

# APLICAÇÃO DE TANQUES METÁLICOS PARAFUSADOS NAS OBRAS DO SISTEMA PRODUTOR SÃO LOURENÇO

## RESUMO

A utilização de tanques industriais em aço parafusado tem se tornado uma opção cada vez mais usual no saneamento por sua alta confiabilidade e facilidades de aplicação e montagem. Eles têm sido utilizados para armazenagem, entre outros líquidos, de produtos químicos, petroquímicos, combustíveis, águas diversas e combate a incêndio; em diversos processos na agricultura, indústria, setor de serviços e mais recentemente, se destacando no ramo de saneamento no Brasil. Esse crescimento na aplicação tem gerado vários questionamentos de ordens técnicas e operacionais. No Sistema Produtor São Lourenço – SABESP, serão aplicados 5 (cinco) reservatórios deste tipo e este trabalho propõe-se a discorrer sobre a contextualização e experiência da utilização de tanques metálicos parafusados em aço nas obras do Sistema Produtor São Lourenço – SABESP.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema Produtor São Lourenço, Reservatórios Metálicos

## INTRODUÇÃO

Os reservatórios são unidades hidráulicas de acumulação e passagem de água, situados em pontos estratégicos dos sistemas de tratamento, adução, reservação e distribuição de água, que atendendo as diretrizes de projeto, tem como principais funções:

- a) garantia da quantidade de água em picos diários e horários de consumo,
- b) garantia da quantidade de água para as demandas de equilíbrio, de emergência e anti-incêndio,
- c) gestão do consumo de Energia Elétrica em horários de pico de fornecimento da concessionária (gerenciamento do custo da Energia Elétrica),
- d) garantia de adução de água com vazão e altura manométrica constantes,
- e) atender aos picos de consumo com menores diâmetros no sistema (otimização de recursos de investimentos),
- f) otimizar o gerenciamento das demandas de consumo e pressões nas adutoras e redes de distribuições e,
- g) promover a continuidade do abastecimento no caso de paralisação da produção de água.

Os reservatórios são, portanto, peças estruturantes nos sistemas de armazenamento e distribuição de água potável e a aplicação destes é praticamente mandatória em sistemas de distribuição de água, indo ao encontro da utilização racional dos recursos naturais, energéticos e econômicos em projetos de saneamento.

Formas Construtivas:

Os reservatórios podem ser classificados de acordo com sua localização e forma construtiva:

- Reservatórios de montante: situado no início da rede de distribuição, sendo sempre o fornecedor de água para a rede;
- Reservatórios de jusante: situado no extremo ou em pontos estratégicos do sistema, podendo fornecer ou receber água da rede de distribuição;
- Reservatórios Elevados: construídos sobre colunas quando há necessidade de aumentar a pressão em consequência de condições topográficas;
- Reservatórios Apoiados, enterrados e semienterrados: aqueles cujos fundo estão em contato com o terreno.

Quanto aos materiais utilizados na construção de reservatórios, podemos estratificá-los da seguinte forma:

- Reservatórios em Concreto Armado;
- Reservatórios em Fibra de Vidro;
- Reservatórios em Alvenaria;
- Reservatórios em Argamassa Armada.
- Reservatórios em Aço ou Metálico;

Os reservatórios em aço podem ser divididos em dois tipos:

- Reservatórios em Aço ou Metálico soldado (weld),
- Reservatório em Aço ou Metálico parafusado.

E é sobre este último que iremos discorrer sobre suas características construtivas e operacionais.

## **DAS PESQUISAS E INICIATIVA DE USO:**

Tanques metálicos parafusados vêm sendo empregados na SABESP desde do início da década de 1990, porém após as obras da 3ª Etapa do Sistema Produtor Alto Tietê – PPP SPAT, onde foram aplicados 5 (cinco) Reservatórios metálicos vitrificados, 3 (três) com volume útil de 13.800 m<sup>3</sup> e 2 (dois) com volume útil de 5.000 m<sup>3</sup>, estes tipos de reservatórios difundiram-se fortemente em saneamento Brasil afora.

## **DA APLICAÇÃO NO SISTEMA PRODUTOR SÃO LOURENÇO**

Visita Técnica ao Fabricante:



**Figura 1 - Típico tanque de aço vitrificado com domus em alumínio e acessórios de montagem.**

Nos dias 20 e 21 de janeiro de 2015, foram realizadas visitas técnicas pela equipe da Supervisão da Execução, à planta de fabricação de tanques de Aço Vitrificado na cidade de Dekalb, Estado de Illinois – Estados Unidos, para verificação da aplicabilidade e detalhamento técnico da solução proposta para este tipo de Tanque.

## **TECNOLOGIA DO TANQUE DE AÇO VITRIFICADO**

Segundo seu fabricante a Tecnologia utilizada para fabricação do Tanque de Aço Vitrificado “Glass-fused-to-steel” foi escolhida pelas seguintes razões:

Baixo custo de manutenção durante a vida útil do tanque, Baixo custo de implantação, Construção rápida, Expansibilidade, Disponibilidade em diâmetros que variam de 3.3m à 62.2m e capacidade de 75m<sup>3</sup> e até superiores à 22.700 m<sup>3</sup>.

## **PROCESSO DE FABRICAÇÃO**

A Tecnologia utilizada para fabricação do Tanque de Aço Vitrificado “Glass-fused-to-steel” é a aplicação de Dioxido de Titanium (TiO<sub>2</sub>) num processo de fusão em 3 camadas e bi-queima quando cores especiais são requeridas.

Este processo garante à chapa e ao tanque:

Longa vida útil, Totalmente inerte ao fluido armazenado, Cobertura vitrificada contendo óxido de níquel assegurando alta qualidade, Processo tecnológico com garantia de aplicação de Holliday-detector com 1100V em 100% das chapas.

