



## **CURSO TÉCNICO EM MECATRÔNICA**

**GIULIANO MANFIO SANTUS**

## **OTIMIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE UM SETUP PARA PRODUÇÃO DE CERVEJA**

**SÃO CARLOS – SP  
DEZEMBRO / 2023**

**GIULIANO MANFIO SANTUS**

**OTIMIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE UM SETUP PARA PRODUÇÃO  
DE CERVEJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à ETEC Paulino Botelho, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, como requisito parcial para a obtenção da habilitação profissional de Técnico de Nível Médio em Mecatrônica sob a orientação do Professor Cláudio Torres Gonçalves.

**SÃO CARLOS - SP  
DEZEMBRO/2023**

NOME(S) COMPLETO(S) INTEGRANTE(S)

**TÍTULO**

Aprovada em : \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

Banca de Validação:

\_\_\_\_\_  
Professor.....  
Etec Paulino Botelho  
Orientador

\_\_\_\_\_  
Professor .....  
Etec Paulino Botelho

\_\_\_\_\_  
Professor .....  
Etec Paulino Botelho

São Carlos – SP  
2023

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Daniela Jordão Santus e a minha filha Luna Jordão Santus, que me apoiaram nestes dois anos de ausência noturna. Dedico também aos meus pais, Sebastiano Santus e Cleuza M. Santus, por me apoiarem incondicionalmente a vida toda.

## AGRADECIMENTOS

*A minha esposa Daniela J. Santus e a minha filha Luna J. Santus pelo apoio incondicional, mesmo quando sou mais ausente do que presente.*

*Aos meus queridos pais Sebastiano Santus e Cleuza Manfio Santus pelas palavras de incentivo e por acreditarem no meu potencial mais do que eu mesmo.*

*Aos Professores Maurílio Vilas Boas e Antonio Frederico Comin, pelas excelentes aulas. Sem elas, teria desistido do curso.*

*Ao Professor Claudio Gonçalves Torres pela seriedade e didática em todas as disciplinas ministradas.*

## EPÍGRAFE

*“If you’re going through hell, keep going.”*

*Winston Churchill*

## RESUMO

A fabricação de cerveja fora do ambiente industrial demanda de muitas etapas artesanais devido à falta de equipamentos. Quanto mais artesanal é um processo, menor é sua repetibilidade, tornando a busca por um padrão, um enorme desafio para os homebrewers.

A padronização da produção de um produto permite que exista repetibilidade de sua produção e conseqüentemente a evolução do produto caminha a passos mais largos, pois os passos corretos sempre poderão ser realizados novamente e os incorretos corrigidos.

O nível de tecnologia que pode ser aplicado na automação alcançado nos últimos 10 anos permitiu aos Homebrewers acesso a uma variedade de equipamentos que tornou possível o atingimento de um padrão de produção e repetibilidade das receitas muito próximas das grandes cervejarias.

Porém quanto maior o grau de automação de um equipamento, maior seu preço, tornando muitas vezes inviável o investimento, principalmente para os que não visam um retorno financeiro na atividade.

Este trabalho visa aplicar os conhecimentos adquiridos no Curso de Mecatrônica na modificação um setup de fabricação de cerveja sem nenhuma sem nenhuma automação, alimentado a gás e com a trasfega entre toneis realizada com mangueiras e através da gravidade. O objetivo principal é eletrificação e automação da mosturação, fazendo com que esse setup de fabricação de cerveja seja capaz de executar os steps da mosturação com precisão, repetibilidade e automaticamente e com um custo abaixo dos equipamentos existentes no mercado.

**Palavras-chave:** Automação. Home brew. Repetibilidade. Precisão.

## ABSTRACT

Brewing beer outside of an industrial environment requires many artisanal steps due to the lack of equipment. The more artisanal a process is, the less repeatable it is, making the search for a standard a huge challenge for homebrewers.

Standardizing the production of a product allows for repeatability and, consequently, the evolution of the product moves forward at a faster pace, as the correct steps can always be taken again and the incorrect ones corrected.

The level of technology that can be applied to automation that has been achieved in the last 10 years has given homebrewers access to a variety of equipment that has made it possible to achieve a standard of production and repeatability of their recipes that is very close to that of large breweries.

However, the higher the degree of automation of a piece of equipment, the higher its price, often making the investment unfeasible, especially for those who are not looking to make a financial return on their investment.

This work aims to apply the knowledge acquired in the Mechatronics course to modify a brewing setup without any automation, powered by gas and with transfer between barrels carried out using hoses and gravity. The main objective is to electrify and automate the mashing process, making this brewing setup capable of carrying out the mashing steps accurately, repeatably and automatically, and at a lower cost than the equipment on the market.

**Keywords:** Automation. Home Brew. Repetibility. Accuracy.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figure 1: Ciclo PDCA</b>	<b>19</b>
<b>Figure 2: Estrutura do equipamento original</b>	<b>27</b>
<b>Figure 3: Estrutura do equipamento modificado</b>	<b>28</b>
<b>Figure 4: Saco de Voal</b>	<b>29</b>
<b>Figure 5: Cesto de grãos fabricado em inox 304</b>	<b>30</b>
<b>Figure 6: Bomba de alta pressão sanitária</b>	<b>32</b>
<b>Figure 7Válvula de esfera bipartida fabricada em inox 304 e rosca 3/4</b>	<b>33</b>
<b>Figure 8: Espigão macho fabricado em inox 304 e rosca 3/4 bsp</b>	<b>34</b>
<b>Figure 9: Cotovelo fabricado em inox 304 e rosca 3/4 bsp</b>	<b>35</b>
<b>Figure 10: Conexão T em fabricada em inox 304 , 3/4" e rosca bsp</b>	<b>36</b>
<b>Figure 11: Resistência de 4000W, 220V e 18,2A</b>	<b>38</b>
<b>Figure 122: Resistência de 4000W, 220V e 18,2A</b>	<b>39</b>
<b>Figure 13: Full gauge 512E</b>	<b>42</b>

## LISTA DE TABELAS

**Table 1: Rampas de Brassagem**

21

## LISTA DE ABREVIATURAS / SIGLAS

Relação alfabética das abreviaturas e siglas utilizadas na publicação, seguidas das palavras ou expressões a que correspondem, grafadas por extenso

ABV: é a sigla em inglês para o termo “Alcohol by Volume”. Em português, significa “Álcool por Volume”, por isso também pode ser encontrada como APV. A definição significa o volume em ml de etanol puro em 100 ml de uma solução a 20°C. Por exemplo, uma cerveja com 10% de ABV tem 10 ml de etanol puro a cada 100 ml.

ABW: é a sigla para “Alcohol by Weight” que significa “Álcool por peso”, por isso também pode ser usada no português APP. Nesse caso, é feita a medição do peso percentual do teor de álcool de uma solução por volume de cerveja. Por exemplo: 3,2 por cento de álcool por peso é igual a 3,2 gramas de álcool por 100 cl de cerveja. A medida sempre será menor do que a ABV.

BJCP: a Beer Judge Certification Program é uma associação americana sem fins lucrativos que foi criada para padronizar os parâmetros de julgamento de cervejas em concursos. A associação também desenvolveu um Guia de Estilos de Cerveja, usado no mundo inteiro, e criou um programa de certificação de juízes para formar jurados de concursos de cerveja.

EBC (European Brewery Convention): a Convenção Europeia de Cervejas é uma associação que foi criada em 1947 para estimular o desenvolvimento técnico e científico das cervejas. EBC também é uma unidade de medida que mede parâmetros de cor e amargor da cerveja.

EBU (European Bitterness): é uma unidade de medida que verifica a intensidade de amargor da cerveja. O nível do EBU representa a intensidade de amargor da bebida, quanto mais alto, mais amarga.

Fermentação Primária: acontece durante a fermentação alcoólica quando o fermento é inoculado no mosto. As leveduras se replicam enquanto estão consumindo os açúcares do mosto. A fermentação primária termina após as leveduras terem consumido 100% dos açúcares.

FG (Final Gravity): é uma sigla para o termo "Gravidade Final" em inglês e se refere à densidade que a cerveja apresenta após a fermentação. Filtração: consiste na passagem de um líquido por meio de uma substância porosa ou permeável para remover a matéria sólida em suspensão, geralmente por fungos.

IBU : International Bitterness Units: é a escala que mede o amargor presente nas cervejas. 1 IBU = 1 miligrama de alfa ácido isomerizado por litro de cerveja.

OG (Original Gravity): é a densidade do mosto antes de ser fermentado, no final da fervura. O OG deve ser sempre medido.

SEM (Standard Reference Method): o "Método de Referência Padrão" é uma das escalas mais utilizadas para medir a cor das cervejas. O método avalia a cor de cervejas pelo comprimento de onda da luz ao passar por 1 cm<sup>3</sup> (= 1 ml) de cerveja.

(SG) Specific Gravity: A "Gravidade Específica" é uma escala de medição de densidade que compara a massa de um líquido com a massa do mesmo volume de água. Na produção de cervejas, pode ser usado para medição de densidade de qualquer etapa do processo produtivo. Em geral, é usada como sinônimo de OG.

## SUMÁRIO

### Sumário

DEDICATÓRIA	4
AGRADECIMENTOS	5
EPÍGRAFE	6
RESUMO	7
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS / SIGLAS	12
SUMÁRIO	15
1. INTRODUÇÃO	17
1. METODOLOGIA	19
1.1. Definição da Ferramenta de Pesquisa ideal para desenvolvimento do trabalho	19
1.2. Definição Conceitual da Ferramenta	20
1.2.1. Planejar	20
1.2.2. Implementação das Ações Definidas	20
1.2.3. Estabelecimento de Indicador	21
1.2.4. Reinício do fluxo de Análises e Ações	21

	14
2. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	23
3. O PROBLEMA DA PESQUISA	24
3.1. A Brassagem	24
3.2. Clarificação	25
3.3. Sparge	25
3.4. Fervura	26
3.5. Whirlpool	26
3.6. Resfriamento	26
3.7. Fermentação	27
3.8. Envase e carbonatação	27
4. OBJETIVOS DA PESQUISA	29
4.1. Objetivo Geral	29
4.2. Objetivos Específicos	29
5. PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO	30
5.1. Planejamento Mecânico do Trabalho	31
5.1.1. Estrutura de suporte do equipamento	31
5.1.1.1. Situação Atual	31
5.1.1.2. Proposta	32
5.1.2. Armazenamento dos máltes durante a brassagem	33
5.1.2.1. Situação Atual	33

	15
5.1.2.2. Proposta	34
5.2. Hidráulica do sistema de transferência de mosto	36
5.2.1. Situação Atual	36
5.2.2. Proposta	36
6. PLANEJAMENTO ELÉTRICO DO TRABALHO	43
6.1. Aquecimento / Alimentação	43
6.1.1. Situação Atual	43
6.1.2. Proposta	43
6.2. Controle de Temperatura	49
6.2.1. Situação Atual	49
6.2.2. Proposta	49
6.3. Painel de Comando	51
7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	51
7.1. Tempo de Aquecimento	52
7.2. Controle de temperatura	52
7.3. Rampas	52
7.4. Recirculação / Clarificação	53
7.5. Eficiência	53
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
9. REFERÊNCIAS	57

10. GLOSSÁRIO

## 1. INTRODUÇÃO

A fabricação de cerveja remonta a mais de 4000 anos. A fermentação dos grãos foi durante muito tempo considerada uma dádiva divina e seu sucesso ou fracasso ligado diretamente aos fatos e atos ocorridos durante sua preparação, pois não havia a compreensão total da biologia e química envolvidas na preparação.

