ao microscópio. Parte deles são benéficos, ou seja, não fazem mal à saúde, mas outra parte pode provocar doenças aos seres humanos e animais, são conhecidos como patogênicos. Muitos desses micro-organismos são transportados pela água, por essa razão é que a água para consumo humano deve receber tratamento adequado, dentre os quais se destaca a desinfecção.

No Quadro 1 estão relacionadas algumas doenças veiculadas pela água e seus agentes. De todas elas, as diarreias são as mais comuns. De acordo com a Organização Mundial de Saúde – OMS, ela é a sétima causa de mortes no mundo e também a principal causa de morbidade em seres humanos, com quatro bilhões de casos por ano.

Quadro 1. Doenças veiculadas pela água e seus agentes.

DOENÇAS CAUSADAS POR BACTÉRIAS	AGENTES PATOGÊNICOS
Febre tifoide e paratifoide	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi A e B</i>
Disenteria bacilar	<i>Shigella sp</i>
Cólera	<i>Vibrio Cholerae</i>
Gastroenterites agudas e diarreias	<i>Escherichia coli enterotóxica</i> <i>Campilobacter</i> <i>Yersinia enterocolítica</i> <i>Salmonella sp</i> <i>Shigella sp</i>

Continua

DOENÇAS CAUSADAS POR VÍRUS	AGENTES PATOGÊNICOS
Hepatite A e E	Vírus da hepatite A e E
Poliomielite	Vírus da poliomielite
Gastroenterites agudas e crônicas	Rotavirus Enterovirus Adenovirus
DOENÇAS CAUSADAS POR PARASITAS	AGENTES PATOGÊNICOS
Disenteria amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i>
Gastroenterites	<i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidium</i>

Fonte: OPAS, 1999.

Estima-se que, em qualquer momento, quase metade da população que vive nos países em desenvolvimento enfrentará um episódio de diarreia. São por esses números que o tratamento completo da água para consumo humano, ou pelo menos o tratamento mais simples, que é a desinfecção, merecem ser priorizados pelas autoridades que lidam com a saúde pública.

3 Tipos de desinfetantes

- Cloro;
- Ozônio;
- Dióxido de cloro;
- Radiação ultravioleta;
- Iodo;
- Sais de prata;
- Outros.

De todos os produtos relacionados, o cloro é o mais indicado para o processo de desinfecção da água, principalmente em pequenos serviços de abastecimento, por isso neste manual será dado enfoque somente aos produtos à base de cloro.

Importância do cloro

O processo de desinfecção mais aplicado nos sistemas de abastecimento de água, em todo o mundo, é o que emprega o cloro ou produtos à base de cloro como agentes desinfetantes. Foi introduzido massivamente no último século, no tratamento da água como complemento do processo de filtração que já era conhecido e utilizado, constituindo, assim, uma revolução tecnológica no tratamento da água.

A garantia de seu êxito é a sua fácil acessibilidade em quase todos os países do mundo, seu custo razoável, sua alta capacidade oxidante da matéria orgânica e inorgânica, seu efeito residual, sua ação germicida de amplo espectro e boa persistência nos sistemas de distribuição, pois apresenta propriedade residual e pode ser medido facilmente e monitorado nas redes de distribuição depois que a água foi tratada e distribuída aos consumidores. Esse último requisito atende à Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que estabelece em seu Art. 34: “É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede)”.

Conforme Libânio (2010), o objetivo primordial do uso do cloro em sistemas de abastecimento de água é a desinfecção. Contudo, devido ao seu alto poder oxidante, sua aplicação nos processos de tratamento tem servido a propósitos diversos como controle do sabor e odor, prevenção de crescimento de algas, remoção de ferro e manganês, remoção de cor e controle do desenvolvimento de biofilmes em tubulações.

Tudo isso permite, de forma bastante simples, assegurar a inocuidade da água, desde a produção até o momento do uso, o que resulta em grande benefício, tanto em pequenos sistemas de comunidades rurais, ribeirinhas, indígenas, como em grandes cidades.

Existe uma grande quantidade de equipamentos para dosagem do cloro, desde os mais simples até os mais sofisticados, sendo todos confiáveis. Além do que, para as pequenas comunidades, há dosadores que são fáceis de usar pelos operadores locais, como é o caso do clorador simplificado desenvolvido pela **Funasa**, que é demonstrado neste manual, e que não necessita de mão de obra especializada.

Embora o cloro e seus compostos não sejam os desinfetantes perfeitos, são os mais utilizados por apresentarem melhores resultados nos processos de desinfecção, principalmente pelo seu baixo custo e acessibilidade.

Os principais produtos da família do cloro disponíveis no mercado para realizar a desinfecção da água são:

- Cloro gasoso;
- Cal clorada;
- Hipoclorito de sódio;
- Hipoclorito de cálcio.

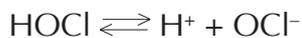
A escolha do processo de desinfecção é responsabilidade do gestor do abastecimento, que deverá escolher de tal modo que o processo seja econômico, eficaz, confiável e permanente.

