



IB-NDT

Nondestructive Evaluation
www.ibndt.com

Brasil

■ 2018 ■

SOLUÇÕES INTEGRADAS PARA AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE EM CALDEIRAS





IB-NDT
Nondestructive Evaluation
www.ibndt.com

**SOLUÇÕES INTEGRADAS PARA AVALIAÇÃO DE
INTEGRIDADE EM CALDEIRAS**

SOLUÇÕES INTEGRADAS PARA AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE EM CALDEIRAS





SOLUÇÕES INTEGRADAS PARA AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE EM CALDEIRAS

As soluções integradas para avaliação de integridade em Caldeiras, desenvolvidas pela IB-NDT, é a aplicação de conjunto de ensaios não destrutivos com capacidade de avaliação global, permitindo classificar o dano existente em matriz de risco em função da sua probabilidade e gravidade da falha permitindo a priorização das ações de manutenção. Também como resultado obtemos uma redução de 25% do tempo destinado a inspeção durante as paradas das caldeiras.



IB-NDT
Nondestructive Evaluation
www.ibndt.com

SOLUÇÕES INTEGRADAS PARA AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE EM CALDEIRAS – COMPONENTES PARA INSPEÇÃO

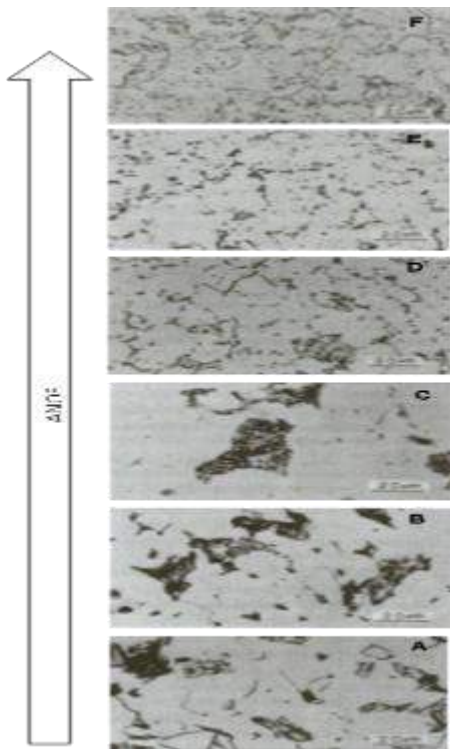


Ofertamos soluções integradas para todos componentes da Caldeira. Solicite a IB-NDT um plano de inspeção específico para sua caldeira.



ANÁLISE DE EVOLUÇÃO METALÚRGICA

A IB-NDT possui tecnologias aplicadas ao conceito de determinação da “Evolução metalúrgica”, com objetivo avaliar o acúmulo de danos nas diferentes regiões em função do serviço em alta temperatura, sendo possível estimar a vida remanescente em função do grau de comprometimento da microestrutura. A classificação para evolução microestrutural e determinação da vida útil é realizada através de Classificação baseada em conceitos Internacionalmente conhecidos.



A avaliação metalúrgica pode ser realizada de forma destrutiva e não destrutiva.

A forma não destrutiva é realizada para acompanhamento da exposição a alta temperatura ao longo da vida útil da Caldeira, onde realizamos:

- Avaliação microestrutural através da extração de Réplica Metalográfica;
- Medição de Dureza Portátil.
- Medição de camada de óxido por ultrassom;

De forma destrutiva (retirada de amostra) a IB-NDT realiza:

- Avaliação microestrutural (Dureza, medição de camada de óxido etc);
- Ensaio acelerado de fluência;



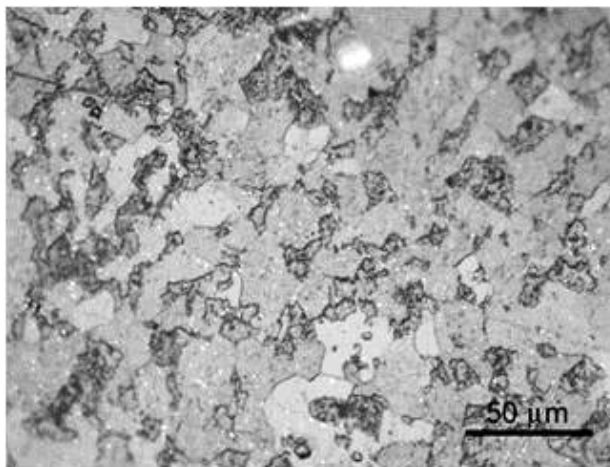
AVALIAÇÃO METALÚRGICA NÃO DESTRUTIVA

A IB-NDT conta com equipe especializada na **EXTRAÇÃO DE RÉPLICAS METALOGRÁFICAS** em conformidade com a ASTM E1351 – 01 - Standard Practice for Production and Evaluation of Field Metallographic Replicas.

A técnica consiste na preparação da região a ser analisada através de lixamento e polimento até a obtenção de uma superfície bastante polida e isenta de riscos. O lixamento é mecânico e o polimento poder-se-á ser mecânico ou eletrolítico (este último possibilita diminuir consideravelmente o tempo de preparação de superfície). Após esta preparação a superfície polida é atacada com reagentes químicos específicos para cada material e de acordo com o que se pretende visualizar.

A reprodução da microestrutura é feita em pedaços de folha de acetato bem fina, que se dissolve na acetona, possibilitando a colagem do acetato à superfície e assim reproduzindo a microestrutura. Este pedaço de acetato contendo a microestrutura replicada da superfície polida e atacada pode ser metalizado em ouro para um melhor contraste quando da observação em microscopia ótica ou eletrônica de varredura.

Também realizamos a metalização do acetato com ouro para avaliação de “Vazios” originados pelo processo de fluência.





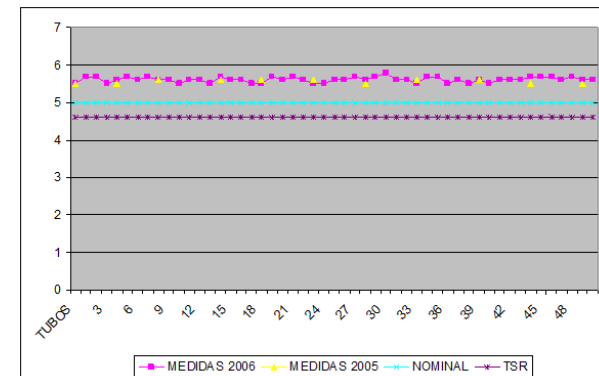
A **MEDIÇÃO DE DUREZA** é uma propriedade mecânica largamente utilizada em avaliações de integridades estrutural de equipamentos expostos a alta temperatura como: Caldeiras, Fornos, Vasos de Pressão, Tubulações etc. Também usada como parâmetro de controle em procedimentos de soldagem, especificação e comparação de materiais.

Já no controle de integridade de equipamentos expostos a temperatura mensurar a dureza permite a extrapolação da perda de resistência mecânica do aço, com isso, um parâmetro a ser avaliado em conjunto com a micro estrutura do material.

Os métodos mais utilizados no ramo da metalurgia e mecânica para determinação de dureza são Brinell, Rockwell e Vickers.

Medir dureza é um excelente parâmetro de controle, com isso, utilizar equipamentos portáteis permitem mensurar rapidamente, de forma não destrutiva e com amostragem superior comparada as técnicas convencionais.

A IB-NDT possui procedimento e equipamentos nos métodos de UCI (Ultrasonic Contact Impedance/impedância de contato ultrassônico) e Ensaio de Dureza Por Rebote Dinâmico que possibilitam o atendimento aos mais variados tipos de geometria, configurações e escala necessárias ao serviços de integridade ou controle de qualidade de juntas soldadas.

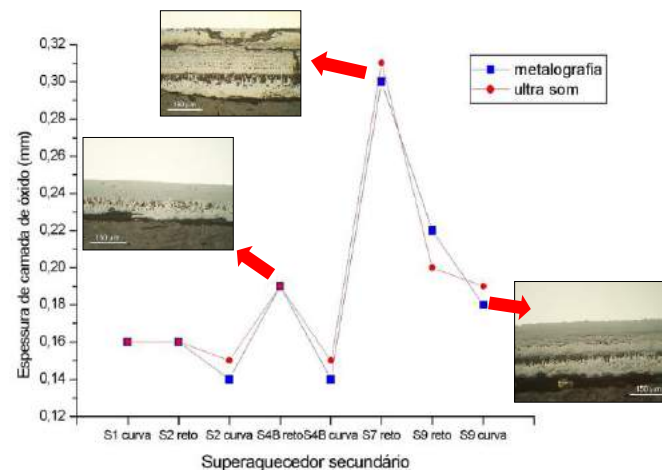




O crescimento da camada de óxido (magnetita, cromita, hematita etc.) em tubulações de vapor que operam em alta temperatura, está associado a danos, seja limitando a vida útil dos tubos em função do aumento da temperatura de operação, ou ocasionando paradas emergenciais em função de ruptura por superaquecimento localizado.

Estudos na indústria da geração de Energia indicaram que o efeito da camada de óxido é relativamente insignificante até espessuras de aproximadamente 0.012"ou 0.3 milímetros, mas além desta espessura os efeitos negativos da camada de óxido aumentam consideravelmente. Mensurar periodicamente esta camada permite acompanhar a vida em serviço e determinar a vida útil residual dos tubos e futuras regiões de manutenção, ou seja, a troca do trecho afetado.

