



Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA  
Projeto Integrador Engenharia 2

## **Autochopp - Máquina Autônoma de Compra e Serventia de Chopp**

Projeto Autochopp  
Orientadores: Alex Reis, Paulo Meirelles, Rhander Viana e  
Sebastièn Rondineau

Brasília, DF  
Agosto de 2017





Clóves Júnior, Edson Gomes, Felipe Côrrea, Filipe Ribeiro, Gabriel Henrique, Gabriela Volpato, Guilherme Matias, Ithallo Junior, Jéssica Brito, Lucas Raposo, Oziel da Silva, Phelipe Wener, Victor Henrique.

## **Autochopp - Máquina Autônoma de Compra e Serventia de Chopp**

Relatório técnico referente à disciplina de Projeto Integrador 2, reunindo os cursos de Engenharias presentes no Campus Gama, da Universidade de Brasília.

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Alex Reis, Paulo Meirelles, Rhander Viana e Sébastien  
Rondineau

Brasília, DF  
Agosto de 2017

# Listas de ilustrações

Figura 1 – Simulação do sistema de Refrigeração. Fonte: Própria.	11
Figura 2 – Processo de Montagem do Sistema de Refrigeração. Fonte: Própria.	12
Figura 3 – Moldagem do chirller. Fonte: Própria.	13
Figura 4 – Desenho esquemático do chirller. Fonte: Própria.	13
Figura 5 – Vista em corte da mangueira com o tubo de alumínio inserido. Fonte: Própria.	13
Figura 6 – Tê adaptado para entrada e saída de chopp. Fonte: Própria.	14
Figura 7 – Sistema aberto e alocação dos dispositivos. Fonte: Própria.	15
Figura 8 – Nipel de gás. Fonte: Própria.	17
Figura 9 – Tubos Desconectados. Fonte: Própria.	18
Figura 10 – Processo de Flangeamento. Fonte: Própria.	19
Figura 11 – Recarga do sistema com gás R22. Fonte: Própria.	20
Figura 12 – Sensor de temperatura DS18B20. Fonte: Própria.	22
Figura 13 – Esquemático do sensor de temperatura. Imagem da internet.	22
Figura 14 – Sistema de acionamento de motor de passo.	24
Figura 15 – Solenoide utilizado.	24
Figura 16 – Vista Explodida. Fonte: Própria.	25
Figura 17 – Frame Principal. Fonte: Própria.	26
Figura 18 – Deformação Frame. Fonte: Própria.	27
Figura 19 – Deformação Local. Fonte: Própria.	28
Figura 20 – Fator de Segurança. Fonte: Própria.	28
Figura 21 – Tensão Local. Fonte: Própria.	29
Figura 22 – Tensão. Fonte: Própria.	29
Figura 23 – Deformação da chapa após redimensionamento. Fonte: Própria.	30
Figura 24 – Perfis Cortados. Fonte: Própria.	31
Figura 25 – Esmerilhadeira usada para acabamento dos cortes. Fonte: Própria.	31
Figura 26 – Guilhotina usada no corte de chapas. Fonte: Própria.	32
Figura 27 – Maquina para soldagem MIG. Fonte: Própria.	32
Figura 28 – Solda realizada na estrutura. Fonte: Própria.	33
Figura 29 – Frame principal após o término da soldagem. Fonte: Própria.	33
Figura 30 – Mecanismo de inclinação do chopp. Fonte: Própria.	34
Figura 31 – Modelagem. Fonte: Própria.	35
Figura 32 – Tela Inicial. Fonte: Própria.	37
Figura 33 – Tela de Leitura de <i>QRCode</i> . Fonte: Própria.	37
Figura 34 – Tela informando que o <i>QRCode</i> foi lido com sucesso. Fonte: Própria.	38
Figura 35 – Tela informando que o <i>QRCode</i> não foi lido com sucesso. Fonte: Própria.	38

Figura 36 – Página Inicial - Registrar - Página Inicial com usuário logado. Fonte: Própria. . . . .	41
Figura 37 – Tela de Compra - Tela de Pedidos. Fonte: Própria. . . . .	41
Figura 38 – Cronograma para a fase de integração de subsistemas. Fonte: Própria. .	43

## Listas de tabelas

Tabela 1 – Testes Iniciais do Sistema de Refrigeração . . . . .	16
---	----

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>ENERGIA</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Casos de Teste</b>	<b>9</b>
2.1.1	NoBreak	9
2.1.1.1	Retificador	9
2.1.1.2	Inversor	9
<b>2.2</b>	<b>Sistema de Refrigeração</b>	<b>9</b>
2.2.0.1	Simulação do sistema de Refrigeração	11
2.2.1	Montagem e Construção do Sistema de Refrigeração	12
2.2.1.1	Descrição das etapas	12
2.2.1.1.1	Manufaturação do Chirller	12
2.2.1.1.2	Desmontagem do Sistema	14
2.2.1.1.3	Montagem do Sistema	15
<b>2.3</b>	<b>Sistema de Proteção</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>ELETRÔNICA</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Requisitos do Projeto</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Casos de teste</b>	<b>21</b>
<b>3.3</b>	<b>Funcionamento</b>	<b>21</b>
<b>3.4</b>	<b>Solução adotada</b>	<b>21</b>
3.4.1	Controle de temperatura	21
3.4.2	Controle de saída de chopp	22
3.4.2.1	Presença do copo	22
3.4.2.2	Controle de fluxo	22
3.4.2.3	Controle de colarinho	23
3.4.3	Atuação dos motores	23
3.4.4	Abertura do reservatório de copos	24
<b>3.5</b>	<b>Relatório de teste</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>ESTRUTURA</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>Levantamento dos esforços a serem levantados</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>Simulação</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Fabricação</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>SOFTWARE</b>	<b>35</b>

<b>5.1</b>	<b>WebService</b>	<b>35</b>
<b>5.2</b>	<b>Sistema Administrativo</b>	<b>36</b>
<b>5.3</b>	<b>Sistema de Validação de Compra</b>	<b>36</b>
<b>5.4</b>	<b>Aplicativo Mobile</b>	<b>38</b>
5.4.1	Requisitos do Projeto	39
5.4.1.1	Comprar Chopp	39
5.4.1.2	Cadastrar Usuário	39
5.4.1.3	Confirmar Cadastro	39
5.4.1.4	Finalizar Compra	39
5.4.1.5	Listar Cupons(QRCode)	39
5.4.1.6	Efetuar Compra Offline	40
5.4.1.7	Visualizar Cupon(QRCode)	40
5.4.2	Projeto	41
5.4.3	Casos de Teste	41
5.4.4	Solução Adotada	41
<b>6</b>	<b>PLANO DE INTEGRAÇÃO</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>45</b>



# 1 Introdução

Neste relatório é apresentado o andamento e o desenvolvimento do projeto Auto-Chopp que ocorreu entre os pontos de controle 1 e 2. O foco será dado em questões mais práticas, levantando os resultados obtidos e o que se espera pro decorrer do projeto.

O objetivo desta fase foi o desenvolvimento dos subsistemas separadamente, levando em consideração a segurança e viabilidade de cada um, bem como a sua qualidade final. Eles foram desenvolvidos em paralelo, porém, com foco na integração de cada um, que será a próxima fase do projeto.

Desta forma, este relatório trata sobre os resultados obtidos ao longo das semanas de implementação do ponto de controle 2.



## 2 Energia

### 2.1 Casos de Teste

#### 2.1.1 NoBreak

##### 2.1.1.1 Retificador

- **Pré Condição:**

- Tensão 220v Alternada;
- Frequência 60Hz

- **Saída:** Tensão 12v Contínuo

- **Fluxo de Eventos:** Transformação para 16v alternada; Retificação por diodos; Carga capacitiva para diminuição de Ripple; Diodo Zener para regulação de Tensão.

##### 2.1.1.2 Inversor

- **Pré Condição:** Tensão 12V contínua

- **Saída:**

- Frequência 60Hz
- Tensão 220v Alternada

- **Fluxo de Eventos:** Chaveamento de Transistores em ciclos diferentes (60Hz); Transformação de 12+12v para 220v Alternado.

### 2.2 Sistema de Refrigeração

Na parte de planejamento do sistema de refrigeração, foram feitos todos os cálculos referentes ao sistema.

O dimensionamento da potência do compressor, necessário no ciclo de refrigeração foi feito a partir da Primeira Lei da Termodinâmica, onde calculou-se a carga térmica necessária a ser retirada do chopp, considerando que a vazão necessária a ser retirada da chopeira é 45l/h, ou aproximadamente,  $0,00125\text{m}^3/\text{s}$ , a Primeira Lei para o compressor será:

$$Q_{(ponto)} = m_{(ponto)} \times (h_1 - h_2) \quad (2.1)$$

Onde:

- Q = Quantidade de calor
- m = fluxo mássico (vazão multiplicada pela densidade)
- h = entalpia

Manipulando, têm-se:

$$h_1 - h_2 = Cp_{méd} \times (T_1 - T_2) \quad (2.2)$$

Onde:

- $Cp_{mádi}$  = Calor Específico a pressão constante
- T = Temperatura do fluido

então, substituindo na primeira equação teremos:

$$Q_{ponto} = m_{ponto} \times Cp_{méd} \times (T_1 - T_2) \quad (2.3)$$

Consideramos como fluido para os cálculos a água, visto que o chopp tem bastante água na sua composição e que não foram encontrados dados para o calor específico do chopp, a aproximação é aceitável. O valor de calor específico a pressão constante encontrado para a água é de 4,18KJ/Kg. A temperatura considerada na entrada do trocador de calor é a mesma que a temperatura ambiente de aproximadamente 25°C, e a requerida na saída dele para estar de acordo com os requisitos é de aproximadamente 1°C. Dessa forma, o fluxo mássico:

$$m_{ponto} = p \times V \quad (2.4)$$

$$m_{ponto} = 1000 \times 0,00125 \quad (2.5)$$

$$m_{ponto} = 0,0125 \quad (2.6)$$

Logo, a carga térmica a ser retirada do fluido, no trocador de calor, pelo gás que sai do compressor será:

$$Q_{ponto} = 0.0125 \times 4.18 \times (25 - 1(-1)) = 1.35\text{KW} \quad (2.7)$$

Ou então:

$$46.32.48\text{Btu/h} \quad (2.8)$$

Analizando o catálogo (nome), para essa carga térmica seria necessário um compressor de  $\frac{1}{2}$  Hp.