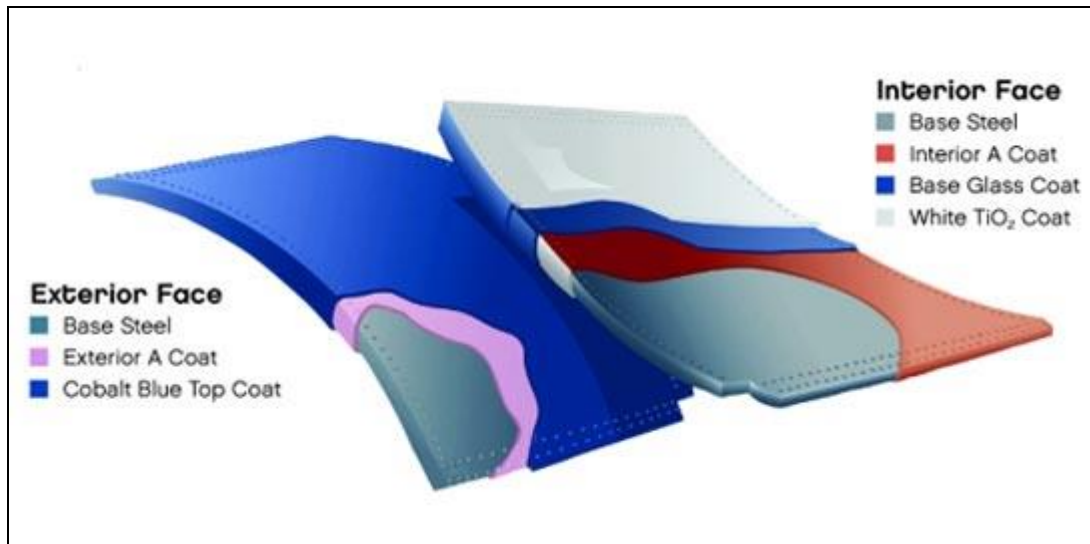


Figura 2 - Camadas internas e externas de revestimento das chapas de aço.

### DIOXIDO DE TITANIO ( $\text{TiO}_2$ )



Figura 3- Dióxido de Titânio ( $\text{TiO}_2$ ) utilizado na composição e fusão da cobertura das chapas metálicas dos tanques

### PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO TANQUE DE AÇO VITRIFICADO “GLASS-FUSED-TO-STEEL”

O processo de fabricação do tanque de aço vitrificado é realizado por meio de um revestimento de sílica de vidro aplicado em fábrica, formando uma resistente barreira contra impactos e abrasão e inerte para ambas as superfícies do tanque (interior e exterior) protegendo contra a ação do tempo e contra corrosão. Sendo totalmente impermeável aos líquidos e aos vapores. Por ser fundido, a pintura final não fica exposta, não desbotando e não sendo atingida pela maioria das pichações, podendo estas serem facilmente removidas.

Trata-se de um processo multi- passo, que é o coração da tecnologia “Glass-fused-to-steel”:



**Figura 4 - Vista interna do alto forno com o material sendo fundido nas chapas**

Antes da aplicação da mistura, as chapas de aço são jateadas para uma uniformização da superfície preparando-as para o recebimento do composto. O Composto é formado por materiais como Dióxido de Titânio ( $\text{TiO}_2$ ), borossilicato, minerais, água e argilas que são misturados em uma pasta chamada de lama. Após a inspeção da chapa, a lama é fundida com as chapas de aço a temperaturas acima de  $1500^\circ\text{F}$  ( $815^\circ\text{C}$ ) para produzir o acabamento final. Este revestimento combina as propriedades físicas resistentes de dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) de vidro saturado com uma superfície de estrutura de vidro ultra-fino de alto desempenho e química excelente. O vidro fundido reage com a superfície de aço perfilado para formar um material inerte, inorgânico químicamente e com forte ligação mecânica.

#### **COBERTURA DOS CANTOS, FURAÇÕES E BORDAS**



**Figura 5 - Cobertura dos cantos, furações e bordas**

O processo de aplicação térmica tipo “spray” fundido ao aço nos cantos, furações e bordas adiciona ao revestimento o dobro de resistência nas bordas da folha, ficando estas muito parecidas com uma concha encapsulada.

#### **OPÇÕES DE CORES:**

Os revestimentos dos tanques de vidro estão disponíveis em Azul Cobalto padrão ou outras quatro cores exteriores mediante um custo adicional: Verde floresta, Céu Azul, Deserto Tan ou outros tons de branco.



**Figura 6 - Cores Exteriores Disponíveis para os Tanques**

#### **APLICAÇÃO DE LOGOTIPO:**

Simplificadamente é possível a aplicação de logotipo em apenas uma chapa na cor padrão Branco. Em consulta interna ao Fabricante, o **Engenheiro** responsável respondeu que é possível a construção de um mosaico de aplicação do logotipo no processo de fabricação, permitindo o transpasse em várias chapas. O logotipo é aplicado fundido juntamente com a mistura de vidro, tornando-se parte da camada da chapa, com todas as características físico-mecânicas da mesma.

#### **VISITA EM FÁBRICA**

Em fábrica pudemos observar o atendimento à Norma de Segurança de Trabalho OSHAS 18001 e à Norma de Controle de Qualidade ISO 9001:2008. Também foram verificados atendimento às seguintes normas técnicas:

- ANSI/AWWA D103 – Bolted Steel Water Storage Tanks
- AISC
- IBC
- NBCC
- FM 4020/4021
- NFPA Standard 22
- British Standard 7543:2003
- EN 15282 / ISO 28765

Segundo o fabricante, já foram instalados mais de 100.000 tanques de aço vitrificado em 70 diferentes países do mundo. Em pesquisa realizada junto aos seus representantes norte-americanos, dos mais de 800 tanques fornecidos a mais de 20 anos atrás 95% ainda se encontram em operação, incluindo o primeiro fabricado há mais de 30 anos.