Desde então, o processo de fabricação evoluiu, dando um grande salto a partir de 1857, quando Louis Pasteur provou que a fermentação alcoólica era realizada por leveduras. Além disso Pasteur demonstrou que o crescimento destas era promovido pela oxigenação do meio a ser fermentado, mas que nestas condições a fermentação alcoólica era inibida, efeito este chamado de "Efeito Pasteur".

Houve a partir daí um salto na padronização da fabricação de cerveja, devido às descobertas de como manipular as leveduras.

Num primeiro momento, houve uma queda considerável na fabricação caseira de cerveja, pois as cervejas industriais começaram a inundar o mercado com um produto a um preço bastante competitivo e com uma qualidade incomparável à obtida pela maioria dos "homebrewers".

Com o tempo, essa compreensão dos benefícios da padronização, bem como o acesso a instrumentos fundamentais como o termômetro chegou aos produtores amadores (denominados home brewers), possibilitando uma produção caseira com acuracidade melhor.

Com o tempo, a indústria iniciou um processo de redução de custo na fabricação de cervejas, utilizando ingredientes mais baratos como milho e arroz, bem como extratos de lúpulo de baixa qualidade, visando somente a maximização dos lucros.

Este mercado repleto de cervejas baratas e de baixa qualidade e a tecnologia disponível tornou possível o ressurgimento do movimento homebrewer, pois assim como fazemos com os alimentos preparados em casa, a escolha dos homebrewers sempre tendia para a qualidade dos insumos e não a maximização dos lucros da fabricação.

Dentro desse novo contexto ocorreu uma forte movimentação no mercado, surgindo as primeiras brewshops, lojas especializadas em insumos e equipamentos para a produção de cerveja em escala artesanal.

Esse movimento continua até os dias de hoje, sendo que há 10 anos houve um aumento significativo de pessoas que iniciaram a produção de sua própria cerveja, buscando a qualidade e variedade que o mercado não mais ofertava.

Esses novos homebrewers, apesar de apreciarem a fabricação artesanal de seu próprio produto, entendem que automatizar a fabricação poderá oferecer um controle maior na produção, além de dispor de tempo livre para realizar outras atividades e que antes seriam gastas com funções pouco nobres, como vigiar um termômetro, mexer os grãos maltados de tempos em tempos ou ficar controlando a chama de um fogão.

## **1. METODOLOGIA**

### **1.1. Definição da Ferramenta de Pesquisa ideal para desenvolvimento do trabalho**

De acordo com as características do tema proposto no estudo, concluiu-se que apenas uma pesquisa ação poderia satisfazer os objetivos geral e específicos estabelecidos.

Visando não somente estudar o problema, mas propor soluções com o objetivo de elimina-lo, foi realizada uma pesquisa exploratória em boletins técnicos, artigos acadêmicos, avaliação de processos similares considerados *benchmarking*, análises laboratoriais de modo a planejar a solução para o problema desse trabalho..

Trata-se também de uma pesquisa prática pois foram avaliadas propostas de melhorias no processo de fabricação de cerveja envolvidos no estudo durante avaliações praticas realizadas durante o desenvolvimento da solução bem como após a definição da solução final a fim de valida-la..

Segundo Fonseca e Miyake (2006), a utilização da ferramenta PDCA (*Plan, Do Check, Act*) propicia resultados substanciais para as empresas, sendo analisados conceitos como o conhecimento da área, solução de problemas, metodologias, métodos e técnicas, todos sob a ótica da gestão da qualidade.

Definida a ferramenta que seria utilizada para gerir as partes da análise, foi delineado o plano de estudo e as áreas da empresa que deveriam ser estudadas.

### **1.2. Definição Conceitual da Ferramenta**

PDCA é um método iterativo de gestão de quatro passos, utilizado para o controle e melhoria contínua de processos e produtos. É também conhecido como o círculo/ciclo/roda de Deming, ciclo de Shewhart, círculo/ciclo de controle, ou PDSA.

Abaixo, seguem os ciclos descritos:

### **1.2.1.Planejar**

Neste ponto, são identificados e definidos o problema por meio de indicadores de campo e análises em componentes com a falha, visando identificar falhas no produto e no processo.

A partir dos dados obtidos com as análises, os dados disponíveis são estratificados e são estabelecidos os objetivos gerais e específicos, além das ações para a resolução dos problemas em questão.

Neste ponto são detalhadas as ações pontuais em cada um dos pontos definidos como potenciais causadores da falha.

### **1.2.2.Implementação das Ações Definidas**

Com o planejamento em mãos, deve-se envolver as áreas que serão responsáveis pela implementação e controle das ações definidas na etapa anterior.

É necessário estabelecer responsabilidades e prazos bem definidos e realizar *follow-up* durante a implementação, afim de sanar dúvidas que possam surgir durante os trabalhos.

### **1.2.3.Estabelecimento de Indicador**

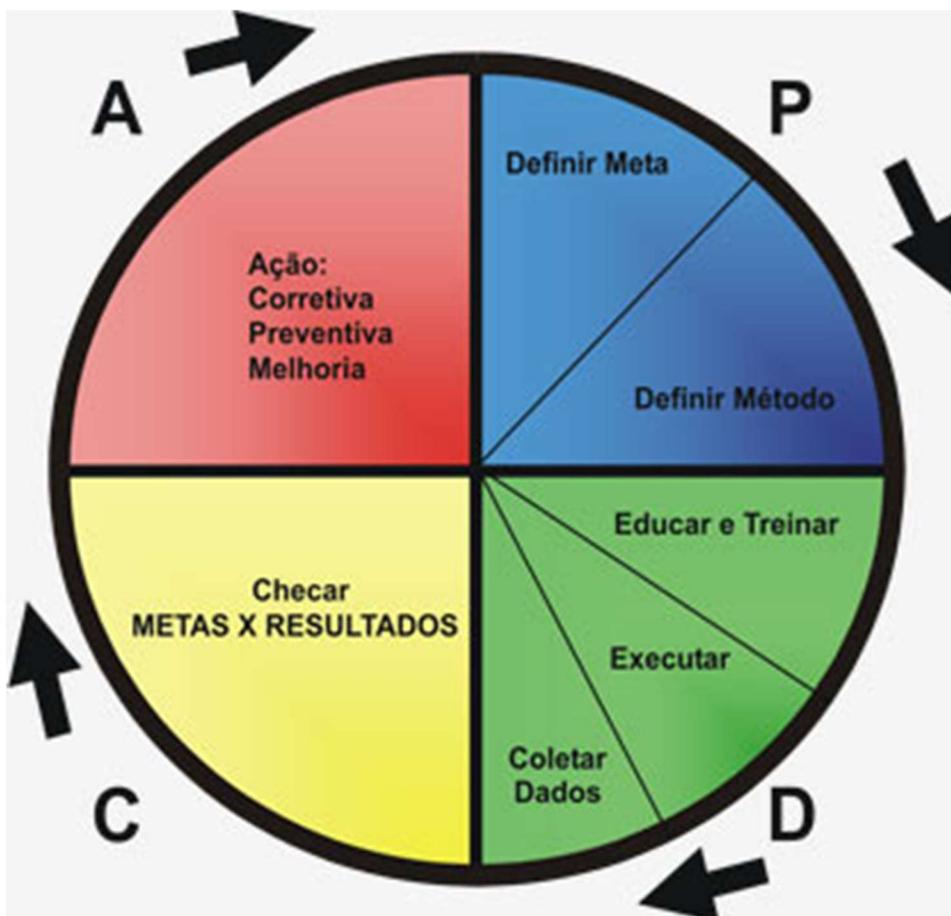
Deve-se definir um indicador preciso e confiável para acompanhar a efetividade e eficiência das ações implementadas. O prazo de acompanhamento para verificação da eficácia foi definido de modo a não ocorrer falsas diagnoses de melhoria. Foi estabelecido como meta melhorar a eficiência da brassagem em 5% e o tempo total da brassagem deve ser 10% menor.

### 1.2.4.Reinício do fluxo de Análises e Ações

Ocorrendo reincidências da falha durante o programa de testes estabelecidos para a liberação das, inicia-se um novo ciclo baseado nas evidências colhidas durante as avaliações.

É necessário reiniciar o fluxo do PDCA (Figura 1) caso após a liberação das modificações entrarem em série, ocorrerem novas reclamações com a exposição do produto no campo. Também deve-se identificar se as ações foram ineficazes ou parcialmente eficazes.

Figure 1: Ciclo PDCA



## 2. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A fabricação de cervejas artesanais, em pequena escala e para consumo próprio, além de ser um hobby fascinante, devido aos conhecimentos que são necessários adquirir para iniciar a prática, também é um bom negócio.

Enquanto uma empresa precisa de grande investimento em maquinário, contratação e treinamento de pessoal, distribuição, patentes, impostos, etc, um home brewer necessita somente de uma panela, um saco de voal, 1 termômetro e insumos para iniciar a fabricação. E normalmente a produção de um home brewer iniciante possui um sabor muito superior quando comparado a de uma grande cervejaria. Pequenos batches, insumos de alta qualidade e a atenção que somente uma produção caseira pode receber tornam o produto muito superior.

Porém a falta de padrão é um problema recorrente. Mesmo quando a produção de uma receita é considerada um sucesso, a falta de repetibilidade nos processos impedem que ela seja repetida com exatidão.