#### 2.2.0.1 Simulação do sistema de Refrigeração

Para a segurança do funcionamento do sistema de refrigeração usou-se o Software CoolPack para a simulação do sistema como um todo. Nesse software dados construtivos físicos dos seguintes elementos foram inseridos: Evaporador, Condensador, moto-compressor e tubulação.

A figura 2 ilustra a simulação realizada no software juntamente com os dados das temperaturas em cada estado. Essas temperaturas serão importantes para o devido entendimento da troca de calor entre evaporador e o líquido externo ao sistema a ser refrigerado.

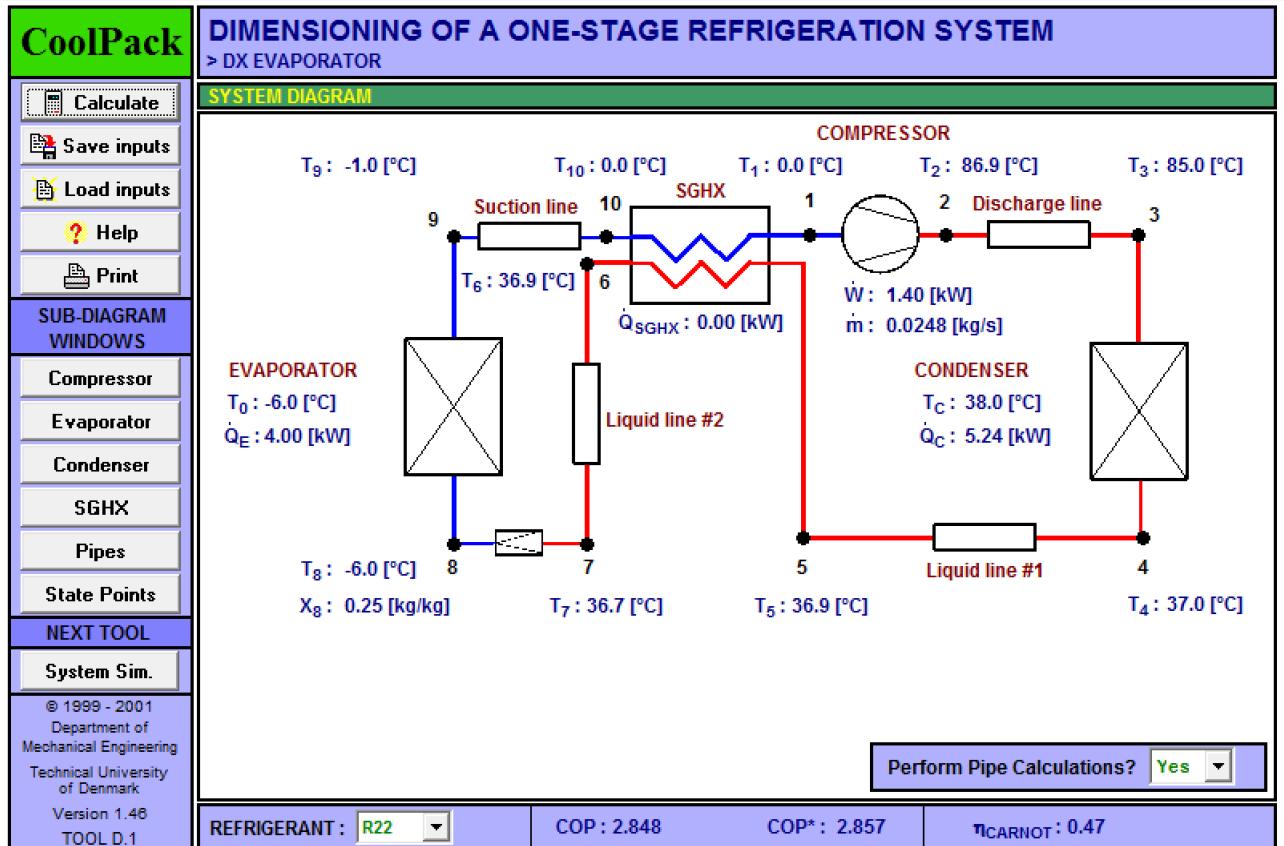


Figura 1 – Simulação do sistema de Refrigeração. Fonte: Própria.

Observa-se na imagem acima que foi inserido o dado correto quanto ao tipo de gás em que o compressor opera. Tem-se como resultado importante a quantidade de energia, ou seja, calor transferida no evaporador que corresponde a 4.00 kW. Esse dado será validado nos testes do sistema já montado.

### 2.2.1 Montagem e Construção do Sistema de Refrigeração

A montagem foi feita com apenas um chiller no protótipo por motivos de custo, sendo assim, a potência do compressor foi reduzida pela metade, ou seja,  $\frac{1}{4}$  Hp. O compressor foi cedido pelo professor Rander, para viabilizar que o protótipo fosse fabricado, as especificações desse compressor são as seguintes:

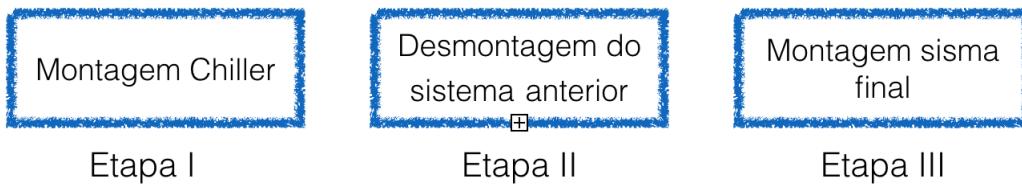


Figura 2 – Processo de Montagem do Sistema de Refrigeração. Fonte: Própria.

#### 2.2.1.1 Descrição das etapas

Para a montagem do sistema de refrigeração teve que seguir as seguintes etapas:

##### 2.2.1.1.1 Manufaturação do Chirller

Neste processo, os materiais utilizados foram: uma panqueca de alumínio  $\frac{3}{8}$  e 15 metros, uma mangueira atóxica trançada  $\frac{3}{4}$ , 2 kits de engate rápido para mangueira, 2 reduções de  $\frac{3}{4}$  para  $\frac{1}{2}$ , 2 tês de PVC com extremidades de  $\frac{3}{4}$  e central de  $\frac{1}{2}$ , 2 espigões de mangueira de  $\frac{3}{4}$  e 4 nipes de união de  $\frac{1}{2}$ , 2 braçadeiras de  $\frac{3}{4}$  e 2 adaptadores de gás de  $\frac{1}{2}$  para  $\frac{3}{8}$ . Primeiro, lavou-se a mangueira com água e sabão, feito isso, desenrolou-se a panqueca em todo o seu comprimento, de forma que ela ficasse bem reta.

Na segunda parte do processo, o tubo de alumínio foi inserido dentro da mangueira, ainda de forma que que a estrutura ficasse reta. Depois, enrolou-se a estrutura no molde, que tem 30cm de diâmetro, prendendo ele com lacres de plástico. A imagem a seguir ilustra esse processo, feito por membros do grupo:

Foi feito um desenho esquemático do Chirller no software CatiaV5 para possibilitar as simulações, ele está ilustrado na figura 4.



Figura 3 – Moldagem do chirller. Fonte: Própria.

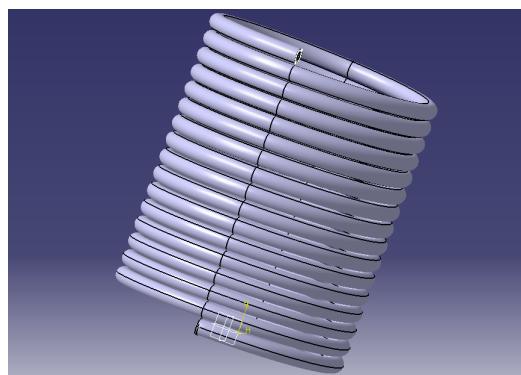


Figura 4 – Desenho esquemático do chirller. Fonte: Própria.

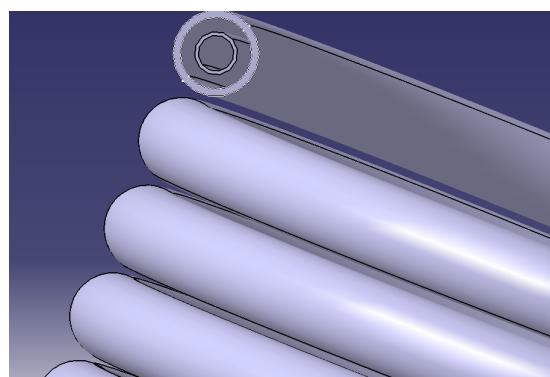


Figura 5 – Vista em corte da mangueira com o tubo de alumínio inserido. Fonte: Própria.

Na terceira parte da passagem, passou-se fita veda-rosca em todos os acessórios de tubulação, para evitar vazamentos, e montou-se o tê adaptado que possibilita a entrada e saída de chopp no Chirller de contra-fluxo. Neste processo, coloca-se o espião em uma

extremidade de  $\frac{3}{4}$  do tê, um nipple de união de  $\frac{1}{2}$  na extremidade de  $\frac{1}{2}$  do tê, um engate rápido no nipple. Na outra extremidade de  $\frac{3}{4}$ , coloca-se uma redução de  $\frac{3}{4}$  pra  $\frac{1}{2}$ , coloca-se um nipple de união e por fim, coloca-se um adaptador de gás no nipple. Depois de montado o tê adaptado ficou da seguinte maneira:



Figura 6 – Tê adaptado para entrada e saída de chopp. Fonte: Própria.

