

 <p>R. Guaipá, 486, Vila Leopoldina, CEP 05089-000 São Paulo/SP</p> <p>Tel: (11) 2137-9666</p> <p>www.tesis.com.br</p>	<p>Produto</p> <p>Reservatório modular de placas de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) para armazenamento de água potável</p> <p>Proponente</p> <p>FORTLEV INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PLÁSTICOS LTDA. CNPJ – 10.921.911/0005-39</p> <p>Rua 7, Quadra XV, Lote 1, 120, Civit II - Serra, ES - CEP: 29168-062</p> <p>Home page: www.fortlev.com.br</p> <p>Tel: (27) 2121-6700 - E-mail:</p>	 <p>SINAT</p>
<p>Emissão Dezembro de 2017</p> <p>Validade Novembro de 2019</p>	<p><i>Considerando a avaliação técnica coordenada pela TESIS Tecnologia e Qualidade de Sistemas em Engenharia Ltda., e a decisão do Comitê Técnico de 17/08/2017, a Comissão Nacional, em sua reunião de 30/11/2017, resolveu conceder a “Reservatório modular FORTLEV de placas de PRFV para armazenamento de água potável” o Documento de Avaliação Técnica Nº034. Esta decisão é restrita às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.</i></p>	<p>DATec Nº 034</p>

Considerações adotadas na avaliação técnica de “Reservatório modular FORTLEV de placas de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) para armazenamento de água potável”:

- O reservatório modular apresenta altura máxima de 4 metros e é constituído pelos seguintes componentes:

- a) placas modulares de PRFV para base e lateral: placas de poliéster reforçado com fibra de vidro planas ou abauladas de dimensões nominais 1000 x 1000mm e espessura nominal variando de 4 a 12mm.
- b) placas modulares de PRFV para cobertura: placas de poliéster reforçado com fibra de vidro abauladas de dimensões nominais 2000 x 1000mm e espessura nominal mínima de 4mm;
- c) peças metálicas de fixação e união das placas: consistem de parafusos, arruelas e porcas em aço galvanizado para localização externa ao reservatório e em aço inoxidável para localização interna ao reservatório.
- d) selantes para vedação entre placas de PRFV e dos parafusos de união das placas.
- e) contraventamentos metálicos vertical e horizontal: consistem de braçadeiras, peças de fixação da braçadeira, reforços, tirantes e acopladores em aço galvanizado para localização externa ao reservatório e em aço inoxidável para localização interna ao reservatório.
- f) Tubos de PVC para escoramento da cobertura.

- a base de assentamento do reservatório modular é do tipo radier, dimensionada de acordo com a carga final do tanque. A laje é plana e seu nível não varia mais que 2 mm a cada metro, ou 6 mm a cada 6 metros.

- a distância mínima entre as paredes laterais do tanque e as bordas da base de assentamento é de 150 mm. Há espaço ao redor do reservatório para permitir o caminhamento do usuário nas atividades de manutenção e limpeza do reservatório e de suas instalações hidráulicas.

- a distância mínima ao redor do reservatório é de 600mm em relação às laterais do reservatório e de 750mm em relação à cobertura do reservatório.

- as tubulações de entrada e saída de água no reservatório, bem como as tubulações de limpeza, extravasão e aviso não são objeto de avaliação deste DATec, mas devem atender aos requisitos mínimos previstos na NBR5626 – Instalação predial de água fria, e a posição das mesmas no reservatório foi acordada com o cliente.

- Os acessórios e conexões destas tubulações não são objeto de avaliação deste DATec, mas estão localizados em placas de PRFV planas, sendo que a posição das mesmas no reservatório foi acordada com o cliente.

- A escada lateral de acesso à cobertura do reservatório não é objeto de avaliação deste DATec, mas deve ser instalada na posição acordada com o cliente, através de fixação pelo topo e pelo fundo utilizando-se flanges com parafusos.
- A estanqueidade à água e a resistência à deformação e ao intemperismo do reservatório foram avaliadas por meio da análise de projeto, visitas técnicas em obra em execução e finalizadas, e por meio de ensaios laboratoriais em protótipos em escala reduzida.
- A resistência ao vento do reservatório instalado ao ar livre foi avaliada por meio da análise de projeto e visitas técnicas em obra em execução e finalizadas.
- A durabilidade do reservatório foi avaliada da seguinte forma:
 - Ensaios de envelhecimento acelerado nos componentes (placas de PRFV, selante e componentes metálicos) e no reservatório (exposição por 10 dias sob temperatura de 50°C);
 - Análise de detalhes construtivos especificados em projeto e contidos nas instruções técnicas do reservatório;
 - Análise dos detalhes dos tipos de aço empregados nos componentes metálicos localizados no interior e exterior do reservatório.
- O sistema deve ser objeto de monitoramento constante pelo detentor da tecnologia informando periodicamente a ITA e o SINAT sobre eventuais ocorrências e providências.

1. Descrição do produto

Os reservatórios modulares de placas de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) destinam-se ao armazenamento de água potável sob pressão atmosférica e em temperatura ambiente. O reservatório modular objeto deste DATec foi construído no Condomínio Village dos Pássaros em Guarapari/ES com dimensões 12 x 12 x 3 m.



Figura 1 - Vista do reservatório modular de placas de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) objeto deste DATec

Os reservatórios modulares de placas de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) são formados por placas modulares de PRFV com formato e espessura variáveis em função da posição relativa da placa de PRFV no reservatório modular. A localização da placa de PRFV indica a função e consequentemente quais serão os esforços aplicados a mesma ao longo da vida útil do sistema de reservação de água potável, definindo assim suas principais características dimensionais.

Foram utilizadas na construção do reservatório placas de PRFV para base e lateral com as seguintes características: placas de poliéster reforçado com fibra de vidro planas ou abauladas de dimensões nominais 1000 x 1000mm e espessura nominal variando de 4 a 8mm. Já para a cobertura, foram utilizadas placas de poliéster reforçado com fibra de vidro abauladas de dimensões nominais 2000 x 1000mm e espessura nominal mínima de 4mm.

Todas as placas de PRFV são fixadas entre si com auxílio de parafusos, podendo estes serem de aço Inoxidável ou aço galvanizado dependendo da região do reservatório na qual a conexão parafusada se encontra (interna ou externa). Em todas as regiões onde há a fixação entre placas de PRFV através de parafusos e em outras conexões roscadas, são aplicados selantes para vedação. Os selantes consistem em componentes poliméricos elásticos com cura à temperatura ambiente e potencial expansivo (quando comprimidos) aplicados nas abas/bordas de encontro entre placas e nas próprias peças metálicas de fixação e união.

Os selantes apresentam variações de largura em função do local de aplicação do componente no reservatório modular.

Com o intuito de aumentar a rigidez e resistência do reservatório modular em relação aos esforços nos quais é submetido ao longo de sua vida útil de utilização, são aplicados, nas regiões interna e externa, contraventamentos metálicos verticais e horizontais. Os contraventamentos metálicos consistem em braçadeiras, peças de fixação da braçadeira, reforços horizontais, tirantes e acopladores em aço galvanizado ou em aço inoxidável. O tipo de aço é definido, assim como realizado para os parafusos, em função da localização interna ou externa no reservatório, ou seja: aço galvanizado para localização externa e aço inoxidável para localização interna.

Além dos contraventos metálicos verticais e horizontais, são utilizados contraventamentos verticais de PRFV denominados cantoneiras. As cantoneiras possuem geometria definida compatível com as dimensões das placas laterais que são conectadas a elas e são posicionadas na região externa no encontro entre duas paredes laterais, ao longo da altura do reservatório modular.

Para a sustentação da cobertura do reservatório modular, é instalado um sistema plástico de escoramento composto por tubos de PVC. Os tubos de PVC são fixados à base e a cobertura do reservatório através de conexões de encaixe localizadas sempre nos encontros entre quatro placas de PRFV.

Todos os reservatórios modulares compostos por placas de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV), independentemente das dimensões que os constituem, devem ser construídos sobre uma base plana de assentamento. A base de assentamento pode ser de dois tipos, detalhados a seguir:

- a) fundação do tipo radier, dimensionada de acordo com a carga final do tanque. A laje deve ser plana e seu nível não pode variar mais que 2 mm a cada metro, ou 6 mm a cada 6 metros. Deve-se prever uma distância mínima de 150 mm entre as paredes laterais do tanque e as bordas da base de assentamento, bem como um espaço ao redor do reservatório para permitir o caminhamento do usuário nas atividades de manutenção e limpeza.
- b) vigas em concreto, mas reforçadas com apoios em aço com espaçamento (entre eixos) de 1,0 metro e altura mínima de 0,5 metro. As vigas devem ser posicionadas de forma que sua posição coincida com a junção entre as placas no sentido do maior comprimento do tanque. Deve-se prever uma distância mínima de 150 mm entre as paredes laterais do tanque e as bordas superiores da viga em aço.

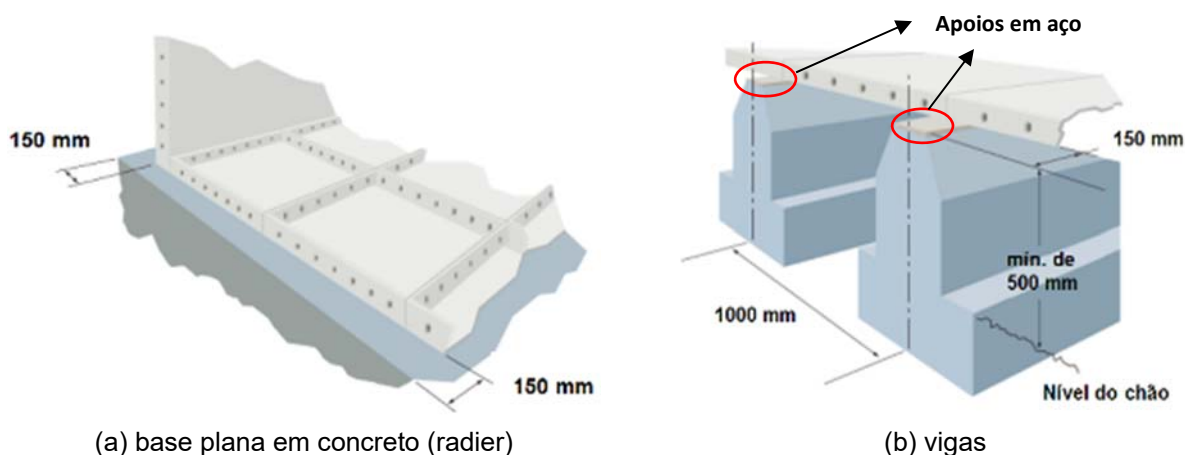


Figura 2 – Tipos de base de assentamento dos reservatórios modulares

2. Referências normativas para avaliação técnica

A ITA realizou a avaliação técnica e as auditorias técnicas de acordo com a ***Diretriz SINAT n°012 para Avaliação técnica de Reservatórios modulares de placas de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) para armazenamento de água potável*** e com as referências técnicas citadas na respectiva Diretriz.

Além das referências normativas acima, foram utilizados também o conjunto de instruções contidas no Manual Técnico do fabricante com as principais informações relacionadas à instalação dos reservatórios modulares e o projeto do reservatório modular objeto deste documento técnico disponibilizado pelo fabricante.

3. Informações e dados técnicos

3.1 Principais componentes, elementos e interfaces

a) Base de assentamento:

A base de assentamento utilizada como elemento de fundação para o reservatório modular localizado no Condomínio Village dos Pássaros em Guarapari/ES foi do tipo radier, dimensionada de acordo com a carga final do tanque.

A laje do tipo radier era plana com nível máximo de variação de 2 mm a cada metro. A base de assentamento construída seguiu a informação fornecida pelo fabricante de apresentar, em ambas as direções, 30 cm a mais em relação as dimensões totais do reservatório modular a ser construído.

