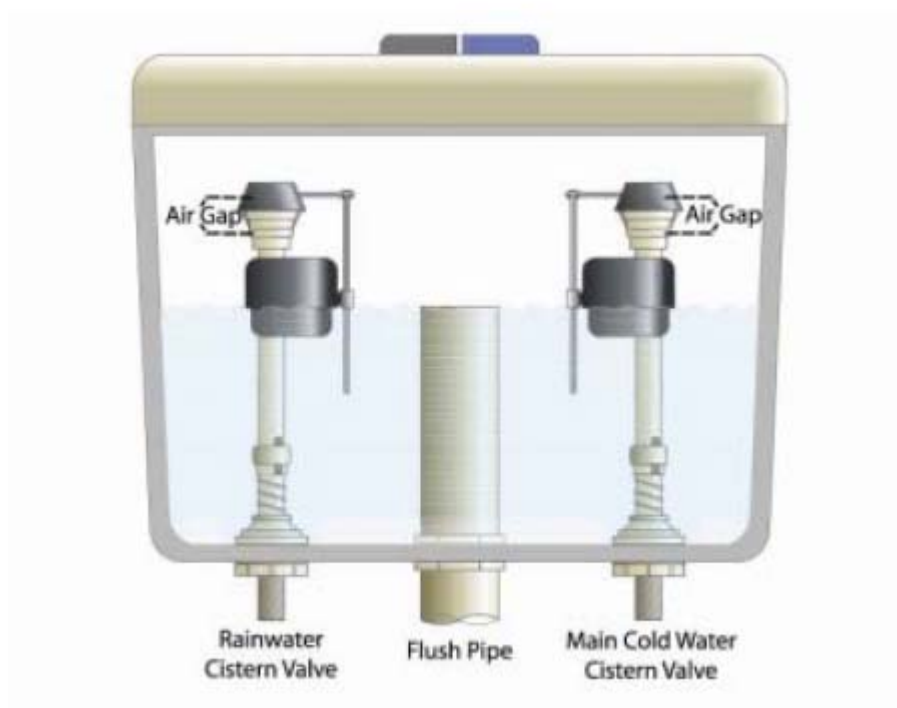


Capítulo 16- Desinfecção



Capítulo 16- Desinfecção

Seção	Título
16.1	Introdução
16.2	Radiação Ultravioleta (UV)
16.3	Uso do cloro
16.4	Ozônio
16.5	Bibliografia e livros consultados

Capítulo 16- Desinfecção

16.1 Introdução

Há três maneiras básicas de se fazer a desinfecção da água potável.

- raios ultravioletas,
- cloro e
- ozônio.

16.2 Radiação ultravioleta (UV)

Para o uso dos raios ultravioletas, a água deve ser primeiramente filtrada, devendo ser bastante clara. O comprimento da onda do UV varia de 100nm a 400nm, mas geralmente o comprimento ótimo de onda é 254nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), devendo ser continuamente ser monitorado.

Com o comprimento de onda de 254nm, o UV é absorvido pelos microorganismos que atuam sobre os elétrons alterando o DNA (*Deoxyribonuclei acid*), prevenindo a reprodução mesmos minimizando o desenvolvimento das doenças.

A irradiação ultravioleta é gerada por uma lâmpada especial sendo destruídas as bactérias, vírus e cistos penetrando nas paredes das células impedindo a reprodução das mesmas.

As doses de aplicação do UV são feitas em milijoules/cm² que é equivalente a microwatts-segundos por centímetro quadrado ($\mu\text{W}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$).

