

**PROJETO DE COLETORES DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA TANQUES DE
ARMAZENAMENTO DE COMBUSTÍVEIS
XV INIC / X EPG – UNIVAP 2011**

***Samuel Carlos Alves Soares¹, Rodolfo Antunes Cavalcante de Souza², João Luiz
Teixeira Pinto³***

¹UNIVAP/Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo/São José dos Campos –
SP/samuelsoares@globo.com

²UNIVAP/Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo/São José dos Campos –
SP/rodolfo.sjc@globo.com

³UNIVAP/Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo/São José dos Campos –
SP/jolute2005@yahoo.com.br

Resumo: O presente trabalho apresenta o projeto de um condutor de águas pluviais para tanques de armazenamento. Foi apresentado um estudo de caso dos tanques do Terminal Terrestre da TRANSPETRO S/A, na cidade de Guarulhos – SP, que sofreram deterioração em seu costado devido ao escoamento de poluentes junto da água das chuvas. Foi elaborado um projeto de coletores visando conduzir a água das chuvas de modo adequado sem que escorressem pela lateral. Os cálculos para determinar a vazão dos condutores levaram em consideração a intensidade pluviométrica do local. O projeto foi implantado primeiramente nos tanques de álcool que sofreram maior deterioração e depois nos demais. O resultado obtido foi satisfatório. Evitou-se manutenções periódicas muito próximas e foi possível realizar armazenagem de águas pluviais, destinando de forma adequada a água das chuvas para a cisterna, fomentando o seu aproveitamento para atividades que não exijam água potável, como combate a incêndio. Após um ano da manutenção, os tanques mostraram a pintura mais preservada e mostrou-se possível armazenar um grande volume de água.

Palavras-chave: condutor de águas pluviais; tanques de armazenamento; deterioração do costado

Área do Conhecimento: Construção Civil

Introdução

A logística da comercialização de combustíveis exige que por certos períodos de tempo os produtos permaneçam armazenados em tanques de armazenamento localizados em pontos estratégicos das rotas de distribuição. Destes pontos os combustíveis são encaminhados para diversas localidades do país e também para o exterior.

A empresa TRANSPETRO S/A que é uma empresa do grupo PETROBRÁS, possui vários terminais de armazenamento de combustíveis. Em cada terminal podem ser vistos vários tipos de tanques, destinados ao armazenamento de diferentes tipos de substâncias.

Uma vez que expostos às intempéries climáticas e à poluição, os tanques exigem um procedimento periódico de manutenção. No caso dos tanques de armazenamento sítios no Terminal Terrestre da empresa TRANSPETRO S/A na cidade de Guarulhos-SP a empresa contratada para realizar sua manutenção foi a Construtora Queiroz Galvão S/A.

Durante uma inspeção prévia para a reforma de um tanque de armazenamento de álcool, que possuiu teto fixo com aeradores, constatou-se indícios de corrosão na parte externa do tanque. Apurou-se que a corrosão no exterior do tanque deveu-se principalmente ao escoamento de substâncias poluentes pela lateral do tanque. O líquido que escorre provoca a corrosão do material e danifica a pintura externa do tanque, causando prejuízo estético e levando à diminuição do prazo para uma nova manutenção, conforme se observa na Figura 1.



Figura 1- Tanque sem condutor pluvial após 01 ano da manutenção completa

Constatado o problema, foi solicitada à Construtora Queiroz Galvão S/A a elaboração do projeto de um coletor de águas pluviais para tanques de armazenamento, que conduzisse os líquidos de maneira adequada, com finalidade retardar o período de limpeza e manutenção da parte externa do tanque. E ademais, com o objetivo de reutilizar a água coletada reaproveitada em atividades que não exijam água potável, como por exemplo, o combate a incêndios, precaução indispensável em um terminal de armazenamento de combustíveis.

Sendo assim, o presente estudo dedicar-se-á ao estudo do projeto dos coletores pluviais elaborados pela Construtora Queiroz Galvão S/A para serem instalados primeiramente nos tanques de armazenamento de álcool do terminal de Guarulhos da TRANSPETRO e depois nos demais.

Apresentar-se-á o caso, a elaboração do projeto, seus memoriais de cálculo, bem como a instalação dos condutores.

