

# MELHORIA NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA TORRES DE RESFRIAMENTO SEM ADIÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICO\*

*Eduardo Piassi Nicoli<sup>1</sup>  
Fábio Libardi Noronha<sup>2</sup>*

## Resumo

Este trabalho tem a finalidade de apresentar projeto para melhoria de qualidade e redução do consumo de água em torres de resfriamento sem a utilização de produtos químicos e ainda eliminando problemas de incrustações e acúmulo de metais pesados, corrosão e formação biológica, através de solução inovadora (novo modelo mental).

**Palavras-chave:** Purga; Água de reposição, Torre de Resfriamento

## IMPROVEMENT WATER QUALITY IN COOLING TOWERS WITHOUT ADDING CHEMICAL PRODUCTS

## Abstract

The objective of this work is to present a project for quality improvement and reduction of water consumption in cooling towers without use of chemicals and eliminating problems of deposits and accumulation of corrosion, heavy metals, and biological formation, through an innovative solution (new mind set).

**Keywords:** Blowdown; Make up; Cooling Tower

<sup>1</sup> *Engenheiro/Mecânica, Pós-graduado em Engenharia de Manutenção, Especialista/Especialista, Manutenção de Sistema de Controle Ambiental/Manutenção, ArcelorMittal Tubarão, Serra, ES e BR.*

<sup>2</sup> *Engenheiro/Mecânica, MBA Gestão Empresarial, MBA Gerenciamento de Projetos, Especialista/Especialista, Engenharia/Engenharia e Projetos, ArcelorMittal Tubarão, Serra, ES e BR.*

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2015 o estado do Espírito Santo atravessou a pior crise hídrica de sua história, que começou em 2014. A redução das chuvas no período provocou uma diminuição recorde da vazão dos rios, o que prejudicou não apenas o abastecimento de água, mas também a produção de energia elétrica no Estado.

O reflexo desta crise foi a solicitação do órgão distribuidor de água do governo estadual, a CESAN, para que a ArcelorMittal reduzisse seu consumo que já vinha sendo racionado em 44% do contrato e trabalhando no limite de estresse dos equipamento para 49% impostos.

Diante deste quadro a Empresa lançou uma campanha com o título:

**“Sua contribuição nos deu fôlego até aqui. Agora, precisamos de suas ideias ainda mais!”** (figura1)



**Figura 1** – Campanha da Crise Hídrica interna da ArcelorMittal Tubarão  
**Fonte:** Portal Interno – Publicado em 20/09/2016

Um dos equipamentos que tem grande consumo de água são as torres de arrefecimento e mesmo com alta eficiência estes equipamentos perdem 1 a 3% do volume de água que circula.

O tratamento de águas em torres de resfriamento tradicionalmente é feito com a adição de produtos químicos (figura 2) para o controle de incrustação, biocontaminação e corrosão. Este tratamento exige um monitoramento constante das propriedades da água e um ajuste frequente na dosagem de produtos químicos.

Torna-se necessária uma purga constante para manter as propriedades da água dentro dos limites operacionais do circuito de refrigeração. O custo desta purga é muito alto, pois além do desperdício de água, torna-se necessário tratar este efluente.



**Figura 2** – Estação de dosagem de Produtos Químicos

Na busca por solução mais eficiente a fim de eliminar problemas de incrustação (figuras 3 e 6), biocontaminação (figura 5) e corrosão (figura 4) nos equipamentos, para melhorar a performance da troca térmica com aumento da confiabilidade e redução de custos, foi realizada uma pesquisa de mercado e encontrada uma solução inovadora (novo modelo mental), com tecnologia israelense, que nos leva a uma quebra de paradigma em relação aos tratamentos convencionais.



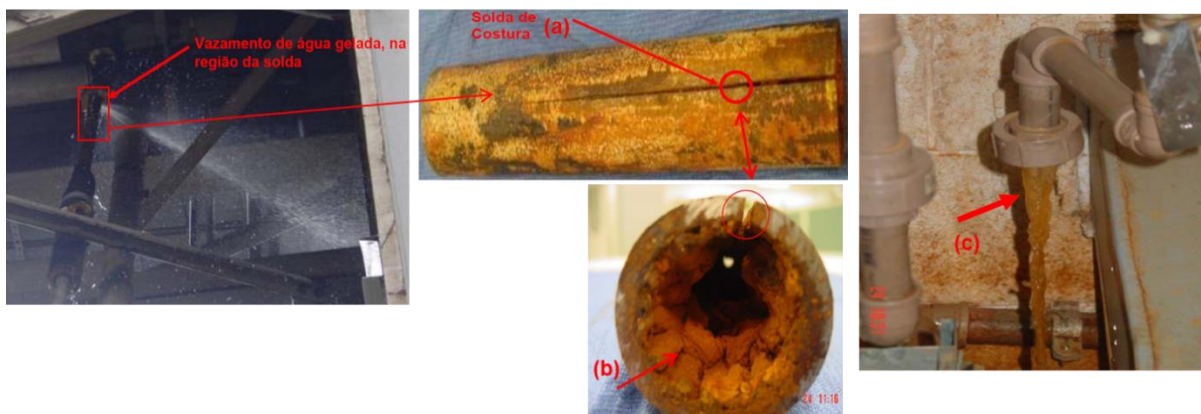
**Figura 3** – Tubulação de água com incrustação severa



