

## CONSTRUÇÃO DE UM MEDIDOR DE NÍVEL PARA UM TANQUE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

Davi Misael Felix Cavalcante (1); Gabrielly Santana Cardoso (1); Divanira Ferreira Maia (3); Marcos Mesquita da Silva (4)

(1) Instituto Federal da Paraíba/Campus Campina Grande – [davimisaelfc.2@gmail.com](mailto:davimisaelfc.2@gmail.com)

(2) Instituto Federal da Paraíba/Campus Campina Grande – [gbriellysc@gmail.com](mailto:gbriellysc@gmail.com)

(3) Instituto Federal da Paraíba/Campus Campina Grande – [divanira.maia@ifpb.edu.br](mailto:divanira.maia@ifpb.edu.br)

(4) Instituto Federal da Paraíba/Campus Campina Grande – [marcos.silva@ifpb.edu.br](mailto:marcos.silva@ifpb.edu.br)

**Resumo:** Os tanques de armazenamento são recipientes destinados a armazenar um fluido a pressão atmosférica. O tipo de tanque que vai ser utilizado vai depender do produto que vai ser armazenado, podendo ter grandes variações de custo de acordo com o grau de segurança necessário. Além disso, várias regiões onde existe escassez de água utilizam tanque para armazenar esse fluido. No entanto, geralmente esses tanques apresentam operações de risco e dificuldade de gerenciamento deste fluido. Assim, este artigo teve como objetivo propor um medidor de nível de baixo custo para tanques de armazenamento de água em perímetros urbanos e rurais. Inicialmente algumas alterações no tanque em estudo foram realizadas, começando pelo sistema de bombeamento. Isto é, mudou-se o tipo de bomba a fim de proporcionar menores níveis de ruídos no processo de enchimento do reservatório superior. Em seguida, propôs-se em primeiro lugar a utilização de um tubo flexível para a verificação do nível de fluido no tanque. No entanto, esse método apresentou limitações. Daí, foi proposto um conjunto dispositivo de madeira MDF e tubo flexível transparente para ser o medidor de nível do tanque, onde a escala volumétrica ficaria gravada no dispositivo de madeira. Porém, um processo de arqueação que é uma relação altura por volume no tanque foi necessário para possibilitar a construção dessa escala volumétrica. Assim, o medidor de nível proposto pode contribuir para evitar operações de risco impedindo acidentes como cair dentro ou fora do tanque por falta de segurança e falta de treinamento do operador, além de facilitar o monitoramento e gerenciamento do fluido contido no tanque. Diminuindo por fim o desperdício desenfreado da água dos reservatórios.

Palavras-chave: Armazenamento, tanques, água, medidor de nível.

### Introdução

Os tanques de armazenamento são recipientes destinados a armazenar um produto a pressão atmosférica ou superiores, também chamados de reservatórios. Geralmente esses tanques são formados por teto, fundação, costado, fundo e base. O produto que vai ser armazenado vai interferir completamente de como vai ser construído o tanque, por exemplo os tipos de teto que vai ser utilizado (LIMA; SILVA JUNIOR; SILVA, 2014). No Brasil, os tanques são construídos a partir da norma da API 650 (API, 2013), onde é encontrado anexos com condutas que devem ser seguidas para o levantamento do tanque.

Como foi dito, os tipos de teto dependem do produto que vai ser armazenado. Por exemplo, para frações leves (petróleo, nafta, gasolina, etc), são indicados usar teto flutuante por causa de sua baixa perda por evaporação. Todavia, esse tipo de teto para armazenamento de água em residências não seria viável pelo seu alto custo, apesar que por meio da movimentação do teto de acordo com o nível seria possível obter informações sobre o volume atual do tanque. Além dos tetos flutuantes existem os tanques de teto fixo que, por sua vez,

podem ser classificados como autoportantes e suportados, que variam no formato cônico, curvos e em gomos. Além disso, esses tetos são mais econômicos do que aqueles de teto flutuantes (CARDOSO, 2004).

