

SOLUÇÃO PARA SUBSTITUIÇÃO DE TETOS FIXOS EM TANQUES SUJEITOS À CORROSÃO, COM USO DO AÇO INOXIDÁVEL*

Romildo Rudek Junior¹
Rui Fernando Costacurta²
Marcelo Rocha Baião³

Resumo

Os tetos fixos de tanques de armazenamento sujeitos à corrosão aliada à possibilidade de ocorrência de descargas atmosféricas em tais tanques constituem em risco para a instalação industrial, principalmente se o ponto de fulgor do produto armazenado estiver abaixo de 60°C. A solução propõe-se a estancar o processo corrosivo com a troca do material e evitar que as descargas atmosféricas atinjam diretamente o teto do tanque.

Palavras-chave:

Tanque, teto fixo de tanque, sistema de proteção contra descarga atmosférica

Abstract

Fixed roof in storage tanks where corrosion can occur and where atmosphere discharge may be present are bigger risk for industrial installation, mainly if “flash point” of the storage product were below 60°C. A proposal solution for the corrosion processes is change the material and avoid of direct contact of atmosphere discharge above the tank roof

Key-words:

Tank, Fixed roof, Lightning Protection Systems

*VII Seminário Brasileiro do Aço Inoxidável, 23 a 25/novembro/2004, São Paulo - SP.

¹Tecnólogo Mecânico, Técnico de Inspeção – Petrobras/UN-REPAR

²Engenheiro Mecânico, Engenheiro de Equipamentos – Petrobras/UN-REPAR

³Engenheiro Elétrico, Engenheiro de Equipamentos – Petrobras/UN-REPAR

“As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade dos autores”.

1. OBJETIVO

Desenvolvimento de solução para adequação dos tanques com teto fixo, sujeitos à corrosão por H₂S, com espessura abaixo de 4mm.

2. INTRODUÇÃO

A ocorrência de raios em áreas de tancagem já trouxe sérios problemas para a Petrobras, que resumidamente podemos citar:

- Incêndio de grandes proporções em tanque de diesel da UN-REPLAN na década de 90.
- Incêndio em tanque de petróleo na UN-REPAR em 2002, extinto rapidamente graças à percepção de trabalhadores em região próxima.

Para evitar esta incidência de raios no interior dos tanques, de acordo com a normalização, a respeito de espessura mínima para tetos de tanques, podemos citar as seguintes:

1. *NFPA 780 – Standard for the Installation of Lightning Protection Systems – 2000 Edition*, cita que: chapas de aço com espessura menor que 4,8 mm podem ser perfuradas por descargas atmosféricas severas e não devem ser considerados como proteção contra incidência de raios.
2. *NBR 5419 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas – FEV 2001*, cita que para proteção de tanques de superfície contendo líquidos inflamáveis a pressão atmosférica, o teto deve ter uma espessura mínima de 4 mm.
3. *N-2318 – Inspeção em serviço de tanque de armazenamento atmosférico – MAI/2003*, cita que para produtos com ponto de fulgor menor que 60°C a espessura mínima das chapas do teto deve ser de 4,0 mm.

Desta normalização pode-se concluir que em tanques com risco de incêndio devemos ter uma espessura mínima do teto maior que 4 mm.

3. HISTÓRICO

Desde 1982 a UN-REPAR possui histórico de processo corrosivo nos tetos fixos de tanques que armazenam diesel e gasóleo.

Em 1984 iniciou-se a troca destes tetos por aço-carbono, pintados interna e externamente, para aumentar o tempo de vida dos mesmos, já que apresentavam taxas de corrosão maiores que 1mm/ano em tanques que armazenam diesel e gasóleo.

Em 1985 houve reformas de alguns tetos com materiais poliméricos, mas esta solução apresentava alguns problemas: custo e restrição quanto à temperatura de operação do tanque no caso do gasóleo.

Em março de 1995 a UN-REPAR procedeu a primeira substituição de um teto em aço-carbono por aço inox 304. Na época estudou-se a viabilidade da troca de material de aço-carbono para aço inox. Os tanques possuíam tetos projetados originalmente com espessura de 4,76 mm (3/16"), em aço-carbono. O custo com a troca do teto original era o equivalente à colocação do mesmo em aço inox 304, com 3 mm de espessura, considerando-se a pintura do primeiro.

Em 2002 constatou-se deterioração em tetos fixos de tanques que armazenam querosene, com taxas bem menores que as registradas para diesel e gasóleo, mas suficientes a substituição imediata do teto do tanque TQ-4336, que será utilizado para exemplificação da solução.