Por fim, elaborar-se-á a conclusão do estudo, mostrando-se um estudo comparado entre os tanques nos quais foi instalado o condutor de águas pluviais e aqueles nos quais não o foi, identificando as diferenças após o período de um ano, e, também sobre a possibilidade de armazenamento de água das chuvas para reutilização.

Metodologia

Para a elaboração do projeto foram calculadas as vazões dos condutores de águas pluviais no teto fixo de um tanque de armazenamento de álcool.

Tais instalações são compostas por calhas e tubos que escoam toda a água através do chamado “escoamento por gravidade”.

As instalações pluviais têm como principal função recolher e conduzir para um local

determinado as águas provenientes da chuva que atingem a edificação, garantindo, desta forma, que não haja excessiva umidade.

A NBR 10884/89 fornece os critérios para dimensionar calhas e condutores (verticais e horizontais) além de estabelecer que cada obra, em face de seu vulto ou responsabilidade, deve ter seu tempo de retorno (grau de segurança que corresponde a frequência de chuvas com determinada intensidade) adotado, sendo: T= 1 ano; para obras externas onde um eventual alagamento pode ser tolerado; **T= 5 anos; para coberturas e telhados;** e T= 25 anos; onde um empoçamento é inaceitável.

Outro ponto importante a ser analisado no estudo do projeto é a intensidade pluviométrica, a qual é fornecida pela norma, em função do tempo de retorno, e do local.

Para obras de vulto corrente e de área de telhado de até 100 m² pode-se adotar a medida de chuva padrão de 150mm/h de intensidade e duração de 5 minutos.

Conhecendo-se as intensidades pluviométricas e sabendo que a chuva corresponde a uma vazão unitária sobre a cobertura, pode-se estimar a vazão a ser coletada pelas calhas através da seguinte fórmula:

$$Q = \frac{ixA}{60} \quad \text{onde:}$$

i= intensidade pluviométrica em mm/h

A= área de contribuição em m²

Q= vazão em l/s

Memorial de cálculo para capacidade de volume da calha:

O tipo e a capacidade da calha a ser utilizada serão decididos a partir da definição da vazão do projeto. Utilizamos a calha abaixo:

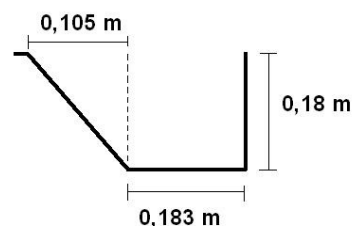


Figura 2 – Imagem da calha

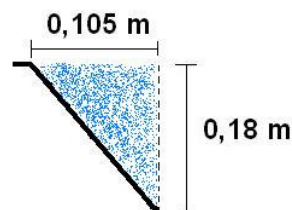


Figura 3 – Corte da calha

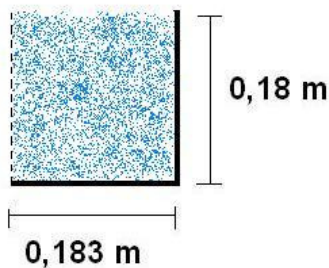


Figura 4 – Corte da calha

A seção transversal da calha foi dividida para obtermos a área da seguinte forma:

- Cálculo de área da Figura 3:
 $\text{Área}^1 = 0,105 \text{ m} \times 0,180 \text{ m} / 2 = 0,00945 \text{ m}^2$ ou $9,45 \text{ mm}^2$
- Cálculo de área da Figura 4:
 $\text{Área}^2 = 0,183 \text{ m} \times 0,180 \text{ m} = 0,03294 \text{ m}^2$ ou $32,94 \text{ mm}^2$
- Somatória das áreas encontradas:
 $\text{Área}^1 + \text{Área}^2 = 0,00945 \text{ m}^2 + 0,03294 \text{ m}^2 = 0,04239 \text{ m}^2$ ou $42,39 \text{ mm}^2$
- Cálculo do perímetro da calha:
 Diâmetro do tanque = 22,85 m
 Perímetro da calha = $22,85 \text{ m} \times \pi = 71,7854 \text{ m}$
- Cálculo da capacidade do volume da calha horizontal:
 Volume da calha horizontal = Perímetro da calha x área da seção transversal

Volume da calha horizontal = $71,7854 \text{ m} \times 0,04239 \text{ m}^2$
Volume da calha horizontal = 3,043 m³

Condutores:

Existem 2 tipos principais de condutores:

- condutores horizontais
- **condutores verticais**

Para o condutor vertical a NBR 10844/89 determina que o diâmetro mínimo seja 70mm.