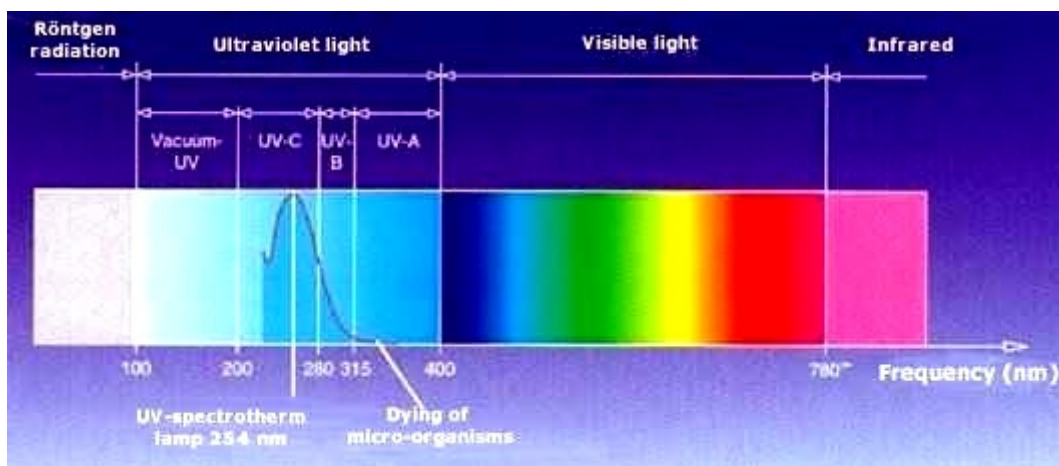


Figura 16.1- Espectro eletromagnético

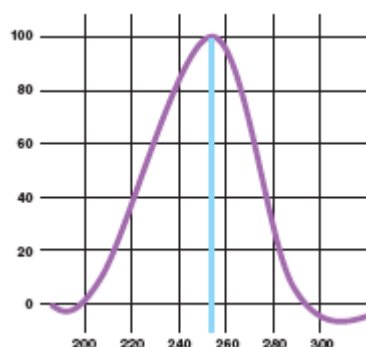


Figura 16.2- Correspondência germicida do UV com o comprimento de onda
Fonte: Water conditioning and purification, may 2004

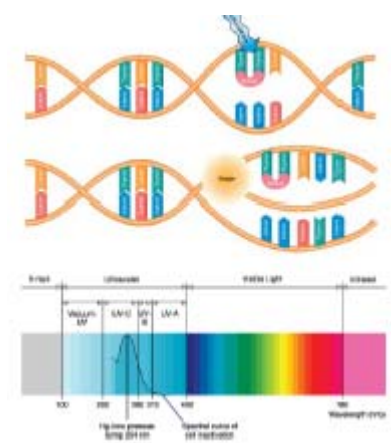


Figura 16.2- Modo de atuação do UV no DNA.
Fonte: Water conditioning and purification, may 2004

A potência da irradiação ultravioleta (UV) necessária para inativar 3log, ou seja, 99,9% de microorganismos dependendo do tipo do mesmo, conforme Tabela (16.1).

Tabela 16.1- Potência necessária para inativar 99,9% dos microorganismos

Microorganismos	Potencia necessária (mJ/cm ²) ou (μ W-seg/cm ²).
Bactérias	
<i>Aeromonas hydrphila</i>	3.900
<i>Escherichia coli</i>	6.400
<i>Salmonella typhi</i>	6.400
<i>Shigella dysenteriae</i>	2.000
<i>Streptococcus faecalis</i>	8.000
<i>Vibrio colerae</i>	2.200
Protozoários	
<i>Cryptosporidium parvum</i>	6.000
<i>Giardia lamblia</i>	6.000
Vírus	
<i>Hepatitis A</i>	116.000
<i>Rotavirus SA11</i>	23.000
<i>Adenovirus Type 40</i>	90.000
<i>Adenovirus Type 41</i>	80.000

