

# TRATAMENTO DE ÁGUAS DE REFRIGERAÇÃO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO<sup>1</sup>

Fernando Antonio Serrapio Peres<sup>2</sup>  
Luiz Alberto César Teixeira<sup>3</sup>  
Lídia Yokoyama<sup>4</sup>  
Marco Antônio Lemos Miguel<sup>5</sup>

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência do cloro e do peróxido de hidrogênio, utilizados em dosagens de 2 e 6 ppm como biocidas no tratamento de água de circuito de refrigeração de uma indústria siderúrgica. A contaminação microbiológica desta água foi medida sem a adição dos biocidas e com a adição de cloro e peróxido de hidrogênio, permitindo assim comparar o desempenho destas substâncias no combate aos grupos bacterianos presentes na água. Foi realizado também um estudo sobre o efeito corrosivo destas substâncias através de testes de corrosão em aço carbono 1020, os quais permitiram avaliar a taxa de corrosão por perda de massa provocada pela aplicação destes produtos na água. Os resultados mostraram que o peróxido de hidrogênio possui uma ação biocida satisfatória para aplicações em águas de resfriamento, comparável à do cloro. Foi constatado que o efeito biocida do peróxido de hidrogênio pode ser afetado pela presença de impurezas dissolvidas na água e é pouco influenciada pelo pH. Os ensaios de corrosão revelaram que o peróxido de hidrogênio provoca um efeito corrosivo também comparável ao do cloro no material testado.

**Palavras-chave:** Corrosão; Desinfecção; Aço carbono; Peróxido de hidrogênio.

## OPTIMIZATION OF POWER AND STEAM GENERATION PROCESS

### Abstract

The aim of this research was to study the effectiveness of hydrogen peroxide as a disinfectant in cooling waters in comparison to chlorine in different operational conditions. The experiments were carried out using a water sample from a cooling water system of a steelmaking plant. The microbial contamination of this water sample was measured without adding any disinfectant. After that, water samples were treated by addition of hydrogen peroxide and chlorine, in order to compare and evaluate the efficiency of the two biocides to control bacterial growth in water. Besides microbiological tests, experiments were conducted to compare the degree of corrosion caused by the addition of hydrogen peroxide and chlorine in water. The experimental methodology employed 1020 carbon steel specimens, and corrosion rates were measured by weight loss determination after the period of exposure to oxidant's doses of 0; 2 and 6 ppm. The results showed that the application of hydrogen peroxide leads to satisfactory bacterial control comparable to that of chlorine. The efficiency of hydrogen peroxide is affected by dissolved pollutants in water. Evaluation of corrosion rates showed that hydrogen peroxide causes basically the same corrosion rates than chlorine.

**Key words:** Slime; Corrosion; Carbon steel; Hydrogen peroxide.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao XXVII Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades da ABM e XXI Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, Porto Alegre, RS, 16 a 18 de agosto de 2006.

<sup>2</sup> Engenheiro Químico pela Universidade Federal Fluminense. Engenheiro Sanitarista pela Fundação Oswaldo Cruz. Mestre em Engenharia Metalúrgica pela PUC-Rio.

<sup>3</sup> PhD em Metalurgia Extrativa pela University of London. Professor Associado do Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia da PUC-Rio. Consultor da Solvay – Peróxidos do Brasil Ltda.

<sup>4</sup> DSc em Química pela PUC-Rio. Professora do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química da UFRJ.

<sup>5</sup> DSc em Microbiologia pela UFRJ. Professor do Departamento de Microbiologia Médica da UFRJ.

## 1 INTRODUÇÃO

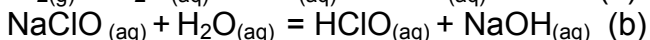
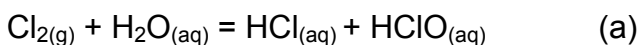
Os microrganismos habitantes dos sistemas de resfriamento de água industrial podem afetar de modo adverso a eficiência de operação nestes sistemas, seja pela quantidade, por seus produtos metabólicos ou pela formação de depósitos.