4 O processo básico da cloração

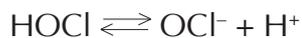
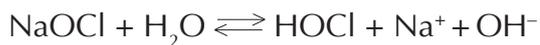
O processo básico da cloração consiste em utilizar produtos químicos à base de cloro, com o objetivo de inativar os micro-organismos patogênicos existentes na água. Além da função básica, o cloro é um poderoso oxidante e assim reage com grande número de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água, como por exemplo, na remoção de gás sulfídrico, ferro e manganês.

Reação dos principais produtos à base de cloro com a água

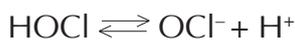
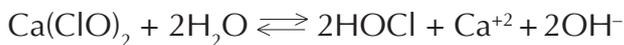
Cloro gasoso



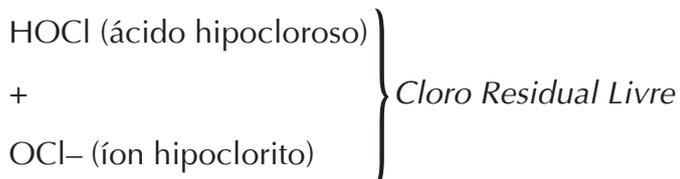
Hipoclorito de sódio



Hipoclorito de cálcio



Conforme se observa, nos três exemplos dados, na reação do produto que contém cloro com a água, há formação do ácido hipocloroso (HOCl) que é o agente desinfetante. Esse ácido hipocloroso formado, dependendo do pH da água, se dissocia formando íon hipoclorito (OCl⁻). A extensão dessa dissociação está ligada ao valor do pH. Em pH ácido há maior formação de ácido hipocloroso e em pH alcalino acima de 7,5 há maior formação de íon hipoclorito. O cloro presente na água na forma de ácido hipocloroso e de íon hipoclorito é denominado de cloro residual livre.



A clássica Figura 1, presente em várias publicações técnicas, mostra as percentagens de dissociação do ácido hipocloroso e íon hipoclorito formados em função do pH, em temperatura de 20 °C.

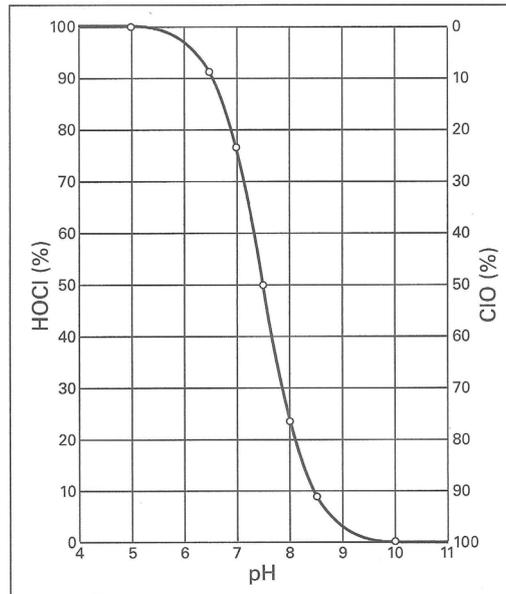
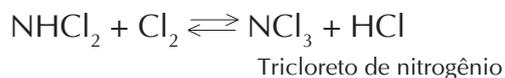
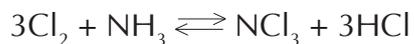
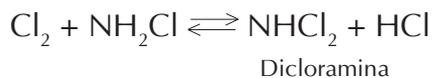
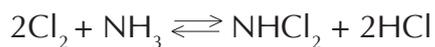


Figura 1 – Dissociação do ácido hipocloroso em função do pH.

O ácido hipocloroso (HOCl), formado na reação do cloro com a água, é um desinfetante mais potente do que o íon hipoclorito (OCl^-), sob mesmas condições de tempo de contato e dosagem. Dessa forma, é recomendado que a desinfecção com cloro livre seja realizada em valores de pH mais baixos, preferencialmente menores que 7.

Algumas águas possuem compostos amoniacais. Esses compostos reagem com o cloro formando as cloraminas (monocloraminas, dicloraminas e tricloreto de nitrogênio) segundo as seguintes reações:



O teor de cloro na forma de cloraminas é denominado de cloro residual combinado. O poder desinfetante desses produtos é menor do que o do ácido hipocloroso.

5 Tipos de cloradores

Existe um grande número de equipamentos utilizados no processo de cloração da água, dentre eles, destacam-se as bombas dosadoras elétricas de diafragmas e de pistão, hidrojatores a vácuo, dosadores de nível constante, clorador de pastilha, geradores de hipoclorito, sistemas automatizados etc. Todos eles funcionam satisfatoriamente dependendo da complexidade ou simplicidade de cada sistema.



6 O clorador simplificado desenvolvido pela Funasa

O clorador simplificado desenvolvido pela **Funasa** foi uma adaptação do clorador de pastilha, para utilizar solução de hipoclorito de cálcio $[Ca(OH)_2]$ ou hipoclorito de sódio (NaOCl) como desinfetante. É mais um instrumento que serve para adicionar o cloro na água de modo seguro, sem que haja necessidade de instalação elétrica, preocupação constante com o controle da dosagem, nem operação complexa. É construído de material hidráulico (tubos e conexões), disponíveis no mercado.

