

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

ERICK SANTOS BEZ FONTANA

**CONCEPÇÃO DE UM SISTEMA DE CIRCULAÇÃO FECHADO PARA
ESTUDO EXPERIMENTAL DE COLETORES SOLARES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2019

ERICK SANTOS BEZ FONTANA

**CONCEPÇÃO DE UM SISTEMA DE CIRCULAÇÃO FECHADO PARA
ESTUDO EXPERIMENTAL DE COLETORES SOLARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. *Thiago Antonini Alves*

Coorientador: Profa. Dra. *Yara de Souza Tadano*

PONTA GROSSA

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Ponta Grossa
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Mecânica
Bacharelado em Engenharia Mecânica



TERMO DE APROVAÇÃO

CONCEPÇÃO DE UM SISTEMA DE CIRCULAÇÃO FECHADO PARA ESTUDO EXPERIMENTAL DE COLETORES SOLARES

por

ERICK SANTOS BEZ FONTANA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 13 de setembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Thiago Antonini Alves
Orientador

Prof. Me. Felipe Mercês Biglia
Membro Titular

Prof. Me. Gabriel Nunes Maia Junior
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

**Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de
Carvalho**
Coordenador do Curso

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças até aqui e continua ao meu lado.

À minha esposa que sempre esteve ao meu lado, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus professores, orientador Dr. *Thiago Antonini Alves* e coorientadora Profa. Dra. *Yara de Souza Tadano*, que não pouparam esforços para fazer parte desta etapa da minha graduação.

Ao meu colega de graduação *Guilherme Antonio Bartmeyer* que me auxiliou em toda a montagem física do sistema, mesmo em horários alternativos até altas horas da noite.

À toda minha família que me apoio em todo tempo.

À Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional (PROGRAD) e à Pró-Reitoria de Relações Empresariais e Comunitárias (PROREC) pelo apoio financeiro de R\$ 1.000 através do Edital 2/2018 – PROGRAD/PROREC – Programa de Bolsas de Fomento às Ações de Graduação – Apoio à Execução de Trabalhos de Conclusão de Curso.

Minha sincera gratidão a todos que fizeram parte deste momento, inclusive aqueles que não mencionei. Jamais esquecerei o que cada um fez por mim e representou na minha formação profissional e pessoal.

RESUMO

FONTANA, Erick Santos Bez. **Concepção de um Sistema de Circulação Fechado para Estudo Experimental de Coletores Solares.** 2019. 68p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado ou Tecnologia em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

Este Trabalho de Conclusão de Curso descreve a concepção de um aparato experimental de circuito fechado para estudos de coletores solares com a finalidade de ensino e pesquisa em Engenharia. Este sistema de circulação fechada é composto basicamente por uma caixa d'água, bomba, pressostato, vaso de expansão, válvula de segurança, tubulação e reservatório térmico. Para o projeto e construção foram utilizados conceitos fundamentais de Ciências Térmicas e de Projetos Mecânicos, bem como ferramentas de Desenho Técnico. O aparato concebido foi instalado no Laboratório de Energia Solar (LabSOLAR) vinculado ao Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) do *Câmpus* Ponta Grossa tendo como características: de baixo custo, versatilidade, fácil operação e manutenção, qualificando-o para a realização de diversos tipos de experimentos envolvendo os mais diversos módulos de coletores solares.

Palavras-chave: Coletor solar. Aparato experimental. Circuito fechado.

ABSTRACT

FONTANA, Erick Santos Bez. **Conception of a Closed Circulation System for the Experimental Study of Solar Collectors**. 2019. 68p. Course Completion Work (Bachelor or Technology in Mechanical Engineering) - Federal University of Technology - Parana. Ponta Grossa, 2019.

This Course Completion Work describes the design of a closed circuit experimental apparatus for solar collector studies for the purpose of teaching and research in Engineering. This closed circulation system is basically composed of a water box, pump, pressure switch, expansion vessel, safety valve, piping, and thermal reservoir. For the project and construction were used fundamental concepts of Thermal Sciences and Mechanical Projects, as well as tools of Technical Drawing. The designed apparatus was installed in the Solar Energy Laboratory (LabSOLAR) linked to the Academic Department of Mechanics (DAMEC) of the Federal University of Technology - Paraná (UTFPR) / Ponta Grossa Campus, having as characteristics: low cost, versatility, easy operation and maintenance. qualifying him to perform various types of experiments involving the most diverse solar collector modules.

Keywords: Solar collector. Experimental apparatus. Closed-circuit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Caixa preta de Saussure.....	14
Figura 2 - Esquema de um sistema de aquecimento de água	15
Figura 3 - Desenho esquemático do circuito fechado	20
Figura 4 - Tubulação e isolamento	30
Figura 5 - Representação da estrutura da caixa d'água.....	33
Figura 6 - Estrutura para o reservatório térmico (<i>boiler</i>).....	35
Fotografia 1 - Circuito fechado do aparato experimental.....	21
Fotografia 2 - Caixa d'água	22
Fotografia 3 - Pressurizador	23
Fotografia 4 - Pressostato	24
Fotografia 5 - Vaso de expansão	25
Fotografia 6 - Válvula de segurança e manômetro.....	26
Fotografia 7 - Cavalete com válvula de segurança e manômetro	27
Fotografia 8 - Tubulação de água fria	28
Fotografia 9 - Reservatório térmico	28
Fotografia 10 - Recirculador de água	29
Fotografia 11 - Mezanino no laboratório da UTFPR.....	31
Fotografia 12 - Estrutura suporte do sistema	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Compilado de preços aproximados dos equipamentos.....	36
Tabela 2 - Compilado de preços aproximados dos materiais.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 MOTIVAÇÃO	11
1.2 OBJETIVO	12
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3 METODOLOGIA.....	17
4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS.....	19
4.1 ESQUEMA GERAL DO SISTEMA.....	19
4.2 EQUIPAMENTOS DO APARATO.....	21
4.2.1 Caixa d'água.....	21
4.2.2 Pressurizador.....	22
4.2.3 Pressostato.....	23
4.2.4 Vaso de expansão.....	24
4.2.5 Válvula de segurança e manômetro.....	25
4.2.6 Tubulação de água fria.....	27
4.2.7 Recirculador de água.....	29
4.2.8 Tubulação de água quente.....	30
4.3 PARTES DE APOIO AO APARATO EXPERIMENTAL.....	31
4.4 MATERIAIS E PREÇOS.....	35
5 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS.....	38
APÊNDICE A - Projeto mezanino com cotas	40
APÊNDICE B - Desenho geral do sistema.....	42
ANEXO A - Especificações técnicas da caixa d'água.....	48
ANEXO B - Especificações técnicas da bomba	50
ANEXO C - Especificações técnicas do pressostato.....	53
ANEXO D - Especificações técnicas do vaso de expansão.....	55
ANEXO E - Especificações técnicas do boiler	58
ANEXO F - Especificações técnicas do recirculador de água.....	60
ANEXO G - Especificações técnicas dos perfis estruturais de alumínio	62

1 INTRODUÇÃO

A energia renovável tem papel fundamental na geração de energia elétrica no Brasil, sendo que 83,3% de toda energia gerada no país em 2018 foi de fontes renováveis, de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2019 (BEN, 2019), configurando-o como um dos países que mais utiliza energia proveniente de fontes renováveis. Dentre esta infinidade de fontes de energia renováveis encontra-se a energia solar, que cada vez tem papel mais importante na matriz energética brasileira.

Em 2018, segundo o Balanço Energético Nacional, a energia solar teve um salto de 316,2% em sua utilização passando de 72 para 298 mil tep (toneladas equivalentes de petróleo) (BEN, 2019). Este aumento se deu muito pelos estudos das diversas aplicações da tão abundante energia solar em empresas especializadas e, principalmente, em universidades, buscando as melhores formas de se utilizá-la.

Uma das formas de se utilizar a energia solar é a utilização da energia solar térmica, captando parte da radiação solar para um líquido que passa dentro de aquecedores solares, sendo este fluido de trabalho normalmente água devido à forte aplicação residencial. Esta forma de utilização da energia solar é um importante aliado na tentativa de diminuir a quantidade de energia elétrica utilizada para aquecer água de banho, que representa, em média, 7% de toda energia elétrica gasta no país (CONEJERO; CALIA; SAUAIA, 2015). Além de melhorar estatísticas sustentáveis, os coletores solares auxiliam na redução das despesas domésticas.

De acordo com a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA), os coletores solares, se forem vistos como investimento, a partir de 2 anos se tornam mais rentáveis que a poupança, apenas pela economia de energia elétrica nas residências. Estes coletores ou aquecedores solares, que têm sido utilizados cada vez com mais frequência nas residências brasileiras, utilizam de diversos mecanismos diferentes, bastante eficientes, para aquecer a água e fazê-la circular.

1.1 MOTIVAÇÃO

Toda esta diversidade de diferentes sistemas de coletores solares fornece um desafio para as universidades e centros de pesquisa visando estudar detalhadamente os tipos de sistemas, suas características, diferenças, eficiências e de realizar comparações entre os diferentes modelos de aquecedores. Para se realizar testes experimentais em aquecedores solares, é necessária a utilização de um aparato relativamente grande para simular o que se acontece em uma situação real, dificultando ainda mais os testes em diferentes modelos de aquecedores.

O que se observa, no entanto, é que apesar de os mecanismos dos diversos tipos de coletores solares serem bastante diferentes, muitos dos equipamentos utilizados no sistema de aquecimento de água são semelhantes para todos os tipos de aquecedores solares. Ou seja, não importa se o coletor é convencional, à vácuo ou por termossifão, em todos os casos se utilizam reservatórios térmicos (boilers), caixas d'água, tubulações e conexões e, às vezes, bombas e outros acessórios.

Neste contexto, surge a possibilidade de se criar um aparato experimental com fins didáticos e de pesquisas em Engenharia, com os elementos comuns a todos os sistemas de aquecedores solares que fosse utilizado para realizar testes em diferentes tipos de coletores solares com a concepção destes serem em módulos, onde o aparato experimental é fixo e os módulos de aquecedores são colocados e retirados com encaixes rápidos.

Com esta concepção de um aparato experimental de circulação fechada, os estudos sobre aproveitamento de energia solar utilizando aquecedores solares ganham novas possibilidades de abordagens, levando estes a um novo patamar, devido às facilidades que o aparato concebido neste Trabalho de Conclusão de Curso apresenta.

1.2 OBJETIVO

O principal objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é descrever a concepção de um aparato experimental de circulação fechada para testes em diferentes módulos de aquecedores solares, que garanta a intercambialidade dos coletores solares com facilidade e rapidez.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso é um relato de um aparato experimental que foi concebido para realizar estudos experimentais em diversos modelos de coletores solares. Para esta descrição foi utilizada uma estrutura para organizar e elucidar da melhor forma este circuito de circulação de água fechado e está dividido em 5 capítulos, 2 apêndices e 7 anexos.

No primeiro capítulo foram explicitados os objetivos deste Trabalho de Conclusão de Curso, assim como a motivação de realiza-lo e as etapas da descrição deste processo.

No Capítulo 2 é feito um breve resumo do histórico dos sistemas de aquecimento solar, sua origem e evolução bem como alguns dos conceitos importantes para o bom entendimento do restante do trabalho, como por exemplo o circuito fechado de um sistema residencial.

No terceiro capítulo é mostrada a metodologia que foi utilizada na concepção do aparato experimental e todas as ferramentas que foram utilizadas na construção desta pesquisa, principalmente, na parte prática da execução.

O Capítulo 4 mostra as informações mais importantes deste Trabalho de Conclusão de Curso. Tudo o que foi feito na execução deste TCC está explícito com fotografias, figuras, ilustrações e diagramas esquemáticos para deixar o mais claro possível. Todos os equipamentos utilizados, relação de materiais e preços, e esquemas para melhor entendimento podem ser encontrados neste capítulo.