Fonte: Water Contioning and Purification, maio de 2004

Tabela 16.2- Potência necessária para inativar 99,9% dos microorganismos

BACTERIA

Agrobacterium tumefaciens	8500
Bacillus anthracis	8700
Bacillus megaterium (vegetative)	2500
Bacillus subtilis (vegetative)	11000
Clostridium Tetani	22000
Corynebacterium diphtheria's	6500
Escherichia coli	7000
Legionella bozemanii	3500
Legionella dumoffii	5500
Legionella micdadei	3100
Legionella longbeachae	2900
Legionella pneumophila (legionnaires disease)	3800
Leptospira interrogans (Infectious Jaundice)	6000
Mycobacterium tuberculosis	10000
Neisseria catarrhalis	8500
Proteus vulgaris	6600
Pseudomonas seruginosa (laboratory strain)	3900
Pseudomonas aeruginosa (environmental strain)	10500
Rhodospirillum rubrum	6200
Salmonella enteritidis	7800
Salmonella paratyphi (enteric fever)	6100
Salmonella typhimurium	15200
Salmonella typhosa (typhoid fever)	6000
Sarcina Lutea	26400
Serratia marcescens	6200
Shigella dysenteriae (dysentery)	4200
Shigella Flexneri (dysentery)	3400
Shigella sonnei	7000

Staphylococcus epidermidis	5800
Staphylococcus aureus	7000
Streptococcus faecalis	10000
Streptococcus hemolyticus	5500
Streptococcus lactis	8800
Viridans streptococci	3800
Vibrio cholerae	6500

YEAST

Bakers yeast	8800
Brewers yeast	6600
Common yeast cake	13200

MOLD SPORES

Penicillium digitatum (olive)	8800
Penicillium expansum (olive)	22000
Penicillium roqueforti (green)	26400

ALGAE

Chlorella vulgaris (algae)	22000
----------------------------	-------

VIRUSES

Bacteriophage (E. coli)	6600
Hepatitis virus	8000
Influenza virus	6600
Poliovirus (poliomyelitis)	2100
Rotavirus	2400

Rusin et al, 1996 mostraram que a irradiação UV tem pouco efeito nos cistos, pois os cistos de *Giardia lamblia* necessitam de dosagem de $42.000\mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$. De modo geral o UV tem problemas de eficiência com os protozoários.



UV Disinfection

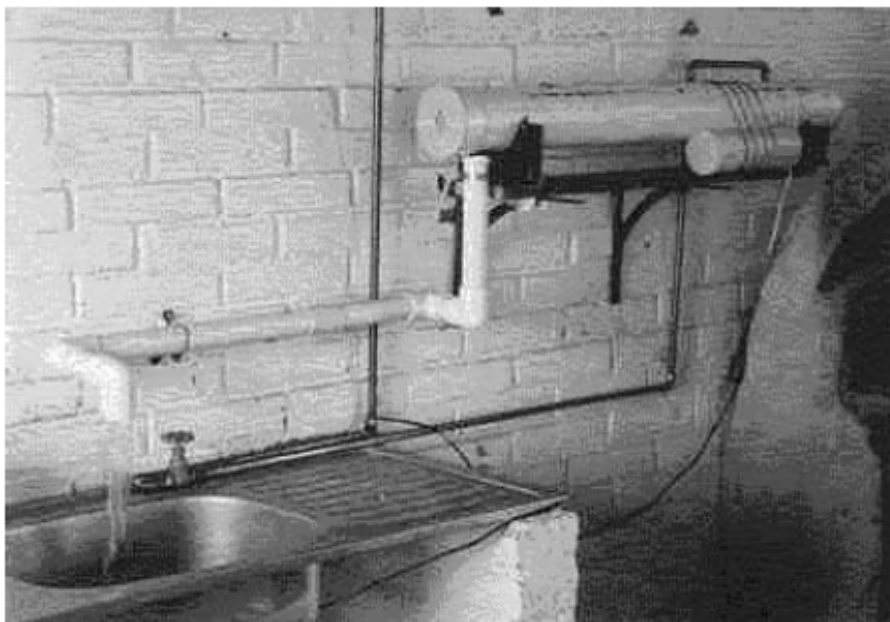
Figura 16.3- Vista de aparelho para desinfecção de água por irradiação de ultravioleta (UV).

