

# ELIMINAÇÃO DO PROCESSO DE CORROSÃO NOS TUBOS DA CALDEIRA 9 DA CENTRAL TERMOELÉTRICA 1<sup>1</sup>

Luiz Antônio da Silva<sup>2</sup>  
Reinaldo Lopes Baptista<sup>3</sup>  
André do Carmo Lage<sup>4</sup>

## Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da eliminação do processo de corrosão nos tubos da caldeira 9 da central termelétrica 1, com solução para os problemas de redução da resistência mecânica do tubo da caldeira, perdas das propriedades da superfície do tubo, vazamentos de fluido e parada da caldeira. A avaliação aborda os estudos efetuados nos principais componentes da caldeira, aos quais foram aplicados os conceitos da célula de corrosão bimetálica, a fim de interpretar o mecanismo de falha, bem como a implementação das ações recomendadas, após resultado da análise dos mecanismos de danos atuante. Os estudos utilizados permitiram indicar os danos e os pontos críticos para correção. A realização deste teve como benefício o aumento da confiabilidade e disponibilidade da caldeira, redução da mão de obra de manutenção e redução do custo operacional.

**Palavras-chave:** Caldeira; Corrosão; Mecanismo de danos.

## ELIMINATION OF THE PROCESS OF CORROSION IN THE TUBES OF THE BOLIER 9 OF THE THERMOELECTRICAL

## Abstract

This work has as objective presents the results of the elimination of the corrosion process in the tubes of the boiler 9 of the power generation 1, with solution for the problems of reduction of the mechanical resistance of the tube of the boiler, losses of the properties of the surface of the tube, leaks fluid and stop of the boiler. The evaluation approaches the studies made in the main components of the boiler, to the which were applied the concepts of the cell of bimetallic corrosion, in order to interpret the failure mechanism, as well as the implementation of the actions recommends, after result of the it analyzes of the active mechanisms of damages. The used studies allowed to indicate the damages and the critical points for correction. The execution of this had as benefit the increase of the reliability and availability of the boiler, reduction of the work hand of maintenance and reduction of the operational cost.

**Key words:** Boiler; Corrosion; Mechanism of damages.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 32º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 26º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 16 a 19 de agosto de 2011, Salvador, BA.

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico, Eng. Especialista da Gerência de Geração de Energéticos da CSN.

<sup>3</sup> Engenheiro Químico, Eng. Especialista da Gerência de Geração de Energéticos da CSN.

<sup>4</sup> Técnico de Mecânica, Téc. de Manutenção Mecânica da Gerência de Geração de Energéticos da CSN.

## 1 INTRODUÇÃO

O Processo da Unidade Geradora de Energia de 50 Hz<sup>(1)</sup> é composto por três caldeiras<sup>(2)</sup> constituídas por tubos especiais de aço refratários, conforme Figura 1, que fazem a geração de vapor para a produção de energia elétrica de 50 Hz na Usina Presidente Vargas (UPV).