#### **PROTEÇÃO CATÓDICA**

Foi verificado em fábrica a recomendação e a necessidade de instalação de proteção catódica nos tanques vitrificados, que consiste de anodos de sacrifícios (fornecidos pelo Fabricante) que mitigam as corrosões e promovem proteção às superfícies submersas. É um sistema de instalação simples, confiável e eficaz, que requer mínima manutenção e inspeção.



## DOMUS

### ESTANQUEIDADE DO DOMUS

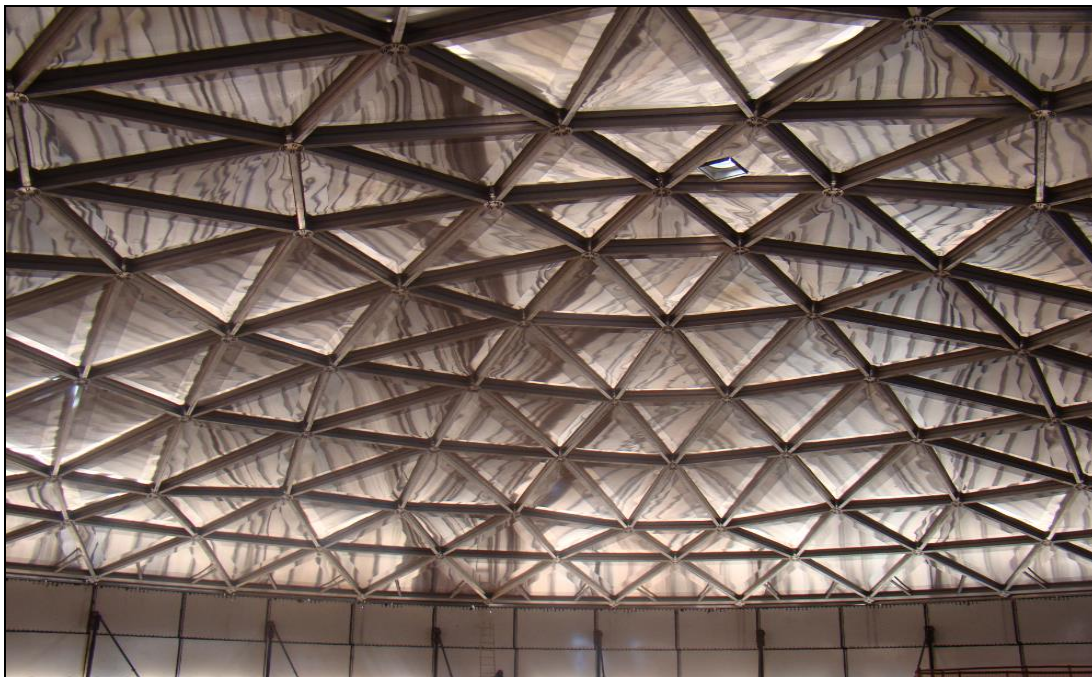
Em consulta aos técnicos do Fabricante, foi questionado a questão da estanqueidade do Domus e tivemos como resposta 100% de estanqueidade. As chapas de alumínio são montadas aparafusadas e com controle de torque que prevê a garantia plena da estanqueidade.



**Figura 7- Vista de aplicação de Domus de Alumínio**

### VÃO ENTRE O ÚLTIMO ANEL DE CHAPAS E O DOMUS

Em consulta aos técnicos do Fabricante, foi questionado o vão entre o último anel de chapas e o Domus (teto) do reservatório. Em demonstração “in-situ”, os técnicos evidenciaram que não deve existir espaço entre as chapas e o domus.



**Figura 8 – Montagem de Domus em alumínio**

A ventilação da câmara depende das vazões de enchimento e esvaziamento do reservatório para a correta especificação do número de janelas de ventilação, que são instaladas no teto.



**Figura 9 - Detalhe da abertura para janela de ventilação**

### **RESIDUAL DE CLORO**

Também foi informado **QUE** para a água tratada normal, não existe histórico de problemas de utilização ou corrosão por residual de cloro.

### **EXTRAVASOR**

A concepção do extravasor depende da configuração encomendada pelo projetista, podendo ser lateral ao reservatório com saída de no máximo  $\Phi=1\text{m}$  (1 metro de diâmetro) por chapa. Também existe a possibilidade de construção de tulipa interna de concreto. O FABRICANTE recomenda que o extravasor seja um diâmetro comercial maior que o diâmetro de entrada.



**Figura 10 - Configuração de Reservatório com entrada por cima e extravasor lateral no costado.**





**Figura 11 – Configuração onde a entrada do reservatório se dá por baixo e a tulipa de extravazão é feita internamente de concreto.**



