

USO DE NOVA TECNOLOGIA DE MONITORAMENTO ON-LINE PARA MELHORAR DESEMPENHO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE SISTEMAS DE RESFRIAMENTO*

Paulo Sérgio Soares Santiago¹
LJ Aspinall²

Resumo

Monitorar adequadamente a qualidade da água em sistemas de resfriamento é fundamental para assegurar um bom condicionamento de seus indicadores chave de desempenho: a corrosão, a incrustação, a formação de depósitos e a atividade microbiológica, de forma que as unidades operacionais possam atingir suas metas com relação aos seus respectivos índices chaves de performance do processo industrial. Enquanto a confiabilidade deste monitoramento em antever problemas assume, então, elevada importância, os métodos utilizados até o presente na indústria não têm efetivamente fornecido resultados realísticos pela ausência de troca térmica nos dispositivos usados.

A Knew Value desenvolveu e patenteou uma nova tecnologia, o *Sentinel*, que permite aplicar métodos inovadores de monitoramento on-line, permitindo realizar simulações em condições críticas de velocidade de escoamento e temperatura de película e atingindo excelência em monitoramento de indicadores chaves de desempenho do tratamento químico aplicado em sistemas de resfriamento. O objetivo deste trabalho é apresentar esta tecnologia e casos históricos de desempenho.

Palavras-chave: Tecnologia de monitoramento On-line; Sistema de Resfriamento; Previsão e melhoria de desempenho; Indicadores chave de desempenho

USING NEW TECHNOLOGY FOR ON-LINE MONITORING AND PERFORMANCE IMPROVEMENT OF COOLING SYSTEMS WATER TREATMENT

Abstract

Properly monitoring of the water quality in cooling systems is critical to ensure a good conditioning of its key performance indicators: corrosion, fouling, deposit formation and microbiological activity. By this way the operating units can achieve their goals with respect to their respective process key performance indices. While the reliability of this monitoring process in anticipating problems assumes high importance, the methods used to date in the industry have not actually provided realistic results due to the lack of actual heat transfer.

Knew Value has developed and patented a new technology, the *Sentinel*, which enables innovative monitoring methods to be applied online, enabling simulations at critical conditions of water flow velocity and skin temperature, and achieving excellence in monitoring key performance indicators of the chemical treatment applied in cooling systems. The objective of this paper is to present this technology and cases histories of performance.

Keywords: On-line monitoring technology; Cooling system; Performance prediction and improvement; Key performance indicators

¹ Engenheiro Químico, MBA em Marketing de Serviços, Diretor da SANTIAGO CONSULTING, Santana de Parnaíba, SP, Brasil.

² Bacharel em Ciências, Consultor Técnico Sênior, Presidente da KNEW VALUE, Huffman, Texas, Estados Unidos.

1 INTRODUÇÃO

A água é o fluido mais usado na indústria em sistemas de resfriamento, mas a sua qualidade é fundamental para assegurar o desempenho e confiabilidade destes sistemas. Assim, os objetivos do tratamento de água de resfriamento são controlar a corrosão, a incrustação, a formação de depósitos e a atividade microbiológica de forma que as unidades operacionais possam atingir suas metas e objetivos com relação aos índices chaves de performance.

Mas o grande desafio é justamente como monitorar o condicionamento da água com respeito a estes objetivos. Usualmente tem sido usados cupons-teste – de variadas metalurgias – para avaliar taxa de corrosão e, eventualmente, de deposição. Porém, os resultados destes cupons não correspondem ao que se observa posteriormente em equipamentos de troca térmica abertos para inspeção visual. A utilização de corrosômetros trouxe melhorias nesta avaliação, mas ainda sujeito a falhas.

Não existem ferramentas adequadas para monitoramento de taxas de incrustação e o monitoramento da microbiologia se limita a contagens de bactérias.

Não existe, também, uma ferramenta para acompanhar on-line desempenho do tratamento de água de resfriamento. De fato, as ferramentas atualmente disponíveis são imprecisas e produzem resultados inconsistentes ou irrealistas e não há como avaliar alterações no tratamento sem que isso cause o risco de trazer alterações no sistema de resfriamento.