Como resultado da atividade microbiológica nas águas de resfriamento, ocorre o acúmulo de limo bacteriano (biofilme), o qual com o decorrer do tempo, causará problemas de corrosão, obstrução e diminuição da eficiência de troca térmica nos equipamentos.

Dentre as estratégias aplicadas para prevenção e remoção do biofilme, a mais comum é a adição de substâncias biocidas capazes de eliminar e/ou inibir a reprodução de microrganismos nas águas de resfriamento. Os biocidas são compostos químicos que atuam de diversas formas inibindo o crescimento e a atividade metabólica microbiana.

Os biocidas podem atuar sobre os microrganismos através de diferentes modos. Alguns modificam a permeabilidade da parede celular, alterando processo vitais que permitem a sua reprodução. Outros reagem irreversivelmente com enzimas do microrganismo, interferindo em todo o seu metabolismo, até provocar a sua morte.<sup>(1)</sup>

A maioria das indústrias utiliza o cloro como biocida no tratamento de águas de resfriamento, tanto na forma gasosa ( $\text{Cl}_2$ ) como na forma líquida, através da adição do hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ). O cloro mostra-se extremamente eficaz na redução da contaminação microbiana em águas de resfriamento. Sua ação biocida está baseada na formação do ácido hipocloroso, formado pelas reações (a) e (b):



O ácido hipocloroso formado, dependendo do pH, dissocia-se gerando  $\text{H}^+$  e íon hipoclorito  $\text{ClO}^-$ . O processo de cloração deve ser efetuado numa faixa de pH onde predomine o ácido hipocloroso. O íon hipoclorito também possui ação biocida, porém com poder muito menor. Logo, à medida que o pH da água aumenta, o poder do cloro de oxidar e desinfetar diminui. Através da Figura 1 é possível observar a distribuição destas espécies em função do pH.

O cloro apresenta a desvantagem de gerar subprodutos que podem diminuir a sua eficiência no combate aos microrganismos e que podem ser tóxicos ao corpo d'água que irá receber as descargas do sistema de resfriamento. Além disso, o cloro é um composto oxidante e tende a provocar a incidência de processos corrosivos nos sistemas de resfriamento.

O peróxido de hidrogênio é um produto muito utilizado no tratamento de águas e efluentes industriais. Apresenta uma alta eficiência como bactericida e algicida e apresenta a vantagem de não gerar subprodutos tóxicos. Porém, ainda é muito pouco utilizado isoladamente como biocida no tratamento de águas de resfriamento.

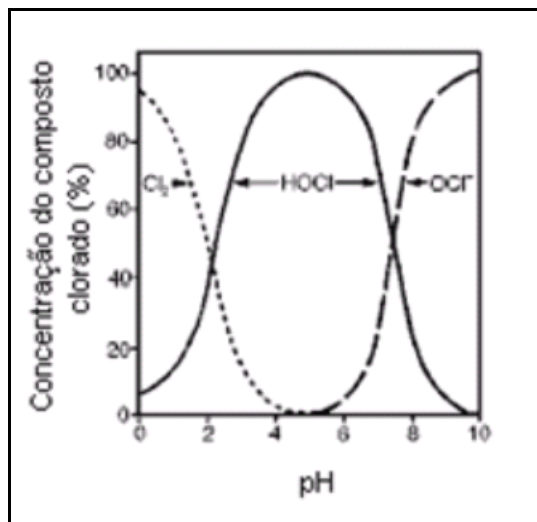
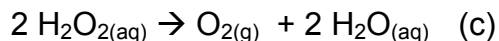


Figura 1. Diagrama de distribuição do cloro em meio aquoso.<sup>(2)</sup>

O peróxido de hidrogênio apresenta como vantagens o menor custo em relação aos biocidas clorados e o fato de se decompor formando produtos inócuos na água. A sua aplicação é mais simples e mais segura quando comparada ao cloro, podendo ser aplicado diretamente na água através de bombas dosadoras. Por ser um forte oxidante, também causa corrosão de materiais.