A medição de nível é usada para medir a altura do produto armazenado no tanque existente no ato da medição, os métodos de mensuração utilizados em industriais são medições diretas, medição indireta e com descontínuos de níveis. Exemplos de medição direta seriam com o uso de régua ou gabarito, visores de níveis, boia ou flutuador. Os de medição indireta são usados propriedades da física como pressão, empuxo, radiação e propriedades elétricas. E por fim, aqueles que são medidos por descontínuos de nível são aquele que é utilizado no monitoramento de determinados pontos do tanque. Essa mensuração de altura corresponde há um volume, determinado por um fator numérico, que é uma constante física que depende diretamente das características construtivas do tanque. Esta determinação é conhecida como arqueação, ou seja, é a indicação da capacidade do tanque. A tabela de consulta para obter o volume dada por essa relação necessita ser completada com cálculos para interpolar a altura, essa interpolação acontece tendo dois valores conhecidos para alcançar outro que esteja entre eles (essa “distância” se chama entre polos) (CARDOSO, 2004).

A escassez dos recursos hídricos em algumas regiões do Brasil, nos leva a perceber que se faz necessário uma forma de conservação desse bem maior. Sendo a água potável o mais importante desses recursos para sobrevivência humana, aqueles que se deparam com a escassez veem como melhor forma de minimizá-la o armazenamento da água em um tanque (também chamados de cisterna). Geralmente não existe sistemas de medição de nível para tanques de armazenamento de água podendo assim gerar operações arriscadas como escalar o tanque até o teto (para medir o nível) e possíveis quedas dentro do tanque já que normalmente não é feito o uso do equipamentos de segurança, podendo provocando alguns acidentes. Além disso, a ausência de calibração do tanque pode ocasionar erros de estimativa de medição.

Assim, o objetivo desse trabalho é construir um medidor de nível para um tanque de armazenamento de água para aplicações em perímetros urbanos.

## **Metodologia**

O tanque de armazenamento de água utilizado neste estudo é construído de alvenaria (tijolos, cimento, etc.) e revestido internamente com impermeabilizantes. Localizado no perímetro urbano do município de Campina Grande-PB, esse tanque foi construído da superfície do solo para cima, ou seja, não se trata de um tanque submerso ou parcialmente

submerso. Além disso, as dimensões do tanques são variáveis. Isto é, internamente, as medidas das laterais do mesmo variam de 1,90 a 1,97m. Já as alturas internas ficaram entre 1,44 e 1,46m. Como, inicialmente, foi empregada uma bomba de diafragma (do tipo “sapo”, submersa) para bombear o fluido para um reservatório elevado (caixa d’água), esse tanque apresenta outro detalhe de construção na sua fundação que é uma depressão de formato aproximadamente quadrado, com profundidade de 0,43m para alojar a bomba submersa a fim de maximizar o volume de fluido a ser bombeado. Esse tanque foi construído com intensão de armazenar aproximadamente 5 (cinco) metros cúbicos de água.

Outra característica desse tanque é o teto de laje plana. Ainda nesse teto se localiza a boca de visita do tanque com dimensões aproximadas de 0,75 x 0,60 m. Além disso, esse tanque possui dois drenos. O primeiro é de diâmetro igual a  $\frac{3}{4}$  (três quartos) de polegada. E o segundo é de 3 (três) polegadas. Além disso, o tanque apresenta um suspiro logo abaixo do teto de diâmetro igual a 3 (três) polegadas, ou 80 mm, com tela metálica para evitar a entrada de sujeiras, insetos e outros tipos de animais.

O reservatório elevado se localiza acima do tanque a uma distância de 3,5m da base do mesmo até a base do tanque. Por sua vez, a capacidade de armazenamento desse reservatório é de 0,5 metros cúbicos de água.

Antes da construção de uma proposta de medidor de nível, foi sugerido a mudança do tipo de bomba para o sistema (tanque-reservatório). Ou seja, a bomba de diafragma submersa (do tipo “sapo”) foi substituída por uma bomba centrífuga de 0,5 (meio) HP de potência, com o objetivo de reduzir os níveis de ruídos durante o bombeamento. Daí, junto com essa bomba centrífuga foi conectada uma tubulação de sucção (de pvc) com diâmetro nominal de 1 (uma) polegada, juntamente com uma válvula de pé e crivo. Já a tubulação de recalque foi de  $\frac{3}{4}$  de polegadas de diâmetro nominal. Além disso, empregou duas uniões, uma a montante e outra a jusante da bomba.