**Figura 12 - Poço executado no "Reservatório Anchieta" com saída abaixo da soleira do reservatório.**



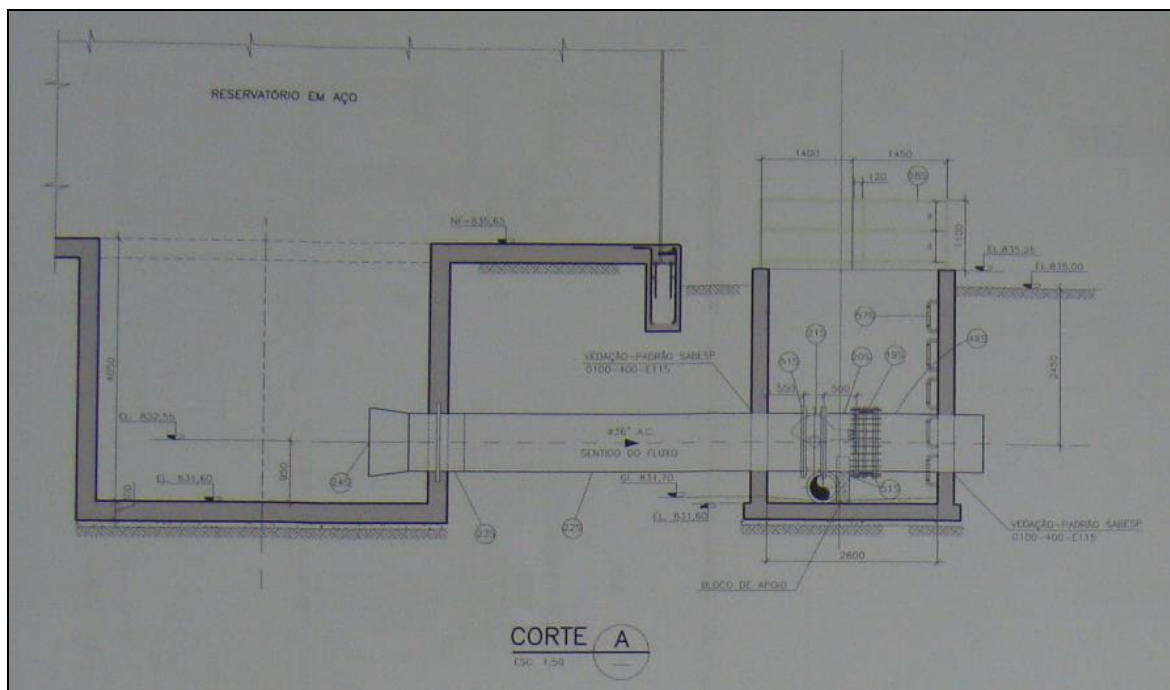


Figura 13 - Esquemático do poço de drenagem e saída e detalhe 245 (aplicação de tela anti-resíduos)

## TELA ANTI-RESÍDUOS

No intuito de evitar o carreamento de materiais indesejáveis para a tubulação à jusante do reservatório, a aplicação de tela pode se dar na saída da tubulação no poço de descarga, conforme detalhe da Figura 13 acima, mas essa é uma solução de projeto, não do fornecimento do tanque.

## TRANSIÇÃO ENTRE A BASE DE CONCRETO E A 1ª FILEIRA DE CHAPAS

A questão da transição entre a base de concreto e a 1ª fileira de chapas é de primordial importância para a perfeita estanqueidade e operacionalidade do tanque. Os principais problemas encontrados na instalação dos tanques no Brasil, dizem respeito ao não atendimento aos procedimentos requeridos pelas empreiteiras locais. O FABRICANTE fornece um procedimento completo com o fornecimento de acessórios de montagem que prevê travamento horizontal, travamento vertical e juntas expansíveis, que montadas conforme o método proposto e em conjunto com a correta aplicação do traço de concreto, elimina qualquer risco de vazamento.

## VISITAS EXTERNAS

### TANQUE EM AÇO VITRIFICADO – DEKALB – ILLINOIS

Visita ao tanque instalado nas imediações de Dekalb com base de 10m, altura de 10m e volume útil de 750 m<sup>3</sup>.

Altura	Base	Volume
10 m	Φ=10 m	750 m <sup>3</sup>

Nesta visita foi possível verificar a perfeita estanqueidade da primeira fileira de chapas e o concreto, além da utilização de domus metálico aplicável até o diâmetro de 10 (dez) metros.



**Figura 14- Tanque em Aço Vitrificado e respectivos acessórios**



**Figura 15 - Detalhe da perfeita estanqueidade**



**Figura 16- Detalhe do Domus em aço vitrificado**



**Figura 17 - Detalhe externo do anodo de sacrificio da proteção catódica**



## TANQUE EM AÇO VITRIFICADO ELEVADO- DEKALB – ILLINOIS

Visita ao tanque elevado instalado nas imediações de Dekalb com base de 10m, altura de 20m e volume útil de 1400 m<sup>3</sup>.

Altura	Base	Volume
20 m	$\Phi=10$ m	1.400 m <sup>3</sup>



**Figura 18 - Tanque elevado nas imediações de Dekalb**

### ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

Quando um reservatório é classificado como metálico, é devido ao fato do seu corpo principal ser constituído em aço. No caso dos reservatórios metálicos parafusados, não apenas o aço é utilizado para a construção do reservatório e sim uma gama de materiais auxiliares como mastique de vedação, cobertura geodésica em alumínio (opcional), bóias e medidores de nível entre outros acessórios.

Base dos Reservatórios Metálicos:

A base dos reservatórios metálicos é constituída em concreto armado, devidamente calculado para absorver os empuxos, pressões de projeto e transmissão dos esforços ao terreno, além de ser uma das partes cruciais para o perfeito funcionamento do mesmo. Pode ser aplicada na base do reservatório os elementos de entrada de fluxo de água, elemento extravasor e o poço de saída de água. No poço de saída de água podemos instalar a saída do fluxo principal além do elemento de esgotamento do tanque. Também na base será construído o arranque do tanque, que é primordial para a construção, pois as primeiras fileiras de chapas serão assentadas solidariamente à base de concreto, sendo decisiva para a perfeita operacionalidade e estanqueidade do reservatório.



**Figura 19 - Montagem da base do Reservatório Metálico Parafusado ETA V.G. do SPSL.**



**Figura 20 - Detalhe da instalação da base longarina de fixação da primeira fileira de chapas na base do Reservatório - ETA V.G. do SPSL.**





Figura 21 - Detalhe da instalação das chapas metálicas da primeira fileira de chapas na base do Reservatório - ETA V.G. do SPSL.