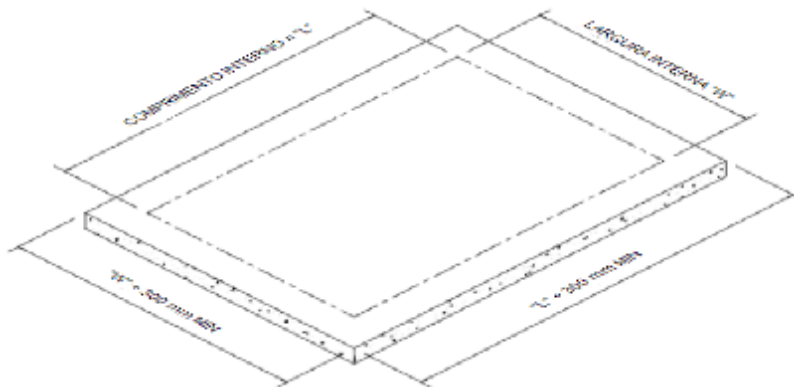


Figura 3 – Base de assentamento e suas respectivas dimensões em relação às dimensões do reservatório modular a ser construído

b) Placas modulares de PRFV:

As placas modulares de PRFV utilizadas para a construção do reservatório apresentaram configurações distintas, variáveis em função da posição relativa da placa no reservatório, quais sejam: cobertura, base, lateral inferior (1ª fiada), lateral média (2ª fiada), lateral superior (3ª fiada), extremidades das fiadas e regiões de conexão dos flanges.

No canteiro de obras, utilizou-se uma classificação numérica para definir as dimensões e a posição de cada placa de PRFV, conforme detalhado a seguir.

- placa de 1000 x 1000 mm, reta e com 6 mm de espessura utilizada na base do reservatório;
- placa de 1000 x 1000 mm, abaulada e com 6 mm de espessura utilizada na primeira fiada da lateral do reservatório e foram conectadas as placas da base;
- placa de 1000 x 1000 mm, abaulada e com 4 mm de espessura utilizada na segunda fiada da lateral do reservatório, localizadas acima das placas da 1ª fiada;
- placa de 1000 x 1000 mm, abaulada e com 4 mm de espessura utilizada na terceira fiada da lateral do reservatório, localizadas acima das placas da 2ª fiada;
- placa de 1000 x 2000 mm, com 4 mm de espessura e utilizadas na cobertura;
- placa de 1000 x 1000 mm, reta e com 6 mm ou 8 mm de espessura utilizadas para a instalação dos flanges. A espessura desta placa reta é imediatamente superior à nominal correspondente à fiada. Por exemplo: no caso de fiada com placa abaulada de espessura 6mm, a placa para flange deve ter 8mm. No caso de fiada com placa abaulada de espessura 4mm, a placa para flange deve ter 6mm.

As placas de PRFV chegaram ao canteiro de obras com designação da sua posição e espessura nominal, conforme segue:

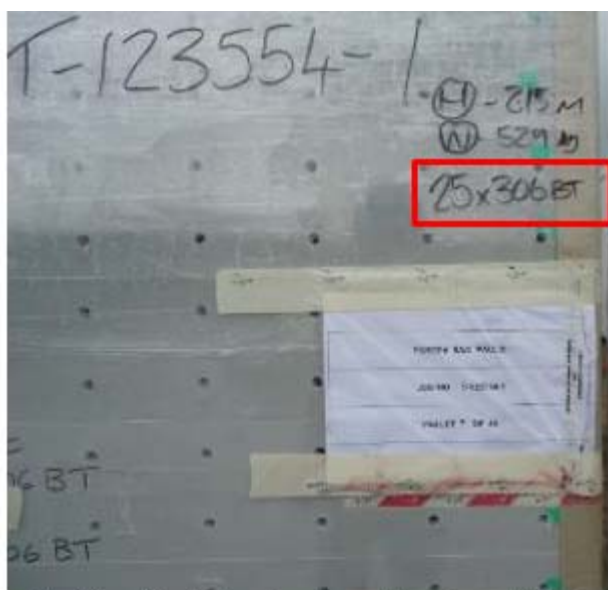


Identificação do tipo de placa utilizada na base - BS (base) - 106 (último numero 6 se refere à espessura nominal de 6mm)



Fixação das placas da base entre si

Figura 4 – Placas de PRFV utilizadas na base e identificação



Identificação do tipo de placa utilizada na 1ª fiada BT (BOTTON - 1ª fiada) - 306 (último numero 6 se refere à espessura nominal de 6mm)



Fixação das placas da 1ª fiada às placas da base

Figura 5 – Placas de PRFV utilizadas na 1ª fiada e identificação



Identificação do tipo de placa utilizada na 2ª fiada MD (MIDDLE - 2ª fiada)

- 304 (último numero 4 se refere à espessura nominal de 4mm)



Fixação das placas da 2ª fiada às placas da 1ª fiada

Figura 6 – Placas de PRFV utilizadas na 2ª fiada e identificação



Identificação do tipo de placa utilizada na 3ª fiada
TP (TOP - 3ª fiada) - 304 (último número 4 se refere à
espessura nominal de 4mm)



Fixação das placas da 3ª fiada às placas da 2ª fiada

Figura 7 – Placas de PRFV utilizadas na 3ª fiada e identificação

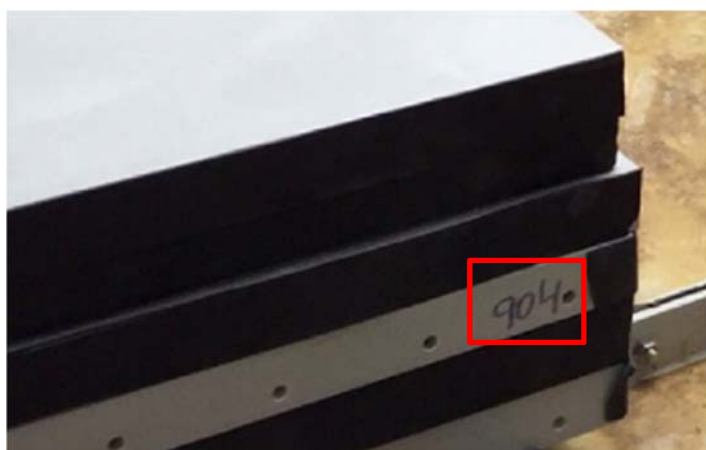


Identificação do tipo de placa utilizada nas extremidades das
paredes laterais do reservatório modular



Fixação das placas localizadas nas extremidades
das paredes laterais

Figura 8 – Placas de PRFV utilizadas nas extremidades das paredes laterais do reservatório e identificação



Identificação do tipo de placa utilizada na cobertura do
reservatório



Fixação das placas na cobertura do reservatório

Figura 9 – Placas de PRFV utilizadas na cobertura do reservatório e identificação

Vale ressaltar que uma das placas modulares da cobertura deve possuir uma abertura de maneira que seja possível o acesso ao interior do reservatório modular. Tal abertura deverá ser inicialmente prevista em projeto de maneira a permitir operações de manutenção e reparo ao longo da vida útil do reservatório.



Figura 10 – Placa da cobertura com a abertura de acesso

c) Selantes:

Elementos elastoméricos de vedação aplicados no encontro entre placas de PRFV e em conexões roscadas com dimensões variáveis em função do local de aplicação.

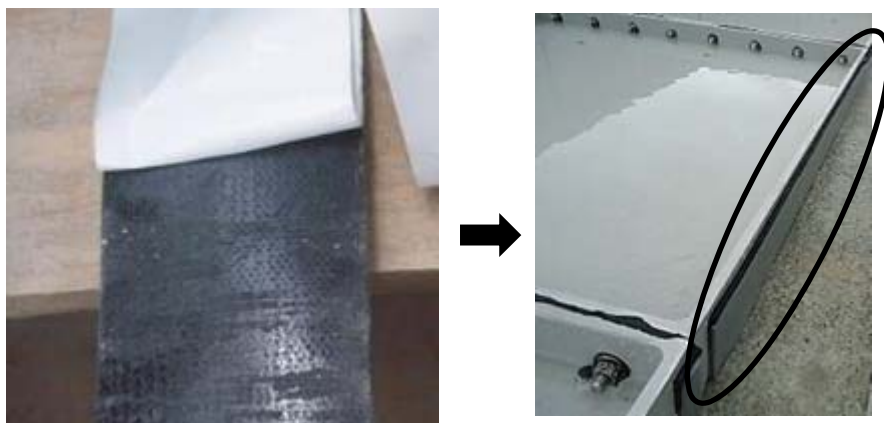


Figura 11 – Selante aplicado às placas de PRFV localizadas na base



Figura 12 – Selante aplicado às placas de PRFV localizadas nas fiadas que compõem as paredes laterais



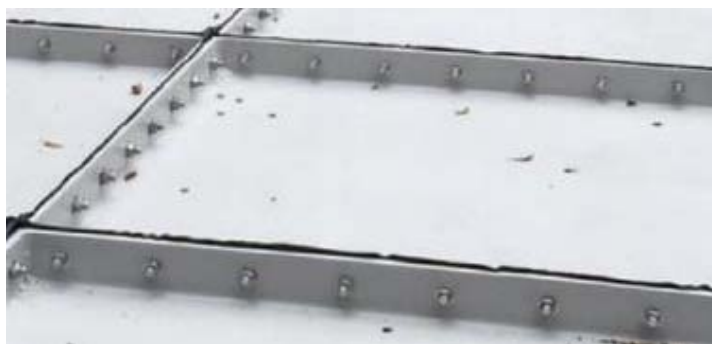
Figura 13 – Selante aplicado às conexões roscadas

d) Parafusos sextavados de aço Inox:

Parafusos sextavados de aço Inoxidável M12 x 50 mm utilizados nas uniões entre placas de PRFV localizadas na base do reservatório modular nas regiões de contato entre abas. Tratam-se de parafusos que permanecerão constantemente imersos em água.



Parafusos de aço Inox na embalagem



Parafusos de aço Inox utilizados nas placas da base

Figura 14 – Parafusos sextavados de aço Inox

e) Parafusos sextavados de aço galvanizado:

Parafusos de aço galvanizado M12 x 50 mm utilizados nas uniões entre placas de PRFV localizadas nas paredes laterais e na cobertura do reservatório modular. Eles são visualmente foscos, em função do revestimento de zinco que os protege contra a corrosão atmosférica. Tratam-se de parafusos que permanecerão constantemente expostos às intempéries impostas pelo ambiente externo.



Parafusos de aço galvanizado na embalagem



Parafusos de aço galvanizado utilizados nas paredes laterais

Figura 15 – Parafusos sextavados de aço galvanizado

f) Porcas e arruelas:

As porcas e arruelas são elementos de fixação que acompanham os parafusos com a função de incrementar o desempenho da fixação parafusada. As porcas e arruelas são compostas pelos mesmos materiais de composição dos parafusos (aço Inoxidável ou aço galvanizado). O conjunto final composto por parafuso, porca e arruela deve ser sempre de um mesmo material, evitando o fenômeno conhecido como “corrosão galvânica” causado pelo contato entre materiais metálicos com potenciais elétricos distintos.



Porcas de aço Inoxidável



Arruelas de aço galvanizado

Figura 16 – Porcas (esquerda) e arruelas (direita)

g) Tirantes e acopladores:

O tirante é um tipo de contraventamento horizontal metálico, instalado na região interna do reservatório modular em ambas as direções. Os tirantes são fixados por dispositivos específicos localizados na região externa do reservatório. Como o tirante é um componente que está sempre em contato com a água armazenada, o mesmo é composto por aço Inoxidável.

Os tirantes normalmente são fornecidos em segmentos com comprimentos variáveis, inferiores as dimensões totais do reservatório e com diâmetro nominal de 12 mm. Dessa forma, são utilizados dispositivos denominados acopladores responsáveis pela união entre dois segmentos de tirante de maneira a se formar uma peça final capaz de ser fixada nas duas paredes laterais opostas em uma determinada dimensão.

Devem ser utilizados tirantes na montagem de reservatórios modulares com alturas superiores a 1,5 metros. Na avaliação em questão, foram utilizados tirantes por se tratar de reservatório com altura total de 3 metros.

A distribuição dos tirantes no interior do reservatório é realizada sempre de maneira uniforme, garantindo dois tirantes para cada 1m³ de volume.



Tirantes e acopladores



Tirantes dispostos internamente nas duas direções

Figura 17 – Tirantes instalados no reservatório modular

h) Braçadeiras verticais:

As braçadeiras verticais são contraventamentos metálicos externos de aço galvanizado situados nas regiões de contato entre as abas das placas de PRFV localizadas nas paredes laterais. As braçadeiras possuem comprimento compatível com a altura total do reservatório modular e são fixadas através dos mesmos dispositivos utilizados para a ancoragem dos tirantes.