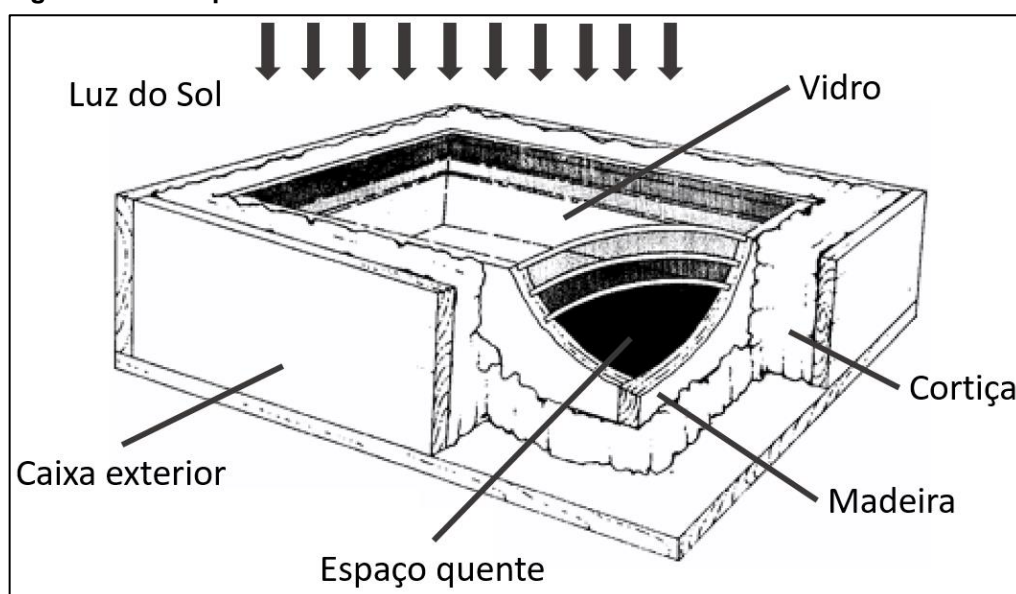
O Capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas ao final deste trabalho e o capítulo seguinte contempla as Referências Bibliográficas.

Os Apêndices A e B são referentes aos desenhos técnicos feitos para construção deste TCC. Finalmente, os Anexos de A a G são especificações técnicas obtidas dos fornecedores dos equipamentos e dispositivos que foram utilizados na construção deste Trabalho de Conclusão de Curso.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O início da utilização da energia solar para aquecer água surgiu juntamente com a popularização do uso do vidro como matéria-prima no ano de 1767, com as experiências do cientista suíço *Horace de Saussure*, onde descobriu que água poderia ser aquecida por meio dos raios solares quando ele construiu uma caixa de madeira revestida de cortiça pintada de preto por dentro, com uma tampa de vidro com três lâminas espaçadas por onde os raios solares passavam, tornando o ambiente interno mais quente, como mostra a Figura 1 (OLIVEIRA, 2014, p.10).

Figura 1 - Caixa preta de Saussure

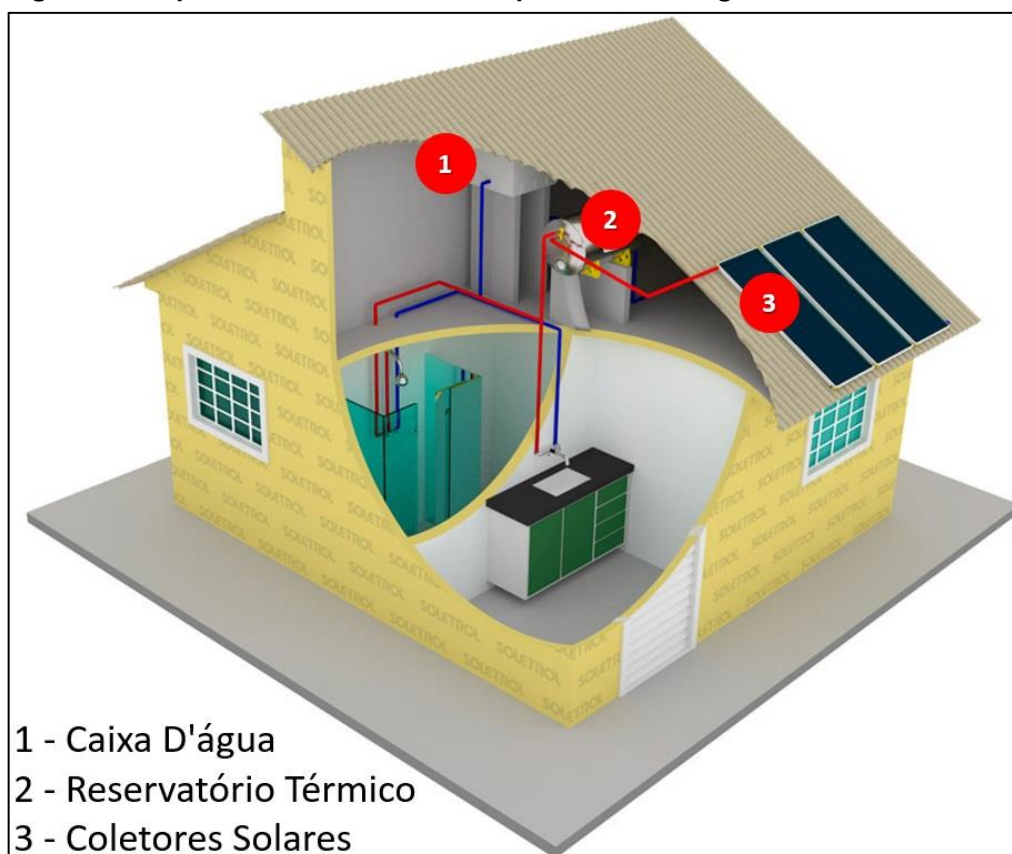


Fonte: Adaptado de Solar Energy (2010)

Desde então, os estudos nesta área de Energia Renovável foram se aperfeiçoando nos mais diversos países até o ponto onde o americano *Clarence Kemp* patenteou um aquecedor solar comercial em 1896, que era constituído de tanques de cobre dentro de uma caixa de madeira com isolamento térmico e vidro na cobertura para captar os raios solares. Apesar disto, os primeiros coletores solares no Brasil só foram aparecer nos anos de 1970 com a crise do petróleo no país, tendo sua popularização apenas nos anos de 1990, quando já haviam normas que regulamentavam os aquecedores no Brasil e qualidade aumentou drasticamente (KOMEKO, 2015).

A evolução da tecnologia proporcionou um crescimento de eficiência e da quantidade de modelos de sistemas de aquecimento de água por energia solar, porém mantendo um padrão básico de funcionamento. Soletrol (2013) define que o sistema de aquecimento de água por energia solar é composto por coletores (placas) e reservatórios térmicos (*boilers*). O sol fornece energia térmica por radiação solar e as placas são responsáveis pela captação e transferência da energia térmica para a água, podendo ser feita de diversas formas. Os reservatórios térmicos, ou *boilers*, tem a função de armazenar a água aquecida pelo sol. A Figura 2 mostra como é um exemplo de sistema de aquecimento de água por energia solar.

Figura 2 - Esquema de um sistema de aquecimento de água



Fonte: Adaptado de Soletrol (2013)

A circulação da água pode ser feita através de bombas, no chamado sistema forçado ou bombeado ou através de convecção natural, chamado sistema convencional, onde a água dos coletores se torna menos densa que a do reservatório devido à temperatura alta. No entanto Sprenger (2007 *apud* OLIVEIRA, 2014, p. 11) afirma que as placas solares devem estar entre 30 cm a 5 m abaixo do reservatório térmico para que haja circulação.

Atualmente existem diversos modelos de placas solares de aquecimento de água, porém o mais comum ainda é o coletor plano, podendo ser aberto ou fechado, dependendo da temperatura que se deseja chegar no aquecimento. A diferença dos modelos aberto e fechado se caracteriza pela presença de uma caixa protetora externa e de isolamento térmico dos tubos de passagem de água (VARELLA, 2004, p. 7). Além dos coletores planos ainda existem os coletores concentradores com cobertura e coletores de tubos à vácuo que conseguem atingir temperaturas ainda maiores (HIMALAYA, 2004).

Os reservatórios térmicos, ao contrário das placas solares, não variam muito em seus modelos. Eles são constituídos de cilindros de cobre, aço inoxidável ou polipropileno isolados termicamente sendo mais comum a utilização de poliuretano expandido sem CFC. O que se varia neste equipamento é o tamanho que pode ser de 100 a 20.000 litros. Alguns dos reservatórios também tem um sistema auxiliar elétrico ou a gás que mantém a água a certa temperatura ou auxilia a elevar a temperatura quando a energia solar não é suficiente (SOLETROL, 2013).

Devido à vasta quantidade de modelos de coletores solares, este Trabalho de Conclusão de Curso visa projetar e construir um aparato experimental de circulação fechada que possibilite estudar diversos modelos de coletores solares em módulos que são adaptados visando avançar ainda mais na área da utilização da energia solar. Isto pode ser um importante aliado na diminuição da utilização da energia elétrica nas residências do Brasil que atingiu 11,426 megatoneladas equivalentes de petróleo (Mtep) em 2016 (BEN, 2019).

O impacto da utilização da energia solar pode ser enorme visto que, somente no Brasil, se tem um potencial solar equivalente a 15 trilhões de MWh, correspondente a 50 mil vezes o consumo nacional de eletricidade, segundo Rodrigues e Matajs (2004, p. 16), o que mostra que a energia solar pode ser muito útil e deve ser cada vez mais estudada segundo uma visão sustentável a longo prazo do nosso planeta.

Neste contexto, pelo potencial de crescimento e auxílio sustentável que a energia térmica possui, o mercado de aquecedores solares deve se desenvolver ainda mais. Naum (2015) estima que nas próximas décadas o consumo residencial de energia térmica pelos coletores solares pode chegar aos 22% de contribuição do consumo total, e este TCC corrobora para estudos nesta área de energia renovável.

3 METODOLOGIA

Este Trabalho de Conclusão de Curso pode ser classificado como concepção, isto é, todo seu desenvolvimento é baseado em estudo e desenvolvimento através de um projeto de engenharia para resolução de um problema. Para a elaboração e desenvolvimento deste TCC foram necessários alguns procedimentos para que o resultado final seja decisivamente resolutivo.

Primeiramente foi necessário o entendimento de conceitos que envolvem o tema de coletores solares, bem como todos os tipos de sistemas de coletores solares visando a obtenção de conhecimentos fundamentais para a resolução do problema, sendo indispensável o entendimento de todas as partes e equipamentos que incluem o sistema fechado de aquecimento solar de água residencial.

O segundo passo após compreender todos os sistemas de coletores solares e suas partes essenciais e opcionais é a definição de uma estrutura de um sistema de circulação fechada para testes experimentais em módulos de aquecedores solares. Esta definição se construiu a partir de diversas ideias ao longo do projeto, em reuniões de discussão com o professor orientador e/ou a professora coorientadora, que resultaram em uma pré-determinada ideia do sistema como um todo que, ao longo de todo processo, ainda sofreria algumas alterações simples.

Além dos momentos de troca de ideias e formulação de definições com os professores orientador e coorientador, contato com fornecedores de equipamentos sistemas de coletores solares, como a *Soletrol*[®] e a *Komeco*[®], para também auxiliaram na concepção do aparato experimental de circulação fechada de água.

Com a estrutura previamente definida, não sendo esta definitiva, porém ponto de partida importante, se inicia etapa de projeto e seleção de equipamentos do aparato experimental. Para a seleção dos equipamentos presentes no aparato foi necessário a definição dos limites de estudo do aparato experimental, isto é, quais os tipos de coletores solares e para quais situações poderá ser utilizado o aparato experimental a ser concebido, para que todos os equipamentos presentes não sejam subdimensionados nem superdimensionados para as aplicações desejadas.