Tabela 1

Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Área do telhado (m ²)	
		Chuva 120 mm/h	Chuva 150 mm/h
50	0,57	14	17
75	1,76	42	53
100	3,78	90	114
125	7,00	167	212
150	11,53	275	348
200	25,18	600	760

Memorial de Cálculo para a vazão do condutor vertical:

- Área do Telhado ou área de contribuição em m² = (Diâmetro do tanque)² x $\pi / 4$
 - Área do Telhado ou área de contribuição em m² = $(22,85 \text{ m})^2 \times \pi / 4$
 - Área do Telhado ou área de contribuição em m² = 410,08 m²
 - i = intensidade pluviométrica em mm/h = 150 mm/h
 - Q= vazão em l/s
- $$Q = \frac{i \times A}{60}$$
- Q = 150 mm/h x 410,08 m² / 60
 - Q = 1025,20 l/min
 - **Q = 17,09 l/s**

Volume de água coletado

Em uma forte chuva de 10 minutos, se levarmos em consideração a instalação do coletor de águas pluviais em todos os 16 tanques do terminal de Guarulhos, chega-se a armazenar o volume de 164 m³ (164.000 litros) de água de chuva.

Portanto, pode-se notar que consegue-se coletar um grande volume de água, que, embora não seja potável, pode ser reaproveitada de diversas maneiras, como para combate a incêndios, para limpeza, lavagem de equipamentos, testes hidrostáticos de tubulação e tanques, dentre outros.

Com isso, além da vantagem econômica para a empresa ao prolongar o prazo de manutenção dos tanques, a instalação dos coletores de águas pluviais representa uma grande vantagem ambiental, já que colabora para a economia de água.

Memorial de cálculo para resistência de solda dos suportes da calha:

Sabendo-se que o volume de capacidade de água na calha é igual a 3,043 m³, podemos iniciar o cálculo de resistência das soldas dos suportes.

O ideal para diminuir o peso do material e melhorar a estética do projeto da calha, será utilizarmos para a calha periférica do tanque (horizontal), uma chaparia mais fina, devido as chapas serem sobrepostas, assim melhorando também o acabamento. A espessura da chapa ideal será: **1/8" ou 3,175 mm**.

O diâmetro do tanque é 22,85 m com isso temos o perímetro igual a 71,78 m. Como as chapas da calha são sobrepostas a outra teremos:

Tabela 2

QTD	ESP. Pol.	COMP. Mm	LARG. mm	Kg Unit.	kg total
30	1/8"	2440	230	25,00	420,90
30	1/8"	2440	246	25,00	450,18

Gerando um total de 871,08 kg somente de chapas.

Sabendo agora que teremos que iniciar o cálculo dos suportes somando o peso do volume de água, mais o peso total das chapas:

- $3,043 \text{ m}^3 \times 1 \text{ kg/m}^3 = 3.043 \text{ kg}$ ou 3,04 ton
- 871,08 kg ou 0,87108 ton
- $3043 \text{ kg} + 871,08 \text{ kg} = 3914,08 \text{ kg}$

Obs.: não será necessário acrescentar o peso das tubulações verticais e seus amparos, pois estas serão repousadas sobre estrutura de concreto na calçada periférica do tanque.

Vejamos na figura 4 os tipos de suportes escolhidos, devido ao acabamento necessário do tanque:

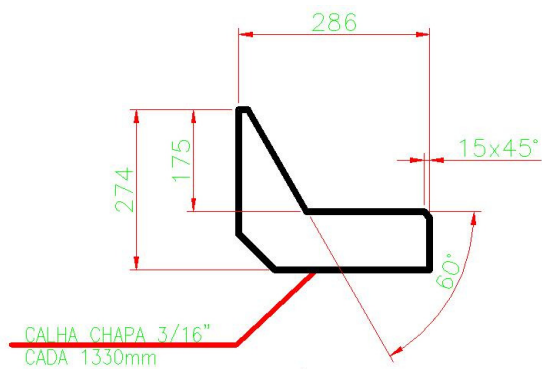


Figura 4 – Tipos de suporte escolhidos

Estes suportes servirão como berço das chapas da calha e serão soldados para fixação da mesma. A tensão que o suporte sofrerá, será na interligação entre ele e a chapa do costado.