Em meio aquoso, o peróxido de hidrogênio decompõe-se gradualmente liberando moléculas de oxigênio e água, como pode ser observado na reação (c):



A primeira etapa da pesquisa teve como objetivo comparar o desempenho do cloro e do peróxido de hidrogênio como biocida em diferentes valores de pH e em diferentes dosagens. Na segunda parte da pesquisa, foram estudadas as taxas de corrosão causadas pelo cloro e pelo peróxido em superfícies de aço carbono AISI 1020, nas mesmas concentrações e valores de pH adotados na primeira parte da pesquisa.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Análise Bacteriológica

Os experimentos de contagem bacteriana foram realizados com o objetivo de examinar a carga microbiana nas amostras de água sem adição de biocidas e quando tratadas com cloro e peróxido de hidrogênio.

A avaliação microbiológica foi feita através do método “Heterotrophic Plate Count”, descrito por Clesceri.<sup>(3)</sup>

Procedeu-se à contagem bacteriana adicionando-se pequenas alíquotas da água a ser analisada em placas de Petri contendo o meio de cultura APC (Agar Padrão de Contagem). As amostras da água de resfriamento foram diluídas de  $10^{-1}$  a  $10^{-5}$  mL em água peptonada e inoculadas em placas de Petri contendo o meio de

cultura. Após esta etapa, as placas foram incubadas em estufa bacteriológica durante 48 horas a 37°C.

A contagem de bactérias foi realizada após o período de incubação contando-se o número de unidades formadoras de colônia (UFC) em cada placa de Petri. Ao final da contagem, multiplica-se o valor encontrado de unidades formadoras de colônias pelo inverso da diluição correspondente. Obteve-se o valor final calculando-se a média de todas as contagens fornecidas em cada diluição.

As amostras de água de resfriamento foram dosadas com concentrações de 2,0 e 6,0 ppm de cloro e peróxido de hidrogênio. Para aplicar estas concentrações dos na água, utilizou-se um fotômetro com sensibilidade para detectar tais concentrações (Merck, Nova 60) e seus indicadores para medir concentração de peróxido de hidrogênio e cloro total dosados nas amostras. O pH foi fixado após a adição dos biocidas, através de um potenciômetro. Os biocidas foram dosados em pH 5,5 e 8,5. O tempo de ação dos biocidas nas amostras foi de 5 horas, tempo de contato que simula a duração de um ciclo de resfriamento em torres industriais. Ao deste período, a decomposição do cloro e do peróxido de hidrogênio foi monitorada realizando-se medidas das concentrações em intervalos de 30 minutos e quando necessário, repondo as dosagens dos biocidas para os valores inicialmente aplicados.

## **2.2 Ensaio DE Corrosão**

A avaliação do efeito corrosivo do cloro e do peróxido de hidrogênio foi realizada através de ensaios de imersão de cupons metálicos de aço carbono 1020 (área de 26,2 cm<sup>2</sup>) em água destilada contendo dosagens de 2,0 e 6,0 ppm dos biocidas em pH 5,5 e 8,5. A taxa de corrosão também foi medida na água sem a adição dos biocidas. Os cupons metálicos foram preparados de acordo com os procedimentos da norma NACE TM 0193-2000<sup>(4)</sup> para testes estáticos de corrosão em temperaturas abaixo de 93°C. Antes de serem testados, os cupons foram polidos com lixa de granulometria 120 com o objetivo de retirar depósitos aderidos à sua superfície. Após o procedimento de limpeza realizado através da imersão em álcool isopropílico e sucessivas lavagens com água desmineralizada e acetona, os cupons foram secados em estufa a 115°C durante aproximadamente 15 minutos. Terminado o processo de limpeza, os cupons foram armazenados em dessecador até o momento de uso.

