



Pesquisa de revestimento para tubulações de caldeiras de centrais termelétricas

Pamella Kessler de campos

E-mail: pamella.kessler@gmail.com

Orientadores:

Marilia Garcia Diniz – UERJ

Bruno Reis Cardoso – CEPEL

Participação / colaboração:

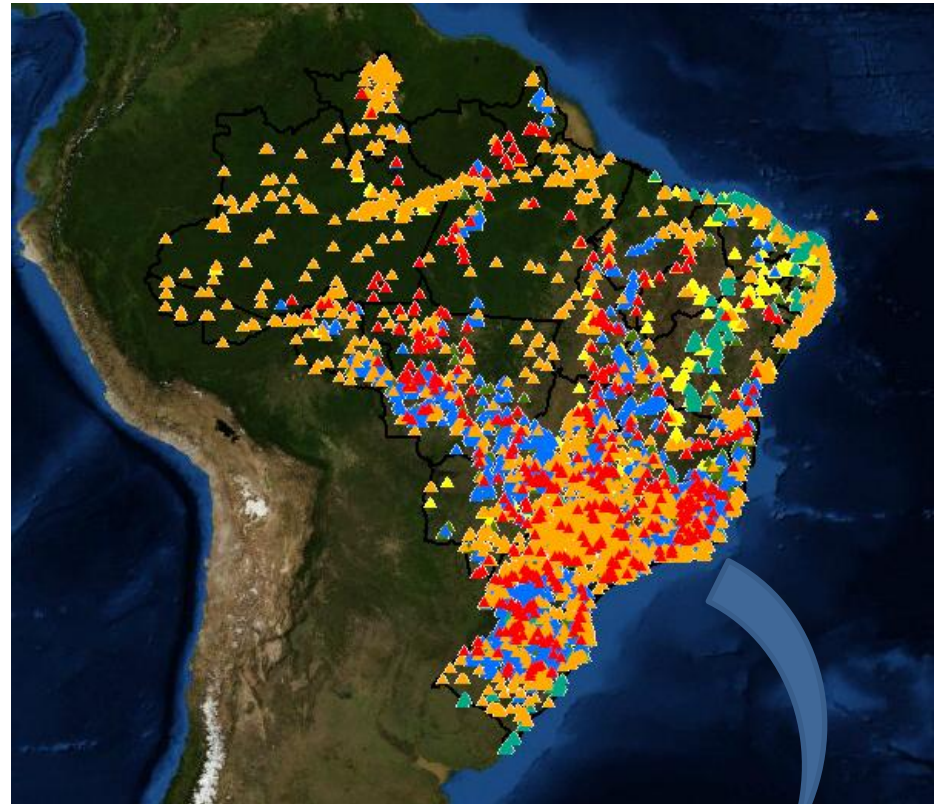
Silvana Martins – UEZO

AGENDA

- Introdução
- Objetivo
- Técnicas que serão utilizadas
- Resultados parciais
- Cronograma de realização