**Figura 4** - Condensador do Chiller nº2 do LTQ: Apresentando corrosão no espelho (a), incrustação nos tubos(b) e deformação interna no tubo (c), após tentativa de limpeza com alta pressão, devido a deficiência no tratamento da água da torre no processo convencional.



**Figura 5** - Torre de Arrefecimento – Formação limo e turbidez da água de condensação evidenciando falha no tratamento químico aplicado.

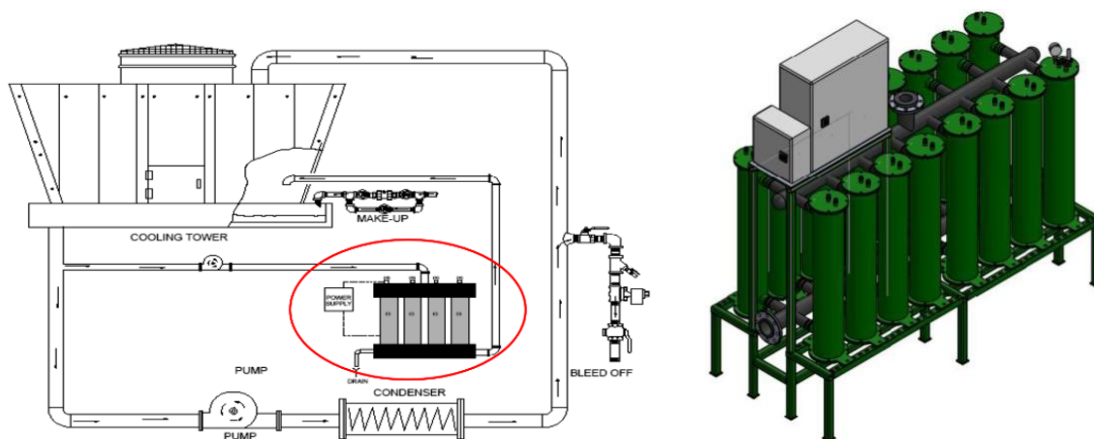


**Figura 6** - Rompimento da tubulação na costura da solda (a), incrustação na tubulação(b) com obstrução de aproximadamente 80% do diâmetro e turbidez da água(c) devida a grande concentração de cobre e ferro .

A Arcelor Mittal Tubarão decidiu instalar um sistema eletroquímico para o tratamento de água das torres de resfriamento, sem o uso de produtos químicos, que opera com elevado ciclos de concentração, podendo reduzir a purga em 80% ou mais.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema eletroquímico, desenvolvido pelo Dr. David Sherzer da empresa UET, consiste em um conjunto de reatores (figura 7), compostos de um Cátodo (tubo) e um ânodo (vareta central), alimentados por corrente contínua de baixa potência, que promovem uma reação de eletrólise parcial da água. A quantidade de reatores varia com a vazão de circulação da torre de resfriamento e seu delta T.



**Figura 7** - Esquema de instalação / posicionamento da unidade de Tratamento

A ArcelorMittal Tubarão escolheu como piloto uma torre de pequeno porte, utilizada no sistema de ar-condicionado de uma das suas salas elétricas. Esta torre era alimentada com uma mistura de água industrial e água de reuso e além dos elevados custos com tratamento químico e purgas, a incrustação nos trocadores de calor comprometiam o desempenho do sistema de ar condicionado desta sala elétrica.

A torre de resfriamento (figura 8) possui vazão de circulação de 108 m<sup>3</sup>/h. O sistema UET com 8 reatores foi instalado nesta torre, circulando pelo mesmo em uma corrente lateral à vazão controlada de 50m<sup>3</sup>/h.



**Figura 8** - Sistema em operação

A água passa pelos reatores e ao sofrer o processo de eletrólise parcial, o excesso de minerais existente na água se deposita na parede do catodo (figura 9). Desta forma, os minerais que precipitariam no trocador de calor já foram retirados da água ao passar pelos reatores. O anodo gera Biocida (cloro) a partir dos íons cloreto existentes na água. Estas reações fazem com que o pH da água da torre se eleve, tendendo a 9, faixa na qual a corrosão é minimizada.