Assim, as inspeções visuais de equipamentos – após certo período de campanha - têm sido nosso boletim de notas há décadas, não permitindo antever o condicionamento real do sistema, nem antecipar problemas e paradas não programadas,

A Knew Value, empresa americana sediada no Texas, Estados Unidos, desenvolveu e patenteou uma nova tecnologia, o *Sentinel*, que permite aplicar métodos inovadores de monitoramento, permitindo simulações em condições críticas de velocidade de escoamento e temperatura de película:

- Monitoramento on-line por inspeção visual
- Incrustação e Deposição
- Corrosão
- “Fouling” microbiológico

Apresentamos, a seguir, uma descrição detalhada desta tecnologia e casos práticos de desempenho.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O que é o *Sentinel*:

O *Sentinel* usa tecnologia similar – mas melhorada – à que é empregada em Centros de Pesquisa e Desenvolvimento para desenvolver programas de tratamento de água industrial e/ou avaliar programas aplicados em clientes. Pode ser utilizado visando os seguintes itens:

- Monitoramento de Incrustação
- Monitoramento de Corrosão
 - Mesma metalurgia, diferentes condições operacionais de trocadores de calor / equipamentos de troca térmica

- Diferentes metalurgias, mesmas condições operacionais de trocadores de calor / equipamentos de troca térmica
- Modelagem independente de equipamentos de troca térmica (metalurgia, temperatura de película, velocidade de escoamento da água)
- Monitoramento microbiológico
- Monitoramento de limpeza de sistemas:
 - Progressão microbiológica
 - Remoção de depósitos
- Eficiência de passivação em partida de planta
- Eficiência de mudança de dosagens no tratamento de água
- Eficiência de sobreposição de programas de tratamento

Dimensões:
30"x30"x12"

Energia: 120V 30 Amp

Instalação: Área não-classificada: Disponibilidade de purge com ar

Entrada/Saída: 1,4 m³/h de água de resfriamento (de preferencialmente água de suprimento) e dreno.

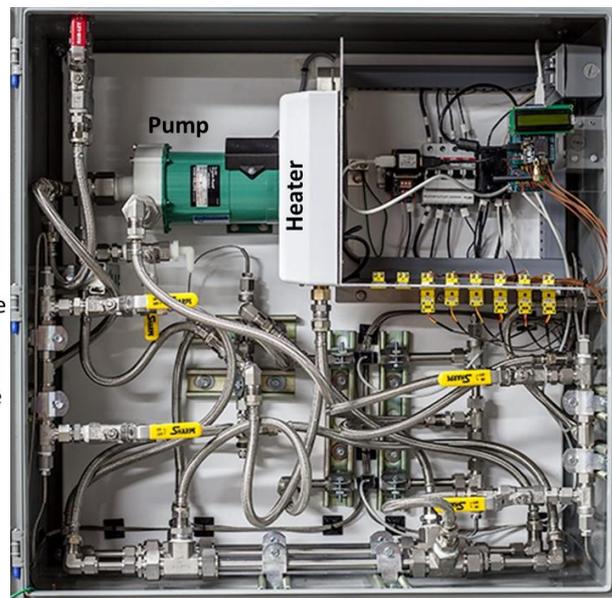


Figura-1: Internos do *Sentinel* e Especificações

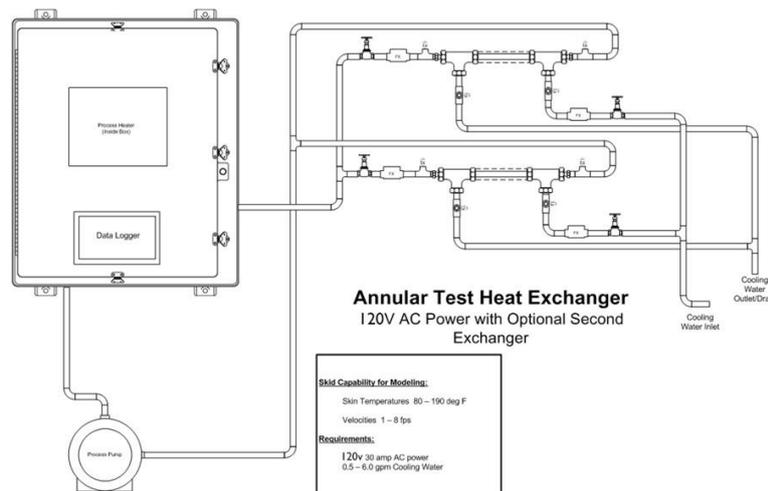


Figura-2: Esquema Geral do *Sentinel* com 2 Trocadores Teste

2.2 Como funciona o *Sentinel*:

Métodos anteriores de simular uma superfície de troca térmica resultavam em dados falhos e não realísticos devido ao contato não uniforme entre dispositivos de aquecimento elétrico usados dentro de tubos teste, gerando pontos quentes e condições artificiais de troca térmica. No *Sentinel* isto é superado pelo uso de um processo simulado líquido que possibilita contato e troca térmica uniforme líquido-líquido nos tubos teste de 18" de comprimento e O.D. de 1/2 ". Isso torna possível modelar temperaturas de película e condições reais de trocadores de calor e obter resultados muito mais realísticos. Os resultados obtidos podem ser acompanhados:

- Por inspeção visual no equipamento
- Opcionalmente por observação direta através de câmaras instaladas no interior dos tubos
- Através do download de dados de velocidade de água e de temperatura de película nos tubos
- Por remoção dos tubos após o período de exposição (30 – 90 dias, normalmente) e pesagens deles para identificar taxas de corrosão e deposição, medição de "pittings", coleta de amostras de depósitos etc.

Isto permite antever situações de risco no sistema de resfriamento com respeito a corrosão, incrustação/deposição e crescimento microbiológico, sendo um ensaio não destrutivo do que está ocorrendo neste sistema.

Diagrama simplificado de skid de trocador de teste circular 120V, fluxo simplificado

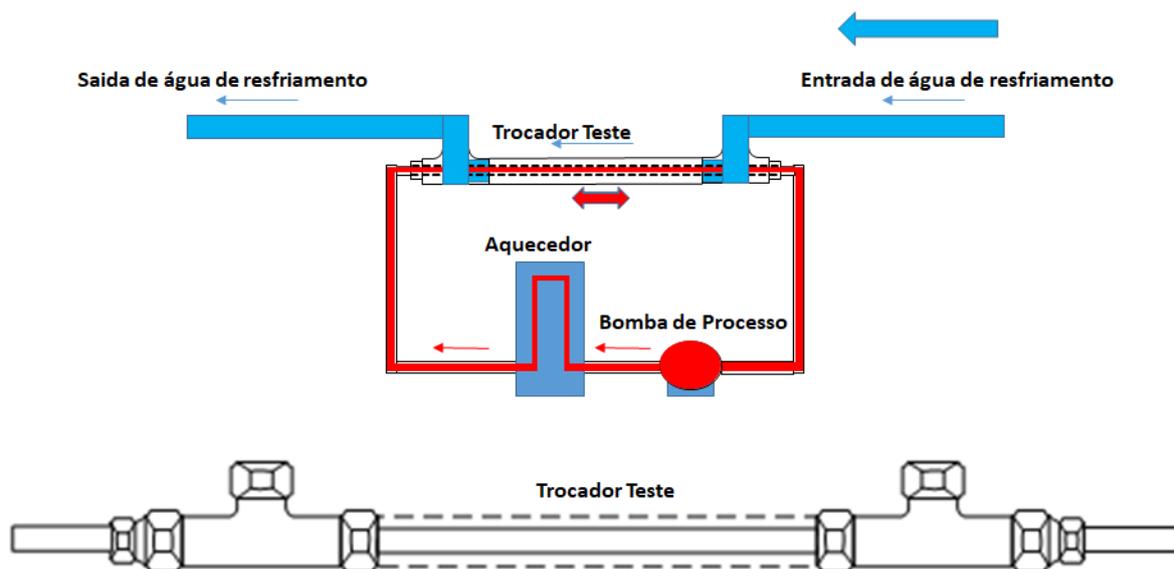
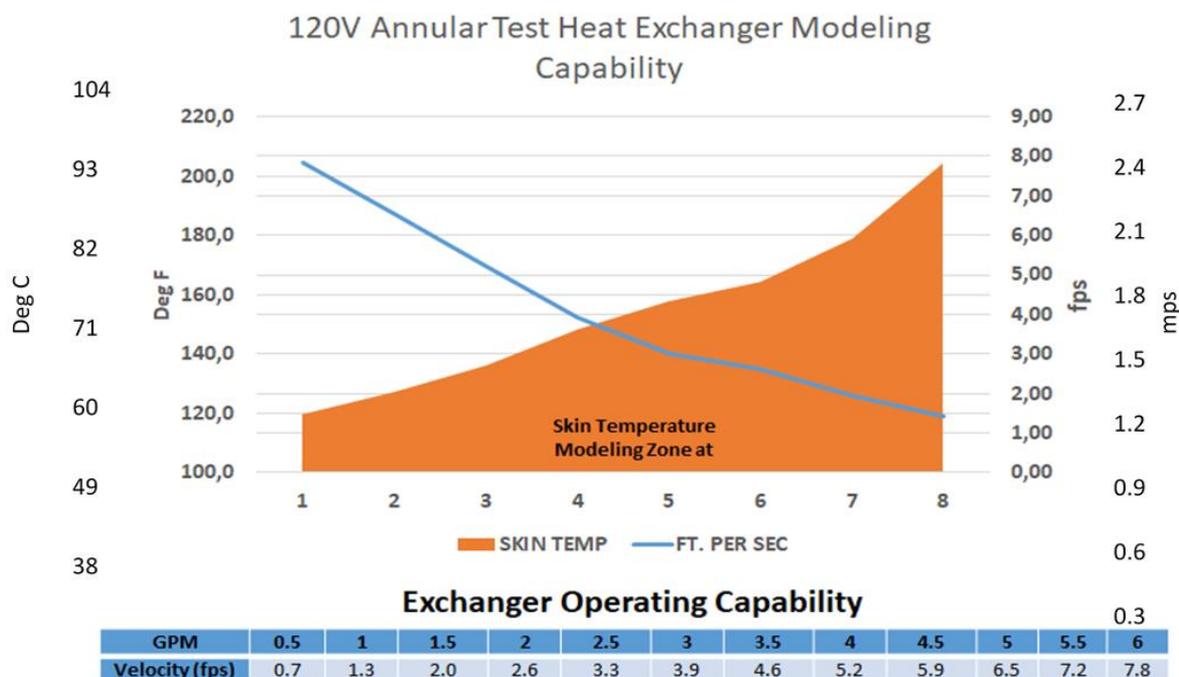


