

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PHILADELPHO GOUVÊA NETTO
Curso Técnico em Automação Industrial

Eder Donizeth Lindolfo
Eduardo Luiz de Moraes
Fernando Ribeiro de Araújo
Rodrigo Nivaldo da Silva
Tiago Prado de Almeida

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA CLIMATIZAÇÃO DE BANANAS

São José do Rio Preto -SP

2023

Eder Donizeth Lindolfo
Eduardo Luiz de Moraes
Fernando Ribeiro de Araújo
Rodrigo Nivaldo da Silva
Tiago Prado de Almeida

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA BANANAS PÓS-COLHEITA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Técnico em Automação Industrial da Etec Philadelpho Gouvêa Netto, orientado pelo Prof. Mario kenji Tamura como pré-requisito parcial para a obtenção do título de técnico em automação industrial.

São José do Rio Preto -SP

2023

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos conceder o merecimento de chegarmos até a etapa final desta jornada;

A Empresa Depósito Ito Comércio de Frutas e Legumes pela confiança, credibilidade depositada em nosso grupo validando nossa ideia inicial, e dispondo a empresa como laboratório de pesquisa, testes, implementação e validação do sistema, ajudando nos custos com equipamentos e se colocando como facilitadores a nossa disposição em todas as etapas e momentos do projeto para este se tornasse realidade e obtivesse êxito.

Agradecemos a cada funcionário da ETEC pela contribuição, a cada professor que contribui com seu conhecimento para que obtivéssemos êxito na nossa jornada e em especial ao nosso orientador que nos acompanhou em todos os momentos de nosso projeto;

Agradecemos as nossas famílias, esposas, namoradas, pais e filhos, que estiveram de forma solidária nos acompanhando durante todo o processo do nosso projeto.

RESUMO

Este estudo tem por objetivo propor um sistema de automação e climatização para acondicionamento de bananas utilizando CLP capaz de controlar a geração de gás etileno realizar as retiradas dos gases no interior da câmara refrigerada de modo a promover o amadurecimento uniforme dos frutos, evitar injúrias e conservar sua vida útil por mais tempo de modo eficiente e eficaz. A metodologia deste estudo é composta de pesquisa bibliográfica embasada em artigos científicos indexados em bases de dados e projeto detalhado da construção e implementação de um CLP para automação e climatização de câmara fria para acondicionamento de bananas em empresa atacadista de frutas, legumes e cereais. Os resultados do protótipo, a implementação definitiva do CLP e todas as alterações realizadas na câmara de refrigeração para a automação da climatização de bananas mostraram resultados efetivos muito além do esperado do custo, melhor qualidade do produto final e melhor controle de todo o processo com maior exatidão trazendo maior eficácia e eficiência. Conclui-se que o sistema de automação e climatização de câmara fria para acondicionamento de bananas utilizando CLP foi implantado com sucesso sendo capaz de manter os níveis ideais de diferentes gases como O₂, CO₂ e C₂H₄, realizar as trocas dos diferentes gases no interior da câmara refrigerada, promover o amadurecimento uniforme dos frutos, evitar injúrias e conservar sua vida útil por mais tempo de modo eficiente e eficaz, gerar economia de recursos humanos, energia, de produtos como o C₂H₄ e trazer uma melhor qualidade ao produto final. Todas essas vantagens comprovaram que a automação em qualquer área pode gerar inúmeras vantagens e benefício e deve ser vista pelos empresários como uma área que agrega valor ao produto.

Palavras-chaves: Musa ssp., Banana, refrigeração, Pós-Colheita, automação, CLP

ABSTRACT

This study aims to propose an automation and air conditioning system for packaging bananas using CL capable of maintaining ideal levels of different gases and exchanging different gases inside the refrigerated chamber in order to promote uniform ripening of the fruits, avoid injuries and preserve its useful life for longer in an efficient and effective way. The methodology of this study is composed of bibliographical research based on scientific articles indexed in databases and a detailed project for the construction and implementation of an interface relay for automation and air conditioning of a cold room for packaging bananas in a fruit, vegetable and cereal wholesale company. . The results of the prototype, the definitive implementation of the interface relay and all the changes made to the refrigeration chamber for the automation of banana air conditioning showed effective results far beyond what was expected from the cost, better quality of the final product and better control of the entire process with greater accuracy, bringing greater effectiveness and efficiency. It is concluded that the cold room automation and air conditioning system for packaging bananas using an interface relay was successfully implemented, being able to maintain ideal levels of different gases such as O₂, CO₂ and C₂H₄, carry out exchanges of different gases inside the refrigerated chamber, promote uniform ripening of fruits, avoid injuries and preserve their useful life for longer in an efficient and effective way, generate savings in human resources, energy, products such as C₂H₄ and bring better quality to the final product. All these advantages prove that automation in any area can generate numerous advantages and benefits and should be seen by business owners as an area that adds value to the product.

Keywords: Musa ssp., Banana, refrigeration, Post-Harvest, automation, interface relay

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Câmera fria utilizada para climatização de banana.....	17
Figura 2: Câmera fria carregada com 12.600 t de banana.....	18
Figura 3: Motor móvel com etileno líquido utilizado dentro da câmera fria.....	19
Figura 4: Atual sistema de controle manual de climatização de bananas por meio de planilha.....	20
Figura 5: Instalação inicial do protótipo do sistema de climatização para bananas .	21
Figura 6: Interligação do protótipo ao QDC.....	22
Figura 7: Instalação dos dampers e exaustor e insuflador	23
Figura 8: Sistema instalado.....	24
Figura 9: Primeiro teste com o sistema de climatização com 12t de bananas nanicas.	25
Figura 10: Gerador de Injeção de C ₂ H ₄	25
Figura 11: Bananas após 72 horas com sistema de climatização	26
Figura 12: Entrega técnica do sistema de climatização à empresa Depósito Ito Comércio de Frutas e Legumes	27
Figura 13: Lista dos materiais utilizados	28
Figura 14: Testes realizados em sala de aula	29
Figura 15: Vista interna do sistema de automação	29
Figura 16: Diagrama de ligação do CLP	31
Figura 17: Diagrama de força.....	32
Figura 18: Diagrama de controle de temperatura.....	33
Figura 19: Quadro 1	34
Figura 20: Quadro 3	35
Figura 21: Carregado a câmera com bananas para teste.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
CO₂	Gás carbônico ou dióxido de gás carbônico
C₂H₄	Gás Etileno
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Kg	Quilograma
m³	Metro cúbico
mg	Miligrama
O₂	Oxigênio
ppm	Partes por milhão
t	Tonelada

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	9
1.2 Justificativa	10
2. PROBLEMA	11
2.1 Proposta	11
2.2 Produto	11
3. OBJETIVOS	11
3.1 Geral	11
3.2 Específico	12
4. DESENVOLVIMENTO	12
4.1 A pós-colheita da banana	12
4.2 A câmara de climatização	13
5.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
5.1 Caracterização do Projeto	20
5.2 Projeto de climatização de bananas	27
5.3 Lista de materiais	27
5.4 Estimativa de custos do projeto	28
5.5 Montagem do protótipo	28
5.6 Esquema de ligação do controle elétrico	29
5.7 Teste de funcionamento	35
5.8 Avaliação da efetividade do aparelho	36
6. RESULTADOS	37
7. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

1.INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, e o quarto maior produtor mundial de banana respondendo por 5,8% da produção global, ficando atrás somente da Índia, China e Indonésia (ROCHA, FAO, 2022).