A IB-NDT domina a técnica de medição de camada de óxido através de ultrassom, possuindo procedimento aprovado por Nível 3 de Ultrassom, resultado de investimentos em pesquisa e equipamento para medição de camada de óxido com sensibilidade a partir de 0,15 mm.

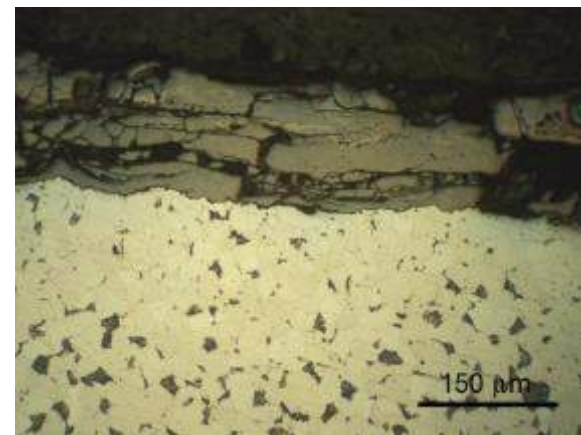
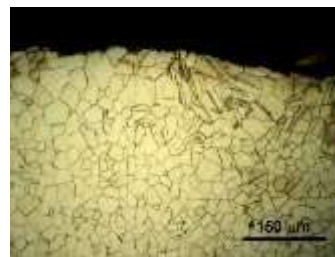
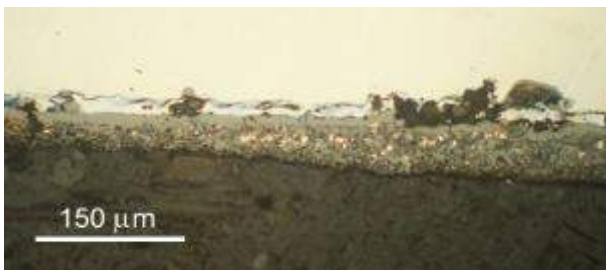




Os ensaios metalográficos tem como objetivo determinar as características microestruturais que certo material deveria apresentar e/ou está apresentando.

A avaliação Macrografica consiste no exame do aspecto de uma superfície, polida e atacada por um reagente adequado, tendo uma visão do conjunto, referente à homogeneidade do material, à distribuição e natureza de falhas, impurezas; ao processo de fabricação. Para a macrografia o aço é o material de maior interesse. Algumas das heterogeneidades mais comuns nos aços são as seguintes:

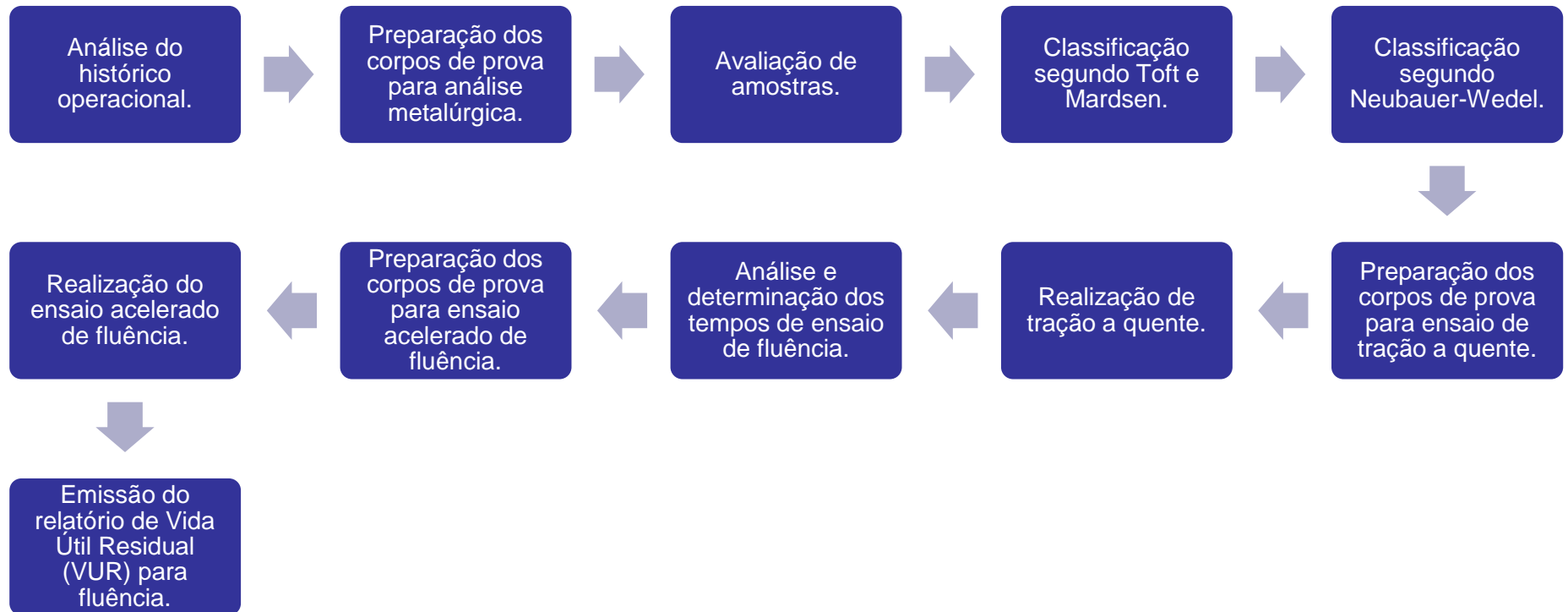
- Vazio, causado pelo resfriamento lento;
- Segregação, causadas pelas impurezas e outros metais;
- Dendritas, formação de grãos de vários tamanhos;
- Trincas, devido às tensões excessivas no resfriamento.





ENSAIOS ACELERADO DE FLUÊNCIA

Um dos fatores mais críticos que determinam a integridade de componentes a temperaturas maiores que 30% da temperatura absoluta de fusão é o seu comportamento em relação à fluência. O mecanismo de fluência, devido à sua propriedade de ser dependente da temperatura, pode fazer com que os materiais, de forma lenta e contínua, deformem e eventualmente falhem, mesmo sob carregamento constante



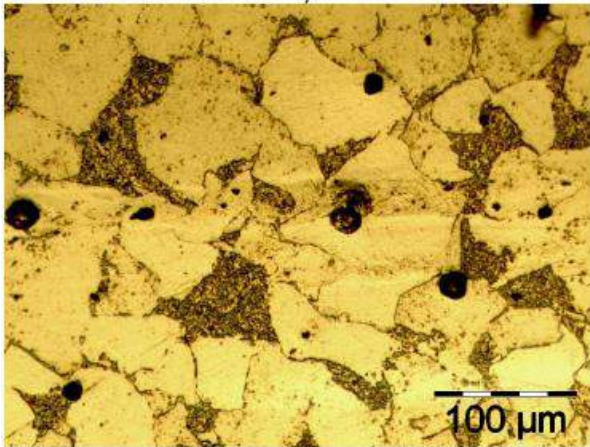
Fluxo de atividades realizadas para determinação da Vida Útil Residual a Fluência (VUR)

ENSAIOS ACELERADO DE FLUÊNCIA

Com resultados de ensaios de fluência (acelerados ou não) plota-se a tensão aplicada versus o parâmetro de LARSON – MILLER - $T(C+\log tr)$, obtendo-se uma reta, a partir da qual é possível extrapolar e prever o tempo de ruptura para uma dada condição de serviço.

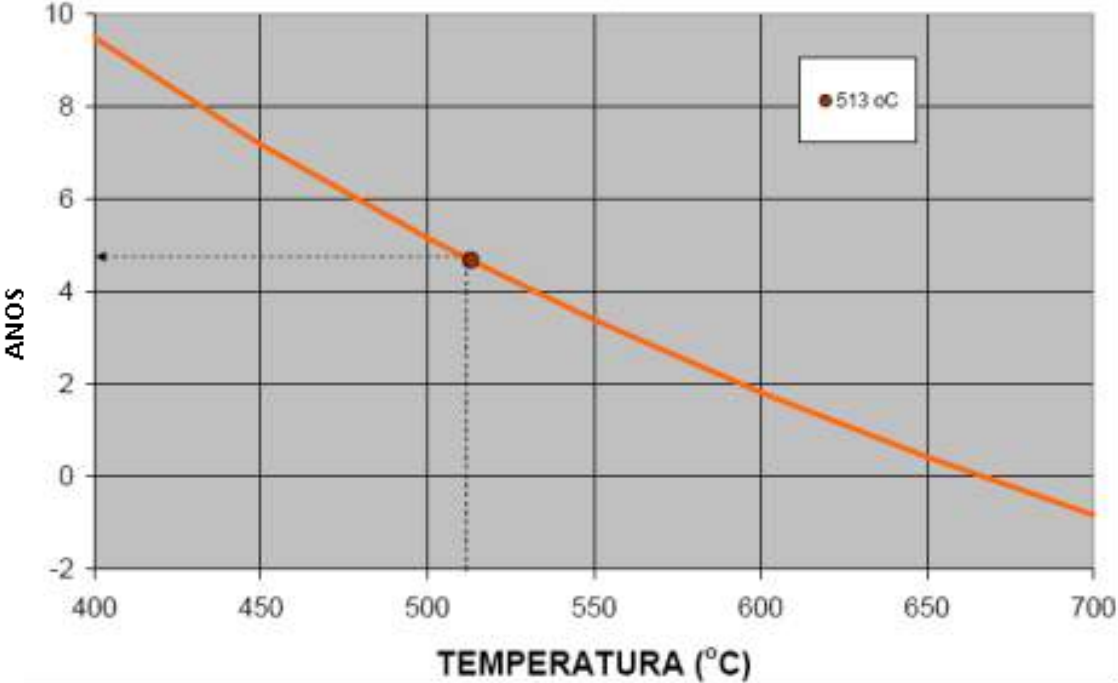
A seleção de condições para a realização de ensaios acelerados de fluência foi baseada nas temperaturas de trabalho, associadas a tensões e ensaios de tração a quente.