#### 2.2.1.1.2 Desmontagem do Sistema

Nessa etapa teve-se o devido cuidado para a desmontagem do sistema. Retirou-se o gás R22 com o equipamento próprio para tal ação, considerando assim a lei ambiental quanto a emissão de gases poluentes na atmosfera. Dessa forma, na válvula de serviço do compressor a válvula de descarga do fluido refrigerante encaminhando-o para o devido recipiente de armazenamento de gás a vacuo. Desse modo realizou-se o procedimento de recolhimento passivo. Esse procedimento é indicado para quantidades pequenas de gas. Ele pode ser retirado na sua forma gasosa ou líquida. Isso acontece devido a diferença de pressão entre os dois sistemas.

Esse procedimento foi realizado a fim de atender a Resolução CONAMA no 267, de 14 de setembro de 2000. Essa resolução proíbe a utilização e consequentemente emissão de substâncias que destroem a camada de ozônio.

#### 2.2.1.1.3 Montagem do Sistema

Após a devida manufatura do Chiller e a desmontagem do sistema escolheu-se uma base e alocou-se os componentes de acordo com a figura 7



Figura 7 – Sistema aberto e alocação dos dispositivos. Fonte: Própria.

A base para o sistema consiste em uma de material madeira. Esse material foi escolhido devido às suas propriedades térmicas e pela fácil disponibilidade desse.

Realizou-se testes de pressão no motocompressor e constatou-se que esse encontrava-se com baixa capacidade de compressão. Sendo assim realizou-se a limpeza do motor e também a troca de do filtro do sistema para o filtro secador do tipo Darfur. Este filtro impede com que partículas indesejadas passem pela a tubulação e cheguem no motocompressor. Além disso, como o filtro secador foi trocado optou-se, por medidas preventivas, trocar o filtro capilar.

A tubulação do Chiller escolhido consiste de alumínio e as demais tubulações do sistema são de cobre. Assim sendo, tornando inviável a solda desses dispositivos como solução. A partir disso, optou-se pela aquisição da junção de gás (nipel) com a cabeça em forma de cilindro ilustrado na figura 8.

Assim com a peça ilustrada acima realizou-se o processo de flangeamento dos tubos. Esse processo consiste em alargar a espessura do tubo de cobre para que o tubo de alumínio seja inserido e juntado pela peça acima não havendo vazamento de gás. O processo de flangeamento é ilustrado na figura 10.

Para a continuação da montagem do sistema, realizou-se a solda do tubo capilar e filtro secador. Assim, com o sistema todo soldado e montado foi feita a recarga de gás. Antes de abastecer o sistema, ligou-se o motocompressor para a realização de uma câmara de vácuo dentro das tubulações. Depois dessa verificação conectou-se o manifold nos diferentes pontos do sistema, parte de baixa e alta pressão e conectou-se a mangueira de abastecimento permitindo a passagem de fluido refrigerante. A carga foi realizada até que o sistema não suportasse mais gás dentro desse. A figura 11 mostra a recarga do sistema com o fluido refrigerante R22.

Realizou-se os testes e notou-se que o condensador aplicado no sistema estava muito pequeno para o evaporador escolhido. Assim sendo, repetiu-se todos os passos acima quanto a soldagem dos tubos e a recarga de gás. Tendo assim o sistema de refrigeração abaixo.

Com o sistema pronto realizou-se testes e a partir desses montou-se a seguinte tabela para o sistema de refrigeração:

Tabela 1 – Testes Iniciais do Sistema de Refrigeração

Capacidade Efetiva de Chopp	2,5 Litros
Tempo de Aquecimento do Sistema	29 minutos
Tempo de Refrigeração	20 - 37 minutos

## 2.3 Sistema de Proteção



Figura 8 – Nipel de gás. Fonte: Própria.



Figura 9 – Tubos Desconectados. Fonte: Própria.



Figura 10 – Processo de Flangeamento. Fonte: Própria.



Figura 11 – Recarga do sistema com gás R22. Fonte: Própria.

# 3 Eletrônica

## 3.1 Requisitos do Projeto

A construção de uma máquina de venda autônoma de chopp depende da construção de diversos subsistemas, que correspondem aos requisitos do projeto. Assim, seguem os requisitos do projeto.

- Controle de temperatura
- Controle de saída chopp
- Atuação de motores
- Abertura do reservatório de copos

Os códigos utilizados neste trabalho encontram-se em controle de versão na ferramenta GitHub e podem ser facilmente acessados em: <[https://github.com/autochopp/embedded\\_electronics](https://github.com/autochopp/embedded_electronics)>.

## 3.2 Casos de teste

## 3.3 Funcionamento

## 3.4 Solução adotada

### 3.4.1 Controle de temperatura

Para realizar o controle da temperatura, permitindo que o chopp esteja sempre gelado quando da retirada, foi utilizado o sensor de temperatura DS18B20 presente na Figura 12 , este sensor permite a leitura de temperatura até mesmo em ambientes úmidos, tal qual esta aplicação. O sensor descrito mede temperaturas entre  $-55^{\circ}\text{C}$  e  $125^{\circ}\text{C}$  com erro de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . O sensor convencionado de ser posicionado na saída de chopp permitindo uma leitura mais fidedigna da temperatura real do chopp, pois na saída o chopp já circulou por toda a serpentina e estará mais próximo do equilíbrio térmico. O modo como esse sensor é conectado pode ser visto na Figura 13.

A medição da temperatura irá permitir a ativação do compressor mantendo a temperatura na faixa ideal entre  $-1$  e  $1^{\circ}\text{C}$ . Tal ativação será realizada pelo acionamento de um módulo relé ligado ao compressor.

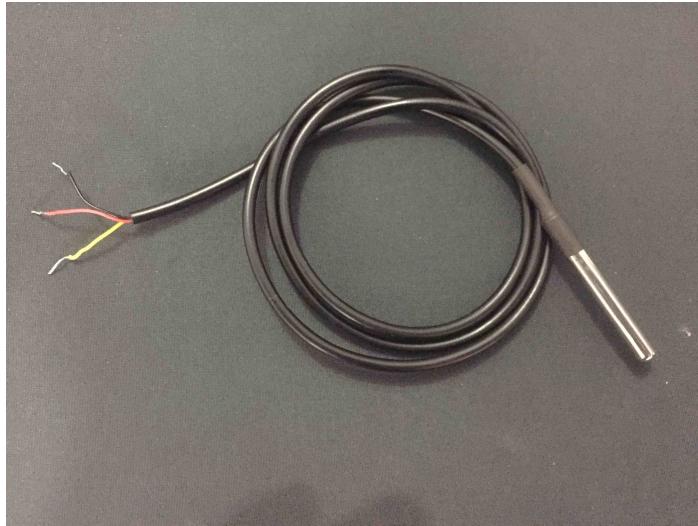


Figura 12 – Sensor de temperatura DS18B20. Fonte: Própria.

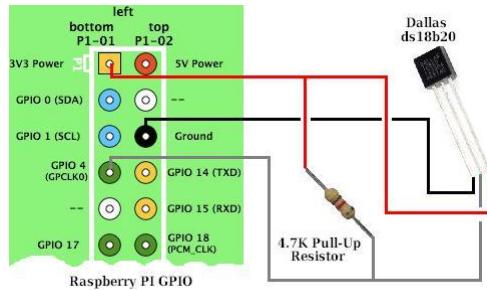


Figura 13 – Esquemático do sensor de temperatura. Imagem da internet.

### 3.4.2 Controle de saída de chopp

#### 3.4.2.1 Presença do copo

Há a necessidade de se verificar a presença do copo no sistema para que o chopp possa ser tirado. Para tanto, inicialmente utilizou-se o sensor ultrassônico HC-SR04, porém, o mesmo inviabilizou seu uso devido a complexidade de sua comunicação com o computador (*Raspberry pi*).

Como solução mais direta e que evitaria tal nível de complexidade, optou-se por utilizar um sensor de trilha, que se comunica de forma direta com o computador e retorna um valor binário para a presença ou não do copo. Essa escolha traz como consequências, a necessidade de uma tira branca no copo (sendo a mesma posicionada embaixo do copo) e a necessidade de uso de um copo transparente, para não interferir com os sensores.

#### 3.4.2.2 Controle de fluxo

Para que se pudesse ter um controle do volume presente no copo e consequentemente volume restante nos reservatórios inicialmente pensou-se em utilizar dois sensores

(por redundância), sendo eles o sensor de fluxo YFS201 e uma célula de carga.

Obtiveram-se resultados satisfatórios na montagem do sensor de fluxo, porém verificou-se um erro muito grande em suas medidas, o qual chegava a dez porcento nos testes efetuados. Já quanto ao sensor de carga, não houve sucesso em sua implementação, apresentando resultados quase que aleatórios.

Após discutir o presente problema com professores e orientadores, outra solução foi proposta. A solução proposta se utiliza de diodos emissores de luz e fototransistores posicionados a uma distância conhecida. Sabendo-se a bitola do tubo utilizado e, contando-se o tempo entre os acionamentos, pode-se calcular o fluxo passante, porém também não se obteve sucesso nessa abordagem

A solução final encontrada foi se utilizar de sensores de trilha posicionados ao longo do copo, juntamente com um acionamento por tempo. O acionamento por tempo garante que não se passe do volume total do copo, em caso de falha, e os sensores de trilha garantem o volume solicitado. Isso foi projetado de modo que se garantisse uma maior precisão e eficácia na tiragem do chopp, dadas pelos sistemas redundantes.

#### 3.4.2.3 Controle de colarinho

O controle do colarinho é feito através da atuação de motores, estes que irão movimentar a alavanca que controla a saída de chopp e colarinho. Desta forma é necessário realizar medições de tempo para cada tamanho de colarinho selecionável, servindo assim a quantidade. Esse acionamento é feito por tempo e relaciona-se com a entrada de ar no sistema.