Desta forma obtém-se o aparato experimental mais enxuto para a necessidade dos estudos em energia solar. Este escopo é definido com base nos tipos de coletores solares mais comuns existentes no mercado, nas bases de pesquisas existentes na universidade e na experiência prática dos profissionais que auxiliaram na elaboração deste projeto.

A partir do escopo definido, foi feita a seleção adequada dos equipamentos a serem utilizados no aparato experimental. Dentre todos os equipamentos que devem estar presentes em um sistema fechado de coletores solares, existem aqueles que dependem muito mais de conceitos qualitativos e subjetivos do que quantitativos e objetivos, dado o avanço desta área do conhecimento e os conceitos muito bem estabelecidos dos sistemas, como por exemplo do reservatório térmico e da caixa d'água, que dependem única e exclusivamente da aplicação que se utilizará a água quente e da quantidade que se utiliza nesta aplicação.

Também foram essenciais para a qualidade técnica deste Trabalho de Conclusão de Curso os conhecimentos técnicos em disciplinas fundamentais das Ciências Térmicas, como, por exemplo, Mecânica dos Fluidos, Termodinâmica, Transferência de Calor e Laboratório de Sistemas Termofluidodinâmicos que foram indispensáveis para o sucesso da concepção do sistema experimental.

Com os equipamentos selecionados para o sistema de circulação fechada, o próximo passo para a conclusão da concepção do aparato experimental em questão é a estrutura fixa onde foi alocado estes equipamentos dentro do Laboratório de Energia Solar (LabSOLAR) da UTFPR/Câmpus Ponta Grossa. Esta estrutura precisou ser analisada em conjunto com todas as partes envolvidas para que se obtenha a solução mais eficiente.

Nesta etapa se faz necessária a utilização de um *software* de CAD para a criação e modificação facilitada dos desenhos da estrutura. O *software* escolhido para todo e qualquer desenho em computador feito neste trabalho é o *SolidWorks*TM versão 2016, por sua versatilidade no auxílio de desenho em computador e até mesmo em simulações estruturais mais simples. Esta etapa de criação de desenhos foi realizada no Laboratório de Simulação da UTFPR/Câmpus Ponta Grossa.

4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

O aparato experimental para os estudos de módulos de coletores solares é uma ferramenta extremamente útil para que novos experimentos em coletores solares possam surgir na universidade, visto a dificuldade de se montar toda uma estrutura para o desenvolvimento de estudos práticos com coletores solares.

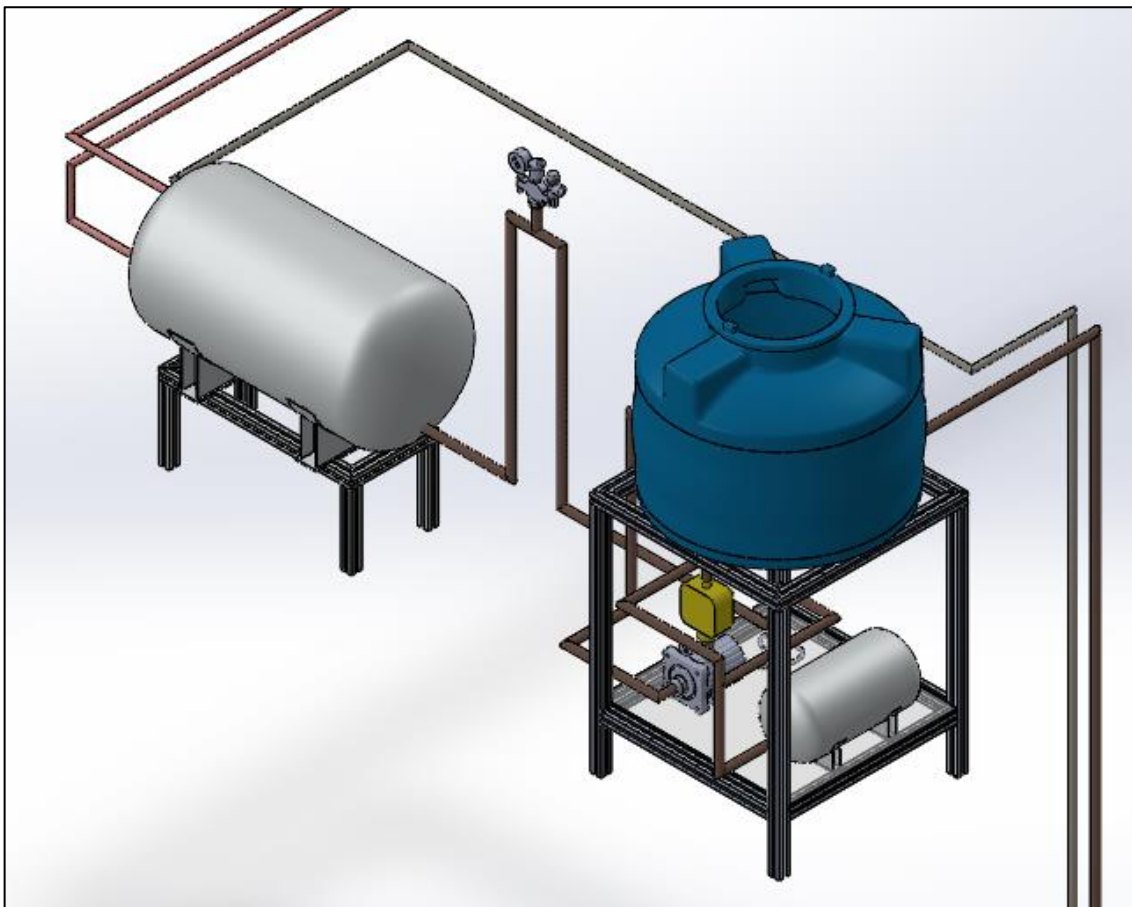
4.1 ESQUEMA GERAL DO SISTEMA

O aparato experimental composto de circuito fechado para estudos em coletores solares é representativo de um circuito de aquecimento de água residencial e ficou disposto da seguinte forma: a água da rede chega na caixa d'água, dosado através de uma boia; com restrição de um registro de esfera através de uma tubulação soldável de PVC de 25mm segue o circuito até a bomba e o pressostato que então ramifica a água para o consumo de uma torneira monocomando para água quente e fria *Doco*[®] e para o restante do circuito que segue com a válvula de retenção e a válvula de expansão; então o circuito chega no cavalete que possui a válvula de segurança e o manômetro (a saída da válvula de segurança está direcionada para pia, juntamente com um ladrão da caixa d'água); após o cavalete o circuito escoar até o reservatório térmico (*boiler*).

A partir do reservatório térmico (*boiler*) existe um circuito novo de aquecimento de água: a água fria sai do reservatório térmico (*boiler*), pressurizada por um circulador de água até onde se localizarão os coletores para testes experimentais através de tubulação de cobre; o retorno dos coletores, da mesma forma, por tubulação de cobre até o reservatório térmico (*boiler*) novamente. A água quente de dentro do reservatório térmico (*boiler*) é entregue até a torneira monocomando para consumo através de tubulação *Aquaterm Tigre*[®] de 25 mm que suporta a alta temperatura da água.

A Figura 3 é um desenho esquemático feito em 3D com recursos do *SolidWorks*[™] e representa o sistema de circuito fechado confeccionado no Laboratório de Energia Solar (LabSOLAR). Mais detalhes podem ser encontrados no Apêndice B.

Figura 3 - Desenho esquemático do circuito fechado



Fonte: Autoria própria

A Fotografia 1 mostra o circuito fechado que foi construído no Laboratório de Energia Solar (LabSOLAR) vinculado ao Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) do *Câmpus* Ponta Grossa.

Fotografia 1 - Circuito fechado do aparato experimental



Fonte: Autoria própria

4.2 EQUIPAMENTOS DO APARATO

Todos os equipamentos e dispositivos utilizados no aparato experimental estão descritos detalhadamente nos tópicos a seguir.

4.2.1 Caixa d'água

A caixa d'água foi alimentada pela rede hidráulica geral do prédio através de adaptação da rede em aço galvanizado de 1" para tubos soldáveis de água fria de 25 mm de diâmetro. A caixa d'água utilizada neste sistema, apresentada na Fotografia 2, foi de 310 L com tampa rosqueável da marca *Fortlev*[®] para simular uma situação real de uma residência. Apesar da existência da boia para regular a altura da coluna d'água existente na caixa d'água, foi criada uma saída de água na parte superior do reservatório com a finalidade de ser um ladrão para algum caso de ultrapassagem do

limite superior de água. A Fotografia 2 representa a caixa d'água utilizada no sistema. As especificações técnicas da caixa d'água utilizada estão no Anexo A, retiradas do catálogo de caixa d'água da marca *Fortlev*[®].

Fotografia 2 - Caixa d'água



Fonte: Autoria própria

4.2.2 Pressurizador

Na saída deste reservatório de água há um registro de alimentação do pressurizador do sistema. Esta bomba centrífuga é da marca *Hioda*[®], modelo HP500AH de 0,5 HP de potência com elevação de pressão de até 6 bar. Esta bomba pressuriza todo sistema de circulação fechado com fluxo até o reservatório térmico (*boiler*) do aparato experimental assim como a água fria para consumo na torneira monocomando quente/frio. O pressurizador *Hioda*[®] HP500AH está representado na Fotografia 3. As especificações técnicas da bomba em questão estão no Anexo B.

Fotografia 3 - Pressurizador

Fonte: Autoria própria

4.2.3 Pressostato

Acoplado ao pressurizador, foi instalado um pressostato no sistema de circulação fechada, que é um componente de extrema importância em um sistema de circulação de água. O pressostato consegue realizar leituras instantâneas da pressão que está sendo gerada pela bomba e, com isto, regular a pressão conforme necessidade do sistema. Este equipamento também atua como fluxostato medindo a presença de fluxo de água pelo sistema, analisando a utilização ou não do consumo de água para acionar a bomba apenas quando necessário.

O modelo do pressostato utilizado é o LS-8 da marca Hioda®. Além de proporcionar comodidade e economia de energia ligando e desligando a bomba quando necessário, este equipamento impede que a bomba centrífuga trabalhe a seco, reduzindo os impactos com cavitação e consequentes manutenções na bomba. A Fotografia 4 mostra o pressostato instalado na rede de circuito fechado do aparato experimental. As especificações técnicas do equipamento estão no catálogo do fabricante no Anexo C.

Fotografia 4 - Pressostato

Fonte: Autoria própria

4.2.4 Vaso de expansão

O vaso de expansão é um dispositivo de segurança e proteção nos sistemas hidráulicos, tendo a função de absorver e regularizar qualquer variação de pressão brusca que o sistema possa sofrer, seja por pressurização ou variação de temperatura, funcionando através de uma membrana que se move para cima e para baixo conforme pressão interna do sistema. Assim com o aumento da pressão interna do sistema o vaso de expansão se enche de água e quando a pressão interna cai a água sai do vaso de expansão, mantendo as variações de pressões do sistema mais suaves, preservando a integridade do sistema e dos equipamentos que compõe o sistema. O vaso de expansão utilizado no sistema fechado montado para o aparato experimental é o da marca Hioda® com capacidade nominal de 24 litros, pressão máxima de trabalho de 10 bar e flange em aço inox, conforme Fotografia 5. O catálogo com as especificações técnicas do vaso de expansão está no Anexo D para consulta.

Fotografia 5 - Vaso de expansão



Fonte: Autoria própria

Como o vaso de expansão possui uma membrana que mantém certa pressão com a água interiormente, quando a bomba é desligada a tendência é a água retorne, fazendo o sentido inverso. Para que isso não ocorra, foi instalada uma válvula de retenção entre a bomba e o vaso de expansão. A válvula de retenção impede o retorno da água no sentido oposto do funcionamento da rede e, por conta do seu sistema construtivo através de uma mola ela restringe a passagem de água e auxilia manutenção da pressão com menos variação, regulando a vazão através da mola.