O cálculo da vida remanescente das diferentes regiões da caldeira será apresentado de forma gráfica



Micrografia com micro vazios de fluência (pontos pretos)

Variação da Vida Residual com a Temperatura para a Condição $\sigma_c = 25.3 \text{ MPa}$





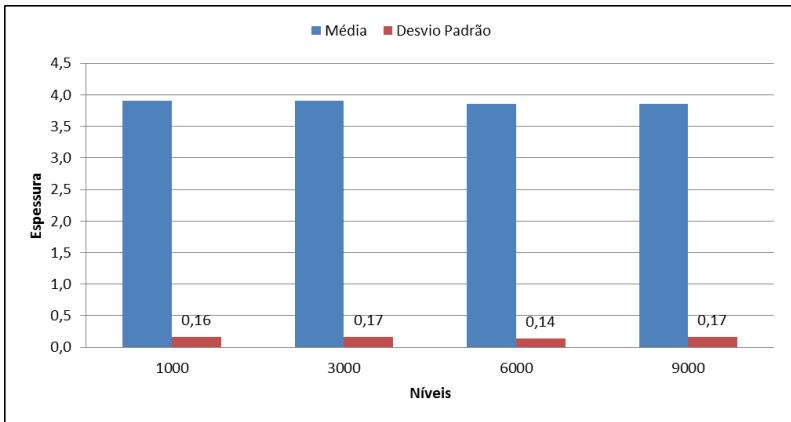
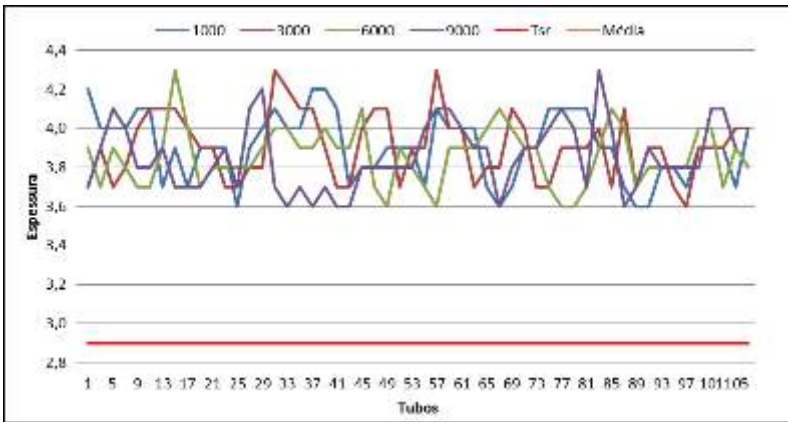
PERDA DE ESPESSURA EM TUBOS

A perda de espessura em tubos de caldeira pode ocorrer por diversos mecanismos de danos, porém o mais frequente é corrosão sob depósitos. A IB-NDT possui diversas tecnologias para mapeamento de perda de espessura em Caldeiras. São elas:

- Medição de espessura por ultrassom A-Scan;
- Medição de espessura por transdutor EMAT;
- Mapeamento de corrosão em tubos com tecnologia RFET - Remote Field Electromagnetic Technique;
- Mapeamento de corrosão em tubos com tecnologia MFL - Magnetic Flux Leakage;
- Mapeamento de corrosão com ultrassom C-Scan;

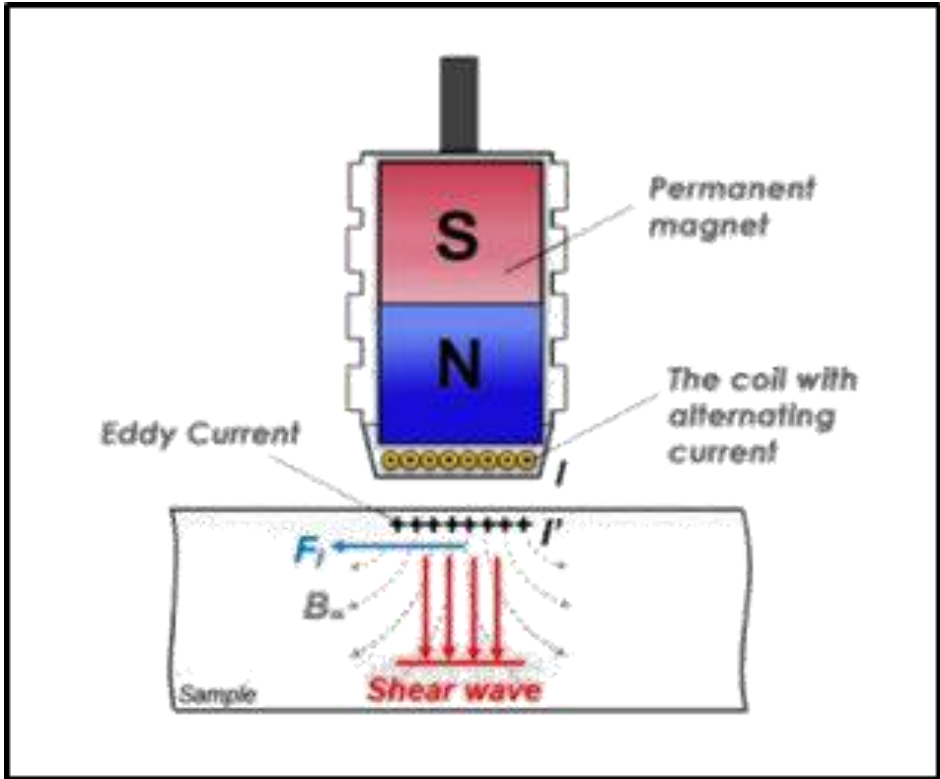
MEDIÇÃO DE ESPESSURA POR ULTRASSOM A-SCAN

Necessário preparar a superfície através de escovamento, devido a incrustações nos tubos. Os cabeçotes são selecionados em função do diâmetro a mensurado. Os resultados são apresentados em forma de gráficos. A medição de espessura é realizada de forma pontual sem abrangência global. Eficiente somente para acompanhamento da perda uniforme de espessura.



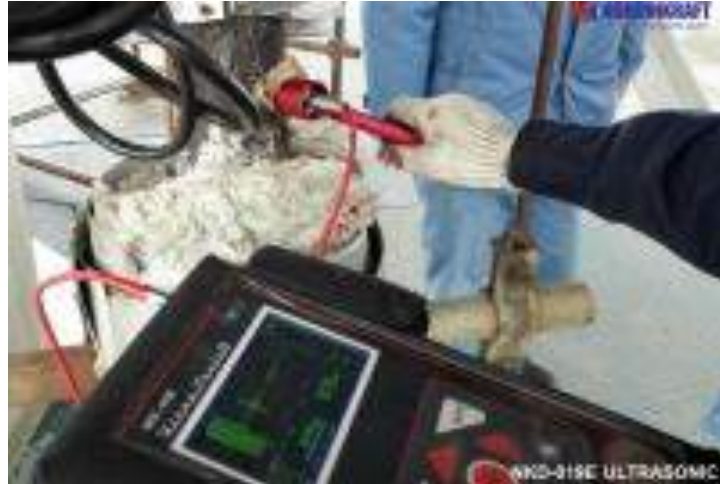
MEDIÇÃO DE ESPESSURA POR TRANSDUTOR EMAT

Os transdutores tipo EMAT são aplicados em situações onde os tradutores de ultrassom convencionais possuem dificuldade de acoplamento, seja por temperaturas altas, baixas, incrustações, superfícies muito corroídas que dificultam o acoplamento dos cabeçotes. Essa facilidade de inspeção é possível, pois os transdutores **EMAT trabalham sem contato com a superfície a ser mensurada.**





MEDIÇÃO DE ESPESSURA POR TRANSDUTOR EMAT





MEDIÇÃO DE ESPESSURA POR TRANSDUTOR EMAT

Os transdutores tipo EMAT permitem medir espessura residuais de superfícies com corrosão alveolar que dificultam o acoplamento do cabeçote. Esta característica é possível devido a fato de não haver necessidade de fluidos acoplantes etc.

