

# O tratamento de água na cervejaria

*O tratamento de água na cervejaria é uma fase de suma importância, uma vez que a água perfaz no mínimo 90% do volume do produto. Uma cervejaria consome entre 4 e 10 litros de água para fabricar um litro de cerveja.*

*Os processos utilizados devem manter as características físico-químicas e organolépticas originais da água e assegurar a sua estabilidade microbiológica.*

Para efetuar o tratamento de água podemos utilizar vários processos, cujas fases principais são enumeradas a seguir: floculação, decantação, filtração, desinfecção por meio de cloro ou por dióxido de cloro.

O tratamento da água pode ser feito para atender várias finalidades:

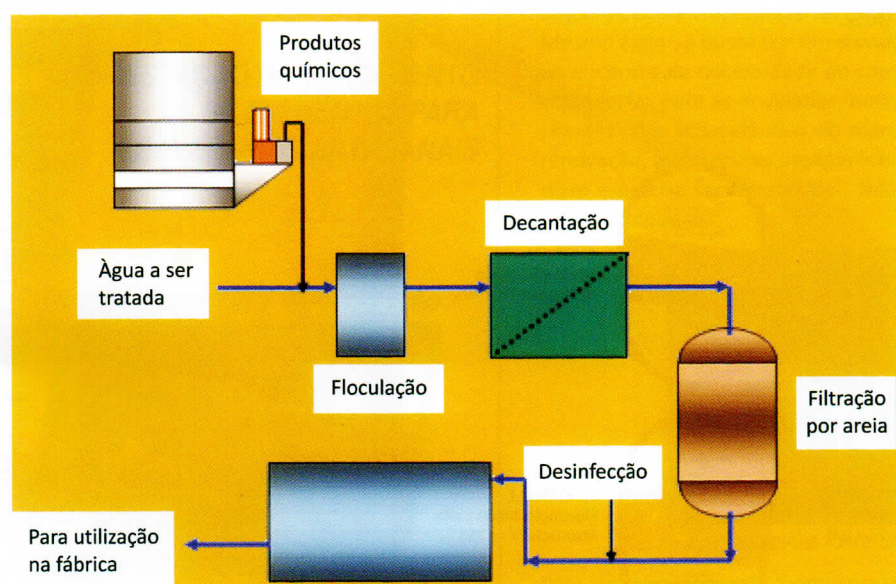
- **Higiênicas:** remoção de bactérias, protozoários, vírus e outros microrganismos, de substâncias nocivas,

redução do excesso de impurezas e dos teores elevados de compostos orgânicos;

- **Estéticas:** correção de cor, odor e sabor;

- **Econômicas/qualidade:** redução da corrosividade, dureza, cor, turbidez, ferro, manganês, odor e sabor.

## Esquema ilustrativo para o tratamento da água



## Descrição sucinta do processo

1. No início do processo de tratamento a água a ser tratada tem o seu pH corrigido (caso necessário pode-se utilizar soda cáustica ou ácido clorídrico) e elimina-se as substâncias em suspensão através da adição de floculantes (por exemplo sulfato de alumínio).
2. A água que sai do floculador passa em seguida por um processo de sedimentação no decantador, onde as partículas maiores se precipitam. Os sólidos separados são armazenados em um reservatório e transportados para um depósito de resíduos sólidos. A água tratada segue para um filtro de areia.
3. A filtração das partículas finas é efetuada por meio de filtros de areia (que podem ser construídos em polietileno de alta densidade – PEAD, concreto ou aço).
4. A fase de desinfecção ocorre por meio de cloro ou dióxido de cloro, adicionado antes de um tanque de contato (caixa d'água). Em

seguida a água tratada segue para os pontos de utilização.

A água pode sofrer pré-oxidação na fase inicial do processo. A água de fábrica poderá sofrer tratamentos adicionais (troca iônica, osmose reversa, filtração por carvão ativado etc), de modo que possa ser utilizada em várias etapas do processo (processo de produção da bebida, caldeiras, casa de máquinas etc).

O tratamento do lodo pode ser efetuado por meio de filtro-prensa ou prensa desaguadora (filtro esteira). O filtrado retorna (se possível) para o início do processo de tratamento e a carga sólida do filtro é descartada em depósito apropriado, localizado fora da área de operação.

## Instalações

As instalações de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) devem ser

dimensionadas para manter a qualidade da água tratada dentro das especificações, mesmo quando ocorrem oscilações das características da água bruta.

A casa de produtos químicos deverá ter concepção adequada para o uso. O revestimento do piso e paredes deve ser resistente a álcalis e ácidos, e as instalações hidráulicas e elétricas, resistentes a vapores de produtos químicos. Deve haver contínuo monitoramento dos parâmetros do processo, por meio de meio de sensores remotos (pH, concentração de cloro ou dióxido de cloro, temperatura etc). É necessário um laboratório aparelhado para as análises básicas.