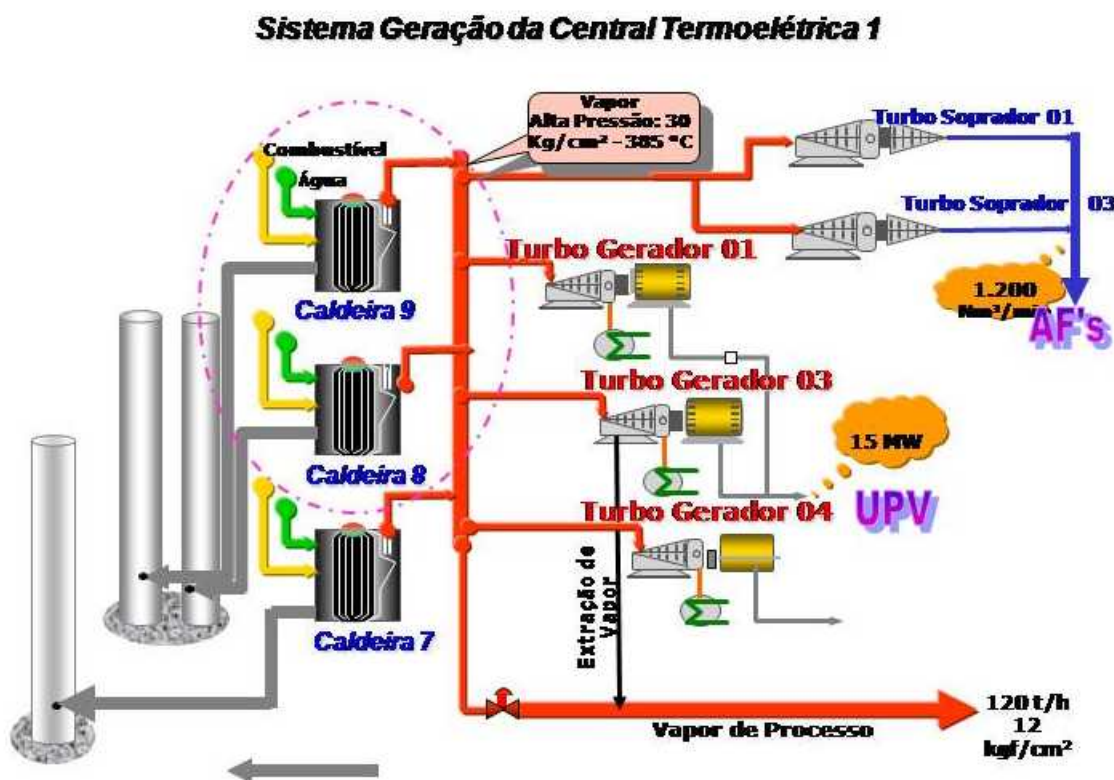


Figura 1. Fluxograma da unidade geradora de energia de 50Hz.

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da eliminação do processo de corrosão nos tubos da Caldeira 9 da central termelétrica 1, com solução para os problemas de redução da resistência mecânica do tubo da caldeira, perdas das propriedades da superfície, vazamentos de fluido e parada da caldeira.

A Caldeira 9 entrou em operação em 1980, afim de compor o sistema de geração da CTE-1 da CSN. As ocorrências de falha iniciaram a partir de novembro de 2006, com uma maior incidência de falhas em março de 2007.

Os conceitos da célula de corrosão bimetalica e os ensaios não destrutivos (END's) utilizados permitem interpretar o mecanismo de falha dos tubos e aumentar a confiabilidade e disponibilidade operacional da Caldeira.<sup>(3)</sup>

## 2 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O gerador de vapor 9 (Figura 2) têm as seguintes características:

- Fabricante: CBC;
- Tipo: Caldeira Aquatubular;
- Ano de Fabricação: 1980;
- Modelo: VU – 60;
- Pressão de Prova: 57 Kg/cm<sup>2</sup>;
- Pressão de Operação: 30 Kg/cm<sup>2</sup>;

- Capacidade de Produção: 100 Ton/h;
- Temperatura do Vapor: 385°C;
- Projeto dos Tubos: ASME SA 179 - SA 335 P1; e
- Dimensões: Ø 50,8 X 4,0 mm - Ø 1370 X 63,5 mm.

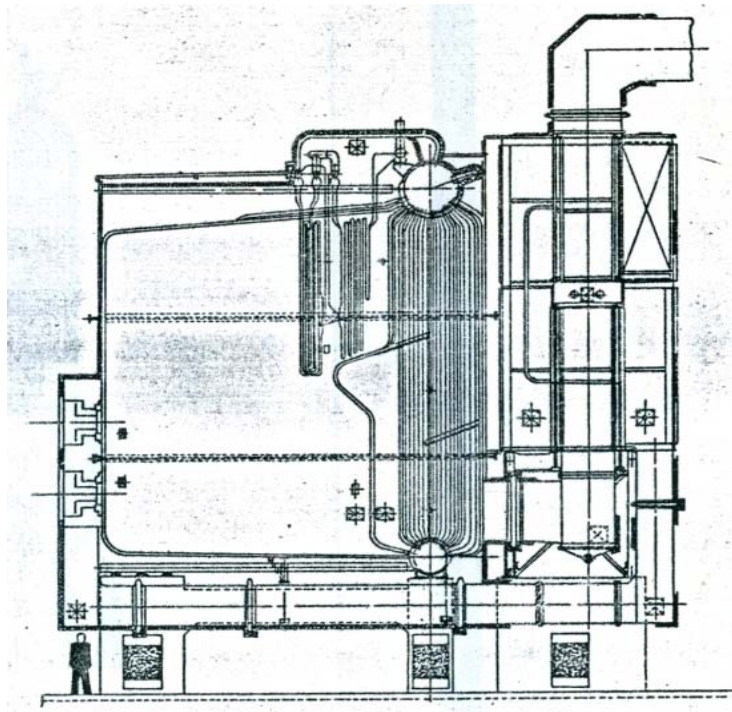


Figura 2. Ilustração das caldeiras 8 e 9.