4.2.5 Válvula de segurança e manômetro

A parte mais importante para segurança na operação de sistemas de aquecimento solar é a válvula de segurança, regulada para uma determinada pressão no sistema fechado. Este é o dispositivo que impede que a pressão interna do sistema ultrapasse o limite superior de operação dos equipamentos e tubulação. Este importante dispositivo, foi instalado juntamente com um manômetro para verificação da pressão de operação e com direcionamento para a mesma linha existe do ladrão da caixa d'água. A Fotografia 6 mostra o conjunto manômetro e válvula de segurança.

Fotografia 6 - Válvula de segurança e manômetro

Fonte: Autoria própria

Quando o sistema está em operação, a parte de água quente do sistema tem sua pressão elevada devido ao aumento de temperatura. Se a pressão é elevada de um lado do sistema, a tendência é de que a água tenha seu fluxo alterado, indo da parte quente para a parte fria do sistema. Para que isso seja evitado, foi instalado um cavalete de 30 cm de altura entre a parte mais alta da água quente e o topo do cavalete, como mostra a Fotografia 7. Este artifício é extremamente utilizado em sistemas de aquecimento solar. Todo este sistema de água fria escoar para o *boiler*, onde se inicia o aquecimento de água propriamente dito. Portanto, até este ponto o fluxo é de simplesmente o abastecimento do boiler com água fria.

Fotografia 7 - Cavalete com válvula de segurança e manômetro



Fonte: Autoria própria

4.2.6 Tubulação de água fria

Até o ponto de entrada de água no reservatório térmico (*boiler*) foi utilizado tubulação de PVC *Tigre*® soldável de 25 mm para tornar o sistema mais econômico, visto que a tubulação soldável de PVC suporta até 50 metros de coluna de água e a temperatura água é a temperatura ambiente. Parte da tubulação de água fria é demonstrada na Fotografia 8.

Fotografia 8 - Tubulação de água fria



Fonte: Autoria própria

O reservatório térmico (*boiler*) adquirido para a montagem deste sistema fechado de aquecimento solar de água (Fotografia 9) foi da marca *Ribersol*[®] com capacidade de 100 litros com tanque em aço inoxidável 304 com revestimento em poliuretano expandido de diâmetro de 540 mm. Este reservatório térmico (*boiler*) é projetado para altas pressões internas.

Fotografia 9 - Reservatório térmico



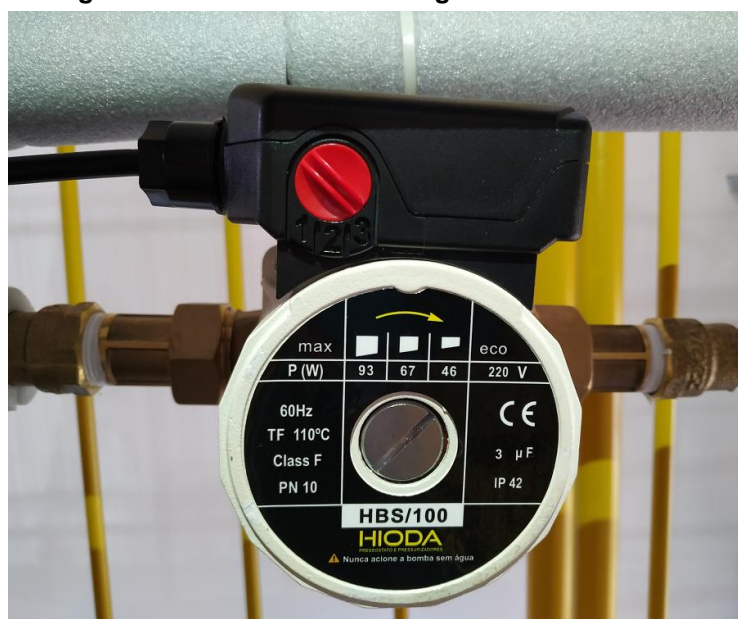
Fonte: Autoria própria

A entrada de água fria é realizada através de acesso inferior. Como a tendência, por conta da convecção natural, é de que a água mais fria esteja na região inferior do reservatório, a saída de água para a circulação pelo aquecedor é feita pela saída inferior do reservatório térmico (*boiler*). O retorno é da água vinda dos coletores é pela parte superior do lado oposto do reservatório térmico. A saída para consumo de água quente é feita pela lateral superior do *boiler* visando a obtenção da maior temperatura existente interiormente. O catálogo com as especificações técnicas do fabricante do reservatório térmico encontra-se disponível para consulta no Anexo E.

4.2.7 Recirculador de água

Para que a o sistema de circulação forçada seja simulado, conforme situação real, foi utilizado no sistema o recirculador de água da marca *Hioda*[®] e modelo HBS/100 de potência máxima de 93 W, com 3 velocidades diferentes e velocidade máxima de 50 L/min, suportando altas temperatura da água (até 100°C). Este equipamento, mostrado na Fotografia 10, permitirá estudos em diferentes níveis de velocidade da circulação forçada, estabelecendo pontos ótimos para cada modelo de coletor solar. O Anexo F indica as especificações técnicas do recirculador de água contidas no catálogo do fabricante.

Fotografia 10 - Recirculador de água



Fonte: Autoria própria

4.2.8 Tubulação de água quente

A partir do reservatório térmico (*boiler*) toda a tubulação a ser utilizada é, obrigatoriamente de cobre soldada de 22 mm de diâmetro externo e revestida com isolamento térmico de polietileno expandido *Tubex*, por conta da alta temperatura que pode chegar a água aquecida. O isolante térmico é extremamente importante para manter a temperatura da água do sistema nos percursos da tubulação de ida e volta do coletor solar, além de proteger a tubulação de cobre contra corrosão. A Figura 4 demonstra o material utilizado no isolamento térmico.

Figura 4 - Tubulação e isolamento



Fonte: Autoria própria

Com a finalidade de se manter a intercambialidade de módulos de coletores solares, nas extremidades das tubulações de cobre para o lado externo do prédio foram projetadas conexões rápidas com presilhas para conectar e desconectar o módulo do aquecedor solar em estudo. Desta forma, diversos modelos de aquecedores podem ser testados e analisado. Para facilitar a movimentação dos módulos, foram projetadas estruturas de apoio para os coletores solares, de forma que possam ser movimentados através de rodízios de dentro para fora do laboratório facilmente, e vice-versa.

4.3 PARTES DE APOIO AO APARATO EXPERIMENTAL

Para solucionar o problema recorrente de espaço físico, na concepção deste aparato experimental foi utilizado o artifício de um mezanino metálico dentro do próprio Laboratório de Energia Solar (LabSOLAR) vinculado ao Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná/*Câmpus* Ponta Grossa. Desta forma, foi concebido um espaço exclusivo para os testes experimentais com os coletores solares alocando de forma eficiente todos os equipamentos do sistema fechado de aquecimento de água.

O mezanino metálico foi dimensionado de forma a ocupar da melhor maneira o espaço do LabSOLAR sem prejudicar o espaço natural abaixo da plataforma. Portanto, a escada de subida para a parte superior do mezanino foi alocada na parte lateral do laboratório, ocupando 600 mm da largura da escada por 1500 mm da subida da escada na parte inferior do laboratório. O ganho, no entanto, em área foi de 4500 mm por 3200 mm da parte superior do mezanino metálico, como mostra o Apêndice A. A Fotografia 11 mostra uma vista superior do mezanino.

Fotografia 11 - Mezanino no laboratório da UTFPR



Fonte: Autoria própria

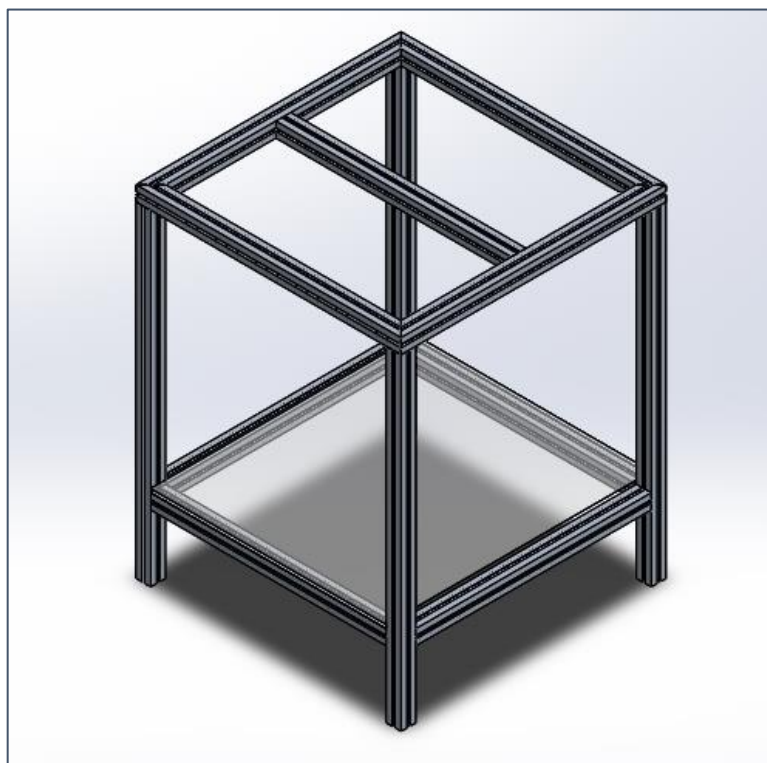
Foram considerados também guarda-corpos para toda a extensão da plataforma que está em altura, conforme determina a Norma Regulamentadora 12 (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1978). Ainda para facilitar possível acessos de equipamentos ou objeto com amplo comprimento, foi pensado em uma parte do piso da plataforma com grelhas removíveis, tornando o acesso mais fácil.

A parte mais importante deste mezanino metálico foi a sustentação, visto que nele está todo aparato experimental com os equipamentos incluindo caixa d'água de 310L, reservatório térmico (boiler) de 100L, estrutura de sustentação, bomba, pressostato, vaso de expansão, entre outros, além de mesas para análises, e as pessoas que estarão no local. O local da caixa d'água é, sem dúvida, o de maior concentração de peso, tendo no máximo: 310 kg de água, massa da estrutura de sustentação da caixa d'água com aproximadamente 15 kg e a bomba d'água com aproximadamente 9,2 kg, sendo estes os itens que mais agregam peso concentrado. Assim, esta foi a base de concentração de peso que foi estipulada como a pior situação e aplicada para toda estrutura. Então o mezanino suporta cerca de 450 kgf/m², para que se uma pessoa chegar próximo ao equipamento não haja nenhum tipo de risco.

E assim foi contratado, através de processo licitatório, para que uma empresa especializada em construção e montagem de estruturas metálicas confeccionasse e instalasse o mezanino respeitando todas informações requeridas para o projeto.

Solucionado o problema do espaço físico para a confecção do aparato experimental, surge a necessidade de se alocar a caixa d'água em um local seguro acima do chão, com caimento para o restante do sistema e que mantivesse o sistema experimental unido em relação aos outros equipamentos. Para isto, foi construída uma estrutura de perfis estruturais de alumínio de 40 mm por 40 mm, travas diagonais e suportes para equipamentos com acrílico. A estrutura da caixa d'água está representada em desenho 3D na Figura 5. Os detalhes e especificações técnicas do fabricante dos perfis estruturais de alumínio estão no catálogo do Anexo G.

Figura 5 - Representação da estrutura da caixa d'água



Fonte: Autoria própria

O suporte tem 675 mm de lado, pensando-se em manter todo o fundo da caixa d'água apoiado sobre a estrutura a uma altura de 900 mm para que, desta forma, sob a mesma fossem instalados todos os equipamentos do sistema. Montada desta forma o aparato experimental ficou com os comandos todos dispostos de maneira de fácil utilização, conforme Fotografia 12. A estrutura também possui amortecedores vibrastop nas extremidades inferiores da estrutura para absorver a maior parte das vibrações que podem ser geradas quando o equipamento for ligado e colocado em operação.