A armazenagem e manuseio dos produtos químicos deve obedecer às normas de segurança, uma vez que acidentes graves podem ocorrer com seu vazamento ou com misturas acidentais.

Atualmente a dosagem precisa dos



produtos químicos não é mais problema, uma vez que já estão disponíveis bombas dosadoras microprocessadas de elevada precisão e que podem ser integradas a uma rede Profibus, o que permite total acompanhamento do processo

### A utilização do ozônio como agente oxidante e desinfetante

O ozônio (O<sub>3</sub>) é um gás instável, produzido através de uma descarga elétrica em contato com ar atmosférico ou oxigênio. Isto resulta em uma molécula composta de três átomos de oxigênio.

O valor de sua meia vida quando dissolvido em água é de 1,25 minutos a 26°C (depende da concentração de ozônio e de outras substâncias contidas na água), de modo que seu odor e paladar característicos desaparecem rapidamente.

O ozônio é o mais poderoso meio oxidante permitido para o tratamento da água e a sua solubilidade na água situa-se, por exemplo, para uma concentração na fase gasosa de 10 g/m<sup>3</sup>, em 4,4 mg/l (5°C), 3,8 mg/l (10°C) e 2,9 mg/l (20°C).

Ozônio sob a forma gasosa pode levar a reações explosivas quando em contato com materiais orgânicos, como por exemplo, carvão ativado, gorduras, óleos, borracha.

As concentrações de gás presentes no ar a que podem ser expostas pessoas são mínimas e prescritas por lei (por exemplo, pelo FDA nos Estados Unidos). Portanto, deve-se atentar quando da escolha de equipamentos e seus periféricos, de modo que a sua concepção ofereça o máximo de proteção ao usuário. Na Alemanha, o valor da concentração máxima de substâncias prejudiciais no local de trabalho é de 0,2 mg/m<sup>3</sup>. O limite para o cheiro é dado com 0,03 mg/m<sup>3</sup>.

Já com 0,04 até 1 mg/m<sup>3</sup>, após pouco tempo o sentido do olfato pode ser bloqueado, o que na prática pode fazer com que a situação de perigo seja subestimada. Já 20 mg/m<sup>3</sup> de ozônio, dependendo do tempo de exposição, levam à inconsciência com consequência mortal. A morte pela inalação de ozônio ocorre em concentrações acima de 10.000 mg/m<sup>3</sup> dentro de poucos minutos.

Por este motivo, deve-se observar atentamente as determinações técnicas de segurança.

A introdução na água, de ar contendo ozônio ou oxigênio contendo ozônio, assim como a injeção de um fluxo parcial de água com elevada concentração de ozônio, ocorre através de injetores, coluna de corpos de enchimento, câmaras de lavagem, ventiladores centrífugos ou materiais vitrificados. A ozonização,

dependendo da utilização, pode ser efetuada em um ponto ou em vários pontos do processo de tratamento.

### A utilização do ozônio como agente oxidante e desinfetante

O ozônio (O<sub>3</sub>) é um gás instável, produzido através de uma descarga elétrica em contato com ar atmosférico ou oxigênio. Isto resulta em uma molécula composta de três átomos de oxigênio.

O valor de sua meia vida quando dissolvido em água é de 1,25 minutos a 26°C (depende da concentração de ozônio e de outras substâncias contidas na água), de modo que seu odor e paladar característicos desaparecem rapidamente.

O ozônio é o mais poderoso meio oxidante permitido para o tratamento da água e a sua solubilidade na água situa-se, por exemplo, para uma concentração na fase gasosa de 10 g/m<sup>3</sup>, em 4,4 mg/l (5°C), 3,8 mg/l (10°C) e 2,9 mg/l (20°C).

Ozônio sob a forma gasosa pode levar a reações explosivas quando em contato com materiais orgânicos, como por exemplo, carvão ativado, gorduras, óleos, borracha.

As concentrações de gás presentes no ar a que podem ser expostas pessoas são mínimas e prescritas por lei (por exemplo, pelo FDA nos Estados Unidos). Portanto, deve-se atentar quando da escolha de equipamentos e seus periféricos, de modo que a sua concepção ofereça o máximo de proteção ao usuário. Na Alemanha, o valor da concentração máxima de substâncias prejudiciais no local de trabalho é de 0,2 mg/m<sup>3</sup>. O limite para o cheiro é dado com 0,03 mg/m<sup>3</sup>.

Já com 0,04 até 1 mg/m<sup>3</sup>, após pouco tempo o sentido do olfato pode ser bloqueado, o que na prática pode fazer com que a situação de perigo seja subestimada. Já 20 mg/m<sup>3</sup> de ozônio, dependendo do tempo de exposição, levam à inconsciência com consequência mortal. A morte pela inalação de ozônio ocorre em concentrações acima de 10.000 mg/m<sup>3</sup> dentro de poucos minutos.