4. ALTERNATIVAS E CUSTO PARA A SUBSTITUIÇÃO DE UM TETO:

Como referencia ao cálculo, as dimensões utilizadas são do tanque TQ-4336, que possui 39,48 metros de diâmetro, com área do teto de 1224,18 m², sendo utilizado para armazenar querosene, conforme Tabela 01.

Para futuras substituições também se considerou o custo do aço inox ferrítico 439, que se trata de um novo material que pode ser aplicado nestas condições, na área industrial da UN-REPAR.

Tabela 01 – Comparativo de custos iniciais para instalação(*4)

Material(*2) X Espessura	1) Aço-Carbono com 4,76mm	2) Aço inox 304 com 4mm	3) Aço inox 444 com 4mm	4) Aço inox 439 com 4 mm	5) Aço inox 304 com 3mm	6) Aço inox 444 com 3mm	7) Aço inox 439 com 3mm
Custo da Chapa para 1224,18 m ² em reais(*3)	55.798,12	299.271,20	261.263,76	237.920,60	224.453,40	195.947,82	178.440,45
Custo pintura ambos os lados, preparação material e mão de obra	110.176,20 (*1)	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Total	165.974,32	299.271,20	261.263,76	237.920,60	224.453,40	195.947,82	178.440,45

(*1) – Dados fornecidos pelo MI/EDE, considerando custo da pintura R\$ 45,00 o m².

(*2) – O preço do aço carbono e do aço inox 304 foi retirado do Sistema Único de Materiais em maio de 2003, o preço do aço inox 439 foi retirado da relação de preço entre o aço inox 304 e o aço inox 439, fornecida pela Acesita em 06/2003.

(*3) – Somente foi considerado o custo da chapa, os custos da mão de obra para instalação das mesmas equivalem-se.

(*4) – No caso de instalação do teto em inox há necessidade preventiva da instalação de perfil sobre as colunas originais, para que funcione como área de sacrifício para eventual formação de pilha galvânica entre aço-carbono e inox, este custo não foi incluído no comparativo por tratar-se de valor não significativo para tal.

Considerações e conclusões sobre o custo:

- No aspecto de corrosão, a durabilidade de um teto de aço carbono estaria comprometida em no máximo 6 anos para os produtos diesel e gásóleo, mesmo considerando-se a pintura por ambos os lados, conforme experiência da Inspeção de Equipamentos;
- O aço-carbono com espessura de 4,76 mm em tanques que terão taxa de corrosão significativas, como por exemplo o caso que tivemos de 1mm ao ano, teria que se adicionar uma sobre-espessura de corrosão, conforme previsto em normas de manutenção e inspeção de tanques, por exemplo API-653.
- O aço inox apresenta longa durabilidade face ao processo corrosivo dos tanques, por exemplo temos um tanque com teto de aço inox desde março de 1995 e não possui nenhum processo de deterioração no teto;
- Somente os materiais 1, 2, 3 e 4 atendem a normalização quanto à espessura mínima recomendada, que é de 4 mm;
- A diferença de custo entre a colocação de uma chapa de aço inox entre 3 e 4 mm, seria respectivamente R\$ 59.480,00 para o 439 e R\$ 74.817,00 para o 304.

Conclui-se que: O aço inox apresenta-se como excelente alternativa considerando os custos e a durabilidade.

5. SOLUÇÃO DESENVOLVIDA:

A solução é realizada em duas etapas:

1. Substituição de tetos comprometidos utilizando-se o aço inox com 3 mm de espessura.
2. Instalação de um “Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas” (SPDA), projetado para tanque de teto fixo.

O SPDA foi referenciado também no TQ-4336, que possui 39,48 metros de diâmetro, com área do teto de 1224,18 m², com altura de 14,63 m, sendo utilizado para armazenar querosene.

6. PROJETO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA O TANQUE TQ-4336

As juntas entre chapas metálicas são todas soldadas e as tubulações que penetram no tanque são eletromecanicamente ligadas a ele no ponto de entrada. O respiro possui dispositivo de proteção corta-chama.

O Anexo A da norma NBR-5419 estabelece os requisitos de proteção contra descargas atmosféricas para estruturas contendo líquidos ou gases inflamáveis (Anexo A, item A.2). O tanque TQ-4336 por ter teto de espessura de 3 mm não se enquadra em tanque autoprotetido contra descargas atmosféricas (Anexo A, item A.2.3.1). No entanto, é possível proteger adequadamente um tanque de

armazenamento de produtos contra descargas atmosféricas adotando-se medidas descritas na seção 5 da referida norma.