#### 3.4.3 Atuação dos motores

Dois dos mais importantes subsistemas que contribuem diretamente com a experiência do usuário são a inclinação do copo e a tiragem automática do chopp, para tais tarefas fez-se o uso de motores de passo. Para o controle dos motores usou-se dos pinos da *Raspberry pi*, o uso dessa plataforma é necessário devido ao fato de que as bobinas dos motores devem funcionar constantemente, para não interrupção do serviço, optou-se pelo uso da mesma.

Os motores são alimentação com uma de 12V, para isso usou-se uma fonte de energia externa, devido ao consumo de corrente dos motores ser superiores ao que se pode fornecer com o microcontrolador, fez-se necessário o uso de um *driver* L298N. A Figura 14 mostra o sistema dos motores montado.

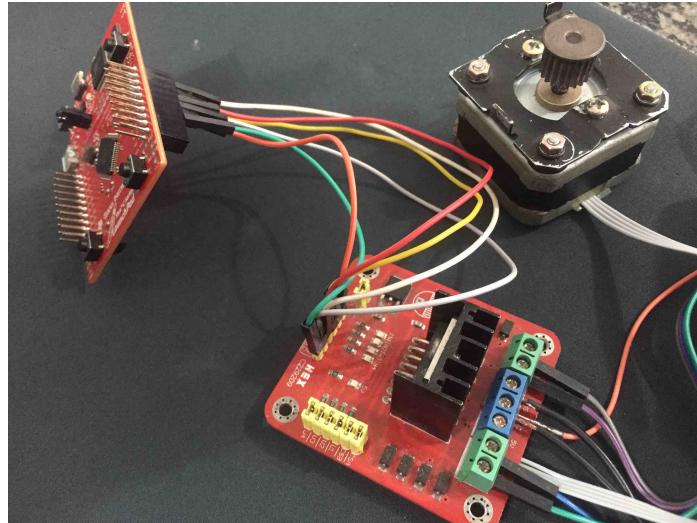


Figura 14 – Sistema de acionamento de motor de passo.

### 3.4.4 Abertura do reservatório de copos

Esse serviço se fez necessário, após a decisão de disponibilizar o copo ao usuário, portanto os copos devem ser armazenados na própria máquina. Para disponibilizar os copos, eles estarão dispostos de forma que sempre que exista uma requisição de um chopp, um copo caia em um reservatório próprio. Para empurrar os copos são utilizados duas solenoides de modelo TAU-0530, que pode ser visto na Figura 15.



Figura 15 – Solenoide utilizado.

## 3.5 Relatório de teste

## 4 Estrutura

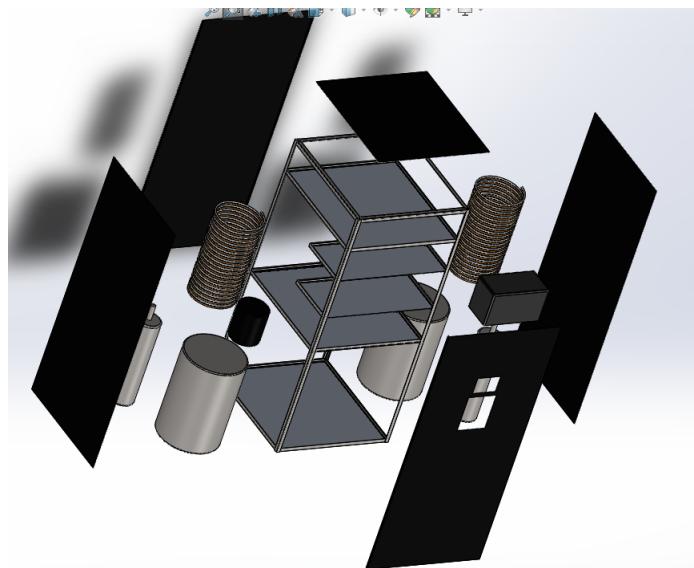


Figura 16 – Vista Explodida. Fonte: Própria.

### 4.1 Levantamento dos esforços a serem levantados

Após a realização do packaging, começaram os trabalhos de integração com os outros subsistemas para levantamento de requisitos. Após algumas reuniões foi verificado que a estrutura deveria ser capaz de suportar o peso de dois barris de chopp de 67,4Kg cada e dois cilindros de CO<sub>2</sub> de 20kg no primeiro nível. O segundo nível suportaria todo o sistema de refrigeração e alimentação do circuito elétrico da máquina que pesaria no total em torno de 50Kg e o terceiro nível seria o reservatório dos copos.

Entre o segundo e terceiro níveis existem dois subníveis que acomodam toda parte eletrônica e de automação da máquina, como haspberry, um motor de passo e algumas placas de circuito.



Figura 17 – Frame Principal. Fonte: Própria.

Segue abaixo algumas informações dos componentes mais pesados e de maior influência nos esforços suportados:

- **Barril:**

Peso: 67.4 *Kg*

Altura: 740 *mm*

Diâmetro: 680 *mm*

- **Sistema de refrigeração e alimentação:**

Peso: 50 *Kg*

Altura máxima: 750 *mm*

Foi verificado que os níveis que suportariam a maior parte dos esforços seriam o primeiro e o segundo. Sendo que o primeiro teria de suportar aproximadamente 1800N (680 de cada barril e 200N de cada cilindro de CO<sub>2</sub>) e o segundo 500N (referente ao peso total de todos os componentes).

## 4.2 Simulação

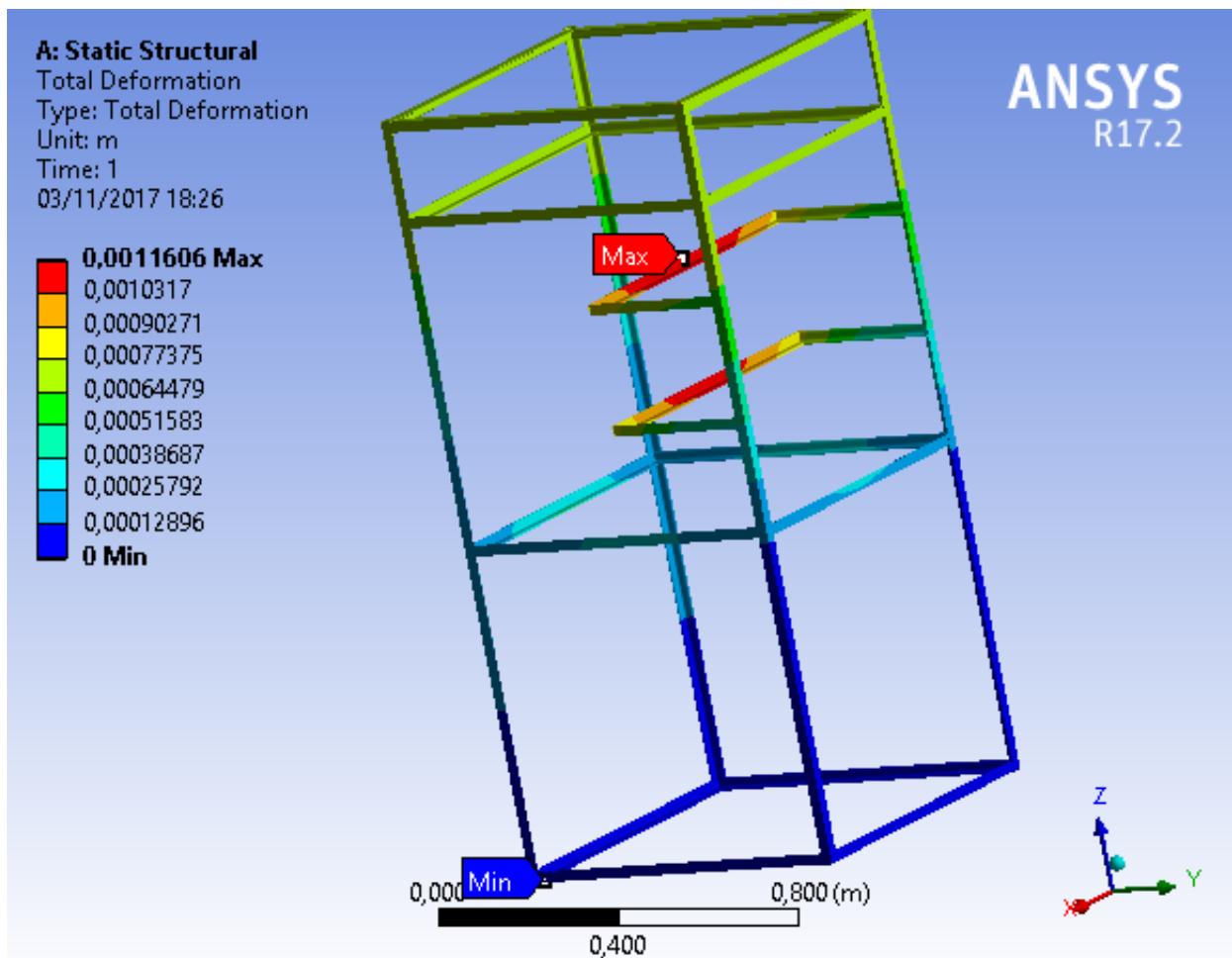


Figura 18 – Deformação Frame. Fonte: Própria.

As simulações do frame e das chapas foram feitas em separado. Para realizar as simulações iniciais foi utilizado o módulo de análise estrutural do Solidworks, pela praticidade e rapidez de implementação de um modelo inicial.

Durante o projeto tudo foi passado para o software Ansys, que gerou resultados mais completos e refinados, mas confirmando a análise prévia simplificada.

Após a simulação do design inicial verificou-se que o frame feito com perfis L de aço 1020 suportaria os esforços sem maiores problemas.