6.1 Aplicação

O clorador foi desenvolvido para ser utilizado em tratamento de volumes fixos de água proveniente de manancial subterrâneo, captada por meio de poços tubulares profundos, rasos ou escavados.

Foram desenvolvidos dois modelos (A e B) utilizados em situações diferentes de operação.

O modelo “A” é recomendado para sistemas onde a operação é manual¹ e o reservatório enche rapidamente.

O modelo “B” é recomendado para sistemas automatizados², inclusive aqueles que funcionam com energia solar; possuem pouca vazão e o reservatório demora um pouco mais para encher, mas ambos funcionam satisfatoriamente.

6.2 Esquema de montagem

6.2.1 Clorador simplificado – modelo “A”

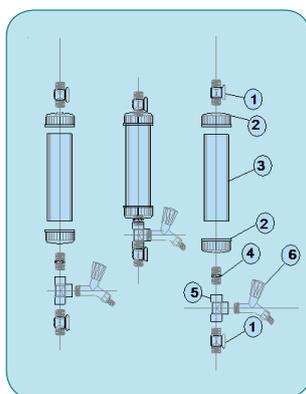


Figura 2. Esquema de montagem do clorador modelo “A”.

¹ Entende-se por operação manual, quando a energia elétrica utilizada para acionar a bomba d’água provém de grupo gerador a diesel ou rede elétrica.

² São aqueles que funcionam sem a intervenção constante do operador do sistema. Exemplo: sistemas que funcionam com energia solar ou elétrica.

Quadro 2 – Materiais para montagem do clorador – modelo “A”.

Item	Discriminação	Quantidade
01	Registro SV roscável de 3/4”	2
02	Cap de PVC rígido soldável de 3”	2
03	Tubo de PVC rígido soldável de 3”	30 cm
04	Nipel duplo roscável de 3/4”	1
05	Tê de PVC roscável de 3/4”	1
06	Torneira de PVC de 3/4”	2

6.2.2 Clorador simplificado – modelo “B”

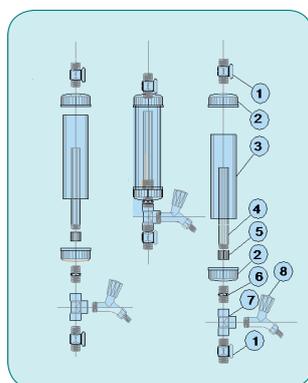


Figura 3 – Esquema de montagem do clorador modelo “B”.

Quadro 3 – Materiais para montagem do clorador – modelo “B”.

Item	Discriminação	Quantidade
01	Registro SV roscável de 3/4”	2
02	Cap de PVC rígido soldável de 3”	2
03	Tubo de PVC rígido soldável de 3”	30 cm
04	Tubo de PVC roscável de 3/4”	25 cm
05	Luva de PVC roscável de 3/4”	1
06	Nipel duplo roscável de 3/4”	1
07	Tê de PVC roscável de 3/4”	1
08	Torneira de PVC de 3/4”	2

6.3 Instalação

A instalação do clorador simplificado pode ser feita na saída do poço ou na subida do reservatório. Na Figura 4 são mostradas as opções de instalação, e nas Figuras 5 e 6 as condições ideais para a utilização e instalação do clorador.



Figura 4 – Instalação do clorador simplificado.