No Apêndice B é possível observar os desenhos técnicos das estruturas mencionadas, assim como o desenho representativo do sistema de circulação fechado completo de aquecimento solar.

Fotografia 12 - Estrutura suporte do sistema

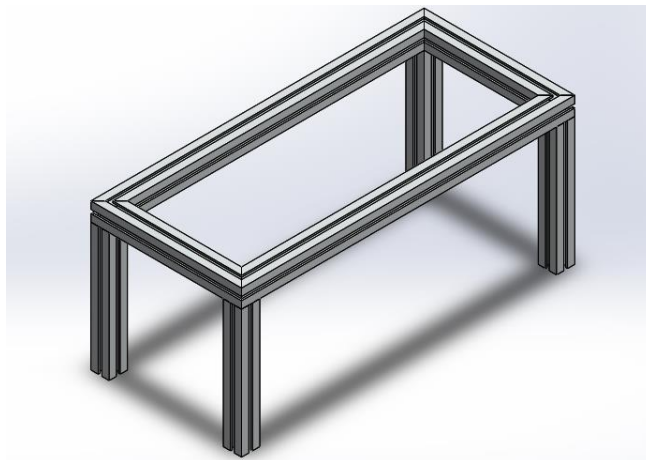


Fonte: Aatoria própria

Da mesma forma foi feito com o reservatório térmico para que não ficasse no chão. Outra estrutura em perfil estrutural de alumínio 40 mm por 40 mm foi feita com dimensões projetadas especialmente para o reservatório térmico (*boiler*). A estrutura também possui amortecedores vibrastop em suas extremidades inferiores para absorção de vibrações existentes durante a operação do sistema de circulação fechado de água.

A Figura 6 representa a estrutura feita para o reservatório térmico (*boiler*). Todas as dimensões das estruturas de sustentação em perfis de alumínio são apresentadas nos desenhos técnicos do Apêndice B.

Figura 6 - Estrutura para o reservatório térmico (*boiler*)



Fonte: Autoria própria

4.4 MATERIAIS E PREÇOS

Conforme visto, para a construção do aparato experimental foram necessários diversos equipamentos e cada um deles teve um custo aproximado para a confecção, além de diversos outros gastos auxiliares que também foram, de certa forma, obstáculos para implementação e confecção deste aparato experimental.

Todos os equipamentos utilizados, quantidades e preços aproximados para obtenção estão explícitos na Tabela 1.

Tabela 1 - Compilado de preços aproximados dos equipamentos

ITEM	QNT	UNIDADE	PREÇO [R\$]	TOTAL [R\$]
Caixa d'água 310L	1	un	247,10	247,10
Bomba 1/2 HP	1	un	465,00	465,00
Válvula de Retenção	1	un	73,89	73,89
Vaso de Expansão	1	un	1.813,00	1.813,00
Reservatório Térmico (<i>Boiler</i>)	1	un	1.790,00	1.790,00
Manômetro	1	un	22,22	22,22
Válvula de Segurança	1	un	70,13	70,13
Circulador de Água	1	un	289,00	289,00
Total				R\$ 4.770,34

Fonte: Autoria própria (2019)

Além dos custos com os equipamentos necessários para a montagem do aparato experimental são indispensáveis outros materiais para interligação do sistema com circuito fechado entre os equipamentos. A Tabela 2 mostra a quantidade, valor aproximado de cada material adicional utilizado na construção do aparato.

Tabela 2 - Compilado de preços aproximados dos materiais

ITEM	QNT	UNIDADE	PREÇO [R\$]	TOTAL [R\$]
Flange de saída caixa	1	un	9,45	9,45
Boia	1	un	41,90	41,90
Registro 25mm	2	un	21,56	43,12
Tubo PVC soldável 25mm	12	m	2,32	27,84
Adaptação 1"x25mm PVC soldável	7	un	2,22	15,54
Tê rosca 1" PVC	3	un	9,72	29,16
Joelho PVC soldável 25mm	19	un	0,66	12,54
Luva PVC soldável 25mm	2	un	1,51	3,02
Bucha PVC 32x25mm	9	un	0,76	6,84
Cola para tubo soldável	1	un	15,66	15,66
Tubulação em cobre 22mm	30	m	32,19	965,70
Conector 604RM 22mmX3/4"	4	un	9,98	39,92
Conector 603RF 22mmX3/4"	2	un	14,95	29,90
Conector 603RF 28mmX1"	2	un	26,65	53,30
Tê 90° latão	1	un	13,35	13,35
Bucha 28x22mm	2	un	8,57	17,14
Isolante térmico 22x10mm	48	m	7,00	336,00
Tubo AquaTerm 22mm	9	m	9,84	88,56
Joelho AquaTerm 22mm	6	un	3,11	18,66
Conector AquaTerm 22mm	1	un	13,99	13,99
Total				R\$ 1.781,59

Fonte: Autoria própria (2019)

5 CONCLUSÃO

Neste Trabalho de Conclusão de Curso foi realizada a descrição da concepção (projeto e construção) de um aparato experimental para testes em coletores colares através de um circuito fechado de aquecimento de água instalado no Laboratório de Energia Solar do Departamento Acadêmico de Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná/*Câmpus* Ponta Grossa – LabSOLAR/DAMEC/UTFPR/PG.

Este equipamento foi financiado através de recursos provenientes do DAMEC/UTFPR/Ponta Grossa e da PROGRAD/PROREC. O montante envolvido foi de aproximadamente R\$ 45.000 (quarenta e cinco mil reais) incluindo a construção de um mezanino metálico. As considerações técnicas de projeto e as características construtivas dos componentes tornam o equipamento versátil e de fácil operação, qualificando-o para a realização de experimentos didáticos, científicos e de inovação tecnológica acerca dos mais diversos modelos de coletores solares contribuindo para desenvolvimento na área de Energia Solar.

REFERÊNCIAS

- ABRAVA (Comp.). **AQUECIMENTO SOLAR RENDE MAIS QUE POUPANÇA**. 2013. Disponível em: <<http://abrava.com.br/?p=4060>>. Acesso em: 17 abril. 2018.
- BALAROTI. **Válvula de retenção vertical**. Disponível em: <<https://www.balaroti.com.br/valvula-retencao-34-vertical-30100600-docol-40081/p>>. Acesso em: 29 jun. 2019.
- CONEJERO, Maria Carolina; CALIA, Rogério Cerávolo; SAUAIA, Antonio Carlos Aidar. REDES DE INOVAÇÃO E A DIFUSÃO DA TECNOLOGIA SOLAR NO BRASIL. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 12, n. 2, p.90-109, abr./jun. 2015.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2019**. Rio de Janeiro: 2019.
- HIMALAYA. **Guia de energia solar**. [s.l.]: [s.n.], 2004. Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia6.pdf>>.
- KOMEÇO. **Aquecedor solar_ saiba como ele surgiu _ Komeço**. 2015. Disponível em: <<http://www.komeco.com.br/blog/consumidor/historia-do-aquecedor-solar-saiba-como-ele-surgiu.html>>. Acesso em: 26/maio/18.
- MAIA, J. M. M. da R. **Seleção de Bomba e equipamentos hidráulicos para reaproveitamento de água da chuva**. 2016.
- NAUM, F. **Tecnologia Solar no Brasil. Os próximos 20 anos**. *Grupo de Pesquisas em Fontes Alternativas de Energia*, [s.l.], p. 11, 2015.
- OLIVEIRA, Á. D. De. **Análise de custos entre coletores solares quanto a aspectos construtivos**. 37 p. - Universidade Federal de Santa Maria, 2014.
- RODRIGUES, D.; MATAJS, R. **Um banho de Sol para o Brasil**. Vitae Civi ed. São Lourenço da Serra: [s.n.], 2004. 124 p. ISBN: 8599722018.

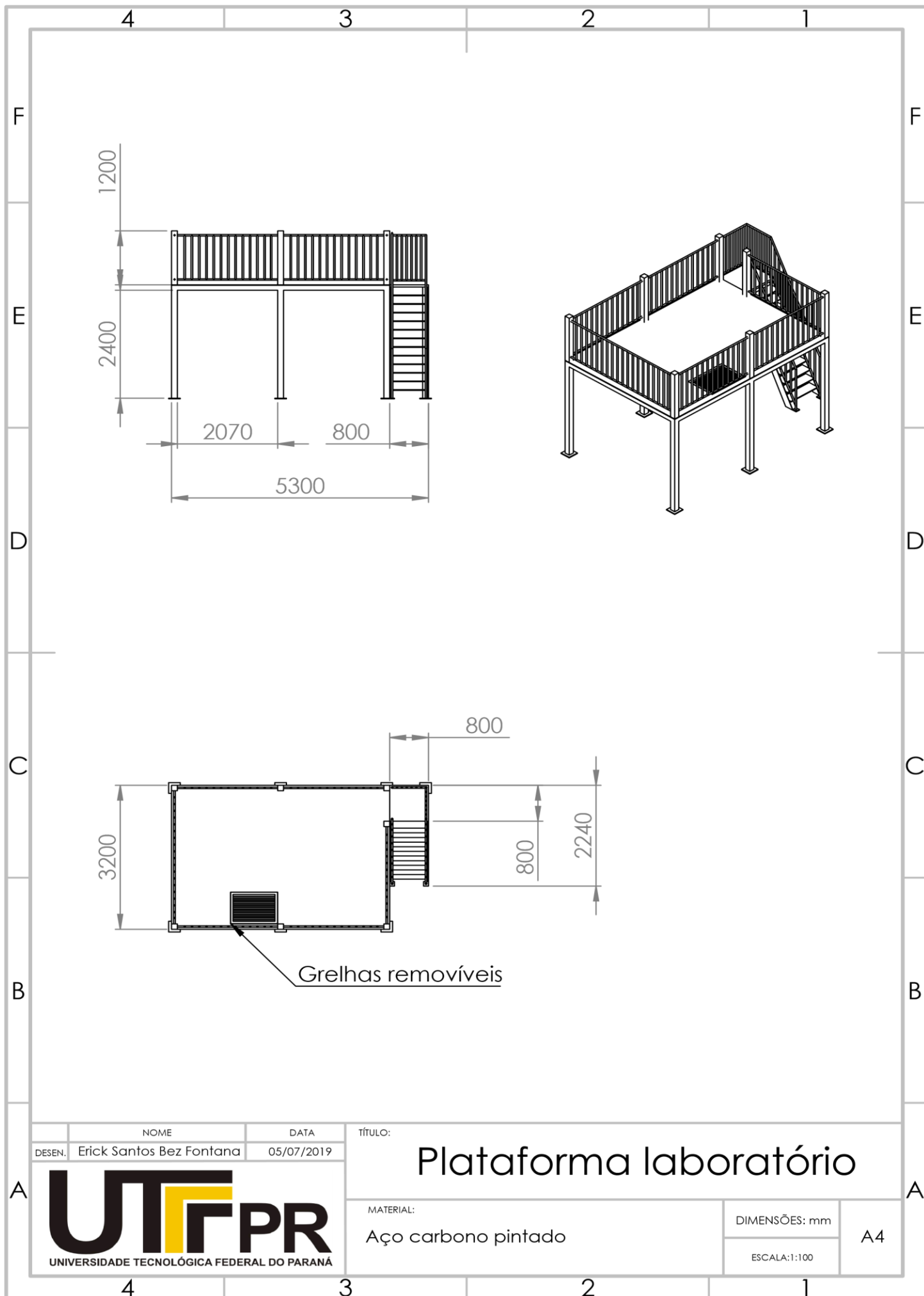
SOLAR ENERGY. **Active Solar Energy Dryers | Everything about solar energy.** 2010. Disponível em: <<http://energyprofessionalsymposium.com/?p=10450>>. Acesso em: 27/maio/18.