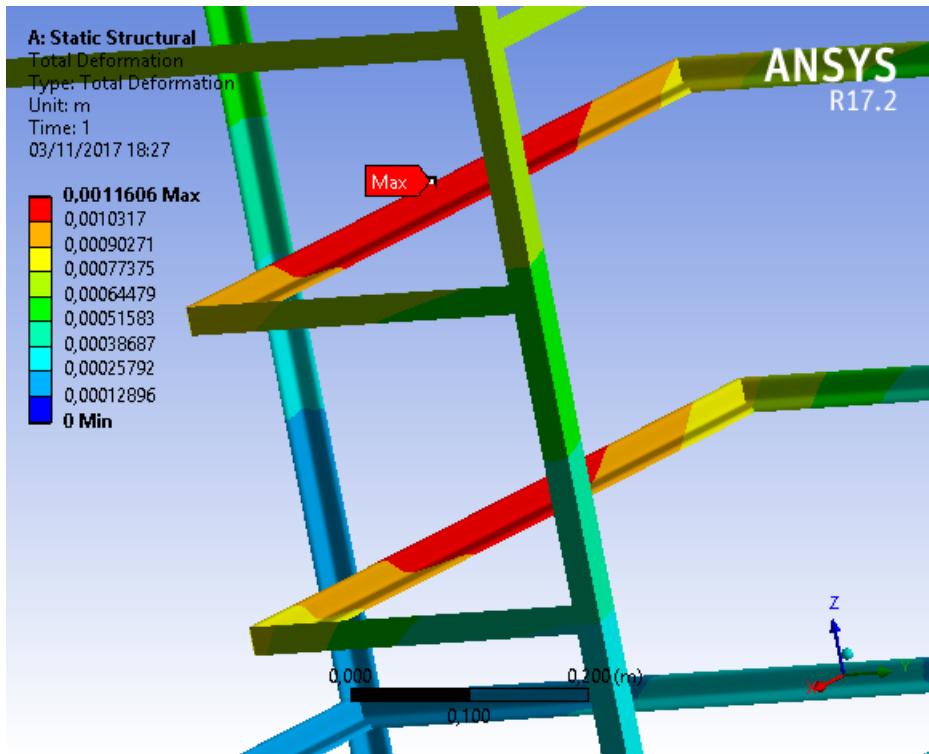


Figura 19 – Deformação Local. Fonte: Própria.

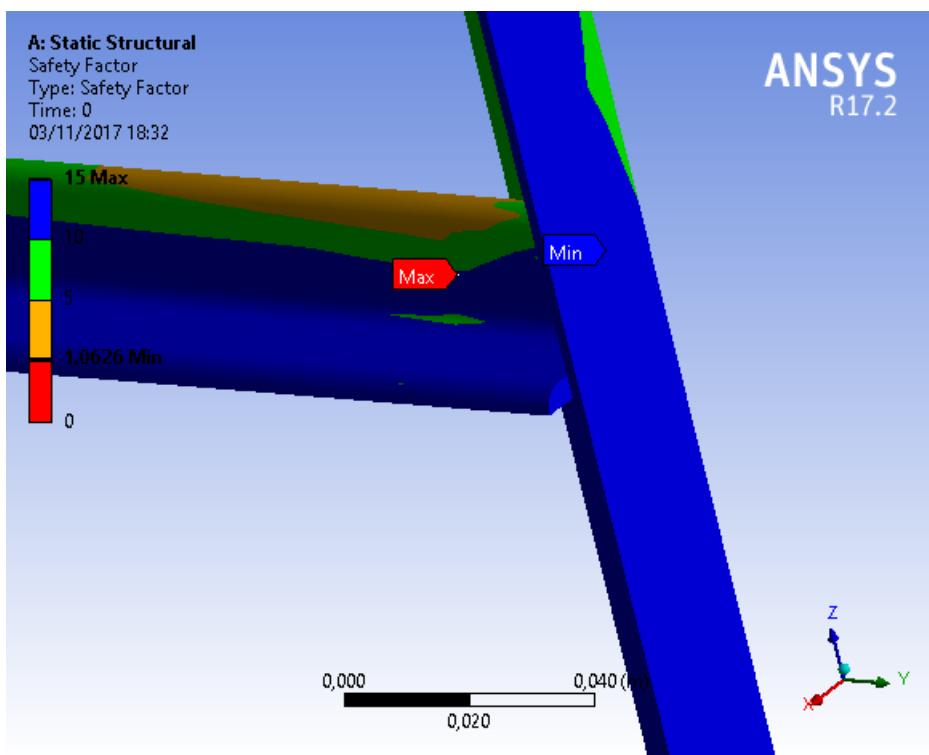


Figura 20 – Fator de Segurança. Fonte: Própria.

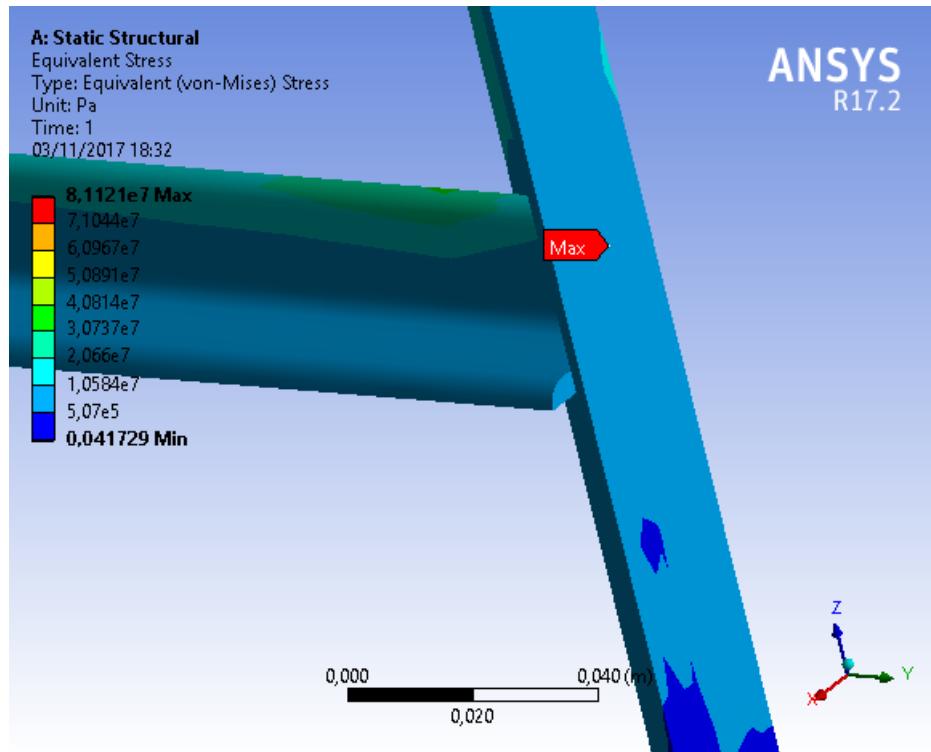


Figura 21 – Tensão Local. Fonte: Própria.

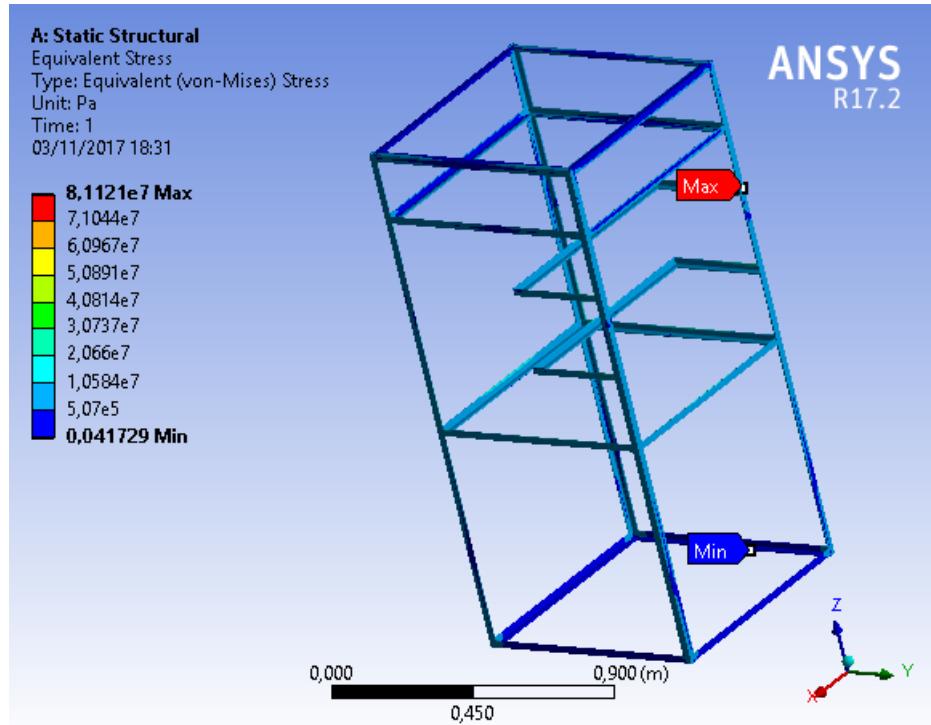


Figura 22 – Tensão. Fonte: Própria.

No que diz respeito às chapas de alumínio que formam as bases dos níveis, percebeu-se que apesar da não ocorrência de escoamento ou ruptura do material, a deflexão da chapa

no primeiro nível estava excessiva (Aproximadamente 8mm de deflexão máxima), de forma que comprometeria a qualidade do produto e de seu funcionamento.

Foi decidido que o primeiro nível não seria feito com chapa de alumínio como decidido anteriormente mas sim, com aço. Houve a opção de apenas aplicar uma treliça a este nível e usar uma chapa de alumínio mais espessa porém o custo ficou muito elevado.

A solução final foi aplicar treliças no primeiro e segundo níveis e usar chapas mais finas (2mm ante 4mm que era usado no projeto inicial). Esta solução foi a que gerou a melhor relação entre peso, custo e resistência mecânica (A deflexão máxima passou a ser de aproximadamente 2mm).