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo produzida na maioria dos países tropicais, o Brasil exporta em torno de 84,3 mil toneladas, principalmente para a Argentina e o Uruguai (MEDINA et al., 2021).

No Brasil, a banana se destaca como a segunda fruta mais importante, após a laranja, em área colhida de 462 mil hectares, com uma quantidade produzida de 6,8 milhões de toneladas, e em valor da produção são 7,5 bilhões de reais. Os cinco maiores estados produtores são, São Paulo com 1 milhão de toneladas, Bahia com 828 mil toneladas, Minas Gerais que responde por 825 mil toneladas, Santa Catarina com 723 mil toneladas e Pernambuco com 492 mil toneladas (IBGE, 2019; AMARO, 2021, ROCHA, 2021).

No Brasil são produzidos vários tipos de banana, destacando-se as variedades: prata, maçã, nanica e nanicão (subgrupo Cavendish), como as mais cultivadas (SEJAS, 2021).

O consumo de banana no país é de aproximadamente 26 kg/habitante/ano (ROCHA, 2021).

A banana (*Musa spp.*) fruto pertence à família *Musaceae* e possui cerca de 30 espécies conhecidas do gênero *Musa* e mais de 700 variedades. É uma fruta delicada, que requer muito cuidado na fase de pós-colheita devido ao fato de que se a casca, receber qualquer dano mínimo, aparece na maturação com marcas e manchas que depreciam a banana (SEJAS, 2021).

A banana é classificada como uma fruta climatérica possuindo um período de amadurecimento curto, cujo início de maturação é marcado pelo aumento de sua taxa respiratória e pela produção de etileno (C_2H_4), processo que logo em seguida mostra uma queda acentuada que sinaliza o início da senescência o que leva a menor tempo de conservação (FALCÃO et al., 2017).

Durante o amadurecimento os frutos desenvolvem o sabor e o aroma característico, devido às reações que modificam os açúcares e os ácidos orgânicos, além da liberação dos compostos voláteis (ZHENG et al., 2015).

Diante destas características a banana (*Musa spp.*) possui elevado índice de perdas pós-colheita, o que limita a sua comercialização sob a forma in natura, com perdas que chegam a 20%, desde a colheita até o armazenamento, distribuição e venda (SOUZA, FEITOSA, DE FIGUEIRÊDO, 2018).

Dessa forma, um armazenamento realizado de maneira correta é fundamental para evitar que as transformações fisiológicas internas não prejudiquem a fase de comercialização dos frutos (BARBOSA et al., 2019).

O armazenamento correto de bananas envolve a refrigeração e climatização em câmara das frutas.

No caso de bananas, devem acondicionadas sob uma temperatura refrigerada (13 °C) considerada ideal e eficiente para retardar o amadurecimento dos frutos (FERNANDES, LEAL, SANCHES, 2010).

A climatização é um processo de aceleração da maturidade da banana em condições de temperatura e umidade controladas, utilizando-se compostos liberadores de etileno, que é um fito hormônio responsável pelo amadurecimento (MEDINA et al., 2021).

1.2 Justificativa

A banana geralmente é colhida verde e, posteriormente, amadurece por meio do processo de climatização com o emprego do gás C_2H_4 em câmara fria e temperatura controlada proporcionando um amadurecimento mais homogêneo dos frutos, resultando em uma coloração uniforme.

Dessa forma, a banana pode ser colhida em diferentes estágios de maturação e induzida ao amadurecimento de maneira controlada, oferecendo ao mercado uma ampla variedade de opções para os consumidores.

Contudo a execução do processo de climatização manual, gera alguns problemas como: aumento de custo devido horas extras, problemas de ordem trabalhista, , aumento de custo, erros no processo de climatização(esquecimento), perdas; qualidade inferior do produto, perda na competitividade comercial e dificuldades de tempo de transporte para os centros de distribuições.

Portanto se faz necessário a implementação de um sistema automatizado que controle a emissão de gás C_2H_4 nas concentrações ideais bem como controle o aumento do gás carbônico para evitar que atinja níveis que prejudique as frutas e

realize a circulação de oxigênio nas câmaras de refrigeração de bananas promovendo uma climatização de excelência da fruta com menor custo.

2. PROBLEMA

O acondicionamento de bananas em câmara de refrigeração e a climatização com gás C_2H_4 para promover sua maturação uniforme das frutas eleva a quantidade CO_2 no interior da câmara podendo incidir na qualidade do fruto necessitando se O_2 para eliminar a quantidade de CO_2 e manter o equilíbrio da climatização. Para tanto é necessário que haja um sistema automatizado que controle a emissão de C_2H_4 , o aumento do CO_2 promovendo a exaustão e a circulação de O_2 a baixo custo e eficiente.

2.1 Proposta

Propõe-se o projeto de um sistema de automação para climatização de bananas em câmara que realize a renovação no interior da câmara refrigerada retirando o CO_2/C_2H_4 e insuflando O_2 controlado por meio de um relé inteligente programável ou CLP.

2.2 Produto

Sistema de automação e climatização em câmara refrigerada utilizando CLP para realizar o controle de CO_2/C_2H_4 e O_2 .

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Este estudo tem por objetivo propor um sistema de automação e climatização para acondicionamento de bananas utilizando CLP capaz de manter os níveis ideais de diferentes gases e realizar as trocas dos diferentes gases no interior da câmara refrigerada de modo a promover o amadurecimento uniforme dos frutos, evitar injurias e conservar sua vida útil por mais tempo de modo eficiente e eficaz.

3.2 Específico

- Redução de custos de mão de obra (horas extras).
- Automatizar o processo de climatização.
- Controle preciso do processo e padronizar o controle e processo de climatização.
- Facilitar a operação do processo.
- Aumentar competitividade no mercado.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 A pós-colheita da banana

Após a colheita, as bananas sofrem modificações químicas, devido a continuidade dos processos metabólicos, sendo a hidrólise do amido a mudança que mais evidencia o advento do climatério. Além da hidrólise do amido, o amadurecimento está relacionado com outras modificações complexas como: aumento da taxa respiratória, da produção de etileno, da concentração de açúcares, solubilização de substâncias pécnicas, degradação da clorofila, aumento das concentrações de fenólicos e ácidos, produção de voláteis, variações nos teores de enzimas, vitaminas, minerais e mudanças na permeabilidade dos tecidos (CHITARRA, CHITARRA, 1984).

É durante o amadurecimento dos frutos ocorre o desenvolvimento do sabor e do aroma, devido às reações que modificam os açúcares e os ácidos orgânicos, além da liberação dos compostos voláteis (ZHENG et al., 2015).

Na banana, estas alterações são bem definidas, já que se trata de uma fruta climatérica, ressaltando-se, como fenômeno metabólico de maior importância, a respiração (SILVA et al., 2006).

O etileno é considerado um hormônio natural produzido pelas frutas que aumenta a biossíntese da fruta, até concentrações que estimulam o seu amadurecimento, este evento que marca a transição entre as fases de crescimento e senescência no fruto (CHITARRA, CHITARRA, 2005).