### 3 HISTÓRICO

A Caldeira 9 começou a apresentar os problemas de indisponibilidade em 2006 provocados por falha na tubulação,<sup>(4)</sup> rompimento de tubos. Em 2007 e em 2008 estas caldeiras apresentaram 15 paradas conforme Figura 3, com interferência na produção, causando uma redução na geração de Energia Elétrica na UG 50Hz de 7 MW/h por parada e uma perda total de geração de 9.576 MW, conforme Figura 4.

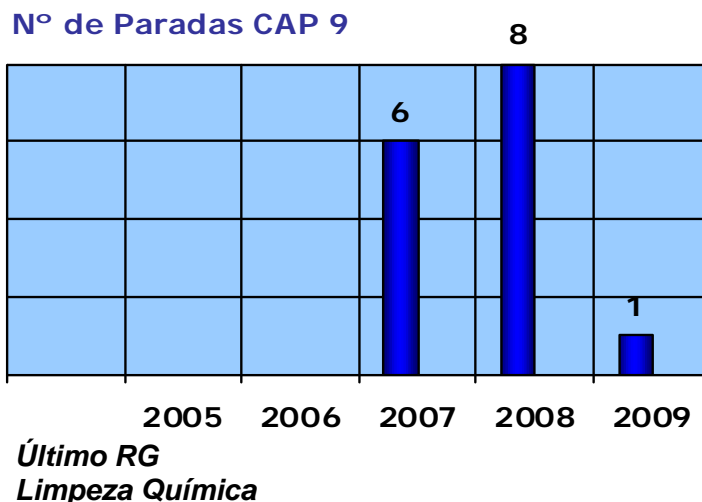


Figura 3. Gráfico do número de intervenção.

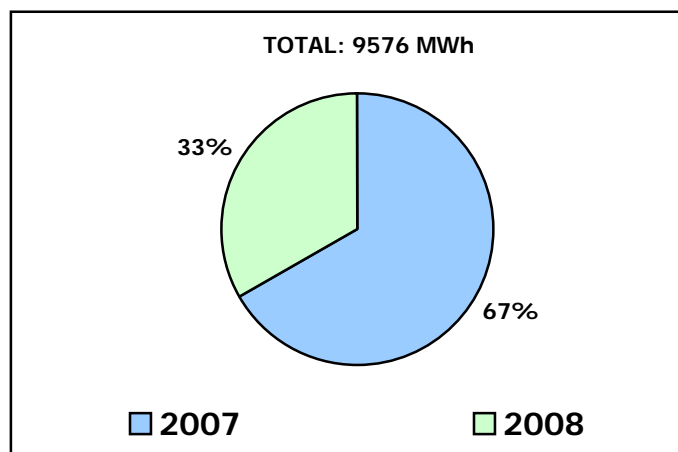


Figura 4. Gráfico da perda de geração.

Estas ocorrências foram causadas pelas alterações das propriedades físicas da estrutura interna do material, levando as tubulações a fadiga térmica, devido aos mecanismos de fluência.<sup>(5)</sup>

Considerando que uma avaria mais séria nesse equipamento redundaria na paralisação da Caldeira e conseqüentemente a não geração de 7 MW/h nominais da planta, o prejuízo foi em torno de R\$ 24.000,00/dia, logo a CSN começou a estudar e desenvolver uma alternativa para solução do problema.

#### 4 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Com o cenário supra citado, começaram as análises do projeto, verificando os componentes especificados, suas composições químicas, avaliação da qualidade da água, condições operacionais e um estudo do funcionamento da Caldeira.<sup>(3)</sup>

Conceito: Em função da características de funcionamento e das transformações endotérmicas, as caldeiras tem grandes possibilidades no desenvolvimento de processos de corrosão nos seus componentes tubos nas regiões internas e externas. Estes processos ficam mais acentuados e acelerados, quando submetidos a alta temperatura, cerca de 400°C com altas velocidades de escoamento. Estas condições severas, altera as propriedades físicas e a estrutura interna do material, além de aumentar significativamente a condição externa dos tubos e redução de sua resistência mecânica<sup>(6)</sup> (Figura 5).