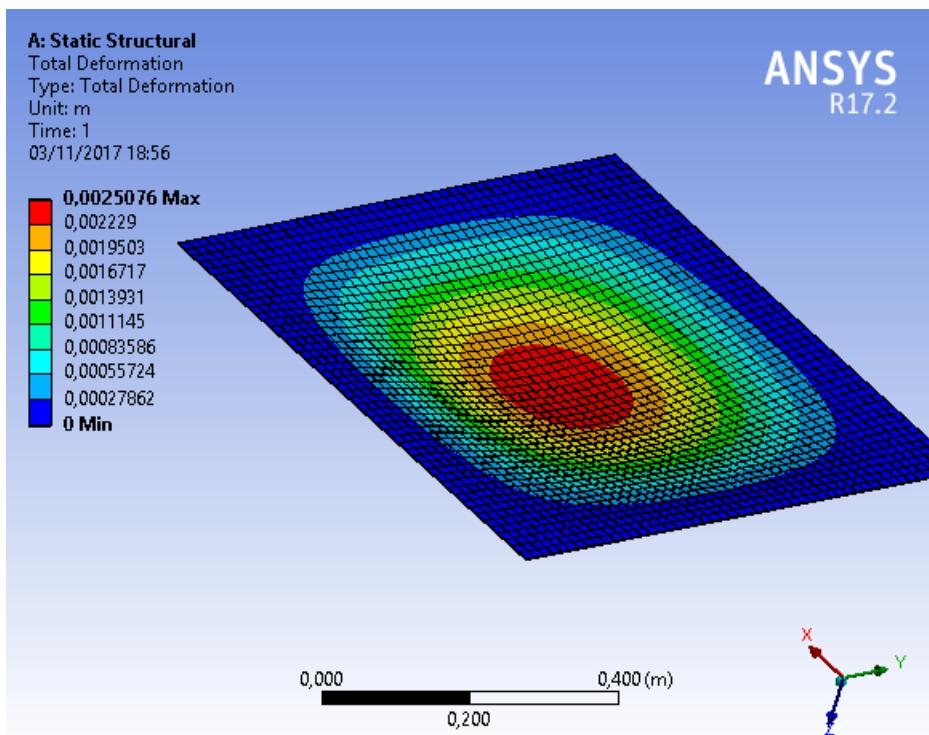


Figura 23 – Deformação da chapa após redimensionamento. Fonte: Própria.

Os demais níveis foram feitos com chapa de alumínio como pensado anteriormente, o que contribuiu para que o peso da estrutura não fosse muito elevado (aproximadamente 70kg).

### 4.3 Fabricação

A fabricação foi pensada desde início, visando sempre simplicidade, para que o projeto seja facilmente executável.

Tudo começou pelo corte dos perfis em L. Na primeira etapa foram feitos os cortes visando apenas acertar os comprimentos necessários para compor cada parte da estrutura.

Na segunda foram feitos cortes em 45 graus para facilitar o encaixe e melhorar o acamento.



Figura 24 – Perfis Cortados. Fonte: Própria.

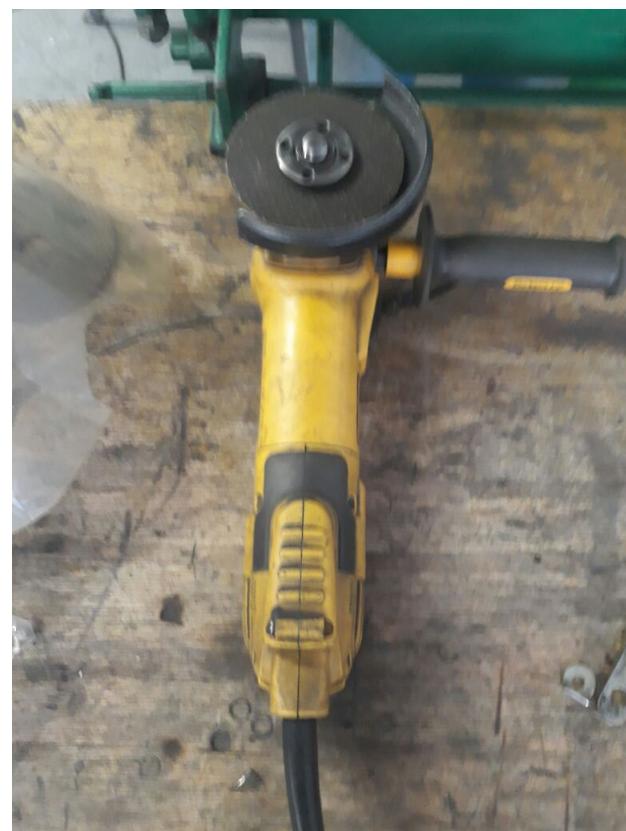


Figura 25 – Esmerilhadeira usada para acabamento dos cortes. Fonte: Própria.



Figura 26 – Guilhotina usada no corte de chapas. Fonte: Própria.

Após toda a fase de corte foi iniciado o processo de soldagem das bases quadradas do frame. O processo utilizado foi o MIG, devido principalmente à facilidade de acesso ao equipamento e da boa qualidade referente ao resultado final.



Figura 27 – Maquina para soldagem MIG. Fonte: Própria.



Figura 28 – Solda realizada na estrutura. Fonte: Própria.

Após a soldagem de todas as bases, as 4 vigas principais da estrutura foram unidas as bases de forma que fosse possível erguer a estrutura. Foi iniciado, então, o processo de soldagem dos subníveis menores, referentes aos componentes eletrônicos e de automação.



Figura 29 – Frame principal após o término da soldagem. Fonte: Própria.

Assim que terminados os processos de soldagem as placas metálicas foram fixadas

ao frame. A fixação escolhida foi uma fita de alta resistência da 3m. A utilização da fita evitou o exagero no uso de parafusos e soldagem, o que reduziu custo e facilitou qualquer manutenção eventual que tenha de ser realizada na estrutura.

Todo o acabamento final, que é responsável por toda a estética do equipamento, foi feito com chapas de alumínio cortadas e dobradas.

É importante ressaltar que a equipe de estrutura ficou responsável pelo mecanismo de acionamento da base que inclina o copo. Foi projetado um mecanismo simples de biela-mañivela fabricado através de impressão 3d. A manivela eh rotacionada por um motor de passo que empurra a biela contra a base de forma que ela pivota em seu suporte superior.

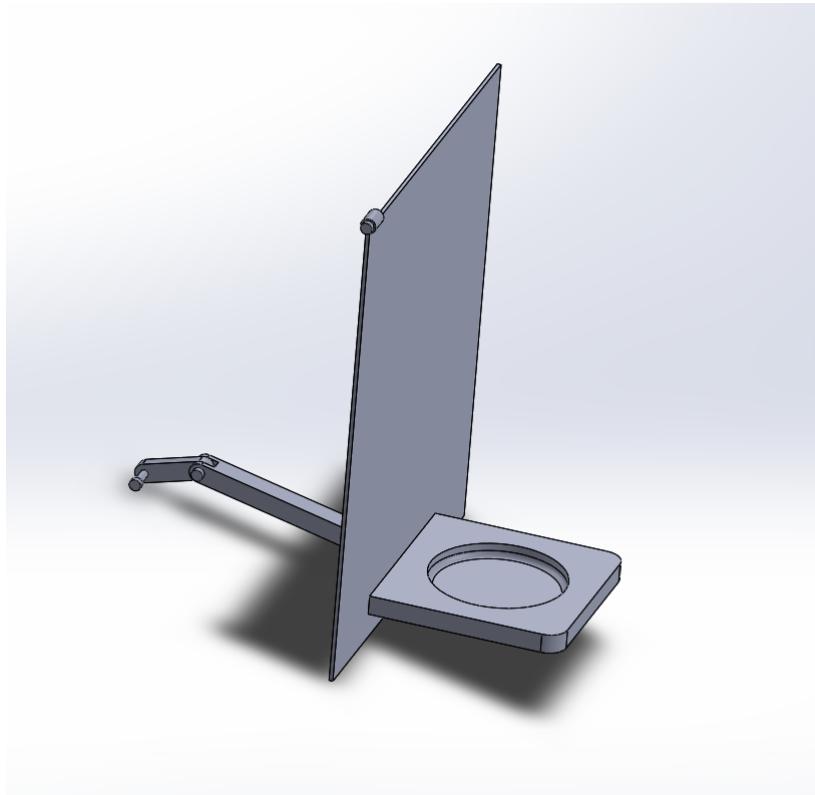


Figura 30 – Mecanismo de inclinação do chopp. Fonte: Própria.

# 5 Software

## 5.1 WebService

A demanda do problema exige que diferentes hardwares se integrem com uma mesma base de dados. Fundamentalmente, o Smartphone do usuário realiza a compra, e o token deve reconhecer o QrCode para que o usuário consuma o chopp.

Para solucionar essa demanda foi proposto uma arquitetura orientada a serviços (SOA), tal que uma webservice REST seja responsável pela persistência e autenticação de todos os dados relevantes do sistema, incluindo a autenticação de pagamentos.

A tecnologia escolhida para implementação desse sistema foi o framework o Ruby On Rails<sup>1</sup>, pela facilidade no desenvolvimento, ampla comunidade e experiência da equipe. Sendo o Ruby na versão 2.3.0 e o Rails na versão 5.0.5.

Para autenticação de pagamentos foi utilizada a API do PagSeguro<sup>2</sup>, que recebe as requisições do WebService com os dados do comprador e registra a transação caso os dados estejam corretos, ou retorna erros, caso contrário. Quando o pagamento dessa transação muda de status, ou seja, é aprovado, o PagSeguro manda uma notificação de volta para o WebService de modo que assim possa ser gerado o QRCode.