Essa busca pela padronização leva os home brewers mais avançados a automatizar algumas etapas do processo de fabricação, tornando a repetibilidade do processo mais próxima da fabricação industrial. Além disso, algumas etapas do processo são bastante tediosas, apesar de serem necessárias.

A automatização dessas etapas permite que o home brewer faça outra atividade durante a execução do processo, podendo inclusive se ausentar de sua residência, além de tornar a padronização das etapas mais eficiente, de modo a poder identificar um erro ou um acerto mais facilmente e repetir ou eliminar essa etapa nas próximas brassagens, fazendo com que a sua evolução como home brewer seja mais rápida.

### 3. O PROBLEMA DA PESQUISA

A produção de cerveja tem basicamente 4 etapas:

#### 3.1. A Brassagem

A brassagem tem como objetivo a transformação do amido contido nos grãos maltados e não maltados em cadeias de açúcares. Essa transformação ocorre devido às enzimas presentes nos grãos maltados reagirem a água quente e seus minerais. Essas cadeias serão mais longas conforme a temperatura de brassagem for mais alta e o processo será interrompido e os enzimas perderão suas propriedades de conversão de açúcares caso a temperatura ultrapasse os 76° celsius.

Segue abaixo a tabela de rampas de temperaturas de brassagem e as transformações que ocorrem:

**Table 1: Rampas de Brassagem**

Enzima	Faixa ideal de temperatura	Faixa de PH	Função da enzima
Phytase	30-52°C	5.0 – 5.5	Diminuição do PH do mosto
Debranching	35-45°C	5.0 – 5.8	Solubilização de amidos
Beta Glucanase	35-45°C	4.5 – 5.5	Gelatinização, auxiliando a liberação de açúcares fermentáveis
Peptidase	45-55°C	4.6 – 5.3	Produz maior quantidade de proteínas solúveis no mosto
Protease	45-55°C	4.6 – 5.3	Quebram proteínas que geram a turvação da cerveja
Beta Amylase	55-65°C	5.0 – 5.5	Produz maltose
Alpha Amylase	68-72°C	5.3 – 5.7	Produz açúcares diversos, incluindo a maltose

Para que o mosto (chá obtido através da mistura dos grãos e da água) passe pelas rampas e patamares de temperatura é necessário que o produtor, no caso deste trabalho, produtor amador fique controlando a chama do fogo, mexa o conteúdo do tonel constantemente para homogeneizar o conteúdo e temperatura e maximizar a extração dos açúcares.

### **3.2. Clarificação**

A clarificação é obtida a partir da circulação do mosto, removido pela válvula existente na base do tonel e derramando com o auxílio de uma colher, de modo a não “furar” a cama de grãos existente no tonel. Esse processo faz com que as partículas sólidas existentes sejam filtradas pela camada de grãos, fazendo com que o líquido fique mais claro, quase translúcido. A clarificação manual é um processo bastante difícil, que demanda tempo e paciência, pois é necessário passar todo o volume do mosto diversas vezes pela camada de grãos para se obter um resultado satisfatório.

### **3.3. Sparge**

Após a finalização da mostura / clarificação, que dura entre 60 e 90 minutos, o mosto é transferido por gravidade para o tonel de fervura, que está no step abaixo do tonel de mosturação. Após a transferência ocorrer, existe um processo chamado de sparge (lavagem), que apesar de não ser obrigatório, aumenta muito a eficiência da extração de açúcares já convertidos e que estão presos nos grãos. Para efetuar a brassagem, o líquido que está no tonel no step superior ao da brassagem é aquecido a 74°C, visando diminuir a viscosidade do mosto e melhorar a eficiência da extração de açúcares. O Sparge é realizado de maneira bastante lenta, de modo a fazer a extração de forma mais eficiente.

### **3.4. Fervura**

A fervura ocorre no 3º tonel, após a finalização da lavagem dos grãos. Nesse momento a viscosidade ou densidade do líquido deve ser medido e caso exista uma grande distorção, pode ser corrigido com a adição de mais água (no caso de estar muito alta) ou com a adição de tempo de fervura (no caso de a densidade estar muito baixa).

### **3.5. Whirlpool**

Após a finalização da fervura, é necessário que se realize um movimento de circulação do líquido de modo a criar um redemoinho bastante forte no sentido antiorário. Este “whirlpool” fará com que ocorra a decantação das proteínas liberadas durante a fervura e do trub formado pela adição do lúpulo ao mosto. Quanto menos trub for enviado para o fermentador, melhor para a fermentação e clarificação final da cerveja.

### **3.6. Resfriamento**

O resfriamento deve ocorrer da maneira mais rápida possível, principalmente se for a produção de uma lager, pois o resfriamento lento pode levar a formação de diacetil, um off flavor que dá a cerveja um sabor de manteiga.

No caso de cervejas tipo Ale, não é obrigatório. Existem produtores que inclusive optam pela técnica do no-chill, para evitar o desperdício de água.

O resfriamento pode ser realizado através de serpentinas de imersão, serpentinas de contrafluxo e chillers de placas, sendo esse último muito eficiente.

### **3.7. Fermentação**

O líquido é transferido por gravidade para o fermentador. Após a transferência, é necessário introduzir oxigênio no mosto, de modo a permitir que ocorra uma fermentação saudável. Essa ação pode ocorrer de inúmeras maneiras, desde a agitação do mosto, até a introdução de oxigênio puro. O método utilizado nesse sistema é através de um compressor com filtro bacteriológico.

Após a aeração é realizada a inoculação da levedura nas quantidades prescritas. No sistema utilizado, sempre é realizado um starter, que é a procriação da levedura por um período de 24h.

### **3.8. Envase e carbonatação**

Após a fermentação a cerveja está pronta, podendo ser envasada em garrafas ou em barris. Nesse momento a sanitização é extremamente importante, pois inúmeras cervejas são perdidas nessa etapa.

A vantagem do envase ser realizado em garrafas é que elas podem ser transportadas facilmente e não necessitam de nenhum equipamento especial.

O problema é que é necessário a refermentação através da adição de um priming na garrafa (geralmente açúcar invertido) para estimular as leveduras a gerar CO<sub>2</sub> sob pressão, o que gera a carbonatação. Esse processo gera uma pequena porção de leveduras no fundo da garrafa, além de aumentar a graduação alcoólica e gerar fenóis além de prejudicar a clarificação.

Já a fermentação em barris dispensa a refermentação, pois a carbonatação é feita através da adição de CO<sub>2</sub>. Esse processo é muito simples, porém necessita de uma série de equipamentos que são relativamente caros. É necessário um cilindro de CO<sub>2</sub>, um barril e mangueiras, além de manômetros para aferir a pressão do cilindro e do barril.

A vantagem é que a sanitização de um barril é muito fácil, a carbonatação forçada não gera leveduras, aumento do teor alcóolico e nem fenóis, além de ser muito mais rápido o envase.

Tendo sido explanada as principais etapas da fabricação de cerveja, o problema da pesquisa pode ser definido com a seguinte pergunta:

“Como automatizar o processo de fabricação de cerveja de maneira a melhorar a eficiência do equipamento, economizar tempo, melhorar a repetibilidade utilizando-se dos conhecimentos adquiridos durante o curso de mecatrônica e com custo relativamente baixo em comparação às soluções disponíveis no mercado.”

No próximo capítulo teremos a especificação dos objetivos a serem implementados para que o problema principal da pesquisa seja solucionado.

## **4. OBJETIVOS DA PESQUISA**

### **4.1. Objetivo Geral**

O objetivo geral desse trabalho é tornar o sistema utilizado o mais preciso, ágil e econômico possível, utilizando técnicas de automação que tornem o conjunto de equipamentos mais profissional e próximo aos existentes no mercado, ao mesmo tempo que permite personalizações que um equipamento de prateleira não permitiria.

### **4.2. Objetivos Específicos**

Visando atingir o objetivo geral dessa pesquisa, foram tratados os seguintes objetivos específicos:

- Tornar o controle de temperatura mais preciso.
- Tornar o controle de rampas e patamares totalmente automático.
- Tornar o layout do equipamento mais compacto de modo a simplificar a limpeza e sua guarda após a utilização.
- Tornar o processo de trasfega mais robusto e independente da força da gravidade.
- Melhorar a eficiência da brassagem.
- Tornar o processo de starter de leveduras automatizado e eficiente.

## **5. PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO**

Definidos o problema principal do trabalho, os objetivos principais e específicos a serem atingidos e os métodos que auxiliarão na execução, iniciaremos a aplicação da ferramenta escolhida como guia. Com o intuito de colocar os conhecimentos adquiridos durante o curso, o tema proposto tem condições de colocar em prática grande parte dos conceitos desenvolvidos durante o curso. Esses temas serão listados durante a aplicação do PDCA.

O Planejamento será executado levando em consideração a ciência de cada área. Portanto dividiremos o planejamento em 2: Mecânica e Elétrica. Assim ocorrerá em todas as etapas do trabalho daqui em diante.

## 5.1. Planejamento Mecânico do Trabalho

### 5.1.1. Estrutura de suporte do equipamento

#### 5.1.1.1. Situação Atual

A estrutura de suporte e sustentação dos toneis é confeccionada com vigas L de 2 cm, cortadas e soldadas no formato de degraus. As mesmas são equipadas por 3 fogareiros independentes de alta pressão alimentados a GLP. A única força utilizada na trasfega dos líquidos entre um tonel e outro é a gravidade, fato que faz com que o formato da estrutura seja a de uma escada.

**Figure 2: Estrutura do equipamento original**



### 5.1.1.2. Proposta

Estrutura foi implementada eliminando um dos módulos, o maior. Foram soldadas duas bases de suporte

**Figure 3: Estrutura do equipamento modificado**



## 5.1.2. Armazenamento dos maltes durante a brassagem

### 5.1.2.1. Situação Atual

Os maltes são acomodados em um saco de voal que serve para armazenar os grãos e filtra-lo ao mesmo tempo.

### 5.1.2.2. Proposta

Implementar um cesto de inox que além de suportar os maltes, permite que se forme um filme espesso de líquido entre o cesto, panela e resistências, evitando a caramelização do malte e facilitando a movimentação do mesmo.

<b>Figure 4: Saco de Voal</b>	<b>Figure 5: Cesto de grãos fabricado em inox 304</b>
	

## 5.2. Hidráulica do sistema de transferência de mosto

### 5.2.1. Situação Atual

O projeto hidráulico é extremamente simples e composto de válvulas de  $\frac{1}{2}$  polegada e  $\frac{1}{4}$  de volta. As manobras de líquidos são realizadas apenas no sentido de atuação da gravidade e o looping de clarificação é realizado através de um jarro manualmente, tornando o processo extremamente lento, sujo e sem repetibilidade nos resultados.

