

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**MARCELO MOURA GONÇALVES**

**CONTROLE DE TEMPERATURA DE UM SECADOR DE CAFÉ A LENHA**

**Varginha**

**2022**

**MARCELO MOURA GONÇALVES**

**CONTROLE DE TEMPERATURA DE UM SECADOR DE CAFÉ A LENHA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Me. João Mário Mendes Freitas

**Varginha**

**2022**

**MARCELO MOURA GONÇALVES**

**CONTROLE DE TEMPERATURA DE UM SECADOR DE CAFÉ A LENHA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em    /    /

---

Prof. Me. João Mário Mendes Freitas

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho à toda a minha família em especial a minha mãe Wanderly Moura Gonçalves e meu irmão Luciano Moura Gonçalves por todo apoio dado nestes 5 anos de aprendizado. A minha namorada Taís Alves Silva que mesmo nos momentos que fiquei ausente tanto me incentivou a continuar e nunca desistir. E hoje consegui tornar um sonho em realidade, e nesta ocasião estar redigindo este Trabalho de Conclusão de Curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por permitir estes acontecimentos todos nesta longa caminhada. Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento, não apenas racional, mas a manifestação de caráter e afetividade da educação no processo de minha formação profissional, não somente nos ensinamentos, mas também por me fazerem aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados, aos quais sem nominar, terão os meus eternos agradecimentos.

Agradeço em especial ao meu irmão Luciano Moura Gonçalves, que mesmo a distância se manteve presente durante todo o meu processo de aprendizado, me orientando e auxiliando principalmente nesses últimos momentos. Sem esse apoio este sonho poderia não estar se realizando agora. Agradeço também ao meu primo e coorientador Lucas Gonçalves Maciel e a todos aqueles que estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando e se fizeram presentes em minha vida nesses 5 anos. E a empresa Invista construção e consultoria pela oportunidade e paciência durante o período de estágio, momentos em que aprendi muito.

Agradeço a instituição de ensino UNIS pelos momentos vividos e por compartilhar tanto conhecimento.

“A excelência é o resultado gradual de sempre se esforçar para fazer melhor.”

Pat Riley

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso é baseado em uma pesquisa-ação sobre a implementação de um sistema para automatizar o processo de controle de temperatura de um secador de café, para tanto são abordadas algumas etapas até a conclusão, como uma pesquisa acerca da história do café no Brasil e no mundo, os tipos de grãos, consumo, tipos de secadores e a tecnologia na agroindústria, a partir de então serão apresentados os sistemas desenvolvidos e implementados e os resultados obtidos em níveis de produtividade e finanças. A abordagem se justifica devido ao agronegócio estar sempre em busca de inovações tecnológicas e redução de desperdícios, seja em insumos, seja em mão de obra, podendo trazer maior competitividade para o produtor dentro do concorrido mercado agroindustrial. O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é demonstrar que através da implementação de um sistema para controle automático de temperatura de um secador de café, pode-se obter números significativos nas reduções de tempo de mão de obra empregada e desperdícios, sem é claro prejudicar a qualidade da operação de secagem do grão de café. As pesquisas juntamente a construção e implementação do sistema de automatização indicam que houveram melhorias relevantes dentro da cadeia de produtividade do secador de café, proporcionando ganhos efetivos de tempo de mão de obra que pode ser empregada em outras atividades dentro da própria fazenda, tudo isso mantendo os níveis de excelência na operação.

**Palavras-chave:** Secador. Automatização. Temperatura.

## **ABSTRACT**

*This final course work is based on an action-research on the implementation of a system to automate the temperature control process of a coffee dryer, for which the steps up to are approached, as an approximation of the history of the coffee in Brazil and in the world, the types of beans, consumption, types of dryers and an agro-industry technology, from then on, it will be presented the systems that were developed and implemented and the results obtained in terms of productivity and finances. The approach is justified because agribusiness is always in search of technological innovations and reduction of waste in inputs, whether in labor force, which can bring greater competitiveness to the producer within the competitive agro-industrial market. The aim of this course conclusion assignment is to demonstrate that through the implementation of a system for automatic temperature control of a coffee dryer, it is possible to obtain significant numbers in the reduction of labor time employed and waste, without, of course, harming the quality of the coffee bean drying operation. Researches carried along with the construction and implementation of the automation system indicate that there have been relevant improvements within the coffee dryer's productivity chain, providing effective gains in labor time that can be employed in other activities within the farm itself, all while maintaining the levels of excellence in the operation.*

**Keywords:** *Dryer, Automation, Temperature.*



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – História do café.....	16
Figura 2 – Tipos de grãos.....	18
Figura 3 – Secagem do café em terreiro.....	22
Figura 4 – Secador estático.....	24
Figura 5 – Secador rotativo.....	25
Figura 6 – Tecnologia na colheita.....	27
Figura 7 – Caixa com os componentes elétricos.....	28
Figura 8 – Vista da caixa com o <i>display</i> .....	29
Figura 9 – Barra roscada.....	30
Figura 10 – <i>Display</i> com os botões de acionamento.....	31
Figura 11 – Desenvolvimento da programação.....	32
Figura 12 – Opções disponíveis em <i>display</i> .....	33
Figura 13 – Fluxograma de funcionamento.....	34
Figura 14 – Sistema de controle do fluxo de ar.....	35
Figura 15 – Identificação do sistema.....	36
Figura 16 – Portinhola e teste do motor.....	37

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Processo de secagem .....	40
Quadro 2 – Custos do projeto .....	41

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Economia do café.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Produção mundial de café.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 Consumo global de café.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Produção do café no Brasil.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5 Consumo de café no Brasil.....</b>	<b>17</b>
<b>2.6 Quais os grãos de café mais produzidos no Brasil.....</b>	<b>17</b>
<b>2.7 Café arábica ou café conilon? Qual o melhor?.....</b>	<b>18</b>
<b>2.8 Preparação dos grãos.....</b>	<b>18</b>
2.8.1 Preparo por via seca.....	19
2.8.2 Preparo por via úmida.....	19
<b>3 SECAGEM DO CAFÉ: Importância e cuidados para alta qualidade.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Importância da secagem do café.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Secagem convencional ou secagem em terreiro.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 Secadores mecânicos.....</b>	<b>22</b>
3.3.1 Tipos de secadores mecanizados.....	23
3.3.1.1 Secador estático.....	23
3.3.1.2 Secador rotativo.....	24
<b>3.4 Custos da secagem do café x geração de renda.....</b>	<b>25</b>
<b>4 AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 O papel da automação na agropecuária.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 Futuro promissor.....</b>	<b>26</b>
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
<b>5.1 Sistema elétrico.....</b>	<b>30</b>
<b>5.2 Programação.....</b>	<b>32</b>
<b>5.3 Fluxograma de funcionamento.....</b>	<b>33</b>
<b>5.4 Controle de fluxo de ar.....</b>	<b>35</b>
<b>5.5 Testes de processo.....</b>	<b>35</b>
5.5.1 Teste 1: Maior quantidade de lenha.....	37
5.5.2 Teste 2: Maior quantidade de lenha.....	38

5.5.3 Teste 3: Menor quantidade de lenha (somente um toco de eucalipto).....	38
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>6.1 Viabilidade econômica.....</b>	<b>39</b>
<b>6.2 Controle de custos.....</b>	<b>40</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>50</b>
<b>APÊNDICE D.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O café é sensível a temperaturas excessivamente altas, tolerando 40 °C durante um ou dois dias, 50 °C durante poucas horas e 60 °C se o intervalo de tempo for inferior a uma hora, sem que isso danifique os grãos, já se tratando da umidade, o ideal é que esteja em torno de 11%ur a 13%ur, o controle da umidade do secador é de extrema importância para a qualidade final do produto, caso essa umidade esteja fora desses limites de 11 a 13% certamente a qualidade do grão será comprometida, portanto estabelecer um processo eficaz durante a secagem dos grãos garante uma maior estabilidade em outros processos intermediários, inclusive durante a armazenagem dos grãos, o que por consequência influencia positivamente nos preços de venda aos consumidores finais.

O secador funciona basicamente circulando o ar através de ventilação forçada dentro da estufa, o que acarreta no aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa do ar o que é ideal para secagem de grãos mais úmidos, essa ventilação deve permanecer constante, qualquer valor de umidade fora dos limites de controle de 11%ur a 13%ur compromete a qualidade do produto.

O processo correto de secagem dos grãos é primordial para manter a qualidade, isto diminui os riscos na venda do produto enquanto condições impróprias podem comprometer os preços da saca. A secagem adequada evita variações nos grãos durante a armazenagem e melhor venda dos grãos.

Posto isto, o desenvolvimento de uma portinhola, associada a uma programação de controle, mostrou-se altamente eficaz no controle de fluxo de ar para controle de temperatura na massa dos grãos de café.

Os objetivos deste trabalho passam por demonstrar como a automatização do processo realizado em um secador de café a lenha pode garantir uma melhor qualidade para os grãos de café e redução dos custos envolvidos no processo, visando a padronização do processo de secagem dos grãos de café, e isso irá se compor através do cumprimento de algumas etapas, como, a apresentação do processo de automatização, da estrutura e função de uma fornalha de secagem de grão de café, do processo de secagem do grão de café, do desenvolvimento de um sistema de automatização do secador de café, da implementação e instalação do sistema, e por fim da demonstração da eficiência das melhorias aplicadas e aplicação de testes para mensuração e comparação dos resultados.

A justificativa para a elaboração deste trabalho é que durante uma seca de café com o secador normal, sem a automatização do sistema, o operador faz parte do processo

manualmente, exigindo um monitoramento constante da temperatura e operação das portinholas para que a temperatura abaixe. Com este sistema manual há um aumento na demanda de mão de obra, porém com o desenvolvimento e implantação do sistema automatizado o operador não precisa mais monitorar com a mesma frequência e controlar as portinholas. O sistema implantado monitora a temperatura e controla o fluxo de ar automaticamente com uma programação de um microcontrolador, conseqüentemente há menos mão de obra e economia no processo.

Com controle de fluxo de ar de uma fornalha implantado visa melhorar e garantir a melhor qualidade dos grãos com a temperatura ideal para uma seca uniforme na massa do café, isto utiliza menos utilização de combustível de queima e menos emissão de poluentes na atmosfera.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir serão tratados os temas que visam embasar o trabalho e a pesquisa ação que se sucederá.

### 2.1 Economia do café

O café foi o principal produto de exportação do séc. XIX e início do séc. XX. As plantações atravessavam as províncias do Rio de Janeiro e de São Paulo. Trata-se de um dos momentos mais intensos da história do café no país (SHIE, 2018).

As produções monoculturais, seguiam o modelo *plantation*, já as fazendas uma arquitetura que enfatizava a autarquia dos barões do café. Cada cômodo de uma fazenda de café destinava-se a uma etapa de preparo dos grãos (SHIE, 2018).

Inicialmente, os escravos eram a principal força de trabalho. Mas com o aumento da imigração e a lei de 1850 – Eusébio de Queirós –, que proibia o tráfico de escravos, houve a necessidade de mudanças nas relações de trabalho. As fazendas começaram a contratar trabalhadores assalariados (SHIE, 2018).

As produções de café, assim como as condições dos trabalhadores rurais, precisavam de melhorias. Foram as exigências por uma mão-de-obra mais qualificada, que influenciaram diretamente na abolição da escravatura em 1888 (SHIE, 2018).

Figura 1 – História do café



Fonte: SANTA FÉ (2022).

## 2.2 Produção mundial de café

A produção de café em nível mundial, estimada para o ano-cafeeiro 2020-2021, foi calculada num volume físico equivalente a 169,64 milhões de sacas de 60kg, número que denota um crescimento de 0,4% em relação ao mesmo período anterior. Os cafés da espécie arábica foram estimados em 99,26 milhões de sacas e os robustas em 70,38 milhões, volumes que representam 58,5% e 41,5%, respectivamente, da produção mundial (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2021).

## 2.3 Consumo global de café

O consumo global de café em 2020 - 2021, segundo a Organização Internacional do Café, atingiu 167,258 milhões de sacas, com alta anual de 1,9% (164,135 milhões de sacas em 2019 - 2020) (SAFRAS, 2021).



## **2.4 Produção do café no Brasil**

O Brasil é um dos principais produtores e exportadores de café do mundo. A cafeicultura do país, tornou-se uma das mais rígidas do mundo, pois a produção está regulamentada para que se respeite as pessoas e a biodiversidade.