Figura-3: Fluxos de Aquecimento de Processo e Resfriamento por Água

A seguir temos uma representação gráfica da capacidade de simulação do *Sentinel*, conjugando o ajuste de duas variáveis importantes em tratamento de água: a velocidade de escoamento da água de resfriamento e a temperatura de película do tubo teste:



Dimensions – 30”x30”x12”. Power - 120V 30amp Power Supply. Unclassified area (air purge available), 6/gpm cooling water either supply or return, and drain.

Figura-4: Faixas de Modelagem no Trocador Teste do *Sentinel*

A base de projeto do *Sentinel* vem de dados de 1.000 trocadores de calor existentes em refinarias e plantas químicas nos EUA. Foram coletados dados de projeto e de operação de cada trocador e estes dados foram usados para comparar as velocidades e temperatura de película médias. A partir disto foi criada a caixa operacional do *Sentinel* que deverá englobar a maioria dos trocadores críticos de diversas plantas de qualquer tipo de indústria. Seguem exemplos dos tipos de informações que são geradas a partir do *Sentinel* instalado em uma planta:

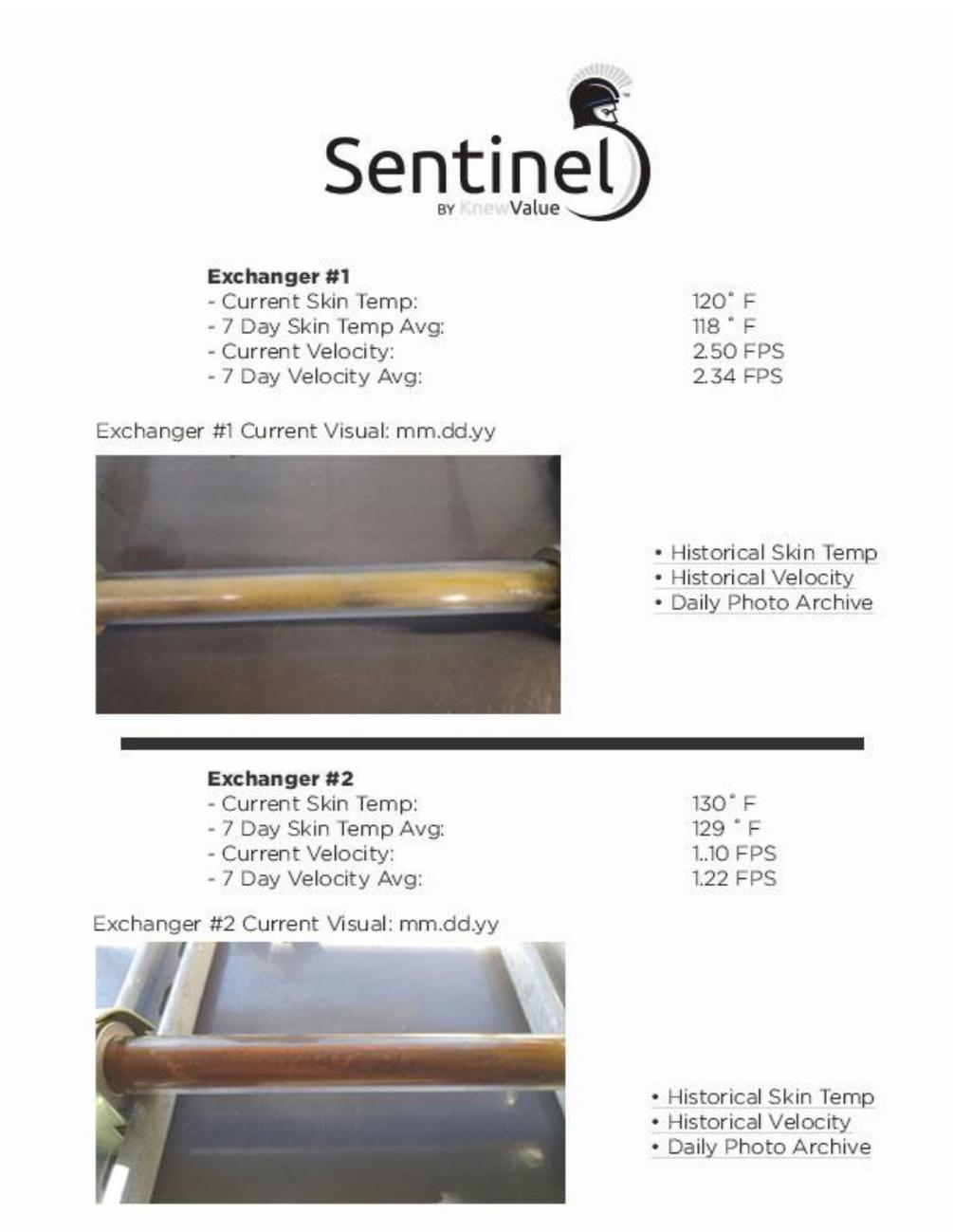


Figura-5: Dados de simulação real do *Sentinel*

2.3 Importante Caso Histórico com o *Sentinel*:

Planta: CF Industries – Courtright Nitrogen Complex

Período: Mar 2015 – Abr 2017

Histórico: o sistema de resfriamento vinha relatando problemas de incrustação e de corrosão sob depósito devido primariamente a frequentes oscilações de pH após contaminações do sistema com amônia. Foram realizadas simulações no *Sentinel* de um trocador crítico, o condensador de amônia.

- Corrida #1: a simulação realizada com o *Sentinel* apresentou resultados idênticos aos efetivamente observados no condensador de amônia: incrustações e corrosão sob depósito, com profundidade de pitting (corrosão localizada) de 24 e 21 mils (milésimos de polegada), nos trocadores 1 e 2; a taxa de corrosão generalizada foi de 1,93 e 3,88 mpy respectivamente. Os cupons de corrosão no mesmo período não indicavam qualquer sinal de problema.



Figura-6: Forte processo corrosivo no trocador teste do *Sentinel* na Corrida #1



Figura-7: O forte processo corrosivo e/ou pitting não foram detectados nos cupons-teste

Análises de depósitos indicaram a presença principal de fosfato de ferro. Foram, então, realizadas mudanças no tratamento químico: foi trocado o dispersante, a dosagem foi aumentada e foi introduzido um novo inibidor de corrosão (pirofosfato, inibidor de pitting).