Por este motivo, deve-se observar atentamente as determinações técnicas de segurança.

A introdução na água, de ar contendo ozônio ou oxigênio contendo ozônio, assim como a injeção de um fluxo parcial de água com elevada concentração de ozônio, ocorre através de injetores, coluna de corpos de enchimento, câmaras de lavagem, ventiladores centrífugos ou materiais vitrificados. A ozonização, dependendo da utilização, pode ser efetuada em um ponto ou em vários pontos do processo de tratamento.

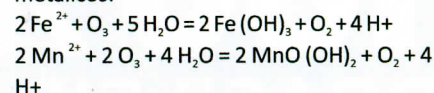
Em solução ácida o ozônio reage principalmente como molécula de ozônio O<sub>3</sub> com as substâncias da água, enquanto que com pH mais elevado, o ozônio dissocia-se mais rápido.

O consumo de ozônio para a oxidação de substâncias inorgânicas é, em regra, por causa das modificações estequiométricas, proporcional à concentração original dessas substâncias contidas na água. Para a oxidação de substâncias orgânicas da água, de modo geral são utilizadas no tratamento de água, de 0,5 a 1,5 mg de ozônio por mg de DOC inicial (carbono ligado organicamente).

Para a desinfecção, é tida como necessária uma concentração de ozônio de 0,4 mg/l, por um tempo de contato mínimo de 4 minutos (como pré-requisito devemos ter o tipo apropriado de reator).

Considerando o aspecto microbiológico, o ozônio é o ozônio é mais eficaz do que o cloro na inativação de vírus.

A ozonização pode ser utilizada para a eliminação do ferro e manganês, já que o ozônio oxida facilmente esses íons metálicos:



Para a eliminação de ferro e manganês, a utilização do ozônio é especialmente vantajosa quando os metais reduzidos se apresentam ligados de forma complexa, já que o ozônio provoca simultaneamente uma destruição dos complexos, através de degradação oxidativa.

Através da adição de ozônio, pode surgir uma microfloculação em uma série de águas, de acordo com a origem e tipo das substâncias contidas na água. Em primeiro lugar ocorre a precipitação de sais de cálcio dos ácidos orgânicos ou o declínio da ação estabilizadora de substâncias orgânicas sobre matérias turvadoras. Quando surge uma microfloculação, a ozonização nunca deveria ser a última fase do processo, mas sim sempre utilizada antes de uma separação de partículas sólidas. Esta filtração pode ocorrer mediante um filtro de carvão ativado.

### A utilização de cloro na desinfecção da água

O cloro é comumente utilizado como desinfetante e também como agente oxidante. A cloração pode ser feita de duas formas:

- **Gasosa:** apresentado na forma de cloro líquido, sofrendo evaporação antes da aplicação. Tem uma pureza, por norma, de 99,5%. Apresenta-se comercialmente em cilindros verticais de 27 e 68 kg e horizontais



de 860, 940 e 1080 kg.

- Compostos sólidos ou líquidos que contenham cloro.

O hipoclorito de sódio (NaOCl) encontra-se sob a forma de solução a 10% de cloro ativo, embalado em bombonas plásticas de 50 kg de capacidade.

É estável durante algumas semanas até um mês. Decompõem-se pela luz e calor e por esta razão deve ser estocado em locais frios e ao abrigo da luz.

#### A utilização de dióxido de cloro na desinfecção da água

O dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>) é um agente de desinfecção utilizado em vários países, entre eles os Estados Unidos (desde meados da década de 40) e a Alemanha (desde a década de 50).

O dióxido de cloro já é utilizado há mais de vinte anos pela indústria internacional de bebidas e alimentos para a desinfecção de água potável e de processo.

Dióxido de cloro é uma ligação gasosa de cloro e oxigênio e não pode ser liquefeito por meios físico-químicos, como por exemplo, é possível com o cloro gás. Por este motivo é produzido no local de utilização pelo processo clorito de sódio e ácido clorídrico, utilizando equipamento especificamente construído, que obedece a rígidas normas de segurança.

Os geradores de dióxido de cloro pelo processo clorito-ácido clorídrico podem ser utilizados, por exemplo, em tempos de produção fortemente variáveis (8, 16, 24 horas por 5 ou 7 dias por semana).

Reação para obtenção do dióxido de cloro:  
 $4\text{HCl} + 5\text{NaClO}_2 \rightarrow 4\text{ClO}_2 + 5\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$

O dióxido de cloro produzido encontra-se em solução aquosa e pode por isso ser dosado de modo simples, seguro e exato de acordo com a necessidade.

