



## I-112 - UTILIZAÇÕES DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

**Luiz Alberto Cesar Teixeira<sup>(1)</sup>**

Professor Associado da PUC-Rio em Enga. de Materiais e Enga. Ambiental.; MSc; PhD. Consultor da Peróxidos do Brasil Ltda (Grupo SOLVAY).

**Moacir Mondoni<sup>(2)</sup>**

Gestor Comercial, Químico Industrial, Peróxidos do Brasil Ltda. (Grupo SOLVAY)

**Ulisses Rogério da Silva<sup>(2)</sup>**

Gestor Comercial, Químico Industrial, Peróxidos do Brasil Ltda. (Grupo SOLVAY)

**Afonso Shoit Matsura<sup>(2)</sup>**

Gestor Comercial, Eng. Qui., Peróxidos do Brasil Ltda. (Grupo SOLVAY)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Marques de S. Vicente, 225 / 501 L, Gávea, Rio de Janeiro, 22453-900, RJ, Brasil e-mail: [teixeira@puc-rio.br](mailto:teixeira@puc-rio.br)

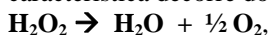
### RESUMO

No presente trabalho são apresentadas e discutidas as características físico-químicas e reacionais do peróxido de hidrogênio e suas mais recentes técnicas de aplicação em processos de tratamento de água para consumo humano.

As técnicas de aplicação atualmente empregadas são:

- Pré-oxidação em reservatórios visando principalmente ao controle de cianobactérias.
- Pré-oxidação em pontos de captação visando ao controle de moluscos.
- Pré-oxidação em ETAs visando à oxidação de ferro, manganês e matéria orgânica dissolvida.
- Pré-oxidação Avançada em ETAs visando à oxidação de tensoativos e micro-contaminantes.

O Peróxido de Hidrogênio é considerado um produto químico limpo, por não deixar elementos e resíduos contaminantes e persistentes no meio ambiente após a sua utilização em processos industriais. Essa característica decorre do mesmo estar continuamente sujeito à reação espontânea de auto-decomposição:



a qual libera para o ambiente apenas água e oxigênio como resíduos finais.

Comparado com outros oxidantes utilizados no tratamento de água potável, verifica-se que o peróxido de hidrogênio além de não deixar elementos estranhos à água, evita a formação de THMs, não oxida brometo a bromato e remove uma ampla gama de contaminantes naturais e sintéticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** água para consumo humano; tratamento de água; peróxido de hidrogênio; oxidação avançada

### INTRODUÇÃO

O peróxido de hidrogênio vem sendo utilizado de forma regular, desde 2000, no Brasil, Estados Unidos, alguns países da Europa e Japão, no tratamento de água para consumo humano. A Solvay / Peróxidos do Brasil desde essa época vem trabalhando conjuntamente com as principais empresas brasileiras de águas no sentido de investigar, aprender, desenvolver, e otimizar o uso de processos peroxidativos no tratamento de águas, visando a trazer benefícios em termos de melhoria da qualidade da água produzida e redução de custos de tratamento.

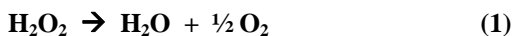
### CARACTERÍSTICAS DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

O peróxido de hidrogênio apresenta as seguintes características relevantes para utilização em operações de tratamento de águas:

- fórmula química:  $\text{H}_2\text{O}_2$ .
- ácido muito fraco:  $\text{pK}_a = 11.7$
- oxidante potente:  $e_{\text{H}}^{\circ} = 1.8 \text{ V}$  (para comparação: para o  $\text{O}_2$  o  $e_{\text{H}}^{\circ} = 1.2 \text{ V}$ ).