A persistência dos dados ocorre seguindo o modelo abaixo:

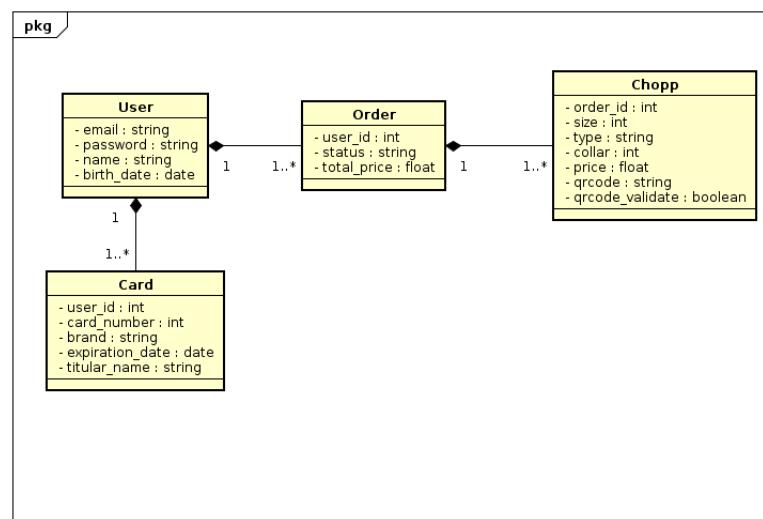


Figura 31 – Modelagem. Fonte: Própria.

<sup>1</sup> <<http://rubyonrails.org/>>

<sup>2</sup> <<https://github.com/pagseguro/ruby>>

Para hospedagem do WebService foi usado o Heroku<sup>3</sup>. As vantagens em utilizar essa plataforma estão no custo, por ser uma ferramenta grátis e na facilidade de fazer o deploy.

## 5.2 Sistema Administrativo

O Sistema administrativo está incorporado ao aplicativo do Sistema de Compras, porém apenas usuários administradores possuem acesso. Ao utilizar o aplicativo, o usuário visualiza as seguintes informações referentes ao estado da máquina: a quantidade de chopp que a máquina possui, a temperatura de resfriamento e o status da conexão da máquina com a internet.

Esses valores são recuperados através de requisições GET ao WebService que guarda essas informações recebendo requisições POST a cada 60 seg da aplicação que lê os dados dos sensores.

## 5.3 Sistema de Validação de Compra

O sistema de validação se trata do módulo responsável pela validação dos dados da compra, e dar o inicio no processo de serventia de chopp conforme as características são pré-definidas. Esse subsistema tinha como resultados esperados uma aplicação que pudesse prover ao usuário a leitura do *QRCode* gerado no momento da compra do chopp por meio de uma câmera acoplada na máquina de onde o chopp é armazenado. No *QRCode* estão contidas as informações referentes as preferências do consumidor no que tange sua bebida.

Devido à necessidade de que o usuário tenha acesso a uma câmera para leitura do *QRCode*, foi escolhido o *framework* Python Kivy<sup>4</sup> por fornecer um ambiente *touchscreen* com um baixo consumo de recursos, uma vez que essa aplicação estará instanciada em uma Raspberry responsável por gerenciar outros módulos operacionais do projeto.

Desta forma, foi então desenvolvida aplicação Autochopp-Machine<sup>5</sup> que fornece de forma interativa com a validação de *QRCodes* e iniciação do processo de retirada do chopp.

Além do que foi citado, a aplicação também possui a responsabilidade de fazer requisições junto a API para que a mesma possa informar se o *QRCode* lido é válido, significando que a compra foi efetuada com sucesso, caso não seja válido, é exibida uma mensagem de erro. A partir da combinação de preferências feitas no momento da compra,

---

<sup>3</sup> <<https://www.heroku.com/>>

<sup>4</sup> <<https://kivy.org/>>

<sup>5</sup> <<https://github.com/autochopp/autochopp-machine>>

é gerado um identificador que é vinculado ao *QRCode*. Esse identificador é o responsável por passar as informações via socket para que os componentes eletrônicos vinculados a máquina sejam capazes de atuar na composição do chopp conforme suas especificações.

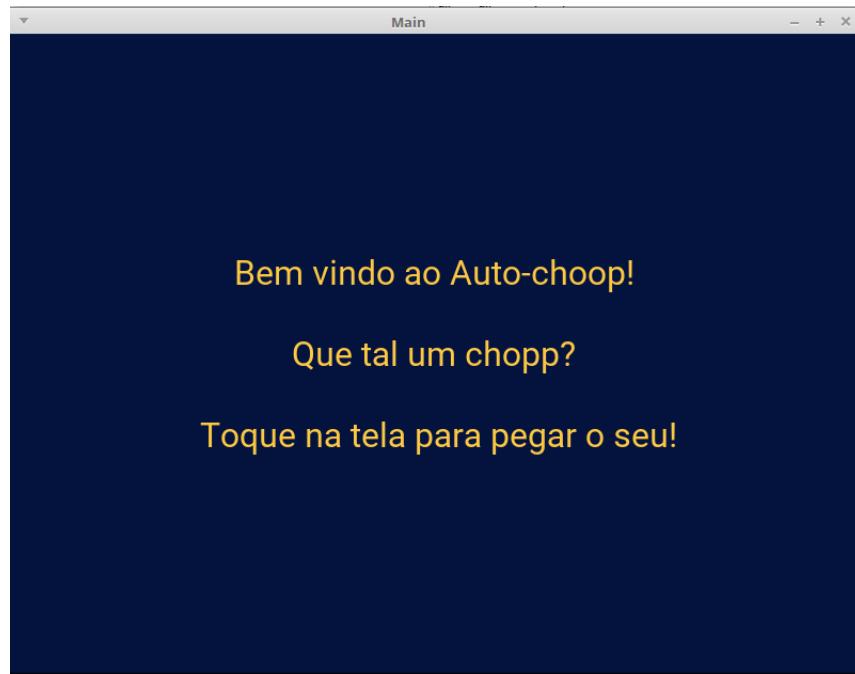


Figura 32 – Tela Inicial. Fonte: Própria.



Figura 33 – Tela de Leitura de *QRCode*. Fonte: Própria.

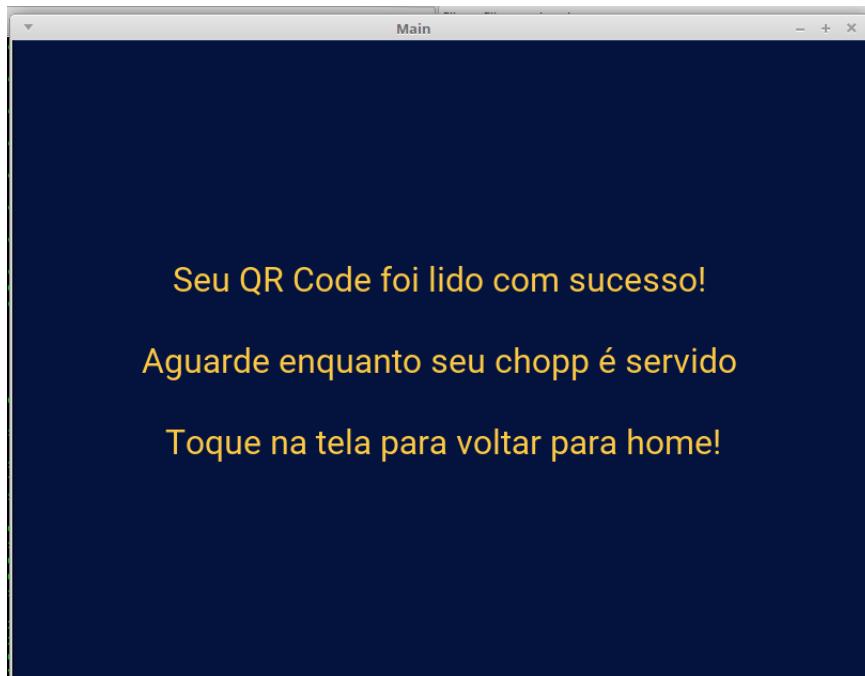


Figura 34 – Tela informando que o *QRCode* foi lido com sucesso. Fonte: Própria.

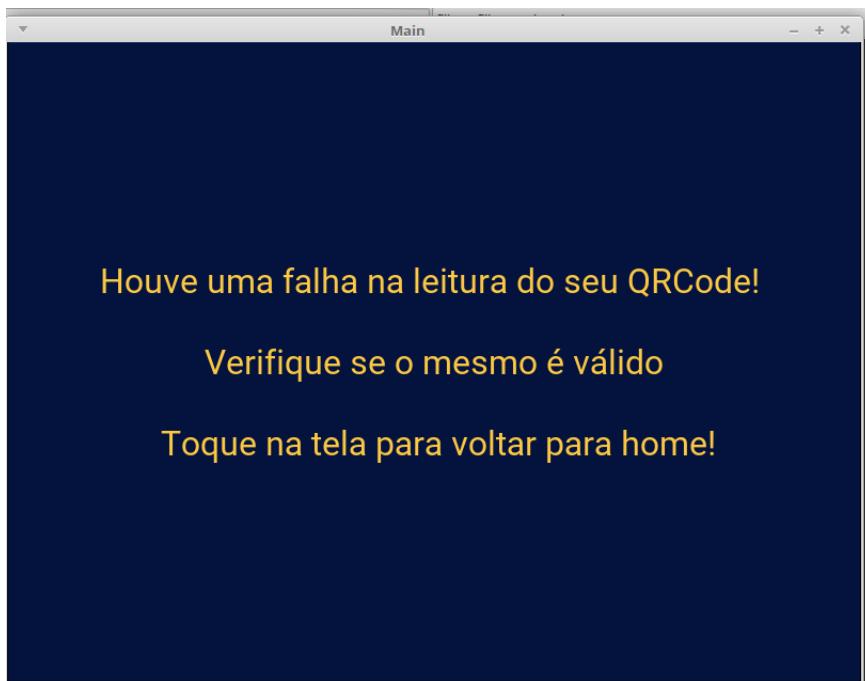


Figura 35 – Tela informando que o *QRCode* não foi lido com sucesso. Fonte: Própria.

## 5.4 Aplicativo Mobile

Para compra e gerenciamento dos cupons de *chopp*, torna-se necessário um aplicativo *mobile* de forma que seja facilitado a acessibilidade para os usuários.