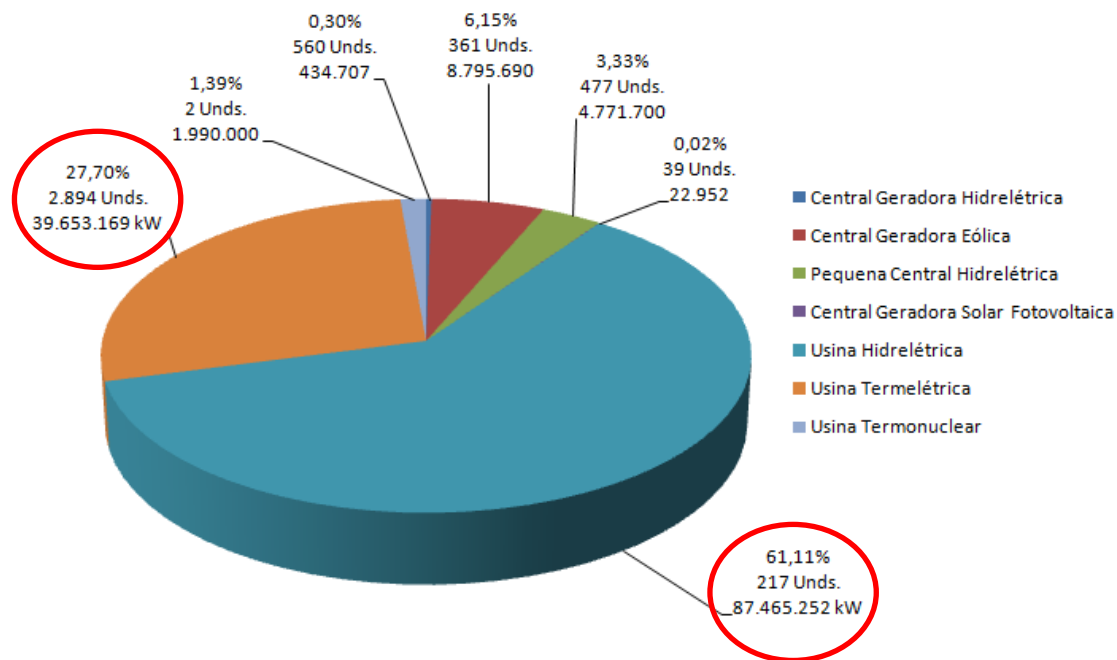
➤ INTRODUÇÃO

A geração é o segmento da indústria de eletricidade responsável por produzir energia elétrica e injetá-la nos sistemas de transporte (transmissão e distribuição) para que chegue aos consumidores.



- 4.520 Empreendimentos em operação;
- 143.133.470 kW de potência instalada.

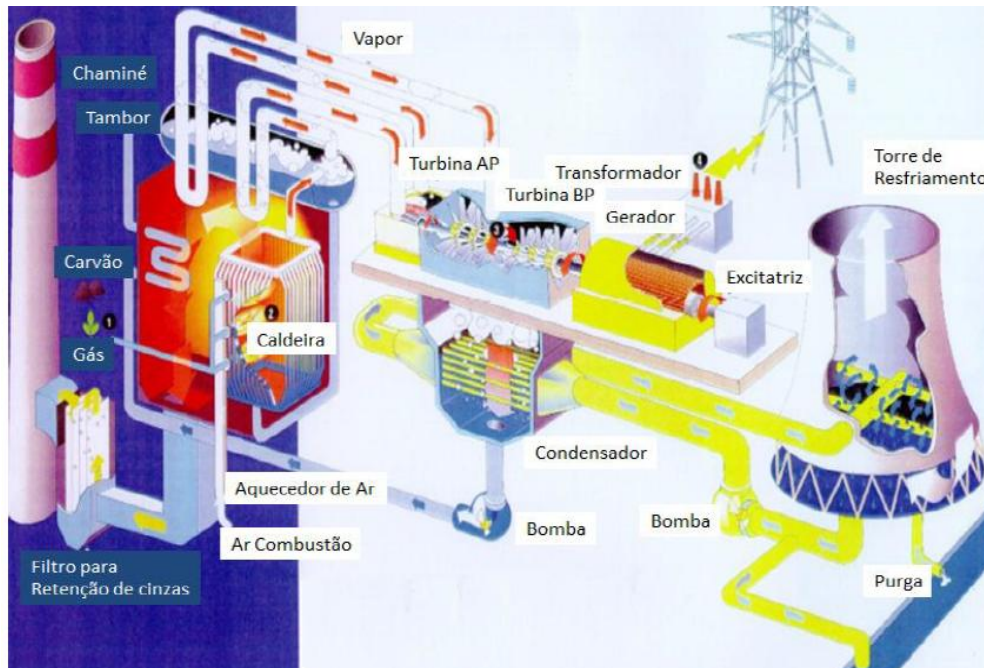
Empreendimentos geradores de energia elétrica no Brasil em operação



A geração de energia hidrelétrica e termelétrica são os carros fortes da produção nacional de energia.

Usina termelétrica

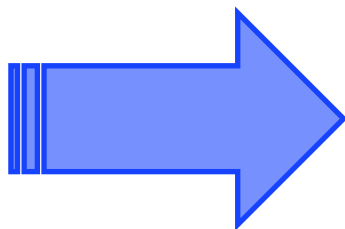
Uma usina termelétrica é uma instalação industrial cuja finalidade é a geração de energia elétrica, através de um processo de “queima” de combustível fóssil, como carvão mineral, óleo ou gás, transformando a água em vapor, com o calor gerado na caldeira.