### 5.2.2. Proposta

Implementar um sistema hidráulico composto de válvulas e conexões onde as trasfegas poderão ser realizadas através de manobras nas válvulas e uma bomba de com fuso de inox, resistente a altas temperaturas e atóxica faça a circulação sem a necessidade de ajuda da gravidade.

**Figure 6: Bomba de alta pressão sanitária**



<b>Válvulas e Conexões Hidráulicas</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Fotos</b>
<b>Figure 7: Válvula de esfera bipartida fabricada em inox 304 e rosca 3/4</b>	
<b>Figure 8: Espigão macho fabricado em inox 304 e rosca 3/4 bsp</b>	
<b>Figure 9: Cotovelo fabricado em inox 304 e rosca 3/4 bsp</b>	
<b>Figure 10: Conexão T em fabricada em inox 304 , 3/4" e rosca bsp</b>	
<b>Figure 11: Mangueira fabricada em silicone alimentício</b>	

## **6. PLANEJAMENTO ELÉTRICO DO TRABALHO**

### **6.1. Aquecimento / Alimentação**

#### **6.1.1. Situação Atual**

Os 3 fogareiros existentes são alimentados por GLP através de queimadores e uma válvula de alta pressão ligados a um cilindro padrão de GLP de 13 Kg. A Distribuição dos gases é realizada através de mangueiras de alta pressão que servem 3 queimadores. A intensidade da chama é controlada através de válvulas comuns de ¼ de volta.

#### **6.1.2. Proposta**

Alterar o sistema de alimentação baseado em gás GLP para um sistema composto de resistências, que farão o aquecimento e serão controladas pelos controladores de temperatura (brasagem e sparge) ou sem controle (fervura).

O sistema será composto por três resistências elétricas, sendo elas:

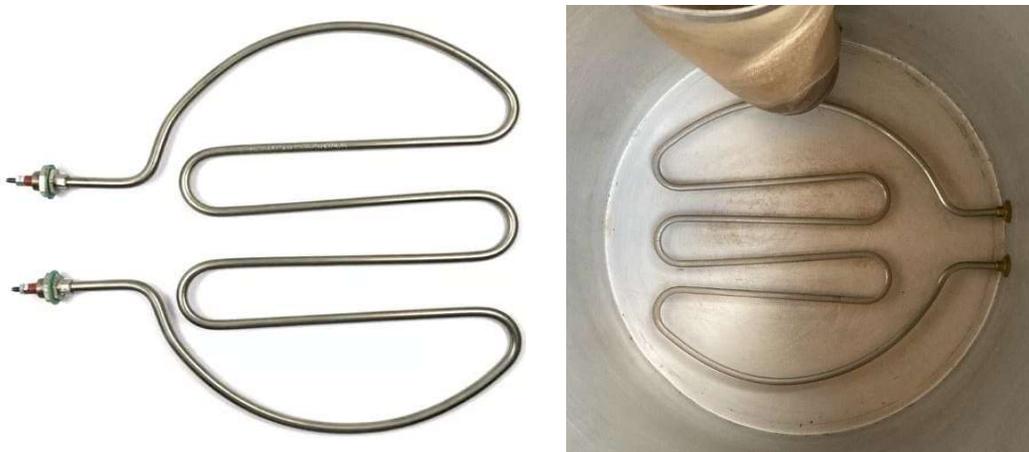
Mosturação: Resistência de 4000 Wats, alimentada por tensão de 220V e 18,2<sup>a</sup> de corrente. Essa resistência foi utilizada na panela de brasagem em conjunto com o controlador Ageon K114, para controle de rampas e temperaturas.

**Figure 11: Resistência de 4000W, 220V e 18,2A**



Fervura: Resistência de 4000 Wats, alimentada por tensão de 220V e 18,2<sup>a</sup> de corrente. Essa resistência foi utilizada na panela de fervura sem controle.

**Figure 122: Resistência de 4000W, 220V e 18,2A**



Sparge: Resistência de 3000 Wats, alimentada por tensão de 220V e 13,6A de corrente. Essa resistência foi utilizada na panela de sparge em conjunto com o controlador Full gauge 512E, para controle de temperatura da água de lavagem dos grãos.

**Figura 13: Resistência de Inox de 3000W 220V**



## **6.2. Controle de Temperatura**

### **6.2.1. Situação Atual**

A temperatura é aferida manualmente a partir de um termômetro analógico e é controlada através da abertura ou fechamento manual das válvulas que controlam o fluxo de glp para os queimadores.

### **6.2.2. Proposta**

Implementar um controlador para cada um dos 2 toneis que necessitam de controle de temperatura a fim de tornar o controle de temperatura, rampa e patamar da panela de mosturação automática e o aquecimento e estabilização da panela de sparge ser automático também.

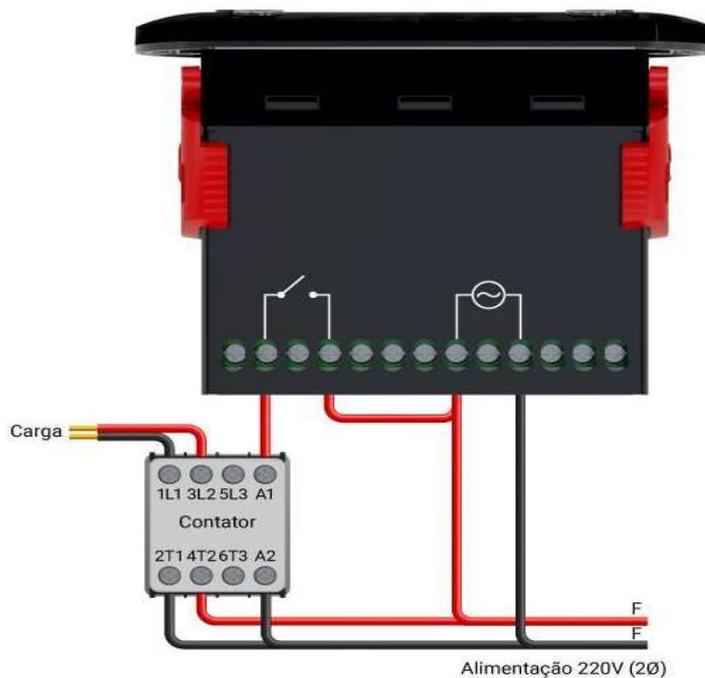
### 6.2.2.1. Controlador Ageon K114

O controlador escolhido para implementação no controle da panela de mostura foi o Ageon K114. As principais características dele são o controle de rampa e patamar, sendo possível controlar até 8 rampas e 8 patamares. Apesar de possuir um contator de 20ª que atendia as especificações da carga (18A), foi utilizado um contator de potência auxiliar de 25ª para que o desgastes dos contatos fosse minimizados.

**Figura 14: Ageon K114**



Esquema elétrico



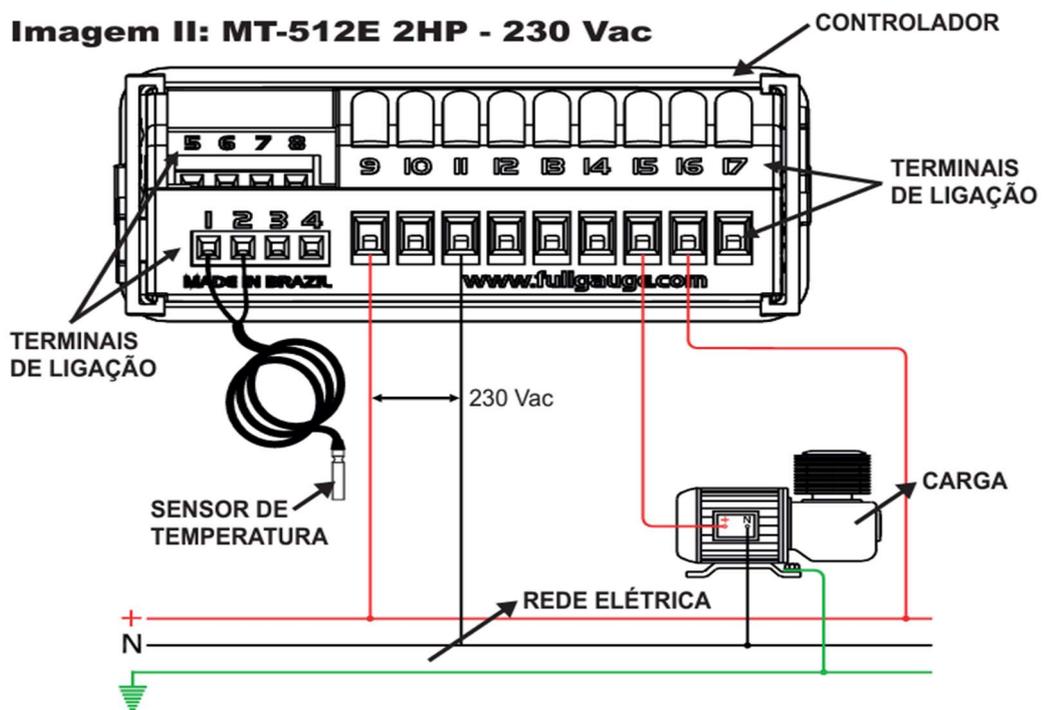
### 6.2.2.2. Controlador Full Gauge MT512E

O controlador escolhido para implementação no controle da panela de sparge foi o Full Gauge MT512E. A panela de sparge tem apenas necessidade de controle de temperatura máxima. Ele possui um contator de 20A que atende as especificações da carga (13A), não sendo necessário a instalação de um contator de potência intermediário, pois a demanda será baixa durante a aplicação.

Figura 15: Full Gauge MT 512E



Imagem II: MT-512E 2HP - 230 Vac



### 6.3. Disjuntores de Proteção

Foram utilizados 3 disjuntores, dimensionados de acordo com o consumo dos equipamentos, um para proteger a aplicação elétrica de cada circuito, ou seja, um para cada panela. Foram definidos disjuntores bipolares de 25A, pois o conjunto foi dimensionado para trabalhar com 20A no máximo.