Principais Componentes e Acessórios:

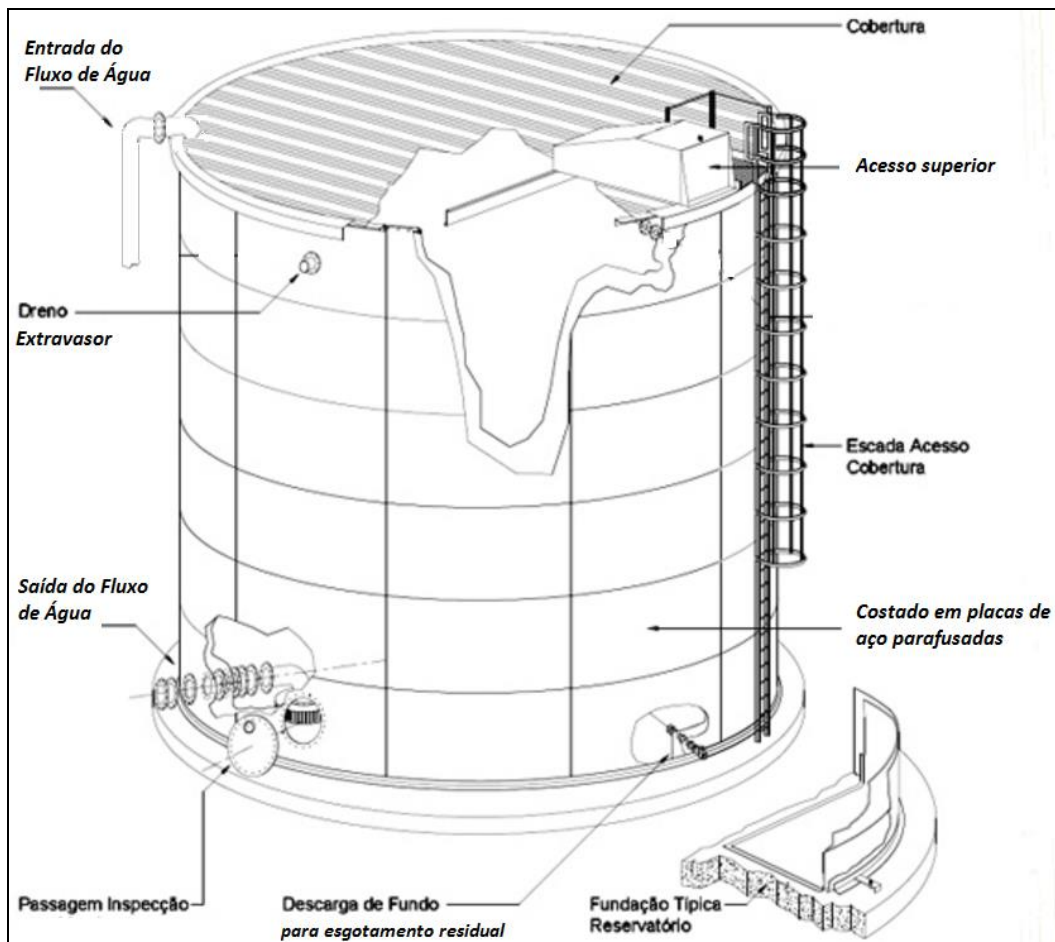


Figura 22 - Esquema Geral de Reservatório Metálico.



- Entrada do fluxo de água,
- Saída de fluxo de água,
- Descarregador de Fundo (Dreno),
- Extravasador,
- Passagens de entrada e inspeção,
- Escadas de acesso,
- Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas,
- Lâmpadas Piloto,
- Indicadores de Nível,
- Sistema de Ventilação e acesso superior

## **A TECNOLOGIA DOS TANQUES DE AÇO PARAFUSADOS VITRIFICADOS**

A utilização de tanques industriais em aço é muito conhecida. Eles podem ser utilizados para produtos químicos, petroquímicos, etanol, biodiesel, água, água gelada, entre outros líquidos e atmosferas em diversos processos na indústria, serviços, agricultura e saneamento. Contudo, o aço vitrificado é hoje uma tecnologia usada na fabricação de tanques e ainda não há um processo de normalização no país. O revestimento de vidro garante propriedades físicas especialmente indicadas a aplicações de armazenamentos de líquidos. Aplicado nos tanques, o vidro de sílica forma uma camada de barreira dura e inerte para ambas as superfícies (interior e exterior), protegendo o tanque das intempéries e da corrosão. Impermeável a líquidos e vapores, o aço vitrificado controla o enfraquecimento causado pela corrosão e, ao mesmo tempo, oferece excelente resistência contra a abrasão e o impacto. A cor não desbota ou desgasta e a maior parte de vandalismos, hoje muito frequente nas instalações, pode ser facilmente removida.

Este sistema nunca precisará de pintura e em sua fabricação há um processo com várias etapas e o resultado é um sistema de aço vitrificado, sendo que as chapas em aço são jateadas para se obter uma superfície uniforme quase branca que é o boro silicato, minerais, água e argilas são misturadas com uma pasta pulverizável chamada slip. Após a inspeção, a pasta é fundida às chapas de aço a temperaturas superiores a 815 °C para produzir o revestimento de vidro brilhante. Por fim, o vidro derretido reage com a superfície do aço perfilado para formar uma ligação química inorgânica, mecânica e inerte.

Segundo os fabricantes, eles oferecem excelente qualidade decorrente de rigoroso controle no processo fabril das chapas e do revestimento vitrificado, além de ampla variedade de capacidades disponíveis e gama de aplicações. Oferecem uma montagem rápida e limpa sem necessidade de equipamento pesado, equipamentos para soldas, soldadores, testes de raio X, ultrassom, líquido penetrante, etc.