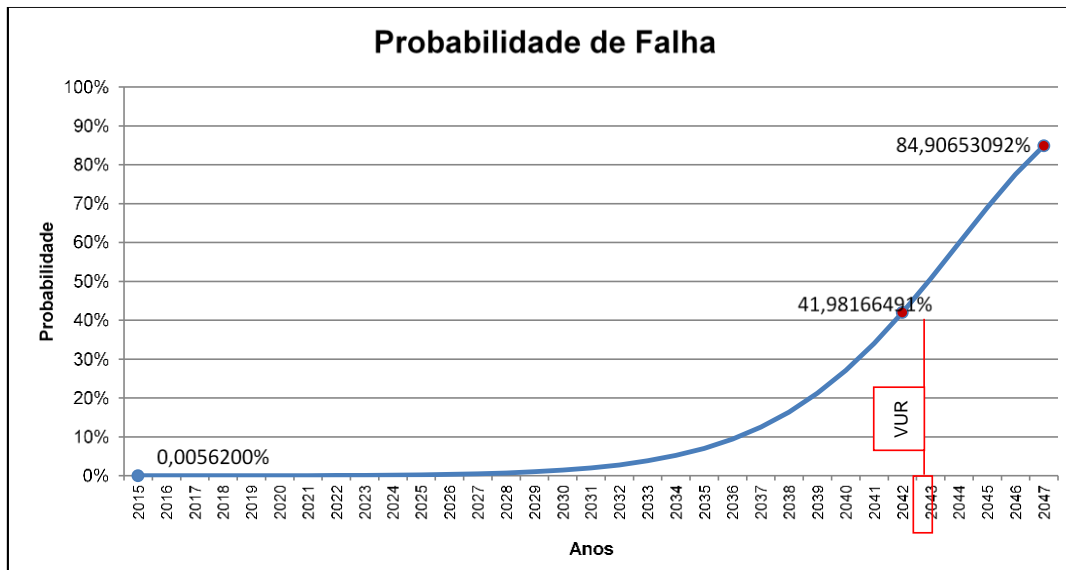




ANÁLISES DE ENGENHARIA – ANÁLISE ESTATÍSTICAS DAS ESPESSURAS

Com base na espessura mínima definida para os tubos são calculada a probabilidade de ocorrência de uma espessura inferior a esta durante as próximas campanhas operacionais desta caldeira. A seguir é explicada a metodologia de cálculo empregado.

Nesta metodologia considera-se o conjunto de taxas de corrosão e se calcula a taxa representativa do sistema. A Função de Distribuição de Probabilidade das Taxas é determinada a partir das taxas obtidas em cada ponto de medição de espessura

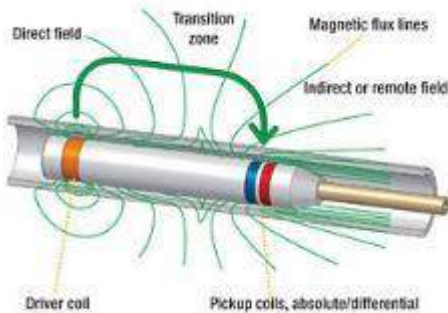
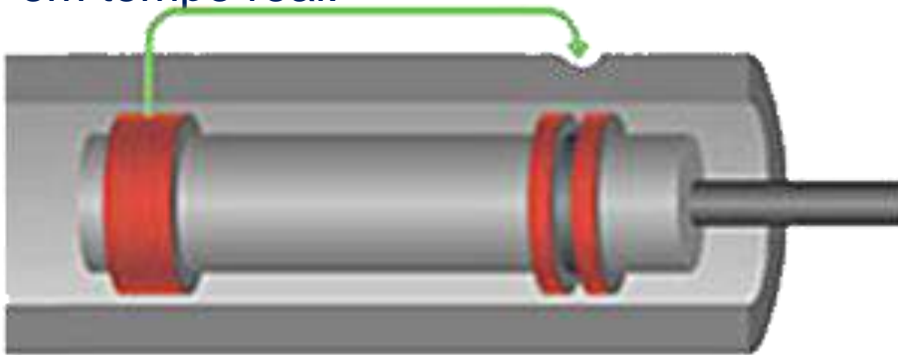


Determinação da VUR
(vida útil residual)
para perda de
espessura através de
métodos estatísticos

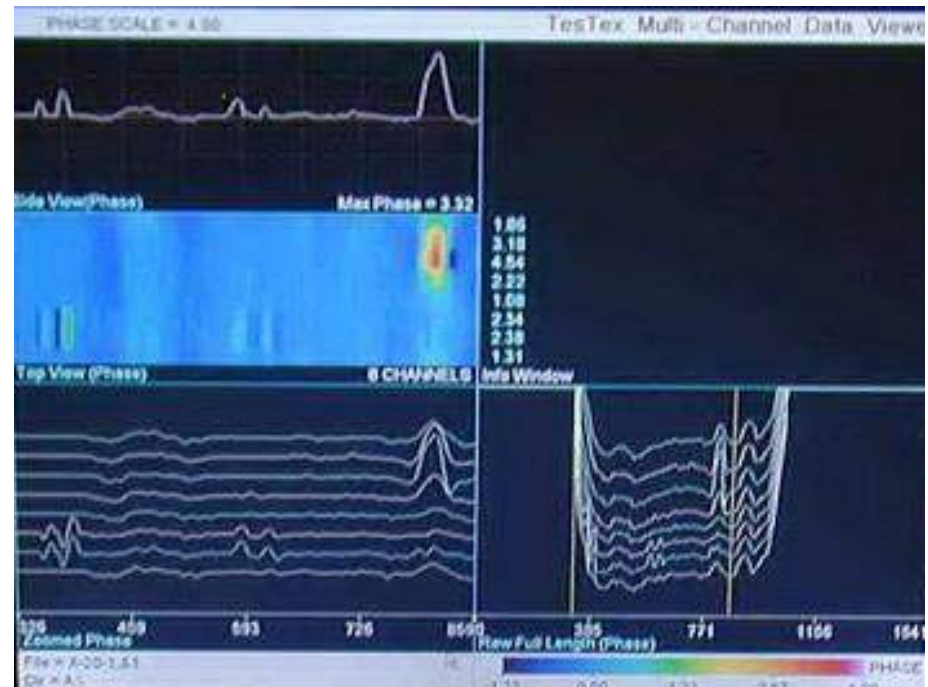


MAPEAMENTO DE CORROSÃO EM TUBOS COM TECNOLOGIA RFET

A Tecnologia de mapeamento de corrosão RFET - REMOTE FIELD ELECTROMAGNETIC TECHNIQUE, funciona através de campo eletromagnético sensível a mudanças na espessura da parede do tubo. A IB-NDT atende a uma ampla gama de diâmetros (1/4" até 6"). Os sensores de REFT permitem a inspeção em tempo real.



Single-driver model shown





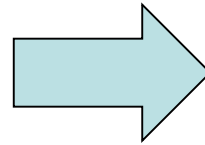
MAPEAMENTO DE CORROSÃO EM TUBOS COM TECNOLOGIA RFET



Sonda sendo inserida no Tubulão superior



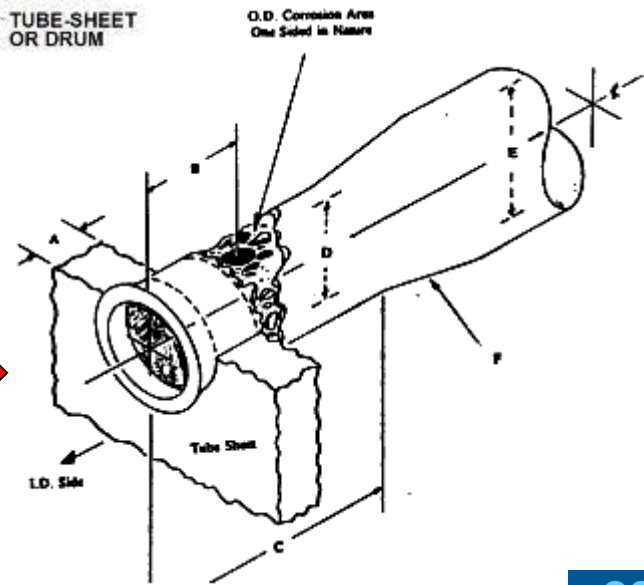
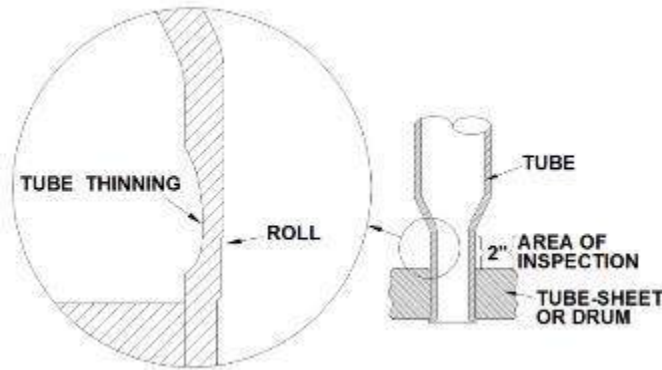
Saindo no Tubulão inferior



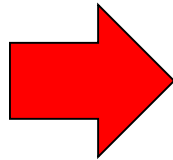
Devido a sua configuração flexível e a folga entre o sensor e o diâmetro interno do tubo é possível inspecionar 100% do comprimento do tubo **inclusive trechos curvos.**

MAPEAMENTO DE CORROSÃO EM TUBOS COM TECNOLOGIA RFET

Utilizando corretamente o sistema de inspeção é possível avaliar perda de espessura na saída/entrada dos tubos.



Investigação de corrosão NMDC
 – Near Mud Drum Corrosion





MAPEAMENTO DE CORROSÃO EM TUBOS COM TECNOLOGIA RFET

Esta forma de onda ilustra o pit de corrosão exibindo $>45\%$ de perda de espessura.