## Disjuntores Termomagnéticos Bipolar 25A

### Características técnicas

Normas	NBR NM 60898
Curva de Disparo	Tipo C
Corrente Nominal (In)	25A
Tensão de operação (Ue)	2P 415V
Tensão de isolamento nominal (Ui)	500 V
Tensão de Ruptura	3KA
Frequência Nominal (CA)	50/60 Hz
Classe de energia	3
Temperatura de Funcionamento	-25°C a 70°C
Grau de Proteção	IP20
Tipo de Instalação	DIN 35 mm
Tipo de disparo	TÉRMICO E MAGNÉTICO TIPO FIXO

#### 6.4. Chave Gangorra On/Off – 30ª

Foram utilizados 5 chaves de 30A cada , sendo:

01 chave para ligar a energia do painel;

01 chave para ligação do controlador Ageon K114;

01 chave para ligação do controlador Full Gauge MT 512E;

01 chave para ligação da resistência de fervura;

01 chave para ligação da bomba de recirculação.



CHAVE GANGORRA  
ON/OFF VM 15-30A/250V 2  
TERM - A: 28MM L: 10MM  
C: 18MM

**16.1.265**

## 6.5. Contator de Potência

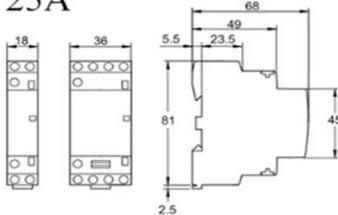
Para o controlador da panela de mostura, foi introduzido um contator no circuito para evitar o desgaste dos terminais, tendo em vista que o limite dos contatos originais do contator (20A) se aproximavam demais da carga nominal da resistência instalada.



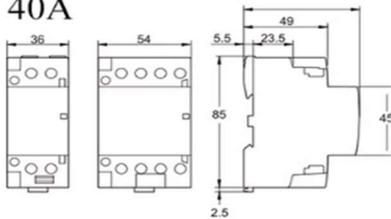
## Tabela de Potência

CONTADORES

25A



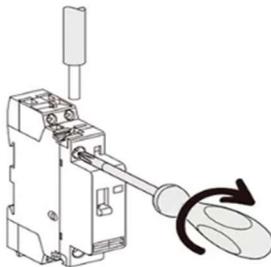
40A



### Dados Técnicos

Polos	Classificação (in)		Bobina (VAC)(50/60Hz)	Potência nominal	Potência da partida	Potência
	AC7a	AC7b				
2P	16A	5A	220...240	2.7 VA	9.2 VA	1.2 W
	25A	8.5A	220...240	2.7 VA	9.2 VA	1.2 W
	40A	15A	220...240	4.6 VA	34 VA	1.6 W
	63A	20A	220...240	4.6 VA	34 VA	1.6 W
3P	16A	5A	220...240	4.6 VA	34 VA	1.6 W
	25A	8.5A	220...240	4.6 VA	34 VA	1.6 W
	40A	15A	220...240	6.5 VA	53 VA	2.1 W
	63A	20A	220...240	6.5 VA	53 VA	2.1 W
4P	25A	8.5A	220...240	4.6 VA	34 VA	1.6 W
	40A	15A	220...240	6.5 VA	53 VA	2.1 W
	63A	20A	220...240	6.5 VA	53 VA	2.1 W

### Conexões



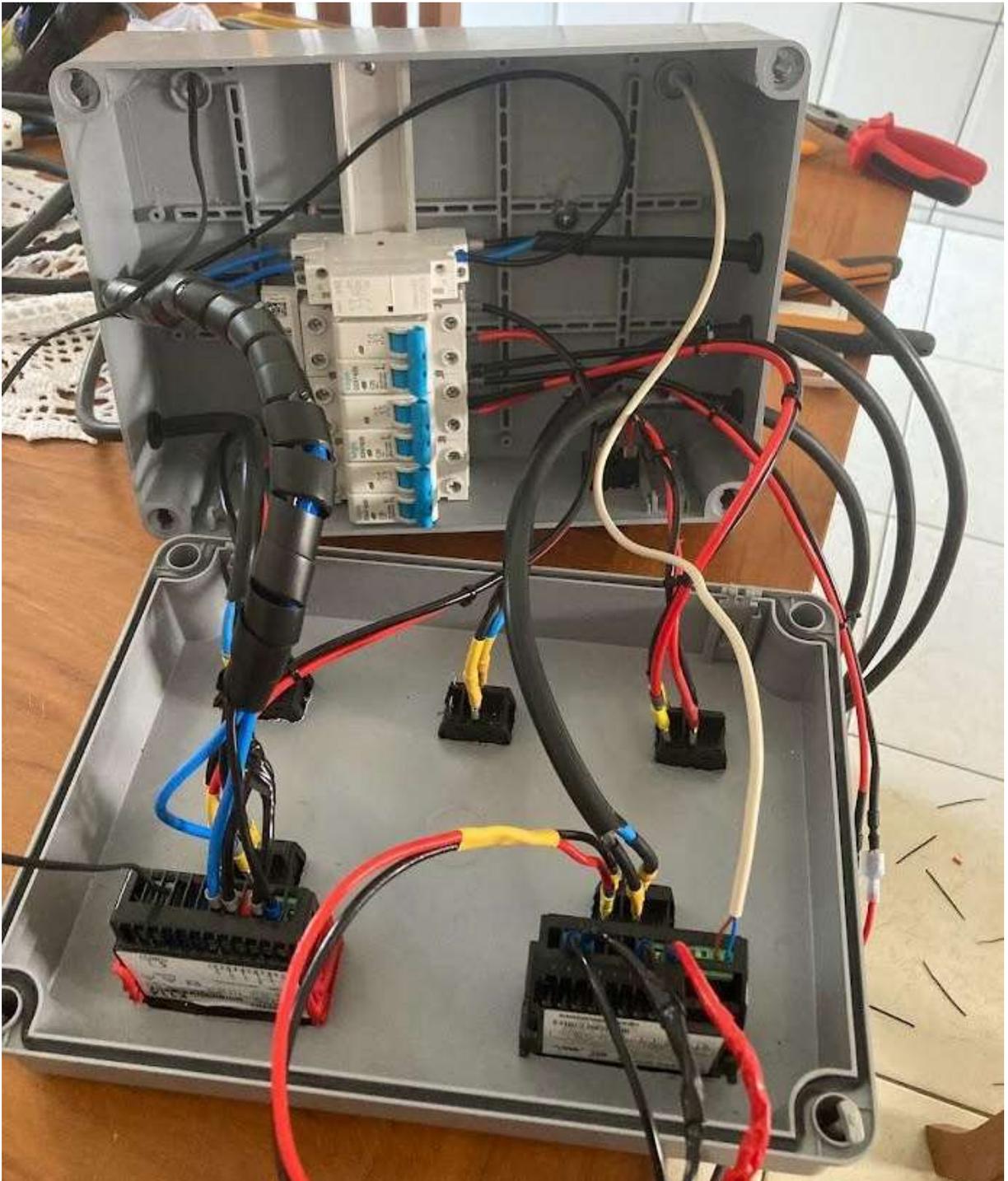
Tipo	Borne	Decape do fio	Torque	Cabos de cobre	
				Rígidos	Flexíveis ou terminal
Philips					
4 mm	Bobina	10mm	0.8N.m	1,5 a 2,5mm <sup>2</sup>	1,5 a 2,5mm <sup>2</sup>
6 mm	Carga	14mm	3.5N.m	6 a 25mm <sup>2</sup>	6 a 16mm <sup>2</sup>

## 6.6. Painel de Comando

O Painel foi montado a partir da adaptação de uma caixa de disjuntores comercial, que teve sua tampa frontal cortada e adaptada, onde todos os componentes foram instalados montados.

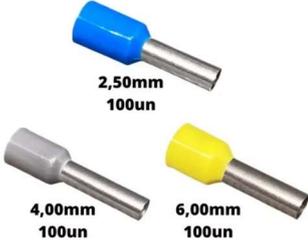


No interior foram fixados os disjuntores e cabos, de modo que a instalação tivesse espaço suficiente para todos os componentes com segurança.



## 6.7. Cabos, conectores e conexões.

Na implementação do projeto foram utilizados os seguintes componentes para a montagem dos chicotes necessários para a aplicação:

Foto	Descrição
	<p>Pino Latão Plug com Canopla de Baquelite para Resistencia.</p> <p>Comprimento da mola: 25 mm, Comprimento da Peça: 44,5 mm, Diâmetro Interno: 6,2 mm corresponde ¼.</p> <p>Material : Latão. Diâmetro: 6X20MM (Rosca - 3/16")</p>
	<p>Terminal Faston Fêmea com conexão de 6,3mm, Pré Isolado para fios de 2.5, 4mm e 6mm</p>
 <p>2,50mm 100un</p> <p>4,00mm 100un</p> <p>6,00mm 100un</p>	<p>Terminal tubular tipo ilhós simples curto para cabo de 2.5mm, 4mm e 6mm</p>
	<p>Cabo Flexível PP Redondo 300/500v 2 x 6,00 mm<sup>2</sup>, formados por fios de cobre eletrolítico nu, têmpera mole, encordoamento classe 5. Suas veias são isoladas com Policloreto de Vinila (PVC), tipo PVC/D, para temperaturas de até 70°C e sua cobertura final isolada com Policloreto de Vinila (PVC), tipo ST5.</p>
	<p>Fio Elétrico Cabo Flexível 2.5mm,4mm e 6mm</p>

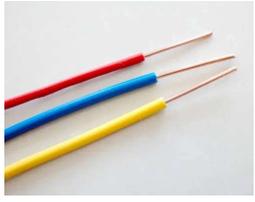
## 6.8. Agitador magnético

Um dos objetivos do projeto é melhorar o custo de fabricação da cerveja. O ingrediente mais caro de uma cerveja é a levedura, cujo o custo que varia entre R\$ 25,00 e R\$ 50,00 11 gramas, o que dá incríveis R\$ 3.409,09 o Kg, na média.