A etapa necessariamente obrigatória antes da construção de um medidor de nível para tanques de armazenamento é a arqueação. Logo, primeiramente foi determinado o lastro (volume morto) do tanque. Esse volume morto corresponde ao volume de fluido compreendido da base da depressão até o “zero” da escala do medidor de nível. E, nesse trabalho, o tanque foi arqueado através do método volumétrico. Ou seja, o tanque de armazenamento foi preenchido com volumes conhecidos de 0,1 metro cúbico (100 litros), sendo gravado no medidor a marca correspondente a cada volume (de 100 litros) inserido no tanque.

Após a arqueação do tanque foi proposto o medidor de nível de baixo custo. Assim, foi sugerido um conjunto de madeira e tubulação flexível (mangueira) transparente. O meio de fixação do medidor de nível na parede do tanque de armazenamento foi através dos métodos convencionais de parafusos e “buchas”.

## Resultados e Discussão

A Figura 01 apresenta esquematicamente o tanque de armazenamento de água estudado nesta pesquisa. Já a Figura 02 mostra a imagem real desse tanque.

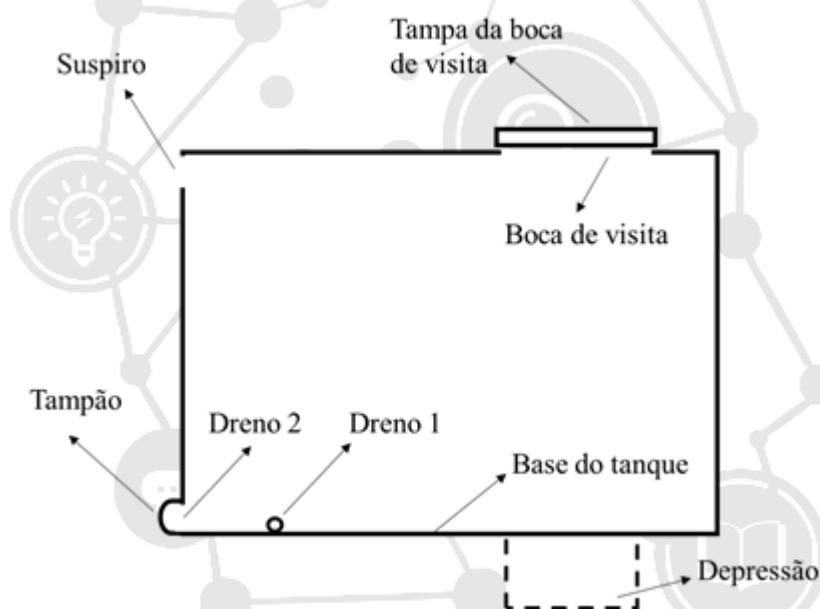


Figura 01: Ilustração esquemática do tanque de armazenamento de água.



Figura 02: Tanque de armazenamento de água em estudo.



Uma das primeiras melhorias no tanque em estudo foi a mudança do tipo bomba empregada para bombear o fluido do tanque para o reservatório elevado. Inicialmente foi utilizada uma bomba submersa de diafragma do tipo “sapo”, conforme apresenta a Figura 3a. O emprego dessa bomba justifica a existência da “caixa” (depressão) na base do tanque, ou seja, para minimizar o volume morto desse tanque. No entanto, essa bomba submersa provocava níveis de ruído ( $> 90$  decibéis) e vibrações elevados, causando desconforto na vizinhança e podendo provocar ações judiciais. Assim, a bomba submersa (Figura 3a) foi substituída por uma bomba centrífuga de 0,5hp (Figura 3b). Essa nova bomba solucionou o problema dos níveis de ruído, isto é, sempre operando em níveis menores do que 80 decibéis.