### 5.4.1 Requisitos do Projeto

#### 5.4.1.1 Comprar Chopp

**Dado** que o usuário esteja logado

**Quando** tenha iniciado a compra de um chopp

**Então** deve ser possível ver as preferências de chope(colarinho, quantidades discretas e pré-definidas)

#### 5.4.1.2 Cadastrar Usuário

**Dado** que o usuário tente entrar no sistema

**E** ainda não tenha se cadastrado

**Quando** tenha iniciado o aplicativo

**Então** terá disponível um formulário com email e senha para cadastro

#### 5.4.1.3 Confirmar Cadastro

**Dada** que o usuário já tenha se cadastrado

**E** recebido um email com link de confirmação

**Quando** clicar no link

**Então** deverá ser levado a uma mensagem de confirmação

**E** deve ser possível se autenticar no sistema.

#### 5.4.1.4 Finalizar Compra

**Dado** que o usuário já esteja cadastrado no sistema

**E** tenha clicado para comprar um chopp

**E** tenha acesso a internet

**Quando** finalizado a compra

**Então** deve ser possível inserir os dados do cartão de crédito

**E** ser notificado se a compra foi bem sucedida ou não

**E** em seus tickets devem estar disponíveis para uso na máquina

#### 5.4.1.5 Listar Cupons(QRCode)

**Dado** que o usuário já tenha comprado tickets

**E** esteja autenticado no sistema

**Quando** clicar em uma opção meus tickets

**Então** deve ser possível visualizar o QRCode que representa a unidade de chopp

**E** deverá ter disponível uma opção para usar o ticket

**E** caso já tenha sido usado o ticket, deverá sumir da lista de tickets do usuário

#### 5.4.1.6 Efetuar Compra Offline

**Dada** a compra efetuada de um chopp

**E** um usuário offline

**Quando** o usuário clicar para usar o ticket

**Então** a máquina de chopp deve responder no sistema de interação com mensagem sucesso.

#### 5.4.1.7 Visualizar Cupon(QRCode)

**Dado** que o usuário tenha comprado tickets

**Quando** entrar na tela de visualização de tickets

**Então** deve ser possível ver os tickets comprados segundo as preferências

**E** poder escolher qual queira consumir

### 5.4.2 Projeto

De acordo com os critérios observados do público alvo e do contexto considerado, pensou-se em um aplicativo mobile que se comunica com um Web Service para realizar as operações descritas na especificação acima.

### 5.4.3 Casos de Teste

Achar os casos de teste especificados no PC1...

### 5.4.4 Solução Adotada

Por fim, foi desenvolvido um aplicativo multiplataforma utilizando o *framework Ionic 3*, baseado em *Angular 4*. As imagens das telas do aplicativo estão na [36](#) e [37](#).

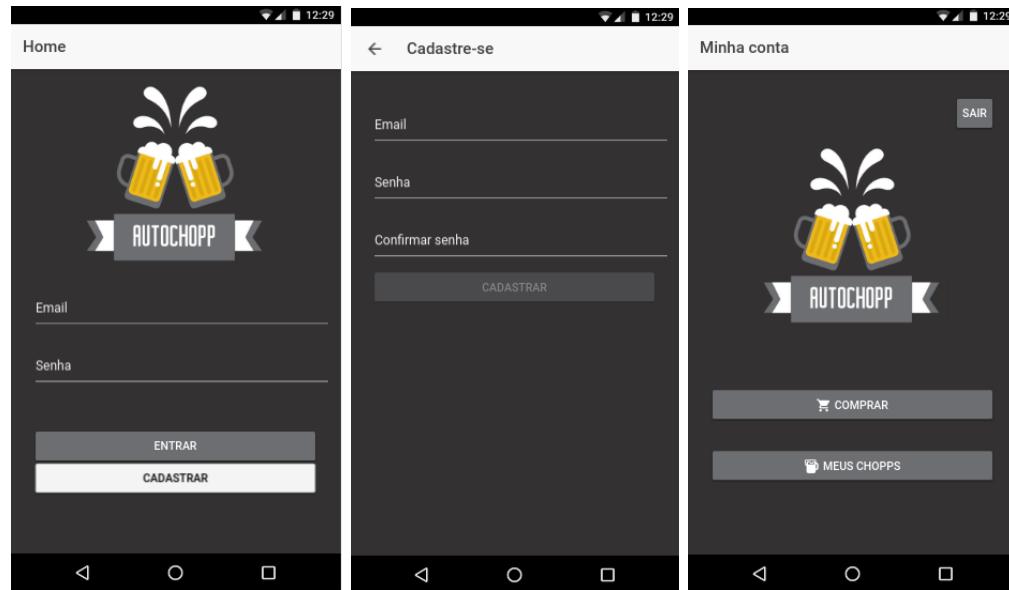


Figura 36 – Página Inicial - Registrar - Página Inicial com usuário logado. Fonte: Própria.

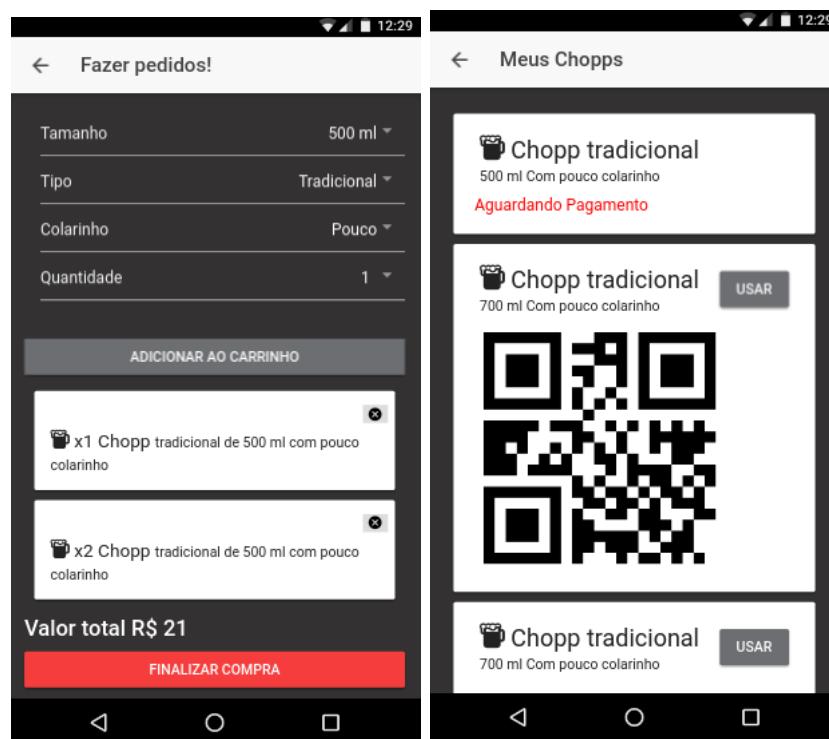


Figura 37 – Tela de Compra - Tela de Pedidos. Fonte: Própria.



## 6 Plano de Integração

A integração do projeto consiste primeiramente em realizar a junção da estrutura criada com os módulos de maior dimensão, exemplo: compressor, *nobreak* entre outros.

Após essa etapa, o próximo passo é a integração entre as engenharias de *software* e eletrônica. Essa etapa consiste em juntar os sensores, atuadores e *software* construídos ao equipamento desenvolvido pelas engenharias de estrutura e energia. Com todas essas junções realizadas os testes finais serão feitos com a presença e participação de todos os integrantes do projeto.

Com a finalização das etapas anteriores, a frente de trabalho de estrutura tem como objetivo futuro promover o desenvolvimento de componentes físicos que agreguem todos os equipamentos dos demais subsistemas, havendo portanto preocupação com a facilidade de manuseio durante os testes a serem realizados. Portanto o objetivo para o bom andamento do projeto é alocar equipamentos eletrônicos e da Raspberry Pi bem como os equipamentos de refrigeração e segurança conforme suas dimensões e integra-los a estrutura da máquina de tiragem de chopp de maneira ergonômica, se preocupando com a disponibilização dos cabos e sensores, de forma que os mesmos não tenham risco de se danificarem e comprometerem o bom funcionamento do produto.

Iteração 3	1d?	23/08/2017	23/08/2017
▣ Máquina de Chopp Produto	39d?	17/10/2017	08/12/2017
▣ Iniciação	1d?	18/10/2017	18/10/2017
Revalidar projeto de integração	1d	18/10/2017	18/10/2017
Planejar reuniões de integração dos sistemas	1d?	18/10/2017	18/10/2017
▣ Planejamento	4d?	17/10/2017	20/10/2017
Definir casos de teste do sistema integrado	2d?	17/10/2017	18/10/2017
▣ Controle de riscos	3d?	18/10/2017	20/10/2017
Efetuar arrecadação de rendas	1d?	20/10/2017	20/10/2017
Validar prazos	3d?	18/10/2017	20/10/2017
▣ Execução	36d	17/10/2017	05/12/2017
Revisar projeto de integração	7d	17/10/2017	25/10/2017
Integrar projeto	30d	17/10/2017	27/11/2017
Realizar bateria de testes	7d	27/11/2017	05/12/2017
▣ Encerramento	6d	01/12/2017	08/12/2017
Apresentar produto	6d	01/12/2017	08/12/2017

Figura 38 – Cronograma para a fase de integração de subsistemas. Fonte: Própria.



## 7 Considerações Finais

De maneira geral, foi possível observar a profundidade de detalhes e necessidades de implementação de cada subsistema. Em cada uma das frentes de trabalhos separadas por engenharia ou na combinação delas, ficou clara a necessidade de uma visão ampla do projeto, mas focada no trabalho de cada um e no impacto que cada atividade gera no andamento do projeto. Além disso, a realização de reuniões recorrentes, execução de atividades além do horário de aula da disciplina e comunicação constante entre os membros do grupo foram imprescindíveis para execução do projeto até o momento.

Espera-se que na próxima fase do projeto, os subsistemas desenvolvidos até essa etapa, possam ser integrados sem maiores problemas, uma vez que eles foram planejados visando essa integração. E mesmo levando em conta possíveis dificuldades nessa atividade, acreditamos que o projeto possa ser concluído até a data planejada.