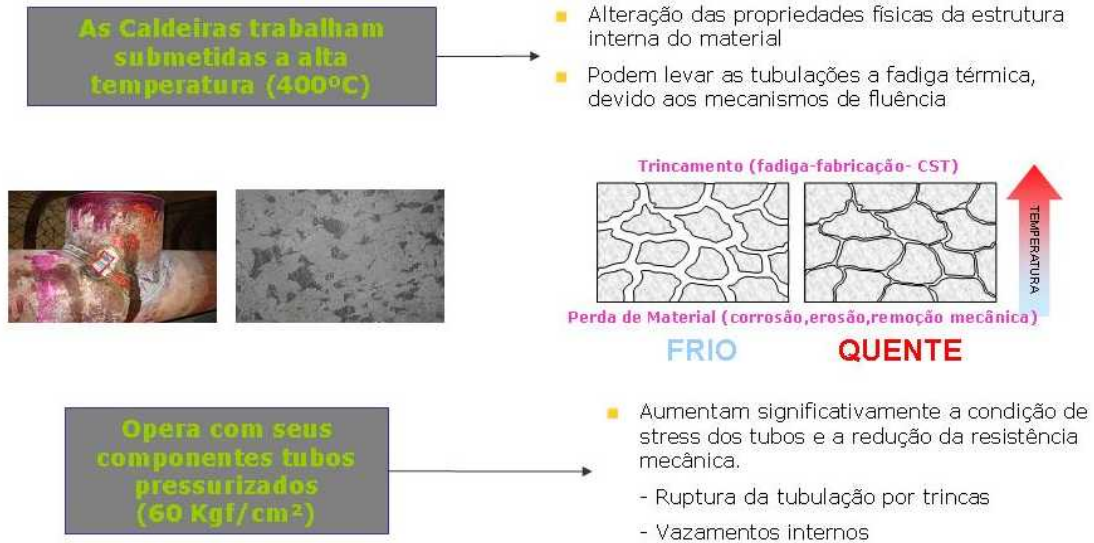


Figura 5. Figura mecanismo de falha das caldeiras.

#### 4.1 Metodologia Aplicada

A avaliação do mecanismo de danos atuantes nos tubos da caldeira, seguiu o modelo desenvolvido na Figura 6, onde iniciou-se executando os END's<sup>(7)</sup> padrões, com o mapeamento dos pontos críticos, afim de identificar a característica da avaria do tubo. Estas verificações foram conjuntas com a análise dos parâmetros da água, fluido circulante no interior dos tubos e avaliação do seu estado físico, com base nos registros dos históricos relevantes de inspeção, manutenção, operação e resultados dos exames executados.

Os exames aplicados foram definidos seguindo a metodologia (Figura 6): Análise crítica dos dados de projeto, determinação dos principais mecanismos de deterioração atuantes e danos associados em cada componente pressurizado, referendados pelas normas técnicas aplicáveis,<sup>(8)</sup> na literatura especializada e em experiências adquiridas em outras avaliações de caldeiras.

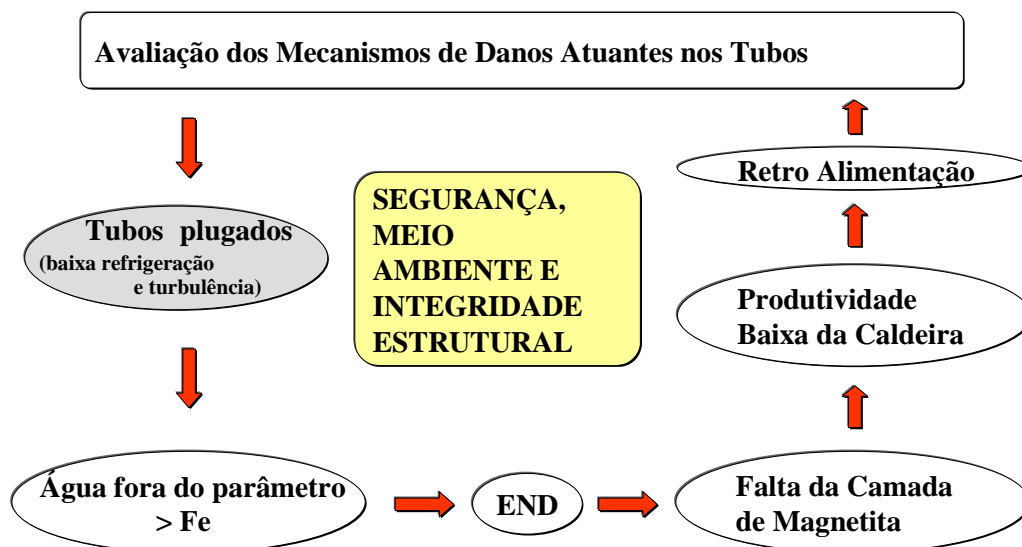


Figura 6. Fluxograma da avaliação dos mecanismo de falha.