Essa respiração apresenta características marcantes, sendo o pico climatérico o momento de maior liberação de CO₂ pela fruta, marcando o início de senescência dela.

4.2 A câmara de climatização

A climatização é uma técnica que, que visa um amadurecimento mais uniforme, além de desencadear e acelerar o processo de amadurecimento. Nesta técnica, ocorre a aplicação pré-determinada de um gás indutor do amadurecimento, gás C_2H_4 e ainda a temperatura, umidade do ar e concentração de CO_2 são controlados por meio de aparelhos e procedimentos específicos (SILVA et al., 2006).

As câmaras de climatização são utilizadas com o objetivo de controlar o amadurecimento, em períodos variáveis de quatro a oito dias. Portanto, é desejável operar duas câmaras ao invés de uma, e três ou mais são mais vantajosas em termos comerciais (CHITARRA, CHITARRA, 1984).

Dentro da câmara, a densidade das pilhas de banana não deve exceder $1t/10m^3$ e a capacidade também não deve ser excessiva (acima de 20 t), para não causar problemas quanto à manutenção da temperatura adequada e à quantidade de gás a ser aplicada, assim como em relação ao acúmulo de CO_2 , cuja eliminação torna-se mais difícil (CHITARRA, CHITARRA, 1984; FERNANDES, LEAL, SANCHES, 2010).

A circulação do ar garante uma boa distribuição do ar mantendo o controle da temperatura mesmo que ocorra a produção de calor produzida pelos frutos durante o amadurecimento (CHITARRA, CHITARRA, 1984).

Após o carregamento, os frutos precisam ser resfriados, usualmente a $13\text{ }^\circ\text{C}$, antes do tratamento com etileno (CHITARRA, CHITARRA, 1984). Recomenda-se o intervalo máximo de 72 horas entre a colheita e o armazenamento das frutas em local ventilado ou frigorificado, garantindo que quanto menor for esse intervalo, maior será a qualidade das frutas (SIMÃO, 1998).

A circulação de ar e ventilação visa uniformizar as condições de atmosfera da câmara, mantendo uma temperatura constante e o gás ativador distribuído de forma homogênea desfaz o filme microscópico que tende a depositar na superfície de cada fruto. Nesta partícula de espessura bastante fina, o vapor de água, o gás carbônico e os componentes voláteis estão em concentrações maiores que no ar circulante. Isto impede tanto a saída do gás carbônico, como a entrada de gás ativador, funções necessárias ao amadurecimento da fruta (CHITARRA, CHITARRA, 1984).

A remoção do gás carbônico e compostos voláteis pela exaustão deve ser feita para evitar o retardamento da maturação doze horas após a primeira aplicação do gás

e depois, a cada 24 horas. Pode ser efetuada acionando-se os ventiladores do insuflador de ar em conjunto com um exaustor instalado em uma das paredes da câmara, de modo a permitir que o ar circule em corrente contínua (CHITARRA, CHITARRA, 1984).

A temperatura deve ter boa confiabilidade, e deve ser feito a leitura com aparelhos que proporcionem leituras reproduzíveis. Os padrões de variação de temperatura dentro da câmara devem ser verificados, estabelecendo-se locais de amostragem que sejam realmente representativos da maioria dos frutos. A variação da temperatura deve ser menor que 1° C, quando se utiliza uma boa circulação de ar (CHITARRA, CHITARRA, 1984).

O equipamento para refrigeração deve ser projetado para proporcionar 85 a 90% de umidade relativa, quando a câmara estiver fechada. Deve-se variar a velocidade de ventilação para reduzir a umidade para 70 - 75%, quando os frutos começarem a mudar a coloração. Umidade elevada é importante antes e durante o início do amadurecimento, caso contrário, poderão ocorrer manchas, e a coloração no final do processo será muito pobre; além disso, o fruto amolecerá e estará sujeito ao despencamento (CHITARRA, CHITARRA, 1984).

A aplicação de etileno exógeno na fase pré climatérica da fruta desencadeia o seu processo de amadurecimento (CASTRO, 1992).

Para a maturação da banana, utilizam-se câmaras a aplicação de etileno deve ser uma taxa normal de 10 ppm constantemente, ou aplicações intermitentes de 1.000 ppm (0,1%), espaçadas de 24 horas, e seguidas de ventilação. A ventilação deve ser constante (12 m min⁻¹) e acelerada (5 a 7 vezes) durante os períodos de ventilação forçada (CHITARRA, CHITARRA, 1984; FERNANDES, LEAL, SANCHES, 2010).

Pesquisadores sugerem que o etileno seja aplicado na razão de 1/ 1000 em 1 ppm (BLEINROTH, 1984; ROCHA, 1984). Outros pesquisadores propõem ainda que a taxa normal de etileno necessária em câmaras seja de 10 ppm, podendo chegar a 1000 ppm (CHITARRA, CHITARRA, 1994).

Contudo, tem se aplicado até 1.000 ppm em virtude das dificuldades de conseguir câmaras bem vedadas (CHITARRA, CHITARRA, 1984).

Durante o tratamento com etileno a temperatura não pode aumentar demasiadamente. O etileno apresenta perigo de explosão principalmente nas misturas de etileno-ar contendo mais que 2,7% de etileno (CHITARRA, CHITARRA, 1984). Porém o Gás ativador do amadurecimento geralmente é uma carga de 1000 ppm de

Etil 5 composta de 95% de nitrogênio e 5% de etileno, esta mistura não é explosiva (SILVA et al., 2006).

A câmara deve ser cuidadosamente fechada, e o etileno injetado através de uma porta de injeção, no fluxo e tempo necessário para alcançar a concentração final desejada. Se a câmara for bem vedada, poderá permanecer fechada pelo tempo de 24 horas após a injeção de etileno. Se a câmara não tiver boa vedação, então será necessário injetar etileno duas ou três vezes por dia. Após decorrido o tempo a câmara deverá ser ventilada (CHITARRA, CHITARRA, 1984).

Ajustar a temperatura da polpa; fechar a câmara e injetar etileno (usualmente 1.000 ppm por 24 horas). Após 24 horas, deve-se iniciar com forte ventilação (20-30 minutos) para remover o etileno, depois voltar à ventilação normal e estabilizar e checar a temperatura duas vezes ao dia e ajustar termostato para manter a temperatura desejável da polpa (usualmente 13°C). Esta operação é repetida por 2 a 3 vezes, em intervalos de 24 horas. O excesso de gás carbônico (acima de 1%) no ar das câmaras impede o desverdecimento dos frutos, causando coloração verde-amarelada na fruta madura, o despencamento dos frutos, o amolecimento e podridão da polpa e o retardamento da maturação (LICHTEMBERG, VILAS BOAS, DIAS, 1999; FERNANDES, LEAL, SANCHES, 2010).

Por estas razões, a exaustão e renovação do ar da câmara devem ser realizadas em intervalos de 12 a 24 horas, segundo a temperatura utilizada na climatização, mantendo-se sempre a quantidade de gás carbônico no ar abaixo de 0,5%, o aumento da ventilação reduz a umidade após o estágio 2 de coloração; e deve se remover frutos no estágio de cor 3 a 5, de acordo com as necessidades de mercado (CHITARRA, CHITARRA, 1984).

