

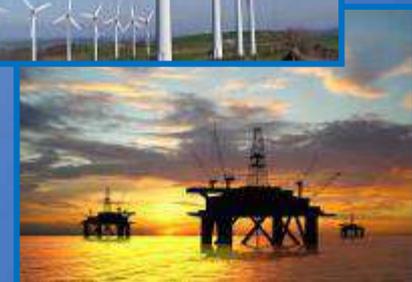
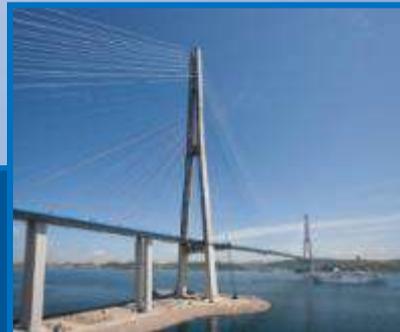


**IB-NDT**  
Nondestructive Evaluation  
www.ibndt.com

Brasil

■ 2017 ■

# SOLUÇÕES INTEGRADAS EM ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS NÃO CONVENCIONAIS





**IB-NDT**

Nondestructive Evaluation  
www.ibndt.com

## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS

# INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS





## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS

As tecnologias de inspeção da IB-NDT aplicadas ao controle de danos em Gasômetros permitem uma abordagem global na avaliação de integridade estrutural, desta forma ofertamos aos nossos clientes as seguintes soluções:

- Realização de análise das tensões atuantes da estrutura do teto e determinação da menor espessura aceitável de cada perfil;
- Determinação de espessuras mínimas residuais dos elementos estruturais através de simulação numérica computacional;
- Realização de MFL de Alta Resolução para mapeamento de corrosão e elaboração de plano de reparo no costado, teto flutuante, teto fixo e chapas de desgaste;
- Realização de medição de espessura por ultrassom nas chapas do costado com uso de alpinismo Industrial;
- Realização de análise estatísticas para obtenção da vida útil residual para espessuras da chaparia do costado e teto;
- Inspeção de soldas com ACFM - Alternating Current Field Measurement (sem necessidade de retirada de tinta)
- Ensaio de emissão acústica para identificação e trincas no costado;
- Localização de vazamento na calha inferior através de MFL de Alta resolução;
- Monitoramento “on line” de trincas com sistema de emissão acústica;
- Monitoramento “on line” de deformações, inclinação e tensões (extensiometria sem fio);
- Inspeção visual com uso de Drone;
- Serviços de inspeção estrutural e reparos com uso de Alpinismo Industrial;

## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – ANÁLISE DE TENSÕES

Esta análise está dividida em três partes:

- ❑ Análise das colunas de sustentação do costado;
- ❑ Análise dos painéis que compõem o costado;
- ❑ Análise da estrutura de sustentação do teto.

Em cada caso são realizados cálculos das tensões atuantes nos componentes na condição de projeto e, em seguida, **são determinadas as espessuras mínimas capazes de suportar as cargas a que estão sujeitos.**

São considerados os efeitos das seguintes cargas: peso, pressão e vento sobre as plataformas e teto. Cabe destacar que, devido a características específicas desse equipamento. O efeito do vento na região onde o mesmo incide diretamente no costado do Gasômetro (conhecido como barlavento) é no sentido de aliviar o efeito da pressão interna sobre os painéis de chapa. No entanto, no lado oposto (defasado de 180°) o efeito do vento, conhecido como sotavento, tende a se somar ao da pressão interna. Desta forma, está sendo adotado neste trabalho o efeito do sotavento, ou seja, o efeito de sucção do vento sobre os painéis se somando ao efeito da pressão.

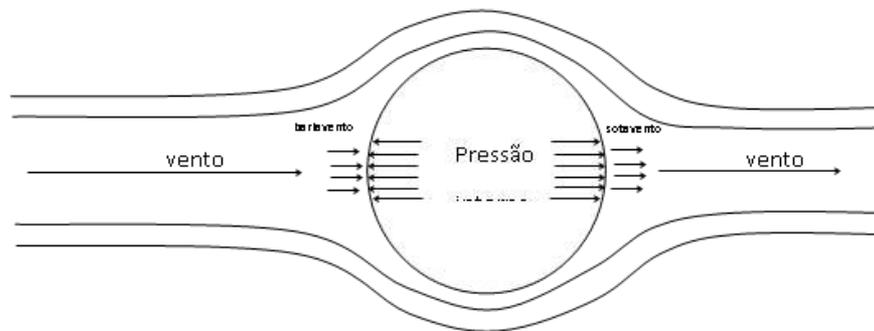
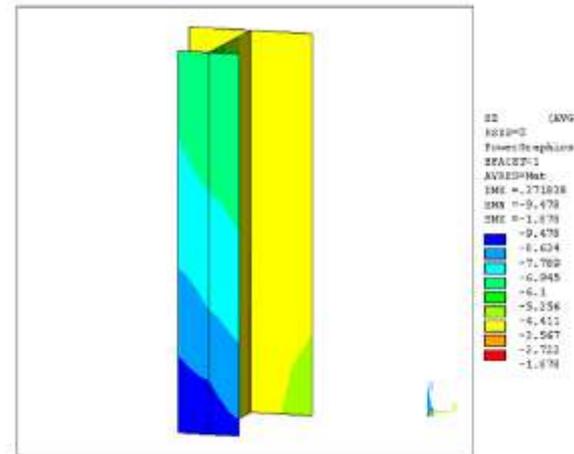
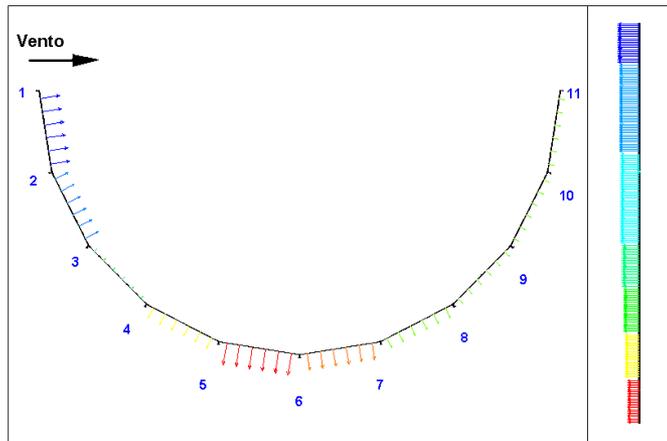
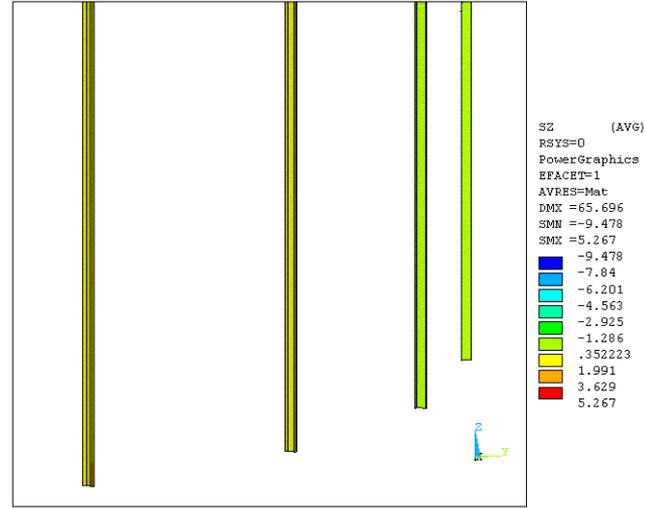
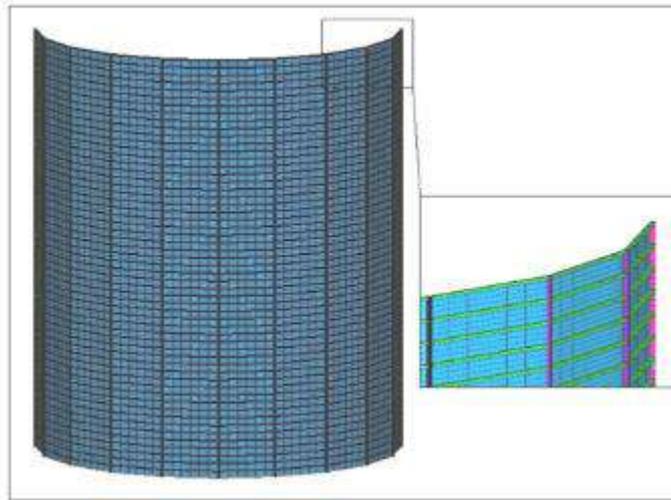