Figura 18 – Braçadeiras metálicas e respectivo dispositivo de fixação

i) Reforços horizontais:

Os reforços horizontais são contraventamentos metálicos externos de aço galvanizado situados nas regiões de contato entre as abas das placas de PRFV localizadas nas paredes laterais. Os reforços horizontais possuem comprimento compatível com a largura das placas de PRFV e são fixados através do mesmo conjunto de parafusos que conectam duas placas localizadas em fiadas distintas.



Figura 19 – Reforços horizontais e respectivo sistema de fixação

A existência ou não de reforços horizontais varia em função da altura total do reservatório modular. Para reservatório modulares com altura total 3 m, como é o caso do reservatório objeto deste DATec, são necessários reforços horizontais 1 m acima da base, isto é, localizados nos encontros das placas da 1ª fiada com as placas da 2ª fiada das paredes laterais.

j) Sistema interno de escoramento da cobertura:

Sistema composto por tubos de PVC localizados na região interna do reservatório entre a cobertura e a base, fixados sempre no encontro entre quatro placas de PRFV. A fixação dos tubos é realizada com o auxílio de conexões de encaixe localizadas na base e na cobertura do reservatório.

Em função do comprimento apresentado pelos tirantes dispostos na região interna do reservatório modular, são fixados nos tubos de PVC apoios plásticos para sustentação dos tirantes, evitando a deformação que seria causada nos tirantes em função do peso próprio apresentado pelo componente metálico.



Conexão de encaixe dos tubos de PVC localizada na base do reservatório



Conexão de encaixe dos tubos de PVC localizada na cobertura do reservatório

Figura 20 – Conexões de encaixe do sistema interno de escoramento da cobertura



Sistema de escoramento instalado



Suportes plásticos para suporte dos tirantes

Figura 21 – Tubos de PVC instalados e detalhe dos apoios plásticos para suporte dos tirantes

k) Cantoneiras de PRFV:

As cantoneiras são contraventamentos verticais externos de PRFV situadas nas regiões de encontro entre paredes laterais. As cantoneiras de PRFV possuem geometria compatível com as placas de PRFV que são conectadas a elas e são fixadas através do conjunto de parafusos que conectam duas placas distintas. Além de ser um tipo de contraventamento, as cantoneiras possuem a função de vedação nas regiões onde estão situadas.

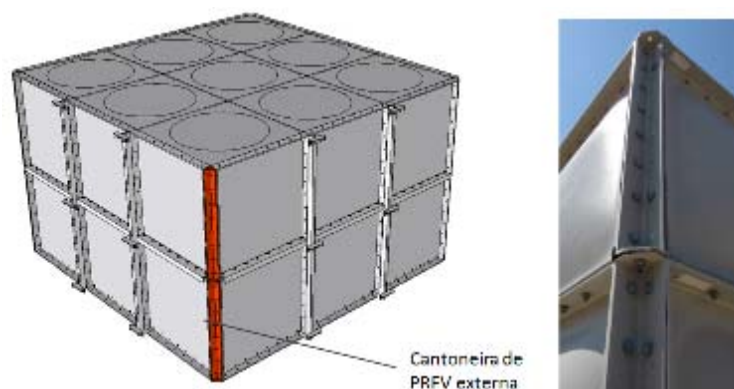


Figura 22 – Cantoneiras verticais de PRFV

I) Flanges e conexões:

Os flanges e conexões são os últimos dispositivos instalados no reservatório modular, fixados ao término da etapa de instalação dos contraventamentos metálicos internos e externos. Os flanges e conexões são utilizados para a conexão das tubulações de entrada e saída de água do reservatório.

Conforme o Manual Técnico do Fabricante, vale ressaltar que assim como as posições referentes às entradas na cobertura, a posição de cada flange também deve ser previamente definida, antes do início da montagem, uma vez que a placa modular que recebe uma conexão possui especificações diferentes das demais em seu entorno. Conexões normalmente são feitas em placas planas. Flanges em placas abauladas teriam que acompanhar o formato irregular da superfície, permanecendo inclinadas em relação a vertical, situação esta que acarretaria na aplicação de uma série de esforços que diminuiriam a vida útil da ligação e consequentemente do funcionamento do sistema de reservação de água potável.

As figuras abaixo ilustram os tipos de conexões que podem ser realizados nas paredes do reservatório.

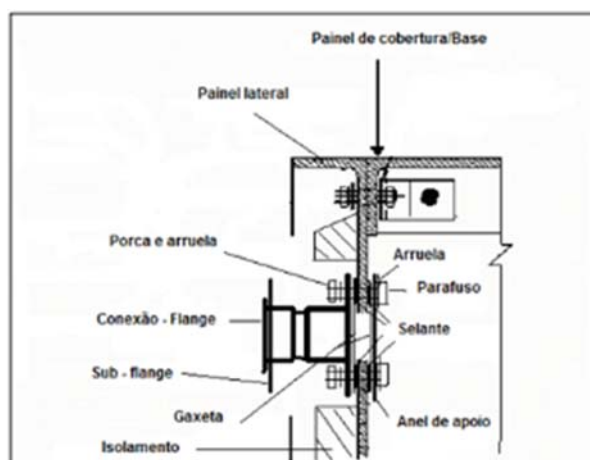


Figura 23 – Conexão de flange – detalhes de fixação e selagem, conforme o manual técnico do fabricante



Figura 24 – Flanges e conexões

3.2. Procedimentos de execução

A sequência de atividades para montagem do reservatório modular composto por placas de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) para o armazenamento de água potável localizado no Condomínio Village dos Pássaros em Guarapari/ES objeto deste DATec foi observada nas visitas técnicas realizadas em obras, na montagem de reservatório protótipo e nas montagens dos corpos de prova para os ensaios realizados em laboratório.

Para a montagem do reservatório modular, é necessário atender a sequência construtiva apresentada na figura a seguir.

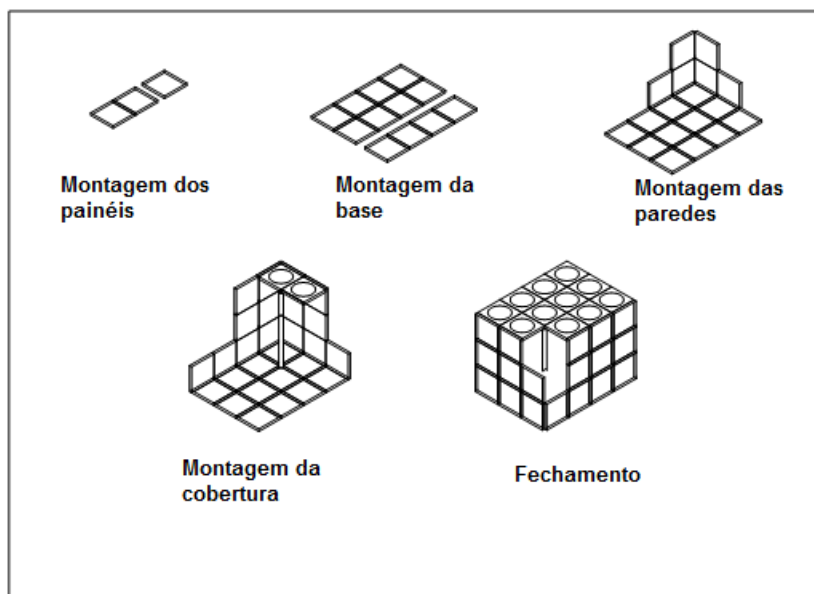


Figura 25 – Sequência executiva de montagem do reservatório modular

a) Execução da base de assentamento:

O radier utilizado como base de assentamento para o reservatório modular foi construído de maneira a se evitar possíveis irregularidades e com uma declividade máxima ao longo de sua extensão de 2 mm/metro, mas não maior do que 6 mm considerando toda a extensão.



Figura 26 – Radier utilizado como base de assentamento

b) Posicionamento e fixação das placas modulares da base:

As placas de PRFV utilizadas na base foram posicionadas diretamente em seus locais definitivos, partindo do centro para as extremidades de maneira que possíveis deformações provenientes da montagem fossem proporcionais nas duas direções.

Os conjuntos de aço Inox compostos por parafuso, porca e arruela foram instalados com auxílio de um martelo de borracha em todos os orifícios contidos nas abas das placas de PRFV da base, estando a arruela sempre posicionada entre a porca e a placa.

Em todas as conexões parafusadas da base, foi inserida uma quantidade de selante suficiente para cobrir todo o perímetro do parafuso na região de contato com a placa de PRFV. A sequência executiva de aperto dos parafusos foi semelhante para todos os painéis, iniciada sempre pelo 2º parafuso a partir de cada uma das extremidades das abas, conforme ilustração a seguir (parafusos identificados como 1 e 2).

Os segmentos de selante aplicados às placas de PRFV da base devem possuir comprimento suficiente para que haja uma sobra de selante em ambas as extremidades de 20 mm.

Os parafusos inicialmente sofreram um “aperto inicial”, isto é, um aperto manual de uma volta. Somente quando todos os painéis da base foram alinhados nas respectivas fileiras, os parafusos sofreram o chamado “aperto final”, que representa um torque de instalação variável entre 38-43 N.m.

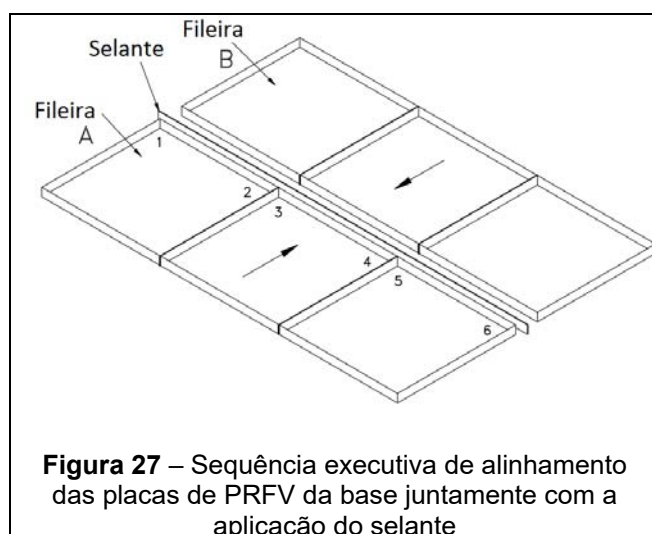


Figura 27 – Sequência executiva de alinhamento das placas de PRFV da base juntamente com a aplicação do selante

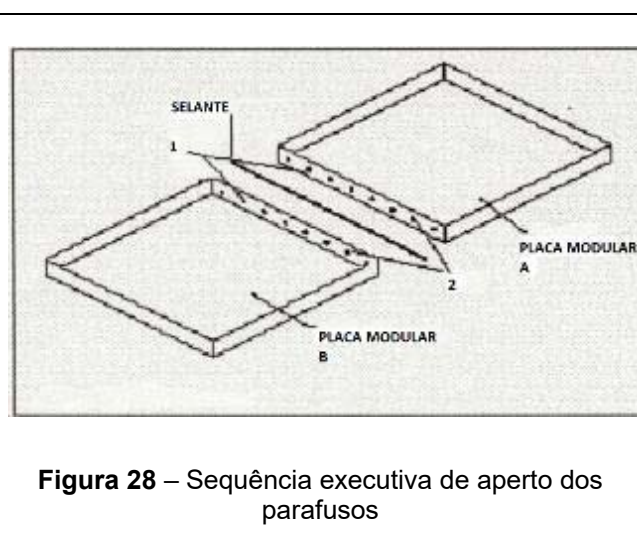


Figura 28 – Sequência executiva de aperto dos parafusos



Figura 29 – Posicionamento das placas da base



Figura 30 – Preparo dos segmentos de selante a serem aplicados na base



Figura 31 – Aplicação do selante



Figura 32 – Fixação das placas da base entre si com auxílio de parafusos de aço Inox

c) Execução das paredes laterais:

As paredes laterais foram iniciadas sempre a partir de um dos cantos do reservatório. A 1ª fiada, composta por placas de PRFV com codificação 306 BT, foram fixadas as placas de PRFV da base e lateralmente às placas de PRFV da 1ª fiada adjacentes.

A aplicação do selante às placas de PRFV localizadas nas paredes laterais seguiu uma determinada sequência executiva. Assim como a aplicação do selante, a fixação das placas da 1ª fiada às placas da base também seguiram uma determinada sequência de execução. Ambos os procedimentos de montagem estão detalhados nas figuras a seguir.