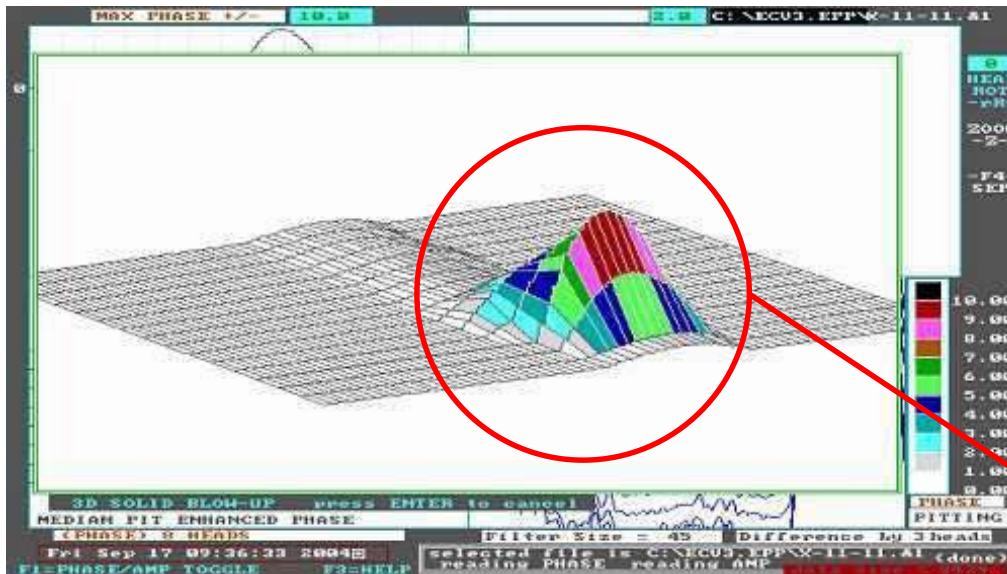


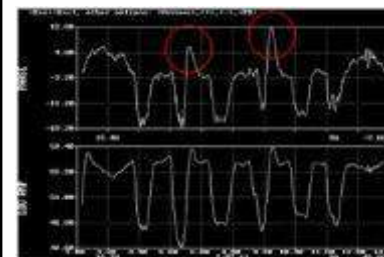
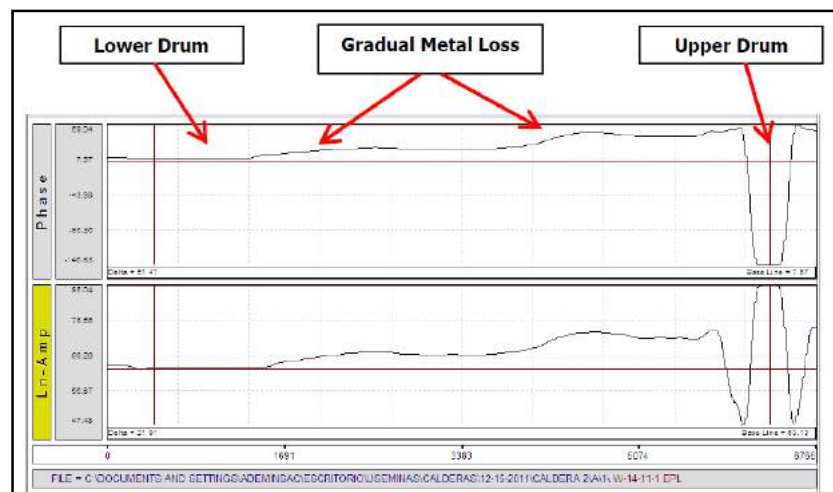
Foto Tirada com Boroscópio corroborando o resultado RFET

MAPEAMENTO DE CORROSÃO EM TUBOS COM TECNOLOGIA RFET

Detecta percentual de perda de espessura, corrosão localizada, abrasão e piting, igualmente sensível a falhas internas e externas. Sensibilidade de 5% da espessura nominal do tubo.

Tabela – Valores obtidos na inspeção do Banco de Tubos

Nº Tubo	Zone	Linha – nº Tubo - Coluna	%Loss Metal	Observação
1	A	4 -1 -1	20 – 25 %	Gradual Wall Loss
2	A	4 -2 -1	20 – 25 %	Gradual Wall Loss
3	A	4 -3 -1	20 – 25 %	Gradual Wall Loss
4	A	4 -4 -1	20 – 25 %	Gradual Wall Loss
5	A	4 -5- 1	25 – 30 %	Gradual Wall Loss
6	A	9 -1 -1	20 – 25 %	Gradual Wall Loss
7	A	9 -2 -1	20 – 25 %	Gradual Wall Loss
8	A	9 -3 -1	25 – 30 %	Gradual Wall Loss
9	A	9 -4 -1	20 – 25 %	Gradual Wall Loss
10	A	9 -5-1	20 – 25 %	Gradual Wall Loss
11	A	9 -6-1	30 – 35 %	Gradual Wall Loss
12	A	9 -7 -1	30 – 35 %	Gradual Wall Loss
13	A	9 -8 -1	30 – 35 %	Gradual Wall Loss
14	A	9 -9 -1	30 – 35 %	Gradual Wall Loss
15	A	9 -10-1	30 – 35 %	Gradual Wall Loss

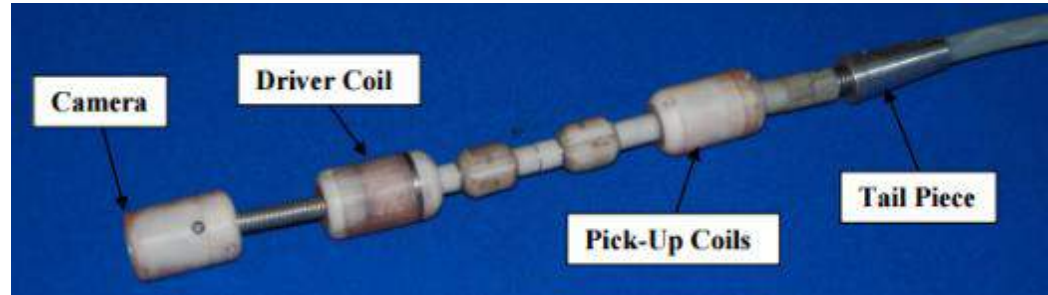


MAPEAMENTO DE CORROSÃO EM TUBOS COM TECNOLOGIA RFET

Solução para inspeção em tubos conectados a coletores.



Abertura de acesso no
coletor



Inserção da sonda através de dispositivo
especifico



Medição da perda de espessura

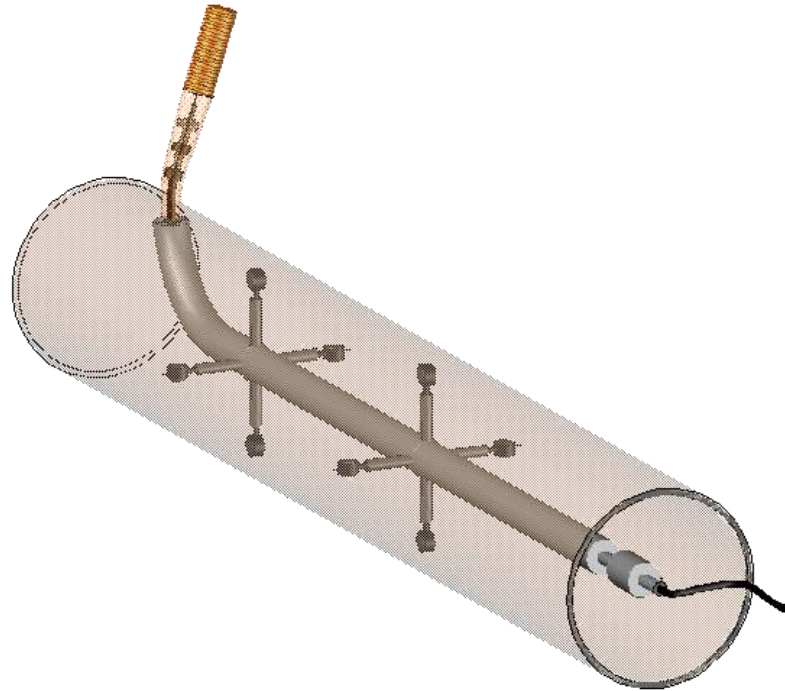


MAPEAMENTO DE CORROSÃO EM TUBOS COM TECNOLOGIA RFET

Solução para inspeção em tubos conectados a coletores.