Centenas de municípios tem o café como fonte de receita, no país são produzidos, principalmente, o café arábica e o café robusta (ou café conilon). As plantações representam o principal gerador de postos de trabalho na agropecuária nacional. As maiores produções estão concentradas em Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná e Rondônia (SHIE, 2018).

Em 2021, a produção de cafés no Brasil teve uma queda de 26% em relação ao ano anterior, e o volume total colhido nas lavouras foi de 47 milhões de sacas de 60 kg. A área plantada, no ano, foi de 1,8 milhão de hectares (TAGUCHI, 2021).

Em 2022 os produtores deverão colher a terceira maior safra do grão neste ano. De acordo com o primeiro levantamento da safra do produto em 2022, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a produção esperada é de 55,7 milhões de sacas de 60 kg (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2022).

## **2.5 Consumo de café no Brasil**

O Brasil é o segundo consumidor global de café, consumiu 21,5 milhões de sacas de 60 kg no último ano, o consumo entre novembro de 2020 e outubro de 2021, apontando ainda que o Brasil está 4,5 milhões de sacas atrás dos Estados Unidos, o maior consumidor global (FORBES, 2022).

## **2.6 Quais os grãos de café mais produzidos no Brasil**

Os brasileiros consomem os grãos de café arábica e conilon misturados, o país lidera como um dos maiores produtores e exportadores de café do ranking mundial. Entre os estados, Minas Gerais é o que mais produz e exporta café, além de abranger praticamente a metade da produção nacional. Atualmente, os grãos de café mais produzidos no Brasil são o arábica e o conilon (ou robusta).As variedades de café arábica e café conilon vêm de mutações naturais ou do melhoramento genético (OLIVEIRA, 2020).

## 2.7 Café arábica ou café conilon? Qual o melhor?

O café arábica apresenta menor produtividade, entretanto é resistente a doenças. Como o seu sabor apresenta grande aceitação nos mercados nacional e internacional, o arábica engloba cerca de 75% da produção mundial. Fatores como umidade relativa do ar e altitude impactam na produtividade dos cafeeiros e na qualidade da bebida. O café conilon e o arábica devem ser cultivados em regiões entre 450 e 800 metros. Com isso, ambos ganham padrões qualitativos ideais ao mercado (OLIVEIRA, 2020).

Os grãos de café arábica resultam em uma bebida suave e refinada, com variações de acidez e doçura bem características sendo direcionado à produção de cafés tipo gourmet (em blends ou puros). Já os grãos de café conilon produzem uma bebida dura, utilizada em blends, para ser melhor aceita no mercado nacional (o mercado externo prefere o arábica) (OLIVEIRA, 2020).

Em relação aos teores de açúcar e cafeína, o café arábica chega a 9% - o do conilon, a 7%. Em relação ao teor de cafeína, o arábica alcança 1,2% - menor que o do conilon, que atinge 2,2%. Essas porcentagens distintas conferem ao café conilon amargor mais intenso e ao arábica mais suavidade e doçura (OLIVEIRA, 2020).

Figura 2 – Tipos de grãos



Fonte: LUCAS (2019)

## 2.8 Preparação dos grãos

Existem dois métodos para preparo dos grãos

### 2.8.1 Preparo por via seca

Primeiro passo após a colheita pela manhã é espalhar os grãos para secagem no terreiro, os grãos não devem ficar amontoados para que não ocorram fermentações indesejáveis, que danificam os grãos (MEDINA, 2020).

À tarde, os grãos devem ser amontoados em pequenos montes e abertos na manhã do dia seguinte, para prosseguimento no processo de secagem do café. A agilidade nessa etapa é importante para boa qualidade dos grãos, evitando sua deterioração (MEDINA, 2020).

### 2.8.2 Preparo por via úmida

Consiste na retirada da casca do fruto maduro, para posterior fermentação da mucilagem e lavagem dos grãos, a fermentação ocorre por meio de microrganismos presentes no ambiente (MEDINA, 2020).

Esse processo deve ser conduzido com muita cautela, pois a qualidade do café pode ser prejudicada, é um processo comumente utilizado na América central e na África, gerando cafés mais suaves e geralmente com boas cotações no mercado (MEDINA, 2020).

### **3 SECAGEM DO CAFÉ: IMPORTÂNCIA E CUIDADOS PARA ALTA QUALIDADE**

A secagem do café compreende uma das fases mais críticas da pós-colheita, já que os frutos do café, muitas vezes, apresentam diferentes estágios de maturação, teores de umidade, composição química e anatomia distintas, e isso dificulta uma secagem homogênea, influenciando na qualidade final ao consumidor. Para se obter êxito nessa etapa é importante o planejamento e conhecimento sobre os recursos disponíveis (MEDINA, 2020).

#### **3.1 Importância da secagem do café**

O processo de secagem é uma das operações mais importantes na produção do café, e pode ser realizada de formas diferentes (PALA, 2018).

Os frutos do café geralmente são colhidos com teor de água variando entre 30% a 65%, isso depende do seu estado de maturação, a opção é pela colheita no estágio de maturação cereja, quando o grão apresenta pleno desenvolvimento, mas nessa fase o grão apresenta elevado teor de água, a remoção da água é necessária pois a água acelera a atividade metabólica do fruto, o que gera risco de deterioração (MOREIRA, 2015).

No Brasil, atualmente, se utilizam dois métodos para secagem do café, em terreiros ou secadores mecânicos, os métodos podem ser utilizados separadamente ou em combinação. Na combinação, utiliza-se um período de pré-secagem em terreiros, quando o café ainda possui elevado teor de água, e logo após a complementação da secagem em secadores mecânicos, o processo pode levar de 8 até 30 dias de acordo com o tipo de café, terreiro e condições climáticas (MEDINA, 2020).

A secagem visa obter até 11% de teor de umidade nos grãos, isso visa garantir o armazenamento com qualidade por longos períodos, a redução da quantidade de água reduz sua atividade, o que por consequência reduz a velocidade das reações químicas, bioquímicas e do desenvolvimento de microrganismos (MOREIRA, 2015).

A escolha do método de secagem vai depender de fatores como o nível tecnológico do produtor, a possibilidade de investimento, o volume de produção, as condições climáticas da região, a disponibilidade de espaços físicos livres e mão de obra (MEDINA, 2020).

Uma boa secagem preserva a aparência, como também, a qualidade e nutritiva do grão, agregando valor no produto final. Sendo que, um ponto importante a ser empregado para uma melhor secagem é a separação de lotes a partir da época de colheita, umidade e homogeneidade dos frutos (MEDINA, 2020).

O cuidado com cada uma dessas fases é fundamental para o resultado na qualidade do produto final ao consumidor, uma vez malconduzido, poderá acarretar grandes prejuízos ao cafeicultor, a qualidade da secagem está diretamente ligada ao custo da produção. O processo se torna ainda maior pela representatividade do café no agronegócio nacional (MEDINA, 2020).

### **3.2 Secagem convencional ou Secagem em terreiro**

A secagem do café de forma convencional é feita em terreiros de chão batido, de cimento, tijolo ou asfalto, além de poderem ser em terreiros cobertos ou terreiros suspensos. Entretanto, esse método pode causar baixa taxa de secagem, devido a exposição a condições climáticas desfavoráveis (MEDINA, 2020).

No terreiro, as condições para o desenvolvimento de microrganismos na superfície dos frutos são mais favorecidas. Como também, o aumento da respiração e da temperatura, são fatores que aceleram o processo de fermentação dos grãos, alterando a qualidade final (MEDINA, 2020).

Para se ter sucesso com a secagem em terreiros, a manutenção periódica, voltada a correção e retificação do piso, correção do sistema de drenagem, manejo correto do terreiro e higienização diária de todo o sistema (MOREIRA, 2015).

O café é sensível a temperaturas excessivamente altas, tolerando 40°C durante um ou dois dias, 50°C durante poucas horas e 60°C se o intervalo de tempo for inferior a uma hora, sem que o grão se danifique (MEDINA, 2020).

Figura 3 – Secagem do café em terreiro



Fonte: MADEIRAS (2017).

### 3.3 Secadores mecânicos

Secadores mecânicos realizam a secagem artificial dos grãos, eles podem ser rotativos, verticais ou horizontais, se utilizam de ar forçado aquecido a diferentes temperaturas, onde, o ar aquecido passa através dos grãos, os grãos podem ou não serem movimentados durante o processo (MEDINA, 2020).

Essa técnica se baseia na utilização de ar forçado aquecido a diferentes temperaturas que realizam a secagem, o investimento necessário é maior por parte do produtor (MORAES, 2019).

Esse tipo de máquina agrícola pode ser alimentada por palha, lenha, a gás ou até por caldeira, a queima do combustível propicia a manutenção da temperatura desejada pelo agricultor e realiza a secagem em um prazo de até 24 horas (MORAES, 2019).

O calor gerado chega à caixa de armazenagem através de um ventilador, a caixa que é vazada permite o contato do ar quente com os grãos, o que agiliza a etapa de secagem, isso permite que o produtor deposite os grãos diretamente nas caixas (MORAES, 2019).

Esse tipo de secador traz algumas vantagens como a contenção de gastos com mão de obra, praticidade no processo de secagem, melhor planejamento de colheita e otimização da produção do café (MORAES, 2019).

A adoção de serviços mecanizados exige uma mudança na gestão do cafeeiro, pois alguns conceitos precisam ser revistos dentro da produção, na maneira como eram realizadas as tarefas e buscar-se meios mais eficientes, para aplicar novas ferramentas e sistemas na gestão, visando o melhor aproveitamento possível (PALA, 2018).

### 3.3.1 Tipos de secadores mecanizados

Os secadores mecanizados podem ser estáticos ou rotativos:

#### 3.3.1.1 Secador estático

Esse tipo de secador é um modelo mais recente na cafeicultura, surgiu da necessidade de redução de custos de produção e aumento na qualidade dos grãos (PALA, 2018).

Esse tipo de secador elimina a necessidade de movimentação dos grãos durante o processo, isso permite trabalhar com qualquer grau de umidade e qualquer estado de maturação, isso reduz custos na mão de obra e no baixo custo de energia demandada para o seu funcionamento (MORAES, 2019).

O ar é soprado pela parte de baixo da câmara de secagem, atravessando a massa de grãos no sentido ascendente. Esse modo de realizar a secagem do café é vantajoso, pois elimina o uso do terreiro, o café é recebido recém colhido. Para substituir o terreiro, o secador estático realiza uma pré-secagem, que é a passagem de ar frio através da massa de café (GUIRALDELI, 2017).

O secador estático visa realizar o processo de secagem do café de forma adequada para que se preserve a integridade dos grãos. Para isso determinados parâmetros de trabalho especificados pelos fabricantes dos equipamentos devem ser estabelecidos e seguidos corretamente, caso isso não ocorra pode-se prejudicar a qualidade dos grãos envolvidos no processo (PALA, 2018).

Figura 4 – Secador estático



Fonte: PINHALENSE (2022).

### 3.3.1.2 Secador rotativo

Trata-se de um secador para café e outros grãos, ideal para o cafeicultor de pequeno, médio e grande porte, esse tipo de secador recebe os grãos diretamente da lavoura, e propicia uma secagem rápida e uniforme (MORAES, 2019).

O secador é constituído por um cilindro horizontal ou ligeiramente inclinado que gira em torno de seu eixo longitudinal com velocidade angular, um transportador carrega o produto úmido até a parte mais elevada do secador, por efeito da gravidade os grãos são descarregados na parte mais baixa (MOREIRA, 2015).

O fluxo de ar de secagem é injetado em uma câmara situada no centro do cilindro, atravessando radialmente a massa do produto (MOREIRA, 2015).

A carga e descarga do produto nesse tipo de secador é realizada de maneira mais rápida devido as portas de operação, esse modelo de secador aproveita melhor o calor o que resulta em melhor desempenho de secagem, economia de combustível e secagem uniforme (MORAES, 2019).

As desvantagens ficam por conta da baixa eficiência energética, alto custo de investimento inicial, alta incidência de danos mecânicos ao produto (MOREIRA, 2015).



Figura 5 – Secador rotativo



Fonte: PINHALENSE (2022)

### 3.4 Custos da secagem do café x geração de renda

A colheita e a pós-colheita são fases que representam a maior parte do custo de produção da lavoura cafeeira, e com a secagem do café podendo variar de 8 a 30 dias, gera por consequência um elevado custo de manejo (MEDINA, 2020).

Esta etapa é conhecida como uma das mais importantes na obtenção de cafés de alta qualidade e por isso, deve ser conduzida cuidadosamente para a obtenção de bons resultados e agregar valor ao seu produto, já que a geração e a distribuição de renda na época de colheita atingem não somente os envolvidos na cadeia produtiva do café, mas também toda a economia dos municípios onde a cultura está instalada (MEDINA, 2020).