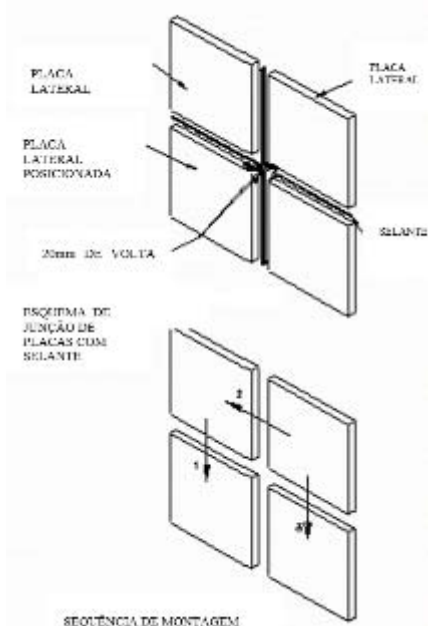


Figura 33 - Sequência executiva para aplicação do selante nas placas de PRFV das paredes laterais

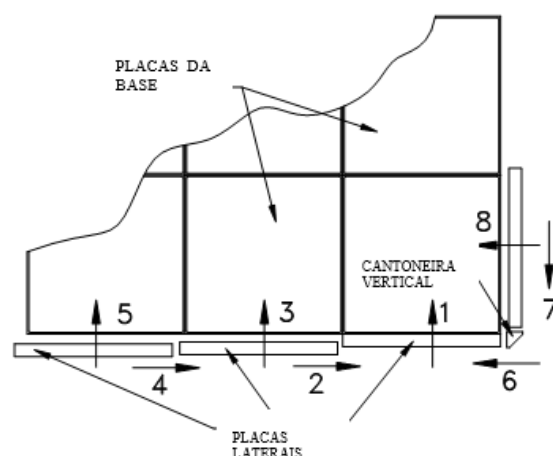


Figura 34 - Sequência executiva de montagem das placas de PRFV da 1ª fiada

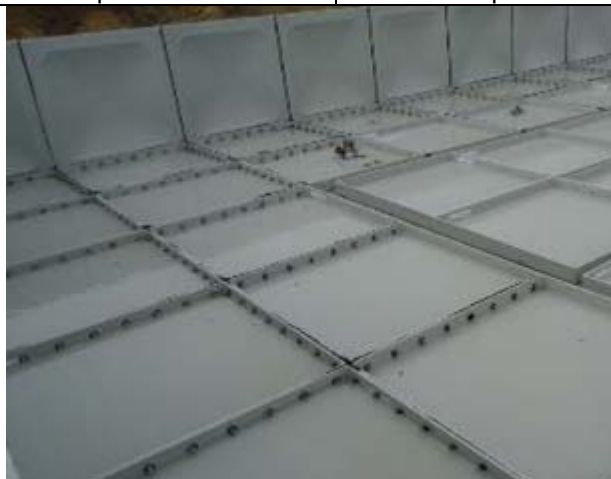


Figura 35 – Fixação das placas de PRFV da 1ª fiadas às placas modulares da base

Com a conclusão da 1ª fiada, foi iniciada a fixação das placas de PRFV da 2ª fiada, com codificação 304 MD. As placas modulares da 2ª fiada foram fixadas às placas da 1ª fiada e lateralmente às placas da 2ª fiada adjacentes.



Figura 36 – Fixação das placas de PRFV da 2ª fiada às placas modulares da 1ª fiada

Paralelamente à fixação das placas modulares que compõem a 2ª fiada, foi realizada a fixação dos contraventamentos horizontais externos metálicos, que consistem em segmentos fixados entre as placas de PRFV da 2ª fiada com as placas da 1ª fiada e limitam-se a largura da placa modular.

Os contraventamentos horizontais externos metálicos foram fixados através dos mesmos conjuntos de parafusos utilizados na fixação das placas modulares entre as duas fiadas.



Figura 37 – Contraventamentos horizontais externos fixados entre as duas primeiras fiadas

Com a conclusão da 2ª fiada, foi iniciada a fixação das placas de PRFV que compõem a 3ª fiada, com codificação 304 TP. As placas modulares da 3ª fiada foram fixadas às placas da 2ª fiada e às placas da 3ª fiada adjacentes.



Figura 38 – Fixação das placas de PRFV da 3ª fiada às placas modulares da 2ª fiada

d) Execução da cobertura:

Assim como as fiadas que compõem as paredes laterais, a cobertura do reservatório modular foi montada a partir de um dos cantos do reservatório, conforme recomendação do fabricante. As placas de PRFV com codificação 904 CV situadas nas bordas da cobertura foram fixadas às placas da 3ª fiada e fixadas lateralmente às placas adjacentes da cobertura. As demais placas da cobertura foram fixadas somente às placas adjacentes umas das outras.

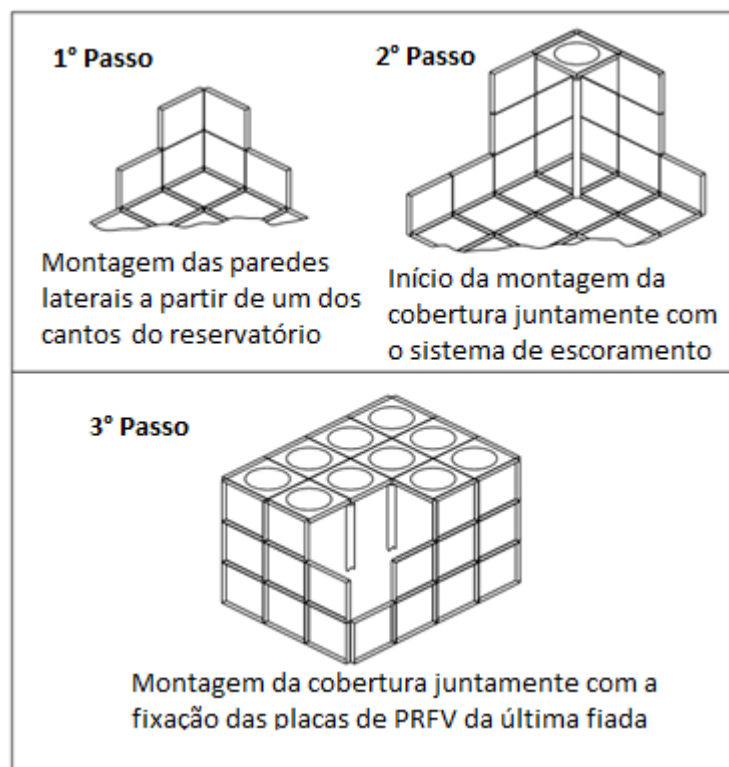


Figura 39 – Sequência executiva para montagem da cobertura

Para a sustentação da cobertura, além da fixação com auxílio de parafusos, foi instalado um sistema de escoramento composto por tubos plásticos de PVC com diâmetro nominal de 3", fixados à base e a cobertura do reservatório modular. Os tubos de PVC são posicionados sempre no encontro entre quatro placas de PRFV.

A montagem do sistema de escoramento foi executada juntamente com a fixação das placas de PRFV da cobertura.



Figura 40 - Tubos de PVC de 3" para o escoramento da cobertura



Figura 41 – Conexões plásticas de encaixe



Figura 42 - Fixação dos tubos de PVC no encontro entre as placas da base e da cobertura através das conexões de encaixe



Figura 43 – Conclusão da cobertura



Figura 44 - Conclusão da cobertura e do sistema de escoramento

- e)** Fixação dos contraventamentos horizontais metálicos internos (tirantes) e dos contraventamentos verticais metálicos externos (braçadeiras):

Com a conclusão de todas as faces do reservatório, iniciou-se a etapa de fixação dos tirantes e das braçadeiras verticais. Com auxílio de um gabarito, foram feitos orifícios com 13 mm de diâmetro localizados 62,5 mm abaixo dos flanges das placas de PRFV nos pontos previstos em projeto e em acordo com a recomendação do fabricante para reservatórios modulares com altura total de até 4 m.

A montagem dos tirantes foi iniciada no sentido da largura do reservatório modular. Os tirantes existentes no sentido do comprimento foram fixados acima dos tirantes existentes na largura, de maneira a se evitar a flacidez do componente metálico.

Independentemente das dimensões apresentadas pelo reservatório modular, todos os tirantes possuíam em suas extremidades segmentos com 435 mm de comprimento. Tais segmentos foram inseridos e alinhados nos orifícios criados.

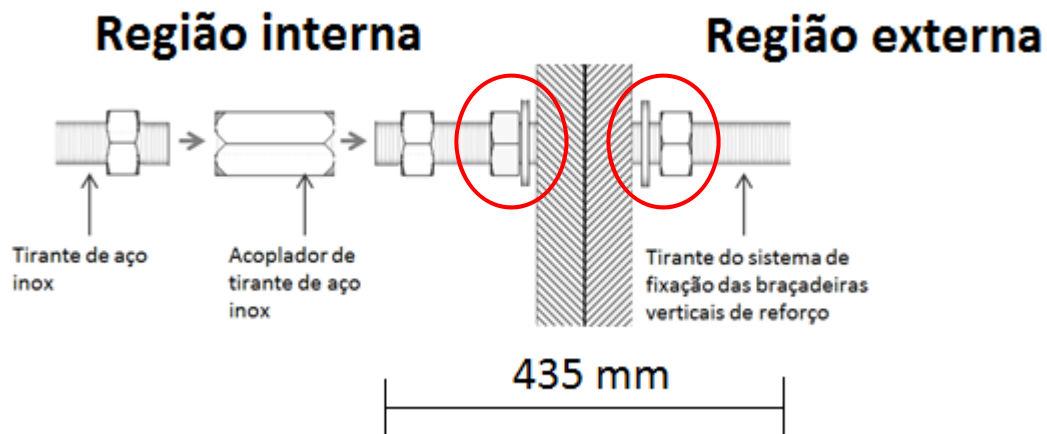


Figura 45 – Detalhamento da extremidade do tirante nas regiões interna e externa do reservatório

Paralelamente a montagem das extremidades, foram montados os trechos internos de cada tirante através da união de segmentos com auxílio dos acopladores de aço Inox.

Ao término do posicionamento das extremidades de cada tirante no sentido da largura, foi alinhada na região externa do reservatório a braçadeira metálica vertical, uma vez que ambos os componentes são fixados pelo mesmo dispositivo.

Uma vez verificado o alinhamento das extremidades dos tirantes com a braçadeira vertical e a respectiva peça de fixação, foi aplicado às porcas (interna e externa) que mantêm contato com a placa modular (destacadas em vermelho na figura acima) uma certa quantidade de selante suficiente para cobrir todo o perímetro do tirante nas duas regiões, vedando o local. Atenção à colocação das arruelas de nylon para impedir o contato bimetálico, conforme destacada na figura 48 abaixo.

Após a vedação da região, todas as porcas foram apertadas e os trechos internos dos tirantes foram conectados às extremidades já fixadas. A tensão aplicada na fixação dos tirantes foi tal que a aplicação de uma força no sentido da cobertura implicou em deslocamentos dos tirantes no sentido vertical em valores entre 5 mm e 15 mm.

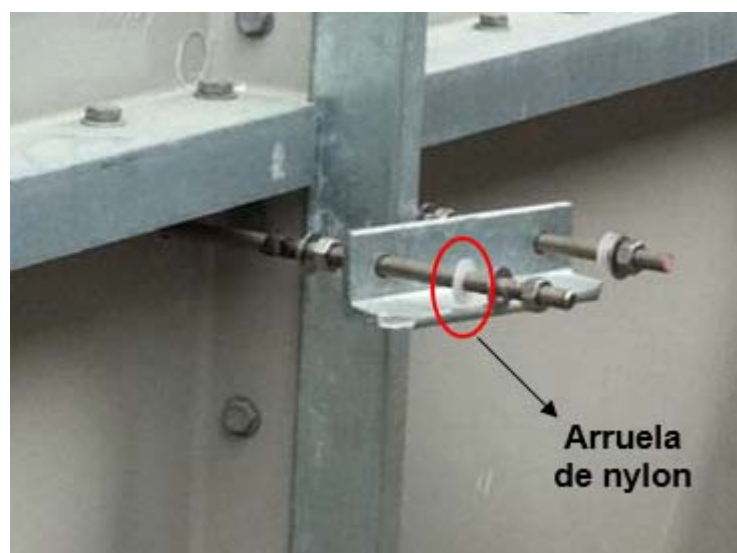


Figura 46 – Braçadeira e a respectiva peça de fixação anteriores ao aperto das porcas



Figura 47 – Braçadeira e a respectiva peça de fixação após o aperto das porcas e a aplicação do selante

Para o reservatório modular montado no Condomínio Village dos Pássaros em Guarapari/ES, os tirantes foram posicionados em quatro alturas distintas, atendendo a instrução do manual para o caso de reservatórios com altura de 3 m. As alturas de fixação foram: logo abaixo de 1 m e logo abaixo de 2 m de altura. A figura a seguir ilustra o posicionamento dos tirantes, bem como a fixação dos contraventamentos verticais.