Possuem boa vida útil com baixíssima manutenção, podem ser executados com o piso de concreto, o que facilita a sua limpeza em paradas durante a operação e flexibilidade em poder reinstalá-lo em outro lugar. Alguns modelos têm costado de aço vitrificado, obtido pela fundição da camada de vidro ao aço à temperatura de 850°C, tornando-se impermeável a líquidos e vapores, resistente à corrosão, ao impacto e à abrasão. Apresentam um sistema exclusivo de contraventamento e sistema de proteção de cantos com a aplicação de selante nas bordas arredondadas. Com capacidade desde 300 até 20.000 m<sup>3</sup>, dispõe de teto em domo geodésico de alumínio, PVC ou vitrificado, acessórios como flanges, conexões e escadas guarda-corpo, assentando-se sobre fundação direta ou indireta. Algumas normas usadas para a fabricação desse tipo de tanques: AWWA D103, API-12B, NSF-61, NFPA-22. A maioria dos fabricantes aponta para a velocidade de instalação e o fato de o revestimento vir pronto de fábrica, que são considerados os maiores benefícios proporcionados pelos reservatórios. Esse tipo de construção leva de 45 a 60 dias para ficarem prontos e, se forem de aço soldados, o tempo seria maior, tanto por causa do revestimento, que precisa ser feito no campo, como em função da soldagem. Em períodos de chuva, a utilização da solda é dificultada. Já no caso do concreto, a construção não levaria menos do que 180 dias.

Frente aos modelos convencionais de aço soldado, esses tipos de tanques podem ser fabricados com capacidade máxima de armazenamento é de 45.000 m<sup>3</sup> e se destacam pela facilidade de montagem. Por serem parafusados, dispensam a mão de obra especializada em soldagem que, aliás, só pode ser feita na ausência de chuvas. Outro ponto positivo é a vida útil maior garantida pelo revestimento de vidro.

Os tanques vitrificados podem ser desmontados e instalados em outro local, investindo apenas na construção de uma nova base de concreto. Caso seja necessário expandir a capacidade de armazenamento, basta elevar a altura do reservatório instalando novos painéis de aço.

## **TANQUES EM AÇO PARAFUSADO COM REVESTIMENTO VITRIFICADO**

Desenvolvidos e patenteados em 1949 pela empresa A.O. Smith, os tanques em aço parafusados com revestimento vitrificado de fábrica, incorporaram um avanço significativo na tecnologia de revestimento de tanques de aço.

Através de processos altamente sofisticados, o processo de vitrificação foi desenvolvido para ser aplicado em ambos os lados das chapas de aço, sendo esta tecnologia uma patente e marca registrada do FABRICANTE. Primeiramente utilizado com bastante êxito nos mercados de agricultura, a partir do início da década de 70, a mesma tecnologia foi introduzida para armazenamento de outros líquidos, focando nos sistemas de abastecimento de água potável. Tipicamente executado com um sistema em que a base é de concreto, as chapas vitrificadas são fáceis de montar e praticamente não necessitam manutenção e retoques de pintura durante sua vida útil. Uma ampla variedade de coberturas pode ser utilizada nestes tanques, dependendo da aplicação e necessidade do cliente. Pesquisa e contínuo desenvolvimento resultam hoje nos melhores sistemas de revestimentos para armazenamento de líquido comuns aos mais agressivos.

## AS VANTAGENS DO VIDRO FUNDIDO AO AÇO

O FABRICANTE, projeta e produz tanques em aço parafusados com revestimento vitrificado de fábrica a mais de 50 anos e são projetados para garantir uma alta resistência no armazenamento de água e outros líquidos. A tecnologia vitrificada é patenteada e os revestimentos vitrificados possuem uma qualidade excepcional. Comprovados por meio de testes laboratoriais e a instalação de milhares tanques comprovam a resistência e a durabilidade dos produtos. Cada tanque está respaldado pelas garantias de fabricação e são rastreáveis para verificação e acompanhamento do fabricante.

O processo de fabricação possui um sistema em que as bordas das chapas regulares recebem os revestimentos em 03 camadas na parte externa e 05 camadas na parte interna da chapa, bem como todas as bordas e furos das chapas. Este sistema de revestimento representa a máxima proteção nas bordas de chapa.

## AS VANTAGENS DA VIDA ÚTIL DO REVESTIMENTO VITRIFICADO

Além da excelente proteção, o revestimento vitrificado fundido das chapas de aço contém também outros valores inerentes. Os custos de manutenção são baixíssimos, especialmente quando comparado aos tanques soldados em campo ou de concreto, isto porque o vidro está quimicamente e mecanicamente fundido ao aço e não requer manutenção periódica. Os tanques soldados em campo têm que ser retocados e repintados várias vezes durante sua vida útil, enquanto que os tanques do FABRICANTE não necessitam da repintura.

Qualquer mancha ou grafite pode ser removida com limpadores comuns. A limpeza decorrente da operação do tanque também é mais rápida e menos custosa que a limpeza de um tanque de concreto ou em aço soldado revestido em obra. Quando comparado o custo de aquisição e manutenção de um tanque O FABRICANTE a um tanque soldado em obra, o tanque O FABRICANTE se mostra muito mais competitivo.