Uma concentração de 1000 ppm de etileno proporciona taxa respiratória de 70 a 300 mg CO₂. Kg fruta⁻¹.h⁻¹ (LICHTEMBERG, VILAS BOAS, DIAS, 1999).

Quando o fruto amadurece ocorre ainda a perda gradual de massa nos frutos que está associada principalmente à perda de água ocasionada tanto pela transpiração como pela respiração das frutas. A perda de massa superior ocorre quando as frutas são armazenadas em altas temperaturas e/ou baixa umidade relativa (BOTREL, BITTENCOURT, 2001).

A perda de massa também é acentuada quanto maior o grau de amadurecimento da fruta, chegando a níveis demasiados na senescência da fruta, quando esta não se apresenta mais apta à comercialização (SILVA et al., 2006).

5.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão abordadas as técnicas para a execução do Trabalho.

5.1 Memorial Descritivo do atual processo de climatização de bananas na empresa do estudo

A Ito Frutas foi fundada em 1979 no CEASA de São José do Rio Preto - SP. É uma empresa que atua no mercado atacadista de frutas, legumes e cereais há mais de 40 anos especializada no acondicionamento, conservação e transporte e distribuição de frutas, legumes e cereais para grandes redes de varejo e supermercados.

A empresa realiza o suporte e gestão do setor hortifruti, desde o campo, em conjunto com o produtor rural, seja nacional ou internacional, até o suporte no atendimento ao varejo e consumidor final.

A Ito Frutas possui um centro de distribuição de mais de 10.000m² localizados na região do Ceasa de em São José do Rio Preto para atender a todos os clientes.

As frutas, legumes são armazenadas em mais de 30 câmaras frias, totalizando uma capacidade de armazenamento refrigerado superior a 600 t em mercadorias. A movimentação interna é feita em pallets com carrinhos hidráulicos e empilhadeiras, o que garante a integridade das frutas até o seu destino, por meio de nossa frota própria ou terceirizada, para garantir o máximo de agilidade.

Além disso a empresa Ito Frutas são produtores de banana nanica, sendo está um dos principais itens armazenado e comercializado em grande escala. Devido à grande perecibilidade da banana seu acondicionamento requer câmaras refrigeradas e processos de climatização.

Na Ito Frutas, atualmente as bananas chegam acondicionadas em caixas plásticas do produtor de caminhão não refrigerado no período da manhã geralmente por volta de 9:00 hora da manhã. As câmaras frias que vão receber as bananas são ligadas às 5:30 da manhã a uma temperatura de 17°C para resfriarem.

Figura 1: Câmara fria utilizada para climatização de banana



Fonte: Autor (2023)

As bananas são imediatamente descarregas com empilhadeiras e encaminhadas a câmara fria que neste momento tem a temperatura abaixada para 12 a 13°C, após acondicionadas nas câmaras frias, as bananas irão permanecer resfriadas a 13° C por um período de 7 horas. A câmara fria comporta 14 paletes em cada palete acomoda 36 caixas de banana, cada caixa de banana tem em média 20 quilos geralmente são climatizadas 12.600 t de bananas.

Figura 2: Câmara fria carregada com 12.600 t de banana



Fonte: Autor (2023)

Após o período de sete horas, as 16:00 horas será introduzido o C_2H_4 por meio de um motor móvel que é colocado dentro da câmara que permanece por 12 horas.

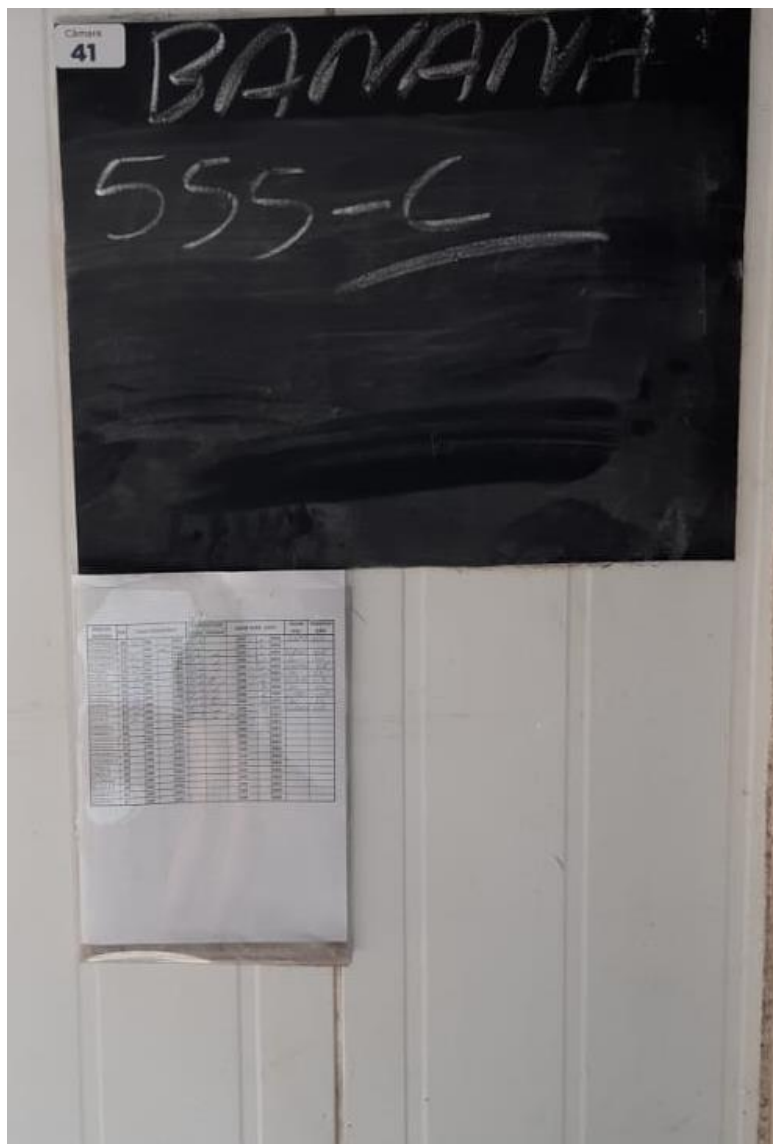
Figura 3: Motor móvel com etileno líquido utilizado dentro da câmara fria



Fonte: Autor (2023)

Após 12 horas, as 05 horas da manhã se realiza a exaustão de 30 minutos, a câmara é aberta para a saída do CO_2 e do C_2H_4 por sistema forçado, utilizando o oxigênio ambiente, não há uma padronização da coloração das bananas em todo o processo são envolvidos 3 funcionários.

Figura 4: Atual sistema de controle manual de climatização de bananas por meio de planilha



Fonte: Autor (2023)

5.1 Caracterização do Projeto

Este projeto visa a construção de um modelo de baixo custo, utilizando um CLP e que atenda às necessidades de climatização para bananas, o modelo proposto foi idealizado tendo por base a atual câmara de refrigeração e climatização de bananas localizada no galpão do Ito Frutas nas seguintes dimensões. 5.25x5.00x 3.00 alturas.

O projeto propõe instalar um sistema de controle de temperatura automatizado na porta da câmara que será acionado e controlado por um CLP que irá automatizar todo o processo de climatização. Na lateral da câmara de climatização será instalado o sistema de injeção de etileno e um exaustor para retirar 2m³ por hora de gás. Na parte superior da câmara no teto será instalado a sistema de abastecimento de etileno.