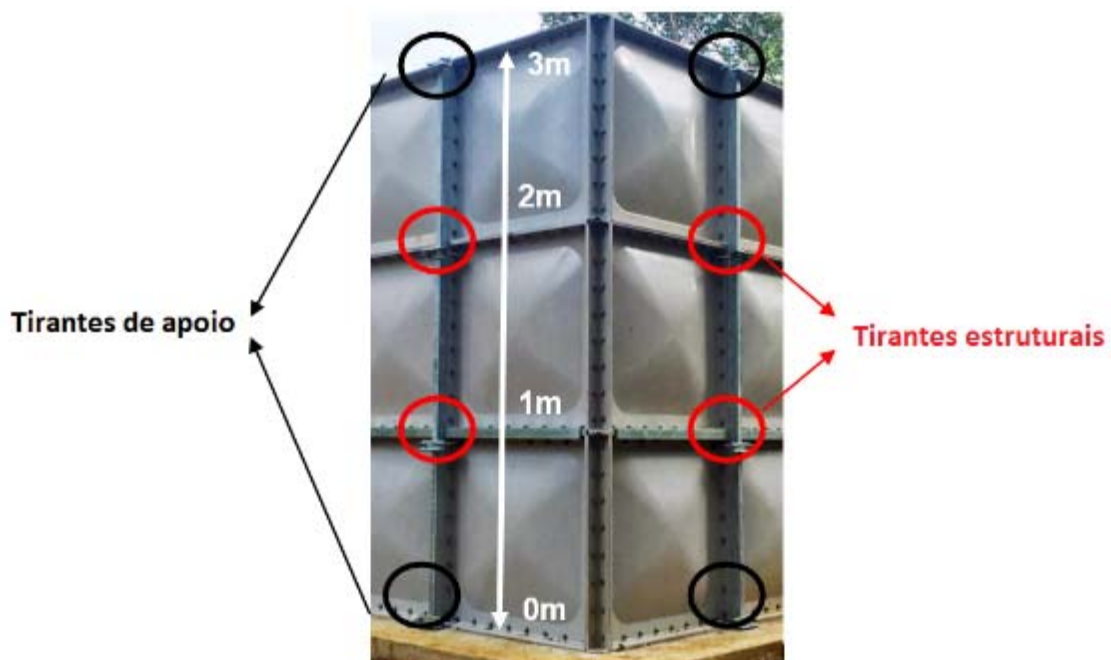


Figura 48 – Braçadeira e a respectiva peça de fixação após o aperto das porcas e a aplicação do selante

Além das duas alturas de atirantamento citadas anteriormente, outras duas linhas de tirantes foram instaladas próximas à cobertura e a base do reservatório, mas apenas na região externa, com o intuito de fixar as braçadeiras verticais nos dois extremos de cada parede lateral.

Com a conclusão da fixação dos tirantes dispostos na largura, os mesmos procedimentos foram adotados para a fixação dos tirantes existentes no comprimento do reservatório.



Figura 49 – Vista externa do reservatório com a conclusão da fixação das braçadeiras verticais



Figura 50– Vista interna do reservatório com a conclusão da fixação dos tirantes

f) Fixação das cantoneiras externas de PRFV:

Ao término da fixação dos contraventamentos verticais e horizontais metálicos, foram instaladas as cantoneiras de PRFV. Para a instalação de uma cantoneira, é necessário seguir uma determinada sequência executiva mostrada nas figuras a seguir.

As primeiras cantoneiras a serem instaladas são aquelas localizadas na 1ª fiada de placas modulares. A fixação de uma cantoneira iniciou-se com a fixação da mesma à uma das placas de PRFV. Em seguida, a placa de PRFV com a cantoneira foi fixada à extremidade da fiada já montada.

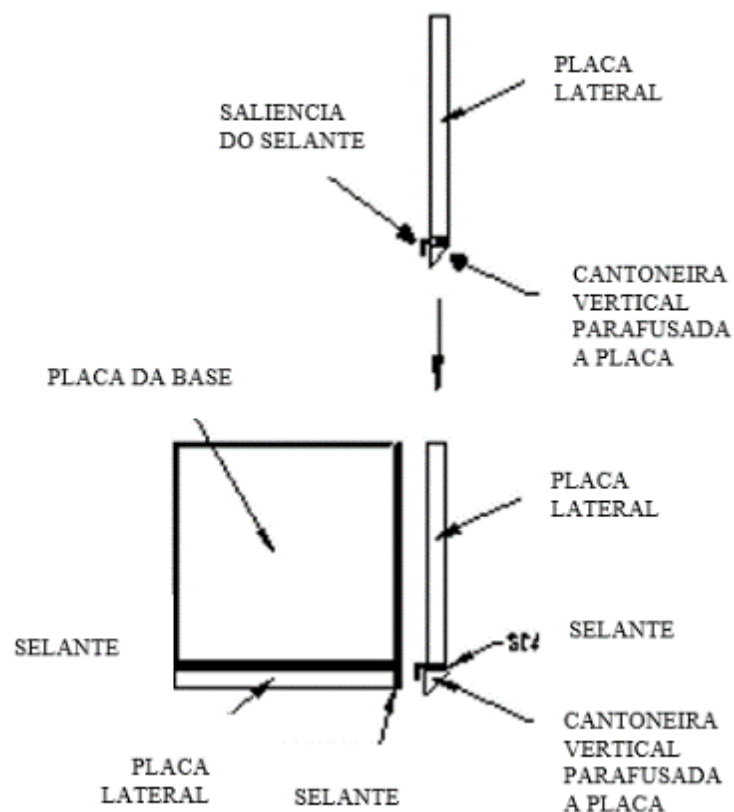
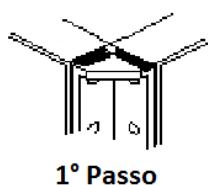


Figura 51 – Fixação do conjunto cantoneira e placa de PRFV ao restante do sistema montado – Vista superior

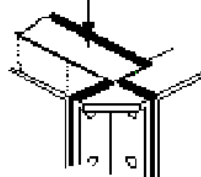
Com o término da montagem de um dos cantos da 1ª fiada com a fixação da cantoneira de PRFV, iniciou-se a montagem da mesma região localizada na 2ª fiada. Os procedimentos necessários para a fixação da cantoneira de PRFV na 2ª fiada estão detalhados na figura a seguir.

selante aplicado sobre a 1ª fiada de placas de PRFV nas duas direções



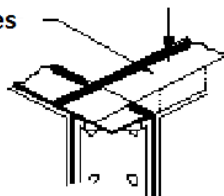
1º Passo

2ª camada de selante aplicada sobre a 1ª camada

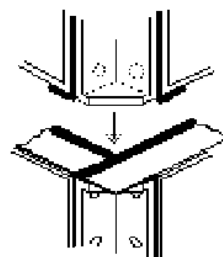


2º Passo

2º passo aplicado nas duas direções



3º Passo



aplicação da 2ª fiada de placas de PRFV sobre a 1ª fiada

4º Passo

Figura 52 – Sequência executiva para aplicação das cantoneiras de PRFV localizadas na segunda e terceira fiadas

Ao término da montagem da 2ª fiada, os mesmos procedimentos executivos foram adotados para a montagem da 3ª e última fiada de placas de PRFV que compunham o reservatório modular.

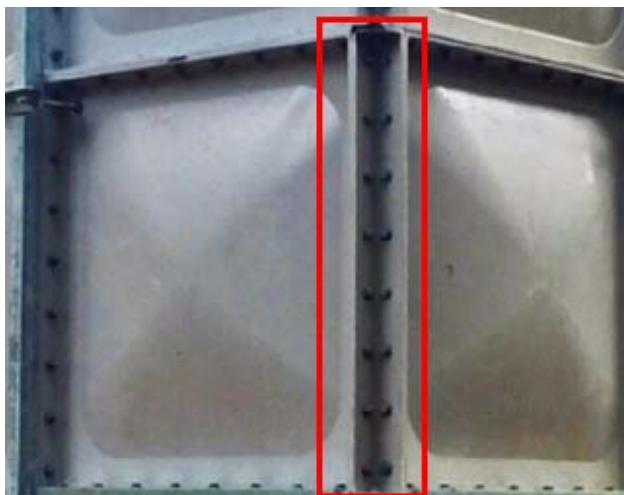


Figura 53 – Cantoneira externa de PRFV instalada

g) Instalação dos flanges e conexões:

Com a conclusão da fixação dos contraventamentos metálicos internos e externos, toda a estrutura do tanque havia sido finalizada. O passo seguinte foi instalar os flanges onde foram posicionadas as conexões que receberiam posteriormente às tubulações de entrada e de saída de água do reservatório modular.

O passo inicial foi demarcar o centro da flange e verificar se as extremidades não coincidiam com quaisquer obstáculos localizados no entorno do local. Em seguida, com auxílio de um gabarito, foram demarcadas as áreas da placa modular a serem extraídas para encaixe da peça e para a furação dos pontos de fixação da flange à placa modular.

Realizadas as marcações, foi extraída com auxílio de serra copo com diâmetro compatível a região da placa modular reservada para o flange e foram realizados com auxílio de furadeira e broca com diâmetro compatível os furos para encaixe dos parafusos de fixação da flange.

Com a conclusão da etapa de perfuração da placa modular, a flange foi encaixada no orifício criado com a aplicação de adesivo de silicone em todo o perímetro da peça. Em seguida, foram inseridos os parafusos de aço Inoxidável e, assim como realizado para todas as fixações que interligaram as regiões externa e interna do reservatório, foi aplicada uma quantidade de selante suficiente para cobrir todo o perímetro dos parafusos aplicados.

Ao término da fixação dos flanges, foram acopladas as conexões responsáveis por receber as tubulações de entrada e de saída de água do reservatório.



Figura 54 – Flange e conexão de entrada de água



Figura 55 – Flanges e conexões juntamente com as tubulações de entrada (esquerda) e saída (direita) de água do reservatório

h) Instalação das escadas de acesso e da válvula de bóia:

Concomitantemente em relação à montagem das paredes laterais, foi realizado o posicionamento (já previsto em projeto) e a fixação das escadas laterais de acesso, externa e interna. A escada interna, bem como todos os outros materiais metálicos situados na região interna do reservatório modular, é constituída por aço Inox.

A altura das escadas de acesso é variável em função da altura do reservatório modular, mas independentemente do tamanho, as escadas são fixadas normalmente em dois pontos distintos através dos mesmos parafusos que fixam placas modulares entre si. A escada interna foi fixada em sua extremidade inferior através dos parafusos responsáveis pela união entre uma das placas localizadas na base com uma das placas que compõe a primeira fiada da parede lateral. Já a extremidade superior foi fixada entre uma das placas da última fiada da parede lateral com uma das placas que compõe a cobertura do reservatório.

O processo de fixação da escada externa é semelhante aquele adotado para a escada interna, porém, a extremidade inferior da escada normalmente é livre, podendo estar apoiada ou não no piso. O ponto de conexão entre a escada e o reservatório é localizado na região intermediária em relação a altura do reservatório. A extremidade superior é fixada entre uma das placas que compõe a última fiada lateral e uma das placas que compõe a cobertura.

A posição de ambas as escadas no reservatório deve sempre ser determinada em função do ponto de acesso localizado na cobertura.