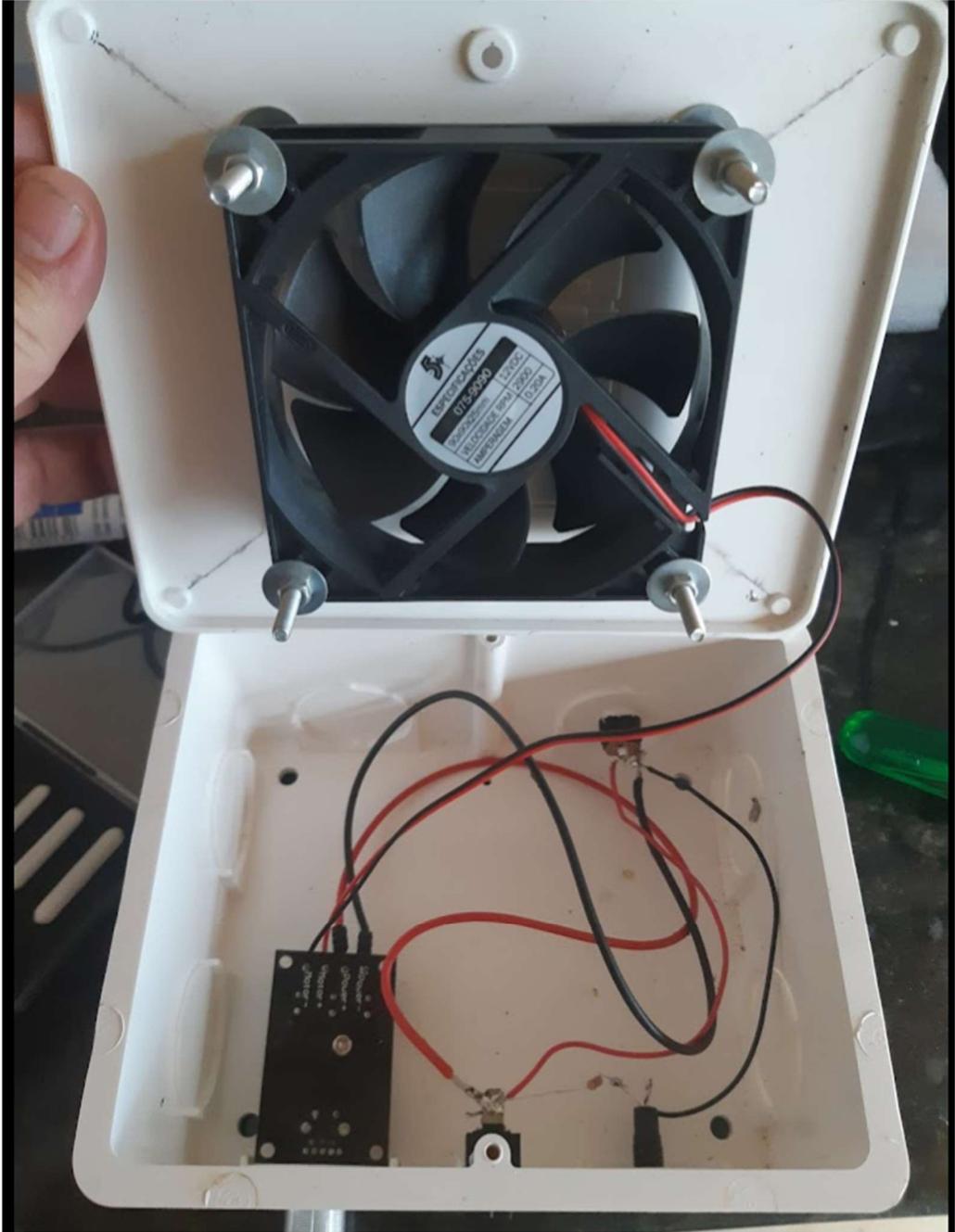
Uma maneira para mitigar esse custo é através da reprodução das leveduras. É possível, com equipamentos de laboratórios, multiplicar as leveduras de maneira rápida e segura. O problema é o custo dos equipamentos

Para mitigar esses custos, foi elaborado um projeto de agitador magnético, que hoje no mercado nacional custa em torno de R\$ 700,00. Esse agitador de baixo custo foi elaborado com os materiais abaixo:

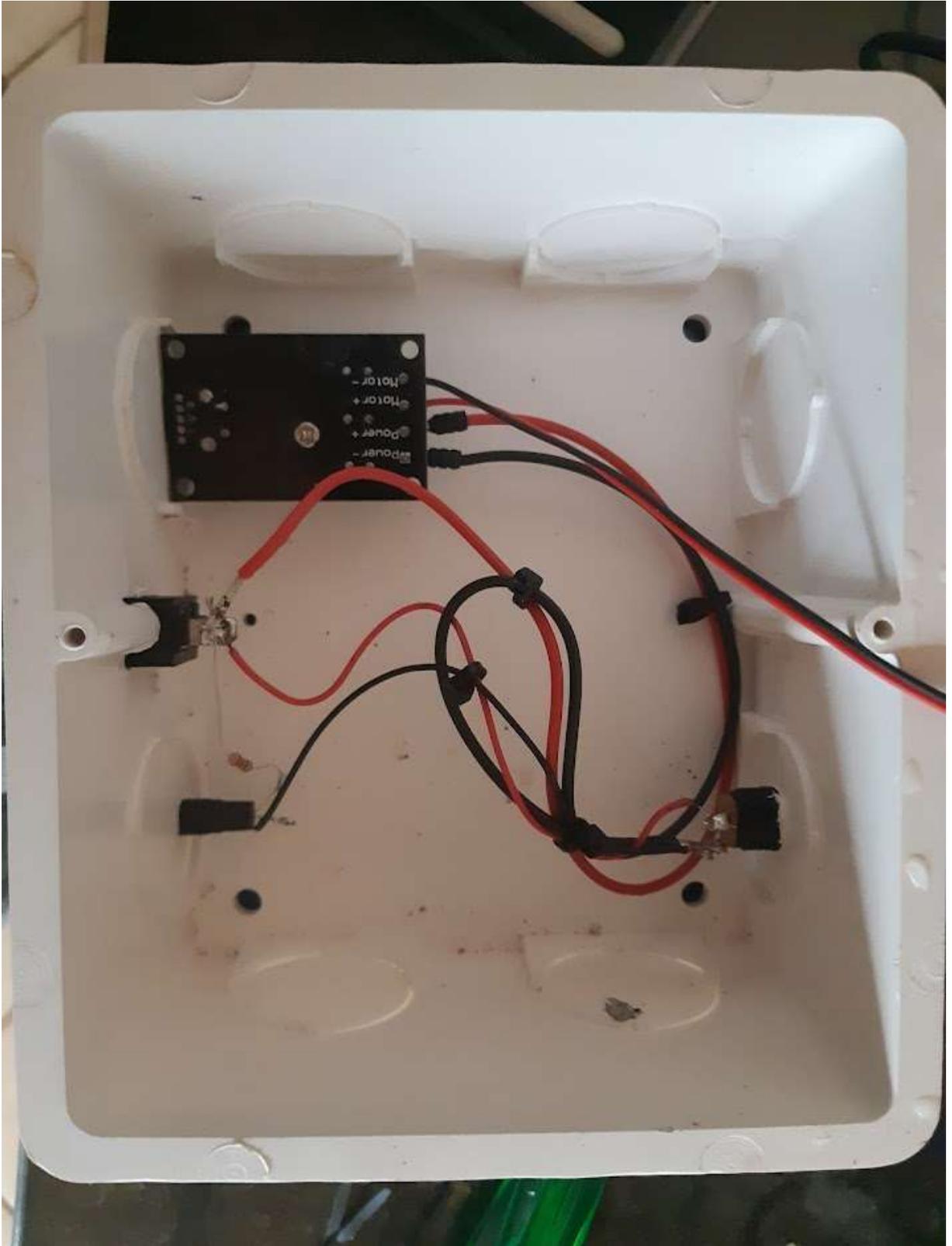
Descrição	Qtd	Custo	Foto
Controlador PWM de 12V	1	R\$ 28,00	
Caixa de passagem de fiação elétrica	1	R\$ 25,00	
Cooler de computador de 12V	1	R\$ 25,00	

Interruptor Balança de 2 posições	1	R\$ 3,00	
Led de Painel	1	R\$ 3,00	
Fios	20cm	R\$ 5,00	
Imã de Niódimo	2	R\$ 15,00	

Adaptação Cooler com os imas colados



Montagem elétrica



Projeto montado e finalizado



## **7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Após a implementação foram realizadas 4 brassagens completas com o equipamento. Algumas ideias de modificação surgiram durante a utilização, porém não foram realizadas de modo a podermos mudar os resultados e termos condições de comparar.

### **7.1. Tempo de Aquecimento**

A melhora do tempo de aquecimento foi muito perceptível. Em um dia em que a temperatura estava em 23°C, foi possível elevar a temperatura para 63°C em 15 minutos com a recirculação contínua funcionando.

No processo anterior era necessário ficar mexendo a panela durante o aquecimento e muitas vezes a temperatura fugia ao controle e era necessário adicionar água gelada para se obter a temperatura alvo.

### **7.2. Controle de temperatura**

O controle de temperatura também melhorou muito, a ponto de eu poder me ausentar por 90 minutos de minha residência enquanto a brassagem ocorria.

A temperatura oscilou normalmente 0,1°C e houveram picos de 0,5°C.

### **7.3. Rampas**

As rampas de temperatura que eram controladas a partir de um cronômetro, passaram a se mudar automaticamente.

#### **7.4. Recirculação / Clarificação**

A recirculação que anteriormente era realizada manualmente com o auxílio de uma jarra e uma colher passou a ser feita automaticamente durante a brassagem, economizando 30 minutos. Além disso, a quantidade de líquido recirculado aumentou exponencialmente, tornando o resultado de clarificação muito melhor.

#### **7.5. Eficiência**

A eficiência da brassagem melhorou 10%, comparando a densidade obtida em uma mesma receita variando apenas o equipamento. Passou de 68% para 78%.

#### **7.6. Reprodução das leveduras**

A implementação do agitador magnético promoveu uma mudança drástica nos custos de fabricação. Enquanto era necessário a compra de 1 pacote de leveduras para cada 20 litros, a prática de reproduzir as leveduras proporcionou uma economia de mais de R\$1000.00, pois não foi mais necessário a compra de leveduras após a formação da “fazendinha de leveduras”.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seguindo a linha do PDCA, todas as etapas foram cumpridas com êxito no 1º looping. É claro que cabem melhorias nos processos, por exemplo, introduzir um sistema de movimentação dos grãos, de modo a melhorar a eficiência da extração dos açúcares.