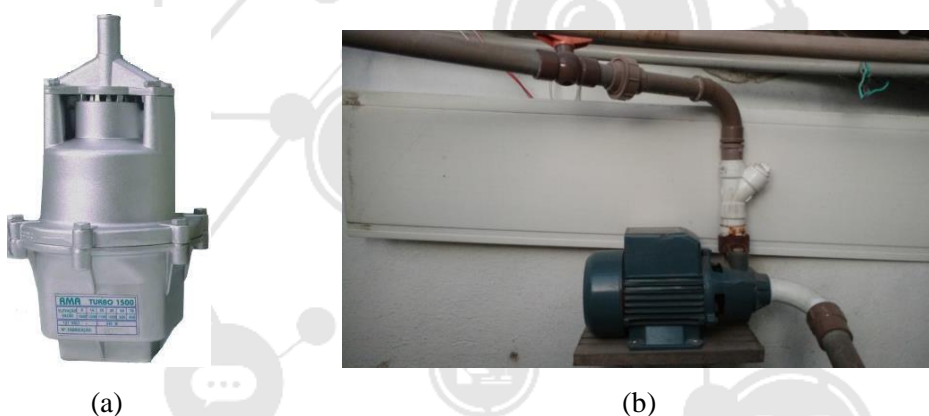


Figura 03: (a) Bomba submersa do tipo “sapo” e (b) bomba centrífuga.

Ainda das Figuras 1 e 2, nota-se que existem dois drenos nesse tanque. Inicialmente o dreno 1 (de diâmetro igual a  $\frac{3}{4}$  de polegadas) era o único existente no tanque. No entanto, observou-se que durante o processo de esvaziamento do tanque (atividades de manutenção e limpeza) a vazão era muito pequena e, conseqüentemente, tornando a drenagem muito demorada. Assim, para aumentar a vazão e diminuir o tempo de drenagem do tanque, foi construído um novo dreno de diâmetro igual a 3(três) polegadas (Dreno 2).

Nota-se na Figura 1, assim como também ocorre na Figura 4, que a boca de visita se localiza no teto do tanque. Assim, para o operador do tanque saber o nível de fluido contido no mesmo, ele precisa subir até o teto do tanque e abrir a boca de visita. E esse acesso em geral é precário e inseguro, geralmente através de escadas simples, sem cintos de segurança, etc. Por exemplo, no tanque em estudo o operador possui mais de 65 anos e quando é preciso conhecer o nível de fluido contido no tanque – para saber se é possível ou não encher o reservatório elevado –, esse operador precisa subir numa escada, medir o nível através da

descida de uma vara de madeira dentro do tanque, analisando a porção molhada deste objeto e, finalmente, descer do tanque. Além do método de medição ser precário, a ação de subir e descer no tanque é totalmente insegura. Assim, para evitar essas operações inseguras torna-se necessário que o operador observe o nível desses tipos de tanques (Figuras 1, 2 e 4) sem precisar subir ao teto do mesmo.



Figura 04: Tanque de armazenamento de água de teto cônico.  
Fonte: Gnadlinger (1999)

Assim, a primeira solução proposta para o tanque em estudo (Figuras 1 e 2) – a fim de minimizar essas operações de risco –, foi conectar um tubo flexível transparente ao tanque, empregando a aplicação da lei de Stevin, ou seja, o princípio dos vasos comunicantes (PUCCI, 2017). Para isso, no Dreno 1 (Figura 2), como não seria mais aplicado para as atividades de manutenção por causa de sua insuficiência, foi acoplada uma redução de  $\frac{3}{4}$  para  $\frac{1}{2}$  polegada através de uma ligação rosqueada, para possibilitar a conexão de uma válvula de bloqueio de  $\frac{1}{2}$  polegada de diâmetro nominal. Esta válvula permitiu a conexão do tanque com o tubo flexível transparente de 15 mm de diâmetro. E, esse tubo flexível transparente foi fixado no costado do tanque através de braçadeiras metálicas, parafusos e buchas (Figura 2). Assim, o nível de fluido do tanque passou a ser observado nesse tubo flexível transparente.

Essa válvula de bloqueio pode ser empregada em duas posições, totalmente aberta ou totalmente fechada, sendo que cada uma dessas posições terá uma função. Quando estiver totalmente aberta, será para permitir a conexão do tanque com o tubo flexível e totalmente fechada somente quando houver a manutenção do tanque, como a limpeza do mesmo.