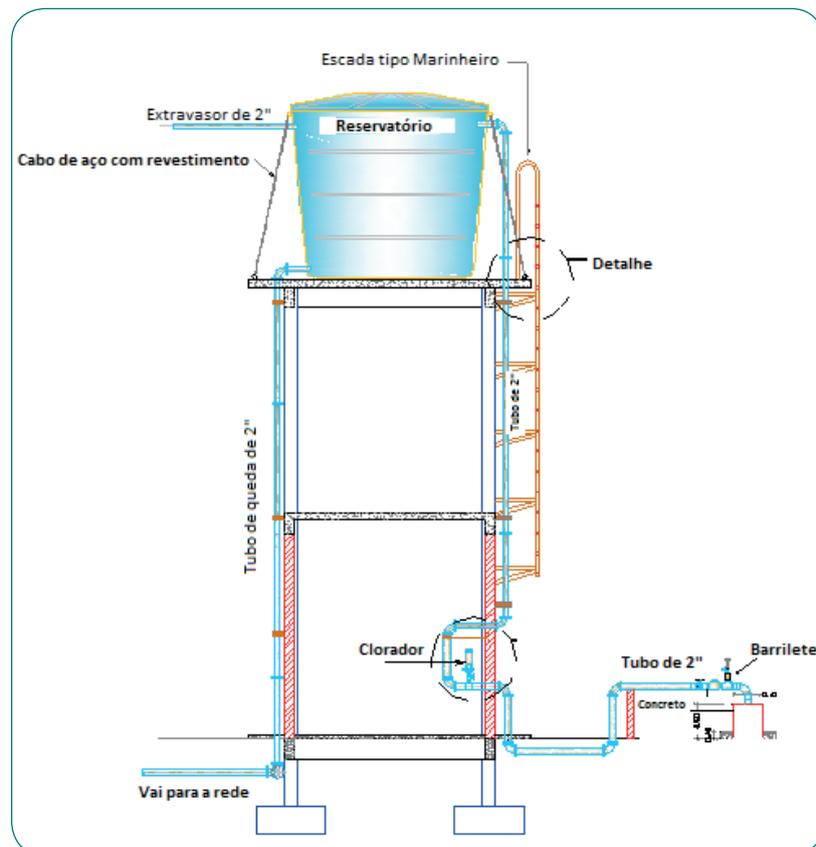


Figura 5 – Sistema ideal para instalação do clorador simplificado.

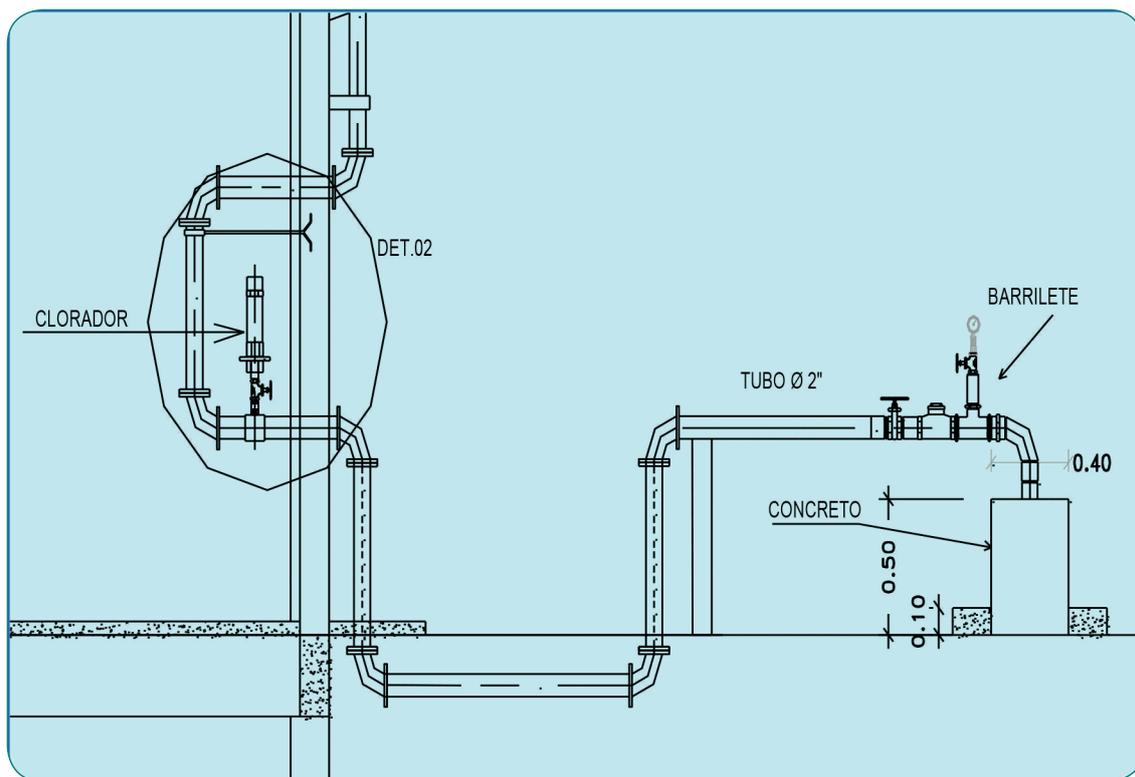


Figura 6 – Detalhe da instalação do clorador simplificado.

6.4 Funcionamento

O funcionamento do clorador simplificado é semelhante ao de um clorador de pastilha. Porém, ao invés de usar pastilhas de cloro, utiliza-se uma solução de hipoclorito de cálcio na concentração desejada, de tal modo que a dosagem aplicada fique em torno de 1,0 mg/L, a qual, após o tempo de contato recomendado na legislação resulte num teor de, no mínimo, 0,2 mg/L em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Como o tratamento é feito por batelada, haverá suficiente tempo de contato entre o cloro e a água durante o enchimento do reservatório e não há risco de superdosagem. Após o enchimento do reservatório, a água está pronta para a distribuição.

Para abastecer o clorador, prepara-se a solução de hipoclorito de cálcio em um recipiente (vide figura 7) e coloca-se no clorador pelo registro superior. Quando a bomba d'água for ligada, abre-se totalmente o registro inferior e, por arraste, a solução de cloro é conduzida para o reservatório elevado durante o seu enchimento. **Enquanto enche o reservatório, a distribuição deverá ser interrompida.**

Quando se utilizar o modelo "B", a distribuição não precisa ser interrompida. Nesse caso, para obter o teor de cloro desejado, controla-se a dosagem pelo registro inferior.



Figura 7. Recipiente de preparo de solução e clorador instalado.