- substância que não agrega elementos contaminantes à água.
- substância não persistente no meio ambiente, decompõe-se espontaneamente em água e oxigênio de acordo com a reação:



- produto aprovado nos Estados Unidos para tratamento de água potável pela ANSI/NSF standard 60, autorizado também em países da Europa.
- produto fabricado no Brasil em grande escala.
- disponibilidade industrial: soluções com água com até 70 % em peso de  $\text{H}_2\text{O}_2$ .
- apresentação comercial: bombonas de 50 L, IBC's de 1000 L, isotanques 20 m<sup>3</sup> e tanques-carretas.
- aplicações mais tradicionais do peróxido de hidrogênio: branqueamento de polpa de celulose; branqueamento de fibras têxteis; desinfecção.

## REMOÇÃO DE CONTAMINANTES DISSOLVIDOS

Na Tabela 1 são apresentadas de maneira condensada as reações químicas entre o peróxido de hidrogênio e possíveis contaminantes dissolvidos encontrados em águas, além de organismos vivos, metabólitos e produtos de sua inativação.

As possibilidades listadas na Tabela 1 indicam uma ampla capacidade de remoção de contaminantes ou sua transformação em subprodutos de muito baixa ou nenhuma toxicidade. Alguns contaminantes tais como os precursores de THMs necessitam oxidação avançada para serem parcial ou totalmente oxidados. A simples oxidação direta com  $\text{H}_2\text{O}_2$  e com outros oxidantes usuais não é potente o suficiente.

A aplicação do peróxido conduz à remoção de ferro e manganês por precipitação oxidante dos hidróxidos. Sulfeto, sulfito e nitrito são oxidados a sulfato e nitrato. Hipoclorito e bromato são reduzidos a cloreto e brometo não tóxicos.

Destaque cabe atualmente aos chamados micro-contaminantes. Esta é uma classificação de substâncias que ocorrem em mananciais impactados por despejos industriais, urbanos e agrícolas, e que mesmo em concentrações da ordem de ppb podem a longo prazo causar danos à saúde do consumidor. Estas substâncias abrangem medicamentos e metabólitos, hormônios e pesticidas, e incluem substâncias que atuam como interferentes endócrinos.

Somente os processos de oxidação avançada, além de em parte o ozônio, têm potência para oxidar eficientemente essas substâncias. Entretanto, esses processos formam bromato a partir de íons brometo naturalmente presentes nos mananciais. Mas, uma solução é a combinação com peróxido para reverter esse problema, conforme discussão mais à frente.

No que toca a organismos vivos, o peróxido tem capacidade de inativar uma ampla gama de espécies aquáticas, dependendo da concentração e tempo de contacto (Ct). Entretanto, cabe notar que nesse aspecto o cloro, o ozônio e os processos de oxidação avançada são mais eficazes.



Tabela 1: Possíveis Reações do Peróxido de Hidrogênio com contaminantes aquosos

Aplicação	Reação
Remoção de Ferro (Oxidação / Precipitação):	$\text{Fe}^{2+} + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 (\text{s})$
Remoção de Manganês (Oxidação / Precipitação):	$\text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{MnO}_2 (\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}$
Remoção de Arsênio (Oxidação / Precipitação):	$\text{AsO}_2^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{AsO}_4^{3-}$ $2 \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}^{3+} + \text{AsO}_4^{3-} \rightarrow \text{FeAsO}_4 (\text{s})$ $\text{Ca}^{2+} + \text{AsO}_4^{3-} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2 (\text{s})$
Remoção de Selênio (Oxidação / Precipitação):	$\text{Ca}^{2+} + \text{SeO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{CaSeO}_4 (\text{s}) + \text{H}_2\text{O}$
Remoção de Matéria Orgânica Natural ou Sintética e Micro-Contaminantes (Oxidação Simples e/ou Avançada):	$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z + w (\text{H}_2\text{O}_2 \text{ ou } \text{HO}^\cdot) \rightarrow a \text{CO}_2 + b \text{H}_2\text{O}$
Oxidação de Sulfeto e $\text{H}_2\text{S}$	$\text{H}_2\text{S} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}^+$ $\text{HS}^- + 4 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$ $\text{S}^{2-} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}_2\text{O}$
Oxidação de Sulfito:	$\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
Oxidação de Nitrito:	$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$
Redução de Hipoclorito:	$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
Redução de Bromato:	$\text{BrO}_3^- + 3 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Br}^- + 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{O}_2$