Abertura de acesso no
coletor



Inserção da sonda através de dispositivo
específico



MAPEAMENTO DE CORROSÃO EM TUBOS COM TECNOLOGIA RFET

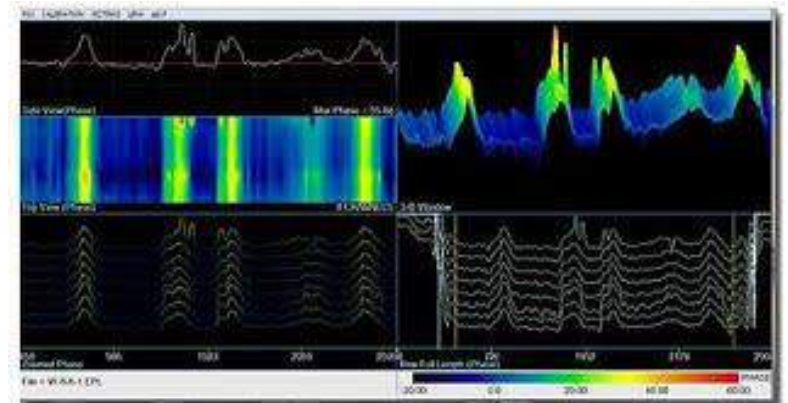
- Acesso ao coletor;
- Elaboração do PAR:
 - Procedimento de execução do corte;
 - Ensaios não destrutivos;
 - Procedimento de soldagem (EPS);
 - Registro do procedimento de soldagem (RQPS);
 - Qualificação do soldador;
 - ART CREA;
- Corte através de sistema orbital de plasma;
- Tratamento térmico (se necessário)
- Acompanhamento do processo de soldagem;
- Aprovação do processo de soldagem com Ultrassom Phased Array e TofD;
- Dureza e Réplica metalográfica da ZTA e metal de adição;





MAPEAMENTO DE CORROSÃO EM TUBOS COM TECNOLOGIA MFL

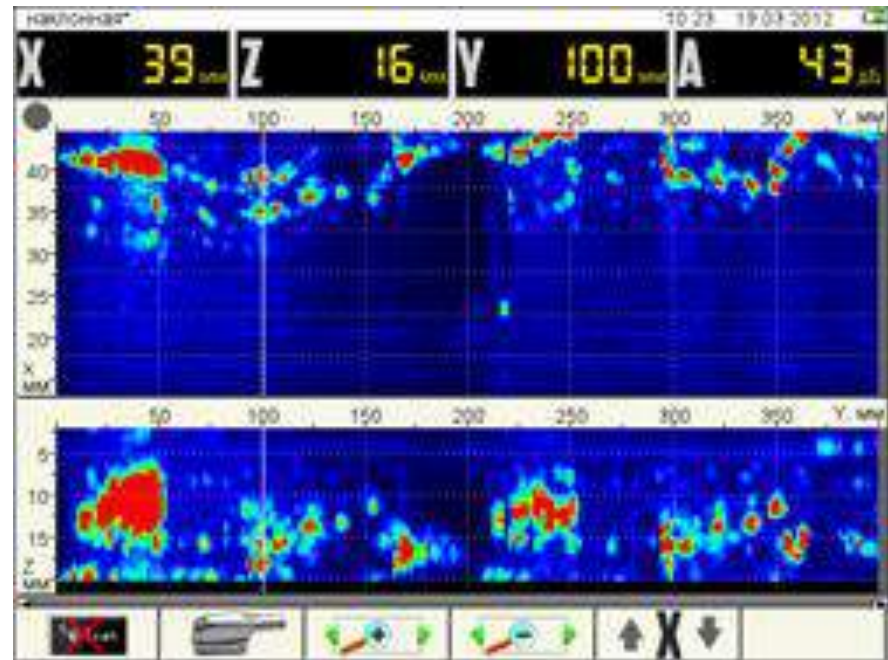
Para tubos onde haja acesso a uma das faces o mapeamento de corrosão pode ocorrer através da técnica de MFL (Magnetic Flux Leakage).





MAPEAMENTO DE CORROSÃO COM ULTRASSOM C-SCAN

O mapeamento de corrosão pode ser realizado pelo ultrassom com apresentação bi-dimensional (C-scan) com a visualização superior ou planar da peça de teste, similar a sua perspectiva gráfica de uma imagem de raios X, onde a cor representa a amplitude ou a profundidade do sinal de cada ponto mapeado da peça de teste em relação a sua posição.





ULTRASSOM AVANÇADO SISTEMA PHASED ARRAY

O ensaio por ultrassom pela técnica Phased Array utiliza um sistema eletrônico e informatizado de alta performance.

- ❑ Transdutor com um arranjo que pode chegar até 256 cristais, possibilita que os mesmos possam ser excitados individualmente em tempos diferentes e programados.
- ❑ Essa condição possibilita o ensaio com vários tipos de arranjos dos feixes sônicos, permitindo uma maior segurança assim como uma maior cobertura do volume a ser inspecionado.
- ❑ O sistema phased array, trabalha com várias técnicas ao mesmo tempo, de forma simultânea, com mostradores na tela do aparelho como exemplo: A-scan, B-scan, C-scan e S-scan
- ❑ Informações de dados das peças inspecionadas, e nos casos das descontinuidades detectadas, mais precisões no dimensionamentos e monitoração futura.





ULTRASSOM AVANÇADO SISTEMA PHASED ARRAY

VANTAGENS TÉCNICAS:

- Substituição do ensaio de radiografia.
- Avalia erosão interna nos cordões de solda;
- Inspeção para detecção de trincas;



ESCÂNER COBRA PARA INSPEÇÃO EM TUBOS A PARTIR DE ½".

Procedimento aprovado por Nível 3 PA

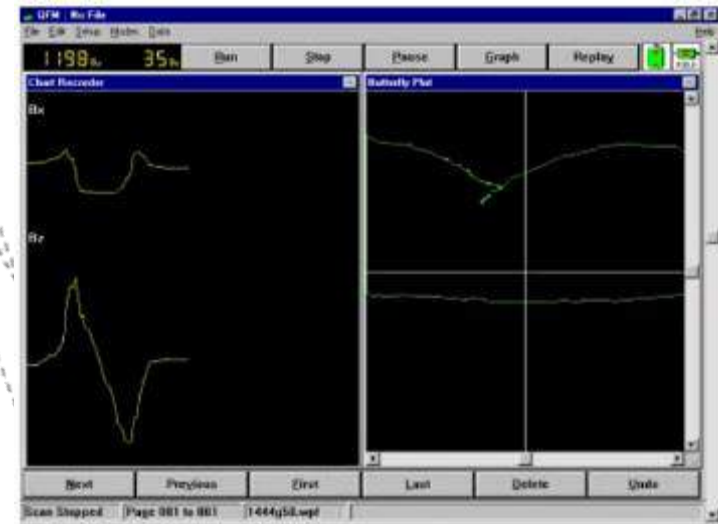
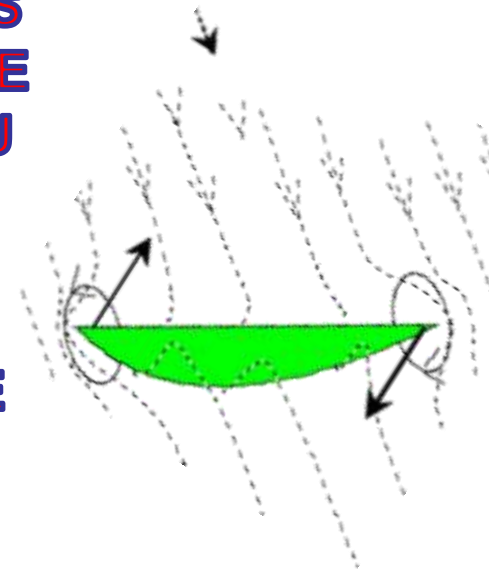


DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ACFM - ALTERNATING CURRENT FIELD MEASUREMENT

A técnica ACFM mede quantidades absolutas de campos magnéticos superficiais produzidas por um campo magnético uniforme, induzido paralelamente a trinca. Devido à deformação das correntes próximas à extremidade da trinca é observada uma elevação da densidade de fluxo magnético perpendicular à superfície. Os sinais na tela (figura ABAIXO) são uma representação direta da detecção da trinca.

**DETECÇÃO DE TRINCAS
SEM A NECESSIDADE DE
RETIRADA DE TINTA OU
PREPARAÇÃO DE
SUPERFÍCIE.**

**REDUZINDO CUSTO DE
INSPEÇÃO.**





DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ACFM - ALTERNATING CURRENT FIELD MEASUREMENT

O ACFM é uma tecnologia eletromagnética sem contato para a detecção de trincas de superfície em materiais condutores. A sonda ACFM induz uma corrente eléctrica uniforme no material a inspeccionar, em seguida, produz um campo magnético que terá seu fluxo perturbado em torno das arestas da trinca se a mesma estiver presente. As sondas possuem sensores incorporados que são utilizados para detectar estas perturbações do campo magnético. Dois componentes do campo magnético são medidos são o B_x e B_z , a primeira para estimar profundidade trinca e o último para estimar o comprimento da trinca. Estas medidas, juntamente com algoritmos de software são utilizadas para determinar o comprimento preciso e profundidade da descontinuidade.