SOLETROL. **O Que é e Como Funciona o Aquecedor Solar de Água.** 2013. Disponível em: <<http://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>>. Acesso em: 27/maio/18.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Isolamento térmico e acústico.** Disponível em: <<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/maquinas-e-equipamentos/jetfrio/produtos/isolamento-termico-e-acustico/isolamento-termico-armaflex>>. Acesso em: 29 jun. 2019.

VARELLA, F. K. de O. M. **Tecnologia Solar Residencial : Inserção de Aquecedores Solares de Água no Distrito de Barão Geraldo - Campinas.** 136 p. - Universidade Estadual de Campinas, 2004.

APÊNDICE A - Projeto mezanino com cotas



DESEN.	NOME	DATA
Erick Santos Bez Fontana		05/07/2019

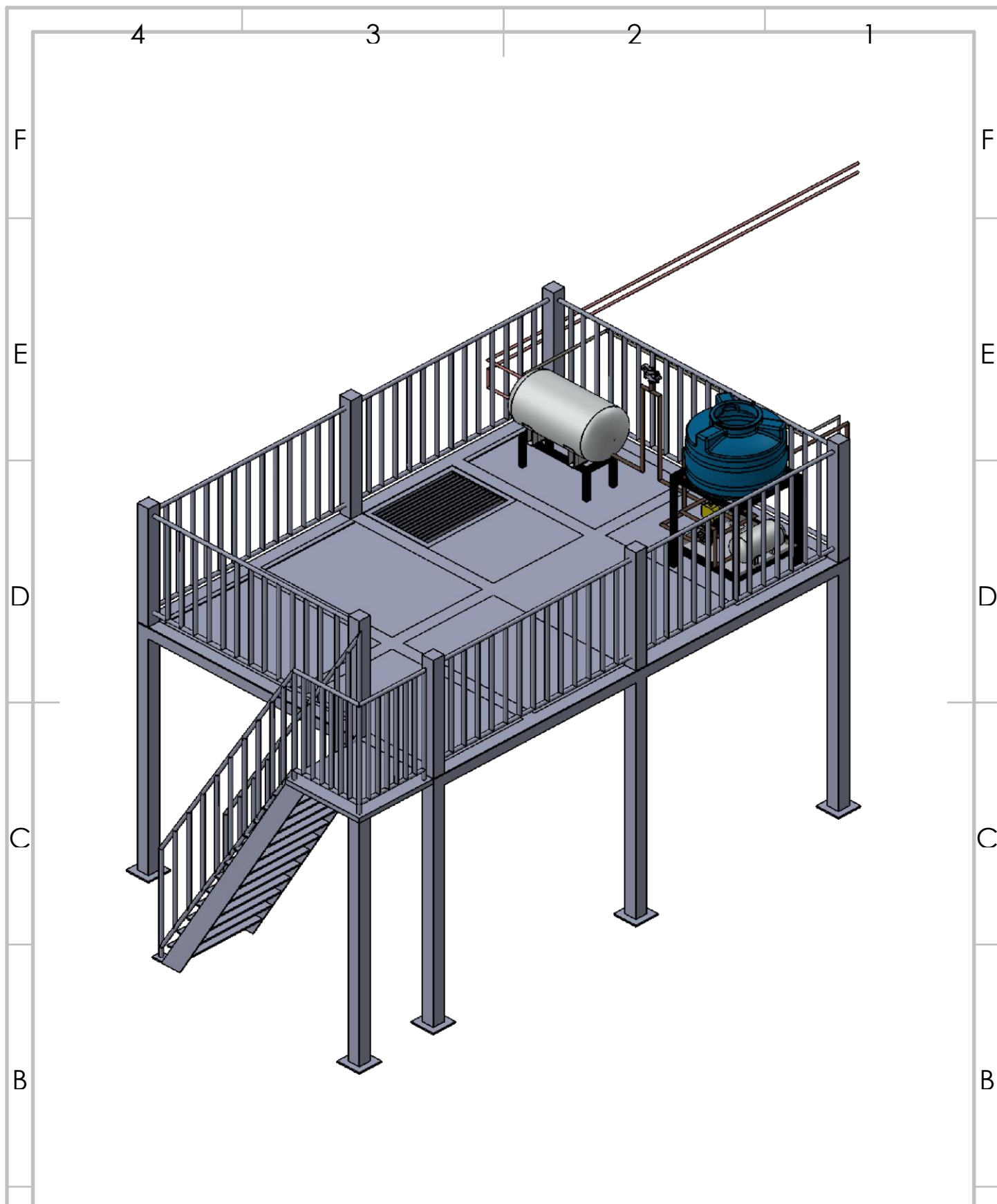
TÍTULO: **Plataforma laboratório**



MATERIAL:
Aço carbono pintado

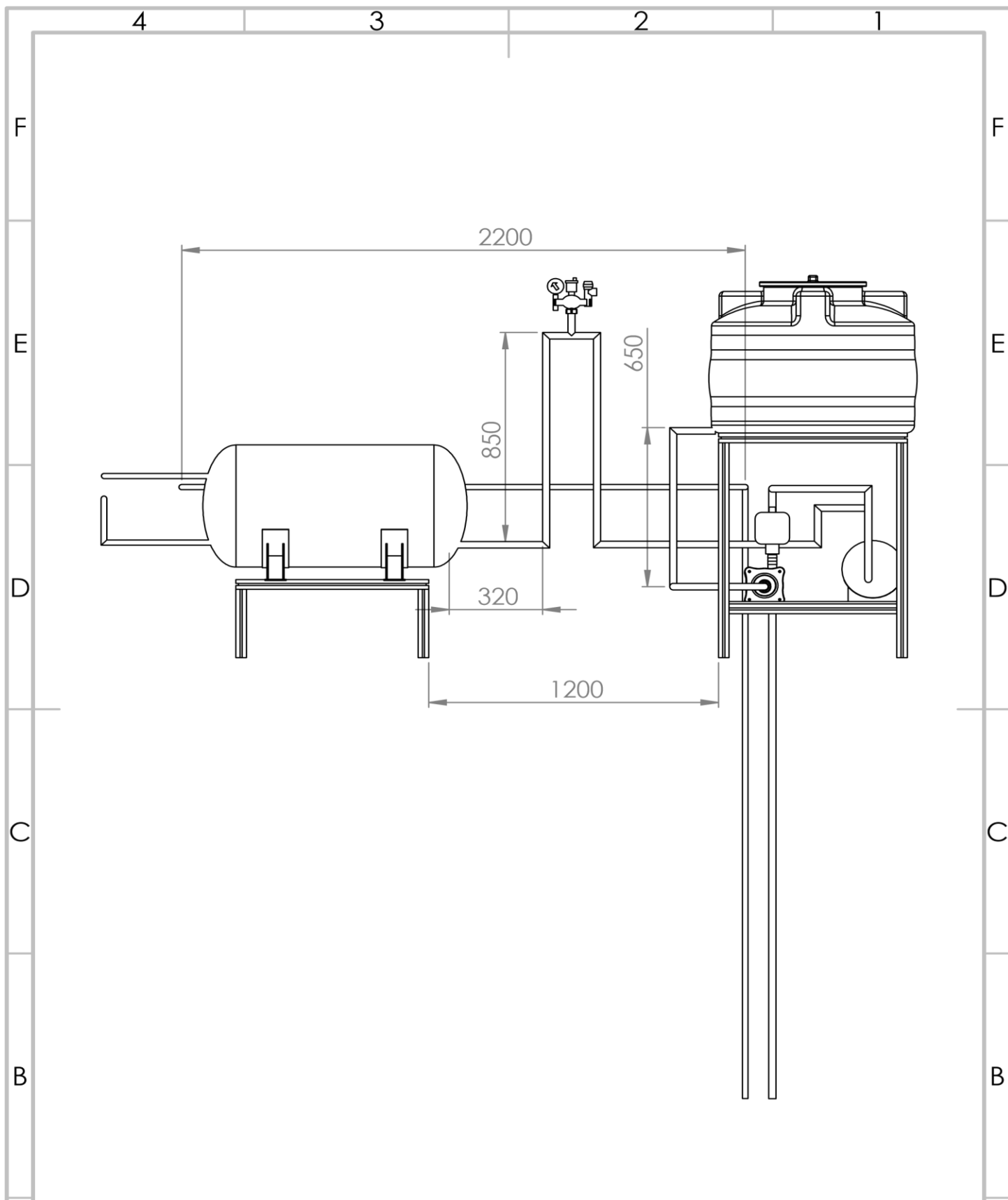
DIMENSÕES: mm	A4
ESCALA: 1:100	

APÊNDICE B - Desenho geral do sistema



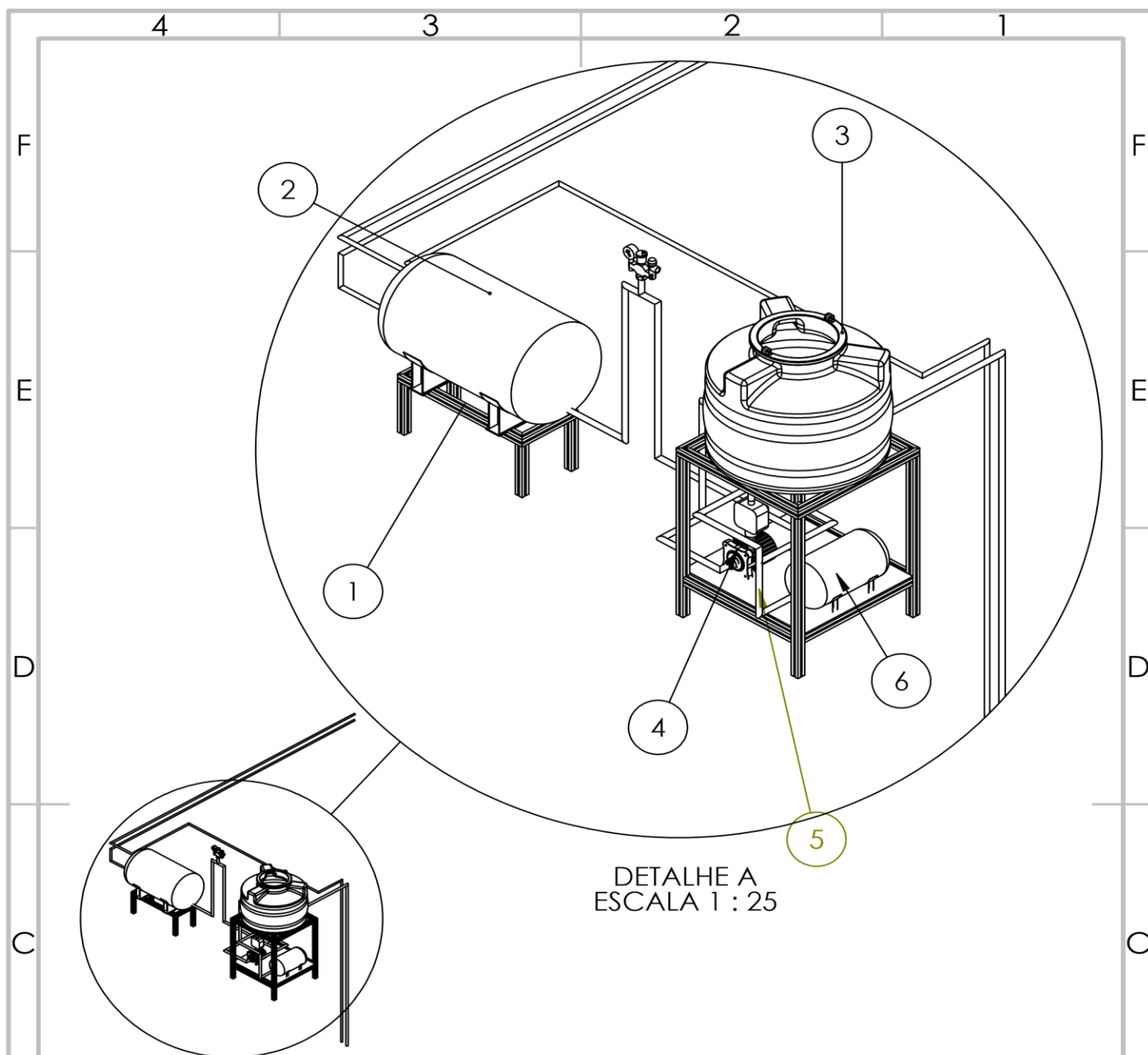
NOME		DATA	TÍTULO	
Erick Santos Bez Fontana		05/07/2019	Aparato experimental completo	
MATERIAL			DIMENSÕES - mm	A4
Variado			ESCALA: 1:40	