A definição dos exames e testes dirigidos para detecção dos danos e defeitos prováveis e possíveis; seguido da análise dos resultados encontrados, foram em desenvolvidos baseados no conceito da célula de corrosão bimetálica (Figuras 7 e 8) e aos critérios do código de projeto,<sup>(9)</sup> normas API<sup>(8)</sup> (Figura 9), e literatura técnica aplicáveis.

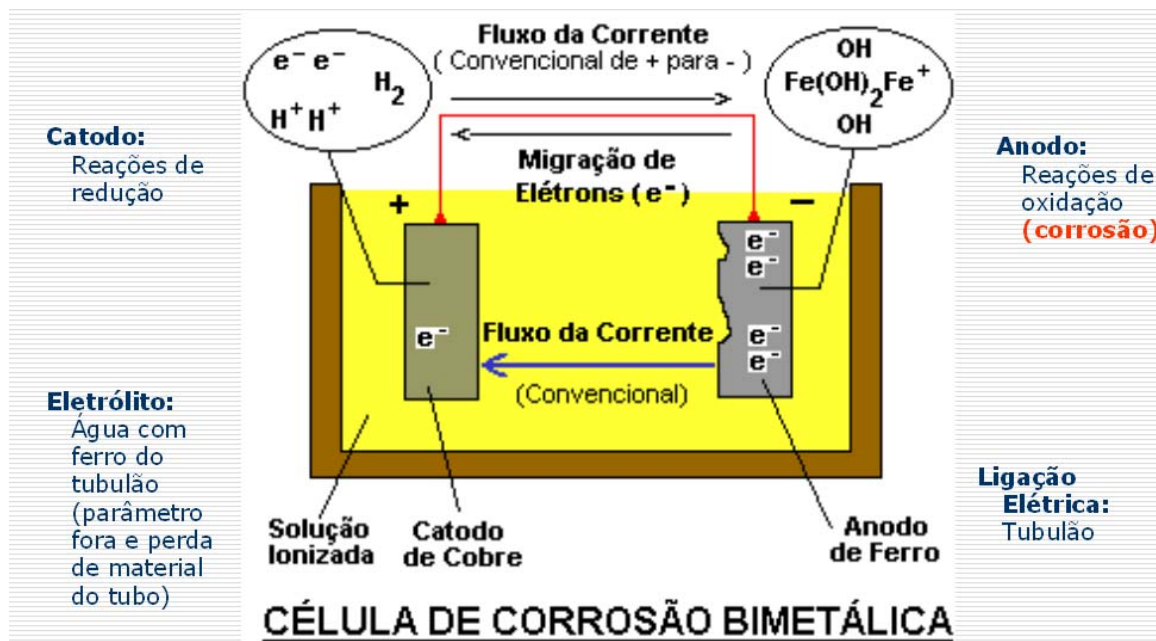


Figura 7. Fluxograma da célula de corrosão bimetálica.