Figura 56 - Escada localizada na região externa do reservatório



Figura 57 – Escada localizada na região interna do reservatório

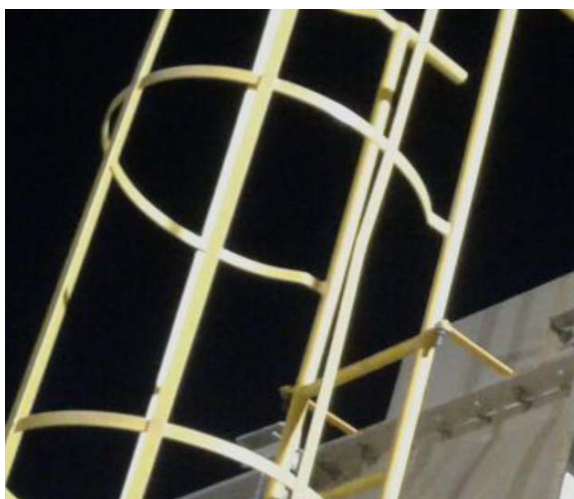


Figura 58 – Detalhe da fixação da escada externa

A válvula de bóia é instalada na conexão de entrada de água, posicionada, no mínimo, a 10 centímetros abaixo da cobertura, de maneira que o reservatório nunca seja totalmente preenchido. Para facilitar os procedimentos de manutenção do reservatório, a conexão de entrada é sempre posicionada próxima a abertura de acesso ao interior do reservatório.



Figura 59 – Proximidade da conexão de entrada em relação à abertura para acesso ao interior do reservatório

4 Avaliação técnica

A avaliação técnica foi conduzida conforme as referências normativas descritas no item 2, a partir da análise de projetos, manuais técnicos, ensaios laboratoriais, verificações analíticas do comportamento estrutural, vistorias em obras e demais avaliações que constam dos Relatórios Técnicos e de Ensaio citados no item 0.

4.1 Avaliação dos Componentes do Sistema

Os componentes do reservatório modular composto por placas de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) foram avaliados por ensaios laboratoriais conforme as suas respectivas normas técnicas brasileiras ou internacionais e foram considerados em conformidade, conforme relatórios técnicos TESIS 1271/RT030, 1271/RT031, 1271/RT032, 1271/RT033 e 1271/RT034.

As tabelas 1, 2 e 3 apresentadas a seguir relacionam os requisitos utilizados na avaliação de cada componente do reservatório modular e os respectivos indicadores de conformidade considerados em cada critério avaliado.

4.1.1 Requisitos para caracterização do composto de PRFV das placas modulares

Tabela 1 - Requisitos para caracterização do composto de PRFV das placas modulares

Características verificadas	Espessura e dimensões nominais	Referência	Exigência	Laboratório / Relatório de ensaio	Resultados obtidos
Resistência à tração	4mm, 1x1m 4mm, 2x1m	ASTM D 638	Conforme projeto do fabricante	Laboratório TESIS Relatório 1271/RT030	4mm, 1x1m: 66±13 Mpa 4mm, 2x1m: 77±5 MPa
Módulo de elasticidade à tração	4mm 1x1m 4mm, 2x1m	ASTM D 638	Conforme projeto do fabricante		4mm, 1x1m: 8,7±2,7 GPa 4mm, 2x1m: 15,0±3,3 GPa
Resistência à flexão	4mm 1x1m 4mm, 2x1m	ASTM D 790	Conforme projeto do fabricante		4mm, 1x1m: 202±24 Mpa 4mm, 2x1m: 169±9 MPa
Módulo de elasticidade à flexão	4mm 1x1m 4mm, 2x1m	ASTM D 790	Conforme projeto do fabricante		4mm, 1x1m: 12,4±0,8 GPa 4mm, 2x1m: 13,0±0,5 GPa
Determinação do teor de fibra de vidro	4mm 1x1m 4mm, 2x1m	Diretrizes Gerais da NBR 13212:2004	Conforme projeto do fabricante (nominal 30%)		4mm, 1x1m: 31% 4mm, 2x1m: 32%
Dureza Barcol	4mm 1x1m	NBR 7972	Conforme projeto do fabricante (≥61umb)		66umb
Absorção de água	4mm 1x1m	Anexo 1 da Diretriz SINAT n°012	≤ 0,5%		0,1%
Migração Específica	8 e 10mm 1x1m	NBR13210 e Resolução ANVISA	Diclorometano ≤ 20µg/L Estireno ≤ 20µg/L		Diclorometano – não detectado Estireno – 10µg/L

4.1.2 Requisitos para caracterização do desempenho da placas modulares de PRFV

Tabela 2 - Requisitos para caracterização do desempenho das placas modulares de PRFV

Características verificadas	Espessura e dimensões de placa avaliada	Referência	Exigência	Laboratório / Relatório de ensaio	Resultados obtidos
Transmitância luminosa	4mm, 1x1m 4mm, 2x1m	NBR 14799 / NBR13210	$\leq 0,2\%$	Laboratório TESIS Relatório 1271/RT030	0,0%
Resistência ao impacto da base e lateral (face interna e externa)	4mm e 8mm, 1x1m	Anexo 3 da Diretriz SINAT n°012	Não ocorrência de fissuras ou ruptura após impacto de 20J (dardo de 1kg com ponta semi-esférica de diam de 50mm)		Nenhuma ocorrência
Resistência ao impacto da tampa (face interna e externa)	4mm, 1xm 4mm, 2x1m	Anexo 3 da Diretriz SINAT n°012	Não ocorrência de fissuras ou ruptura após impacto de 10J (dardo de 2kg com ponta semi-esférica de diam de 25mm)		Nenhuma ocorrência
Rigidez da cobertura	4mm, 1x1m 4mm, 2x1m	Anexo 4 da Diretriz SINAT n°012	Deformação $\leq 10\text{mm}$ após carregamento de 2,5kg numa área de 20x20cm por um período de 7 dias		4mm, 1x1m: deformação instantânea 0,5mm Deformação residual 0,1mm 4mm, 2x1m: deformação instantânea 0,7mm Deformação residual 0,1mm

4.1.3 Requisitos para caracterização dos componentes metálicos

Tabela 3 – Requisitos para caracterização dos componentes metálicos

Característica avaliada	Componente avaliado	Referência	Exigências	Laboratório / Relatório de ensaio	Resultados obtidos
Caracterização dimensional	Parafusos de aço inox	Anexo 6 da Diretriz SINAT n°012	Projeto do fabricante: Diâmetro – 12mm Comprimento – 50mm	Laboratório TESIS Relatório 1271/RT029	Diâmetro – 11,7mm Comprimento – 50,3
	Parafusos de aço galvanizado				Diâmetro – 12,0 mm Comprimento – 50,0
	Tirantes		Projeto do fabricante: Diâmetro – 12 mm		Diâmetro – 11,7 mm
Resistência à corrosão atmosférica dos componentes metálicos externos de aço galvanizado	Parafusos externos de aço galvanizado	NBR 7008 / NBR 7397	Massa de zinco 235 g/m²		Massa de zinco 263 g/m²
	Parafusos externos, arruelas, porcas e contraventamentos de aço galvanizado	NBR 8094:1983	Proteção contra corrosão por galvanização		Nenhuma corrosão vermelha após 360 horas de exposição em câmara de saltspray
Composição do aço inox	Parafusos internos e tirantes	NBR 5601	Elementos químicos de acordo com aço inox do tipo ABNT 316 ou 316L		Os elementos químicos presentes no parafuso são compatíveis com o aço Inox tipo ABNT 316
Resistência à corrosão atmosférica dos componentes metálicos internos de aço inox	Parafusos internos	NBR 8094:1983	Proteção contra corrosão		sem corrosão vermelha após 360 horas de exposição em câmara de saltspray
	Tirantes internos				
Resistência ao torque dos parafusos	Parafusos internos de aço inox	Anexo 7 da Diretriz SINAT n°012	Projeto do fabricante: Resistir a um torque mínimo de 43 N.m		Nenhuma ocorrência até torque de 100N.m
	Parafusos externos de aço galvanizado				Nenhuma ocorrência até torque de 89N.m
Resistência à tração dos tirantes	Tirantes internos	NBR ISO 6892:2013	Projeto do fabricante	Laboratório Falcão Bauer Relatórios MEC/L - 268.651/1/15 / MEC/L - 268.651/2/15 / MEC/L - 269.025/1/15	Resistência à tração: 776±2 MPa 734±2 MPa 798±2 MPa

4.2 Avaliação do Desempenho do Sistema

4.2.1 Avaliação do Desempenho Estrutural

A análise do desempenho estrutural do sistema construtivo foi feita pela análise do projeto estrutural e pela análise dos resultados dos ensaios detalhados nos subitens a seguir.

4.2.1.1 Resistência à pressão hidrostática:

Os resultados dos ensaios de verificação da resistência à pressão hidrostática, realizado conforme os procedimentos e critérios estabelecidos na Diretriz SINAT nº012, Anexo 5, demonstrou o atendimento de todas as configurações de placas de PRFV utilizadas na montagem do reservatório modular à pressão de ensaio igual a 6 vezes a pressão de serviço aplicada sobre a placa.

O cálculo da pressão de ensaio deve ser feito em função da posição da placa de PRFV no reservatório, descontando uma distância padrão de separação atmosférica de 0,25mca.

Exemplo: a pressão máxima de serviço de placas de espessura nominal 6mm utilizadas na lateral inferior do reservatório corresponde à altura do nível máximo de lâmina d'água no interior do reservatório (3mca - 0,25mca = 2,75mca). Assim sendo, a pressão de ensaio será de $6 \times 2,75 = 16,5\text{mca}$.

Nota: No caso de placa da base de 6mm quando estiver totalmente apoiada em base plana, nivelada e rígida, pode-se considerar pressão mínima de 4,5mca.

Tabela 4 – Resultados obtidos nos ensaios de resistência à pressão hidrostática realizados

Características verificadas	Espessura e dimensões de placa avaliada	Referência	Exigência	Laboratório / Relatório de ensaio	Resultados obtidos
Resistência à pressão	Reta 6mm	Anexo 5 da Diretriz SINAT nº012	Não ocorrência de ruptura após aplicação de pressão de ensaio igual a 6 vezes a pressão de serviço aplicada sobre a placa*	Laboratório TESIS Relatório 1271/RT030	Pressão de serviço de até 0,75mca → Não houve rupturas até a pressão de ensaio de 4,5mca
	Reta 8mm				Pressão de serviço de até 2,75mca → Não houve rupturas até a pressão de ensaio de 16,5mca
	Reta 10mm				Pressão de serviço de até 2,75mca → Não houve rupturas até a pressão de ensaio de 16,5mca
	Reta 12mm				Pressão de serviço de até 3,75mca → Não houve rupturas até a pressão de ensaio de 22,5mca
	Abaulada 4mm				Pressão de serviço de até 1,75mca → Não houve rupturas até a pressão de ensaio de 10,5mca
	Abaulada 6mm				Pressão de serviço de até 2,75mca → Não houve rupturas até a pressão de ensaio de 16,5mca
	Abaulada 10mm				Pressão de serviço de até 3,75mca → Não houve rupturas até a pressão de ensaio de 22,5mca



Figura 60 - Resistência à pressão – Equipamento para aplicação na placa de pressão equivalente a 6 vezes a pressão de serviço

4.2.1.2 Resistência às solicitações de montagem e manutenção:

A verificação da resistência às solicitações de montagem e manutenção foi realizada através de ensaios de impacto de corpo duro e de rigidez da tampa em protótipo modular montado em laboratório. É necessário para o ensaio em questão que o corpo de prova a ser avaliado possua todos os componentes típicos do reservatório.

Os resultados dos ensaios de impacto de corpo duro, realizados conforme os procedimentos e critérios estabelecidos na Diretriz SINAT nº012, Anexo 3, demonstraram o atendimento de todas as configurações de placas de PRFV utilizadas na montagem do reservatório modular as energias nas quais foram submetidas (10 J para a região da tampa e 20 J para as regiões laterais e da base) sem apresentar fissuras ou ruptura.

Para o ensaio de rigidez da cobertura, realizado em acordo com a mesma referência normativa citada anteriormente (Diretriz SINAT nº012 - Anexo 4), a placa modular não deve apresentar deformações superiores à 10 mm após carregamento de 2,5 kg em uma região de 20 x 20 cm após sete dias. Foram avaliadas placas de PRFV com espessura 4 mm e dimensões 1 x 1 m e 2 x 1 m e os resultados observados foram satisfatórios, com deformações instantâneas máximas de 0,5 mm e 0,7 mm, respectivamente, e deformação residual máxima de 0,1 mm para ambas as configurações de placas de PRFV avaliadas.

4.2.1.3 Estanqueidade à água:

A verificação da estanqueidade à água foi realizada através de protótipo modular montado em laboratório. É necessário para o ensaio em questão que o corpo de prova a ser avaliado possua todos os componentes típicos do reservatório.