NOME		DATA	TÍTULO:	
DESEN.	Erick Santos Bez Fontana	05/07/2019	Dimensões tubulações	
MATERIAL:			DIMENSÕES: mm	A4
Variado			ESCALA:1:30	





DETALHE A
ESCALA 1 : 25

Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	Estrutura boiler	Autoria própria	1
2	Boiler	Cap.: 100L	1
3	Caixa d'água	Cap.: 300L	1
4	Bomba (pressurizador)	1/2 HP	1
5	Estrutura caixa d'água	Autoria Própria	1
6	Vaso de expansão	24 L e 10 bar	1

NOME: Erick Santos Bez Fontana
DATA: 05/07/2019

TÍTULO:

Aparato geral (conjunto)

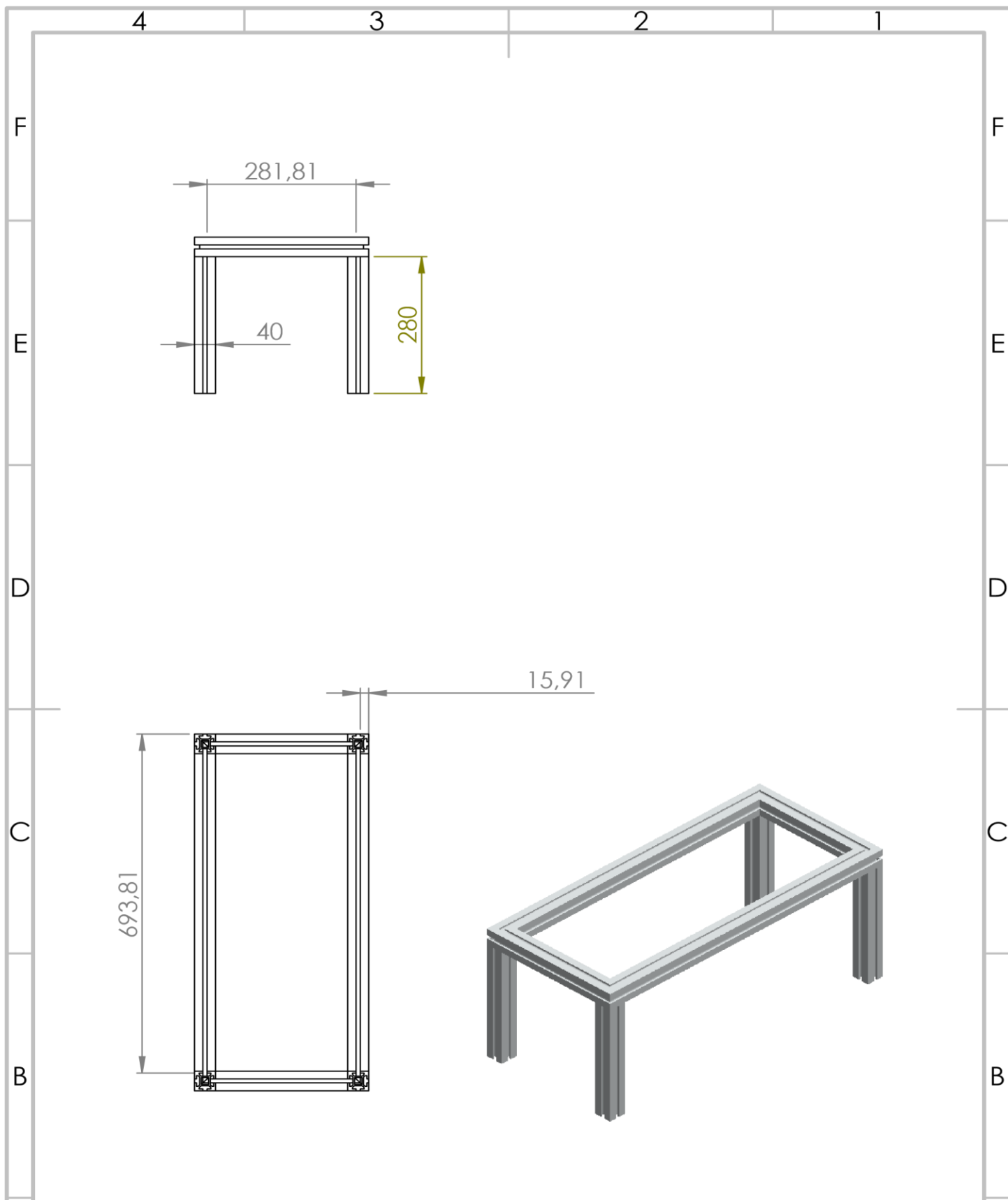
UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MATERIAL:
Variado

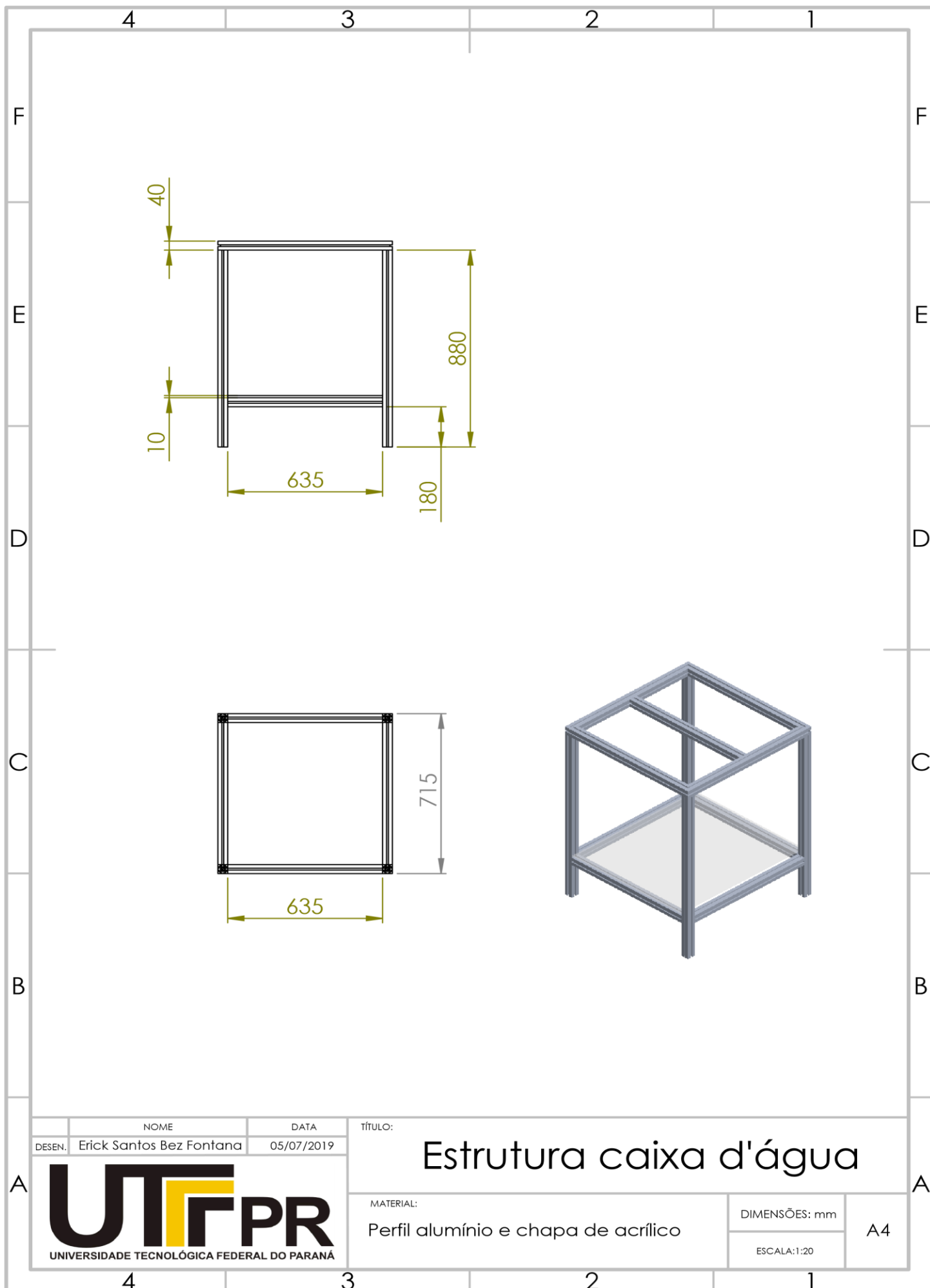
DIMENSÕES: mm

ESCALA: 1:200

A4



NOME		DATA	TÍTULO:	
DESEN.	Erick Santos Bez Fontana	05/07/2019	Estrutura boiler	
<p>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</p>			MATERIAL:	DIMENSÕES: mm
			Perfil alumínio	ESCALA: 1:10
				A4



DESEN.	NOME	DATA
Erick Santos Bez Fontana		05/07/2019

TÍTULO: **Estrutura caixa d'água**



MATERIAL:
Perfil alumínio e chapa de acrílico

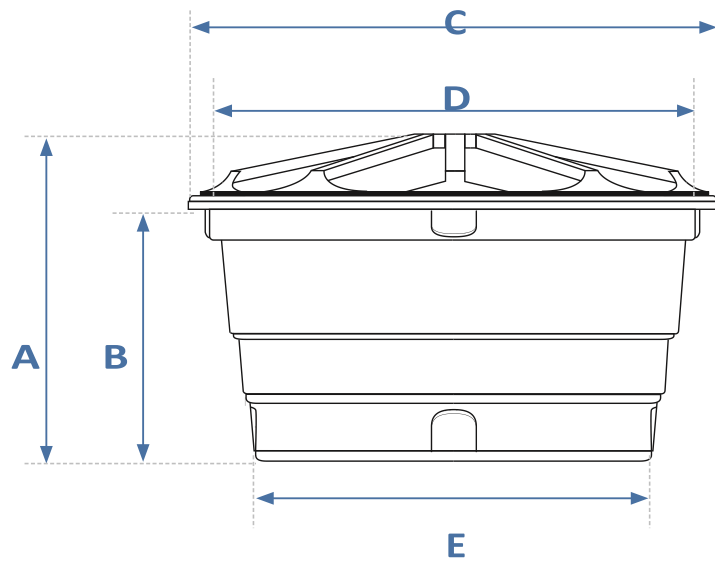
DIMENSÕES: mm

ESCALA: 1:20

A4

ANEXO A - Especificações técnicas da caixa d'água

DIMENSÕES:



Capacidade em litros	Dimensões em metros				
	A	B	C	D	E
100	0,51	0,41	0,75	0,73	0,54
150	0,55	0,43	0,88	0,87	0,61
250	0,68	0,53	1,00	0,98	0,74
310	0,69	0,54	1,05	1,04	0,75
500	0,72	0,58	1,24	1,22	0,95
750	0,86	0,73	1,37	1,35	1,00
1.000	0,97	0,76	1,52	1,51	1,16
1.500	1,05	0,83	1,77	1,75	1,43
2.000	1,10	0,90	1,89	1,88	1,55
3.000	1,49	1,21	2,28	2,22	1,72
5.000*	2,00	1,63	2,45	2,37	1,85
7.500*	2,12	1,81	2,79	2,70	2,24
10.000*	2,57	2,03	2,95	2,92	2,41
15.000*	3,13	2,62	3,17	3,15	2,67