Normalmente como o consumo de água oscila bastante, deve-se ajustar a produção de dióxido de cloro, que pode ser feito através de um medidor de vazão por contato ou indutivo interligados ao gerador. O controle por microprocessador processa o sinal de entrada e controla as bombas dosadoras dos componentes (clorito de sódio e ácido clorídrico). A dosagem desejada é indicada diretamente e regulada de acordo com a necessidade.

A dosagem de dióxido de cloro é feita num by-pass do fluxo principal de água, e intertravada com um controle de fluxo de água da tubulação do by-pass. Um misturador estático promove a pré-mistura do dióxido de cloro com a água do by-pass.

Através do uso de uma sonda amperométrica (eletrodo) pode-se medir, com elevada precisão e especificamente, a concentração de dióxido de cloro. Estes

dados da medição são captados por uma impressora e documentados.

Assim com facilidade pode-se verificar se ocorreu uma adequada desinfecção e se a água apresenta uma concentração suficientemente elevada de dióxido de cloro. Caso os limites inferior ou superior dos valores pré-determinados sejam ultrapassados, ocorre sinalização no local ou numa central remota.

Paralelo ao seu amplo espectro de atuação, também possui uma extraordinária eficácia na eliminação de biofilme e oferece uma proteção bacteriostática de longa duração.

A eficiência de dióxido de cloro sobre diversos microrganismos pode ser observada na tabela a seguir, onde se compara as concentrações e tempos de contato necessários para inativar uma variedade de microrganismos:

Microrganismo	mg/1 de dióxido de cloro (ppm)	Tempo de contato	Inativação (%)
Staphylococcus aureus	1	60 seg.	99,999
Escherichia coli	0,15	300 seg.	99,9
Escherichia coli	0,25	60 seg.	>99,999
Streptococcus faecalis	1	15 seg.	>99,999
Lactobacillus brevis	0,15	300 seg.	99,9
Lactobacillus brevis	1	300 seg.	>99,999
Pseudomonas aeruginosa	1	60 seg.	>99,999
Saccharomyces diastaticus	0,15	10 min.	99,9
Saccharomyces diastaticus	1	1 min.	>99,999
Saccharomyces cerevisiae	0,5	10 min.	>99,999
Saccharomyces cerevisiae	1	1 min.	>99,999
Penicillium expansum	0,5	60 min.	99,99
Penicillium expansum	2	20 min.	99,999

O dióxido de cloro, ao contrário do cloro, não forma clorofenóis e trihalometanos. Possui ação desinfetante mesmo em faixas de pH mais elevadas. Pode também ser eliminado por meio de raios ultra-violeta, dispensando o uso de carvão ativado.

#### A utilização de ultravioleta na desinfecção da água

O método de desinfecção por ultravioleta envolve a exposição de um filme de água (120 a 300 mm) à luz ultravioleta produzida por lâmpadas específicas.

Tais lâmpadas produzem luz ultravioleta, em um comprimento de onda de 253,7 nanômetros que é conhecida por sua habilidade de destruir microrganismos como vírus, bactérias e mofos.

A luz UV tem sido utilizada com segurança em hospitais, clínicas, laboratórios e nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, cosméticas, laticínios e outras durante mais de cinquenta anos.

As lâmpadas mais modernas e compactas são mais avançadas tecnologicamente, produzem uma quantidade maior de UV-C, são mais duráveis e têm maior vida útil. A dosagem de UV pode ser fornecida pela fórmula:

Dosagem (mJ/cm<sup>2</sup>) = intensidade (mW/cm<sup>2</sup>) x tempo (seg)

A intensidade é determinada pela lâmpada UV e o tempo, pelo período que o fluido ou superfície é exposta à energia UV. Alguns fatores que afetam o uso de UV:

- Fluxo de água
- Qualidade da água (sólidos dissolvidos e em suspensão).
- Concentração e tipos de microrganismos

O UV não afeta o pH, cor, gosto ou odor e não tem nenhum efeito negativo sobre a estabilidade do produto. Como não deixa resíduo, é necessária a dosagem de um agente desinfetante que permita uma proteção mais longa à água.

O uso de UV pode também servir para decompor o ozônio residual no tratamento de água e pode, por exemplo, eliminar microrganismos contaminantes da água de diluição (blendagem) da cerveja high-gravity.

A filtração por carvão ativado permite a eliminação de qualquer turvação presente na água, assim como compostos orgânicos, produtos de oxidação e ozônio não utilizado.

Para uma eventual filtração posterior, pode-se utilizar filtros de cartucho ou bag, com a micragem adequada para cada processo.

#### Serviço:

Matthias Rembert Reinold  
 Mestre Cervejeiro Diplomado  
[www.cervesia.com.br](http://www.cervesia.com.br)