**Organismos Vivos e Metabólitos:**

Controle de Cianobactérias (Algas Verdes-Azuis) (Oxidação):	Baixas dosagens de $\text{H}_2\text{O}_2$ aplicado diretamente sobre o espelho d'água de reservatórios evita a proliferação de cianobactérias tóxicas.
Remoção de MIB e Geosmina (Oxidação Avançada):	Em termos de oxidação química, apenas os processos de oxidação avançada são capazes de remover MIB e Geosmina.
Remoção de Toxinas Extracelulares (Oxidação Avançada):	Em termos de oxidação química, apenas os processos de oxidação avançada são capazes de oxidar as toxinas dissolvidas.
Controle de moluscos mexilhão dourado (Oxidação):	Baixas dosagens de $\text{H}_2\text{O}_2$ conjugadas a condições hidrodinâmicas podem evitar a proliferação do mexilhão dourado em reservatórios dutos e equipamentos.



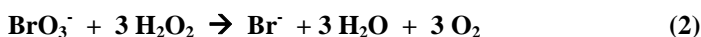
## SUBPRODUTOS DE OXIDAÇÃO

Quanto ao potencial de formação de subprodutos tóxicos de desinfecção, duas situações merecem análise: a aplicação direta do peróxido em reações redox simples; e a assim chamada oxidação avançada em que a ativação do peróxido pode-se dar com íons  $\text{Fe}^{2+}$  (Fenton), radiação ultravioleta, ou ozônio. No primeiro caso, mesmo na presença de cloreto ou brometo no manancial, como o peróxido não gera cloro ou bromo, o peróxido em si não agregará potencial para formar THMs. Já no segundo caso, com a geração de radical hidroxila, um intermediário oxidante mais potente do que o peróxido e o ozônio, e que tem  $e_H^0 = 2.8 \text{ V}$ , isso pode ocorrer. Entretanto, em não havendo o uso de cloro em etapa de pré-oxidação, a contribuição para geração de THMs nesses casos ficaria limitada pela concentração dos halogenetos do manancial presentes na água bruta.

Em ambos os casos, a similaridade do  $\text{H}_2\text{O}_2$  (aplicado diretamente ou ativado em forma de radical hidroxila ( $\text{HO}^\bullet$ )) com o ozônio (que na sua aplicação em água também passa a peróxido e também pode ser ativado a hidroxila), não sugere a possibilidade de formação de sub-produtos diferentes daqueles que já são conhecidos em águas tratadas por ozonização em ETAs há mais de 100 anos na Europa e Estados Unidos.

Um subproduto de desinfecção em especial, o bromato, merece destaque. O uso de peróxido de hidrogênio no tratamento evita – e até reverte, a conversão de brometo (do manancial) em bromato.

O valor máximo permitido para bromato em água para consumo humano que era nos Estados Unidos, na União Européia, no Japão e (ainda é) no Brasil 25 ppb, foi por volta de 2005 reduzido naqueles países para 10 ppb. Em decorrência da nova regulamentação, algumas ETAs em que havia pré-oxidação com ozônio (o ozônio oxida o brometo do manancial a bromato), tiveram que se adaptar aos novos limites. Para essas, a solução simples foi agregar  $\text{H}_2\text{O}_2$  à (e/ou à saída da) ozonização (1,2) de modo que o  $\text{H}_2\text{O}_2$  excedente dessa etapa reduzisse o bromato formado de volta ao estado não tóxico de brometo, conforme a reação:



O valor de  $\Delta G^\circ$  dessa reação a 25 °C, calculado no presente trabalho, é de  $\Delta G^\circ = -103.3 \text{ kcal/mol}$ , a qual corresponde a uma constante de equilíbrio de valor  $K = 5.4 \times 10^{+75}$ , o que confirma a viabilidade termodinâmica da reação.