Ilustração do efeito combinado do vento e da pressão



# INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – ANÁLISE DE TENSÕES

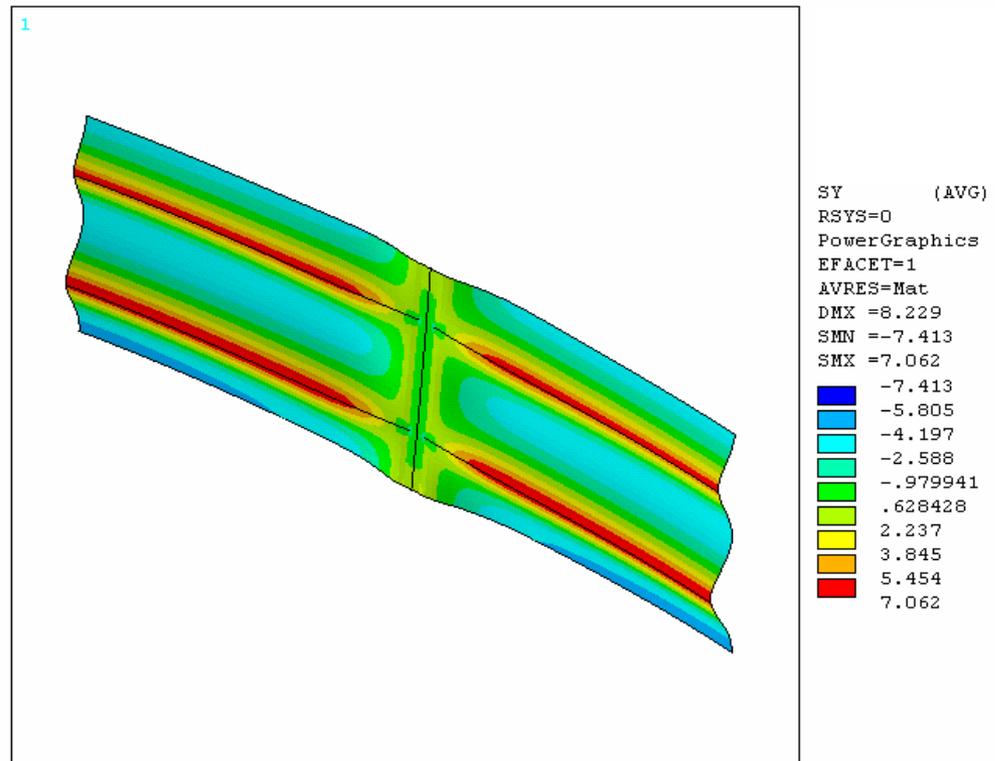
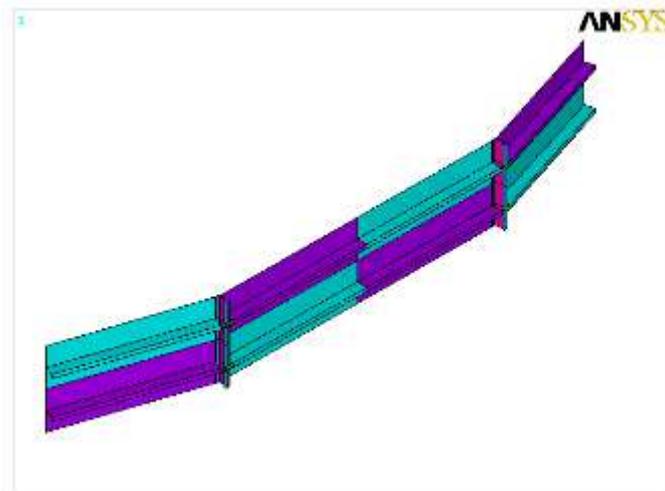
As figuras abaixo mostram a malha utilizada no costado e elementos estruturais. **Desta forma obtemos a espessura mínima para cada elemento estrutural.**





## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – ANÁLISE DE TENSÕES

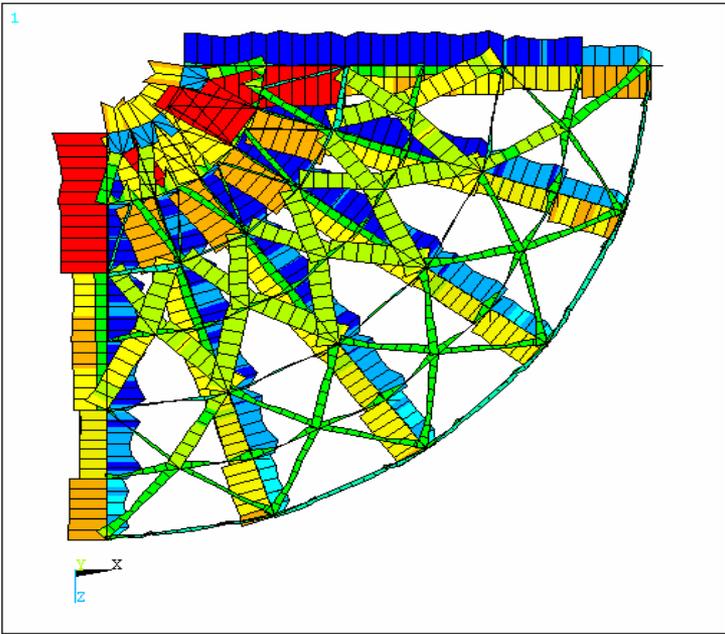
Para a análise dos painéis é elaborado um modelo de elementos finitos utilizando-se elementos de casca. A figura abaixo ilustra a célula básica que é formada por um painel central e dois meios painéis e um trecho das colunas de sustentação (incluindo o shell stanchion e as cantoneiras de amarração). **Desta forma obtemos a espessura mínima para diferentes regiões da chapa dos painéis.**





# INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – ANÁLISE DE TENSÕES

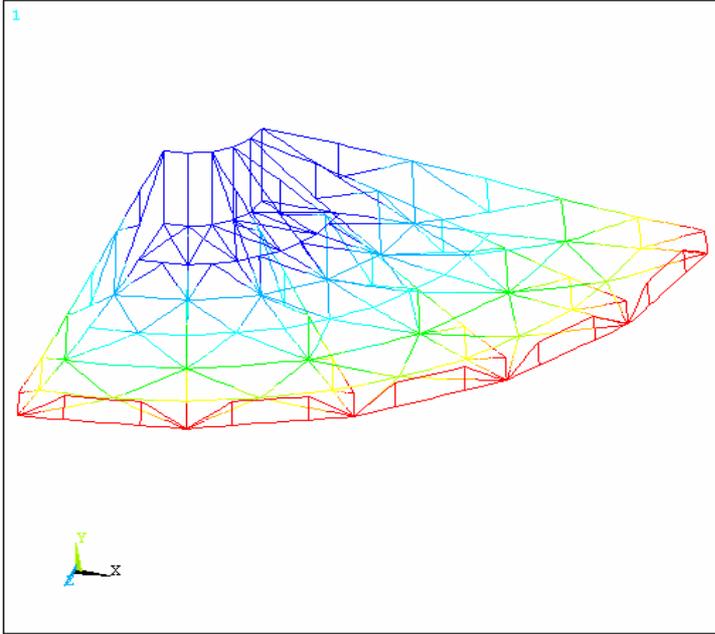
São elaborados modelos de elementos finitos para análise das tensões atuantes da estrutura do teto, permitindo determinar a menor espessura aceitável de cada perfil. Considera-se também o peso do anel do teto e do ventilador com acionador, sendo aplicado na região de fixação do ventilador com a estrutura analisada



S1I	S1J
MIN	=-7.094
ELEM	=1447
MAX	=9.536
ELEM	=1662

■	-7.094
■	-5.247
■	-3.399
■	-1.551
■	.297011
■	2.145
■	3.993
■	5.841
■	7.688
■	9.536



UY	(AVG)
RSYS	=0
PowerGraphics	
EFACET	=1
AVRES	=Mat
DMX	=34.461
SMN	=-34.441
SMX	=.195724

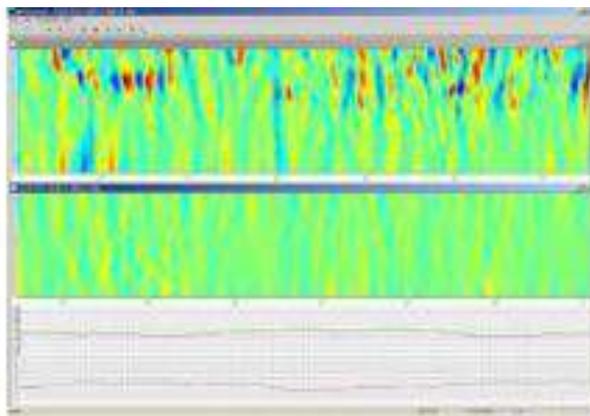
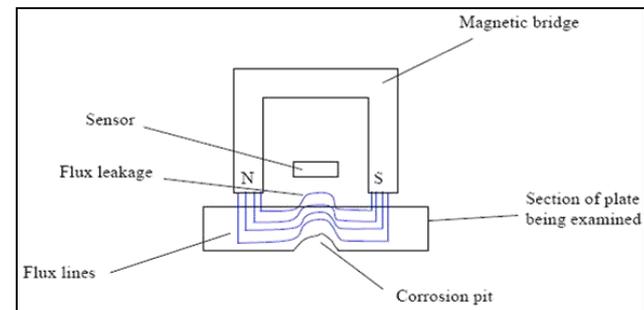
  

■	-34.441
■	-30.593
■	-26.744
■	-22.895
■	-19.047
■	-15.198
■	-11.35
■	-7.501
■	-3.653
■	.195724



## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – MAPEAMENTO DE CORROSÃO COM MFL DE ALTA RESOLUÇÃO NO TETO FIXO E FLUTUANTE

A técnica de MFL de Alta Resolução consiste na magnetização com ímãs permanentes poderosos capazes de criar um campo magnético forte o suficiente para a saturação magnética da chapa. As discontinuidades são percebidas pelos 48 sensores Hall e 3 de Eddy Current, através das distorções nas linhas do fluxo magnético. Os sensores Hall captam e armazenam as variações de sinal digitalmente, que são descarregados em processadores de dados e traduzidos na forma de gráficos





**IB-NDT**  
Nondestructive Evaluation  
www.ibndt.com

## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – MAPEAMENTO DE CORROSÃO COM MFL DE ALTA RESOLUÇÃO NO TETO FIXO E FLUTUANTE

A aplicação do escaneamento de corrosão nos tetos do Gasômetro permite a identificação e reparo de pontos de corrosão em 100% da sua superfície.