O resultado do ensaio de verificação da estanqueidade à água, realizado conforme os procedimentos e critérios estabelecidos na Diretriz SINAT nº012, Anexos 5 e 8, além de ampliações adotadas no ensaio em relação à temperatura e ao período total de duração, de maneira a compatibilizar o ensaio com as condições climáticas do Brasil, demonstraram o atendimento do protótipo modular avaliado ao critério estabelecido de não apresentar vazamentos após 30 dias em ambiente com temperatura de $(50 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, pois durante todo o período de ensaio não foram verificados vazamentos no corpo de prova.

4.2.1.4 Resistência à deformação sob temperatura de 50°C:

A verificação da resistência à deformação sob temperatura de 50°C foi realizada através de protótipo modular montado em laboratório. É necessário que o corpo de prova a ser avaliado possua todos os componentes típicos do reservatório.

Os resultados do ensaio de resistência à deformação sob temperatura de 50°C, realizado conforme os procedimentos e critérios estabelecidos nas referências normativas Diretriz SINAT nº012, Anexo 8 e NBR 14799, além de ampliações adotadas no ensaio em relação à temperatura e ao período total de duração, de maneira a compatibilizar o ensaio com as condições climáticas do Brasil, demonstraram o atendimento do protótipo modular avaliado ao critério estabelecido, onde nenhum ponto do corpo de prova pode apresentar deformação superior à 10 mm ou 1% do comprimento da placa após 30 dias em ambiente com temperatura de $(50 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.



Figura 61 – Determinação do deslocamento horizontal da placa num dado ponto

4.2.1.5 Toxicidade:

A verificação da toxicidade foi realizada através de protótipo modular montado em laboratório. É necessário para o ensaio em questão que o corpo de prova a ser avaliado possua todos os componentes típicos do reservatório.

O resultado do ensaio de verificação da toxicidade, realizado conforme os procedimentos e critérios estabelecidos nas referências normativas NBR 14799, Diretriz SINAT nº012, Anexo 9 e em Legislações da ANVISA, além de ampliações adotadas no ensaio em relação à temperatura e ao período total de duração, de maneira a compatibilizar o ensaio com as condições climáticas do Brasil, demonstraram o atendimento do protótipo modular avaliado quanto aos limites estabelecidos para migração de substâncias indesejáveis, tóxicas ou contaminantes contidas em quaisquer componentes utilizados para a montagem do reservatório modular à água armazenada.

A verificação da possível migração de substâncias para a água armazenada foi avaliada através da análise de três amostras de água armazenada no protótipo modular, extraídas individualmente a cada 10 dias de ensaio, estando este em ambiente com temperatura de $(50 \pm 5)^{\circ}\text{C}$. A análise das amostras demonstrou que não houve a migração de quaisquer substâncias avaliadas acima dos limites estabelecidos para a água armazenada.

A preservação da qualidade da água deve ser considerada na especificação e seleção dos materiais e na execução do reservatório. Os componentes do reservatório em contato permanentemente com água potável não podem alterar o padrão de potabilidade, transmitir gosto, cor, odor ou toxicidade à água e nem promover ou estimular o crescimento de micro-organismos.

4.2.2 Durabilidade e Manutenibilidade

A durabilidade do sistema foi avaliada considerando os prazos constantes do Anexo C da ABNT NBR 15575-1. Para isso, foram analisados os detalhes construtivos apresentados em projeto e constatados em obra, pela análise das especificações técnicas dos componentes e pela realização dos seguintes ensaios:

- Para as placas de PRFV e selantes: avaliação através de exposição acelerada de reservatório protótipo cheio de água em câmara com lâmpadas à temperatura de 50°C durante 10 dias (Diretriz SINAT n°012, Anexo 8).
- Para os componentes metálicos, conforme tabela 3 apresentada anteriormente:
 - a) Internos: avaliação através da determinação do tipo de aço Inoxidável capaz de apresentar resistência à corrosão (vermelha e por pite) em câmara de névoa salina neutra por 360 horas.
 - b) Externos: avaliação através da determinação da massa do revestimento de zinco com massa mínima de 235 g/m² e da resistência à corrosão em câmara de névoa salina neutra por 360 horas.



Figura 62 - Resistência ao torque do parafuso - Parafuso fixado ao dispositivo de ensaio e aplicação do torque de ruptura



Figura 63 - Resistência à corrosão - Componentes metálicos após 360 horas de exposição em saltspray

A especificação da proteção do aço deve ser compatível com a agressividade do meio onde estará inserido o reservatório. Os proponentes do reservatório e seus componentes deverão apresentar as condições de durabilidade específicas para cada atmosfera, orientando o usuário, informando os prazos de vida útil de projeto e as condições de manutenção necessárias.

Ainda no que se refere a durabilidade dos componentes metálicos, deve ser evitado o desenvolvimento de corrosão galvânica, verificando-se se não há este tipo de risco. Para tanto, deve-se prever a utilização de arruela de nylon para separar diferentes aços (inoxidável e galvanizado), conforme figura 48.

Para situações de reparo e manutenção a serem realizadas na cobertura do reservatório modular, de maneira que seja necessário o caminhar de uma pessoa sobre as placas modulares que compõem a cobertura, é imprescindível que o responsável pela manutenção caminhe pisando somente nos encontros entre quatro placas, onde há reforços de sustentação da cobertura em tais pontos.

Além da análise dos detalhes construtivos e especificações dos componentes e realização dos ensaios, deve ser estabelecido em manual de uso e manutenção do reservatório modular os prazos de Vida Útil de Projeto do reservatório e dos seus componentes, especificando o programa de manutenção a ser adotado, com os procedimentos necessários e materiais a serem empregados em limpezas, serviços de manutenção preventiva e reparos ou substituições de materiais e componentes. Além disso, devem existir informações importantes sobre as condições de uso, como localização da escada de acesso, tampa de inspeção, das instalações hidráulicas, formas de realizar inspeções e manutenções nessas instalações, eventuais restrições de uso, cuidados necessários, entre outras informações pertinentes ao uso desse produto.

O manual deve conter as formas de contatar o fabricante, formas de atender ao cliente bem como o prazo de garantia.

Os reservatório modulares fornecidos e montados pela FORTLEV INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PLÁSTICOS LTDA. possuem as principais informações e procedimentos necessários para montagem no website <http://www.fortlev.com.br/tanque-modular/>. Ao término da montagem do reservatório modular objeto deste documento técnico, foi entregue ao cliente um termo contendo todas as características de projeto e os procedimentos utilizados durante a montagem. Tal documento contemplava também a garantia fornecida pela empresa de cinco anos em relação a possíveis problemas decorrentes de defeitos de fabricação em quaisquer componentes utilizados ou nos procedimentos de montagem aplicados.

5. Controle da qualidade

Foram feitas auditorias na fábrica da Fortlev e em obra executada com o reservatório modular para verificar se o controle da qualidade do processo de produção estava sendo aplicado. Na auditoria inicial realizada pela TESIS, os aspectos de controle descritos a seguir foram verificados. Tais aspectos devem ser continuamente controlados pelo proponente da tecnologia.

O detentor da tecnologia desenvolveu documentação para orientar a implementação do controle da qualidade do processo de produção do sistema construtivo. Essa documentação orientativa foi utilizada pela construtora na obra auditada.

Essa documentação é formada por diretrizes para desenvolvimento de detalhes construtivos do sistema; critérios de aceitação de materiais e componentes; procedimento de execução e seus respectivos critérios para aceitação e diretrizes para elaboração de manual de uso e manutenção de reservatórios modulares com o sistema construtivo da Fortlev.

Foram definidos, portanto, critérios de aceitação dos principais materiais e componentes do sistema, bem como frequência e amostragem para os ensaios de controle.

Durante o período de validade deste DATec serão realizadas auditorias técnicas a cada, no mínimo, 6 (seis) meses para verificação dos controles realizados pela construtora com acompanhamento do detentor da tecnologia. Para renovação deste DATec serão apresentados os relatórios de auditorias técnicas (incluindo verificação de reservatório em execução e verificação do comportamento de reservatório em uso), considerando amostras representativas da produção de reservatórios no país.

A tabela a seguir exemplifica as principais atividades a serem controladas pelo executor/ montador dos elementos. Cada obra deve ter seu procedimento de execução, em função das especificidades do projeto. Essas etapas devem ser verificadas durante as auditorias. Depois de finalizada a montagem é necessária inspeção visual do reservatório para identificar a existência de eventuais não conformidades, como deformações excessivas das placas de PRFV, perda de estanqueidade á água, falhas nas juntas ou outros, que possam causar prejuízos ao desempenho e à funcionalidade do reservatório. Caso alguma não conformidade seja encontrada, é imprescindível a identificação de suas causas e sua correção de forma adequada.

Tabela 6 - Exemplo das principais atividades a verificar durante a montagem

Etapas / Serviço	Descrição	Verificações
Local de instalação do reservatório	Verificar as condições do local onde o reservatório será instalado	Distâncias mínimas entre o reservatório e quaisquer obstáculos serão atendidas para permitir as atividades de manutenção e limpeza
Fundação / Base de assentamento	A fundação pode ser em base de concreto ou vigas-suporte centralizadas.	Condições do solo (ou do piso) do local
Montagem da base	A base do reservatório deve ser montada a partir da união de fileiras de placas de PRFV previamente conectadas, utilizando selante e peças de fixação e união em aço inoxidável.	Condições, dimensões, alinhamento e desnível máximo da base, seja plana de concreto, sejam de vigas em aço*
		Projeção mínima de selante, além da quina da aba
		Alinhamento das placas
		Sobreposição das projeções do selante em forma de cruz no contato de 4 placas.
		Aperto dos parafusos através de torquímetro
		Fixação da conexão de encaixe na base do reservatório
Montagem das paredes laterais	As paredes laterais devem ser iniciadas sempre por um dos cantos da base. Nunca uma parede deve ser erguida além da terceira fiada sem ser conectada à cobertura.	Aplicação do selante no contato das placas da base e da lateral (1ª fiada) e entre fiadas
		Aperto dos parafusos através de torquímetro
		Sobreposição das projeções do selante em forma de cruz no contato de 4 placas.
		Instalação da cantoneira entre placas de cantos.
Montagem da cobertura	A cobertura se inicia juntamente com a última fiada de placas de PRFV laterais, sempre a partir de um dos cantos.	Instalação das colunas de PVC à medida que a montagem da cobertura avança
		Aplicação do selante no contato das placas da lateral e da cobertura e entre placas de cobertura
		Posição da escada de acesso e da tampa de acesso ao reservatório
Montagem dos Tirantes e acopladores	Verificar os procedimentos de instalação dos tirantes e acopladores	Marcação da posição dos tirantes nas placas da parede
		Junção dos tirantes com acopladores e porcas
		Fixação dos apoios colunas de PVC para servirem de apoio aos tirantes
		Traspasse dos tirantes pelas placas de PRFV e ajuste dos tirantes até o lado externo do reservatório
		Adoção de porca e arruela no tirantes antes e depois do traspasse na placa de PRFV
Braçadeira vertical de reforço e respectiva peça de travamento	Verificar os procedimentos de instalação das braçadeiras e respectivas peças de travamento	Posicionamento das braçadeiras nas junções entre abas, incluindo o traspasse do tirante pela braçadeira
		Posicionamento das peças de travamento das braçadeiras
		Posicionamento da porca e arruela em aço inox e da arruela em nylon após a peça de travamento da braçadeira. Certificar que a peça de travamento e a arruela de aço inox estão separadas por arruela de nylon
Reforço horizontal	Verificar os procedimentos de instalação dos reforços horizontais	Posicionamento do reforço horizontal na região horizontal de contato entre as abas de fiadas laterais (entre placas de PRFV)
		Colocação do parafuso, porca e arruela para fixação e união entre placas e entre o reforço horizontal. Aperto dos parafusos através de torquímetro
Cantoneira	Verificar os procedimentos de instalação das cantoneiras.	Fixação das cantoneiras e colocação das peças de fixação e união. Aperto dos parafusos através de torquímetro
Tubulações, acessórios e conexões	A posição das tubulações deve ser previamente definida. As tubulações devem ser instalados em placas planas para que esforços gerados por superfícies irregulares não prejudiquem a qualidade da ligação.	Checar as posições das conexões antes de realizar as perfurações
		Marcação da posição das perfurações dos parafusos com gabaritos
		Aplicação de selante nos lados interno e externo das conexões
		Vedação dos espaços nas placas da cobertura junto à placa da tampa de acesso Verificar se as tubulações não transmitem esforços adicionais às suas paredes

*Verificação da condição de drenagem/escoamento de água eventualmente resultante de ação de limpeza do reservatório.