O cafeicultor considerando a importância da etapa de secagem do café, deve realizar um planejamento prévio. Mensurando a produção esperada, o dimensionamento dos equipamentos e a estrutura de pós-colheita necessária para o processamento da safra, evitando dessa forma gastos desnecessários e garantindo uma boa qualidade ao seu produto (MEDINA, 2020).

## **4 AUTOMATIZAÇÃO AGRÍCOLA**

A agricultura brasileira apresentou, nas últimas décadas, ganhos de produtividade que impressionantes, esse potencial posiciona o país com destaque no cenário internacional, e com isso aumentam-se as responsabilidades econômicas, ambientais e sociais (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2022).

### **4.1 O papel da automação na agropecuária**

A agricultura atual não conta mais com abundância de mão de obra barata, isso se deve a redução da população rural e a necessidade de contingente qualificado têm sido cada vez mais, importante e requerido pelos agricultores. A manutenção das próximas gerações no campo é um grande desafio. Muitos setores, principalmente a de culturas e variedades tropicais, como mamona, açaí e dendê, não têm soluções a importar. Aumentar o rendimento do trabalho no campo, reduzir a penosidade e aumentar a qualidade de vida nas atividades agropecuárias é estratégico para garantir a sustentabilidade do agronegócio (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2022).

A automação então ocupa uma posição importante para o país não apenas para a competitividade, mas essencialmente para o futuro da segurança alimentar e da bioenergia mundial (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2022).

### **4.2 Futuro promissor**

Os processos agropecuários, desde os mais tradicionais como uma colheita até os mais inovadores têm suas próprias características e suas oportunidades de automação. Porém inúmeros aspectos devem ser considerados para obter um processo sustentável tanto econômico, como ambiental e social. A automação agropecuária exige uma abordagem holística e sistêmica para alcançar o seu objetivo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2022).

Na era das tecnologias de conectividade que têm dominado a inovação da sociedade, a produção agropecuária, como um sistema distribuído no território nacional em várias cadeias, apresenta-se como um dos maiores beneficiários dessa automação. A ideia da conexão das informações de mercado, do clima, das tecnologias entre outros, é um modelo conceitual, mas fornece luz às possibilidades e demandas reais pontuais das cadeias agropecuárias. Torna mais

claro o papel da automação e da padronização em pontos chaves da integração, incluindo a robótica (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2022).

Figura 6 – Tecnologia na colheita



Fonte: PINHALENSE (2022)

## 5 METODOLOGIA

Foi desenvolvido em conjunto as pesquisas um protótipo que tem por finalidade realizar o controle do fluxo de ar de uma fornalha de um secador de café a lenha para controlar a temperatura na entrada do cilindro. O controle de temperatura de um secador de café a lenha propõe uma solução para que se possa controlar a temperatura que entra no cilindro de um secador de café em que se localiza a massa do café. A escolha se motivou devido a necessidade de economizar mão de obra e combustíveis fósseis (lenha), preservando o meio ambiente, e evitando o desperdício exagerado de energia calorífica.

O projeto é composto por uma caixa de passagem de fio que tem por finalidade receber o circuito e os componentes elétricos necessários, onde será possível definir a temperatura ideal e a temperatura máxima de acordo com a necessidade em que se encontra o café. Na caixa está localizado um *display* onde é monitorado todo o sistema, contendo dois motores para abertura e fechamento da portinhola cuja extrema importância é fazer o controle do fluxo de entrada de ar que é combinado com o ar quente da fornalha e direcionado para a entrada do cilindro.

Figura 7 – Caixa com os componentes elétricos



Fonte: O autor

A caixa é onde se concentram os equipamentos e o circuito elétrico que realizam os movimentos dos motores, que de maneira sincronizada movem as portinholas, essa por sua

vez em conjunto com a turbina transfere o ar quente da fornalha para o cilindro. A portinhola possui um sistema de fixação de duas dobradiças que possibilitam que ela seja aberta em ângulos de 0 e 90 graus pré-definidos de acordo com a sua temperatura a ser utilizada.

Figura 8 – Vistas da caixa com o *display*



Fonte: O autor

Conforme a temperatura verificada, são ativados os motores que definem o ângulo necessário de abertura ou fechamento da mesma. Se por ventura, a temperatura ultrapassar a máxima estabelecida pelo operador, o *display* exibirá uma mensagem de emergência, conseqüentemente será emitido um sinal sonoro e acionado um sinaleiro vermelho, após o sinal, o micro controlador enviará um comando para os motores e ocorrerá a abertura total das portinholas até que a temperatura esteja próxima a ideal programada.

Para o melhor funcionamento do sistema, foram desenvolvidos dois motores, que interligados com uma barra roscada e o auxílio de uma porca, desliza na barra e faz com que as portinholas se movimentem. Foi desenvolvido também um sistema de rotação para o auxílio da abertura e fechamento da portinhola, esse sistema conta com a fixação de um



metalón e arruelas de teflon, que sincronizados com o motor e a porca atuam na diminuição do atrito e na abertura da portinhola durante o funcionamento ideal do sistema.

Para a abertura e fechamento das portinholas, os motores em conjunto com uma barra roscada executam a tarefa requerida, que através da programação em arduíno, executa todos os comandos para entrada de ar ambiente para que se tenha o controle mais próximo da temperatura que serão selecionados pelo usuário no *display* de comando, que é onde culmina toda a central de operação. O *display* oferece duas opções, uma para que se escolha a temperatura ideal e outra para a temperatura máxima para o café, que depende totalmente da decisão do operador de quando inseri-lo no equipamento, alterando assim a temperatura a ser definida no *display*.

Figura 9 – Barra roscada



Fonte: O autor

Todos esses componentes foram oriundos do reaproveitamento de materiais dos mais variados locais, a montagem foi feita pelo autor.

## 5.1 Sistema elétrico

O sistema elétrico desenvolvido envolve a instalação de três botões micro chave *Push Button* para estabelecer a temperatura ideal e máxima, um filtro passa-baixa que permite a passagem de sinais de baixa frequência ao mesmo tempo que reduz a intensidade de sinais de alta frequência, um *buzzer* ativo de cinco Volts para emitir um sinal sonoro ao se iniciar o sistema, três sinaleiros doze Volts um verde um amarelo e um vermelho, o verde será acionado quando o sistema estiver funcionando automaticamente, o sinaleiro amarelo é para

quando o sistema estiver inicializando isto se dá para garantir que as duas portinholas estarão totalmente fechadas, e o sinaleiro vermelho é para quando a temperatura ultrapassar a temperatura máxima estabelecida e quando acionar o modulo acionamento manual.

Figura 10 – *Display* com botões de acionamento



Fonte: O autor

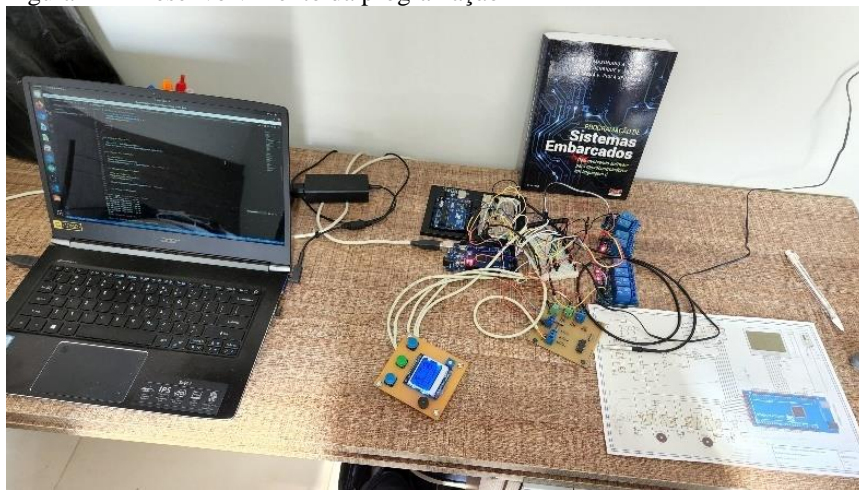
O sistema de acionamento manual é composto por quatro chaves botão pulsante NA, uma chave gangorra quadrada que possibilita que se possa abrir e fechar as portinholas manualmente, uma chave gangorra quadrada para ligar e desligar o sistema, um botão de emergência que corta toda energia do sistema para melhor segurança do operador e manutenções necessárias, uma sirene doze Volts que irá emitir um sinal sonoro para quando o sistema entrar no estado de emergência, um sensor de temperatura Ds18b20 que faz a leitura da temperatura na saída da turbina que entra no cilindro onde se localiza a massa do café e também envia os dados para o micro controlador (arduínomega) , dois motores de vidro elétrico automotivo de doze Volts e duas barras roscadas de meia polegada acopladas ao motor, duas porcas soldadas, um modulo de metalon com filtro para controlar o ângulo de abertura e fechamento das portinholas, um modulo de relé de cinco Volts com quatro canais para acionar os motores, dois modulo de relé de cinco Volts com dois canais para acionar os sinaleiros e a sirene, um micro controlador arduínomega para controlar o sistema e receber dados dos sensores, uma fonte chaveada doze Volts para alimentar os motores, sinaleiros, sirene e um conversor *dcstepdown* doze para cinco Volts que por sua vez alimenta o micro controlador e os sensores, quatro chaves switch fim de curso para estabelecer se a portinhola está totalmente aberta ou totalmente fechada, um *display* Nokia modelo 5110 para controle e monitoramento da temperatura, um *Trimpot* Linear Horizontal 1k 1 volta para controlar a

luminosidade do *display* e uma placa de distribuição de energia com nove entradas e saídas de cinco Volts.

## 5.2 Programação

Foi desenvolvida uma programação através da utilização do arduíno que possibilita ao usuário escolher a temperatura ideal e a máxima além de possibilitar o controle do PID (**P** - controle proporcional; **I** - controle integral; **D** - controle derivativo), no *display* são exibidas mensagens com inicialização (quando o sistema estiver verificando se as portinholas estão na posição totalmente fechadas) e controle de posição (quando o sistema estiver no modulo automático, está controlando os ângulos compatível com a temperatura) e controle manual (quando houver a necessidade de abrir as portinholas automaticamente) as opções serão disponibilizadas no menu do *display*. O usuário assim que energizar o protótipo em 127 ou 220 Volts e realizar o acionamento do botão liga e desliga o *buzzer* emite então um sinal sonoro, em sequência o sistema ira verificar os sensores fim de curso para certificar que a inicialização do sistema se dará com as portinholas totalmente fechadas e só assim é liberado o acesso para se escolher e definir a temperatura ideal e a temperatura máxima no *display*, a partir disto inicia-se a leitura da temperatura com o sensor para identificar a necessidade do acionamento dos motores e por consequência a abertura das portinholas para controle da entrada de ar ambiente.

Figura 11 – Desenvolvimento da programação



Fonte: O autor

Assim ocorre o acionamento, e também se inicia a contagem de tempo que é de 45 segundos, após o tempo transcorrido o sistema ira novamente ler a temperatura para que o



motor altere os ângulos para mais ou para menos se for necessário, e se a temperatura estiver acima da máxima estabelecida há o soar de uma sirene e o acionamento do sinaleiro vermelho para comunicar que a temperatura foi ultrapassada, as portinholas serão acionadas até que se obtenha a posição relativa a temperatura do momento. O sistema ira finaliza somente quando o operador obtiver a umidade desejada do café, enquanto não se obtém o sistema irá funcionar normalmente.