Observou-se uma melhora significativa de resultados:

- a incrustação de fosfato de ferro foi eliminada
- a corrosão sob depósito e pittings associados foi estabilizada

Em adição a estas melhoras, o *Sentinel* foi usado durante 2 anos como uma ferramenta para:

- Monitorar a recuperação de descontrole microbiológico e assegurar limpeza do sistema;
- Monitorar a eficiência de passivação do Sistema após parada da planta para manutenção;

Seguem os sumários das várias corridas realizadas com o simulador *Sentinel*:

Tabela-1: Condições de Simulações no *Sentinel*

Corrida #	Exposição (dias)	Velocidade da Água (m/s)	Temperatura de Película (°C) T1, T2	Metalurgia do Tubo
1	46	1,2 – 1,4	46 – 52	AC
2	51	1,2 – 1,4	46 – 52	AC
3	133	1,2 – 1,4	46 – 52	AC
4	126	0,9	54	AC
5	84	0,9	54	AC

Obs.: Velocidade de água no condensador de amônia: 1,2-1,4 m/s; temp. de película de projeto: 46°C.

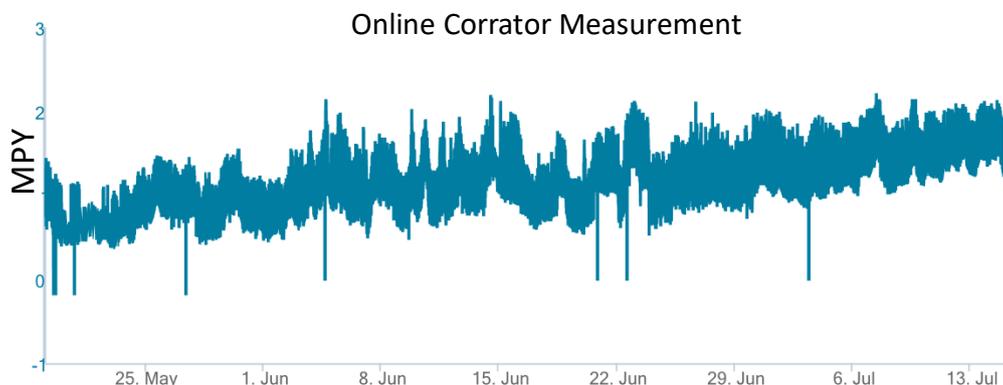
Tabela-2: Dados de Corrosão

Corrida #	Resultados nos Cupons-Teste (mpy)	Resultados no tubo teste do Sentinel	Comentários
1	1,3 – 1,9	Prof. Pitting: >20 mills	
2	1,7 – 3,9	Prof. Pitting: >30 mills	
3	0,7 – 1,6	Prof. Pitting: 14-24 mills	Observada corrosão localizada isolada <3.0 mill de profundidade de pit nos cupons
4	1,0 – 2,9	Prof. Pitting: 11-14 mills	Observada corrosão localizada isolada <2.0 mill de profundidade de pit nos cupons

Obs. Cupons instalados na água de suprimento e na saída de um trocador de processo

Observou-se, então, nos tubos-teste, uma acentuada redução dos índices de corrosividade ao longo das corridas, enquanto as leituras em cupons-teste ficaram praticamente estáveis, indicando que cupons podem ser falhos na avaliação de taxas reais de corrosão.

Seguem dados da Corrida #2 para comparação:



Cupom-teste, 32 dias, Água Suprimento



Corrosão generalizada,
2.4 MPY

Figura-8: Resultados de taxas de corrosão com corrosômetro e cupom-teste: suave tendência a incremento