## Tanques em aço parafusado – Epóxi

Os sistemas de tanques parafusados em Epóxi possibilitam a montagem muito mais simples e maximizam a eficiência de produtividade no local de trabalho. A construção parafusada deixa o trabalho em campo mais leve, limpo e econômico quando comparados com os tradicionais tanques em aço soldados em campo e de concreto armado ou protendido:

- Água potável ou bruta
- Água ultra pura ou desmineralizada
- Água para prevenção de incêndios
- Águas residuais e efluentes industriais
- Tratamento de esgoto
- Combustível aviação e diesel
- Petróleo bruto e derivados
- Biodiesel

## TANQUES EM AÇO PARAFUSADO COM REVESTIMENTO DE FÁBRICA EM EPÓXI

Desenvolvidos em meados da década de 20, os tanques em aço parafusados com revestimento de fábrica em epóxi foram usados primeiramente na indústria de exploração de petróleo dos Estados Unidos como tanques de armazenamento para petróleo bruto. Usados ainda hoje em poços petrolíferos de todo o mundo, os tanques adquiriram padronização do Instituto de Petróleo Americano (API) em 1953 sob a especificação da API-12B.

Com o incremento da tecnologia, em 1970 teve o reconhecimento da American Water Works Association (AWWA) sob o padrão AWWA D103. Os tanques incorporam um projeto de junta / flange nas junções horizontais e sobrepostas nas junções verticais, utilizando gaxetas elastoméricas em padrão EPDM para o arremate entre as chapas. As chapas dos tanques são de aço carbono ASTM A36 ou 1011, inoxidável ou galvanizado. O revestimento epóxi sobre as chapas são aplicados na fábrica em ambientes rigorosamente controlados, aplicados

em alto forno e os galvanizados em banho quente. Desde os meados dos anos 70, tanques metálicos em epóxi tiveram um crescimento importante em torno do mundo e atualmente são utilizados em mais de 125 países. Grande economia e a baixíssima manutenção são alguns dos pontos fortes dos tanques metálicos em epóxi. Estes sistemas deixam a montagem muito mais simples e maximizam a eficiência de produtividade no local de trabalho. A construção parafusada deixa o trabalho em campo mais leve, limpo e econômico quando comparados com os tradicionais tanques em aço soldados em campo e de concreto armado ou protendido. Pesquisa e contínuo desenvolvimento resultam hoje nos melhores sistemas de revestimentos para armazenamento de líquido comuns aos mais agressivos, podendo ser aplicados em:

- Água potável ou bruta
- Água ultra pura ou desmineralizada
- Água para prevenção de incêndios
- Águas residuais e efluentes industriais
- Tratamento de esgoto

### **SILOS EM AÇO PARAFUSADO COM REVESTIMENTO DE FÁBRICA**

Desenvolvidos para armazenamento de líquidos, os tanques parafusados foram adaptados nos anos 30 para aplicações de armazenamento de materiais secos a granel iniciando na agroindústria. As paredes internas lisas e o sistema de juntas parafusadas (especificação API-12B) resultaram ser extremamente duráveis e econômicos, melhor do que os silos usados até então (concreto e soldados no campo). Estes primeiros silos resultaram em grandes benefícios, sendo possível vê-los em funcionamento depois de 50 a 60 anos.

Da mesma maneira que os tanques parafusados para líquidos, os silos incorporam um projeto de junta / flange nas junções horizontais e sobrepostas nas junções verticais, utilizando gaxetas elastoméricas em padrão EPDM para o arremate entre as chapas.

Estes sistemas deixam a montagem muito mais simples e maximizam a eficiência de produtividade no local de trabalho. A construção parafusada deixa o trabalho em campo mais leve, limpo, econômico e podem ser pedidos, transportados e montados em um tempo menor que os silos tradicionais soldados em campo e de concreto armado ou protendido. Desde a década 70, Estes silos tiveram um forte crescimento por todo o mundo, e atualmente são utilizados em mais de 125 países.