Figura 12 – Opções disponíveis em *display*



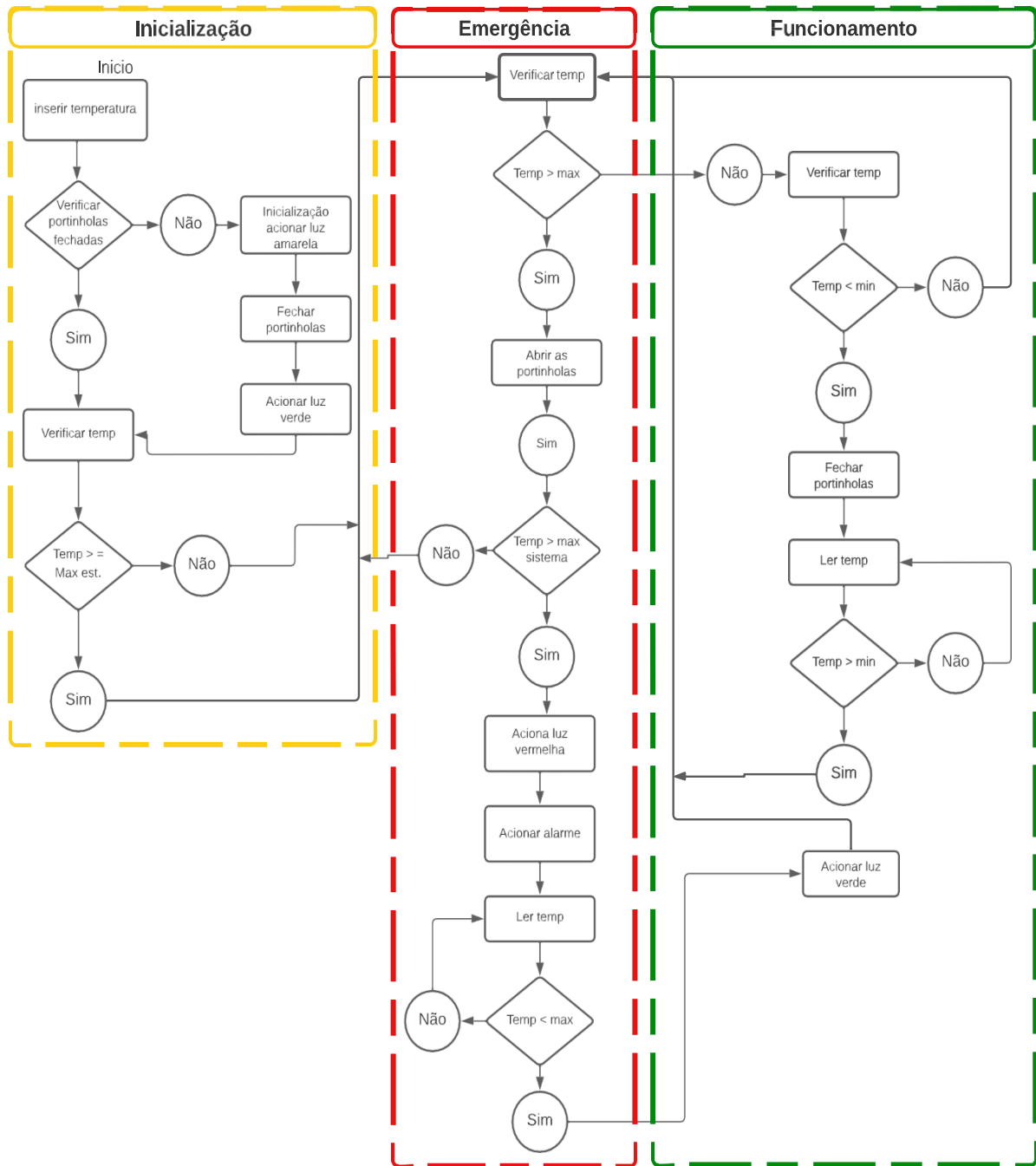
Fonte: O autor

Os componentes do *display*, assim como os botões de acionamento são também de reaproveitamento de outras atividades.

### 5.3 Fluxograma de funcionamento

Abaixo segue a figura que ilustra o fluxograma de funcionamento do secador.

Figura 13 – Fluxograma de funcionamento



Fonte: O autor

O fluxograma teve suas etapas divididas em cores para auxiliar na compreensão, e ilustra todo o processo de funcionamento do equipamento.

## 5.4 Controle de fluxo de ar

A capacidade do controle do fluxo de ar é de acordo com o tempo para cada leitura de temperatura, a velocidade da abertura ou fechamento não se altera, independente da temperatura, a velocidade se manterá constante.

Através de ensaios realizados se obteve a média de 45 segundos necessários para a abertura e fechamento total das portinholas, a partir da obtenção dessa média foi estabelecido um tempo de 45 segundos para cada leitura, para que se tenha tempo suficiente para que a portinhola possa se abrir ou fechar totalmente se necessário. Este tempo foi estabelecido através de estimativas e observação da velocidade de operação do motor, considerando-se o tamanho do fio da rosca da barra roscada, da velocidade do motor e dos ângulos das portinholas.

Figura 14 – Sistema de controle do fluxo de ar

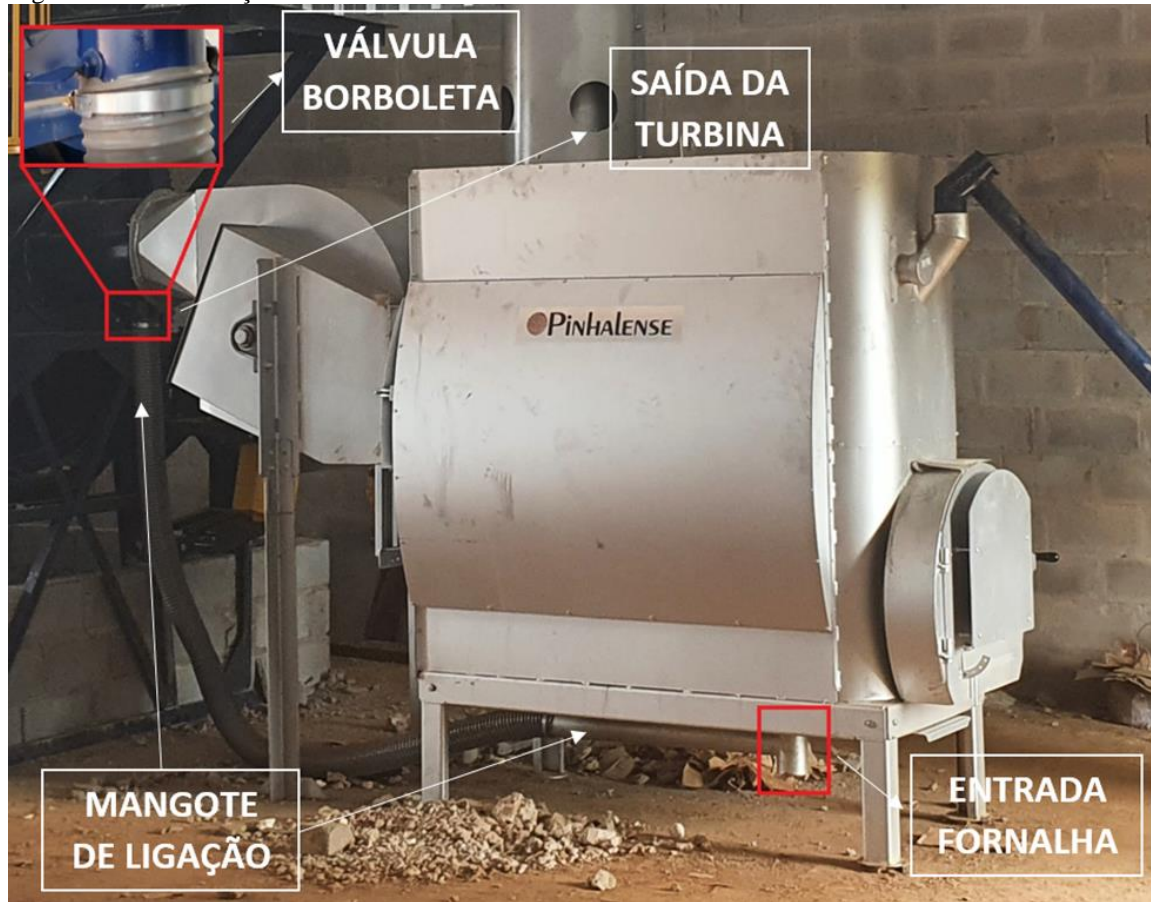


Fonte: O autor

## 5.5 Testes de processo

Foram realizados testes no secador de café de forma manual, a fim de coletar dados e aprimorar os conhecimentos na dinâmica do processo de transferência de calor. Esses testes foram conduzidos utilizando as portinholas para entrada de ar ambiente na turbina, e também o retorno de ar da turbina para a fornalha – uma válvula tipo borboleta que conecta a saída de ar pressurizado da turbina à câmara de combustão da fornalha, visando o maior fornecimento de oxigênio e, conseqüentemente, catalisando o processo de combustão da lenha.

Figura 15 – Identificação do sistema



Fonte: O autor

Primeiramente, colocou-se lenha na fornalha, sem a rotação da turbina, e com o retorno de ar para a câmara de combustão fechado. Após a queima ter se estabelecido, abriu-se a válvula borboleta para maior injeção de oxigênio na câmara e catalização da combustão.

Os testes foram iniciados utilizando a válvula borboleta, com a intenção de analisar a influência da injeção de ar no processo térmico. Verificou-se visualmente que a queima é catalisada (lenha é consumida mais rapidamente), mas há muito pouca influência da temperatura na saída da turbina, uma vez que a injeção de ar é indireta para o cilindro. Um ponto importante é que para temperaturas da saída acima de 50°C, notou-se uma dilatação no mangote (feito de poliuretano). Tendo em vista os experimentos feitos com o retorno, a utilização do mesmo será feita exclusivamente durante a iniciação da queima de lenha, para auxiliar na combustão. Uma vez a temperatura na turbina atinja 40°C, a válvula borboleta deve ser fechada, e não participará no processo de controle da temperatura de secagem.

Após os testes com o retorno de ar para a fornalha, foram feitos testes usando-se as portinholas de entrada de ar frio para a turbina – existem duas portinholas, uma de cada lado

da turbina. Os testes foram realizados operando as duas simultaneamente, e o projeto baseia-se nesse processo, com ambas movimentando em sincronia.

Abaixo figura mostrando a localização de uma portinhola e testes de posicionamento do motor de acionamento.

Figura 16 – Portinhola e teste do motor



Fonte: O autor

Testes foram divididos em duas etapas: utilizando uma maior quantidade de lenha de queima rápida (sarrafos, tocos pequenos, papelão), e utilizando somente um toco de lenha de eucalipto (80cm de comprimento por 12 cm de diâmetro).

#### 5.5.1 Teste 1: Maior quantidade de lenha

Condições do primeiro teste.

- a) Temperatura ambiente  $\cong 25^{\circ}\text{C}$ ;
- b) Temperatura da saída da turbina com portinholas abertas:  $\cong 45^{\circ}\text{C}$ ;
- c) Ao fechar-se totalmente as portinholas, observou-se um aumento de temperatura, em um minuto, para  $67^{\circ}\text{C}$  ( $22^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ). A seguir, abriu-se totalmente as portinholas, e a temperatura, após um minuto, foi para  $52^{\circ}\text{C}$  ( $-15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ).

### 5.5.2 Teste 2: Maior quantidade de lenha

Condições do segundo teste.

- a) Temperatura ambiente  $\cong 25^{\circ}\text{C}$ ;
- b) Temperatura da saída da turbina com portinholas abertas:  $\cong 50^{\circ}\text{C}$ ;
- c) Ao fechar-se parcialmente a portinhola (aproximadamente 10% de abertura somente), observou-se um aumento de temperatura, em um minuto, para  $53^{\circ}\text{C}$  ( $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ). A seguir, abriu-se um pouco mais as portinholas (aproximadamente 25% de abertura), e a temperatura se estabilizou em  $53^{\circ}\text{C}$ .

### 5.5.3 Teste 3: Menor quantidade de lenha (somente um toco de eucalipto)

Condições do terceiro teste.

- a) Temperatura ambiente  $\cong 25^{\circ}\text{C}$ ;
- b) Temperatura da saída da turbina com portinholas abertas:  $\cong 50^{\circ}\text{C}$ ;
- c) Ao fechar-se totalmente as portinholas, observou-se um aumento de temperatura, em um minuto, para  $62^{\circ}\text{C}$  ( $12^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ). A seguir, abriu-se totalmente as portinholas, e a temperatura, após um minuto, foi para  $52^{\circ}\text{C}$  ( $-10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ).

Após os testes realizados, algumas conclusões puderam ser observadas:

- a) O retorno de ar da turbina para a fornalha deverá ser mantido fechado durante o processo de secagem;
- b) O controle de abertura e fechamento das portinholas será feito de maneira proporcional, uma vez que a temperatura consegue se estabilizar com abertura variável;
- c) A quantidade de lenha utilizada na fornalha deverá ser controlada (1 toco de 80 cm x 22 cm de diâmetro a cada certa quantidade de tempo (a ser definida), por exemplo), a fim de tornar mais suave o controle de temperatura.



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados encontrados com a implementação do sistema, tanto em produtividade quanto em aspectos financeiros.