4.520 empreendimentos
 ↳ 2.894 termelétricas
 ↳ 39.653.169 kW de geração de energia
 ↳ 9% combustível fóssil

➤ Mecanismos de falha em caldeira a carvão mineral

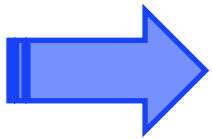
Um dos maiores problemas na maioria das caldeiras em operação com respeito à interrupção forçada da atividade, está associado a mecanismos de falha em tubos dos sistemas da caldeira devido a combinação dos processos de erosão e corrosão, que ocorre a temperaturas elevadas, isto é, temperaturas no entorno de 550 graus Celsius.



**60% das paradas
do sistema para
manutenção ou
reparação.**

Corrosão – erosão por partículas de carvão (*Ash corrosion*)

A superfície dos tubos das caldeiras ficam expostos à particulados gerados pela “queima” de carvão mineral, resultantes da combustão incompleta do mesmo pelos queimadores.



Somando-se a isso têm-se a corrosão por enxofre (sulfur corrosion) e/ou a corrosão devido ao ataque de cinzas na forma de escória (oil ash corrosion).

Sulfur corrosion

Uma das possibilidades para o desenvolvimento deste tipo de corrosão pode estar associada a operação em atmosfera reduzida presente na zona do queimador. Esta atmosfera contém altos níveis de monóxido de carbono. Os particulados de carvão resultantes da queima incompleta do mesmo liberam compostos sulfurosos/sulfurados voláteis e compostos de cloretos que causam sulfatização (*sulfidation*) na superfície dos tubos. Os compostos químicos resultantes deste processo (pyrosulfatos de sódio e potássio) possuem baixo ponto de fusão ($\approx 425^{\circ}\text{C}$) e são responsáveis pelo ataque à superfície e conseqüentemente a corrosão da mesma.

Oil ash corrosion

Este tipo de corrosão se dá devido à partículas fundidas de compostos de sódio-vanádio que são lançados contra a camada protetora de óxido de ferro da superfície do tubo.

A reação de corrosão acontecerá devido ao derretimento da superfície externa dos tubos expostas a essas partículas fundidas compostas por sódio-vanádio ($\approx 595^{\circ}\text{C}$). Essa mistura promoverá um ambiente agressivo na superfície do tubo contribuindo para a dissolução do mesmo gradativamente e, conseqüentemente, a perda de espessura.

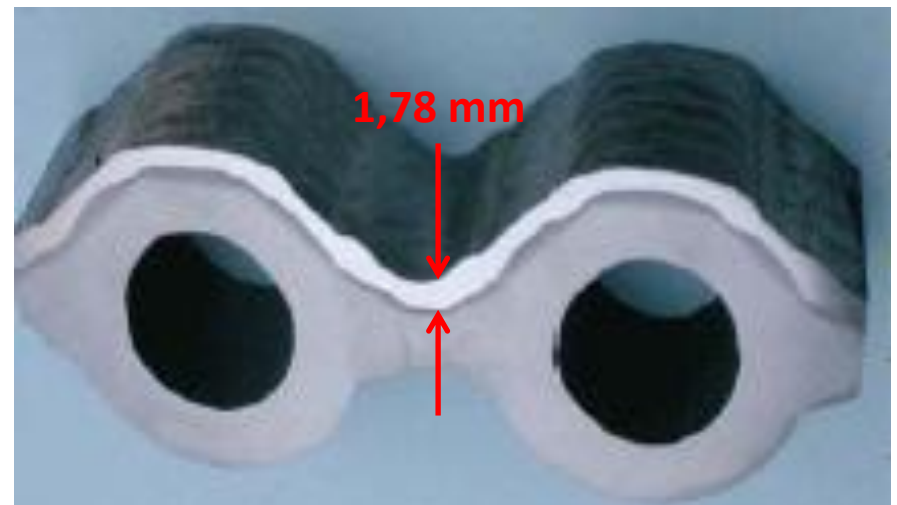
➤ Soluções para o problema

Uma das soluções para o problema causado pelo tripé erosão-corrosão-altas temperaturas é o uso de revestimentos.