## APLICAÇÕES ATUAIS EM TRATAMENTO DE ÁGUA

O Brasil é pioneiro no desenvolvimento e implantação em grande escala de boa parte das seguintes principais aplicações atualmente em uso:

1. Pré-oxidação em reservatórios visando principalmente ao controle de cianobactérias.
2. Pré-oxidação em pontos de captação visando ao controle de moluscos.
3. Pré-oxidação em ETAs visando à oxidação de ferro, manganês e matéria orgânica dissolvida.
4. Pré-oxidação Avançada em ETAs visando à oxidação de tensoativos e micro-contaminantes.

### Pré-Oxidação e Controle de Algas em Reservatórios

O grande problema da floração de microalgas cianofíceas em rios e reservatórios utilizados para captação de água é bem conhecido e referenciado por Brandão e Azevedo (4). No passado, em todo o mundo, a aplicação de sulfato de cobre era o principal meio de controle de floração de algas, entretanto, não era particularmente eficaz para variedades morfológicas filamentosas, e, além disso, não podia ser considerado como uma tecnologia limpa por introduzir íons cobre na água sob tratamento.

A partir de 2003, a SABESP inovou e passou também a aplicar preventivamente sobre o espelho d'água dos reservatórios que abastecem a grande S. Paulo o peróxido de hidrogênio para esse fim (3). Com essa nova técnica, quando sob condições ambientais que possam desencadear florações, tornou-se possível limitar o emprego do sulfato de cobre para o controle de apenas algumas espécies insensíveis ao peróxido. A grande redução na carga de sulfato de cobre trouxe menor custo operacional. Além disso, com a aplicação do peróxido passou-se a antecipar a pré-oxidação de substâncias orgânicas e inorgânicas tais como o ferro e



manganês. E isso ainda causou redução ou até eliminação da necessidade do uso de carvão ativado e de pré-oxidantes dentro da ETA.

A aplicação do peróxido no reservatório é simples, feita por embarcação que carrega um contentor plástico de 1000 L do produto, e descreve uma rota de distribuição uniforme sobre uma grande área. O cálculo de dosagem (tipicamente situa-se na faixa 0.3 a 1 ppm  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) é feito para cada caso pelos biólogos das companhias de águas os quais investigam a resposta das espécies de cianofíceas presentes na água a diferentes dosagens de  $\text{H}_2\text{O}_2$  durante períodos de tempo (horas) compatíveis com as dimensões e a hidrodinâmica do reservatório objeto do tratamento.

### **Pré-Oxidação em Pontos de Captação para Controle do Mexilhão Dourado**

Trazido da Ásia em águas de lastro de navios, o molusco *Limnoperna Fortunei*, denominado vulgarmente mexilhão dourado vem avançando pelo sul do Brasil, tornando-se desde 1999 um problema visível nas águas do Guaíba e de outros rios do sul do País. O molusco vem incrustando superfícies de materiais em contato com as águas infestadas e causando transtornos de entupimento de adutoras e tubulações, além de equipamentos diversos tais como turbinas de usinas hidroelétricas, trocadores de calor em sistemas de resfriamento, decantadores e filtros.

Diversos tratamentos corretivos vêm sendo investigados pelas empresas afetadas. O DMAE de Porto Alegre já reporta o sucesso do emprego do peróxido aplicado na captação da água da ETA do Menino Deus (12). Atualmente encontra-se em fase de teste industrial em colaboração entre a Solvay – Peróxidos e a CORSAN em Porto Alegre, a aplicação de dose de 1 ppm  $\text{H}_2\text{O}_2$  no ponto de captação de água como forma de prevenir o desenvolvimento do molusco e sua incrustação desde a adutora até dentro da ETA.

### **Pré-Oxidação Direta em ETAs**

A pré-oxidação direta (sem geração do intermediário hidroxila) em ETAs independentemente do pré-oxidante utilizado geralmente tem por objetivos: a oxidação de ferro e manganês (o que acentua a remoção desses metais por precipitação); a oxidação de matéria orgânica dissolvida (como a que possa causar cor, gosto ou odor objetáveis); a melhoria na coagulação e floculação de material coloidal, e a pré-desinfecção da água.