### 6.1 Viabilidade econômica

Para cálculo da viabilidade da implantação do sistema, foram utilizados como base os dados fornecidos pelos proprietários, citados abaixo:

- a) Números de plantas: 80.000 pés
- b) Produção estimada: 5 litros de café cereja / planta
- c) Volume total da produção:  $80.000 \times 5 = 400.000$  litros de café cereja
- d) Volume do secador: 15.000 litros
- e) Quantidade de bateladas por safra:  $400.000 / 15.000 = 26,66 \sim 27$  secadores
- f) Tempo gasto por batelada: 40 horas
- g) Tempo total de secagem da safra:  $27 \times 40 = \mathbf{1080 \text{ horas}}$




De acordo com o proprietário, é necessário abastecer a fornalha com lenha a cada uma hora, aproximadamente. Para o processo de secagem sem a utilização do dispositivo de controle de temperatura, realizado de forma manual, ao abastecer a fornalha, se levam aproximadamente 5 minutos, o funcionário responsável deve acompanhar o processo por aproximadamente 15 minutos, para regulagem da temperatura desejada. Após essa regulagem, antes de abastecer a fornalha novamente, outras três verificações são feitas, despendendo mais 15 minutos de trabalho.

No processo automatizado proposto, o abastecimento de lenha também é feito de forma manual a cada uma hora. Após essa etapa, o sistema de controle adequa as aberturas de ar para a turbina de forma a manter a temperatura constante. Desse modo, não é necessária a intervenção manual, o que desonera o funcionário do monitoramento a cada 10 minutos. O quadro abaixo exemplifica o processo de secagem a cada hora, comparando o método manual e o automatizado.

Quadro 1 – Processo de secagem

Tempo (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Processo Manual	Amarelo	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Verde	Vermelho	Verde	Vermelho	Verde	Vermelho	Verde	Verde
ProcessoAutomatizado	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

	Tempo livre		Alimentação da fornalha		Regulagem da temperatura
---	-------------	---	----------------------------	---	-----------------------------

Fonte: O autor

Baseado nos cálculos realizados, pode-se verificar que ao utilizar-se do dispositivo automático de controle de temperatura, a cada 60 minutos de secagem são poupados 30 minutos de trabalho do funcionário. Sendo assim, no processo de secagem total da safra, o que corresponde a aproximadamente 1080 horas, 540 horas de trabalho serão poupadas, podendo o funcionário ser alocado para outras atividades na propriedade.

Em termos financeiros, considerando como base o salário mínimo nacional em vigor no ano de 2022, que corresponde a R\$1212,00, e incluindo os encargos trabalhistas contemplados na CLT (INSS, FGTS, Férias Remuneradas, 1/3 de férias, 13º salário), considera-se o valor da hora trabalhada do funcionário rural de R\$10,10. Assim, a economia estimada para cada safra de café, em termos de mão-de-obra, será de  $10,10 \times 540 =$  **R\$5454,00**.

## 6.2 Controle de custos

O quadro abaixo apresenta os custos envolvidos no processo.



Quadro 2 – Custos do projeto

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Custo</b>
Serviço de torno	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Barra roscada ½	1	R\$ 17,00	R\$ 17,00
<i>Display</i> Lcd Nokia 5110	1	R\$ 34,90	R\$ 34,90
Módulo Relé 2 Canais 5v	2	R\$ 25,74	R\$ 51,48
Módulo Relé 4 Canais 5v	1	R\$ 38,90	R\$ 38,90
Sensor De Temperatura Ds18b20	1	R\$ 25,90	R\$ 25,90
Interruptor micro <i>switch</i> chave fim de curso	4	R\$ 5,98	R\$ 23,90
Chave gangorra quadrada	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Chave gangorra quadrada	1	R\$ 5,00	R\$ 5,00
Chave botão pulsante NA 2T	4	R\$ 5,00	R\$ 20,00
Trimpot Linear Horizontal 1k 1 Volta	1	R\$ 2,99	R\$ 2,99
Terminal ModuFemea	16	R\$ 0,40	R\$ 6,40
Conversor dcstepdown 5v	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
<i>Buzzer</i> ativo 5v <i>sinabeep</i>	1	R\$15,60	R\$15,60
Sinaleiro led 12v Vermelho	1	R\$ 15,65	R\$ 15,65
Sinaleiro led 12v Amarelo	1	R\$ 15,65	R\$ 15,65
Sinaleiro led 12v Verde	1	R\$ 15,65	R\$ 15,65
Sirene sinalizadora marcha ré 12v	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Cabo flexível 1 x 0001 m azul	1	R\$ 1,50	R\$ 1,50
Cabo flexível 1 x 0001 m vermelho	1	R\$ 1,50	R\$ 1,50
Cabo bicolor cristal 2 x 0,75 m	12	R\$ 1,80	R\$ 21,60
Terminal tipo garfo amarelo	8	R\$ 0,95	R\$ 7,60
Botão de emergência Trp2-es545	1	R\$ 35,76	R\$ 35,76
Borne sak porta fusível 4mm	2	R\$14,90	R\$29,80
Fusivel vidro 5x20mm 10A	2	R\$2,26	R\$4,52

Caixa de passagem 300 x 220 x120 mm	1	R\$96,80	R\$ 96,80
Abraçadeira nylon 7,5 x 550	4	R\$ 1,20	R\$ 4,80
Motor De Vidro Elétrico Universal	2	R\$ 75,00	R\$150,00
Placa Compatível Com ArduínoMega	1	R\$ 129,00	R\$ 129,00
Fonte Chaveada Cftv 30a 12v 360w	1	R\$ 120,00	R\$ 130,00
Deslocamento para local	5	R\$ 30,00	R\$ 150,00
Filtro passa-baixa	1	R\$ 0,00	R\$ 0,00
<b>Total de gastos Final</b>			<b>R\$ 1.191,70</b>

Fonte:O autor

Considerando os ganhos financeiros que a implementação do sistema apresenta, nota-se que rapidamente o valor do investimento foi pago.

## 7 CONCLUSÃO

Implementar melhorias em processos produtivos é um desafio cada vez mais imposto a profissionais envolvidos em diversos seguimentos industriais, independente de seus níveis hierárquicos, desde a base das operações a níveis de engenharia e direção as organizações cada vez mais vêm abrindo as portas para que ideias de melhorias sejam dadas, e em muitos casos há programas de incentivo para que isso ocorra, isso não é diferente no segmento do agronegócio, braço forte da produção do PIB nacional.

Transformar trabalhos manuais em sistemas automatizados e menos braçais não é algo exclusivo dos tempos atuais, há séculos as ditas “revoluções industriais” vem tornando isso cada vez mais possível, e no caso tratado nesse trabalho não foi diferente, um trabalho que era realizado de maneira totalmente manual, passou a contar com um sistema que após a implementado reduziu a frequência de intervenções do operador nas operações cotidianas.

Os benefícios dessa melhoria foram significativos, já que houveram ganhos efetivos no tempo de mão de obra empregado, na redução de intervenções e na segurança da operação como um todo, abrindo a possibilidade de que o tempo agora sobressalente possa ser destinado em outras atividades dentro da fazenda, o que por si só fornece ganhos produtivos e por consequência financeiros ao proprietário, tudo isso sem gerar redução na qualidade do processo, que é o ponto principal da atividade de secagem.

Ainda cabem estudos e melhorias dentro do próprio sistema implementado, assim como análises de sistemas adicionais como o aumento da rigidez da portinhola para que ela tenha uma menor vibração, um sistema a ser desenvolvido para interromper o motor da turbina em estado de emergência através da interligação do botão de parada com o motor da turbina e a implementação de um disjuntor bipolar de fuga diferencial residual, buscando obter meios que possam desonerar ainda mais o operador de atividades manuais dentro do ciclo de secagem e ampliar a segurança da operação.

## REFERÊNCIAS

CHBAGRO. **Arábica e robusta: tudo sobre os principais tipos de café.** 2021. Disponível em <<https://blog.chbagro.com.br/arabica-e-robusta-tudo-sobre-os-principais-tipos-de-cafe>>. Acesso em 08.maio.2022

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Produção de café deve atingir 55,7 milhões de sacas na safra de 2022.** 2022. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4473-producao-de-cafe-deve-atingir-55-7-milhoes-de-sacas-na-safra-de-2022>>. Acesso em 30.abr.2022

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Automação e agricultura de precisão.** 2022. Disponível em <<https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/nota-tecnica#:~:text=A%20automa%C3%A7%C3%A3o%20agropecu%C3%A1ria%20pode%20ser,a%20capacidade%20de%20trabalho%20humano>>. Acesso em 04.maio.2022

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Produção mundial de café foi estimada em 170 milhões de sacas.** 2021. Disponível em <[FORBES. \*\*Consumo de café no brasil cresce 1,7% em 2021.\*\* 2022. Disponível em <\[GUIRALDELI. Carlos Henrique Cardeal. \\*\\*Secagem estática do café: tecnologia sem movimentação dos grãos.\\*\\* Disponível em <<http://revistacamponegocios.com.br/secagem-estatica-do-cafe-tecnologia-sem-movimentacao-dos-graos/>>. Acesso em 06.maio.2022\]\(https://forbes.com.br/forbesagro/2022/04/consumo-de-cafe-no-brasil-cresce-17-em-2021/#:~:text=Consumo%20de%20caf%C3%A9%20em%20alta%20em%202021&text=para%20ser%20comemorado%E2%80%9D,-,O%20Brasil%2C%20segundo%20consumidor%20global%20de%20caf%C3%A9%2C%20consumiu%2021%2C,pela%20Abic%20hoje%20\(6\)>. Acesso em 01.maio.2022</p>
</div>
<div data-bbox=\)](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66204043/producao-mundial-de-cafe-foi-estimada-em-170-milhoes-de-sacas#:~:text=Produ%C3%A7%C3%A3o%20mundial%20de%20caf%C3%A9%20foi%20estimada%20em%20170%20milh%C3%B5es%20de%20sacas,-Compartilhar&text=cafeiro%202020%2D2021-,A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20caf%C3%A9%20em%20n%C3%ADvel%20mundial%2C%20estimada%20para%20o,rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20mesmo%20per%C3%ADodo%20anterior.> Acesso em 29.abr.2022</p>
</div>
<div data-bbox=)

LUCAS. Adriano S. **Grãos de café: conheça os diversos tipos.** 2019. Disponível em <<https://cafemaniacos.com.br/graos-de-cafe/>>. Acesso em 12.maio.2022

MADEIRAS. CBI. **É tempo de secagem nas fazendas da cbi coffees.** 2017. Disponível em <<https://cbispecialtycoffees.wordpress.com/2020/05/31/e-tempo-de-secagem-nas-fazendas-da-cbi-coffees/>>. Acesso em 12.maio.2022

MEDINA. Juliana. **Secagem do café: importância e cuidados para alta qualidade!** 2020. Disponível em <<https://agropos.com.br/secagem-do->

cafe/#:~:text=A%20secagem%20do%20caf%C3%A9%20inclui,caf%C3%A9%20terreir  
o%20e%20condi%C3%A7%C3%B5es%20clim%C3%A1ticas>. Acesso em 01.mai.2022

MORAES, Michelly. **Tudo que você precisa saber sobre os secadores de café!**. 2019. Disponível em <<https://agropos.com.br/secadores-de-cafe/>>. Acesso em 05.mai.2022

MOREIRA, Rodrigo Victor. **Caracterização do processo de secagem do café natural submetido a diferentes métodos de secagem**. 2015. Disponível em <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/9805/2/DISSERTACAO\\_Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20do%20processo%20de%20secagem%20do%20caf%C3%A9%20natural.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/9805/2/DISSERTACAO_Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20do%20processo%20de%20secagem%20do%20caf%C3%A9%20natural.pdf)>. Acesso em 05.mai.2022

OLIVEIRA, Andréa. **Quais os grãos de café mais produzidos no brasil?** 2020. Disponível em<<https://www.cpt.com.br/artigos/quais-os-graos-de-cafe-mais-produzidos-no-brasil>>. Acesso em 03.mai.2022

PALA, Rodrigo Fernandes. **Análise técnica de um secador estático de café**. 2018. Disponível em <<http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/604>>. Acesso em 06.mai.2022

PINHALENSE. **Catálogo p1000**. Disponível em <<https://www.pinhalense.com.br/wp-content/uploads/2019/09/CATALOGO-P1000-EVOLUTION>>. Acesso em 08.mai.2022

PINHALENSE. **Secador se**. 2022. Disponível em <<https://www.pinhalense.com.br/cafe/secagem/secadores/se/>>. Acesso em 08.mai.2022

PINHALENSE. **Secador sre**. Disponível em <<https://www.pinhalense.com.br/cafe/secagem/secadores/sre/>>. Acesso em 08.mai.2022