As **vantagens** do UV são:

- O UV não altera a cor e o sabor da água.
- Inativa as bactérias imediatamente com o tempo de contato mínimo de 0,5 segundos a 5 segundos.
- É compacto e fácil de usar
- Baixa manutenção

As **desvantagens** são:

- Necessita de eletricidade
- Não tem residual desinfetante.
- Requer tratamento, isto é, a água deve ser bem limpa e sem cor.
- Os microorganismos são inativados e não mortos e alguns microorganismos por foto-reação podem ser reativados e serem reproduzidos.
- A água deve ter concentração máxima de 20mg/L de TSS (sólido total dissolvido)
- A camada de água deve ter espessura menor que 0,5cm e a lâmpada deve estar distante de 5cm.



UV-Tube Water Disinfector

Figura 16.4- Água da pia da cozinha (ponto de uso POU) com UV
Fonte: SWI Survey of household water treatment systems.

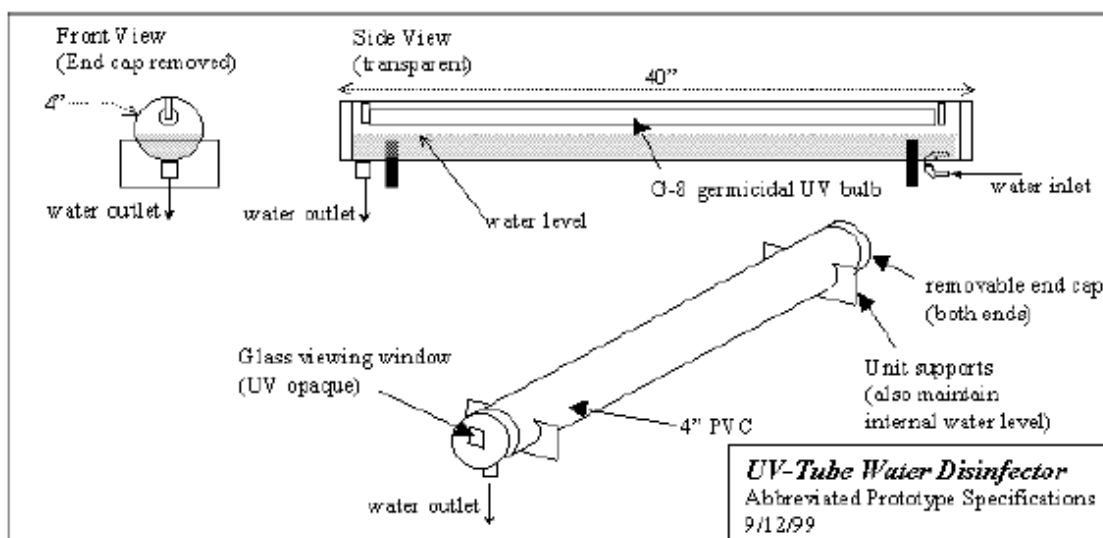


Figura 16.5- Esquema de aplicação do UV
Fonte: SWI Survey of household water treatment systems.



- Fiberglass
 - Vazão máxima 14m³/h
 - Potência: 40 watts
 - Duração: 1.000h
- Preço: R\$ 2.800,00

Figura 16.6- Esterilizador com UV

16.3 Uso do cloro

O cloro Cl_2 é um gás amarelado, altamente tóxico e um poderoso oxidante que pode ser usado para modificar a característica química da água. É usado para controlar bacteriais, algas, etc.

Foi descoberto em 1774 por um químico sueco chamado Scheele. Na água o cloro provoca a hidrólise formando o ácido hipocloroso HOCl na seguinte reação:



Sendo que o ácido hipocloroso fica com os íons:



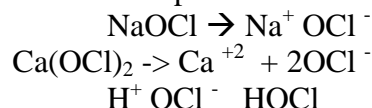
O equilíbrio entre HOCl e OCl^- depende do pH da água.