Convencionalmente, o cloro vinha sendo o pré-oxidante mais utilizado em ETAs. No entanto, desde que se associou ao cloro o potencial de formação de subprodutos tóxicos – tais como os THMs, outras alternativas de pré-oxidantes têm sido buscadas.

Até então, o mais bem sucedido oxidante alternativo ao cloro tem sido o ozônio, amplamente empregado nos países da União Européia e nos Estados Unidos. É um oxidante potente, não contaminante e não persistente no ambiente, além de muito eficaz. No entanto carrega um custo elevado de investimento nas instalações, além de alto custo operacional.

Já o peróxido de hidrogênio, apesar de não ser igualmente tão forte, pode ser ativado em processos de oxidação avançada e daí se tornar ainda mais potente que o ozônio, porém com custo menor. E para situações de pré-oxidação em que não haja necessidade de condições oxidantes extremas, torna-se bem mais simples e de baixo custo a pré-oxidação com peróxido. A principal vantagem de se substituir cloro por peróxido na pré-oxidação é a redução na carga de cloro aplicada à água e a conseqüente geração de THMs.

As Figuras 1 e 2 mostram os diagramas eH x pH para os sistemas das espécies de Fe e Mn em água. Os diagramas revelam que na faixa de pH de 6 a 9, é necessário oxidar o  $\text{Fe}^{2+}$  ao estado 3+ para que o mesmo precipite como hidróxido – já que não se consegue pela simples precipitação do hidróxido ferroso alcançar uma [Fe] residual < 0.3 mg/L. Analogamente, para o manganês, o diagrama mostra que também para se conseguir uma [Mn] residual < 0.1 mg/L é necessário oxidar o  $\text{Mn}^{2+}$  de modo a precipitar o  $\text{MnO}_2$ , já que nessas baixas concentrações o  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  não é suficientemente insolúvel.

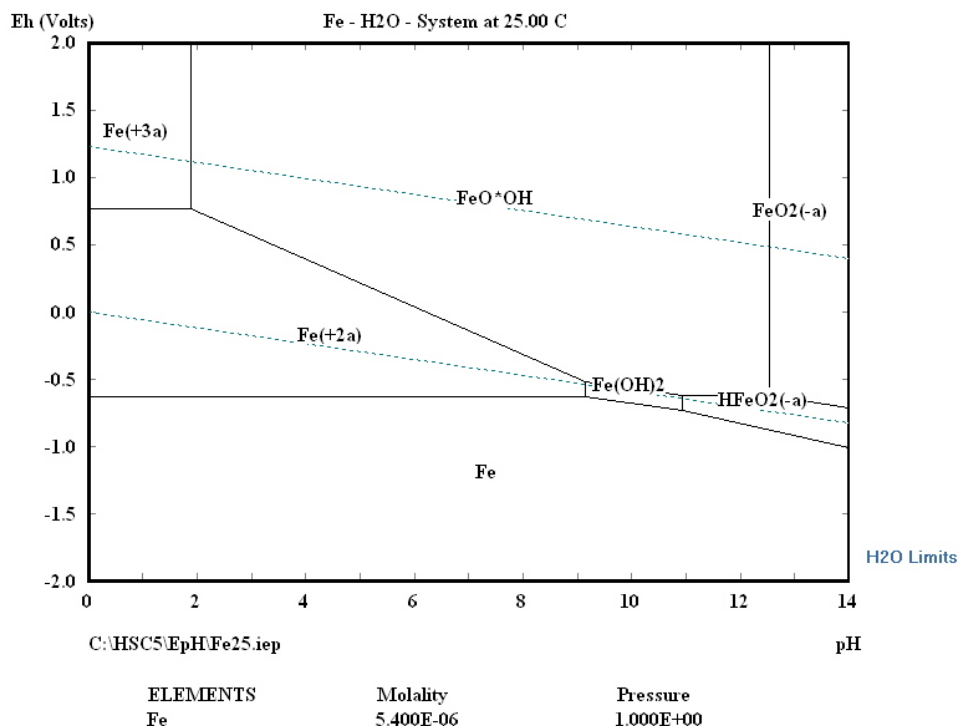


Figura 1: Diagrama  $e_H$  x pH do sistema de espécies de Fe em água ( $[Fe] = 0.3 \text{ mg/L} = 5.4 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ )