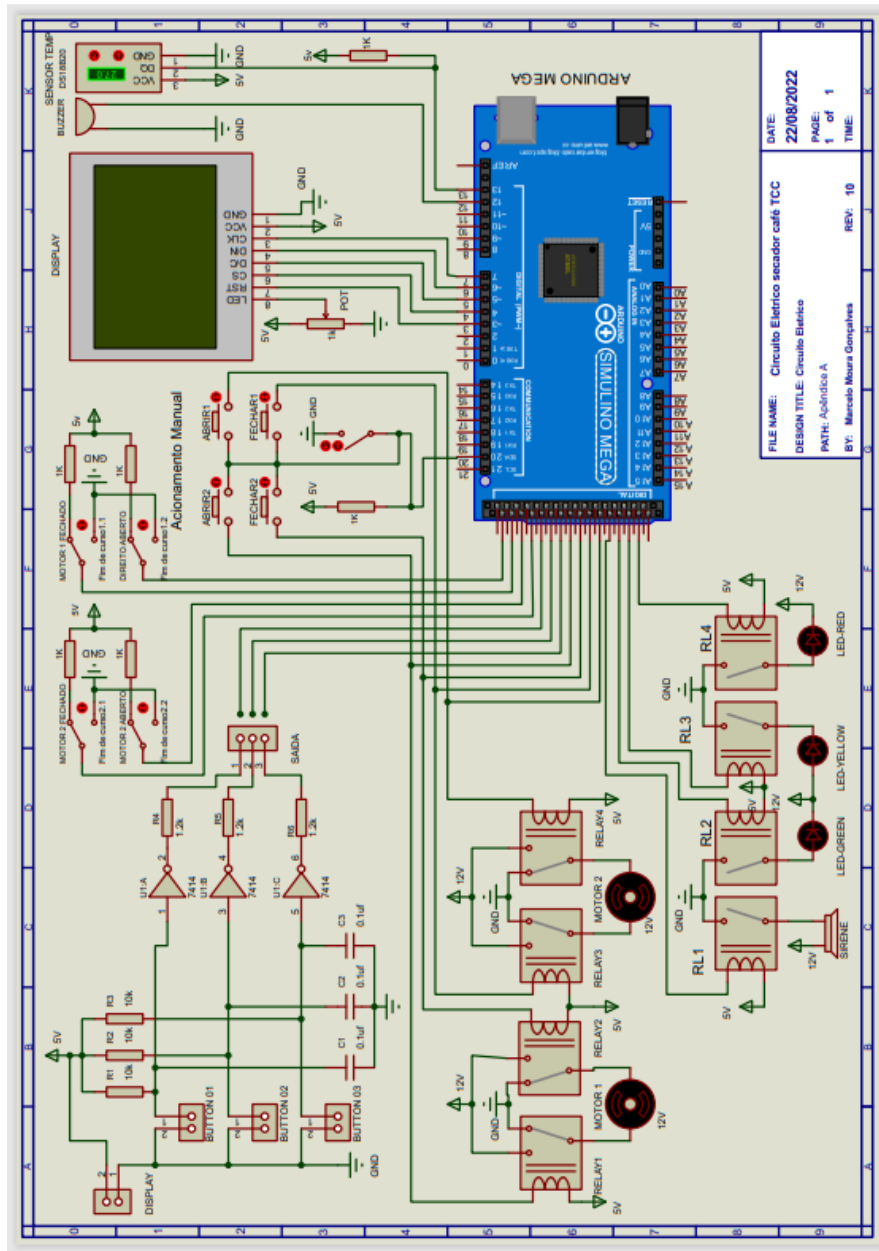
SAFRAS, Agência. **Consumo global de café cresce mais que a produção em 2020/21**.2021. Disponível em <<https://www.canalrural.com.br/noticias/consumo-global-de-cafe-cresce-mais-que-a-producao-em-2020-21/>>. Acesso em 25.abr.2022.

SANTA FÉ. Café. **História do café**. 2022. Disponível em <[http://www.cafesantafe.com.br/historia\\_do\\_cafe.asp](http://www.cafesantafe.com.br/historia_do_cafe.asp)>. Acesso em 08.mai.2022

SHIE, Talita. **História do café: a origem e trajetória da bebida no mundo**.2018 Disponível em <<https://www.graogourmet.com/blog/historia-do-cafe/#:~:text=Origem%20da%20palavra%3A%20Caf%C3%A9,ou%20Cahue%2C%20que%20significa%20For%C3%A7a>>. Acesso em 28.abr.2022

TAGUCHI, Viviane. **País teve 26% menos café em 2021, preço dispara e produtor ganha 18% mais**. 2021. Disponível em <<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2021/12/29/producao-de-cafe-faturamento-2021.htm?>>. Acesso em 29.abr.2022

Apêndice A – Diagrama elétrico



Fonte: O autor

## Apêndice B – Programação

### SecoMatico

```

#include "LeitorDeTemperatura.h"
#include "ControladorDeEstados.h"
#include "ControladorDePosicao.h"
#include "ControladorDeTemperatura.h"
#include "ControladorDeMenus.h"
#include "ControladorDeIndicadores.h"

/*
Controle de Temperatura com Fluxo De Ar em um Secador de Café a Lenha
*/

unsigned int tempoAnteriorMs = 0;
unsigned int tempoAtualMs = 0;

float Temperatura = 0;
float TemperaturaDesejada = 0;
float ControleDeAngulo = 0;
unsigned long int Tempo = 0;

unsigned long int ContadorLoopControlePosicao = 0;
unsigned long int ContadorLoopControleTemperatura = 0;

bool Motor1Inicializacao;
bool Motor2Inicializacao;

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup()
{
  Serial.begin(115200);

  InicializarControleDeMenu();
  InicializarControladorDeIndicadores();
  InicializarLeituraDeTemperatura();
  InicializarControladorDeEstados();
  InicializarControleDePosicao(LOOP_INTERVALO_MS * LOOP_CONTROLE_POSICAO,
  &Motor1Inicializacao, &Motor2Inicializacao);
  InicializarControleDeTemperatura(LOOP_INTERVALO_MS * LOOP_CONTROLE_TEMPERATURA,
  DadosMenuControlePid.Valores[0], DadosMenuControlePid.Valores[1],
  DadosMenuControlePid.Valores[2]);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop()
{
  tempoAtualMs = millis();

  if (tempoAtualMs - tempoAnteriorMs < LOOP_INTERVALO_MS)
  {
    return;
  }
  tempoAnteriorMs = tempoAtualMs;
  Tempo += tempoAtualMs;

  AtualizarMenu();

```

```

ContadorLoopControlePosicao++;
ContadorLoopControleTemperatura++;

switch (DefinirEstadoAtual(ContadorLoopControlePosicao, ContadorLoopControleTemperatura,
Temperatura, DadosMenuControlePid.Valores[3], InicializacaoDeMotoresCompleta()))
{
case EstadoControleManual:
IniciarControleManual();
break;

case EstadoEmergenciaDeTemperatura:
EmergenciaTemperaturaMax();
break;

case EstadoInicializacaoDePosicao:
InicializarPosicao();
break;

case EstadoControleDePosicao:
ContadorLoopControlePosicao = 0;
ControleDePosicao();
break;
case EstadoControleDeTemperatura:
ContadorLoopControleTemperatura = 0;
ControleDeTemperatura();
break;

default:
break;
}
}

void AtualizarTemperatura()
{
Temperatura = LerTemperaturaC();
TemperaturaDesejada = DadosMenuTemperatura.Valores[0];
}

void IniciarControleManual()
{
PararRotacao();
AtivarIndicadorModoManual();
strcpy(DadosMenuSupervisao.NomeDados[0], "Ctrl. Manual!");
}

void EmergenciaTemperaturaMax()
{
ForcarPosicaoMax();
AtivarIndicadorEmergencia();
AtualizarTemperatura();

strcpy(DadosMenuSupervisao.NomeDados[0], "Emergencia!");
}

void InicializarPosicao()
{
InicializarPosicaoMin(&Motor1Inicializacao, &Motor2Inicializacao);
AtivarIndicadorAlarm();
AtualizarTemperatura();
}

```



```
strcpy(DadosMenuSupervisao.NomeDados[0], "Inicializacao");
AtualizarDados();
}

void ImprimirStatus()
{
Serial.print(ContadorLoopControleTemperatura);
Serial.print(" Aquisicao Temperatura = ");
Serial.println(Temperatura);
}

void ControleDePosicao()
{
AtivarIndicadorBom();
AtualizarTemperatura();

ControlarPosicao();

strcpy(DadosMenuSupervisao.NomeDados[0], "Ctrl. Posicao");
AtualizarDados();

ImprimirStatus();
}

void ControleDeTemperatura()
{
AtivarIndicadorBom();

AtualizarTemperatura();
ControleDeAngulo = CalcularControle(Temperatura, TemperaturaDesejada);
AjustarAlteracaoDeAngulo(&ControleDeAngulo);

strcpy(DadosMenuSupervisao.NomeDados[0], "Ctrl. Temp.");
AtualizarDados();
}

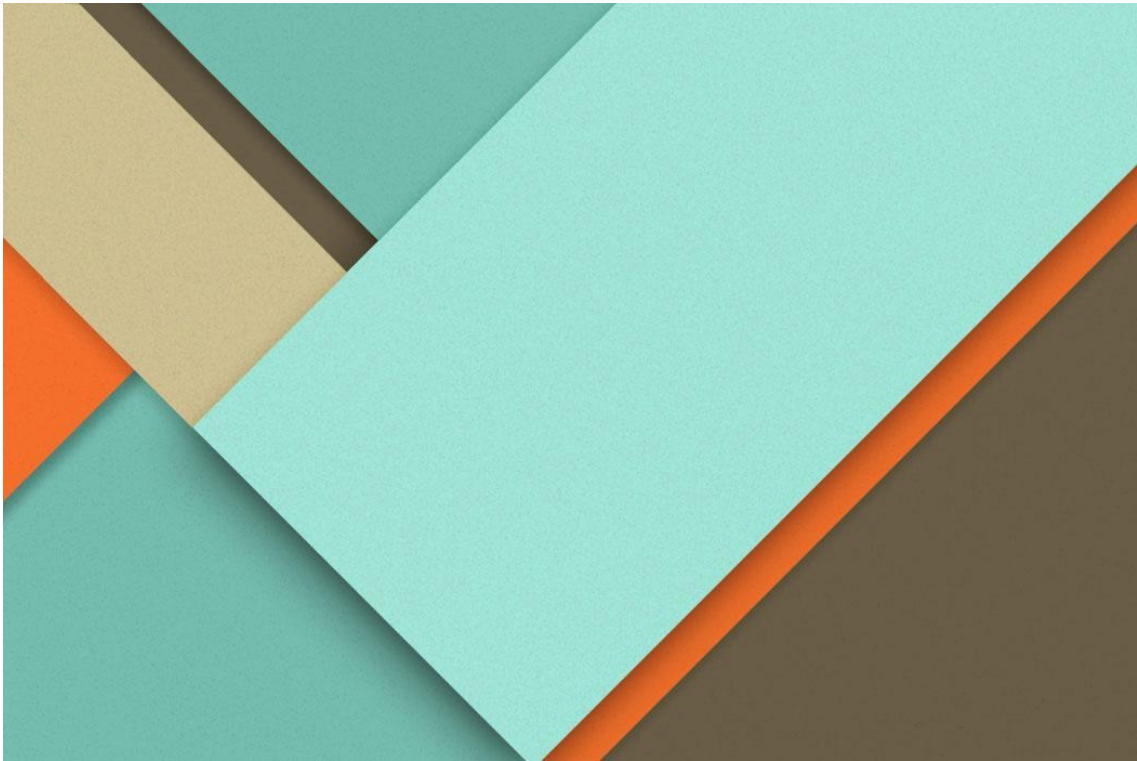
void AtualizarDados()
{
DadosMenuSupervisao.Valores[1] = Temperatura;
DadosMenuSupervisao.Valores[2] = TemperaturaDesejada;
DadosMenuSupervisao.Valores[3] = ControleDeAngulo;
}
```

Fonte: O autor

**Apêndice C – Link do vídeo de operação**

[https://drive.google.com/file/d/1uJCS5Rs6JEW5VXw8ogv3UtVqf8GMUSJw/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1uJCS5Rs6JEW5VXw8ogv3UtVqf8GMUSJw/view?usp=share_link)

Fonte: O autor



# **SecoMático**

# **Guia do Usuário**

06 de Novembro de 2022

Marcelo Moura Goncalves

## Introdução

Secomatico é um produto desenvolvido para secadores de grãos rotativo modelo SRE-150, do fabricante Pinhalense para pequeno, médio e grande produtores ele controla duas portinholas da entrada do fluxo de ar ambiente para controlar a temperatura que entra no cilindro do secador que se localiza os grãos e permite que o usuário estabeleça a temperatura máxima e ideal que entra no cilindro.