**IB-NDT**  
Nondestructive Evaluation  
www.ibndt.com

## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – MFL NA CHAPA DE DESGASTE E CALHA DE FUNDO

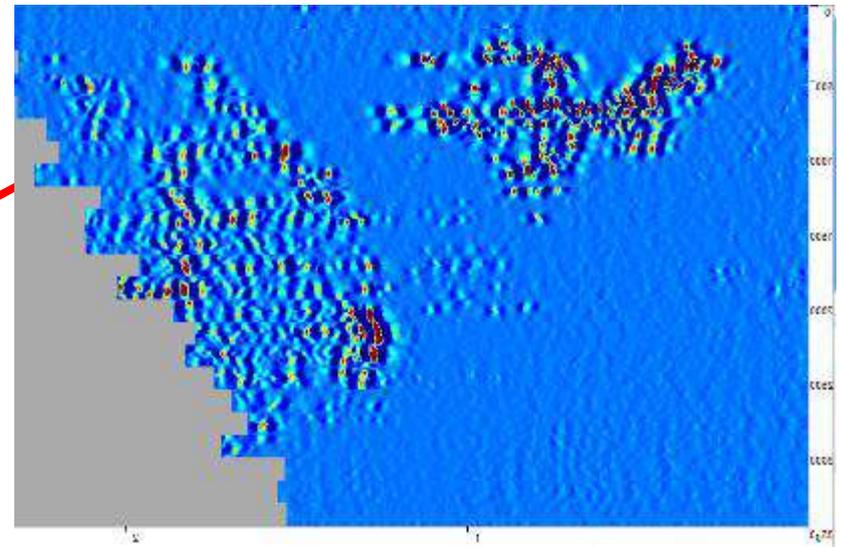
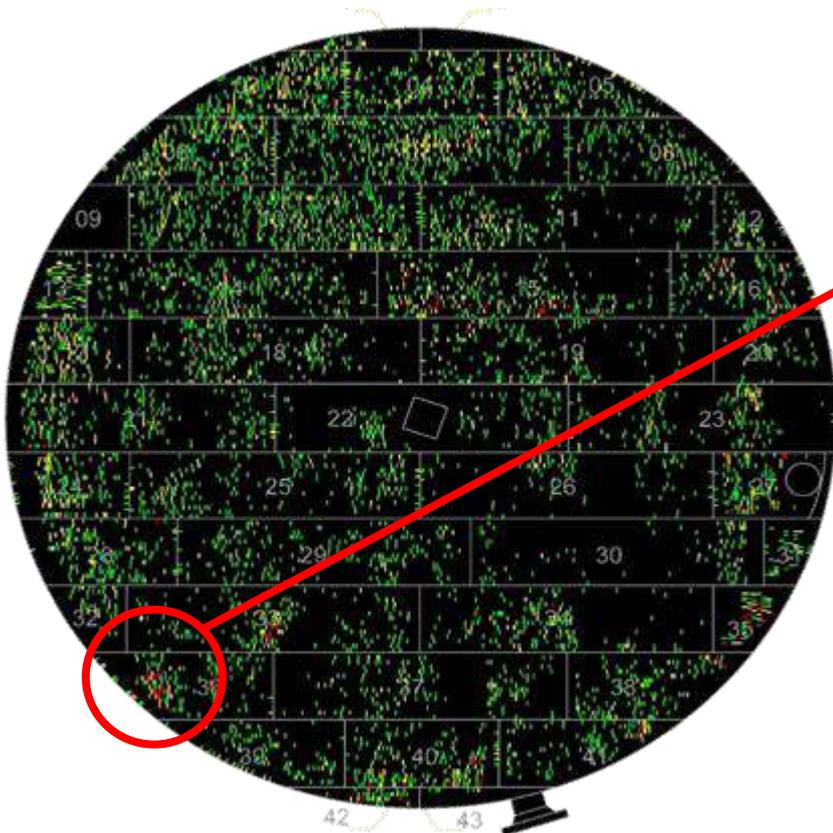
A aplicação do escaneamento de corrosão na chapa de desgaste e calha de fundo permite a identificação e reparo de pontos de corrosão em 100% da sua superfície





## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – MFL APRESENTAÇÃO DE RESULTADO

**MFL DE ALTA:** O sistema da IB-NDT foi desenhado para realizar mapeamento de corrosão. Utilizando o princípio do Magnetic Flux Leakage (MFL) e associado a um dispositivo corrente induzida, permite localizar, medir a largura x comprimento e espessura da corrosão, sem a necessidade de Ultrassom



Zoom em C-scan com filtros de espessura

Visão geral das discontinuidades (sem filtros)  
em tamanho real importada para Autocad