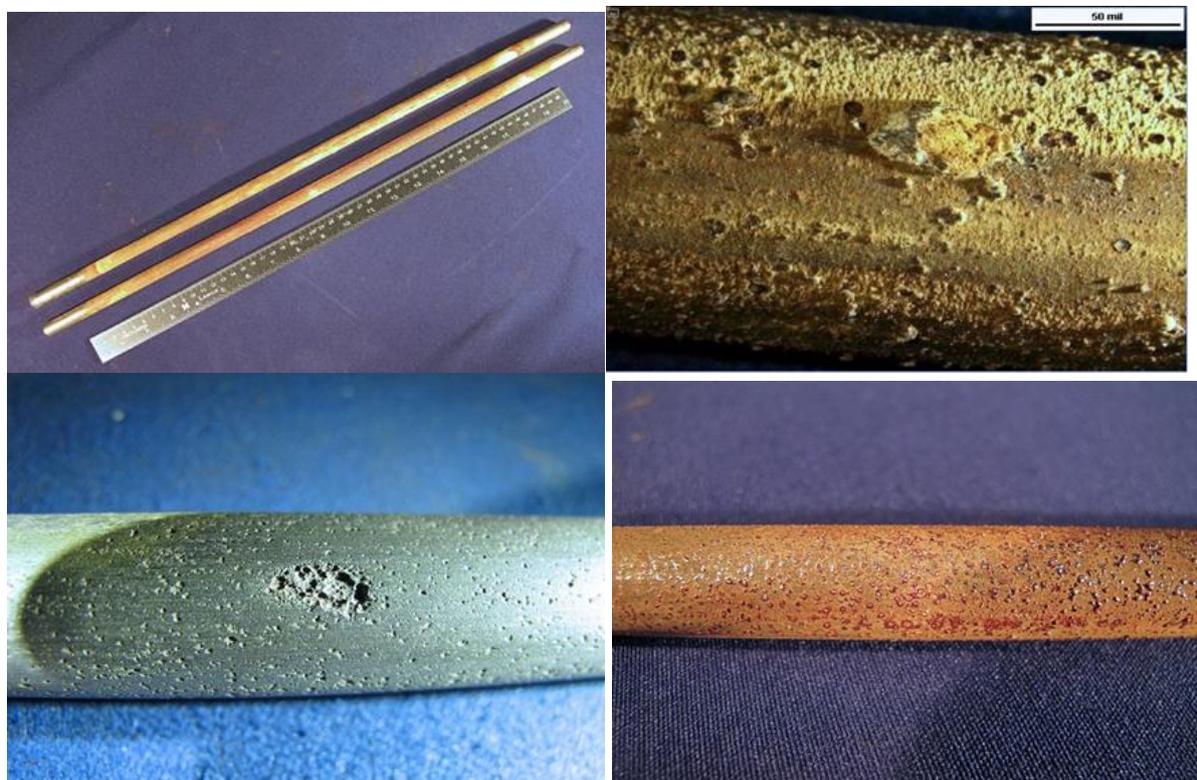


Figura-9: Detalhe visual dos tubos-teste no Sentinel: problemas de corrosão e incrustação (taxa de corrosão de 30 mills, pitting)

Dados da Corrida #3:

Nesta corrida houve falhas na aplicação do biocida oxidante, levando à formação de fouling orgânico nos tubos do *Sentinel*:



Figura-10: Observação visual dos tubos-teste no *Sentinel* antes e após a falta de dosagem de oxidante

Observa-se claramente que após a falha na dosagem de oxidante, houve acúmulo de lama orgânica nos dois tubos do *Sentinel* devido às temperaturas de película moderadas (46°C e 52°C). Nenhum desenvolvimento microbológico foi observado nos cupons neste período.

Dados das Corridas #4 e #5:



Figura-11: Corrida #4: muito pouca deposição de fosfato de ferro após 126 dias de exposição; corrosão localizada ainda visível em áreas dispersas (11 mills na foto do tubo)



Figura-12: Corrida #5: Presença suave de incrustação e sem corrosão localizada ou notória

A qualidade geral da água – incluindo valores de pH e condutividade, ciclos de concentração – mantiveram-se estáveis em todo o período das corridas. Então a melhoria constatada deveu-se efetivamente à mudança no dispersante.

3 CONCLUSÃO

Um monitoramento realístico em sistemas de resfriamento é fundamental para assegurar o correto controle de processos de corrosão, incrustação, formação de depósitos e desenvolvimento microbológico.

Os métodos geralmente utilizados para avaliar tendências corrosivas como cupons de corrosão não refletem o mesmo processo corrosivo que está sendo efetivamente experimentado em determinadas condições de velocidade de água e temperatura de película.

Não existem, também, indicações on-line de formação de incrustação ou de corrosão localizada (“pitting”).

Os resultados observados no Sentinel, no caso citado, foram idênticos aos observados, ao longo de 25 anos, em inspeções de trocadores de calor, pelo superintendente da planta, mostrando a sua confiabilidade.

A mudança no dispersante usado na água de resfriamento e o aumento de dosagem aparentemente eliminaram a deposição de fosfato de ferro observada nas 3 primeiras corridas e reduziram significativamente a corrosão localizada causada sob depósito.

Esta corrosão localizada foi significativamente reduzida usando um inibidor de corrosão adicional nas corridas #4 e #5.

O *Sentinel* mostrou-se consistente como uma ferramenta on-line, real-time para acompanhar modificações no programa de tratamento químico visando melhorar globalmente os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

- 1 LJ Aspinall, Knew Value, LLC; Brian Bloxam, CF Industries. Cooling Water Scale and Corrosion Monitoring. CTI Paper and Winter Journal, Vol. 37, N° 2