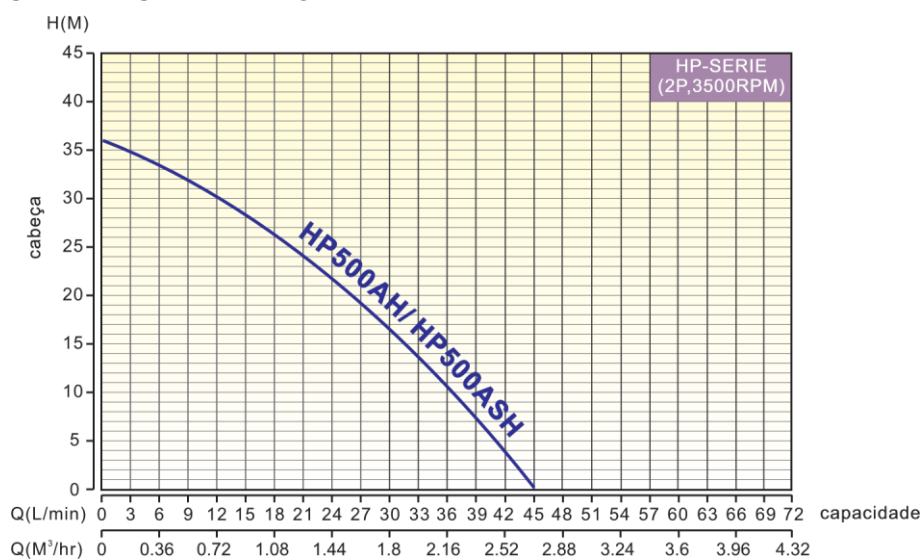
ANEXO B - Especificações técnicas da bomba



Operação Condição Pressurizador HP 500

1. Temperatura ambiente: 0 ~ 40°C.
2. Temperatura do líquido: 0 ~ 40°C.
3. A água limpa ou outros líquidos não-corrosivo limpas sem abrasivos.
4. Pressão de trabalho: Max. 6 bar.
5. Sucção Elevador: Max.6M.

CURVAS DE DESEMPENHO



ESPECIFICAÇÃO

modelo	poder		ciclo	entrada	saída	PH	Voltagem	succão	Classificado		máximo		peso líquido
	HP	W							M	L/min	M	L/min	
			Hz	Inch	Inch	(\varnothing)	V	M					KG
HP500ASH	1/2	370	60	3/4";1"	3/4";1"	1	110/220	6	20	26	36	45	9.2

OPERAÇÃO

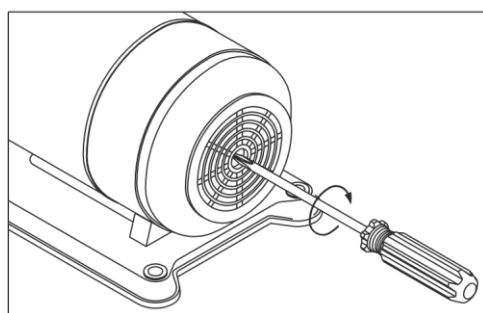


FIG.1

1. Certifique-se de usar a tensão direita
2. Retire a tampa de priming e despeje a água na tubulação e succão da bomba, em seguida, prenda o plugue.
3. Insira uma cruz chave de fenda na ranhura de eixo, e o eixo gira 2-3 rondas para verificar se a bomba funciona normalmente, em seguida, abrir uma torneira o lado de entrega, a ligar a alimentação ligar. (Fig.1)
4. Depois de o interruptor de energia, o motor deve ligar imediatamente. Depois de algumas segunda a água deve ser entregue.
5. Se a água não ser entregue imediatamente desligar a alimentação. Repita o passo 2 e definir o poder ON / OFF continuamente para fazer a tubulação de succão ser preenchido com água.

ANEXO C - Especificações técnicas do pressostato



HIODA

PRESOSTATO HPW

- O PRESSOSTATO HPW é um equipamento que trabalha com um pressostato interligado a um fluxostato. Mantém a rede sempre pressurizada, ligando a bomba quando abrimos qualquer registro (queda de pressão na rede) e desligando a mesma quando fechamos o registro (falta de fluxo). Vantagens:
 - Mantém a pressão da rede constante durante o período de utilização.
 - Protege a bomba contra o funcionamento a seco.
 - Não necessita de nenhum tipo de regulagem ou manutenção.
 - Os pontos de consumo podem ficar acima da caixa d'água.
 - Trabalha em conjunto com um fluxostato interno, o que permite sua utilização em baixas vazões, evitando assim o tradicional liga e desliga dos pressostatos convencionais.

Característica Técnicas:

- Tensão de alimentação: 110V ou 220V BIVOLT
- Frequência: 60Hz
- Corrente máxima: IOA
- Temperatura ambiente (local da instalação): 0 °C a 40°C
- Pressão máxima na sucção: 100mca
- Temperatura da água: 5 °C a 40 °C
- Conexões: 1" BSPM
- Peso: 1,43kg

ANEXO D - Especificações técnicas do vaso de expansão



Características técnicas

Temperatura máxima de trabalho: 99°C

Pressão máxima de trabalho: 8bar (26 e 36 litros) e 10bar (60 litros).

Membrana: Butilo

Capacidade: 24 litros - 36 litros e 60 litros

Bitola: 1"

Flange em Inox.

Vaso de Expansão HNL



HIODA

dilatação térmica da água.

Quando montado com pressurizador, o vaso de expansão aumenta o intervalo de acionamento do mesmo, acarretando economia de energia elétrica.



DISPOSIÇÕES GERAIS

Aplicações

Estes modelos podem ser utilizadas para água quente ou fria.

Pode ser utilizado em circuitos fechados de água quente para compensar a

12.1. A HIODA reserva-se o direito de modificar e alterar as especificações, design, ou introduzir melhoramentos nos seus produtos, a qualquer tempo, sem incorrer na obrigação de efetuar o mesmo nos produtos anteriormente vendidos.

12.2. A HIODA não é responsável por qualquer prejuízo (dano moral, material, lucros cessantes e outros) eventualmente sofrido pelo usuário, decorrente da paralisação do produto, seja em virtude de defeito, falha, manutenção, reparo, com o que expressamente concorda o adquirente do produto.

12.3. Todo e qualquer problema relacionado ao produto adquirido.

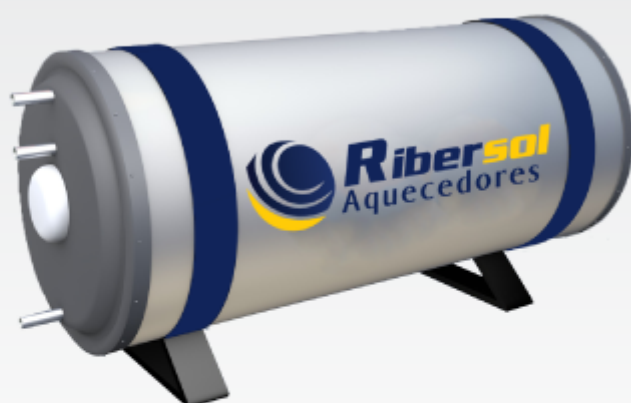
ATENÇÃO

IMPORTANTE: Caso os itens citados neste não forem observados, a HIODA se isenta de qualquer responsabilidade quanto à possíveis vazamentos.

ANEXO E - Especificações técnicas do boiler

Reservatório Térmico

O Sistema de aquecimento **RIBERSOL** é projetado com tecnologia de ponta. Depois de aquecida no conjunto de coletores a água quente segue para o tanque (boiler), onde fica acumulada até o uso. O equipamento possui sistema elétrico auxiliar acionado automaticamente se a demanda por água quente for maior que a capacidade.



Durabilidade - Corpo interno em aço AISI 304 e revestimento em galvalume, materiais de alta durabilidade;

Eficiência - Isolamento térmico em poliuretano expandido;

Dinamismo - Termostato com acionamento automático

Tanque (diâmetro 1,00m):

Volume Nominal (Litros)	Diâmetro (cm)	Comprim. (cm)	Potência Resistência (220V 60Hz)
1500	1,00	1,80	3000W
2000	1,00	2,10	3000W
2500	1,00	2,50	3000W
3000	1,00	3,10	3000W

Reservatório Térmico (Boiler):

Tanque (diâmetro 0,54cm):

Volume Nominal (Litros)	Diâmetro (cm)	Comprim. (cm)	Potência Resistência (220V 60Hz)
100	0,54	0,54	3000W
200	0,54	1,30	3000W
300	0,54	1,50	3000W
400	0,54	2,10	3000W
500	0,54	2,50	3000W
600	0,54	3,00	3000W

Tanque (diâmetro 0,68cm):

Volume Nominal (Litros)	Diâmetro (cm)	Comprim. (cm)	Potência Resistência (220V 60Hz)
100	0,68	0,50	3000W
200	0,68	0,71	3000W
300	0,68	1,00	3000W
400	0,68	1,30	3000W
500	0,68	1,50	3000W
600	0,68	1,80	3000W
700	0,68	2,10	3000W
800	0,68	2,40	3000W
900	0,68	2,70	3000W
1000	0,68	3,00	3000W

ANEXO F - Especificações técnicas do recirculador de água



Circuladora de água HBS 100

HIODA

Aplicações:

- Aquecimento solar
- Calefação
- Recirculação de sistemas fechados

Características Técnicas:

- Corpo: Bronze
- Potência: 93/67/46 W
- Tensão: 110V ou 220V monofásico
- Frequência: 60Hz
- Temperatura da água: 5 °C a 40 °C
- Pressão máx. na sucção: 10 bar
- Vazão máx.: 50 l/min
- Vazão mínima para acionar: 1,2 l/min
- Rosca Bomba: 1"
- Conexões: 3/4 BSPM.

Vantagens:

- Silencioso
- Menor tempo para instalação
- Leve e compacto
- Não possui selo mecânico (isento de vazamentos)
- Não possui rolamentos
- Motor isento de vibrações

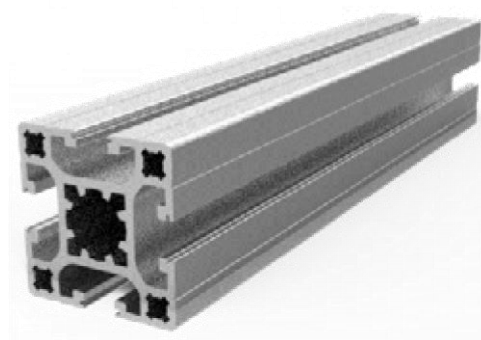
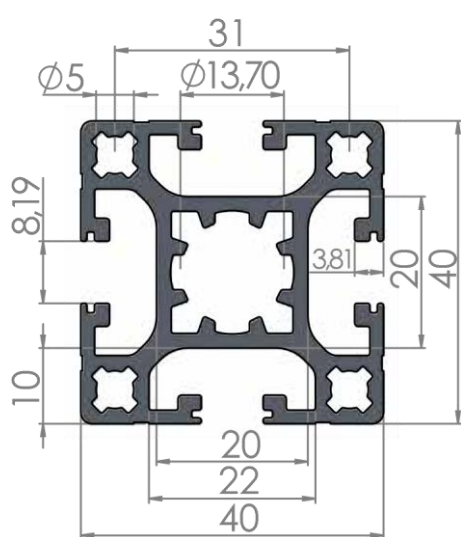
ANEXO G - Especificações técnicas dos perfis estruturais de alumínio

A ESTRUTURA FORTE E INTELIGENTE
PERFIS - 40X40

FORSETI 
ESTRUTURAS MODULARES PARA SEU PROJETO

• PERFIL 40X40 BÁSICO

COD: PF40-01



■ Combinação de leveza e resistência, ideal para sustentar projetos mecânicos que exigem alta resistência da estrutura.

Excelente para estruturas de médio e grande porte.

IX, IY	9,12cm ⁴
ÁREA TRANSVERSAL	5,53cm ²
PESO	1,493kg/m