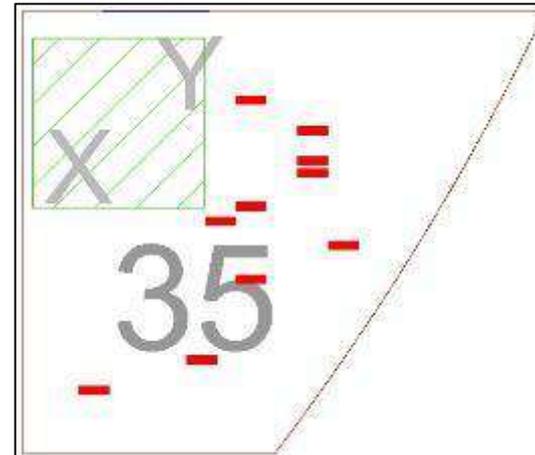
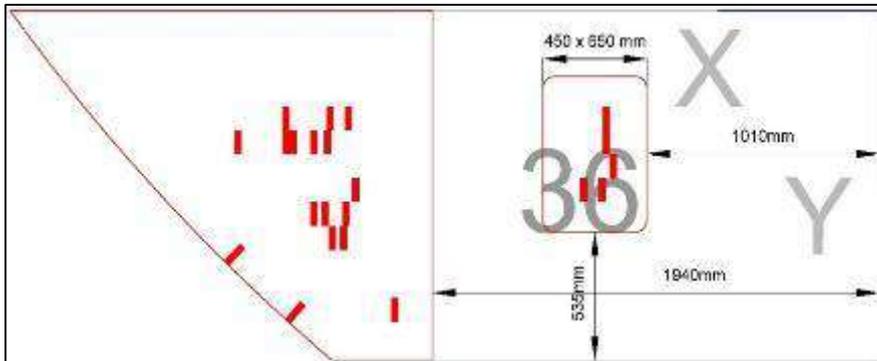


# INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – MAPEAMENTO DE CORROSÃO COM MFL DE ALTA RESOLUÇÃO NO TETO FIXO E FLUTUANTE

**PLANO DE REPARO:** Com base nos resultados de MFL é gerado o plano de reparo. Este documento é gerado em Autocad permite a equipe de reparo dimensionar e instalar as chapas conforme procedimento do cliente

**TABELA DE DESCONTINUIDADES FORNECIDA EM EXCEL**

Chapa	X (m)	Y (dm)	Profundidade (mm)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Tipo	mV	Espessura Residual (mm)	% Esp Res
1	0,20	1	4,0	15	33	ext	23,3	2,5	38
1	0,32	1	1,7	18	40	ext	4,7	4,8	74
1	0,39	1	2,1	32	66	ext	4,2	4,4	68
1	0,68	1	1,2	31	31	ext	4,7	5,3	82





## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – MEDIÇÃO DE ESPESSURA COM ALPINISMO INDUSTRIAL

A IB-NDT realiza a medição de espessura por ultrassom com uso do Alpinismo industrial. Com base na espessura mínima definida na análise de tensões. **Para determinação da vida útil residual (VUR) são utilizados cálculos estatísticos de probabilidade de ocorrência de uma espessura inferior a esta durante as próximas campanhas operacionais do gasômetro.**



Probabilidade de Falha X Tempo Após Última Inspeção





## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – 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 inspecionar, 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.**

**NÃO NECESSITA RETIRAR TINTA PARA  
INSPEÇÃO**





**IB-NDT**  
Nondestructive Evaluation  
www.ibndt.com

## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – ACFM - ALTERNATING CURRENT FIELD MEASUREMENT



**DETECÇÃO DE  
TRINCAS SEM  
A  
NECESSIDADE  
DE RETIRADA  
DE TINTA.**

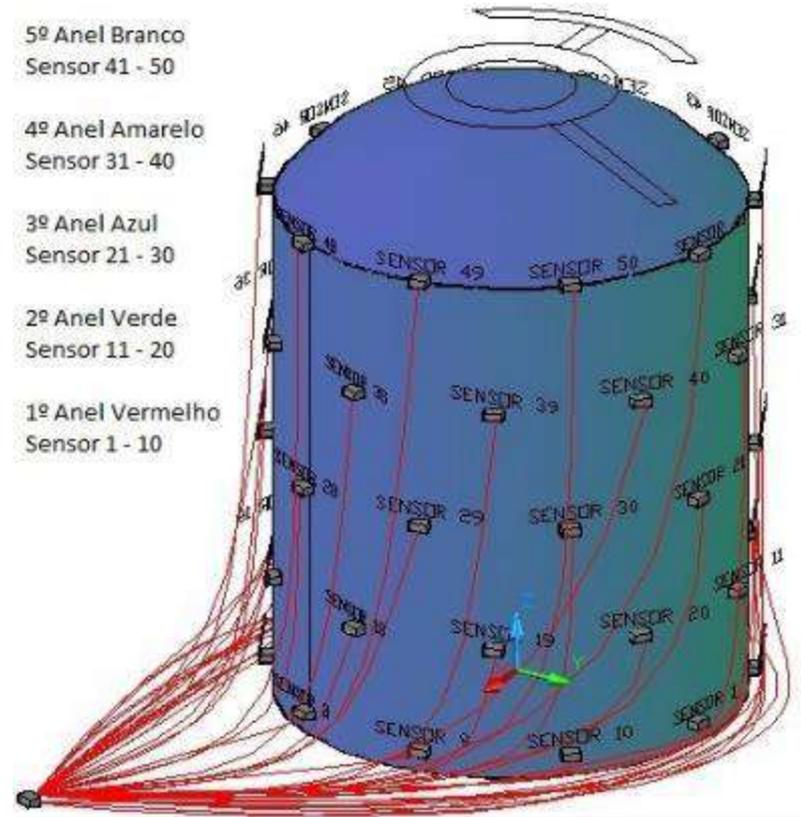
**REDUZINDO  
CUSTO DE  
INSPEÇÃO.**

# INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – ENSAIO DE EMISSÃO ACÚSTICA

A inspeção por emissão acústica é um método de inspeção global para detecção de atividade de emissão acústica. Estas atividades estão relacionadas a trincas, corrosão, deformação plástica, deformação elástica, vazamentos e arcos elétricos em material isolante. Também pode ser aplicado a extensa faixa de materiais e espessuras, além de estruturas em operação, à temperatura ambiente ou elevada