**SUBSTITUI OS ENSAIOS DE LÍQUIDOS
PENETRANTES E PARTÍCULAS
MAGNÉTICAS.**





IB-NDT
Nondestructive Evaluation
www.ibndt.com

DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ACFM - ALTERNATING CURRENT FIELD MEASUREMENT



Tubulação de Vapor



Bocais dos tubulões



Tubos da Fornalha



Tubos
Superaquecedores



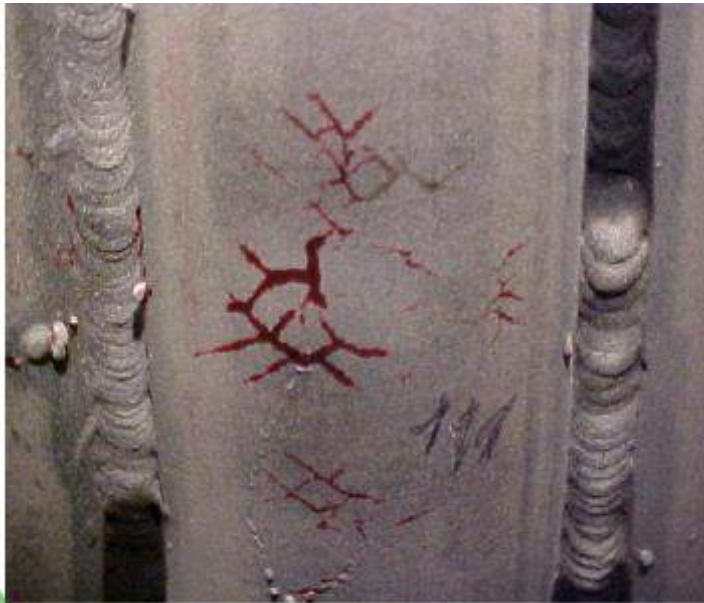
Ligação tubos espelho
do tubulão



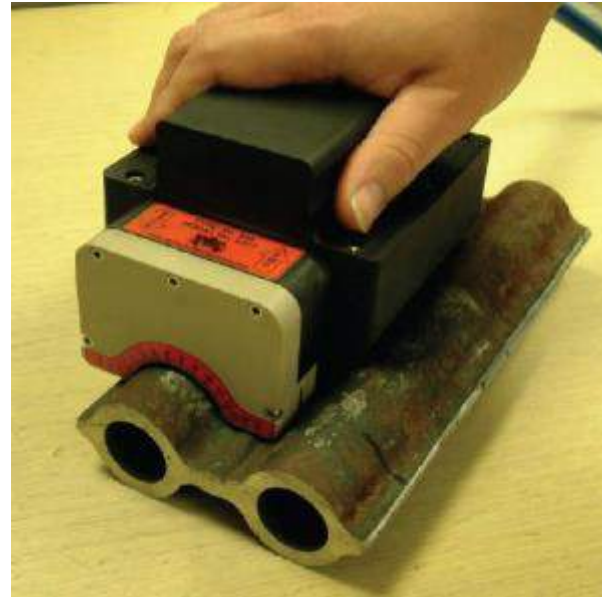
Região dos
Queimadores

DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ACFM - ALTERNATING CURRENT FIELD MEASUREMENT

Outras aplicações especiais: FORNALHA DE CALDEIRAS



Pelas impossibilidade de limpeza ou montagem de andaime esta inspeção é realizado com amostragem bastante reduzida. Limitando a identificação de trincas formadas pela fadiga térmica



Com aplicação de sondas específicas é possível uma amostragem maior da inspeção.



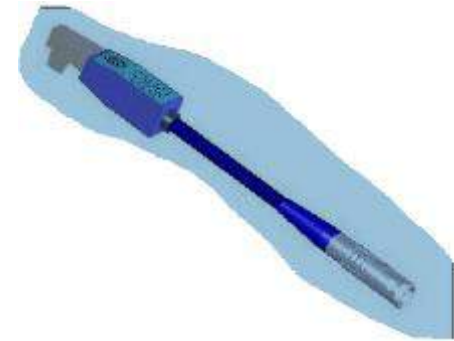
DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ACFM - ALTERNATING CURRENT FIELD MEASUREMENT

Outras aplicações especiais: TUBOS PINADOS e ABERTURAS DE SMELTS



Estes componentes são suscetíveis a trinca por fadiga térmica. A inspeção tradicional (LP) é de alto custo. Em certos casos é aplicado a técnica Fluorescente.

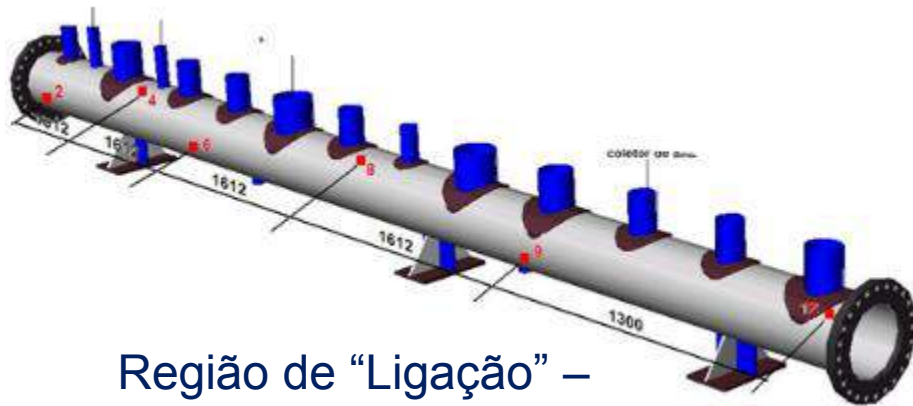
Com aplicação de sondas específicas de ACFM temos uma POD maior que o LP fluorescente. Sem a necessidade de limpeza de superfície mais elaboradas.





DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ACFM - ALTERNATING CURRENT FIELD MEASUREMENT

Outras aplicações especiais: COLETORES DE VAPOR



Região de “Ligação” –
propensa a formação de
trincas associadas a fadiga
térmica



Trinca de fadiga térmica no
costado de Coletor de Vapor

O histórico de falhas nestes equipamentos indicam que há possibilidade de falhas também no corpo cilíndrico. Daí a necessidade de aumento da amostragem de inspeção para garantir a confiabilidade da análise de integridade.



DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ENSAIO DE EMISSÃO ACÚSTICA

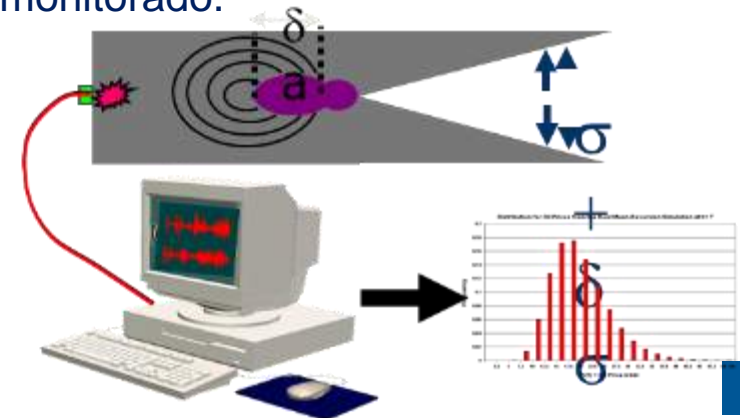
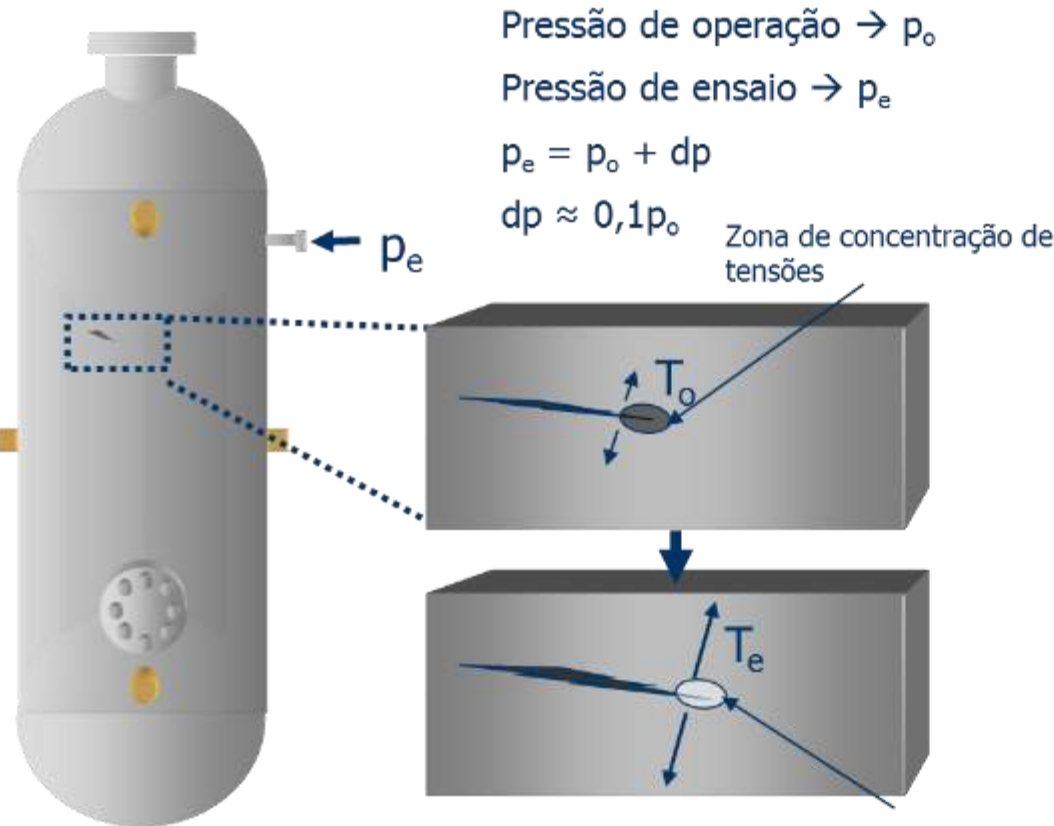
O ensaio de emissão acústica realizado industrialmente em equipamentos que contenham tensões atuantes é realizado coletando e processando sinais gerados pelas descontinuidades porventura existentes. O processamento dos sinais geralmente são executados por programas de computador específicos para emissão acústica.