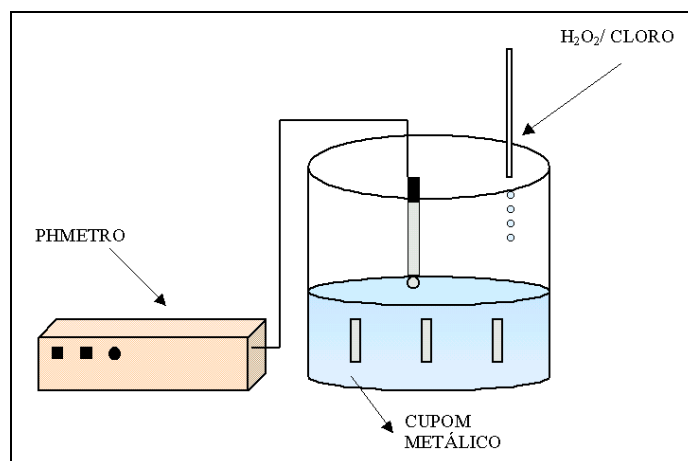
As experiências foram conduzidas em recipientes contendo 4 litros de água destilada dosada com os biocidas. A escolha da água destilada foi feita em função de sua pureza, de modo a evitar a interferência de outros compostos dissolvidos no processo de corrosão. Todos os ensaios foram realizados em temperatura ambiente (25 ± 1°C) e em triplicata.

Antes de serem expostos ao meio corrosivo, os cupons foram pesados ao milésimo de grama em balança analítica (Marte, AL-500) e, só então, utilizados nos experimentos.

As concentrações de 2,0 e 6,0 ppm de cloro total e peróxido de hidrogênio foram reguladas com o auxílio de um fotômetro (Merck, Nova 60). Imediatamente após a adição dos biocidas, o pH em cada recipiente foi ajustado e regulado utilizando-se um potenciômetro (Micronal, B-375). O controle do pH foi mantido até o final em

todas as experiências e acompanhado durante todo o experimento em cada recipiente.

Os cupons foram dispostos internamente nos recipientes plásticos e posicionados de modo a ficarem igualmente expostos ao volume de água dentro do recipiente, como mostra a Figura 2:



**Figura 2.** Aparato experimental para imersão de cupons metálicos em meio corrosivo.

O período de exposição foi de 96 horas e após 48 horas de exposição, as concentrações de cloro total e peróxido de hidrogênio foram medidas. Uma vez que estes compostos sofrem decomposição ao longo do tempo, foi necessário repor as concentrações para os valores iniciais.

Passadas 96 horas de exposição, os cupons foram retirados do recipiente e submetidos ao mesmo processo de limpeza da fase de preparação, visando a remover os produtos de corrosão aderidos na superfície. Após a limpeza, foram secados em estufa e armazenados em dessecador para posterior pesagem e cálculo da perda de massa e taxa de corrosão.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Análise Bacteriológica

Os resultados obtidos mostraram que o peróxido de hidrogênio – face ao erro experimental, apresentou uma eficiência biocida comparável à do cloro nos dois valores de pH testados, como pode se observar na Tabela 1.

Não existe, até o presente momento, nenhuma legislação ou norma internacionalmente aceita que estabeleça um padrão de qualidade para águas utilizadas em processos de resfriamento. Porém alguns autores e empresas na área de tratamento de águas adotam critérios de qualidade a serem seguidos para evitar danos causados pela corrosão, incrustações e crescimento microbológico. Normalmente adota-se como limite máximo de carga microbiana em águas de resfriamento a especificação microbiológica de  $1,0 \times 10^4$  UFC/mL, sendo este valor um consenso entre a maioria dos autores da área.

**Tabela 1.** Resultados obtidos com a aplicação de cloro e peróxido em tempo de contato de 5 horas

Dosagem do biocida (ppm)	Contagem bacteriana H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> pH 8.5 (UFC/mL)	Contagem bacteriana H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> pH 5.5 (UFC/mL) 5 horas	Contagem bacteriana Cloro pH 8.5 (UFC/mL)	Contagem bacteriana com Cloro pH 5.5 (UFC/mL)
0	8.0 x 10 <sup>5</sup>	3.4 x 10 <sup>5</sup>	8.0 x 10 <sup>5</sup>	3.4 x 10 <sup>5</sup>
2	6.2 x 10 <sup>3</sup>	1.1 x 10 <sup>3</sup>	3.3 x 10 <sup>3</sup>	3.8 x 10 <sup>2</sup>
6	1.4 x 10 <sup>3</sup>	7.6 x 10 <sup>2</sup>	2.2 x 10 <sup>3</sup>	1.1 x 10 <sup>2</sup>

Pelos resultados obtidos, pode-se observar que com a adição de ambos os biocidas foi possível reduzir a carga bacteriana na água para um valor menor do que a especificação microbiológica adotada pelas indústrias.