Um SPDA é composto em subsistemas de captores, de descida e de aterramento. O subsistema captor tem a função de receber a descarga atmosférica, ou seja, impedir que o raio caia na área protegida pelo SPDA. O subsistema de descida conduz a corrente de descarga dos captores até o aterramento. No aterramento, a corrente de descarga é dissipada para a terra.

Segundo a norma, um captor de espessura menor que 4 mm pode ser aquecido no ponto de queda do raio a ponto de causar ignição de gases inflamáveis eventualmente presentes sobre o teto do tanque (NBR-5419 – Tabela 4). No ponto de queda do raio há grande concentração de energia, provocando grande aquecimento. No percurso entre os captores e o aterramento, o aquecimento provocado pela descarga é menor, possibilitando o uso de um material de espessura menor. Portanto, o teto do tanque é inadequado à utilização como captor, mas pode ser utilizado no subsistema de descida. A espessura mínima do condutor de descida exigida pela norma é de 0,5 mm (NBR-5419 – Tabela 4).

Os requisitos do subsistema captor não são preenchidos. Torna-se necessário, então, a instalação de captores com a função de proteger o teto do tanque TQ-4336 contra descargas atmosféricas diretas.

O subsistema captor foi projetado aplicando-se o modelo eletrogeométrico (NBR-5419 - Anexo C), seguindo os requisitos do Anexo A, item A.2 da norma.

O Modelo Eletrogeométrico (Método da Esfera Fictícia)

Nas descargas mais freqüentes, o raio é precedido de um canal ionizado descendente (líder), desloca pelo espaço em saltos sucessivos de dezenas de metros. À medida que se desloca, o líder induz na superfície da terra carga crescente de sinal contrário. Ao se aproximar da superfície, o líder induz campo elétrico suficiente para dar origem a um líder ascendente (receptor), que parte em direção ao primeiro. O encontro de ambos completa o canal ionizado entre a nuvem e a terra, por onde se descarrega a corrente de raio.

O líder ascendente se origina no ponto onde o campo elétrico é mais intenso, que geralmente é o ponto mais próximo da extremidade do líder descendente. Então, a superfície de uma esfera fictícia, com centro na extremidade do líder e de raio igual ao comprimento dos saltos antes do último salto, é o lugar geométrico dos pontos a serem atingidos pela descarga atmosférica. Quanto maior for a corrente da descarga, maior serão os saltos e, por conseqüência, o raio da esfera fictícia.

O método da esfera fictícia ou rolante consiste em dispor captores sobre a superfície a ser protegida de modo a impedir que a esfera possa tocá-la. O nível da proteção do SPDA estabelece o raio da esfera fictícia, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Raio da esfera rolante para nível de proteção

Nível de Proteção	Raio da Esfera (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

Fonte: NBR -5419

Cálculo do subsistema de captores do TQ-4336

Os captores a serem instalados no TQ-4336 foram projetados utilizando-se o modelo eletrogeométrico. O objetivo é reduzir a probabilidade da queda de raio no teto do tanque.

O tanque possui teto cônico cujo centro está elevado a uma altura de 1,2 m em relação à borda. O raio da esfera fictícia é de 20 m.

Foi concebido um sistema constituído de uma haste vertical instalada próximo ao centro da superfície do teto do tanque (haste central) interligada via cabo a um conjunto de hastes verticais instaladas na superfície do teto próximas à borda do tanque (hastes periféricas) e igualmente espaçadas entre si, ao longo de toda a borda do tanque. As hastes instaladas próximas à borda são interligadas via cabo formando um anel. Os cabos são instalados nas extremidades das hastes.

Foram definidas as medidas:

número de hastes: 12;

altura das hastes periféricas: 2,5 m;

altura da haste central: 3,5 m;

que tornam possível verificar se a esfera fictícia consegue “tocar” o teto do tanque, em conjunto com os dados seguintes:

diâmetro do teto do tanque: 40 m;