A aplicação pode ser feita além do cloro a gás com o hipoclorito de sódio e o hipoclorito de cálcio.

O **Hipoclorito de cálcio** $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ é obtido em forma de pó de cor branca com até 70% de cloro disponível. Fornecido em latas de 1,5kg ou tambores de 45kg, 135kg ou 360kg para se preparar a solução. Tende a se cristalizar com riscos de entupimento nas linhas e apresenta custos elevados em relação ao cloro líquido conforme Jordão, 2005.

O **hipoclorito de sódio** NaOCl é comercialmente vendido na forma líquida em concentrações de 5% a 15% de cloro disponível fornecido em garraões e bombonas de até 20 litros..

O hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio reagem com água da seguinte maneira:



A quantidade **de HOCl mais OCl** na água se refere ao cloro livre.

Para o uso do cloro deve haver um residual de 0,5 ppm a 1,0ppm.

Quando o consumo da água potável for próximo pode ser usado o raio ultravioleta e caso contrário tem que ser usado o cloro através de um dosador adequado.

O cloro é um ótimo desinfetante agindo contra bactérias, vírus e *Giardia* mas não em *Cryptosporidium* que necessita uma dosagem muito elevada de cloro.

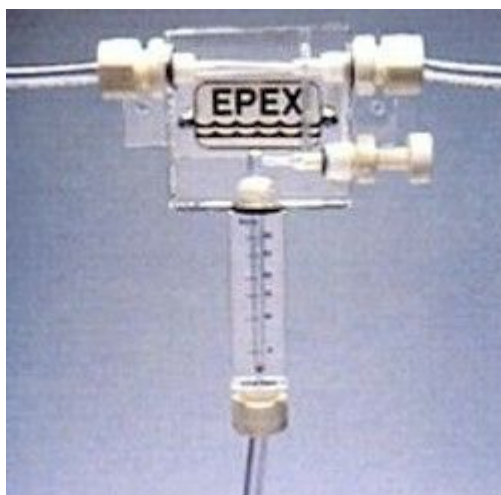


Figura 16.7-DOSADOR DE CLORO com rotâmetro de vazão regulável para dosagem de cloro para vazões de 1litros a 15litros/h e de 5litro/h a 30litros/hora.

Aplicação por meio de bombas dosadoras de diafragmas

Segundo Jordão, 2005 é a maneira mais adequada de se aplicar a solução de hipoclorito. As bombas podem trabalhar a velocidade constante, ou serem programadas para funcionamento intermitente. Essas bombas estão disponíveis no mercado nacional e têm a vantagem de proporcionar regulação precisa, praticamente sem riscos de entupimento, podendo ser adaptadas ao funcionamento semi-automático.

Na Tabela (16.3) estão alguns modelos de bombas dosadoras eletrônicas encontradas no Brasil de acordo com a vazão e pressão desejada.

Tabela 16.3-Bombas dosadoras eletrônicas

ESPECIFICAÇÕES	MODELO DQDE-1.5	MODELO DQDE-6	MODELO DQDE-10	MODELO DQDE-20
Vazão mínima L/H	0,075	0,18	0,22	0,600
Vazão máxima L/H	1,5	6,0	10	20
Pressão Máxima (BAR)	13	4	4	4
Número mínimo injeções por minuto	3	3	3	3
Número máximo injeções por minuto	100	100	135	135
Volume de uma injeção (M/L)	0,25	1	1,24	1,30
Tensão de alimentação (V-HZ)	220-50/60	220-50/60	220-50/60	220-50/60
Corrente elétrica (AMP)	0,11	0,11	0,19	0,19
Fusível de proteção (AMP)	1	1	1	1
Peso da bomba (Kg)	2,7	2,7	2,7	3

Fonte: http://www.dosaq.com.br/dqdg_6_1.htm

Dosador com pastilhas de cloro

As pastilhas de cloro quando expostas a passagem da água se dissolvem e liberam o cloro, sendo aplicáveis a vazões muito reduzidas, conforme Jordão, 2005.