Em relação ao cloro, foi observada uma maior redução da população bacteriana em pH 5,5, reduzindo de 10<sup>5</sup> para 10<sup>2</sup> UFC/mL, enquanto que em pH 8,5, a redução foi de 10<sup>5</sup> para 10<sup>3</sup> UFC/mL. O melhor desempenho do cloro em pH 5.5 deve-se ao fato de que nesta condição o produto está presente em maior quantidade na forma de ácido hipocloroso (HClO), o qual possui um poder biocida maior do que o íon hipoclorito (ClO<sup>-</sup>), que predomina em pH 8,5.

Os resultados do peróxido de hidrogênio sugerem que a sua ação biocida é pouco influenciada pelo pH. Tanto em pH 5,5 como em pH 8,5, a redução foi de 10<sup>5</sup> para 10<sup>3</sup> UFC/mL na população bacteriana presente na amostra, ocorrendo uma redução ligeiramente maior na concentração de 6,0 ppm (de 10<sup>5</sup> para 10<sup>2</sup> UFC/mL).

O peróxido de hidrogênio mostra uma atividade eficaz frente a amplo espectro de microrganismos, porém a presença das enzimas catalase e peroxidase ou de outras enzimas no ambiente intracelular podem aumentar a tolerância do microorganismo na presença deste agente em baixas concentrações, como as utilizadas nos experimentos. Sua atividade pode ser inativada na presença de destas enzimas, o que resulta na degradação do peróxido de hidrogênio em água e oxigênio.<sup>(5)</sup>

Impurezas presentes na água podem interferir na atividade do peróxido de hidrogênio. Vários fatores influenciam a decomposição do peróxido de hidrogênio, tais como temperatura, pH e a presença de impurezas na água, como traços de cobre, manganês e ferro. Normalmente observa-se uma maior tendência de decomposição em valores de pH alcalino.<sup>(6)</sup>

Durante o período em que foi exposta à atmosfera industrial, a água ficou próxima a uma unidade de aciaria. Este processo normalmente gera emissões de material particulado na atmosfera da área industrial, contendo vários metais.

Alguns ensaios preliminares revelaram uma expressiva decomposição do peróxido de hidrogênio quando aplicado nas concentrações de 2,0 e 6,0 ppm na amostra de coletada. Aplicou-se o produto nas duas concentrações em duas amostras da água em pH neutro e após uma hora de ação, foi realizada uma medida da sua concentração na água. Este ensaio mostrou uma redução de 50 % na concentração inicial de 2,0 ppm e uma redução de 62 % sobre a concentração inicial de 6,0 ppm. Em experiências repetidas dosando cloro nas mesmas concentrações observou-se reduções apenas menores do que 10 %. Em água destilada, supostamente isenta de impurezas metálicas, não foi observada decomposição do peróxido de hidrogênio e do cloro no período de 1 hora. A presença de traços de alguns destes metais na água pode ter contribuído para a menor eficiência do peróxido de hidrogênio quando comparado ao cloro nos experimentos realizados.

### 3.2 Ensaios de Corrosão

Para o cálculo da taxa de corrosão foi verificada a perda de massa ocorrida durante o ensaio de corrosão, subtraindo-se da sua massa original a massa após o ensaio. Os cupons foram pesados em balança analítica com precisão de milésimo de grama e o cálculo foi efetuado de acordo com a Norma NACE TM 0193-2000, através da seguinte fórmula:

$$CR = 87,6 W/dat$$

Onde: CR = Taxa de corrosão (mm/y), W = perda de massa (mg), d = densidade do cupom de prova ( $g/cm^3$ ), a = área exposta do cupom de prova ( $cm^2$ ), t = tempo de exposição (horas). De acordo com a Norma NACE TM 0193-2000(4), a densidade do aço carbono AISI 1020 é  $7,86 g/cm^3$ .