## Requisitos

1. Controlar duas portinholas.
2. Interface para programar e monitorar as temperaturas e controle das aberturas.
3. Ler temperatura de 45 a 45 segundos antes de mandar comando para os motores.
4. Abrir e fechar as portinholas em ângulos para o controle da temperatura mais próxima da ideal.

## Especificações

Descrição:

O controlador recebe sinais dos sensores de temperatura e dos sensores fim de curso.

O sensor de temperatura é usado para medir a temperatura que entra para dentro do cilindro.

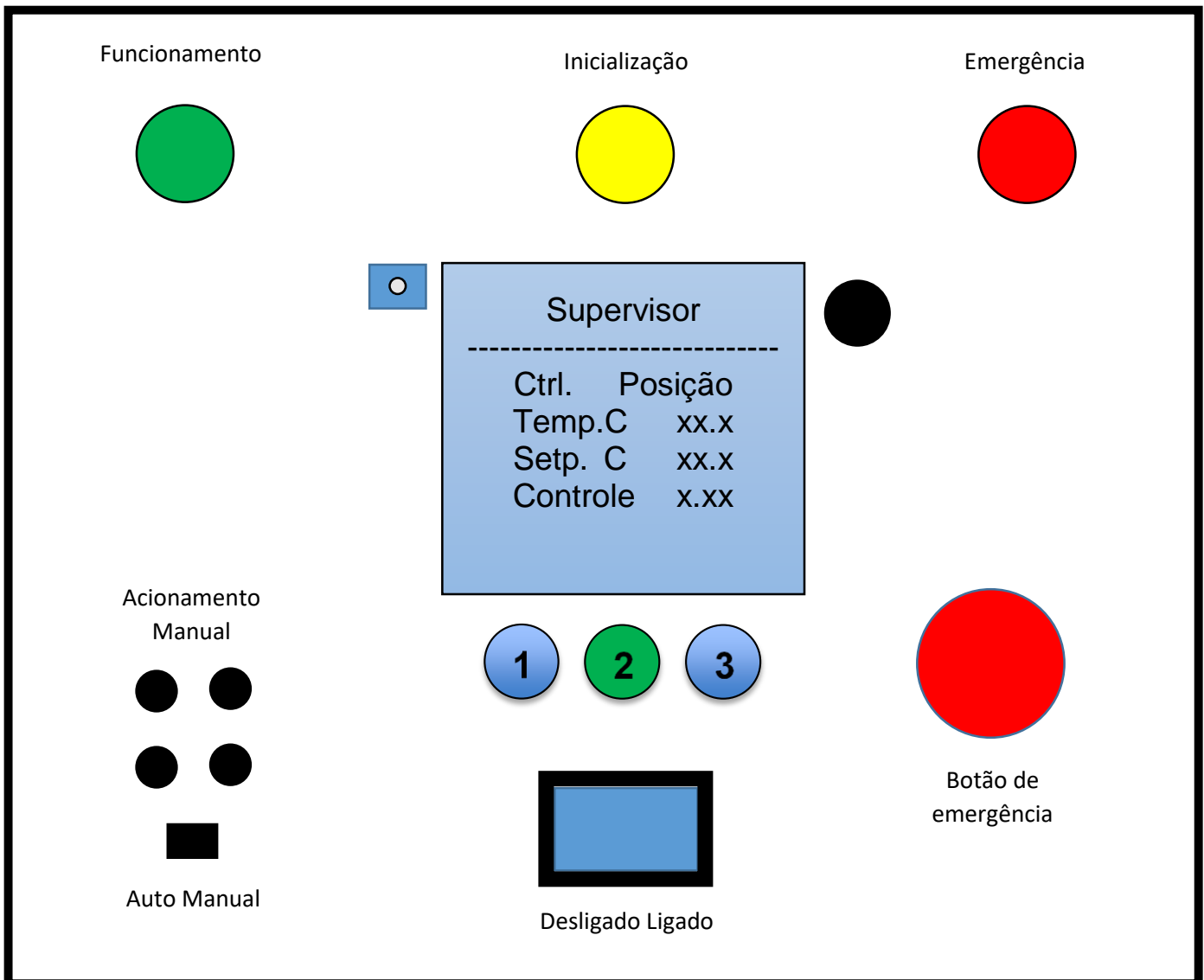
Baseado na temperatura os ângulos das portinholas são ajustados, e também os ângulos são calculados e o microcontrolador aciona dois motores que controlam as roscas sem fim para aumentar ou diminuir os ângulos de abertura ou fechamento para que se esteja o mais perto possível da temperatura desejada.

O sensor de fim de curso é usado para verificar se as portinholas estão totalmente fechadas ou totalmente abertas e para parar os motores, o sistema se inicia somente com as portinholas todas fechadas.

A interface de controle é usada para definir a temperatura máxima e ideal do fluxo de ar usado para secar os grãos.

A alimentação pode ser tanto 127 quanto 220 Volts em corrente alternada (AC).

## Interface de Usuário



A interface de usuário é composta por:

- Três sinaleiros de indicações (Funcionamento, inicialização e emergência).
- Uma tela usada para monitorar o estado do sistema e as configurações do usuário.
- Um *buzzer* ativo de cinco Volts para emitir um sinal sonoro ao se iniciar o sistema.
- Um *trimpot* linear horizontal para controlar a intensidade da luz do *display*.
- Três botões usados para navegar nos menus sistema e realizar as configurações.

- Quatro chaves pulsante NA uma chave gangorra quadrada ele possibilita que você possa abrir e fechar as portinholas manualmente (acionamento manual).
- Uma chave gangorra quadrada para ligar e desligar.
- Um botão de emergência que corta toda energia do sistema.
- Uma sirene para emitir um sinal sonora quando estiver estado de emergência

Temperatura -----	Menu de Temperatura
Cons. P    xx.x	Cons. P - Controle Proporcional
Cons. I    xx.x	Cons. I - Controle Integral
Cons. D    xx.x	Cons. D - Controle Derivativo
T.M. C    x.xx	T.M. C - Temperatura máxima

Temperatura -----	Menu de Temperatura
Setp. C    xx.x	Setp. P – Temperatura ideal

Temperatura -----	Menu de Temperatura
> Cons. P    xx.x	Cons. P – Apertando o botão 1 e 3 você navega no menu.
Cons. I    xx.x	Cons. I - Controle Integral
Cons. D    xx.x	Cons. D - Controle Derivativo
T.M. C    x.xx	T.M. C - Estabelecer temperatura máxima

Temperatura -----	Menu de Temperatura
Setp. C    xx.x	Setp. P – Estabelecer temperatura ideal

Temperatura -----	Menu de Temperatura
>> Cons. P    xx.x	Cons. P – Apertando o botão 2 você seleciona a opção.
Cons. I    xx.x	Cons. I - Controle Integral
Cons. D    xx.x	Cons. D - Controle Derivativo
T.M. C    x.xx	T.M. C - Estabelecer temperatura máxima

Temperatura	Menu de Temperatura
-------------	---------------------

----- Setp. C      xx.x	Setp. P – Estabelecer temperatura ideal
----------------------------	---

Temperatura ----- >> Cons. P    xx.x Cons. I        xx.x Cons. D        xx.x T.M. C        x.xx	Menu de Temperatura ----- Cons. P – Depois de selecionar você aperta o botão 1 ou 3 para ajustar as temperaturas ou as constantes PID. ----- Cons. I - Controle Integral ----- Cons. D - Controle Derivativo ----- T.M. C - Estabelecer temperatura máxima
--	--

Temperatura ----- Setp. C      xx.x	Menu de Temperatura ----- Setp. P – Estabelecer temperatura ideal
---	---

Temperatura ----- >> Cons. P    xx.x Cons. I        xx.x Cons. D        xx.x T.M. C        x.xx	Menu de Temperatura ----- Cons. P – Depois de ajustar as opções você aperta o botão 2 novamente para confirmar e para mudar de opção. ----- Cons. I - Controle Integral ----- Cons. D - Controle Derivativo ----- T.M. C - Estabelecer temperatura máxima
--	---

Temperatura ----- Setp. C      xx.x	Menu de Temperatura ----- Setp. P – Estabelecer temperatura ideal
---	---

Temperatura ----- > Cons. P     xx.x Cons. I        xx.x Cons. D        xx.x T.M. C        x.xx	Menu de Temperatura ----- Cons. P – Depois de confirmar as opções você aperta o botão 1 ou 3 para navegar nos outros menus. ----- Cons. I - Controle Integral ----- Cons. D - Controle Derivativo ----- T.M. C - Estabelecer temperatura máxima
--	---

Temperatura ----- Setp. C      xx.x	Menu de Temperatura ----- Setp. P – Estabelecer temperatura ideal
---	---

	Supervisor do sistema
--	-----------------------

Supervisor ----- Inicialização Temp. C    xx.x SetP. C    xx.x Controle    x.xx	Temp. C – Temperatura do sensor
	Setp. P – Temperatura ideal
	Controle – O ângulo que a portinhola tem que movimentar

Supervisor ----- Ctrl. Manual Temp. C    xx.x SetP. C    xx.x Controle    x.xx	Menu de Temperatura
	Ctrl. Manual – Controle manual para calibrar os ângulos e para abrir e fechar as portinhola caso aja necessidade
	Temp. C – Temperatura do sensor
	Setp. P – Temperatura ideal
	Controle – O ângulo que a portinhola tem que movimentar

Supervisor ----- Emergencia Temp. C    xx.x SetP. C    xx.x Controle    x.xx	Menu de Temperatura
	Emergência – Um estado que quando a temperatura atropasse da máxima estabelecida ela aciona emergência
	Temp. C – Temperatura do sensor
	Setp. P – Temperatura ideal
	Controle – O ângulo que a portinhola tem que movimentar



- Diagrama do projeto

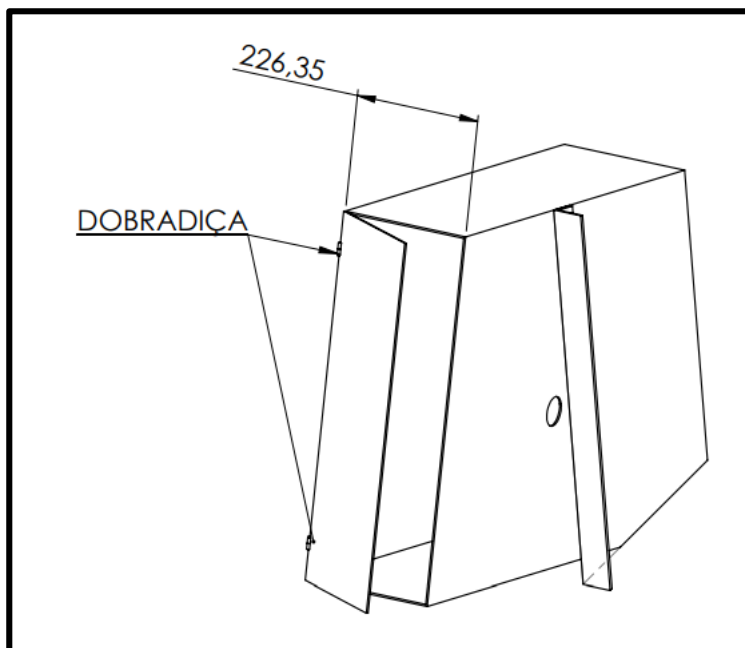


Figura 1 - Representação gráfica do duto de entrada de ar para a turbina.