Construiu-se uma linha de raciocínio, que levou em conta o custo do equipamento, seu potencial de reutilização, como volume útil, durabilidade, custo de adaptação e custo de manutenção.

O teste de funcionalidade do equipamento utilizou 12.600 toneladas de bananas nanica. O teste de funcionalidade foi validado comparando os aspectos qualitativos das bananas como cor, aroma, maciez sabor e as variações no ambiente.

Figura 5: Instalação inicial do protótipo do sistema de climatização para bananas



Fonte: Autor (2023)

Figura 6: Interligação do protótipo ao QDC



Fonte: Autor (2023)

Figura 7: Instalação dos dampers e exaustor e insuflador



Fonte: Autor (2023)

Figura 8: Sistema instalado



Fonte: Autor (2023)

Figura 9: Primeiro teste com o sistema de climatização com 12t de bananas nanicas.



Fonte: Autor (2023)

Figura 10: Gerador de Injeção de C₂H₄



Fonte: Autor (2023)

Figura 11: Bananas após 72 horas com sistema de climatização



Fonte: Autor (2023)

Figura 12: Entrega técnica do sistema de climatização à empresa Depósito Ito Comércio de Frutas e Legumes



Fonte: Autor (2023)

5.2 Projeto de climatização de bananas

Trata-se de um projeto de climatização de bananas desenvolvido na empresa Depósito Ito Comércio de Frutas. Atualmente o processo de climatização é manual o que apresenta inúmeras desvantagens como:

Dificuldade de controle do processo;

Quantidade de funcionários exigida para o processo;

Falta de padronização do produto final;

Necessidade de deixar a câmara aberta ligada após as 12 horas do processo do C_2H_4 para a saída do gás o que gasta muita energia;

5.3 Lista de materiais

Após foi montado um modelo em 3 dimensões, através de um software CAD (programa de desenho auxiliados por computador), onde se desenvolveu o layout do modelo, e levantou-se os principais materiais a serem usados, como cabos,

tubulações, posições dos equipamentos. Através desse modelo construímos o Quadro 1, lista de Materiais usados

Figura 13: Lista dos materiais utilizados

Qts	Descrição	Valor Unitário	Valor Total
1	Gerador de Gás Etileno	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
1	Exaustor	R\$ 550,00	R\$ 550,00
1	Insuflador	R\$ 550,00	R\$ 550,00
1	CLP	R\$1.900,00	R\$ 1.900,00
2	Damper Gravitacional	R\$ 450,00	R\$ 900,00
2	Contator	R\$ 140,00	R\$ 280,00
1	Fonte 24V/10 A	R\$ 90,00	R\$ 90,00
5	Sinaleiros	R\$ 20,00	R\$ 100,00
3	Relé de Interface	R\$ 70,00	R\$ 210,00
4	Chave Seletoras	R\$ 25,00	R\$ 100,00
1	Itens não Relacionados	R\$ 500,00	R\$ 500,00
1	Eletroduto Galvanizados	R\$ 30,00	R\$ 30,00
1	Caixa de Montagem	R\$ 230,00	R\$ 230,00
		Valor Total	R\$7.440,00

Fonte: Autor (2023)

5.4 Estimativa de custos do projeto

O custo total do equipamento leva em conta o valor dos componentes, mão de obra e materiais periféricos, gerando o valor investido para que o equipamento seja montado e instalado. Para realizar este cálculo utilizamos o quadro 2, onde estão discriminados os valores investidos durante o projeto.

Quadro 2 – Investimento total.

O investimento total foi de R\$8,000,00, sendo que um projeto similar ao desenvolvido comercializado, o valor de R\$ 69.548,00. Orçamento solicitado em 11/03/2022.

5.5 Montagem do protótipo

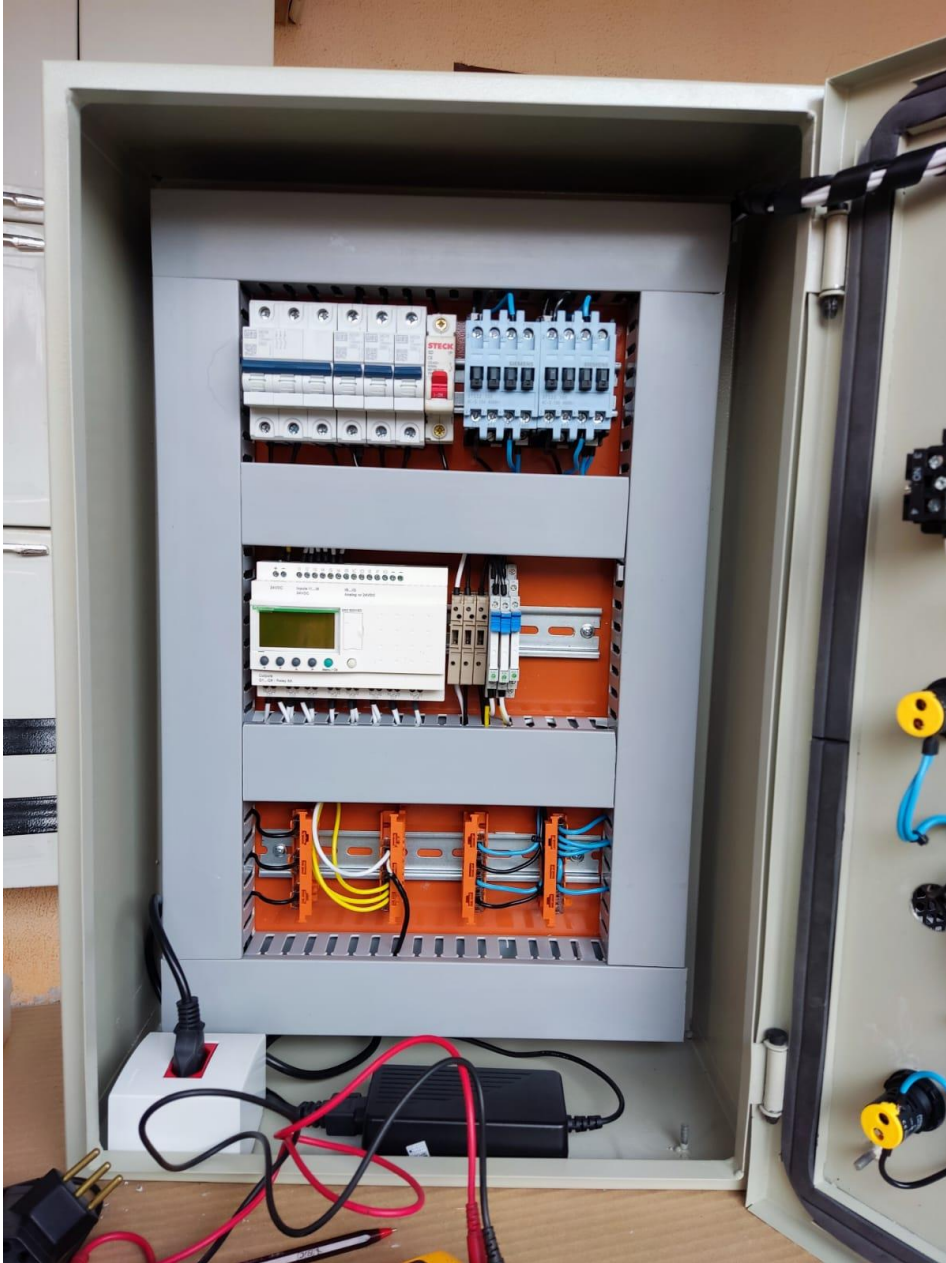
O CLP foi construído especificamente para este projeto conforme pode ser visto nas figuras abaixo.