As taxas de corrosão foram obtidas em mmy (milímetros de penetração por ano), unidade que indica penetração e profundidade do ataque corrosivo e convertidas em mdd (miligramas por decímetro quadrado de área exposta por dia), que é a unidade mais utilizada no meio industrial, através da fórmula:  $mdd = mmy.d/0,036$ . Para cada dosagem aplicada do biocida, calculou-se a perda de massa média nos cupons de prova e obteve-se assim a taxa de corrosão média em cada condição. Para cada valor médio da taxa de corrosão obtida, foi calculado o desvio-padrão experimental, o qual é definido por Triola<sup>(7)</sup> como sendo a medida da variação dos valores experimentais em relação à média e pode ser calculado pela seguinte fórmula:  $S = [S(Xi - Xm)^2/n-1]^{1/2}$ , onde S é o desvio padrão, Xi o valor experimental, Xm a média e n é o número de valores experimentais.

Para verificar a homogeneidade dos valores, foi calculado o coeficiente de Variação de Pearson (CVP), que é a razão entre o desvio-padrão e a média e fornece uma estimativa da dispersão e variabilidade dos dados. Quanto menor for o valor de CVP, maior será a homogeneidade dos valores obtidos. O CVP pode ser determinado pela fórmula  $CVP = S/Xm \times 100$ .

**Tabela 2.** Efeito corrosivo do peróxido de hidrogênio em pH 5.5 e 8.5.

Concentração do biocida (ppm)	Taxa de corrosão média em pH = 5,5 (mdd)	Desvio padrão em pH = 5,5 (mdd)	CVP (%) em pH = 5,5	Taxa de corrosão média em pH = 8,5 (mdd)	Desvio padrão em pH = 8,5 (mdd)	CVP (%) em pH = 8,5
0	31	4,6	15	31	1,7	5,5
2	36	1,6	4,4	36	3,5	9,7
6	41	5,0	12	40	1,1	2,7

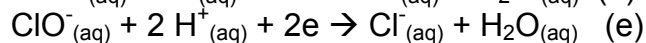
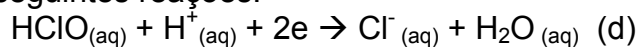
**Tabela 3.** Efeito corrosivo do cloro em pH 5.5 e 8.5.

Concentração do biocida (ppm)	Taxa de corrosão média em pH = 5,5 (mdd)	Desvio padrão em pH = 5,5 (mdd)	CVP (%) em pH = 5,5	Taxa de corrosão média em pH = 8,5 (mdd)	Desvio padrão em pH = 8,5 (mdd)	CVP (%) em pH = 8,5
0	31	4,6	15	31	1,7	5,5
2	34	1,5	4,4	31	1,2	3,9
6	39	4,0	10	35	1,6	4,5

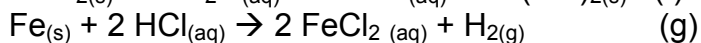
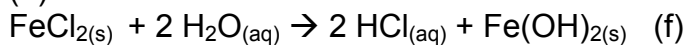
Os resultados obtidos sugerem que os efeitos corrosivos do cloro e do peróxido de hidrogênio no material testado são muito próximos, não permitindo afirmar qual é o produto mais corrosivo.

A aplicação de cloro gerou uma corrosão ligeiramente menor em pH 8,5, possivelmente pela predominância do íon hipoclorito nesta condição, que é um oxidante mais fraco do que o ácido hipocloroso, que predomina em pH 5,5.