O tanque tem um perímetro igual a 71,78 m e serão instalados 54 suportes a cada 1330 mm ao redor do tanque para suportar a carga da calha.

Esse esforço gerou um cálculo de resistência a tração do cordão de solda dos suportes, conforme memorial abaixo:

Tipo de solda utilizada

TIG: Eletrodo não consumível. Vareta de solda externa usa hélio ou argônio que envolve o eletrodo.

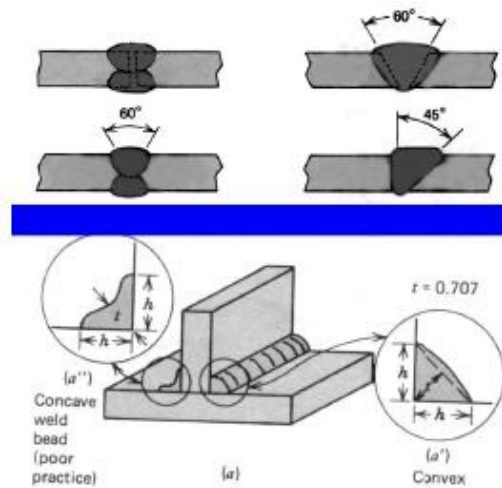


Figura 6 – Solda sob tração e cisalhamento

Área transversal de solicitação: $A = t \times L$

L = comprimento da seção

t = espessura transversal

Soldas com dimensões iguais e retas = $t = 0.707$

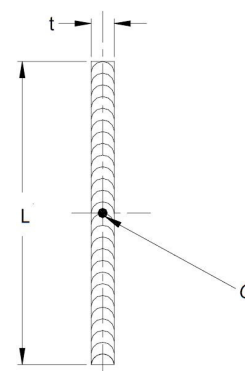


Figura 7 - Seção transversal da solda:

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$L = 99 \text{ mm}$$

Teremos:

Espessura de 3/16" da chapa do suporte.

Tensões admissíveis na solda:

As especificações da sociedade americana da solda fixam, para soldas em estruturas, as seguintes tensões admissíveis.

1º- Ao cisalhamento = 11300 lb/pol² (~79 MPa)

2º- À Tração = 13000 lb/pol² (~91 MPa)

3º- À compressão = 18000 lb/pol² (~126 MPa)

Assim para um cordão com $a = 3/16"$, a força admissível, por unidade de comprimento é:

$$3/16" = 0,1875$$

$$t = 0.707$$

Ao cisalhamento = 11300 lb/pol²

Então:

$$0,1875 \times 0,707 \times 11300 = 1500 \text{ lb/pol ou } 260 \text{ KN/m}$$

$$1 \text{ Lb} = 4,448 \text{ N}$$

1 Pol = 0,0254 m

Resulta-se que os 54 suportes do condutor pluvial suportará as cargas exigidas após a instalação.

Com esses resultados foi elaborado o projeto total do condutor pluvial de tanques de armazenamento.

Após a elaboração do projeto segue-se com a pré-fabricação dos materiais e compra dos acessórios indicados.

A possibilidade de fabricar no próprio canteiro de obra para facilitar na logística e diminuir o prazo para fabricação.

Finalizada a fabricação e estando os padrões de qualidade do produto de acordo com o projeto, esses materiais são enviados com caminhão *munck* de capacidade de carga maior ou igual a 25 ton, devido à distância entre a rua onde o caminhão será patolado até o tanque, em torno de 20 a 30 metros e a altura do tanque 14 metros.

Antes da chegada do material ao tanque, devemos nos alertar sobre o acesso dos montadores, como será executado. Tem-se duas opções: (1) a montagem de andaime em volta de todo o tanque, gerando em torno de 8000 metros lineares de tubos, acessórios de montagem e para os patamares cerca de 350 m² de pranchões de madeira; ou (2) andaime suspenso mecânico, tipo “balancim”, que só poderá ser utilizado em casos específicos.