Figura 14: Testes realizados em sala de aula



Fonte: Autor (2023)

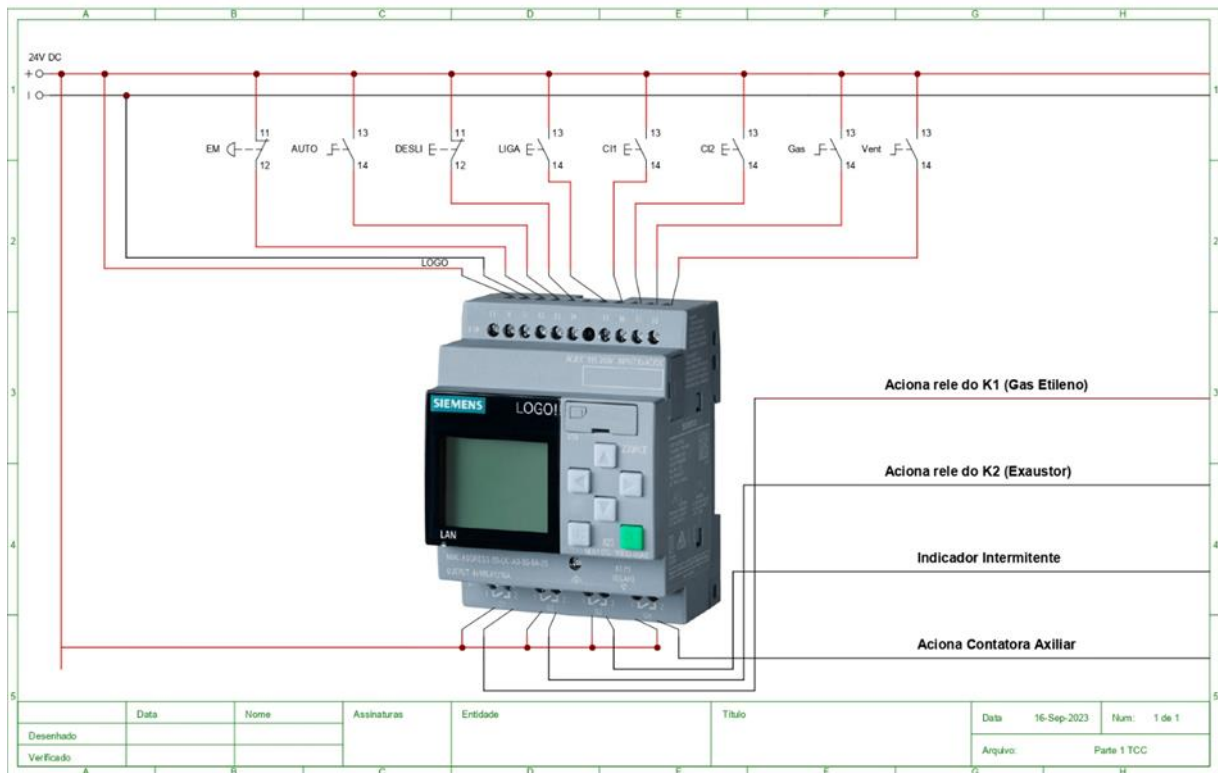
Figura 15: Vista interna do sistema de automação



Fonte: Autor (2023)

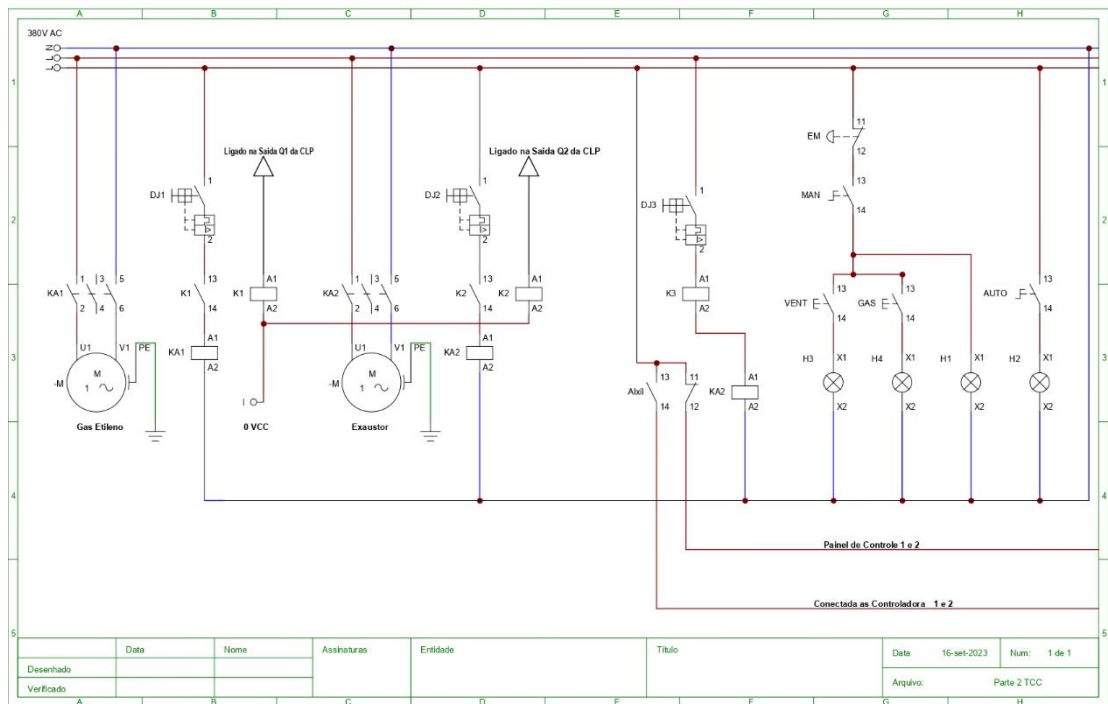
5.6 Esquema de ligação do controle elétrico