**Figura 9** - Reator aberto com material que foi recolhido do processo  
*Incrustação, Fe, Mn e outros orgânicos capturados no interior do reator*

O sistema inovador tem como alvo o excesso de minerais na água, através da aceleração das reações em um reator eletroquímico para restaurar o equilíbrio (figura 10) ao invés de inibir as reações com produtos químicos no sistema.

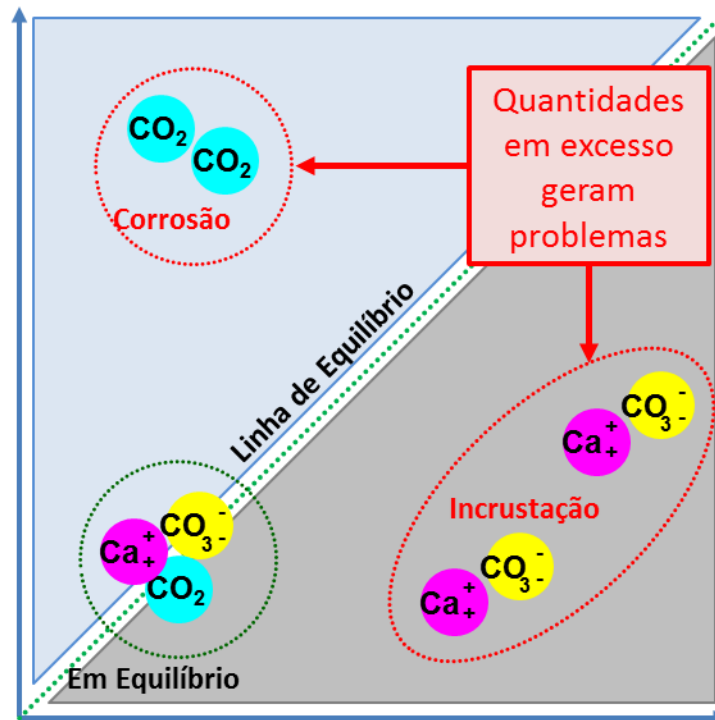
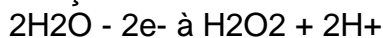


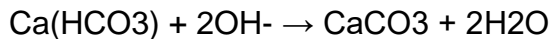
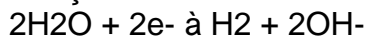
Figura 10 – Concentração de Ca/CO<sub>3</sub>

#### Reações químicas – Remoção de Incrustação

Reações anódicas:

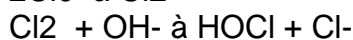
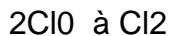
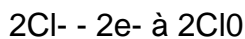
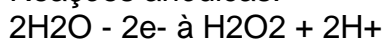


Reações catódicas:

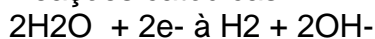


#### Reações químicas – Desinfecção

Reações anódicas:



Reações catódicas:



### 2.1 Princípios de operação

- Usando um algoritmo próprio, calcula-se a quantidade de íons necessária para formar compostos sólidos para cada sistema de água.
- Então ficam determinados os pontos onde a água não irá reagir que será a nossa linha de equilíbrio dinâmico.
- Estes cálculos serviram para configurar as soluções para proporcionar uma série de reações controladas, com a quantidade correta de energia para proporcionar a precipitação da quantidade ideal de íons dentro da câmara de reação.

- Um loop de controle é utilizado, o qual determina quão longe a água está da linha de equilíbrio dinâmico e envia sinais ao reator para ajustar as forças de remoção e manter o equilíbrio.
- Através da remoção apenas do excesso de minerais, não há necessidade de tratar todo o sistema de água, sendo esta abordagem utilizada pelo uso de aditivos químicos.

## 2.2 Principais benefícios da tecnologia Eletroquímica

- Soluciona problemas de incrustação, corrosão e biocontaminação;
- Elimina a necessidade de produtos químicos;
- Redução no consumo de água através da redução da purga e utilização de águas de qualidade inferior para reposição (ex.: reuso e rejeito osmose reversa);
- Redução dos custos de tratamento de efluentes, pois a purga não possui produtos químicos;
- Aumenta a capacidade de troca térmica, pois elimina os problemas de incrustação de minerais, promovendo economia de energia e aumentando a eficiência da planta;
- Redução de manutenções preventivas e corretivas dos trocadores de calor;
- Sistema totalmente controlado e automatizado;

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema iniciou sua operação no dia 13 de março de 2017 e desde então nenhum produto químico é adicionado nesta torre de resfriamento. Semanalmente é realizada uma análise da água de reposição (make-up) e da bacia da torre e os dados são registrados para acompanhamento.

Os Resultados obtidos com a 1ª avaliação foram:

No blowdown, o consumo era de 2583 L/dia e foi reduzido para 27,91 L/dia, ou seja redução no blowdown de 99%.