Figura 16.8-Dosador de pastilhas com capacidade para clorar até 7m³/hora com pressurizador transparente para visualização do consumo das pastilhas.

Os dosadores de cloro podem ser de vazão variável ou de vazão fixa.

O dosador de cloro com vazão variável custa da ordem de R\$ 2.000,00 (EMEC-firma italiana) enquanto o de vazão fixa custa R\$ 350,00 (ADB firma brasileira).

Trihalometanos (THMs)

A formação de trihalometanos durante o processo de cloração ocorre em razão das reações do cloro livre às substâncias húmicas naturalmente presentes nos mananciais que são resultantes da degradação de vegetais conforme Macedo, 2001. Conforme Di Bernardo, 1995, os Trihalometanos são: clorofórmio, bromodiclorometano, dibromonoclorometano e bromofórmio.

Uma fração do carbônico orgânico total (COT) das águas é devida às substâncias húmicas, que geralmente são responsáveis pela cor da água.

Para evitar a formação de trihalometanos usamos para desinfecção o **Ácido Dicloroisocianúrico e seus sais de sódio e potássio**, conforme Macedo, 2001.

16.4 Ozônio

O ozônio O₃ é um excelente desinfetante para bactérias e vírus, porém como a irradiação ultravioleta não forma nenhum residual na água que geralmente é necessário no sistema de distribuição ou que pode ser desejável.

A água deve ter baixíssima concentração de matéria orgânica para a aplicação do ozônio

O ozônio não forma trihalometanos (THMs) porém **forma uma variedade de subprodutos** que são: aldeídos (formaldeídos, acetaldeído, glioxal) e ácido pirúvico, ácido oxálico, ácido succínico, ácido fórmico, ácido acético e peróxido de hidrogênio dentre outros, conforme Di Bernardo, 1995. Até o presente não informação suficiente sobre os riscos destes subprodutos, embora os aldeídos sejam considerados os mais perigosos conforme Di Bernardo, 1995.

A aplicação típica do ozônio é de 1mg/L a 5mg/l.

Algumas bactérias e vírus apresentam grande resistência ao ozônio, como *Bacillus subtilis sporos*, *L. kpneumophila*, *hepatitis A vírus*, *E. Coli*, *polivírus*.

Para outras bactérias e vírus a concentração do ozônio de 0,4mg/L durante 4 minutos é adequada para a desinfecção conforme Rusin et al da Water Quality 1996.

Cryptosporidium oocysts tratado com dosagem inicial de 2,25mg/L de ozônio durante 8min reduziu 99%.

O ozônio é muito dependente da temperatura, quanto mais ela cresce, decresce a ação do ozônio.

Quando a cor da água bruta é muito grande é usado a pré-ozonização que produz bons resultados.

Apesar do carvão ativado reduz a cor somente quando a mesma é baixa, mas quando for alta, é necessário a pré-ozonização.

16.5 Bibliografia e livros consultados

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 15527/07. *Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis*.
- DI BERNARDO, LUIZ. *Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento*. ABES, 1995, 127 páginas, ISBN 85.7022-117.7
- DIN (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG) 1989-1. *Norma alemã de aproveitamento de água de chuva*. Entrou em operação somente em abril de 2002.
- KONIG, KLAUS W. *Innovative water concepts- service water utilization in Buildings*. Berlin Senate Department for Urban Development, ano 2007. <http://www.stadtenwicklung.berlin.de>.
- MACEDO, JORGE ANTONIO BARROS DE. *Desinfecção e esterilização química*. Juiz de Fora, novembro de 2009, 737páginas.
- MAY, SIMONE. *Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações*. São Paulo, julho, 2009, EPUSP, 200 páginas.
- TOMAZ, PLINIO. Notas de aula na ABNT São Paulo em *cursos de aproveitamento de água de chuva de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis*.