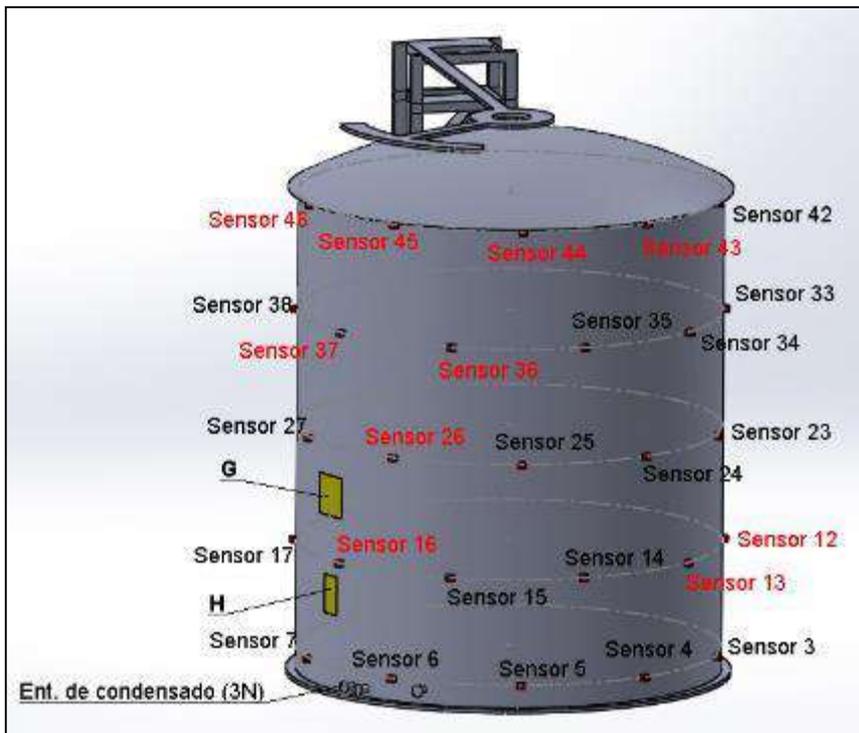
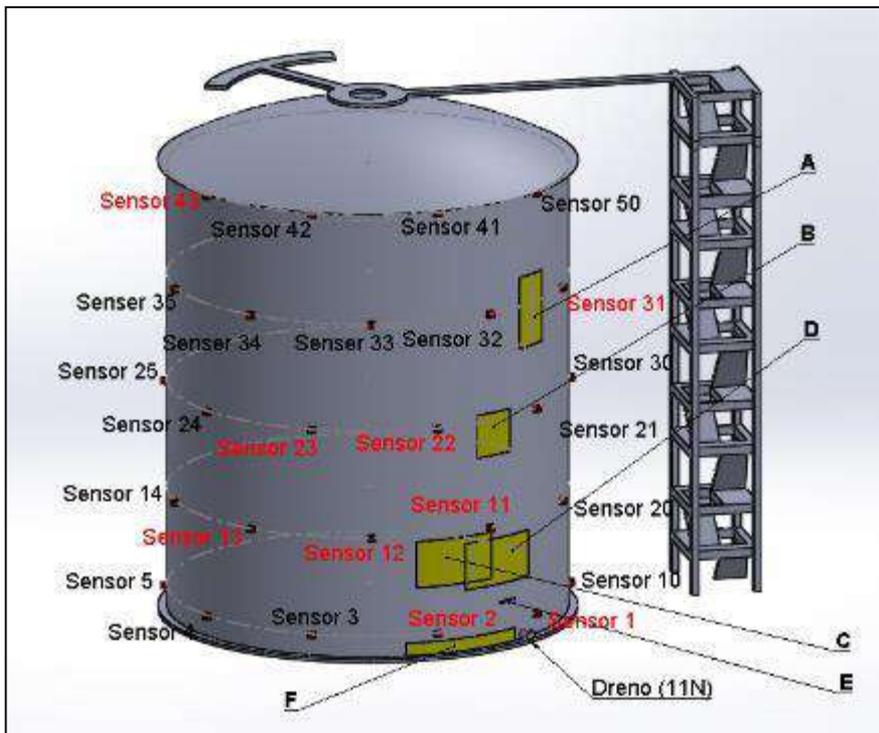
- 5º Anel Branco  
Sensor 41 - 50
- 4º Anel Amarelo  
Sensor 31 - 40
- 3º Anel Azul  
Sensor 21 - 30
- 2º Anel Verde  
Sensor 11 - 20
- 1º Anel Vermelho  
Sensor 1 - 10





## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – ENSAIO DE EMISSÃO ACÚSTICA

As localizações dos sensores foram determinadas pela configuração do objeto do ensaio e o espaçamento máximo entre sensores, conforme Procedimento IB-NDT, tendo em conta particularidades estruturais nas regiões críticas, como soldas, áreas de concentração de tensões, descontinuidades geométricas, regiões reparadas e defeitos visíveis. Foram utilizados única instrumentação integrada de 50 sensores



# INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – ENSAIO DE EMISSÃO ACÚSTICA

As figuras abaixo indicam o modelo utilizado no Software de EA para análise. Desta forma em único monitoramento foram avaliados o costado, teto e fundo.

Antena2

Дата: 31 марта 2014, понедельник, 11:20:49-11:20:20

Размеры объекта, м:  
Длина: 10.00 | Ширина: 1.00 | Высота: 4.00 | Радиус1: 11.00 | Радиус2: 11.713

Координаты датчиков:

N°	Долгота	Широта	Описание объекта
42	-93	140	
43	-126	140	
44	152	140	
45	152	140	
46	126	140	
47	90	140	
48	54	140	
49	18	140	
50	-18	140	
52	54	140	

Скорость звука:  
По X: 3500  
По Y: 3500  
По Z: 3500

Затухание звука, дБ/м: 1.00

Система координат:  
 Декартова  
 Сферическая  
 Цилиндрическая

PHI=7 TETA=151

OK | Отмена | Справка

Antenna2

Дата: 31 марта 2014, понедельник, 11:20:48-11:20:20

Размеры объекта, м:  
Длина: 10.00 | Ширина: 1.00 | Высота: 24.55 | Радиус1: 11.00 | Радиус2: 1.00

Координаты датчиков:

N°	Phi, гр	Z, м
1	270	1.00
2	306	1.00
3	342	1.00
4	18	1.00
5	54	1.00
6	90	1.00
7	126	1.00
8	162	1.00
9	198	1.00
10	234	1.00
11	288	6.5
12	324	6.5
13	360	6.5
14	36	6.5
15	72	6.5
16	108	6.5
17	144	6.5
18	180	6.5
19	216	6.5

Скорость звука:  
По X: 3500  
По Y: 3500  
По Z: 3500

Затухание звука, дБ/м: 1.00

Система координат:  
 Декартова  
 Сферическая  
 Цилиндрическая

PHI=59 TETA=99

OK | Отмена | Справка

Antenna1

Дата: 31 марта 2014, понедельник, 11:20:48-11:20:20

Размеры объекта, м:  
Длина: 10.00 | Ширина: 1.00 | Высота: 11.00 | Радиус1: 1.00 | Радиус2: 1.00