Na água de reposição (make up) o consumo era de 9.249,6 L/dia. Após a operação da unidade piloto o consumo teve uma redução de 21,5% passando para 7.260 L/dia, observou-se também um aumento do número de ciclos na torre. Era esperado um número de ciclos próximo de 6 e o resultado foi de 11,61 ciclos (quadro 1), o que significativa redução nos valores de sílica, alcalinidade e dureza total da bacia da torre, o que comprova a precipitação do excesso de minerais nos reatores conforme demonstrado nas figuras e no quadro abaixo.



PARÂMETRO	UNIDADE	ÁGUA DE REPOSIÇÃO	BACIA DA TORRE	CICLOS	VALORES CALCULADOS	PADRÃO UET
Condutividade	µs/cm	562	6523	11,61	6523	6523
pH	Unidade	7,2	8,7		9,00	9,00
Fe	ppm	n/a	4,57	--	--	<0,5
Dureza Total	ppm	223	484,0	--	2588,3	1941,2
Alcalinidade	ppm	92,2	363,0	--	1070,1	695,6
Cloretos	ppm	205,0	512,0	--	2379,4	2379,4
Silica	ppm	15,33	35,92	--	177,9	151,2
Cloro	ppm	--	0,2	--	--	--

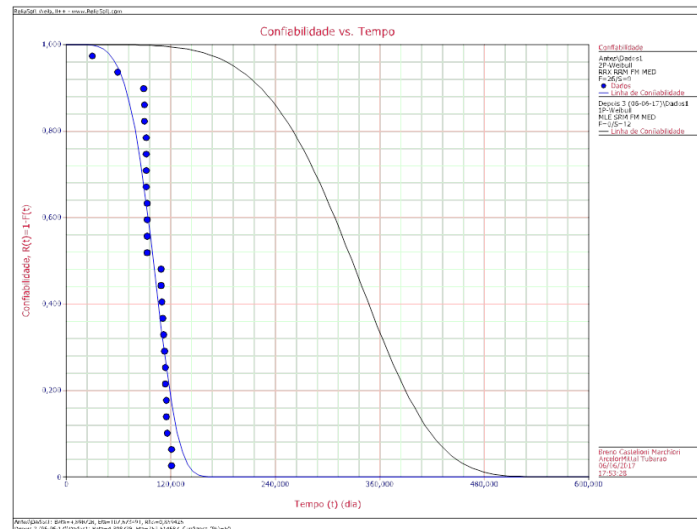
**Quadro 1:** Análise da água do Make up e da Bacia

Foram retirados 36,2kg de material do interior dos 8 reatores (figura 11), de um esperado de 16kg, que estariam incrustando os trocadores de calor e tubulação do sistema de refrigeração, prejudicando a troca térmica e elevando o consumo de energia.



**Figura 11** – Reator incrustado e material recolhido na limpeza dos reatores.

Do ponto de vista de manutenção, conforme simulação no software de Confiabilidade – Reliasoft (gráfico 01) podemos observar o aumento de confiabilidade (linha preta) do conjunto, em função do seu deslocamento para a direita, ou seja, a taxa de diminuição de vida é mais tênue ao longo do tempo.



**Gráfico 01 – Curvas de confiabilidade.**

Curva azul - ANTES: Intervalo entre manutenções nos trocadores: 98,7 dias;

Curva preta - DEPOIS: Intervalo entre manutenções nos trocadores: 324 dias.

Para esta simulação foi considerado falha em 05/05/2017. Porém o sistema esta em operação sem manutenção desde 16/11/2016, projetando um resultado ainda melhor.

#### 4 CONCLUSÃO

Atendendo a expectativa de redução do consumo de água na empresa após a crise de 2015, foi concluído que os resultados quantitativos demonstram um ganho considerável com a economia de água de make up e blowdown. Tal resultado foi alcançado através do aumento dos ciclos de concentração e redução das purgas de água em 80% ou mais. Adicionalmente, foi reduzida a manutenção do sistema de tratamento da água, haja vista a redução do número de intervenções nos equipamentos de refrigeração e a facilidade de intervenção no sistema para limpeza sem a necessidade de desligar o equipamento. Aliado a isso, temos a eliminação do uso de produtos químicos nas torres, o que leva a redução dos riscos associados ao uso, estoque e utilização de produtos químicos.

A implantação deste piloto, concomitante aos fortes investimentos realizados para redução do consumo de água da concessionária, vai ao encontro dos modelos corporativos, com resultados notórios no que tange à disponibilidade, confiabilidade, economia de água e redução de custo.

Os resultados alcançados corroboram as diretrizes da Política Ambiental da Empresa, reforçando o compromisso permanente de redução dos impactos ambientais e aperfeiçoando continuamente o Sistema de Gestão Ambiental da ArcelorMittal Tubarão.