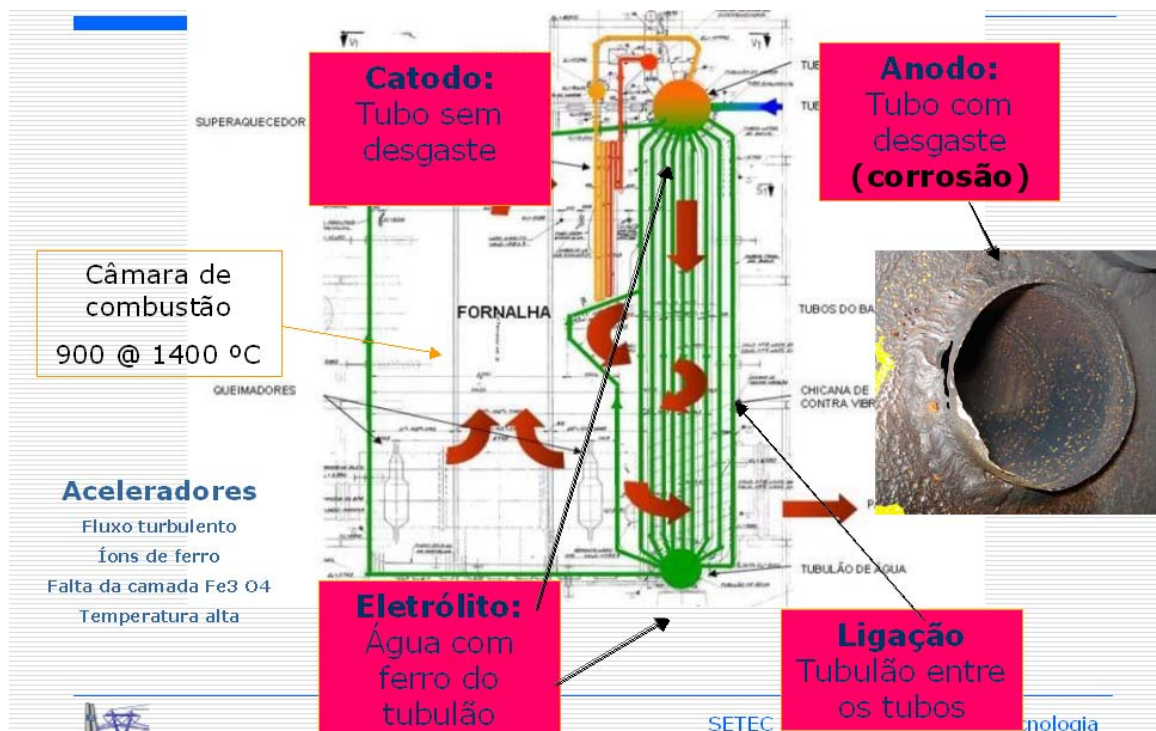


Figura 8. Aplicação do fluxograma da corrosão bimetálica na Caldeira.

**CÓDIGO ASME Edição 2001, SecV-Artigo 1, Pag 15.2, Tabela A-110**  
**Recomendação do Método END e PDD (Probabilidade de Detecção)**

1 - 80% >PDD > 100%    2 - 60% >PDD > 80%    3 - 50% >PDD > 60%    -- NA PDD < 50%

| Método END                 | VT | PT | MT | ET | RT | UTA | UTS | AE | UTT |
|----------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|----|-----|
| Trincas em todos Materiais | 3  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2   | 3   | 1  | --  |
| Porosidade                 | 1  | 1  | 3  | -- | 1  | 3   | 3   | 3  | --  |

**API – 581 Inspeção Baseada em Risco**

| Técnica de Inspeção   | Afinamento | Trinca Superficial | Trinca Interna | Micro Fissura | Alterações Metalúrgicas | Alterações Dimensionais | Empolamento |
|-----------------------|------------|--------------------|----------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| Inspeção Visual       | 1-3        | 2-3                | X              | X             | X                       | 1-3                     | 1-3         |
| Ultra-som Normal      | 1-3        | 3-X                | 3-X            | 2-3           | X                       | X                       | 1-2         |
| Ultra-som Angular     | X          | 1-2                | 1-2            | 2-3           | X                       | X                       | X           |
| Partículas Magnéticas | X          | 1-2                | 3-X            | X             | X                       | X                       | X           |
| Líquidos Penetrantes  | X          | 1-3                | X              | X             | X                       | X                       | X           |
| Emissão Acústica      | X          | 1-3                | 1-3            | 3-X           | X                       | X                       | 3-X         |
| Correntes Parasitas   | 1-2        | 1-2                | 1-2            | 3-X           | 3-X                     | X                       | X           |
| Fluxo Magnético       | 1-2        | X                  | X              | X             | X                       | X                       | X           |
| Radiografia           | 1-3        | 3-X                | 3-X            | X             | X                       | X                       | X           |
| Medições Físicas      | 1-3        | X                  | X              | X             | X                       | 1-2                     | X           |
| Metalografia          | X          | 2-3                | 2-3            | 2-3           | 1-2                     | X                       | X           |

Figura 9. Ensaios recomendados (probabilidade de detecção).

**5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Análise dos resultados dos exames e testes,<sup>(10)</sup> conforme Figura 11, foram executados seguindo os critérios do código de projetos e literatura técnica aplicável nos principais componentes das caldeiras (Figura 10). Com foco na extensão de vida útil demonstrou a necessidade da troca dos tubos na região atacada e alterações no comportamento da condições operacionais de modo a atender aos limites estabelecidos no projeto original, sendo a produção atual a ser respeitadas de 100 ton/h a uma temperatura do vapor na saída após o dessuperaquecedor igual a 380°C, podendo alcançar picos não inferiores de 60 ton/h de até 440°C, conforme verificado nos registros de operação (Figura 12).