O mais indicado financeiramente é a segunda opção, pois são utilizados dois funcionários apenas para a montagem e a sua duração para montagem é muito mais rápida do que a primeira opção.

Já a primeira opção é mais segura, devido ao fato de que os montadores podem caminhar tranquilamente em volta do tanque sendo proporcionada maior facilidade para a montagem do condutor. Nesse caso a empresa aproveitou a montagem do andaime no tanque para realizar a montagem do condutor pluvial.

Esse por sua vez foi pode ser montado em paralelo com outras atividades no decorrer do trabalho de manutenção geral, não impactando no cronograma do tanque.

Se a empresa desejar montar apenas o condutor, sem executar qualquer outra atividade, ficará muito mais caro, pois terá que realizar grandes tarefas, como montagem de andaime, a limpeza e desgaseificação interna do tanque, jateamento nas partes onde serão soldados os suportes e o próprio condutor e a pintura. Sem contar com a paralização do tanque de armazenamento, que não pode ser utilizado para estocagem do produto durante o processo de montagem. Portanto esse procedimento será mais indicado quando o tanque for paralisado para a

sua manutenção periódica, pois as atividades supra citadas serão necessárias e já previstas.

Resultados

Com a análise dos resultados obtidos com o experimento notou-se uma grande diferença no prazo de duração da manutenção externa dos tanques em que se implementou o projeto.

Vê-se abaixo uma imagem de um tanque no qual se instalou o condutor de águas pluviais após um ano da manutenção.



Figura 8 – Tanque de armazenamento de álcool com condutor pluvial após 01 ano da manutenção completa

Observa-se uma grande diferença em relação à primeira imagem apresentada (Figura 1), que mostrou um tanque sem o condutor após o mesmo período.

Além disso, observou-se que é possível armazenar grande volume de água, que embora não potável, pode ser utilizada para limpeza, testes hidrostáticos em tubulações e tanques, combate a incêndios, dentre outros.

Discussão

Conforme se analisou, obteve-se um excelente resultado após a instalação do condutor pluvial em um dos tanques, pois constatou-se que após um período de 01 (um) ano foi notável a diferença visual, obtendo-se resultado satisfatório.

Pode-se acrescentar ainda que o fato de se armazenar água das chuvas é um grande avanço no que tange a preservação do meio ambiente. Com a implementação dos condutores em outros tanques nos demais terminais de armazenamento de combustíveis ter-se-á a economia de um grande volume de água, sendo certo que a água coletada que poderá ser utilizada para atividades que não exijam água potável, reduzindo-se significativamente o desperdício do recurso.

Conclusão

Com base nos dados apresentados no presente trabalho conclui-se que o projeto apresentado, “condutor de águas pluviais”, elaborado e implantado pela Construtora Queiroz Galvão S/A em tanques de armazenamento de combustíveis no Terminal Terrestre da empresa TRANSPETRO S/A na cidade de Guarulhos-SP foi bem sucedido.

Conforme se notou nas fotos apresentadas a instalação do coletor reduziu o escoamento de substâncias pela lateral do tanque, o que colaborou para o aumento do intervalo entre as manutenções periódicas, já que se conseguiu preservar a pintura do tanque, evitando-se também a corrosão das placas de metal do costado, representando ganho econômico para a empresa.

Esse resultado positivo pode ser observado a partir da comparação das fotos apresentadas, que mostram diferença entre os tanques sem e com o condutor pluvial.

Por fim, conclui-se ainda que o projeto mostra um grande passo no que se refere a diminuição do desperdício de água, já que permite armazenar a água das chuvas para que possa ser utilizadas em atividades que não exijam água potável.

Referências Bibliográficas:

NORMA PETROBRAS N-270 – **Projeto de tanque atmosférico**, Petrobras, jun/03, revisão C.

PETROBRAS. SEREC. CEN-SUD. **Tanques de Armazenamento – Teoria**, Rio de Janeiro: Petrobras/SEREC/CEN-SUD, 1998.

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica Básica**, Ed. EESC USP, 2. ed., São Carlos: 1999.

NASH, William Arthur. **Resistência dos materiais**, Ed. McGraw-Hill, 2. ed., São Paulo: 1982.