Figura 16: Diagrama de ligação do CLP



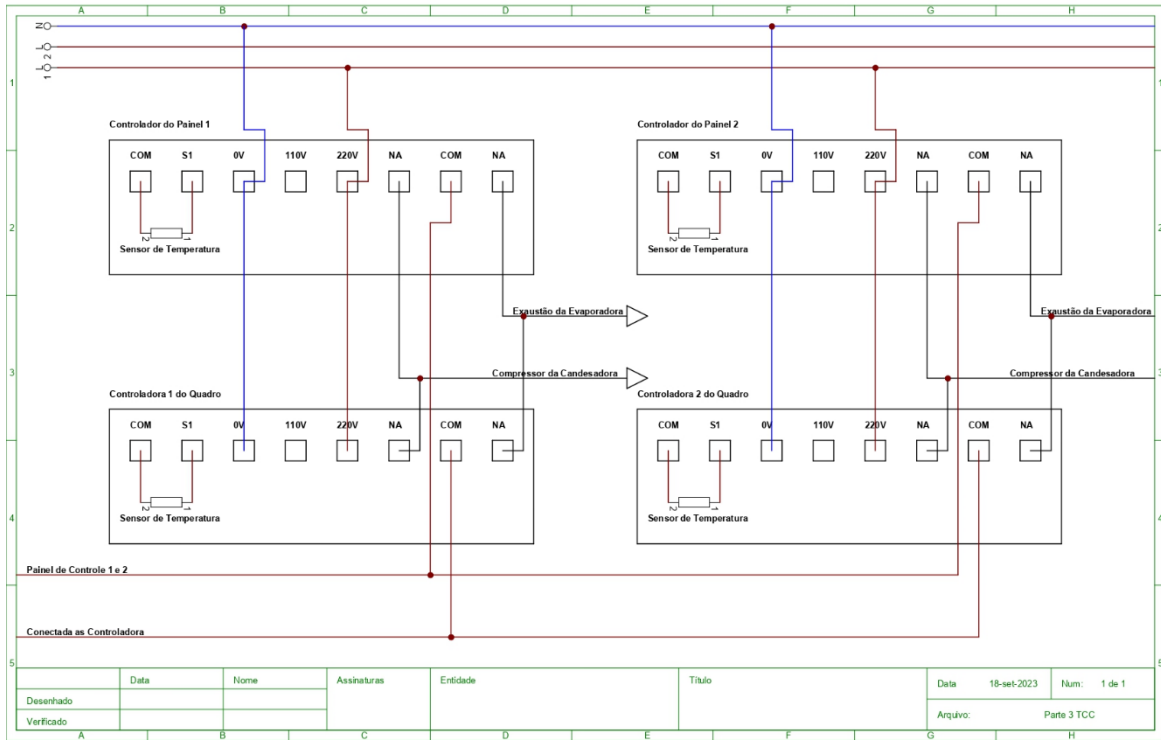
Fonte: Autor (2023)

Figura 17: Diagrama de força



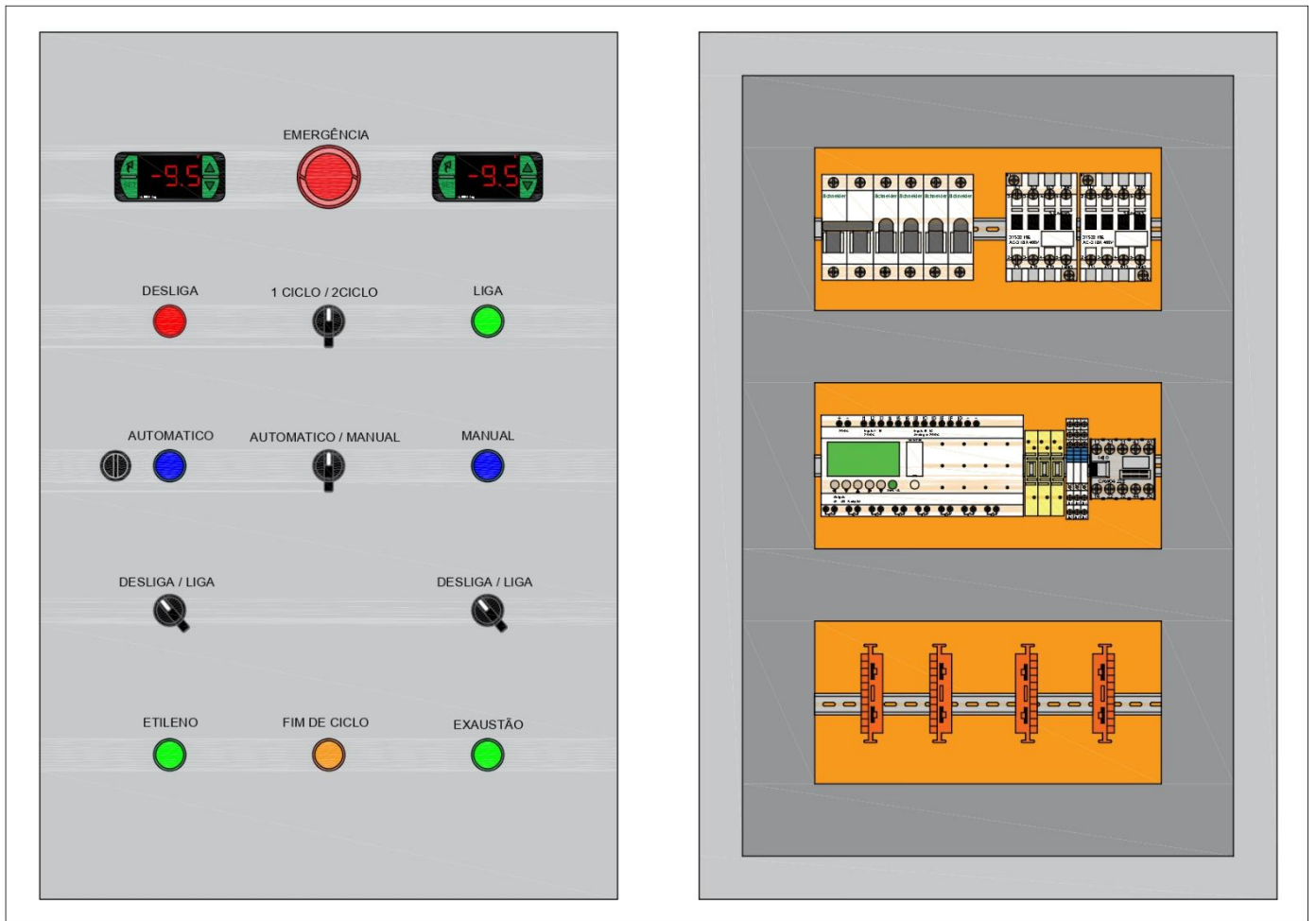
Fonte: Autor (2023)