Координаты датчиков:

N°	X, м	Y, м
1	0.00	11.0
2	2.1	17.5
3	7.6	21.5
4	14.4	21.5
5	19.9	17.5
6	22.0	11.0
7	19.9	4.5
8	14.4	0.54
9	7.6	0.54
10	2.1	4.5

Скорость звука:  
По X: 3500  
По Y: 3500  
По Z: 3500

Затухание звука, дБ/м: 1.00

Система координат:  
 Декартова  
 Сферическая  
 Цилиндрическая

OK | Отмена | Справка



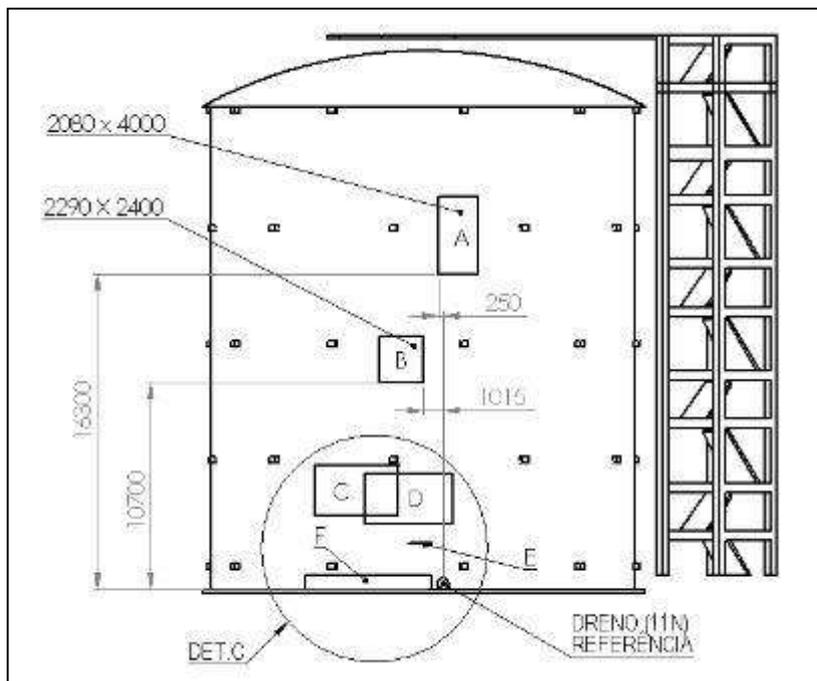
## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – ENSAIO DE EMISSÃO ACÚSTICA

As fontes se classificam de acordo com a sua atividade acústica e intensidade. Durante o ensaio são coletados dados de Contagem e Amplitude, de modo que para realizar a análise da atividade acústica de uma fonte, é feita a recontagem de eventos ou a recontagem das emissões, classificando-se como:

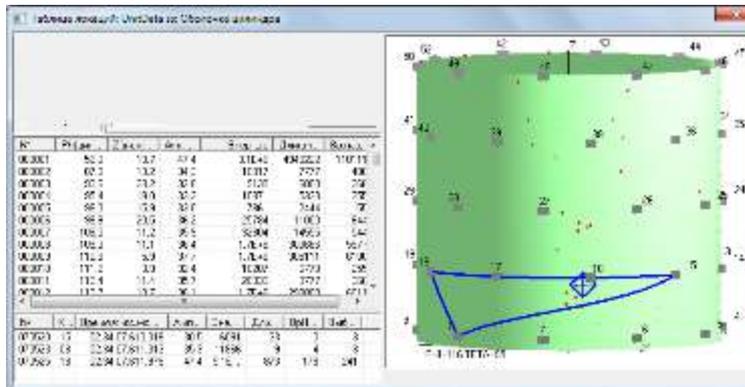
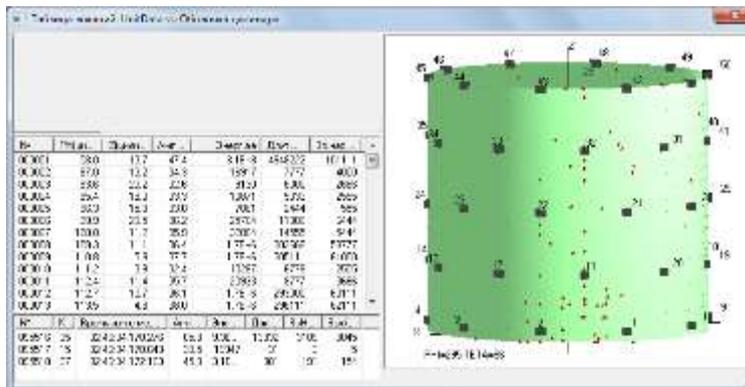
- ❑ Classe I - Considera-se que uma fonte é não ativa se a emissão acústica da fonte for apresentada só uma vez durante o teste, neste caso não há ações de manutenção e a região é determinada para histórico nas futuras inspeções;
- ❑ Classe II - Considera-se que uma fonte é ativa na classe 2, se sua recontagem de eventos ou sua recontagem de emissões contínuas não vão aumentando com estímulos maiores ou constantes, neste caso será solicitada a programação de ensaios não destrutivos no local da atividade;
- ❑ Classe III - Considera-se que uma fonte é ativa na classe 3, se sua recontagem de eventos ou sua recontagem de emissões contínua vai aumentando com estímulos maiores, neste caso a região é localizada e será solicitada a imediata realização de ensaios não destrutivos no local da atividade;
- ❑ Classe IV - Considera-se que uma fonte é criticamente ativa na classe 4, se o ritmo ou a velocidade de mudança de sua recontagem de eventos ou sua recontagem de emissões, com respeito ao estímulo, aumentam consistentemente ou se o tipo de mudança de sua recontagem de eventos ou a recontagem das emissões, com respeito ao tempo, aumenta de forma consistente ao estímulo constante, neste caso o ensaio deve ser interrompido e o vaso de pressão deve ser interditado, aplicado os ensaios não destrutivos para caracterização da emissão e o reparo realizado antes da entrada em operação.

# INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – ENSAIO DE EMISSÃO ACÚSTICA

Com base de distribuição de eventos localizados foram identificados 8 áreas de atividade de EA, classe I. Desta forma limitou-se a inspeção por ensaios não destrutivos nessas regiões, ou seja, uma redução de custo e aumento de confiabilidade na integridade do equipamento.



Mapa da regiões de interesse para ensaios não destrutivos



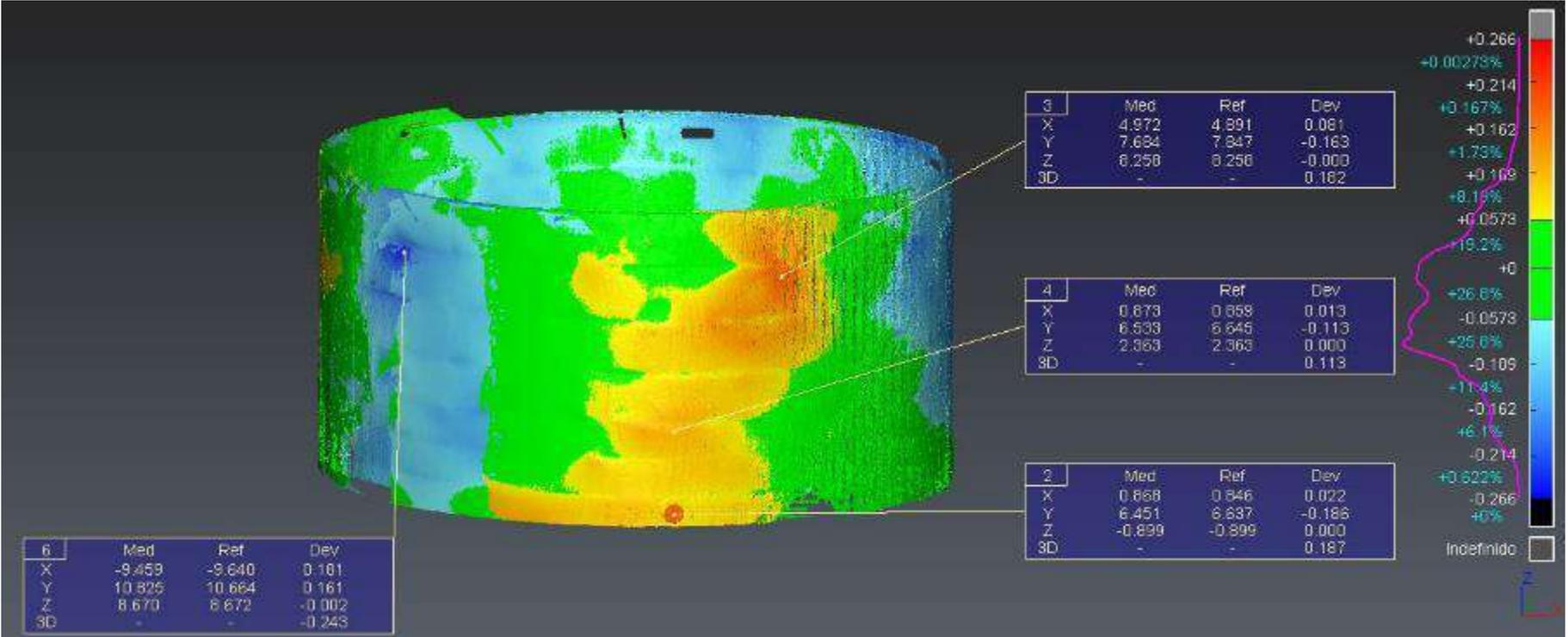
Localização de eventos





# INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – ESCANEAMENTO DE DEFORMAÇÕES

Realizamos o escaneamento a Laser 3D com objetivo de identificar regiões com deformações. O software de análise é configurado para calcular os limites máximos para verticalidade e ovalização. Com isso obtemos uma análise geométrica em 100% da superfície do Costado do Gasômetro, ou seja, maior confiabilidade comparada com a inspeção visual, além disso permite uma análise em conjunto com o desgaste dos roletes do teto flutuante.





# MONITORAMENTO ESTRUTURAL “ON LINE”

- Inclinação
- Deslocamentos bi-axiais
- Deformação
- Tensões

**BeanAir**  
Representante exclusivo



Monitoramento de  
Saúde Estrutural



Ensaios e  
medições



Sistemas de  
automação predial



Monitoramento  
Ambiental



Monitoramento de  
máquinas e processos



Monitoramento Voo



# INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – MONITORAMENTO ESTRUTURAL

## Repensando a tecnologia de monitoramento

Com mais de 8 anos de presença no mercado, milhares de sensores sem fio implantados em ambientes industriais severos e sólida referência de clientes, a Beanair provou que os sensores sem fio são uma alternativa séria ao sensor com fio. "Rethinking Sensing Technology" - essa é a nossa filosofia.





**INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – MONITORAMENTO ESTRUTURAL**



**BeanDevice SmartSensor**



# INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – PROJETOS DA IB-NDT





## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS – PROJETOS DA IB-NDT

- **Avaliação de integridade estrutural dos Gasômetros de COG e BFG da ArcelorMittal Tubarão – Projeto realizado pela empresa Sofles Engenharia (incorporada pela IB-NDT);**
- **Medições de espessura no Gasômetro de BFG da Usiminas Ipatinga;**
- **Avaliação de integridade estrutural (ensaio de emissão acústica e mapeamento de corrosão com MFL em Gasômetro da Petrobras localizado na Ilha Redonda – Rio de Janeiro/RJ;**



**IB-NDT**  
Nondestructive Evaluation  
www.ibndt.com

## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE GASÔMETROS

Para maiores informações acesse [www.ibndt.com](http://www.ibndt.com)



**Contatos:**

**Serra-ES**

**Tel: +55 27 3348-0370**

**[contato@ibndt.com](mailto:contato@ibndt.com)**

**Comercial:**

**Fábio Cerqueira**

**Cel.: 27 981820950**

**[fabio@ibndt.com](mailto:fabio@ibndt.com)**

**Técnico:**

**Igor Kozyrev**

**Cel.: 27 981827255**

**[igor@ibndt.com](mailto:igor@ibndt.com)**

**Obrigado!**