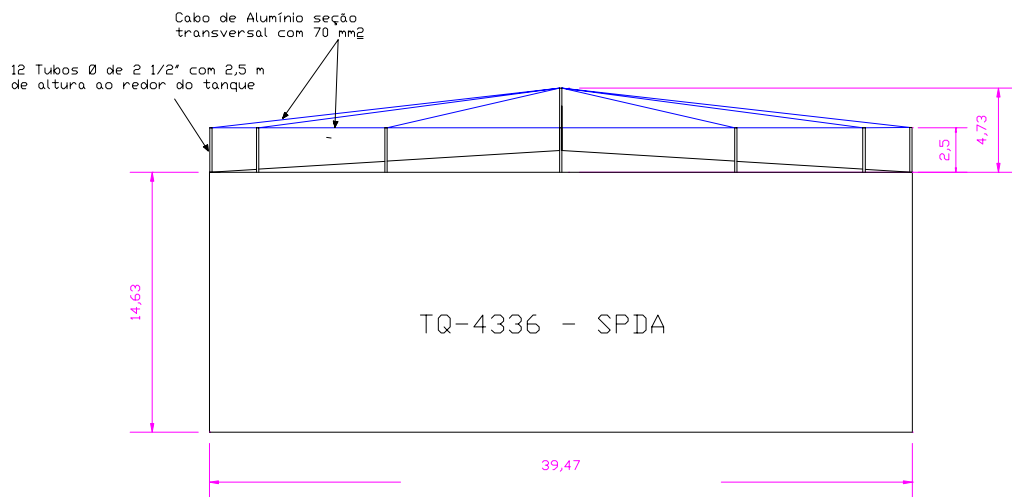
elevação do centro do teto em relação à borda: 1,25 m

raio da esfera fictícia: 20 m

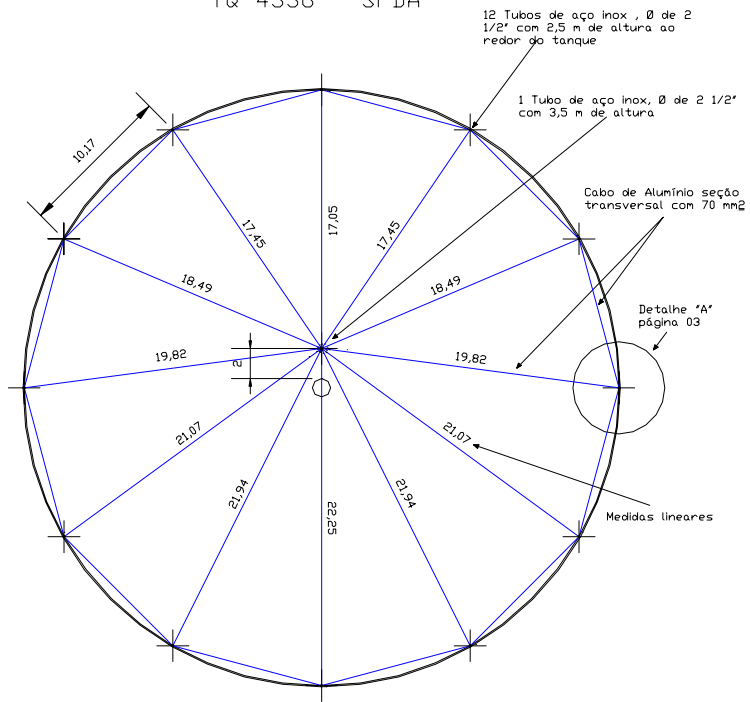
7. CUSTOS NECESSÁRIOS A MONTAGEM DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

	Quantidade	Custo (Reais)
Tubo de aço inox 304, com Ø de 2 ½", sch 40	48 metros	7.000,00
Cabo de alumínio, 7 x 3,5 mm, com seção transversal de 70 mm ² (2/0)	400 kg	1.700,00
Abraçadeira, tipo grampo de aterramento, marca BURNDY, modelo GAR1926, com 73 mm – 2 ½" e fio 4 – 2/0 AWG.	36	1.633,00
Chapa de aço inox 304, com 3 mm de espessura, para bolachas de reforço sob os tubos	1 m ²	145,00
Mão de obra de instalação		6.500,00
Total		16.978,00

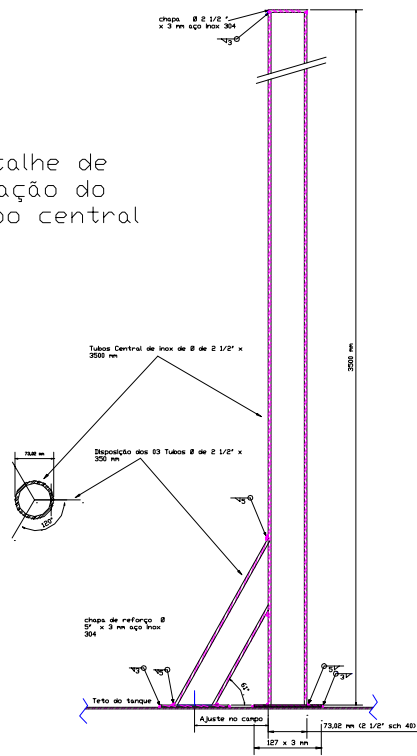
8. DETALHES DA MONTAGEM DO SISTEMA DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NO TANQUE TQ-4336