### **APLICAÇÃO NO SISTEMA PRODUTOR SÃO LOURENÇO:**

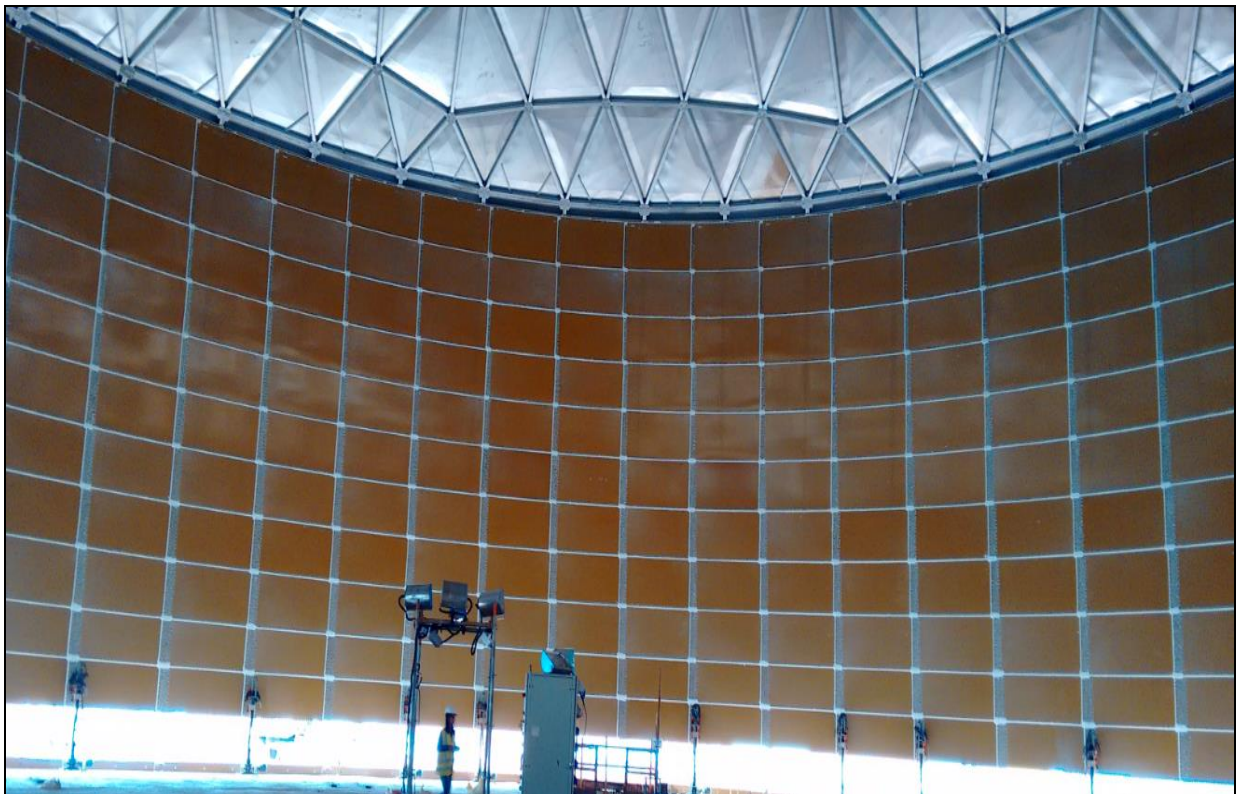


**Figura 23 - Vista externa de um dos três RCAB - Reservatórios de Compensação de Água Bruta de 25.000m<sup>3</sup> da ETA Vargem Grande - SPSL.**





**Figura 24 - Vista dos macacos elétricos de elevação no processo de montagem das placas de aço.**



**Figura 25 - Vista interna de um dos três RCAB - Reservatórios de Compensação de Água Bruta da ETA Vargem Grande - SPSL.**

## **CONCLUSÃO:**

A experiência SABESP na aplicação de tanques metálicos parafusados tem demonstrado ótimos resultados práticos tanto do ponto de vista construtivo, com a rapidez e simplicidade da construção e montagem; e também da perspectiva operacional, que tem atendido plenamente as condições operacionais requeridas.

Por conta disto, no Sistema Produtor São Lourenço, que é um empreendimento de grande porte, responsável por incrementar 6,4 m<sup>3</sup>/s de água potável à RMSP, por meio de grandes estruturas de captação de água bruta, adução, tratamento e reservação de água, foi utilizado o Sistema de Reservatórios Metálicos visando a rapidez da montagem e a plena operacionalidade destes reservatórios neste grandioso projeto.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:**

- Relatório de Visita de Inspeção - Illinois U.S.A. - Engº. Celso Gonçalves Arado e José Carlos de Lima,
- Relatório de Construção Reservatórios Metálicos – Anchieta – PPP SPAT- - Engº. Celso Gonçalves Arado,
- Acervo de Fotos: - Engº. Celso Gonçalves Arado,
- Site de pesquisa: <http://tanksbr.com.br/>,
- Site de pesquisa: <http://tecnicaitel.wordpress.com/2012/11/16/reservatorios-metalicos-para-armazenamento-de-aguas>.

## **AUTORES:**

### ***José Carlos de Lima***

Engenheiro da SABESP desde 1996.

Formado em Engenharia Mecânica - FEI ;

Formado em Obras Hidráulicas – FATEC;

Pós-Graduado em Engenharia Sanitária – USP;

MBA – FGV em Gerenciamento de Projetos;

Atua há 20 anos na SABESP nas funções de Gerente de Manutenção e Operação dos Sistemas de Abastecimento de Água da RMSP - M.

Trabalhou ativamente na implantação dos Pólos de Manutenção da M, Sistema de Operação e Distribuição de Água da M, Programa de Perdas da M na implementação do modelo de Gestão de Perdas, Planejamento e Implementação dos Contratos de Manutenção Global Sourcing da M.

Atualmente atua como Coordenador da PPP do Sistema Produtor São Lourenço, a maior obra de saneamento em execução no país.

### ***Celso Gonçalves Arado***

Engenheiro da SABESP desde 2004.

Formado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Mogi das Cruzes;

Pós-Graduado em Gerenciamento Ambiental pela Universidade Brás Cubas;

Cursando MBA em Gestão Empresarial SABESP - FIA Turma III;

Atua há 12 anos na SABESP nas funções de Coordenação de Manutenção e Operação dos Sistemas de Abastecimento de Água da RMSP.

Trabalhou ativamente na elaboração, formatação, análises e adjudicação na Parceria Público Privada do Sistema Produtor Alto Tietê, sendo o Coordenador das Obras de ampliação deste sistema.

Atualmente atua na Coordenação da PPP do Sistema Produtor São Lourenço, a maior obra de saneamento em execução no país.

São Paulo, 28 de março de 2016.

**TRABALHO RECEBIDO COM SUCESSO!**

Prezado (a) autor (a) CELSO GONÇALVES ARADO,  
Agradecemos o envio de seu trabalho.

O código do seu trabalho é **4790**.  
Eixo Temático: Desenvolvimento tecnológico e inovação  
Forma de Apresentação: Oral

Informamos que o mesmo será encaminhado para avaliação da comissão julgadora.

O resultado será comunicado através do e-mail informado no cadastro e também estará disponível no site do congresso.

Reiteramos que os trabalhos que estiverem fora dos padrões estabelecidos no regulamento, serão automaticamente excluídos.

Caso seja necessária a correção de alguma informação do trabalho, pedimos por gentileza, que não efetue nova submissão antes de entrar em contato com a organização do evento, para evitarmos a duplicidade de trabalhos.

**Natália Vieira**

Project Assistant

MCI Sul | Brazil  
Rossi Business Park  
Av. Ipiranga 7464, Sala 711  
Central Park - 91530-000, Porto Alegre, Brasil

T: +55 (51) 3061-2959 M: +55 (51) 8444-3512

W: [www.mci-group.com](http://www.mci-group.com)



**ab eventos**  
an MCI Group company