6.5 Limpeza

A torneira, colocada lateralmente, serve para fazer a limpeza do clorador quando necessária e verificar se todo o cloro foi conduzido para o reservatório. Serve, também, para encher o recipiente com água para preparar nova solução de hipoclorito de cálcio ou de sódio.

6.6 Dosagem de cloro

Como a maioria das comunidades que já utilizam esse equipamento é abastecida com água subterrânea, recomenda-se que a dosagem máxima de cloro fique em torno de 1,0 mg/L, para que, após o tempo de contato, se obtenha na saída do tratamento, no mínimo 0,5 mg/L. Em algumas situações isso não será possível, principalmente em águas que possuem elevadas concentrações de compostos orgânicos e inorgânicos. Nesse caso, é necessário adicionar uma quantidade maior de cloro evitando que se ultrapasse o teor máximo permitido para consumo humano, conforme estabelecido no Anexo VII da portaria de potabilidade (Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde). Nas localidades onde isso ocorrer, os operadores devem se familiarizar com a situação e realizar os ajustes necessários.

6.7 Procedimento para desinfecção da água de consumo humano

Conforme já mencionado, o clorador simplificado foi concebido para desinfetar volumes fixos de água (batelada) de consumo humano. Nos exemplos a seguir são mostrados os procedimentos que devem ser realizados pelo operador do sistema considerando o volume de água para desinfetar.

Para 5.000 litros: Pesar 8 gramas ou encher 1 (uma) tampa rasa de garrafa de refrigerante PET, de hipoclorito de cálcio a 65% de cloro ativo. Dissolver em aproximadamente

1,5 litros de água e colocar no dosador pelo registro superior, tendo o cuidado de manter o registro inferior fechado. Depois de encher o dosador, fechar o registro superior. Quando ligar a bomba, abrir o registro inferior. A solução de cloro vai para o reservatório elevado.

Para 10.000 litros: Pesar 16 gramas ou encher 2 (duas) tampas rasas de garrafa de refrigerante PET, de hipoclorito de cálcio a 65% de cloro ativo. Dissolver em, aproximadamente, 1,5 litros de água e colocar no dosador pelo registro superior, tendo o cuidado de manter o registro inferior fechado. Depois de encher o dosador, fechar o registro superior. Quando ligar a bomba, abrir o registro inferior. A solução de cloro vai para o reservatório elevado.

Para 15.000 litros: Pesar 24 gramas ou encher 3 (três) tampas rasas de garrafa de refrigerante PET, de hipoclorito de cálcio a 65% de cloro ativo. Dissolver em, aproximadamente, 1,5 litros de água e colocar no dosador pelo registro superior, tendo o cuidado de manter o registro inferior fechado. Depois de encher o dosador, fechar o registro superior. Quando ligar a bomba, abrir o registro inferior. A solução de cloro vai para o reservatório elevado.

Para 20.000 litros: Pesar 32 gramas ou encher 4 (quatro) tampas rasas de garrafa de refrigerante PET, de hipoclorito de cálcio a 65% de cloro ativo. Dissolver em, aproximadamente, 1,5 litros de água e colocar no dosador pelo registro superior, tendo o cuidado de manter o registro inferior fechado. Depois de encher o dosador, fechar o registro superior. Quando ligar a bomba, abrir o registro inferior. A solução de cloro vai para o reservatório elevado.

Esquemáticamente têm-se:

Volume (litros)	Dosagem ¹ (mg/L)	Peso de cloro ² (gramas)	Volume de água (litros)
5.000	1,0	8	1,5
10.000	1,0	16	1,5
15.000	1,0	24	1,5
20.000	1,0	32	1,5

Nota 1: O teor de cloro livre que deve ser encontrado na água após o enchimento dos reservatórios é:

- Saída do Tratamento: Máximo: 1,0 mg/L Mínimo: 0,5 mg/L;
- Ponto de Consumo: Máximo: 1,0 mg/L Mínimo: 0,2 mg/L.

Nota 2: O cálculo acima foi realizado considerando água de baixa cor, baixa turbidez e isenta de matéria orgânica e inorgânica. É possível que, em algumas situações, para se obter 0,5 mg/L na saída do tratamento, tenha-se que colocar um pouco mais de cloro. O operador do sistema, aos poucos, vai se familiarizando com esses ajustes.

Obs.: O produto químico recomendado para esse tipo de cloração é o hipoclorito de cálcio granulado com teor de cloro ativo de 65%, mas, na ausência desse produto, pode-se utilizar o hipoclorito de sódio a 12% de cloro ativo ou outra concentração, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$V_2 = \frac{V_1 \times d}{c \times 10}$$

Donde: • V1 = Volume de hipoclorito de sódio a 12% ou outra concentração, em mL;

- V2 = Volume de água a ser desinfetada, em litros;
- d = dosagem de cloro desejada – em mg/litro;
- c = concentração em % do hipoclorito de sódio utilizada;
- 10 = constante.

6.8 Reabastecimento do clorador

Quando não for mais detectado cloro na saída do tratamento, é hora de reabastecê-lo. Para isso, fecha-se o registro inferior e procede-se de acordo com o item 6.6. deste manual.