Para Caldeiras o ensaio pode ser realizado monitorando o teste hidrostático, aquecimento ou resfriamento antes da parada. O nível dessas tensões pode ser elevado, no entanto o tipo de tensão gerada, de característica secundária é absorvida pelo equipamento em forma de deformações locais nos pontos mais solicitados. Essas mesmas tensões não críticas para a estrutura podem ser suficientes para a propagação de defeitos, principalmente em condições de regime transiente, tais como o resfriamento e o aquecimento do equipamento.

DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ENSAIO DE EMISSÃO ACÚSTICA

O princípio do método é baseado na detecção de ondas acústicas emitidas por um material em função de uma força ou deformação aplicada nele. Caso este material tenha uma trinca, descontinuidade ou defeito, a sua propagação irá provocar ondas acústicas detectadas pelo sistema.

Aplicamos a emissão acústica quando queremos analisar ou estudar o comportamento dinâmico de defeitos em peças ou em estruturas metálicas complexas, assim como registrar sua localização. O ensaio por emissão acústica permite a localização da falha, captados por sensores instalados na estrutura ou no equipamento a ser monitorado.

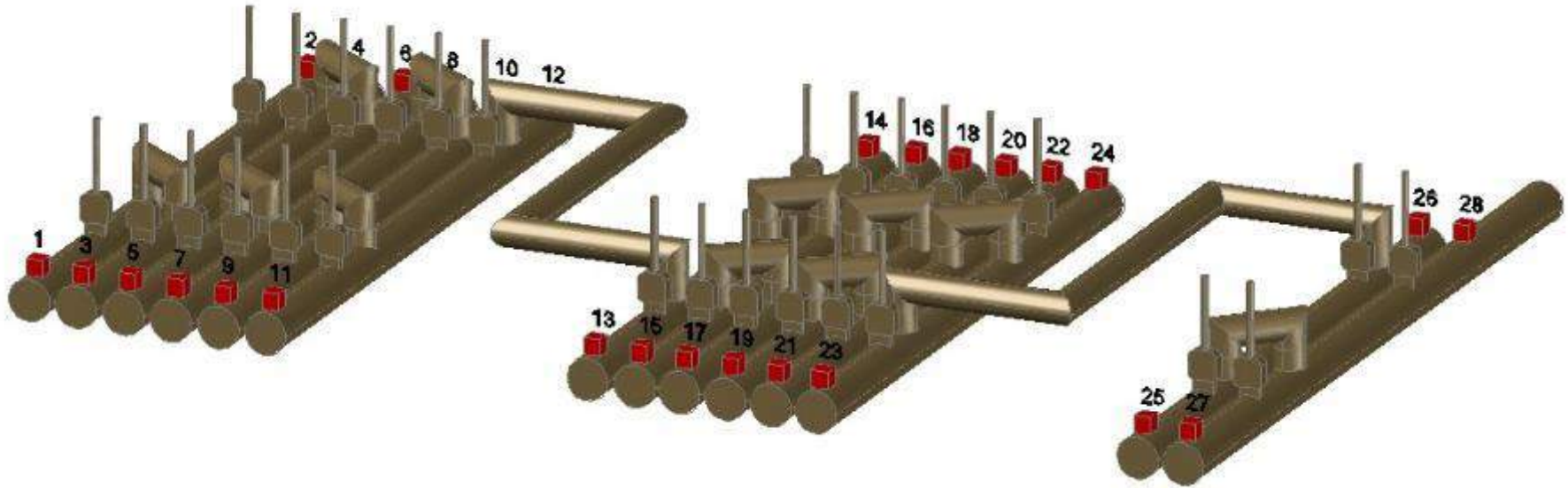


DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ENSAIO DE EMISSÃO ACÚSTICA

Para realização do monitoramento são instalados sensores piezoelétricos, distribuídos conforme as normas técnicas aplicáveis.

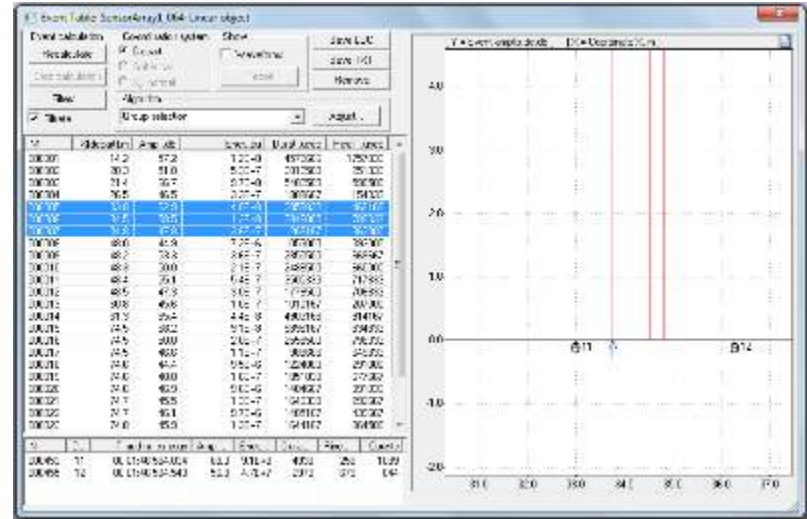
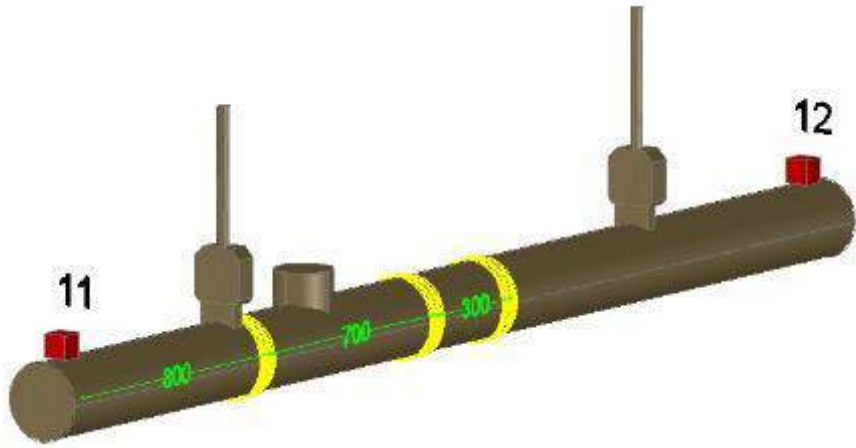


DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ENSAIO DE EMISSÃO ACÚSTICA



Monitoramento do conjunto de Economizadores de Caldeira da Macchi Steam Power.

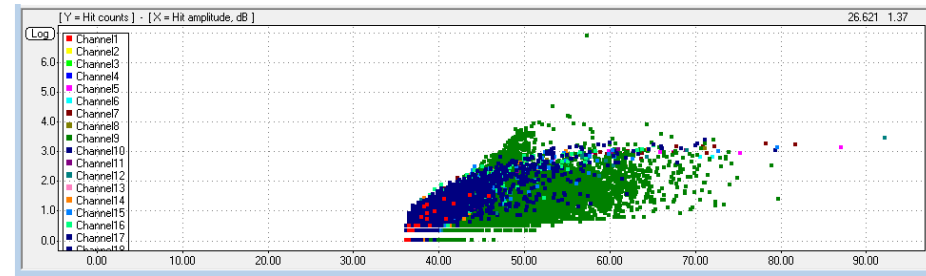
DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ENSAIO DE EMISSÃO ACÚSTICA



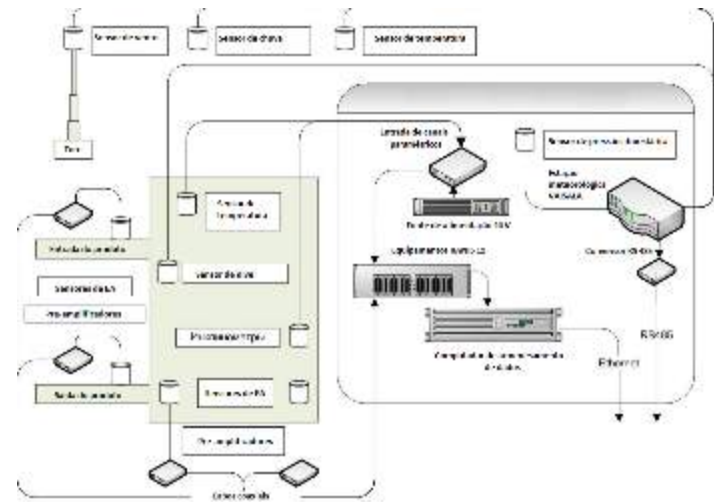
Identificação de áreas ativas para inspeção posterior.

DETECÇÃO DE TRINCAS ATRAVÉS DO ENSAIO DE EMISSÃO ACÚSTICA

Monitoramento de trincas e vazamento em tubos da fornalha.



Ofertamos a inspeção pontual e venda de sistemas de monitoramento “on line”.





ACOMPANHAMENTO DE REPAROS

A IB-NDT possui engenheiros especializados em reparos, procedimentos de soldagem, tratamento térmicos etc.



Contatos:

Serra-ES

Tel: +55 27 3348-0370

contato@ibndt.com

Comercial:

Fábio Cerqueira

Cel.: 27 981820950

fabio@ibndt.com

Técnico:

Igor Kozyrev

Cel.: 27 981827255

igor@ibndt.com

Obrigado!