O mecanismo de ataque corrosivo do cloro no ferro pode ser observado pelas seguintes reações:



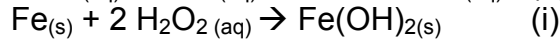
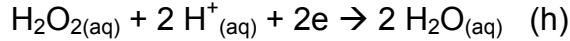
O íon cloreto gerado que ataca o ferro gerando  $\text{FeCl}_2$ . Este sal hidrolisa, gerando ácido clorídrico, que atacará o ferro, como se pode observar pelas reações (6) e (7):



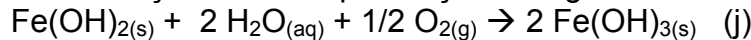


O processo corrosivo prossegue com a hidrólise do  $\text{FeCl}_2$ , gerando mais  $\text{HCl}$ , que atacará o ferro gerando “pites” em sua superfície.

O efeito corrosivo do peróxido de hidrogênio não foi influenciado pelo pH, obtendo-se as mesmas taxas de corrosão nas duas condições. O mecanismo de corrosão do peróxido de hidrogênio segue pelas reações (h) e (i):



Todos os ensaios de imersão foram realizados em meio aerado, sendo assim, deve-se levar em conta o efeito corrosivo do oxigênio no material estudado. O oxigênio ataca o ferro formando uma camada de hidróxido ferroso ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ), que sofre oxidação devido à presença do oxigênio no meio:



A presença do depósito de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , produto de corrosão, foi facilmente observada nos cupons de prova expostos à água com cloro, peróxido de hidrogênio e sem biocida, sendo caracterizada por um depósito de cor castanho escura:



**Figura 3.** Depósitos de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  em cupom de prova após 24 horas de exposição.

## 4 CONCLUSÕES

4.1) No que toca a ação bactericida, o peróxido de hidrogênio apresentou desempenho comparável ao do cloro em água com  $\text{pH} = 8,5$  com redução de 2 ciclos logarítmicos na população bacteriana, e com redução de 3 ciclos em água com  $\text{pH} = 5,5$ .

4.2) Com relação à corrosividade sobre o aço carbono, o peróxido de hidrogênio apresentou uma ação corrosiva também comparável à do cloro. Respectivamente: taxas de 41 contra 39 mdd em  $\text{pH} = 5,5$  e 40 contra 35 em  $\text{pH} = 8,5$ , valores esses referenciados a desvios padrão das medidas que se situaram entre 1,1 e 5,0. Cabe notar que as taxas de corrosão medidas situaram-se bem abaixo da taxa limite recomendada pelos especialistas de 100 mdd.

4.3) As vantagens operacionais do uso do peróxido de hidrogênio sobre o cloro (ou hipoclorito) foram identificadas como sendo:

- maior grau de segurança industrial com o uso do peróxido de hidrogênio.
- Maior grau de qualidade ambiental nas purgas de água dos circuitos de refrigeração com o uso do peróxido de hidrogênio.
- Custos de processo competitivos frente ao cloro, ou inferiores frente ao hipoclorito.

## **Agradecimentos**

Ao CNPq e a Peróxidos do Brasil, pelo apoio financeiro;  
A toda equipe do Laboratório de Microbiologia de Alimentos da UFRJ, pela colaboração na realização dos experimentos.

## **REFERÊNCIAS**

- 1 Gonçalves, N. J. Potencialidade do Tratamento por Choque com Biocidas na Remoção e/ou Formação de Biofilmes. 2002. 146f. Monografia (Dissertação de Mestrado) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- 2 Dantas, E. Tratamento de Água de Refrigeração e Caldeiras. Rio de Janeiro: Ecolab, 1988. 370p.
- 3 Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., Eaton, A. D. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20.ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1998.
- 4 NACE International Corrosion Society. NACE TM 0193-2000: Laboratory Corrosion Testing of Metals in Static Chemical Cleaning Solutions at Temperatures Below 93<sup>0</sup>C. Houston: NACE International, 2000.
- 5 Donnell G.Mc., Russell A.D. In: Antiseptics and disinfectants: Activity, Action, and Resistance. Clinical Microbiology Reviews. Vol. 12, p.147-179, 1998.
- 6 US Peroxide Report. Decomposition. In: Introduction to Hydrogen Peroxide. Disponível em: <http://www.h2o2.com/intro/faq.html>. Acesso em: 16 jun. 2005.
- 7 Triola, M.F. Introdução à Estatística. Rio de Janeiro: LTC, 1998.