As principais tecnologias de revestimentos possuem os seguintes princípios:

- utilização de revestimentos bimetálicos;
- revestimento por difusão de alumínio, nitretação, cromagem, boretação;
- pré-oxidação;
- processo de revestimento por **soldagem** (*pad welding*);
- **aspersão térmica**;
- métodos de pintura.

➤ Revestimento por soldagem



➤ Exemplo:

Thermally sprayed coatings resistant to erosion and corrosion for power plant boilers - A review

(Estudo de Revestimentos resistentes à erosão-corrosão de tubos de caldeira aplicados pelo método de aspersão térmica)

- Krzysztof Szymański, Adam Hernas, Grzegorz Moskal , Hanna Myalska
- Silesian University of Technology, Institute of Materials Science, 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8, Poland

➤ Objetivo dos pesquisadores:

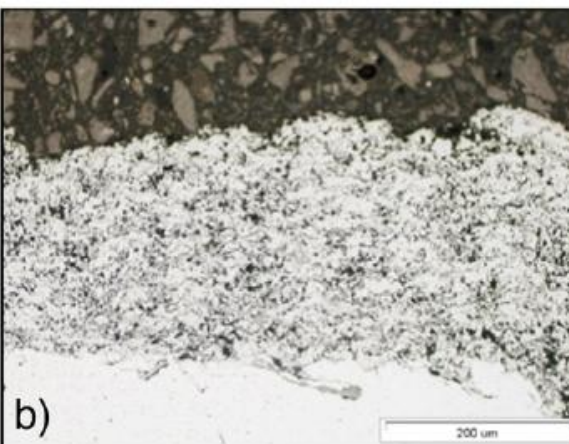
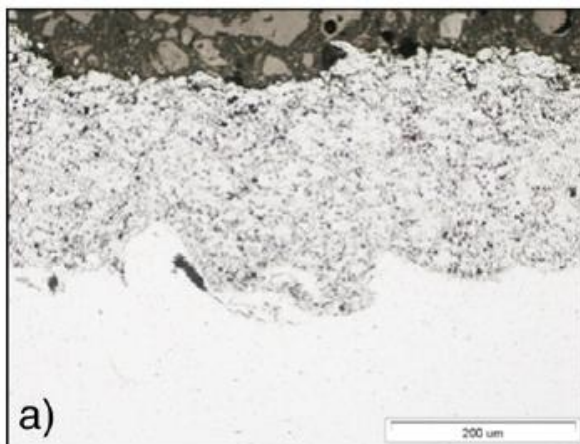
Desenvolver materiais e conceitos tecnológicos para a proteção da parede d'água da caldeira;
Realizar uma seleção da tecnologia e dispositivos para a produção de revestimentos de proteção.

Para este estudo, os pesquisadores selecionaram materiais que apresentaram microestrutura densa, dureza elevada e boa resistência à corrosão:

No	Name of material	Approximate phase content of powder	Granulation of powder [μm]
1.	A 558.074	WC-Co-Cr (86/10/4)	– 45 + 15
2.	A 518.074	WC-Co (88/12)	– 45 + 22
3.	A 584.054	Cr_3C_2 -NiCr (75/25)	– 45 + 10
4.	D 3004	Cr_3C_2 25(Ni 20Cr)	– 45 + 20
5.	D 3007	Cr_3C_2 20(Ni 20Cr)	– 45 + 20
6.	NCC-NCT	Cr_3C_2 25(Ni 20Cr + mod.)	– 45 + 15