- Diagrama de Casos de Uso

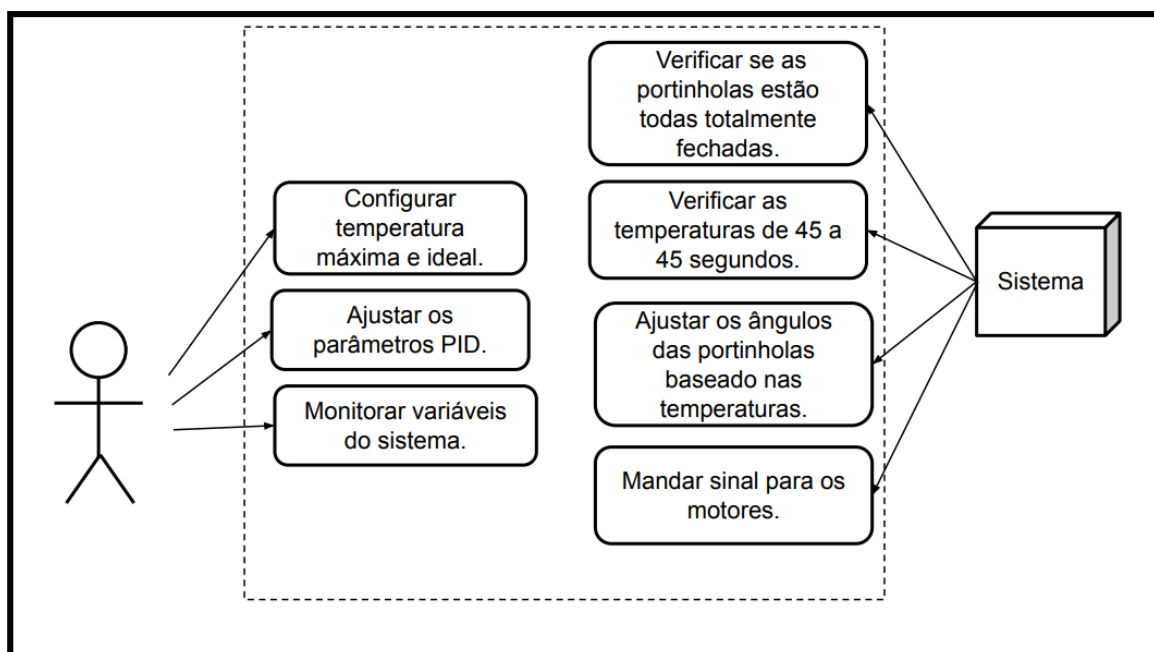


Figura 2 - Representação das configurações do sistema

- Diagrama de Estados

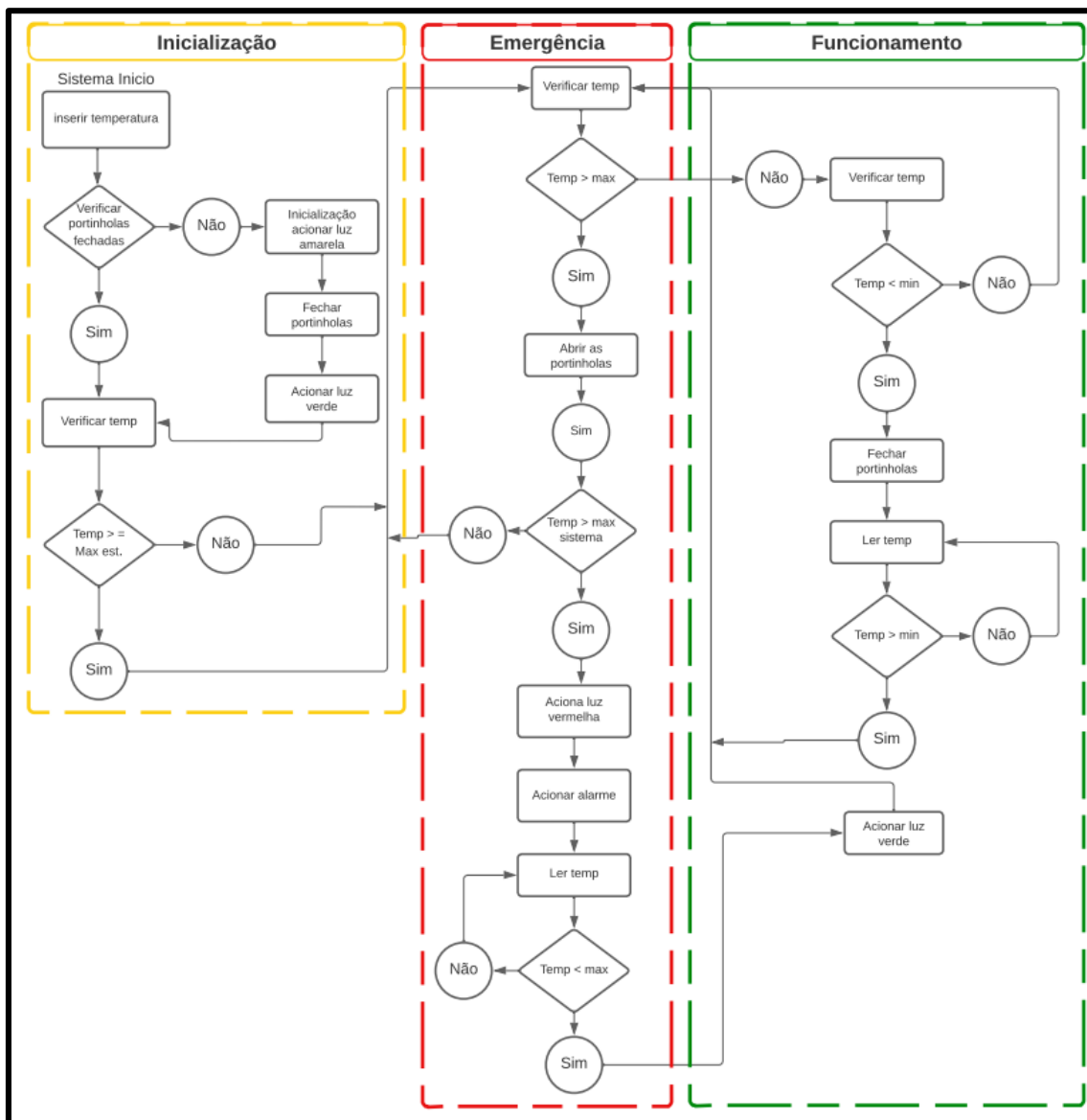


Figura 3 - Fluxograma do processo

• Diagrama Elétrico

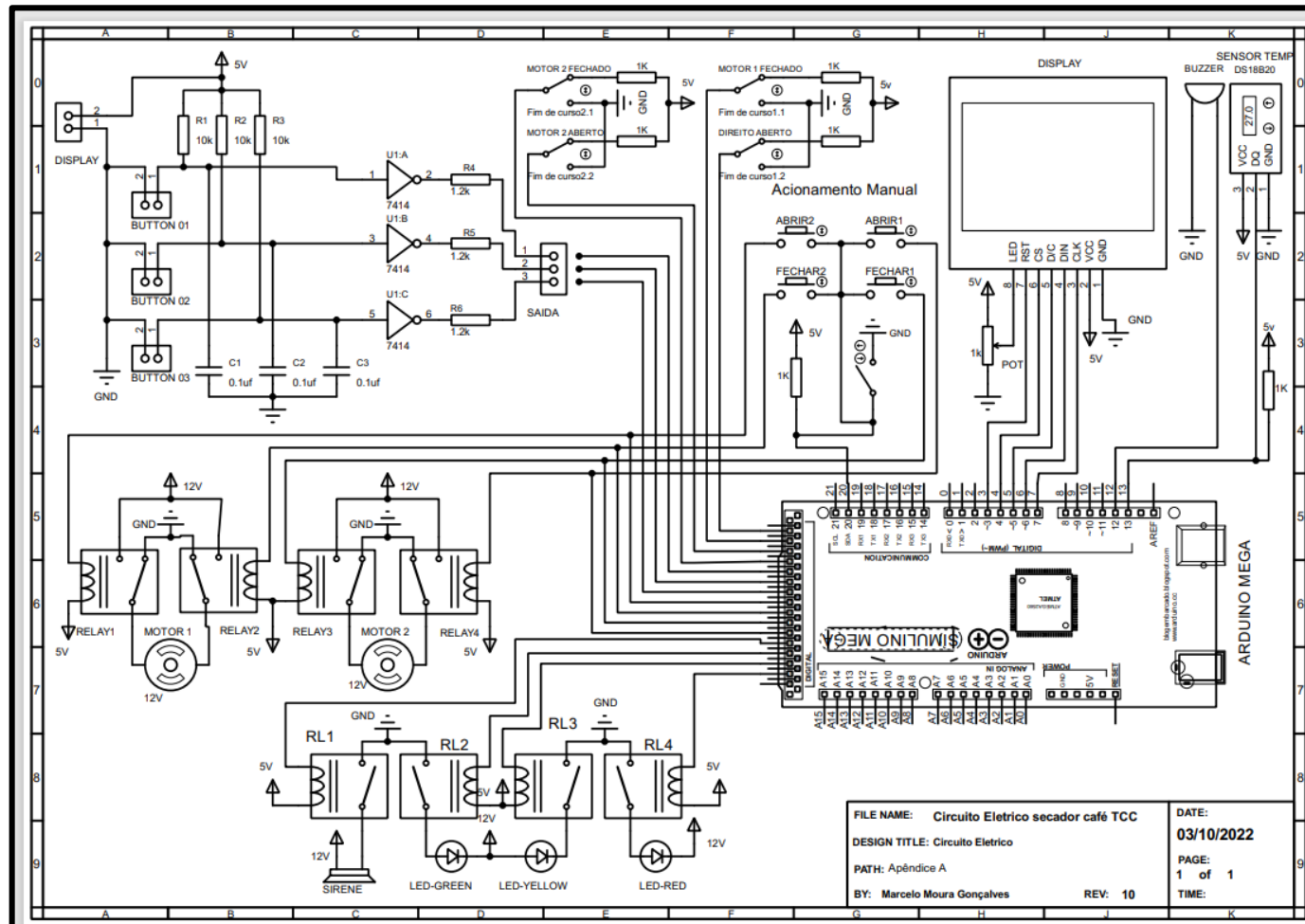


Figura 4 - Diagrama elétrico

## Manutenções Preventivas

Para um correto funcionamento do sistema e preservação das partes, recomendam-se algumas ações referentes ao sistema de controle de secagem:

Ação	Antes de cada uso	Semanalmente	Mensalmente	Semestralmente
Abrir e fechar as portinholas para verificar possíveis obstruções e acionamento dos sensores	<b>X</b>			
Verificar correto encaixe das travas nas portinholas	<b>X</b>			
Verificar correto <i>feedback</i> do sensor de temperatura	<b>X</b>			
Realizar teste funcional no botão de emergência	<b>X</b>			
Engraxamento do rolamento do suporte do motor		<b>X</b>		
Limpeza e lubrificação das roscas-sem-fim, motores e suportes		<b>X</b>		
Teste do sistema de emergência (alta temperatura)		<b>X</b>		
Verificação das conexões elétricas e limpeza dos contatos			<b>X</b>	
Limpeza do sensor de temperatura			<b>X</b>	
Teste de movimentação dos motores em modo manual			<b>X</b>	
Reaperto dos parafusos de fixação da caixa				<b>X</b>
Reaperto dos suportes dos motores				<b>X</b>
Teste funcional dos sensores fim-de-curso e ajuste de posição, se necessário.				<b>X</b>

## Diagrama de causa e efeito

O diagrama abaixo representa as possíveis falhas que podem ocorrer no sistema, com as sugeridas:

Sintoma	Possíveis Causas	Ações
Sistema não liga / <i>display</i> não acende	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de energia;</li> <li>- Botão de emergência pressionado;</li> <li>- Seletora na posição “<i>Off</i>”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar disjuntores e correta alimentação AC / Verificar fonte de alimentação 12V;</li> <li>- Liberar o botão de emergência;</li> <li>- Colocar seletora na posição “<i>On</i>”</li> </ul>
Motores não se movimentam	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relés de acionamento com mau funcionamento;</li> <li>- Cabos / fios desconectados;</li> <li>- Botões com mau contato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar acionamento dos relés dentro da caixa (<i>LED's</i>)</li> <li>- Verificar se não há cabos frouxos;</li> <li>- Verificar se os botões estão funcionando.</li> </ul>
Motores não páram no quando as portas se abrem / fecham totalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensores de fim-de-curso não responsivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar sinal dos fim-de-cursos;</li> <li>- Verificar alinhamento dos fim-de-cursos.</li> </ul>
Sirene não ativa em emergência	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mau contato elétrico;</li> <li>- Sirene danificada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar conexões elétricas;</li> <li>- Verificar integridade da sirene.</li> </ul>
Trava escapa da portinhola	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parafuso / conexão frouxa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reapertar a conexão</li> </ul>
Temperatura distante do setpoint (> 5°C por mais de 5 minutos) ou oscilando muito	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parâmetros PID incorretos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar <i>tuning</i> da malha de controle.</li> </ul>
Emergência acionada com muita frequência	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensor de temperatura com defeito;</li> <li>- Ajuste incorreto da temperatura máxima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar se a leitura do sensor está coerente;</li> <li>- Ajustar a temperatura máxima &gt; 10°C da temperatura de trabalho;</li> </ul>