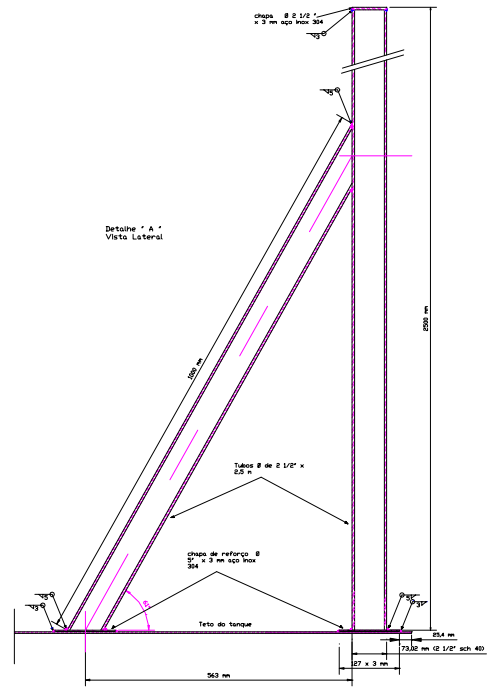
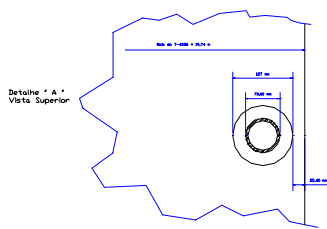


TQ-4336 - SPDA

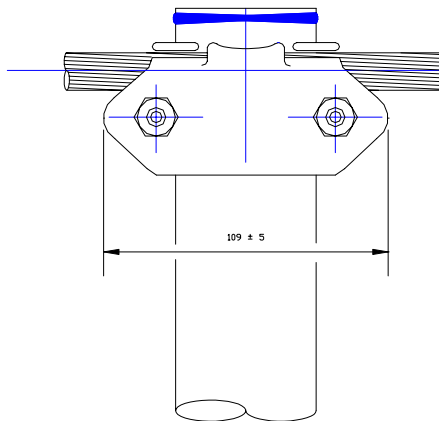
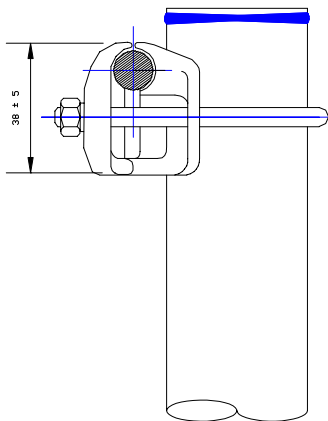


Detalhe de fixação do tubo central





Sistema de fixação dos cabos de alumínio seção transversal 70 mm²



9. CONCLUSÕES:

- Comparando-se o custo da mudança de espessura de 3mm para 4mm do aço inox de R\$ 59.480,00, no caso o tipo 439 de menor custo, com o custo de instalação do SPDA de R\$ 16.978,00, significando uma economia de R\$ 42.502,00 por tanque instalado. Demais impactos como: facilidade de instalação sendo a chapa mais fina, menor peso sobre o tanque, utilização de menor quantidade de consumíveis de soldagem etc.
- A não utilização de processo de pintura é um grande ganho para o meio ambiente, assim como o tempo necessário para tal.
- O processo corrosivo sendo estancado com a mudança de material traduz-se em confiabilidade e disponibilidade operacional para os tanques.
- O sistema de proteção contra descargas atmosféricas além de proteger o teto fixo por consequência acaba protegendo também os acessórios instalados sob o mesmo por exemplo: válvulas de pressão e vácuo e escotilhas de medição, esta última que possui a possibilidade de ser esquecida aberta, portanto aumentado a confiabilidade do conjunto

10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. American Petroleum Institute. **API Recommended Practice 653, Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction**, third edition, December 2001.
2. American Petroleum Institute. **API Recommended Practice 2003, Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents**, sixth edition, September 1998.
3. National Fire Protection Association. **NFPA 780, Standard for the Installation of Lightning Protection Systems**, 2000 edition.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - NBR 5419**, Rio de Janeiro, Fevereiro 2001.
5. Petróleo Brasileiro S. A.. **Norma Petrobras N-2318 – Inspeção em serviço de tanque de armazenamento atmosférico**, maio 2003 ,