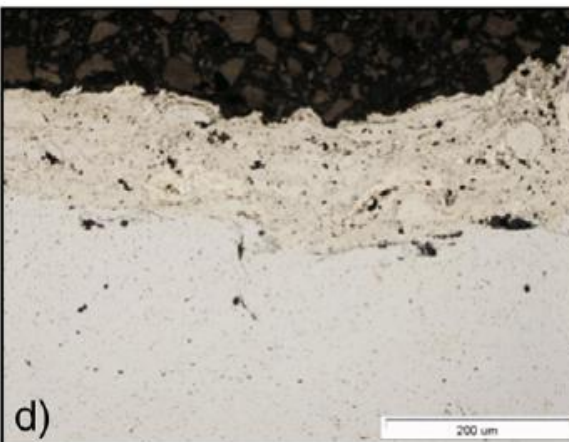
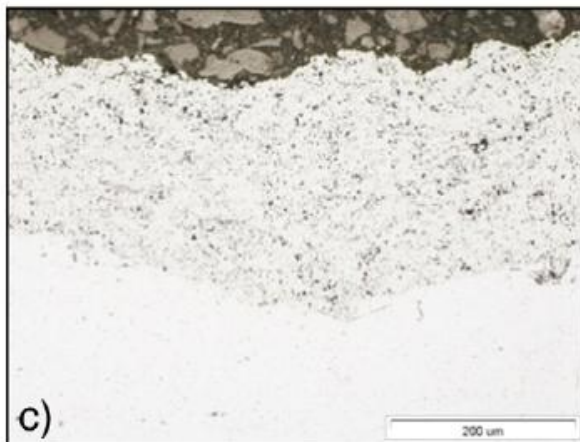
Análise microestrutural dos revestimentos propostos pelos pesquisadores

a) WC-Co-Cr



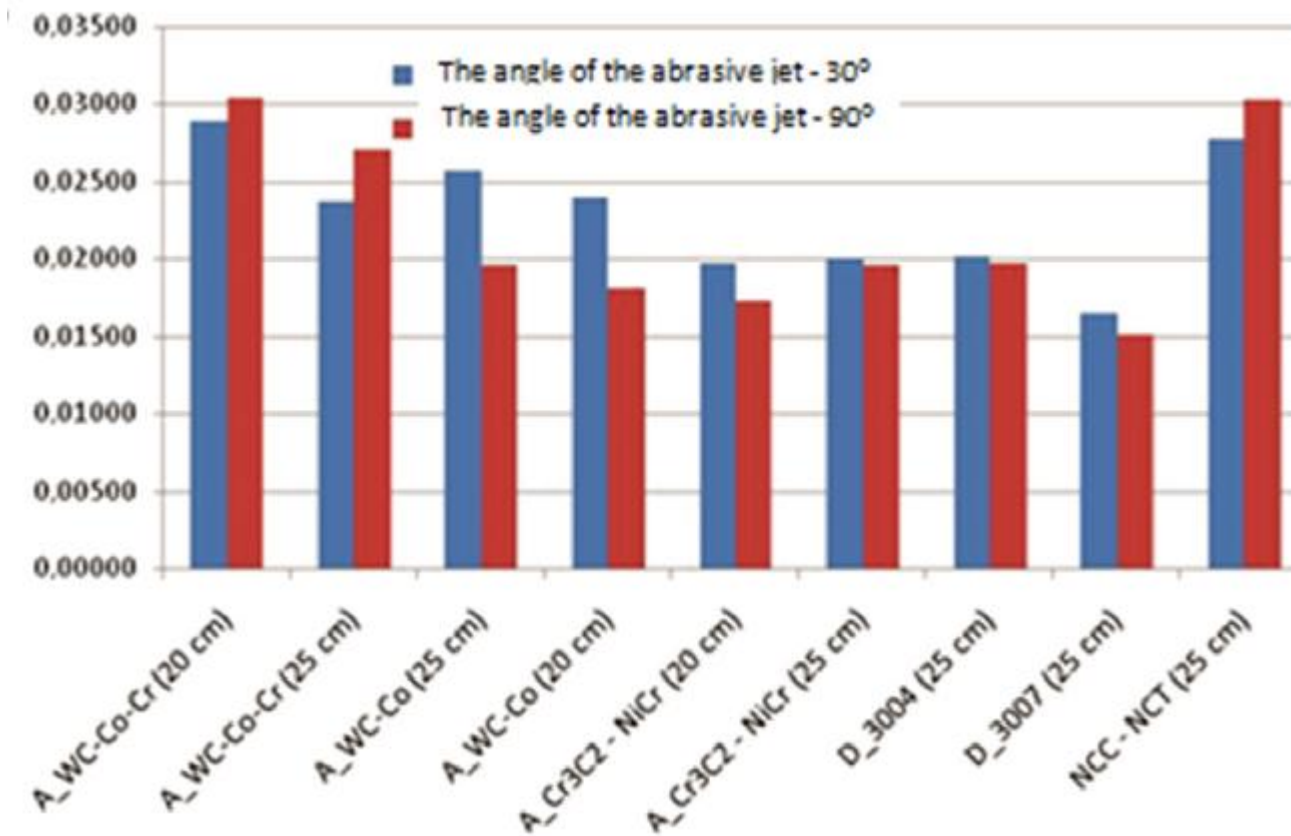
b) WC-Co

c) Cr_3C_2 -NiCr



c) Cr_3C_2 27 (Ni20Cr)