6.9 Kit de cloração

O *kit* de cloração é constituído dos seguintes elementos:

- Clorador construído em PVC rígido, soldável;
- Jarro ou balde plástico de 2 litros;
- Funil de plástico;
- Espátula de plástico;
- Medida (tampa de garrafa de refrigerante PET);
- Cloro (hipoclorito de cálcio a 65% de cloro ativo);
- Medidor de cloro com uso de DPD;
- Manual de instrução;
- Ficha de Controle.

7 Medida do cloro residual livre – CRL

A medição regular do teor de cloro residual livre permite controlar o funcionamento do equipamento e a ausência de contaminação na rede de distribuição de água. Por isso, esta medição é imprescindível. Existem vários métodos para medir o cloro residual na água. Abaixo segue os mais conhecidos.

7.1 Método do DPD (*N*-dietil-para-fenilendiamina)

Este método emprega pastilhas de DPD que se dissolvem em uma amostra de água contendo cloro, produzindo a coloração rosa cuja intensidade é proporcional à concentração de cloro existente na amostra. Desta forma, o DPD pode ser usado como um método colorimétrico para medir a concentração do cloro residual livre ou total. A cor produzida por este método é mais estável do que a cor produzida pelo método da ortotolidina. O dispositivo empregado para este propósito se denomina “comparador de cloro”.

7.2 Método da ortotolidina

A ortotolidina é um composto aromático que se oxida em uma solução ácida por ação do cloro, cloramidas e outros oxidantes para produzir um complexo de cor amarelo cuja intensidade é diretamente proporcional à quantidade de oxidantes presentes. O método é apropriado para a determinação rotineira do cloro residual que não exceda a 10 mg/L. A presença de cor natural, turbidez e nitratos dificultam o desenvolvimento da cor. Devido ao fato de que a ortotolidina é carcinogênica, se recomenda manipular o produto químico com precaução. Aliás, o uso do método da ortotolidina não é mais recomendado pelo *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 21st Edition* – 2005, portanto ele deve ser evitado.

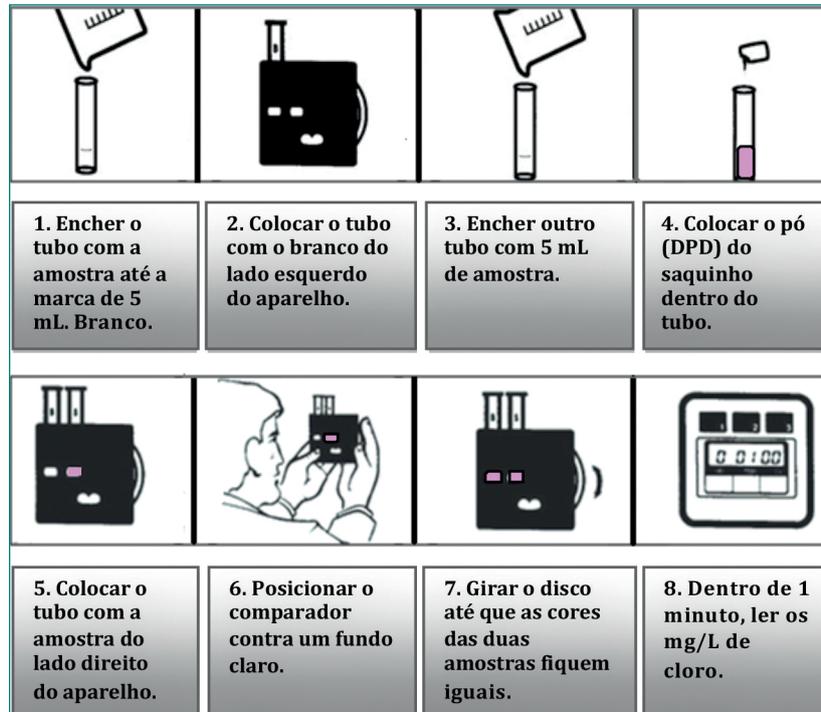
7.3 Procedimentos para determinação

Para determinar o teor de Cloro Residual Livre – CRL, seguir os procedimentos constantes do roteiro abaixo:

- a) Encher o tubo com a amostra até a marca de 5 mL. Este é o branco;
- b) Colocar o tubo com o branco na abertura superior esquerda do aparelho;
- c) Encher outro tubo com 5 mL de amostra;
- d) Colocar o pó (DPD) do saquinho dentro do tubo e misturar;
- e) Colocar o tubo com a amostra na abertura superior direita do aparelho;
- f) Posicionar o comparador contra um fundo claro;

- g) Girar o disco até que as cores das duas amostras fiquem iguais;
 h) Dentro de 1 minuto, ler os mg/L de cloro.

Esquemáticamente têm-se:



Fonte: Adaptado de Hach Company.

Após realizar cada análise, registrar o resultado obtido na ficha de controle da cloração (Anexo).