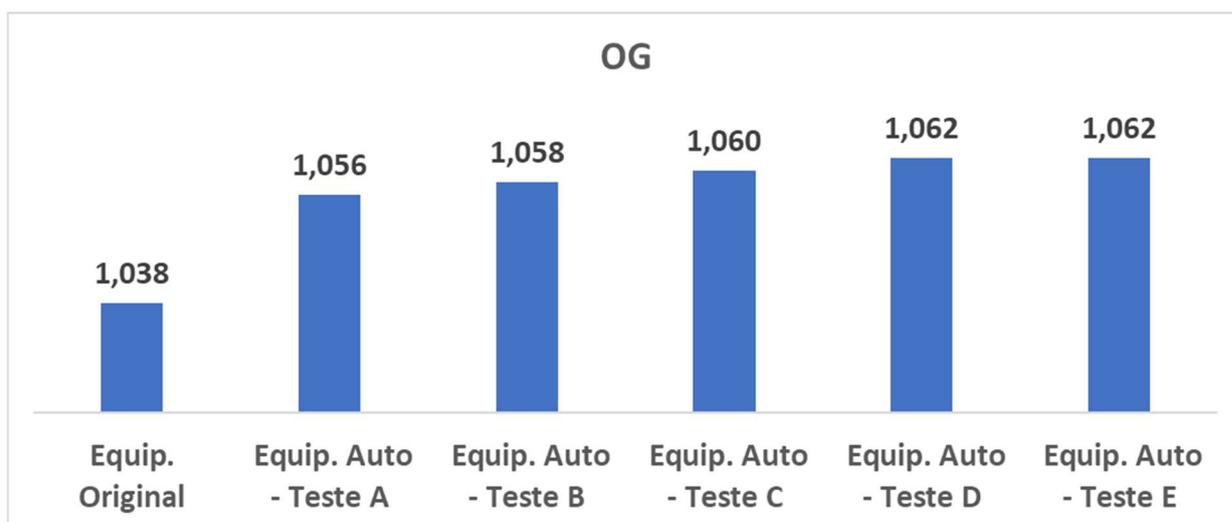
Porém o objetivo principal e os objetivos específicos foram concluídos no primeiro looping do estudo, ou seja, um sistema totalmente manual e com baixa eficiência, tornou-se num sistema automatizado e com alta eficiência.

### 8.1. Gravidade Original (OG)

A gravidade mede a eficiência da extração de açúcares da brassagem. quanto mais açúcares forem extraídos com a mesma quantidade de insumos fermentáveis, maior a eficiência do equipamento e maior a economia.

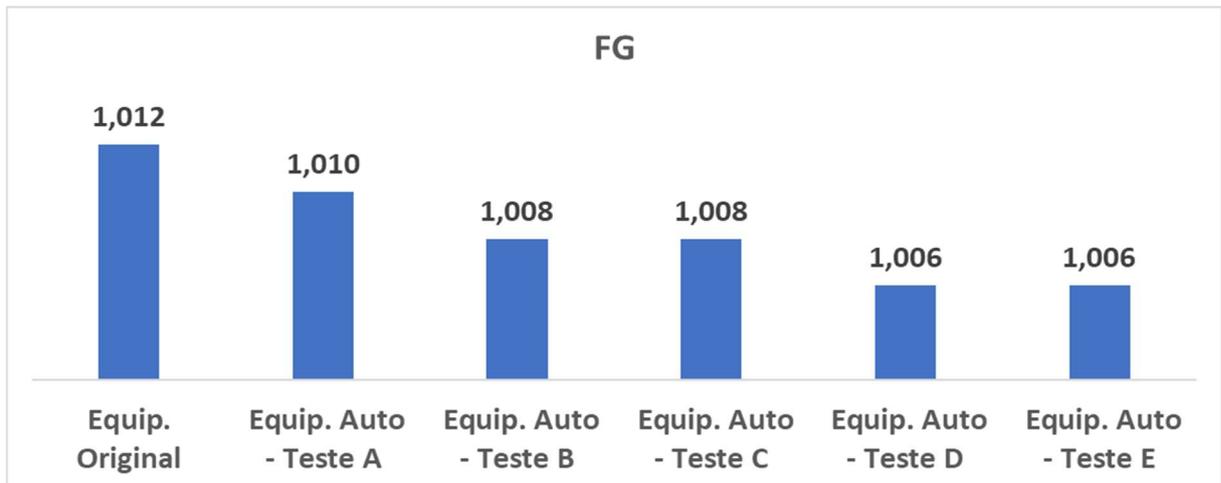
O gráfico abaixo mostra a comparação entre o equipamento original versus o equipamento automatizado utilizando-se a mesma receita por 6x.

Pode-se observar que ocorreu uma melhora de 38% na extração de açúcares, gerando uma grande economia de malte na composição da receita da cerveja.



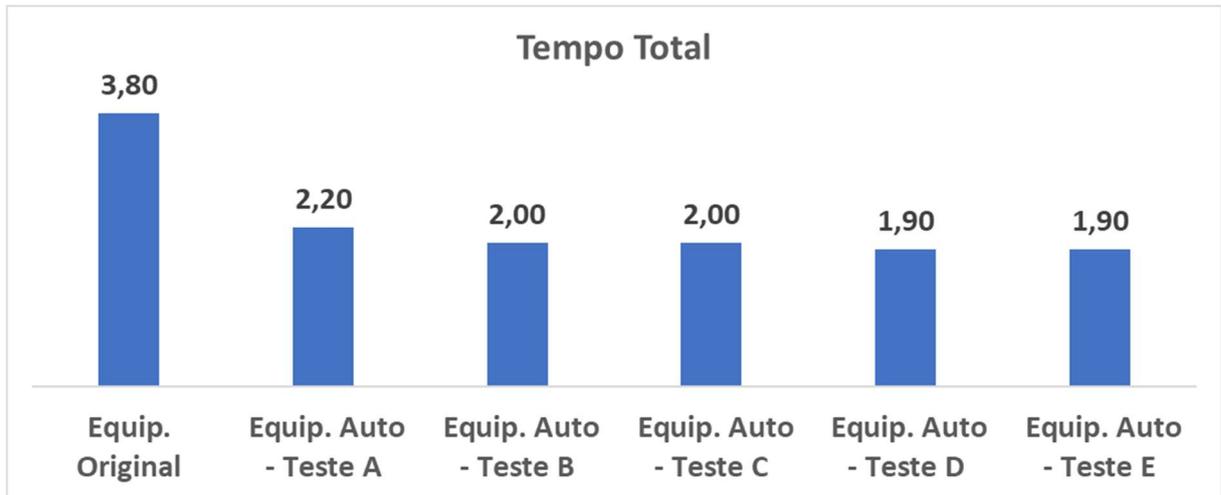
### 8.2. FG

A FG demonstra quanto de açúcares fermentáveis foram extraídos. Quanto menor o valor ao final de uma fermentação, maior a eficiência da conversão de açúcares em cadeias curtas, ou seja, altamente fermentáveis. Todas as brassagens foram realizadas com uma temperatura de 64°C, ideal para a extração de açúcares fermentáveis. O gráfico abaixo demonstra que a extração foi 50% melhor, demonstrando a estabilidade do controle de temperatura do equipamento.



### 8.3. Tempo Total

com a automação de diversas etapas do processo, como o controle de temperatura, a recirculação contínua, a clarificação, aquecimento através de resistências e as tráfegas realizadas através de manobras manuais de válvulas interconectadas com mangueiras, tornou o processo mais rápido. O tempo de brassagem foi reduzido em 50% e provavelmente diminuirá mais ainda conforme o usuário for se acostumando com o equipamento.



## 9. REFERÊNCIAS

PALMER, John. **How to Brew**. 3 ed. Colorado: Brewers Publications, 2006.

PALMER, John. **Yeast**. 1 ed. Colorado: Brewers Publications, 2011.

PALMER, John. **Hop**. 2 ed. Colorado: Brewers Publications, 2013.

PERGINE, J. ,**The Complete Guide to Growing your Own Hops**, Malts, and Brewing Herbs: Everything you need to know explained simply. New York,NY: Atlantic Publishing Group,2011.

AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. **Biotecnologia: alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. v. 5. São Paulo: Edgard Blucher, 1983.

KAMINSK,Colin; PALMER, John. **Water: A Comprehensive Guide for Brewers**. Boulder, Colorado, Brewers Publication,2013.

KUNZE,Wolfgang. **Tecnologia para Cerveceros y Malteros**: Primera edición en español,2066.

Homebrewtalk. **Instalação de resistência em Panelas**. Disponível em: <https://www.homebrewtalk.com/threads/instala%C3%A7%C3%A3o-de-resist%C3%Aancia-na-panela.722584/>. Acesso em: 25 set. 2023.

Ageon Electronics Control. **Configuração de Controlador de Temperatura K114 com Rampas e Patamares**. Disponível em: <https://ageon.com.br/videos/configuracao-controlador-de-temperatura-k114-com-rampas-e-patamares/>. Acesso em: 18 jul. 2023.

Full Gauge Controls. **MT-512E 2HP**. Disponível em: <http://www.fullgauge.com.br/produto-mt-512e-2hp>. Acesso em: 25 mar. 2023.

## 10. GLOSSÁRIO

**ABV:** é a sigla em inglês para o termo “Alcohol by Volume”. Em português, significa “Álcool por Volume”, por isso também pode ser encontrada como APV. A definição significa o volume em ml de etanol puro em 100 ml de uma solução a 20°C. Por exemplo, uma cerveja com 10% de ABV tem 10 ml de etanol puro a cada 100 ml.

**ABW:** é a sigla para “Alcohol by Weight” que significa “Álcool por peso”, por isso também pode ser usada no português APP. Nesse caso, é feita a medição do peso percentual do teor de álcool de uma solução por volume de cerveja. Por exemplo: 3,2 por cento de álcool por peso é igual a 3,2 gramas de álcool por 100 cl de cerveja. A medida sempre será menor do que a ABV.

**Adjunto:** adjuntos são todos os ingredientes adicionais do processo. Ou seja, tudo que não for água, malte, lúpulo ou levedura é considerado como um adjunto.

**Adstringente:** são cervejas que apresentam taninos em excesso e sabor áspero. Podem ser identificadas, durante a degustação, por provocarem uma sensação de contração na boca, principalmente na língua.

**Ale:** é uma família de cerveja. Neste grupo, encontramos os estilos que são produzidos com as leveduras Ale ou de alta fermentação

**Alta Fermentação:** é um método de fermentação, onde as células da levedura sobem para a superfície do recipiente em que o processo está acontecendo.

**Amargor:** é a sensação causada pelos taninos e isohumulones de lúpulo presentes em algumas cervejas. O amargor também representa um estilo de cerveja.

**Armazenamento em barril:** é um tipo de armazenamento utilizado com cervejas não pasteurizadas e não filtradas por vários dias em armazéns. Esse armazenamento é feito em baixas temperaturas, para finalizar a fermentação e atingir a carbonatação.