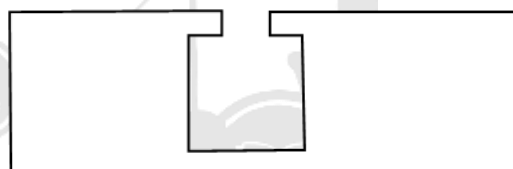
A partir desse ponto o operador do tanque não precisou mais subir na parte superior do tanque para conhecer seu nível. No entanto, dois problemas continuavam sem solução: impossibilidade de verificar o nível do tanque quando o nível de fluido coincidissem com as braçadeiras e conhecer o volume do tanque (em litros ou metros cúbicos) com precisão.

Assim, esse trabalho propõe um medidor de nível com escala para o nível de fluido indicado no tubo flexível transparente. Isto é, a construção de um dispositivo com escala volumétrica e que não impeça a visibilidade do nível do fluido.

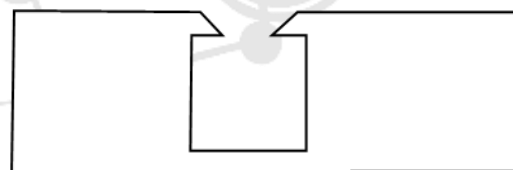
Construir uma escala volumétrica no tubo flexível transparente seria um problema, pois, como mostra a Figura 5a, seria praticamente impossível de garantir a estabilidade geométrica do tubo flexível, podendo refletir em erros de medição do volume de fluido no tanque. Daí um dispositivo de madeira capaz de alojar o tubo flexível foi proposto. Tal dispositivo foi criado com uma abertura no meio do mesmo para encaixar de forma restrita o tubo flexível como demonstrado nas Figuras 5a e b. No entanto, a geometria indicada na Figura 5b impedia a visualização correta do nível de fluido porque a mesma fazia uma sombra em cima do tubo flexível alojado dentro do dispositivo. Então foi fundamental fazer uma adaptação do dispositivo. E a medida tomada foi fazer um corte de 45° conforme mostra as Figuras 5c e d. Assim, a solução (de baixo custo) encontrada para o medidor de nível foi a fabricação de um dispositivo de madeira MDF capaz de alojar um tubo flexível transparente (de 15mm de diâmetro externo).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 05: (a) Medidor nível fixado no costado do tanque, (b) proposta inicial de geometria do dispositivo de madeira, (c) ilustração esquemática da geometria final e (d) dispositivo de madeira em sua geometria final.





No entanto, para construir uma escala volumétrica no medidor de nível o tanque precisava ser arqueado, ou seja, passar pelo processo de arqueação.

Inicialmente o volume morto do tanque foi estabelecido, igual a 301,3 litros.

A Tabela 1 apresenta os detalhes do método de arqueação volumétrica (INMETRO, 2010) empregado nesse estudo, após a definição do volume morto (lastro do tanque). Primeiramente colocou-se 100 litros e marcou-se a altura do nível no dispositivo de madeira (27,5 mm). Repetiu-se esse procedimento até 500 litros. Durante o enchimento do tanque percebeu-se que tinha uma pequena variação após cada medição, então aumentou-se este intervalo de 100 para 500 litros até o volume de 3000 litros, com o intuito de acelerar o processo de arqueação. E, finalmente, o intervalo de marcação da altura do nível foi de 1000 litros, a partir da marca dos 3000 litros.

Tipos de arqueação: geométrico e volumétrico (INMETRO, 2010).

Intervalos de volumes (litros)	Intervalos de marcações (mm)
0 – 100	27,5
100-200	27,0
200-300	26,8
300-400	27,2
400-500	27,5
500-1000	134,5
1000-1500	135,0
1500-2000	133,5
2000-2500	133,5
2500-3000	134,0
3000-4000	266,8
4000-5000	267,5

Tabela 1: Registro dos volumes de água inseridos no tanque para o método de arqueação volumétrico.