8 Controle da cloração

O controle da cloração deve ser feito diariamente. Os pontos de controle são: saída do tratamento e pontos de consumo. Os resultados deverão ser registrados na ficha de controle. Essas fichas devem ser arquivadas em lugar seguro e servirão para avaliar o processo de desinfecção e tirar dúvidas quando da ocorrência de eventos de surtos de doenças, onde se suspeite que o agente etiológico possa ser veiculado pela água do sistema.



9 Características do hipoclorito de cálcio

a) Fórmula Química – $\text{Ca}(\text{ClO})_2$.

b) Composição

- Teor mínimo de cloro ativo = 65,0 %;
- Teor máximo de materiais inertes = 35,0 %;
- Umidade (máxima) = 1,0 %.

c) Características Físicas

- Cor = branco;
- Forma de apresentação = granulado.

d) Apresentação

O hipoclorito de cálcio é um produto obtido da cloração da cal hidratada, com alto poder oxidante e um teor de cloro ativo acima de 65%.

e) Aplicações

O hipoclorito de cálcio é aplicado no tratamento de água potável e no tratamento de água de piscina, na indústria do papel, como sanitizante em indústria de bebidas, limpeza de algas de embarcações marítimas, assepsia de abatedouros, aviários, hospitais, etc.

f) Embalagem

O hipoclorito de cálcio é fornecido em embalagens plásticas (tambores) de 2,5 Kg, 10 Kg e 45 Kg.

g) Cuidados no manuseio

O manuseio do hipoclorito de cálcio³ deverá ser feito com equipamento de proteção individual, tais como, luvas, aventais, máscaras de proteção respiratória e óculos de segurança ou proteção facial. Não respirar o vapor⁴, evitar contato com os olhos, pele e mucosas.

³ No caso em que for viável o uso de hipoclorito de sódio, que é um produto líquido, os cuidados de manuseio e armazenamento são, de modo geral, os mesmos para o hipoclorito de cálcio.

⁴ Não ingerir e/ou inalar o produto, pois isso pode causar queimaduras nos olhos, no trato digestório e nas vias respiratórias.

Quadro 4 – Demonstrativo dos EPI sugeridos.

TIPO DE EPI	ESPECIFICAÇÕES E CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	FUNÇÃO
<p>CALÇADO FECHADO</p> 	De couro ou material resistente.	Proteger os pés no caso de acidentes com perfurocortantes ou com produtos químicos.
<p>JALECO E AVENTAL</p> 	Deve ser confortável. Atenção na manipulação de produtos químicos, pois o tecido de poliéster pode ser de fácil combustão. Deve ter mangas longas e ir até os joelhos do profissional.	Proteger o profissional do contato com material contaminado. Funciona como barreira de proteção.
<p>LUVAS DESCARTÁVEIS</p> 	Devem ser resistentes, confortáveis e estar de acordo com as normas do INMETRO.	Funciona como barreira primária e protege o operador do contato com micro-organismos patogênicos.
<p>MÁSCARAS OU RESPIRADORES</p> 	Existem vários tipos de máscaras, e o uso deste EPI vai depender do experimento ou da técnica desenvolvida. Verifique com o fabricante quais as especificações necessárias para cada técnica. Veja os prazos de validade deste EPI.	Proteger o profissional do contato com material contaminado, de aerossóis e de produtos químicos.
<p>ÓCULOS DE PROTEÇÃO</p> 	Deve ser leve, resistente, confortável, ergonômico e transparente.	Protege os olhos da exposição de lançamentos de respingos ou aerossóis de origem biológica ou química.
<p>PROTETOR FACIAL</p> 	Deve ser leve, resistente, e ainda, transparente e ergonômico, com dispositivo que permita fazer ajustes para a cabeça.	Proteger os olhos, a face e as mucosas contra partículas, respingos e aerossóis de origem biológica ou química.