Figura 18: Diagrama de controle de temperatura



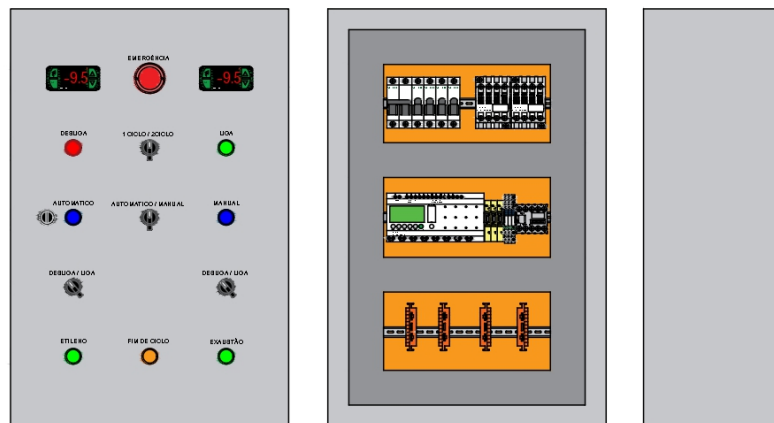
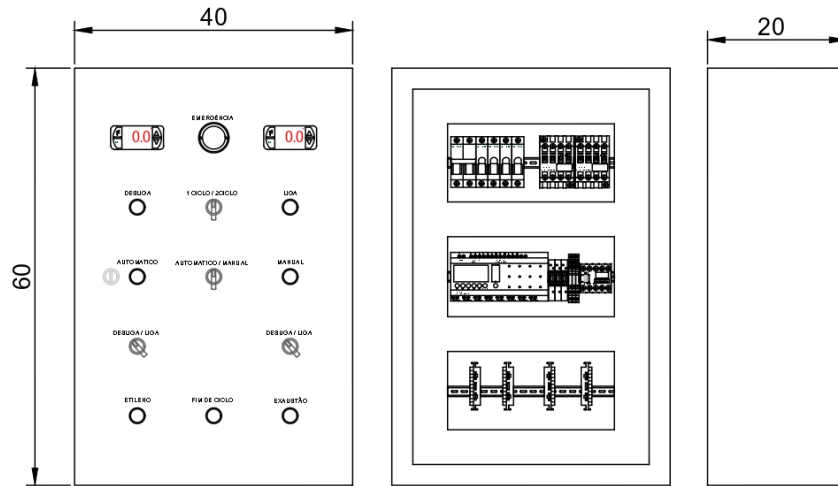
Fonte: Autor (2023)

Figura 19: Quadro 1



Fonte: Autor (2023)

Figura 20: Quadro 3



Fonte: Autor (2023)

5.7 Teste de funcionamento

Os testes foram realizados no Centro de distribuição da empresa Ito Frutas localizado no Ceasa de São José do Rio Preto. Foi utilizado uma câmara de refrigeração e climatização nas seguintes dimensões. 5.25x5.00x 3.00 alturas e 12.600 t de bananas nanicas para se realizar o experimento teste após a implementação da automação na câmara de refrigeração e climatização em três dias diferentes todos os resultados foram anotados e comparados.

Figura 21: Carregado a câmara com bananas para teste



Fonte: Autor (2023)

5.8 Avaliação da efetividade do aparelho

O aparelho se mostrou efetivo sem falhas técnicas promovendo a climatização esperada mantendo a qualidade das frutas e o amadurecimento de acordo com o planejado. O aparelho apresentou um custo benéfico muito superior ao esperado.

6. RESULTADOS

Os resultados do protótipo, a implementação definitiva do CLP e todas as alterações realizadas na câmara de refrigeração para a automação da climatização de bananas mostraram resultados efetivos muito além do esperado com custo baixo redução de gasto com energia elétrica, uso de C₂H₄, com funcionários, melhor qualidade do produto final, mais uniformidade das frutas, baixo risco de perda da carga melhor controle de todo o processo com maior exatidão das temperaturas, tempo.

7. CONCLUSÃO

Conclui se que o sistema de automação e climatização de câmara fria para acondicionamento de bananas utilizando CLP foi implantado com sucesso sendo capaz de manter os níveis ideais de diferentes gases como O₂, CO₂ e C₂H₄, realizar as trocas dos diferentes gases no interior da câmara refrigerada, promover o amadurecimento uniforme dos frutos, evitar injurias e conservar sua vida útil por mais tempo de modo eficiente e eficaz, gerar economia de recursos humanos, energia, de produtos como o C₂H₄ e trazer uma melhor qualidade ao produto final. Todas essas vantagens comprovaram a que a automação em qualquer área pode gerar inúmeras vantagens e benefícios e deve ser vista pelos empresários como uma área que agrega valor ao produto.

Sugestões para estudo futuros sugere se a implantação da IHM interface homem máquina e sistema de humidificação para a manutenção da humidade nos índices de 85 a 95% constante criando assim uma atmosfera ideal para o amadurecimento e conservação.

REFERÊNCIAS

- AMARO, George Correa et al. **Concentração Espacial da Produção de Bananas (Musa spp.) no Brasil**. 1º Ed. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 51. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2021. 60p.
- BARBOSA, Luirick Felix Silva et al. Qualidade pós-colheita de banana 'Pacovan' sob diferentes condições de armazenamento. **Magistra**, v. 30, p. 28-36, 2019.
- BLEINROTH, E. W. Manuseio pós-colheita, classificação, embalagem e transporte da banana. **In: Simpósio Brasileiro sobre Bananicultura**, v. 1, p. 368-385, 1984.
- BOTREL, N.; SILVA, O. F.; BITTENCOURT, A. M. Procedimentos pós-colheita. Banana: pós colheita. **In: MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. (Eds.). Banana: pós-colheita**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2001. p. 32-39.
- CASTRO, J. V. Maturação controlada de frutas. **In: Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. Campinas: [s.n.], 1992. cap. 9, p. 93-102. (Manual técnico).
- CHITARRA, Adimilson Bosco; CHITARRA, Maria Isabel Fernandes. Manejo pós-colheita e amadurecimento comercial de banana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 6, p. 761-771, 1984.
- CHITARRA, Maria Isabel Fernandes; CHITARRA, Adimilson Bosco. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, UFLA, 2005.
- CHITARRA, Maria Isabel Fernandes. Colheita e qualidade pós-colheita de frutos. **Informe agropecuário**, v. 17, n. 179, p. 8-18, 1994.
- FALCÃO, Heloisa Alves de Sousa et al. Armazenamento de variedades de bananas em condições de atmosfera modificada com permanganato de potássio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 4, p. 1-7, 2017.
- FERNANDES, Enrique Georgette; LEAL, Paulo Ademar Martins; SANCHES, Juliana. Climatização e armazenamento refrigerado na qualidade pós-colheita de bananas 'Nanicão'. **Bragantia**, v. 69, p. 735-744, 2010.

Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO. **FAOSTAT - FAO's corporate database: crops**, 2022. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em 3 mai. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. **Pesquisa Agrícola Municipal – PAM**, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 02 de mai. 2023.

LICHTENBERG, L. A.; VILAS BOAS, E. V. B.; DIAS, M. S. C. Colheita e pós-colheita da banana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 73-90, 1999.

MEDINA, Larissa Bueno et al. Pós-colheita de banana. **In: Anais Trabalhos do 10º SIEPEX Salão Integrado de Ensino e Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual do Rio grande do Sul-UERGS v. 1 n. 10 (2021).**

ROCHA, JLV da. Fisiologia pós-colheita de banana. **In: Simpósio Brasileiro sobre bananicultura**, v. 1, p. 353-367, 1984.

SEJAS, Rebeca Pardo. **Caracterização da produção de banana (Musa spp.) por agricultores familiares nos municípios de Miracatu e Sete Barras e análise de perspectivas via matriz SWOT**. 2021.

SILVA, Cíntia de Souza et al. Amadurecimento da banana-prata climatizada em diferentes dias após a colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 103-111, 2006.

SIMÃO, Salim. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.

SOUSA, Sonara de França; FEITOSA, Regilane Marques; DE FIGUEIRÊDO, Rossana Maria Feitosa. Aplicação de diferentes revestimentos na conservação pós-colheita da banana cv. Prata. **Nativa**, v. 6, n. 6, p. 563-568, 2018.

ZHENG, Jin-shuang et al. Karyotype variation and conservation in morphotypes of non-heading Chinese cabbage. **Plant Systematics and Evolution**, v. 301, p. 1781-1791, 2015.