Tabela 6 - Exemplo das principais atividades a verificar durante a montagem (continuação)

Etapas / Serviço	Descrição	Verificações
Escadas laterais de acesso	As posições das escadas de acesso (interna e externa) devem ser previamente definidas	Tipo de fixação da escada pelas extremidades ou pela região central
Limpeza e acabamento	As sobras de selantes e as embalagens dos componentes devem ser removidas. A poeira pode ser removida com um detergente de baixa concentração.	No momento da entrega do reservatório, deve-se certificar que o mesmo está limpo, sem sujeiras ou resíduos. Isso deve constar do registro de aceitação do cliente.

Tabela 7 – Resumo de montagem do reservatório modular localizado em Guarapari/ES

Sequência Executiva	Exigências do Manual Técnico de Instalação do Fabricante	Resultado	Registro Fotográfico
1) Definição da base de assentamento	Pode ser do tipo plana de concreto ou composta por vigas reforçadas com enrijecedores secundários perpendiculares. As duas dimensões da base devem ser, no mínimo, 30 cm maiores do que as dimensões internas do reservatório.	Satisfatório, com dimensões, formato e acabamento de acordo com o manual do fabricante.	
2) Montagem da base	Deve ser montada a partir da união entre fileiras de placas previamente conectadas, utilizando fita selante indicada e parafusos sextavados de Inox.	Satisfatório. O tipo de selante e parafuso utilizados foram os especificados pelo fabricante, bem como o método de montagem das fileiras de placas paralelas.	
3) Montagem das paredes laterais	As paredes laterais devem ser iniciadas sempre por um dos cantos da estrutura. Nunca uma parede deverá ser erguida além da terceira fiada sem ser conectada a cobertura.	Satisfatório. As duas primeiras fiadas foram montadas por completo, uma a uma. A terceira e última fiada foi montada juntamente com a cobertura.	
4) Montagem da cobertura	A cobertura se inicia juntamente com a última fiada de painéis laterais, sempre a partir de um dos cantos. As posições referentes a entrada principal e ao registro de bóia devem ser previamente definidos.	Satisfatório e de acordo com o manual do fabricante. Conforme a cobertura progredia, a instalação das colunas de PVC também avançava.	

Tabela 7 – Resumo de montagem do reservatório modular localizado em Guarapari/ES (continuação)

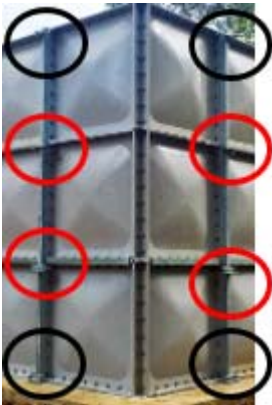



Sequência Executiva	Exigências do Manual Técnico de Instalação do Fabricante	Resultado	Registro Fotográfico
5) Montagem dos tirantes	Os tirantes devem ser utilizados em tanques com alturas superiores a 1,5 metros de altura. Com uma altura de 3 metros, o tanque deve possuir duas linhas de tirantes internos (abaixo de 1 metro e abaixo de 2 metros de altura).	Satisfatório e de acordo com o manual do fabricante. Foram instaladas duas linhas intermediárias (internas) e duas linhas externas para fixação dos reforços verticais.	
6) Montagem dos contraventamentos horizontais	Os reforços horizontais devem ser instalados na região horizontal de contato entre as abas de fiadas laterais, uma vez que são fixos através dos mesmos parafusos que conectam as placas modulares.	Satisfatório e de acordo com o manual do fabricante. A cada união entre placas de fiadas diferentes os reforços eram adicionados e fixos a estrutura.	
7) Montagem dos contraventamentos verticais (cantoneiras)	As cantoneiras são o primeiro tipo de reforço instalado na estrutura. Devem ser instaladas nos mesmos cantos onde as fiadas laterais são iniciadas.	Satisfatório e de acordo com o manual do fabricante. As cantoneiras foram montadas a partir da união entre fiadas laterais.	
8) Montagem dos contraventamentos verticais	Os reforços verticais devem ser instalados na região vertical de contato entre abas de painéis laterais. Eles são fixos através dos mesmos dispositivos que fixam os tirantes na região externa do reservatório.	Satisfatório e de acordo com o manual do fabricante. Os reforços verticais foram fixados junto aos tirantes externos, logo após o término da montagem dos painéis modulares.	

Tabela 7 – Resumo de montagem do reservatório modular localizado em Guarapari/ES (continuação)

Sequência Executiva	Exigências do Manual Técnico de Instalação do Fabricante	Resultado	Registro Fotográfico
9) Flanges e conexões	Os flanges devem ser instalados em placas planas para que esforços gerados por superfícies irregulares não prejudiquem a qualidade da ligação. Qualquer flange deve ser previamente definido durante a fase de projeto.	Satisfatório e de acordo com o manual do fabricante. Todos os flanges foram conectados às placas adequadas e fixados conforme detalhamento presente no manual.	
10) Limpeza	As sobras dos selantes e as embalagens dos componentes devem ser removidas. A poeira pode ser removida com um detergente de baixa concentração.	Satisfatório e de acordo com o manual do fabricante.	

5.3 Próximas auditorias técnicas

Durante o período de validade deste DATec serão realizadas auditorias técnicas a cada, no mínimo, 6 (seis) meses para verificação dos controles realizados pela construtora com acompanhamento do detentor da tecnologia. Para renovação deste DATec serão apresentados os relatórios de auditorias técnicas conforme documento que regulamenta o processo para realização de auditorias (Portaria 110, de 05 de março de 2015, do Ministério das Cidades).

6. Fontes de informação

As principais fontes de informação são os documentos técnicos do detentor da tecnologia e os Relatórios Técnicos de ensaios e de auditorias.

6.1 Documentos do fabricante

- Website <http://www.fortlev.com.br/tanque-modular/>
- Manual técnico da Fortlev:
 - Procedimentos de montagem;
 - Fichas de Verificação de Materiais;
 - Fichas de Verificação de Serviços;
 - Procedimentos de intervenção.
- Orientação para o desenvolvimento do Manual do Usuário;
- Projetos de referência;
- Documentação dos Componentes.

6.2 Relatórios Técnicos, de Ensaios e de Auditorias

Os relatórios que complementam esse documento são:

Relatório Técnico TESIS 1271/RT029 – Relatório técnico de acompanhamento de obra do Condomínio Village dos Pássaros localizada em Guarapari/ES entre os meses dezembro de 2015 e janeiro de 2016;

– **Relatório Técnico TESIS 1271/RT030 – Coletânea de Relatório Técnicos de Ensaios respectivos à caracterização dos componentes utilizados na montagem de reservatórios modulares de PRFV para água potável, contendo a avaliação dos seguintes requisitos:**

- Análise visual, dimensional e de massa de placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro;
- Determinação da transmitância luminosa (opacidade) de placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro;
- Determinação da dureza Barcol de placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro;
- Determinação da absorção de água de placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro;
- Determinação do teor de fibra de vidro presente de placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro;
- Determinação da rigidez de placas modulares de placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro de cobertura;
- Determinação da resistência ao impacto de placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro;
- Determinação da resistência e módulo de elasticidade à tração de placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro (Relatório Técnico IPT nº 1 076 039-203 (fevereiro de 2016));
- Determinação da resistência e módulo de elasticidade à flexão de placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro;
- Verificação da migração específica de placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro (Relatório Técnico CEIMIC nº 1507082-02A (julho de 2015));
- Verificação da concentração de estireno residual em placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro (Relatório Técnico CEIMIC nº 1508002-01AS (agosto de 2015));
- Determinação de resistência à pressão de placas modulares de poliéster reforçado com fibra de vidro;
- Caracterização dimensional dos componentes metálicos – parafusos e tirantes;
- Determinação da resistência ao torque de parafusos;
- Determinação da resistência à corrosão atmosférica e da composição química de componentes metálicos internos de aço Inox (Relatório Técnico IPT nº 1 073 450-203 (agosto de 2015) e Relatório Técnico IPT nº 1 075 405-203 (novembro de 2015));
- Determinação da resistência à tração de tirantes (Relatório Técnico Falcão Bauer nº MEC/L-268.651/1/15 (outubro de 2015), Relatório Técnico Falcão Bauer nº MEC/L-268.651/2/15 (outubro de 2015) e Relatório Técnico Falcão Bauer nº MEC/L-269.025/1/15 (outubro de 2015)).

– **Relatório Técnico TESIS 1271/RT031 – Coletânea dos Relatórios Técnicos de Ensaios respectivos à avaliação dos requisitos de desempenho de protótipo de reservatório de 2m³ montado com componentes comercializados pela FORTLEV, contendo a avaliação dos seguintes requisitos:**

- Determinação da resistência à deformação sob temperatura de 50°C do protótipo modular de 2m³;
- Determinação da toxicidade do protótipo modular de 2m³ (Relatórios Técnicos CEIMIC nº 1507018-01BM e 02BM (julho de 2015), Relatórios Técnicos CEIMIC nº 1507018-01I e 02I (julho de 2015), Relatórios Técnicos CEIMIC nº 1507018-01BH e 02BH (julho de 2015), Relatórios Técnicos CEIMIC nº 1507057-01BM e 02BM (julho de 2015), Relatórios Técnicos CEIMIC nº 1507057-01I e 02I (julho de 2015), Relatórios Técnicos CEIMIC nº 1507057-01BH e 02BH (julho de 2015), Relatórios Técnicos CEIMIC nº 1507081-01BM e 02BM (julho de 2015), Relatórios Técnicos CEIMIC nº 1507081-01I e 02I (julho de 2015), Relatórios Técnicos CEIMIC nº 1507081-01BH e 02BH (julho de 2015) e Relatórios Técnicos CEIMIC nº 1507081-01AS (julho de 2015));
- Verificação da estanqueidade à água do protótipo modular de 2m³.

– **Relatório Técnico TESIS 1271/RT032 – Relatório Técnico de Avaliação;**

– **Relatório Técnico TESIS 1271/RT033 – Relatório Técnico de determinação da rigidez de placas modulares de Poliéster reforçado com fibra de vidro de cobertura;**

– **Relatório Técnico TESIS 1271/RT034 – Relatório Técnico de verificação da resistência ao caminhamento de pessoas sobre um trecho representativo da cobertura do protótipo modular de 2m³.**

7. Condições de emissão do DATec

Este Documento de Avaliação Técnica, DATec, é emitido nas condições descritas, conforme Regimento geral do SINAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores, Capítulo VI, Art. 22:

- a) o Proponente é o único responsável pela qualidade do produto avaliado no âmbito do SINAT;
- b) o Proponente deve produzir e manter o produto, bem como o processo de produção, nas condições de qualidade e desempenho que foram avaliadas no âmbito SINAT;
- c) o Proponente deve produzir o produto de acordo com as especificações, normas e regulamentos aplicáveis, incluindo as diretrizes SINAT;
- d) o Proponente deve empregar e controlar o uso do produto, ou sua aplicação, de acordo com as recomendações constantes do DATec concedido e literatura técnica da empresa;

O Proponente FORTLEV INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PLÁSTICOS LTDA. compromete-se a:

- manter o produto “reservatório modular de placas de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) para armazenamento de água potável”, seus componentes e o processo de produção alvo deste DATec no mínimo nas condições gerais de qualidade em que foram avaliados neste DATec, elaborando projetos específicos para cada empreendimento;
- produzir o produto de acordo com as especificações, normas técnicas e regulamentos aplicáveis;
- manter a capacitação e qualificação da equipe de colaboradores envolvida no processo;
- manter assistência técnica, por meio de serviço de atendimento ao cliente/construtora e ao usuário final.

O produto deve ser utilizado de acordo com as instruções do produtor e recomendações deste Documento de Avaliação Técnica.

O SINAT e a Instituição Técnica Avaliadora, no caso a TESIS, não assumem qualquer responsabilidade sobre perda ou dano advindos do resultado direto ou indireto deste produto.

Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H
Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SINAT
Brasília, DF, 07 de dezembro de 2017.