Ensaio abrasivo dos revestimentos propostos



Conclusão dos pesquisadores

Os revestimentos propostos apresentaram, depois dos respectivos ensaios, características desejáveis a um revestimento que é aplicado pelo método Thermal spraying:

- Alta resistência à corrosão (também a altas temperaturas);
- Alta resistência à abrasão (também a altas temperaturas);
- Possibilidade de manutenção no campo.

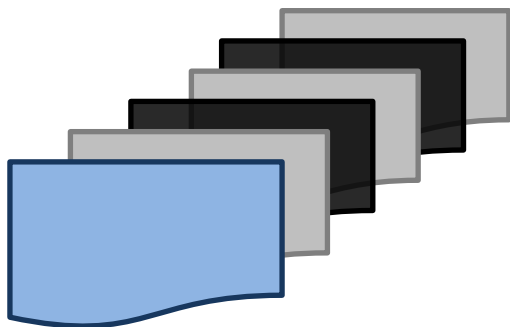
➤ OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é propor um revestimento que apresente elevada resistência a corrosão, condutibilidade térmica e de fácil manutenção para prevenção de desgaste erosivo-corrosivo associados a alta temperatura de funcionamento em tubos que compõe a parede d'água de caldeiras termelétricas que utilizam carvão mineral como combustível.

➤ O revestimento proposto nesta pesquisa é uma composição de adesivo cerâmico com tecido de carbono bidirecional.

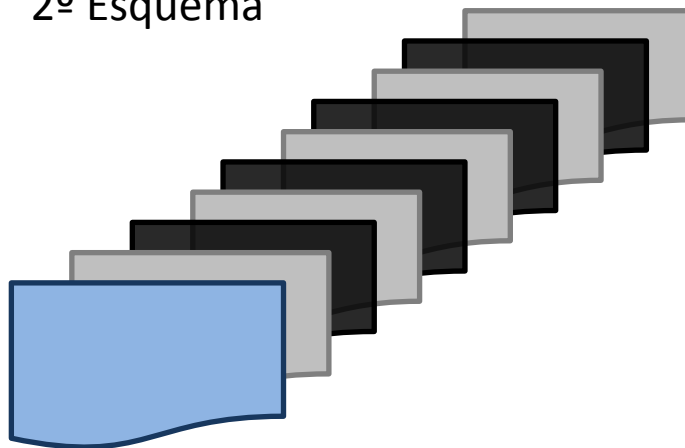
Esquemas propostos

1º Esquema



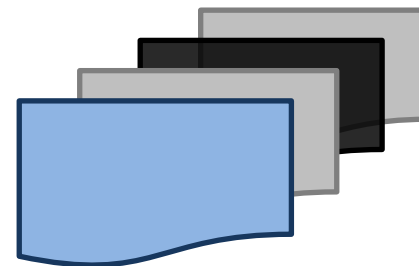
2 camadas de tecido de carbono

2º Esquema



4 camadas de tecido de carbono

3º Esquema



1 camada de tecido de carbono



Substrato a ser protegido



Adesivo cerâmico



Tecido de carbono

➤ TÉCNICAS QUE SERÃO UTILIZADAS (proposição inicial)

- Ensaios de adesão
- Ensaios de Tração (a frio e a quente – temperatura real de operação sobre substrato na caldeira)
- Caracterização metalúrgica e química do substrato, adesivo e fibra de carbono – microscopia óptica e eletrônica de varredura (MEV e EDS)
- Ensaios de envelhecimento térmico
- Ensaios abrasivos

Pamella Kessler
pamella.kessler@gmail.com

Obrigado!