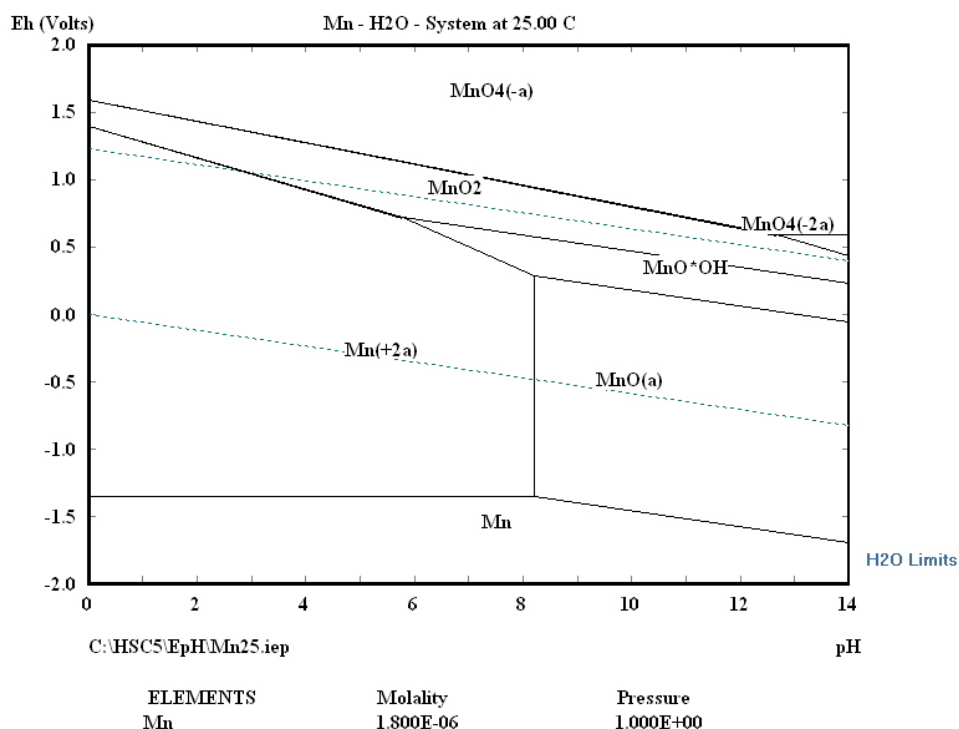
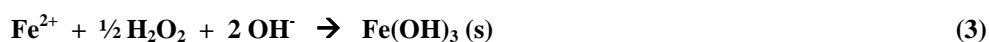
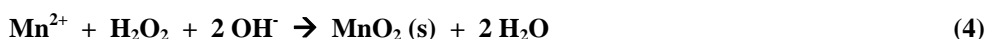


Figura 2: Diagrama  $e_H$  x pH do sistema de espécies de Mn em água ( $[Mn] = 0.1 \text{ mg/L} = 1.8 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ )

As reações de remoção desses metais com o peróxido são as seguintes:







Desenvolvimentos conjuntos entre a Solvay – Peróxidos e a EMBASA já levaram à adoção do peróxido - em dosagem de 0.7 ppm para substituir cloro em dosagem de 1 ppm, na pré-oxidação de uma das grandes ETAs que abastecem a cidade de Salvador (Figura 3).