Para conhecer as marcações em milímetros correspondentes aos volumes situados dentro dos intervalos apresentados na Tabela 1 foram realizadas interpolações lineares.

A Tabela 2 apresenta os resultados da interpolação linear até o volume de 200 litros, mostrando uma escala com intervalos de 10 litros com seus respectivos valores de marcação no dispositivo de madeira. De modo análogo, foram realizadas as interpolações para os demais intervalos de volumes apresentados na Tabela 1.

Volume	Marcação na escala
0 litros	0,00 mm
10 litros	2,75 mm
20 litros	5,50 mm
30 litros	8,25 mm
40 litros	11,00 mm
50 Litros	13,75 mm
60 Litros	16,50 mm
70 Litros	19,25 mm
80 Litros	22,00 mm
90 Litros	24,75 mm
<b>100 Litros</b>	<b>27,50 mm</b>
110 Litros	30,20 mm
120 Litros	32,90 mm
130 Litros	35,60 mm
140 Litros	38,30 mm
150 Litros	41,00 mm
160 Litros	43,70 mm
170 Litros	46,40 mm
180 Litros	49,10 mm
190 Litros	51,80 mm
<b>200 Litros</b>	<b>54,50 mm</b>

Tabela 02: Interpolação linear para a construção da escala do medidor de nível.

Assim, foi proposto um medidor de nível de baixo custo para tanques de armazenamento de água em perímetros urbanos, podendo ser estendido para aqueles do perímetro rural. Esses medidores de nível podem contribuir para evitar operações inseguras para monitorar os níveis de fluido dos tanques, aumentando a segurança dos operadores. Além disso, monitorar com precisão o volume de um tanque possibilitará gerenciar eficientemente o fluido contido nele.

Entre os anos de 2012 e 2016 mais de 8000 tanque de água para consumo (cisternas de placas), de capacidade igual 16 metros cúbicos, foram construídas na Paraíba, em mais de 20 municípios (PORTAL CORREIO, 2017). Logo, esse tipo de medidor pode ser sugerido para utilização nesses tanques para facilitar a vida de seus operadores.

## Conclusões

Como foi visto ao longo deste artigo conclui-se que a construção do medidor de nível é eficaz para evitar operações de risco impedindo acidentes como, cair dentro ou fora do

tanque por falta de estrutura e de equipamentos de segurança. Além de acidentes pode-se evitar também erros de medição causado pela falta de preparo do operador e falta de calibração do tanque.

Como, em geral, o sertão da região nordeste sempre enfrenta períodos de escassez de água, percebe-se que o controle deste bem maior é a melhor forma de melhorar a situação hídrica. Com o medidor de nível será possível um melhor gerenciamento deste recurso.

### Referências Bibliográficas

LIMA, Adailton Henriques Texeira de; SILVA JUNIOR, Luiz Pereira da; SILVA, Wellington Martins Bezerra da. **Estocagem de Petróleo**. Campina Grande, 2014. P&B. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/marcioniloneri/tanques-de-armazenamento-de-petrleo>>. Acesso em: 03 set. 2017.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API 650: Welded Tanks for Oil Storage**. Washington: API, 2013.

CARDOSO, Luiz Cádio dos Santos. **Logística do Petróleo: Transporte e Armazenamento**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 192 p.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Portaria Inmetro nº 309** de 30 de julho de 2010. Duque de Caxias-RJ: INMETRO, 2010.

PORTAL CORREIO (PARAÍBA). **FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL ANUNCIA IMPLANTAÇÃO DE 533 NOVAS CISTERNAS NA PARAÍBA EM 2017**. Disponível em: <<http://correiodaparaiba.com.br/geral/fundacao-banco-do-brasil-anuncia-533-novas-cisternas-na-paraiba-em-2017/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

GNADLINGER, JOÃO. CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina. **Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semiárido Brasileiro**. Petrolina: Anais, 1999. 11 p.

FRANÇA, Francisco Mavignier Cavalcante et al. **CISTERNA DE PLACAS: CONSTRUÇÃO, USO E CONSERVAÇÃO**: Cartilhas Temáticas, Vol. 2. 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29532/1/Cartilha-vol-2-Cisterna-de-placas.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.