**Baixa Fermentação:** é um método básico de fermentação. Nesse caso, as células de levedura tendem a afundar no vaso de fermentação. Essas cervejas costumam ser chamadas de Lagers ou de baixa fermentação

**Barril:** é um tipo de recipiente cilíndrico utilizado para armazenar cerveja não-pasteurizada. Os primeiros barris da história foram produzidos em madeira, o que acrescentava aroma e sabor às cervejas que eram armazenadas. A necessidade de transporte e armazenagem fez com que opções em aço inoxidável e alumínio fossem desenvolvidas.

**Brassagem:** é um dos processos de produção da cerveja. Nessa etapa, por meio do aquecimento da água, os açúcares são extraídos dos grãos e diluídos no mosto, que, em seguida, receberá o lúpulo.

**Carbonatação:** é uma característica natural da cerveja responsável pelo aspecto efervescente da bebida. Essa característica provoca a sensação de textura e aparência espumante. O efeito acontece devido à presença de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), causado pela fermentação ou por meio de adição artificial.

**Cereais não Maltados:** são substâncias chamadas de adjuntos, capazes de alterar o sabor, a cor e outras características da cerveja. Além disso, costumam ser usados por grandes fabricantes para substituir o malte, que encarece o processo. Esse tipo de ingrediente não é utilizado em cervejas artesanais, mas sempre que você for comprar uma cerveja e tiver o termo no rótulo, saiba que está adquirindo uma bebida que pode conter arroz, milho, sorgo etc.

**Cereal:** são plantas a família das gramíneas, ricas em proteínas, como trigo, aveia, sorgo, cevada, arroz, milho, soja, centeio. Seu nome é inspirado em Ceres, a deusa da colheita e da fertilidade.

**Cerveja:** é um tipo de bebida alcoólica feita por meio da combinação de alguns ingredientes, como água, malte, lúpulo e levedura. O líquido é fermentado por alguns dias até se transformar cerveja.

**Cervejeiro:** é usado para designar o responsável por desenvolver a fórmula e pela fabricação da cerveja. Também é chamado de “mestre cervejeiro”.

**Corpo:** é o resultado da sensação de viscosidade e fluidez causado pelo contato da cerveja com as células sensitivas da boca.

**Densa:** são cervejas de aspecto visual com densidade superior à da água.  
Característica das Cervejas de trigo (Weiss).

**Densidade final:** é o grau de concentração de substâncias não-fermentáveis remanescentes na cerveja, após a fermentação.

**Densidade original:** é o grau de concentração de substâncias fermentáveis e não-fermentáveis, dissolvidos do mosto, antes da fermentação.

**Diacetil:** é uma substância volátil responsável por parte do aroma de diversos alimentos e bebidas e produzida através de processos de fermentação.

**Dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>) ou gás carbônico:** molécula que contém dois átomos de oxigênio e um átomo de carbono, responsável pela espuma da cerveja.

**Drinkability:** é um termo subjetivo que descreve a facilidade em beber uma cerveja. Cervejas com baixo drinkability saciam ou ficam enjoativas com mais rapidez do que uma com alto drinkability. O termo não interfere na qualidade técnica ou sensorial da bebida.

**Dry Hopping:** é uma técnica onde o é adicionado lúpulo seco nas etapas frias de produção. O processo foi criado na Inglaterra, mas tem sido muito utilizado na produção de cervejas da escola americana.

**EBC (European Brewery Convention):** a Convenção Europeia de Cervejas é uma associação que foi criada em 1947 para estimular o desenvolvimento técnico e científico das cervejas. EBC também é uma unidade de medida que mede parâmetros de cor e amargor da cerveja.

**EBU (European Bitterness):** é uma unidade de medida que verifica a intensidade de amargor da cerveja. O nível do EBU representa a intensidade de amargor da bebida, quanto mais alto, mais amarga.

**Ésteres:** são compostos químicos causados pela reação do processo de fermentação e responsáveis pela variação de aromas frutados presentes em algumas cervejas. Em geral, tendem a remeter a frutas como banana, damasco, pêssego, figo, ameixa etc.

**Esterification (esterificação):** é a formação de ésteres que acontece durante a fermentação e maturação da cerveja.

**Fenóis:** são compostos químicos responsáveis por proporcionar aromas de cravo-da-índia e noz moscada às cervejas.

**Fermentação:** é uma das etapas do processo de produção da cerveja. Nele, a levedura consome os açúcares fermentáveis presentes no mosto e os transforma em álcool etílico e gás carbônico.

**Fermentação Primária:** acontece durante a fermentação alcoólica quando o fermento é inoculado no mosto. As leveduras se replicam enquanto estão consumindo os açúcares do mosto. A fermentação primária termina após as leveduras terem consumido 100% dos açúcares.

**Fermentação secundária:** na fermentação primária, as leveduras geram compostos que causam off-flavors na cerveja. Depois os compostos são reabsorvidos, esse momento é chamado de fermentação secundária. O processo pode levar alguns dias e, em geral, é feito em temperaturas mais altas do que as da fermentação primária.

**FG (Final Gravity):** é uma sigla para o termo “Gravidade Final” em inglês e se refere à densidade que a cerveja apresenta após a fermentação. Filtração: consiste na passagem de um líquido por meio de uma substância porosa ou permeável para remover a matéria sólida em suspensão, geralmente por fungos.

**Flavour (flavor):** é um conjunto de aromas, sabor e sensações causados pela cerveja.

**Graus Plato (°P):** é uma unidade de densidade comum em cervejas tchecas. A escala mede a quantidade de açúcares no mosto em proporção à água. Uma cerveja com 14°P apresenta 14% de sua massa em açúcares e 86% de água antes da fermentação.

**Homebrew:** é a produção de cerveja em casa, em pequenas quantidades e de forma artesanal.

**Homebrewing:** refere-se a prática de produção caseira de cervejas. É um hobby e quem o pratica é denominado homebrewer ou cervejeiro de panela.

**Hop Aroma:** (aroma de lúpulo) está relacionado com a variedade do lúpulo adicionado a cerveja, no final do processo. Costuma ser usado para intensificar o aroma da cerveja.

**Hopping:** A adição de lúpulo no mosto ou em uma cerveja fermentada.

**Humulus Lupulus:** é o nome científico do lúpulo.

**IBU :** International Bitterness Units: é a escala que mede o amargor presente nas cervejas. 1 IBU = 1 miligrama de alfa ácido isomerizado por litro de cerveja.

**Inoculação:** é o processo de adicionar o fermento ao mosto.

**Lagering:** é um tipo de armazenamento frio. O armazenamento e a maturação da cerveja acontecem em ambientes de baixas temperaturas. Lavagem dos grãos (sparge) – é um processo que acontece junto com a filtragem. Nele, é adicionado mais água na panela com os grãos. Esta água deve remover os açúcares que estão presos no bagaço do malte.

**Larger:** são cervejas obtidas a partir da baixa fermentação. A larger é uma das famílias cervejeiras, da qual fazem parte os seguintes estilos Bohemian Pilsner, Schwarzbier, Doppelbock, entre outros.

**Levedura:** são microrganismos responsáveis pela fermentação da cerveja, por isso também são chamados de fermento ou levedo. O processo de fermentação acontece a partir do açúcar. No caso da cerveja, é responsável por produzir álcool e CO<sub>2</sub>.

**Límpido:** são cervejas que não apresentam partículas suspensas, são límpidas.

**Malte:** é um cereal rico em açúcares fermentáveis e produzido a partir da germinação e secagem de diferentes grãos, geralmente cevada e trigo. É um recurso próprio para a produção de cervejas.

**Mash:** é uma mistura de água quente, malte moído ou outros grãos e adjuntos. Essa mistura forma um mosto doce. Também é conhecida como maischkuip.

**Mashing:** é uma etapa do processo de sacarificação em que as enzimas do malte são convertidas em açúcares.

**Maturação:** é o processo seguido da fermentação, onde a cerveja é conservada em 0°C por algumas semanas para sedimentar todas as partículas sólidas e alinhar os sabores da bebida. Também é considerado como o tempo de envelhecimento da cerveja. Alguns adjuntos e outros processos podem ser adicionados durante esta etapa.

**Moagem:** a moagem de malte facilita a extração de açúcares e outras substâncias solúveis durante o processo de mistura. No processo, os grãos são moídos até atingirem um tamanho médio. As cascas devem permanecer intactas quando o grão for moído ou rachado, para serem usados posteriormente na filtração e drenagem do mosto.

**Mosto ou mostura:** é o líquido resultante da maceração dos maltes e fervura dos lúpulos, rico em açúcares, que quando fermentado torna-se cerveja. O líquido é filtrado para receber o lúpulo e o fermento, transformando-o em álcool e gás carbônico posteriormente.

**OG (Original Gravity):** é a densidade do mosto antes de ser fermentado, no final da fervura. O OG deve ser sempre medido.

**Óleos essenciais:** estão presentes nos lúpulos e conferem características de aroma e gosto da planta à cerveja. Esses óleos são inconstantes, por isso o lúpulo deve ser adicionado ao final da fervura, faltando 5 minutos para terminar ou depois de apagar o fogo.

**Plato:** uma unidade de medida da concentração do mosto.

**Sigla de Standard Reference Method (SRM):** o "Método de Referência Padrão" é uma das escalas mais utilizadas para medir a cor das cervejas. O método avalia a cor de cervejas pelo comprimento de onda da luz ao passar por 1 cm<sup>3</sup> (= 1 ml) de cerveja.

**Specific Gravity (SG):** A "Gravidade Específica" é uma escala de medição de densidade que compara a massa de um líquido com a massa do mesmo volume de água. Na produção de cervejas, pode ser usado para medição de densidade de qualquer etapa do processo produtivo. Em geral, é usada como sinônimo de OG.

**Tina de mostura:** recipiente onde a brassagem ou maceração dos maltes é feita. Costuma ser utilizado em microcervejarias e tem capacidade de 250 a 2.000 Litros.

**Top-fermentation beer (cervejas de alta fermentação):** são produzidas em altas temperaturas (15-25°C) com as leveduras flutuando na superfície.

**Trub:** sedimento deixado pelo lúpulo após a fervura e pelas leveduras dormentes após o término da fermentação.

**Whirlpool:** é uma etapa do processo usado para clarificar a cerveja. Nesse processo, as partículas de suspensão são eliminadas.

**Wort (mosto):** é o nome dado à cerveja antes de ser fermentada. A bebida passa a ser chamada de cerveja após a fermentação.