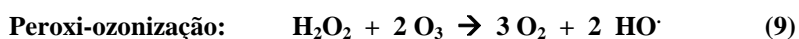
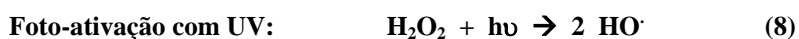
**Figura 3: Aplicação de peróxido de hidrogênio na pré-oxidação em ETA.**

### Pré-Oxidação Avançada em ETAs

As operações baseiam-se na ativação do peróxido de hidrogênio para formar radical hidroxila, de acordo com as reações a seguir. Uma vez formada a hidroxila, a mesma atua sobre os contaminantes oxidáveis – com potência oxidante superior à do peróxido:



A segunda reação, também conhecida como *Fenton-like*, em que o  $\text{Fe}^{2+}$  é regenerado a partir do  $\text{Fe}^{3+}$  formado na primeira, pode ser conseguida por simples iluminação com radiação ultravioleta também, conduzindo ao que é denominado de processo Foto-Fenton, de acordo com:



Duas situações de remoção de contaminantes em ETAs vêm sendo tratadas pelo peróxido de hidrogênio em processos de oxidação avançada: a remoção de tensoativos (no Brasil); e a remoção de microcontaminantes (Estados Unidos e Europa).



No caso do Brasil, a operação foi desenvolvida e implantada pela SABESP (5) e consiste da aplicação do peróxido ativado pelo sistema Fenton em águas brutas de difícil tratabilidade para assegurar que a concentração de tensoativos na água tratada situe-se abaixo do limite permitido de 0.5 ppm.

O processo pode ser conduzido no próprio canal da captação através da adição dos seguintes reagentes:

HCl ou  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para baixar o pH para a faixa 3.5 – 4;

$\text{FeCl}_2$  ou  $\text{FeSO}_4$  em solução para prover 10 ppm de  $\text{Fe}^{2+}$  ;

$\text{H}_2\text{O}_2$  50% para prover 5 ppm de  $\text{H}_2\text{O}_2$ ;

em tempo de retenção de no mínimo 5 minutos. Em seguida adiciona-se leite de cal para recuperar o pH para cerca de 7, e a partir daí segue-se a sequência de tratamento convencional.

Na França, na ETA de Metz, desde 2005 o peróxido de hidrogênio foi acoplado à ozonização para reduzir os níveis de bromato formado pelo ozônio (10). Igualmente, as três ETAs que abastecem a cidade Paris acoplaram o peróxido à ozonização existente com a finalidade de destruir traços de pesticidas na água (11).

Os casos que já apontam uma nova tendência de tecnologia de tratamento nos Estados Unidos e Europa envolvem a foto-ativação do peróxido com radiação ultravioleta. Essa tecnologia está incorporada nas três mais novas ETAs desses países e foi levada à escala industrial pela TrojanUV em colaboração com cada cliente (9).

Na Holanda, as duas novas ETAs da PWN de Andijk e Heemskerk (7), captam água na foz do rio Reno ao final de uma travessia por grande parte do continente europeu em que o rio recebe descargas de efluentes e esgotos tratados além de lixiviados e carreados superficiais de defensivos agrícolas e fertilizantes das áreas agrícolas da grande bacia.

A tecnologia empregada é de uma sequência convencional de coagulação, floculação, decantação e filtração, seguida por adição de 6 ppm de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , iluminação por total de 4 segundos em quatro foto-reatores em série (Figura 4) com lâmpadas UV de média pressão, seguido de uma passagem em coluna de carvão ativado granular, e desinfecção final com dióxido de cloro.

Mais recentemente, em 2008, nos Estados Unidos, no condado de Orange (CA), foi inaugurada a primeira ETA do mundo que trata esgoto para produzir água para consumo humano (8). O processo inicia-se com a sequência convencional de coagulação, floculação, decantação e filtração rápida, seguida por micro-filtração e osmose reversa, e se conclui com a adição de peróxido ativado em foto-reatores com UV.