- Todo os tubos , com ênfase aos Pontos Críticos (junções soldadas)

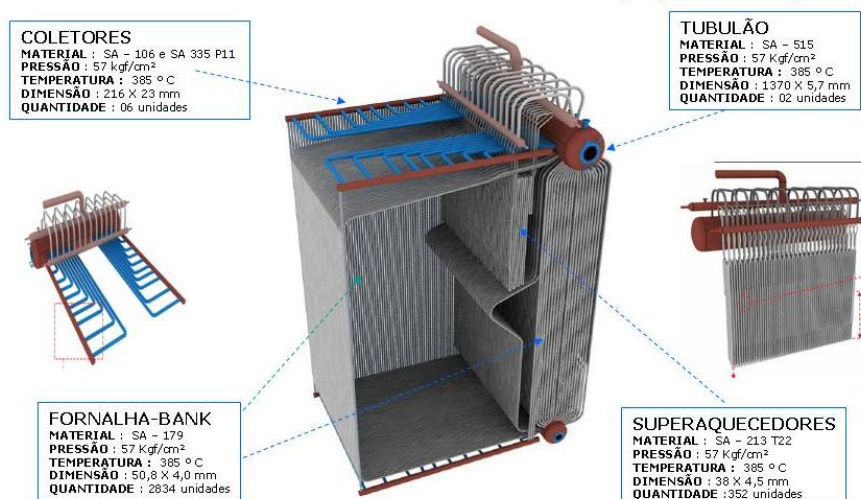


Figura 10. Principais componentes das caldeiras.



Figura 11. Ação de troca do componente (tubos) do bank.

**Desenvolvimento – Ação Recomendada Operar > 50% Prod.**

Gráfico:  
 Produção da Caldeira  
 Nominal: 100 ton/h  
 Hoje: Média 60 ton/h

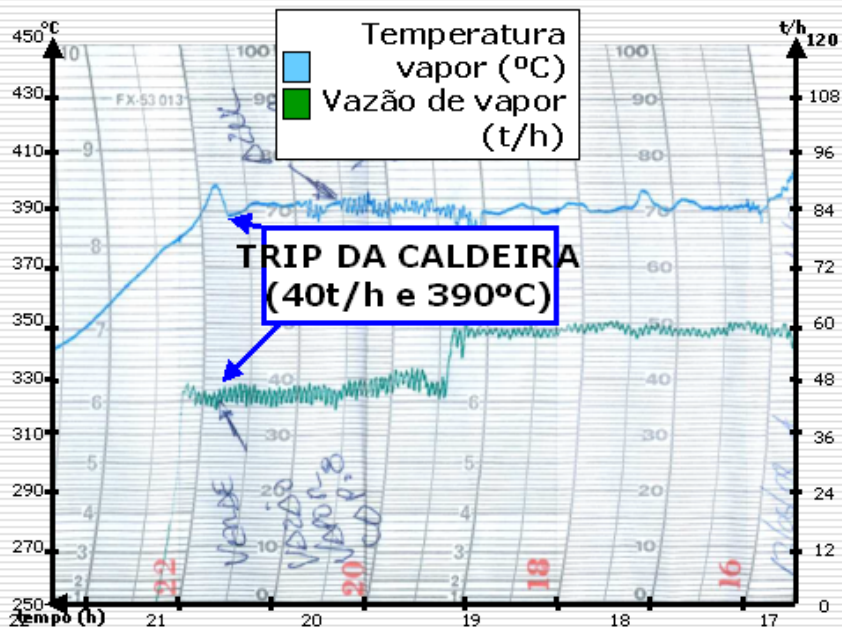


Figura 12. Registro de operação da Caldeira.

Após realizações dos ensaios e testes nos principais componentes da caldeira<sup>7</sup> pode ser verificado que as condições de corrosão foram eliminadas e iniciado o processo de formação da proteção da camada de magnetita. Então, pôde-se afirmar que a vida residual dos tubos será prolongada, já reduzindo o número de falhas após a execução da avaliação de integridade e reparos a zero conforme Figura 14.





Figura 13. Formação da camada de Magnetita.