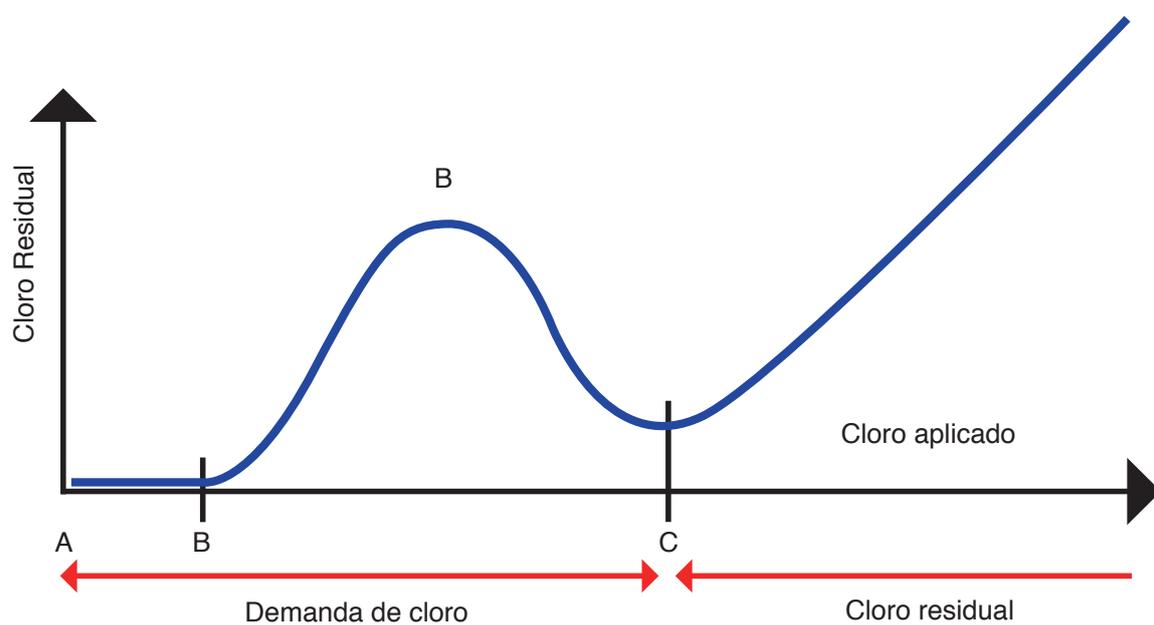
h) Armazenamento

Manter o produto sempre fechado em sua embalagem original. O armazenamento deverá ser feito em local coberto, fresco, seco, bem ventilado e protegido dos raios solares. Por ser um produto fortemente oxidante não deve ser armazenado junto com produtos químicos de modo geral e tampouco em qualquer meio úmido ou próximo a resíduos de qualquer natureza (estopa, graxa, madeira), já que poderá causar incêndio nestas circunstâncias.

10 Demanda de cloro

O cloro quando adicionado à água, dependendo do tipo desta, pode exercer ação oxidante e desinfetante e também reagir com substâncias orgânicas produzindo subprodutos clorados. A esse processo denomina-se demanda de cloro. A curva a seguir, mostra o comportamento do cloro na água.

Curva de demanda de cloro



Fonte: Opas,1999.

Interpretação da curva

AB: O cloro introduzido na água é imediatamente consumido na oxidação da matéria orgânica e inorgânica. Enquanto esses compostos não forem totalmente destruídos, não ocorrerá desinfecção e o cloro residual será nulo.

BB': O cloro combina-se com compostos nitrogenados, produzindo cloro residual combinado. São as cloraminas.

B'C: O cloro oxida as cloraminas formadas na fase anterior, reduzindo os teores de cloro residual combinado.

C em diante: completada a oxidação do cloro residual combinado, elevam-se os teores de cloro residual livre, mais eficaz como desinfetante.



Referências bibliográficas

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília/DF, 14 dez. 2011.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela Di Bernardo. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

MACEDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas & Águas**. Juiz de Fora: Ortofarma, 2000.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Fascículo água: a desinfecção da água**. Brasília: Opas, 1999.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. **Guías para la calidad del agua potable**. 2. ed. Ginebra: OMS, 1995. v.1.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Guías para la calidad del agua potable**. 3ª ed. Ginebra: OMS, 2006. V.1.

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologia de tratamentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

SOLSONA, Felipe; MÉNDEZ, Juan Pablo. **Desinfección del agua**. Lima: Cepis, 2002. 211 p.

STANDARD methods for the examination of water & wastewater. 21 th ed. Washington: APHA, 2005.



Anexo – Modelo de ficha de controle da cloração

MUNICÍPIO: _____ ESTADO: _____

LOCALIDADE: _____

MÊS : _____ ANO _____

DIA	ST mg/L	PONTOS DE CONSUMO					
		PONTO 1	TEOR	PONTO 2	TEOR	PONTO 3	TEOR
		ENDEREÇO	mg/L	ENDEREÇO	mg/L	ENDEREÇO	mg/L
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							

Obs.: ST = Saída do Tratamento

Responsável

Equipe Técnica

Elaboração

Marinaldo da Silva Valente – URCQA/Sesam/Suest-AM/**Funasa**/MS

Revisão Técnica

Aristeu de Oliveira Júnior – Cocag/Desam/**Funasa**/MS

Eládio Braga de Carvalho – URCQA/Sesam/Suest-PA/**Funasa**/MS

Maria de Fatima – Consultora OPAS – Cocag/Desam/**Funasa**/MS

Nolan Ribeiro Bezerra – Consultora OPAS – Cocag/Desam/**Funasa**/MS

Osman de Oliveira Lira – URCQA/Sesam/Suest-PE/**Funasa**/MS

Sueli Etsuko Takada Pavesi de Abreu – Cocag/Desam/**Funasa**/MS

Revisão Final

Antonio Carlo Batalini Brandão - Cocag/Desam/**Funasa**/MS

FUNASA

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE

Missão

Promover a saúde pública e a inclusão social por meio de ações de saneamento e saúde ambiental.

Visão de Futuro

Até 2030, a Funasa, integrante do SUS, será uma instituição de referência nacional e internacional nas ações de saneamento e saúde ambiental, contribuindo com as metas de universalização de saneamento no Brasil.

Valores

- Ética;
- Eqüidade;
- Transparência;
- Eficiência, Eficácia e Efetividade;
- Valorização dos servidores;
- Compromisso socioambiental.



Ministério da
Saúde