**Figura 4: Um dos quatro foto-reatores em série na aplicação de peróxido de hidrogênio foto-ativado com UV em ETA da PWN (Holanda).**





## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização em larga escala do Peróxido de Hidrogênio no tratamento de água potável, é relativamente recente e vem crescendo em várias regiões. Desde o ano 2000, em países como os Estados Unidos, França, Holanda, Japão e Brasil, aplica-se o produto em reservatórios e ETAs. Atualmente no Brasil, mais de 20 milhões de pessoas já são diariamente atendidas, consumindo água potável de estações que aplicam peróxido de Hidrogênio na pré-oxidação, controle de algas e remoção de tensoativos.

As operações em escala industrial já estabelecidas no Brasil e em outros países têm, dependendo dos contaminantes contidos em cada manancial, revelado benefícios em:

- Melhoria do gosto e odor da água.
- Diminuição da carga de cloro na água.
- Diminuição da formação de trihalometanos.
- Remoção de micro-contaminantes.
- Redução no consumo de coagulantes e floculantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MIYAGAKI, T., Bromate Formation and its Control in Advanced Water Treatment System, Bureau of Waterworks, Tokyo Met. Gov, Japan, 2006
2. La Qualité de L'Eau du Robinet, CENTRE D'INFORMATION SUR L'EAU, Document CIEAU, France, 2007
3. RIVELINO, V.O., RIVELINO, O., SOUZA, W.F.R., MONDONI, M., TEIXEIRA, L.A.C., "The use of Hydrogen Peroxide as Algaecide", VII Intl Conf on Toxic Cyanobacteria, Rio de Janeiro, September, 2008, pg 64
4. BRANDÃO, C.C.S. e AZEVEDO, S.M.F.O, Cianobactérias tóxicas: Impactos na Saúde Pública e Processos de Remoção em Água para Consumo Humano, Relatório do MS/FUNASA, Brasília, 2001
5. SABESP – Companhia de Saneamento Básico de Estado de São Paulo, Edital do Pregão SABESP ONLINE CSS 33.193/06, baixado de [http://www.jacoby.pro.br/ED33193\\_06.pdf](http://www.jacoby.pro.br/ED33193_06.pdf), em 14/5/2009
6. EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento, INFOOPE OM-PQGF 2005, baixado de [http://www.embasa.ba.gov.br/download/infoope\\_OM-PQGF2005.pdf](http://www.embasa.ba.gov.br/download/infoope_OM-PQGF2005.pdf), em 14/5/2009
7. KRUTHOF, J.C., KAMP, P.C. and BELOSEVIC, M., UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-treatment: the ultimate solution for pesticide control and disinfection, Water Supply Vol 2 No 1 pp 113–122 © IWA Publishing 2002
8. ROYTE, E., A Tall, Cool Drink of ... Sewage ?, baixado de <http://www.nytimes.com/2008/08/10/magazine/10wastewater-t.html?pagewanted=print>, em 15/5/2009
9. WILLIAMS, G., KAMP, P, KRUTHOF, J., Advanced Oxidation for Organic Contaminant Control at PWN's Andijk Water Treatment Plant – UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – GAC Pilot Scale Experience, IOA 17th World Ozone Congress – Strasbourg 2005
10. Meirie de Metz, METZ INVESTIT DANS UNE EAU DE QUALITE !, baixado de [http://www.mairie-metz.fr/METZ/ENVIR/ENVIR\\_EAU.html](http://www.mairie-metz.fr/METZ/ENVIR/ENVIR_EAU.html), em 15/5/2009
11. GALEY, C., PASLAWSKI, D., Reporte Compagnie Générale des Eaux, Revue L'Eau, Industrie, les Nuisances, n. 161, pg. 46-49, 2005
12. SOVERAL, C., WOLFF, M.L., DMAE investe em tecnologia para garantir qualidade de água, Revista Ecos, no. 26, Agosto, 2007, pg 18-23

## ABREVIATURAS

ETA	Estação de Tratamento de Água
THM	Trihalometano
UV	ultravioleta