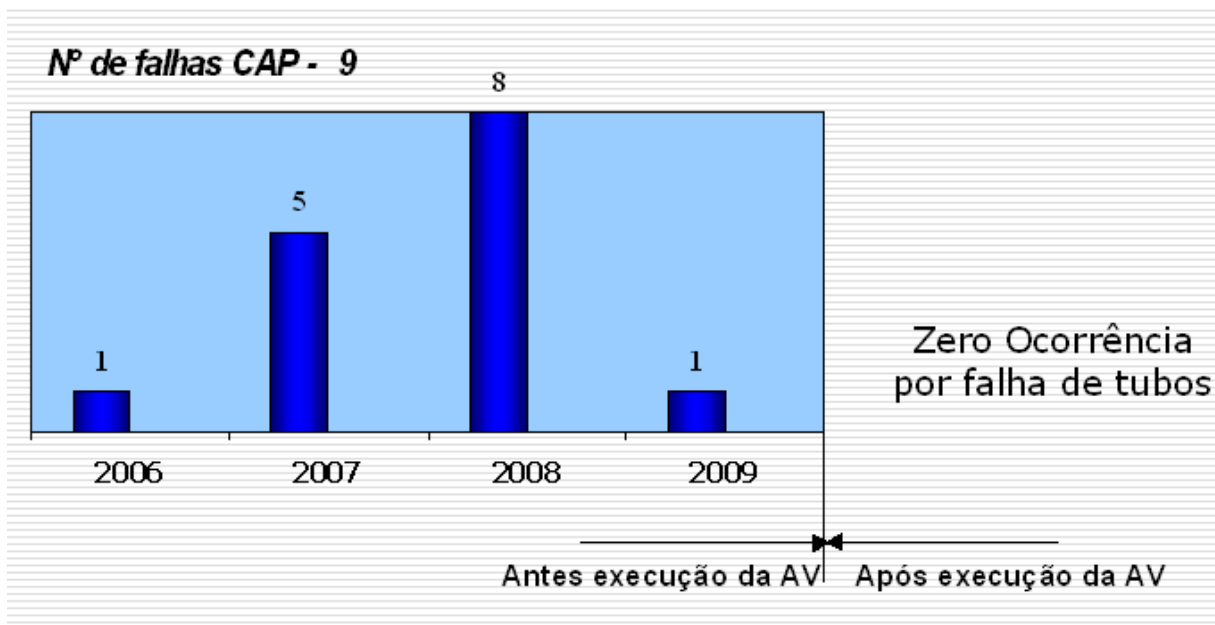


Figura 14. Números de falhas da Caldeiras 9 após Eliminação do Processo de Corrosão.

As avaliações executadas e os procedimentos adotados,<sup>(10)</sup> se mostraram efetivos, uma vez que ocorrências de falhas não mais aconteceram, conforme Tabela 1, levando a:

- aumento da disponibilidade da Caldeiras;
- redução da mão de obra de manutenção nas Caldeiras;
- redução do custo operacional; e
- manutenção do período da NR-.

**Tabela 1.** Custo e disponibilidade das caldeiras antes e após EPC

|                     | Antes da AI     | Após EPC |
|---------------------|-----------------|----------|
| Número de paradas   | 15              | zero     |
| Custo do Hh/h       | 338             | zero     |
| Horas Indisponíveis | 1368            | zero     |
| Perda de Geração    | 9576 MWh        | zero     |
| Custo da Geração    | R\$1.400.000,00 | zero     |

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou que a metodologia e as ações adotadas pelo Grupo foram eficazes, pois com o desenvolvimento dos estudos conseguiu-se interpretar o mecanismo de falha, conduzindo o equipamento para uma situação de operação confiável.

Os resultado apresentados sinaliza para um estado satisfatório e seguro para as condições de operação, o que representa aumento da segurança operacional e redução do custo.

Portanto, fica claro que o trabalho realizado pelo grupo permitiu a melhoria da performance da Caldeira e a produtividade da geração de vapor e energia elétrica da Central Termoelétrica 1.

## REFERÊNCIAS

- 1 TORREIRA, Raul Paragallo. GERADORES DE VAPOR / Companhia Melhoramentos,1995.
- 2 CBC INDUSTRIA PESADA. Manual de Instalação e Operação– Caldeiras VU-60 da Central Termoeletrica 1, Volta Redonda, 1978.
- 3 WOODRUFF , Everett B. Steam Plant Operation; Seventh Edition; Hebert B. Lammers; Thomas F. Lammers ; Mc Graw – Hill , 1998.
- 4 GENTIL, Vicente. Corrosão Rio de Janeiro : Guanabara dois, 1982.
- 5 BRAMBILA , P. A. Curso de Inspeção de Caldeiras – Instituto Santista de qualidade Industrial, 1998 (Apostila).
- 6 TELLES, Pedro Carlos da Silva. Tubulações Industriais; Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1987.
- 7 Manual Técnico - Norma Regulamentadora – NR- 13 , Ministério do Trabalho - MTb , Caldeiras e Vasos de Pressão, São Paulo , 2001.
- 8 API Risk Based Inspection 581, American Petroleum Institute , 1st EDITION May, 2005.
- 9 ASME – American Society of Machanical Engineers – SECTIONS I – Rules for Construcion of Power Boiler, Edition 1995.
- 10 Relatório de Inspeção RI –1- CAP 8 e 9 - ARAUJO ENGENHARIA – Caldeiras 8 e 9, CSN - Volta Redonda, 2009.