

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - CÂMPUS MEDIANEIRA
GERÊNCIA DE ENSINO E PESQUISA
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

MAIKO CRONE
PAULO DIAS DOS SANTOS JUNIOR

**AUTOMAÇÃO DE UM TÚNEL DE CONGELAMENTO DE
HAMBÚRGUER**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA
2013

MAIKO CRONE
PAULO DIAS DOS SANTOS JUNIOR

AUTOMAÇÃO DE UM TÚNEL DE CONGELAMENTO DE HAMBÚRGUER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, promovido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. Yuri Ferruzzi

MEDIANEIRA

2013



TERMO DE APROVAÇÃO

AUTOMAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE ELEVADOR INDUSTRIAL DIDÁTICO

Por:

Maiko Crone

Paulo Dias dos Santos Junior

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 14:00 horas do dia 10 de abril de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. Os acadêmicos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Yuri Ferruzzi
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Orientador)

Prof.
UTFPR – Neron Alípio Cortes
Berghauser
(Convidado)

Prof. Ivair Marchetti
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Yuri Ferruzzi
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

A folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, por ter-nos concebido a vida e por acompanhar-nos em todos os nossos dias. Aos familiares, que auxiliaram e orientaram nas horas mais difíceis, em todo o período de universitário.

A todos os professores do curso pelo esforço e dedicação para repassar seu conhecimento de forma clara e objetiva.

Aos amigos concebidos na UTFPR e os amigos do trabalho, que durante todo esse período troca de conhecimento, adquiriu-se experiência que vão dar suporte em todos os momentos.

RESUMO

CRONE, Maiko; JUNIOR, Paulo Dias dos Santos. Automação De Um Túnel De Congelamento De Hambúrguer. 2013. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira 2013.

Este trabalho apresenta o projeto e a execução da automação de um túnel de congelamento de hambúrguer. Esta automação é constituída por um painel elétrico de comando, que irá acionar uma esteira transportadora de hambúrguer e os ventiladores para resfriar o túnel de congelamento. No painel elétrico da automação foi instalado um CLP Siemens LOGO 12/24RC, e o seu programa de funcionamento aciona o motor da esteira de três modos diferentes que são: higienização (velocidade fixa), produção normal (velocidade variável) e partida direta, sendo que o acionamento do motor da esteira no modo de higienização e produção normal é feito por meio de um inversor de frequência. A temperatura dentro do túnel fica em torno de -24°C , sendo monitorado por um controlador de temperatura Full Gauge TC900Ri. Este controlador aciona dois ventiladores. Com a automação também foi trocado o modelo dos sensores indutivos de segurança da esteira transportadora e da corrente de tração da esteira.

Palavras-chave: CLP. Automação. Inversor de frequência.

ABSTRACT

CRONE, Maiko; JUNIOR, Paulo Dias dos Santos. Automação De Um Túnel De Congelamento De Hambúrguer. 2013. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso. - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira 2013.

This paper presents the design and implementation of an automated tunnel freezing hamburger. You Automation consists of a new electrical control panel, which will trigger a conveyor hamburger and fans to cool the freezing tunnel. In automating electrical panel was installed a Siemens PLC LOGO 12/24RC, and program operating motor drives the belt in three different modes which are: hygiene (fixed speed), normal production (variable speed) and direct start, and the motor drive belt cleaning mode and normal production is done via a frequency inverter. The temperature inside the tunnel is around -24°C , and is controlled by a temperature controller Full Gauge TC900Ri. This controller drives two fans. With automation was also changed the model of inductive sensors security conveyor belt and chain drive belt.

Key-words: PLC. Automation. Inverter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de processamento.....	14
Figura 2 - CLP compacto da Eaton.....	15
Figura 3 - CLP modular da Siemens.....	16
Figura 4 - Diagrama de blocos do inversor de frequência.....	18
Figura 5 - Configuração das chaves do inversor de frequência.....	19
Figura 6 - Ondas geradas pelo inversor.....	20
Figura 7 - Princípio de funcionamento do sensor indutivo.....	21
Figura 8 - Vista frontal da estrutura da esteira do túnel.....	23
Figura 9 - Vista frontal do painel elétrico do túnel de congelamento.....	23
Figura 10 - Vista frontal dos componentes internos do painel.....	24
Figura 11 - Vista dos blocos de relé e contadoras auxiliares dos sensores.....	24
Figura 12 - Vista do moto-reductor.....	25
Figura 13 - CLP compacto Siemens Logo 24RC.....	25
Figura 14 - Parte da programação em diagramas de blocos.....	28
Figura 15 - Inversor de frequência WEG CFW 08.....	29
Figura 16 - Esquema de ligação do inversor.....	30
Figura 17 - IHM do inversor CFW 08.....	31
Figura 18 - Controlador de temperatura TC900Ri.....	34
Figura 19 - Vista do sensor indutivo utilizado.....	35
Figura 20 - Montagem do painel elétrico.....	37
Figura 21 - Vista frontal do CLP e inversor.....	37
Figura 22 - Vista frontal do painel elétrico finalizado.....	39
Figura 23 - Vista frontal dos botões de controle e sinalizadores do painel.....	39
Figura 24 - Vista frontal do CLP e do inversor de frequência utilizados.....	40
Figura 25 - Vista dos componentes internos do painel elétrico finalizado.....	40
Figura 26 - Vista dos sensores de segurança da corrente de tração.....	41
Figura 27 - Gráfico da redução das horas paradas após mudança.....	44

Figura 28 - Gráfico de redução dos custos após mudança.....45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Histórico de paradas e custos entre os dias 01/06/2012 e 10/11/2012....44

Tabela 2 - Histórico de paradas e custos entre os dias 11/11/2012 e 31/01/2013....44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das entradas.....	27
Quadro 2 - Descrição das saídas.....	27
Quadro 3 - Parâmetros de regulação.....	32
Quadro 4 - Parâmetros do motor.....	33
Quadro 5 - Lista dos componentes utilizados para a montagem.....	36

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Ampéres
CPU	Unidade Central de Processamento
CLP	Controlador Lógico Programável
FBD	<i>Function Block Diagram</i>
Hz	Hertz
IGBT	Transistor bipolar com porta isolada
IL	<i>Instruction List</i>
LD	Diagrama Ladder
mA	Miliampères
mV	Milivolts
NF	Normal Fechado
NA	Normal Aberto
PLC	<i>Programmable logic controller</i>
PWM	Pulse Width Modulation
SFC	<i>System Function Chart</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V	Volt
Vcc	Tensão contínua
Vca	Tensão alternada
RPM	Rotação por Minuto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	13
2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	13
2.2.1 Tipos de CLP.....	15
2.2.2 Linguagens de programação de CLP.....	16
2.3 INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	18
2.4 SENSORES INDUSTRIAIS.....	20
2.4.1 Sensor indutivo.....	21
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 HISTÓRIA DO EQUIPAMENTO.....	22
3.2 PROJETO DA AUTOMAÇÃO.....	25
3.3 CLP UTILIZADO.....	26
3.3.1 Montagem do programa.....	26
3.4 INVERSOR DE FREQUÊNCIA UTILIZADO.....	29
3.4.1 Instalação e conexão.....	30
3.4.2 Parametrização do inversor.....	30
3.4.3 Parâmetros de leitura.....	31
3.4.4 Parâmetros de regulação do motor.....	32
3.4.5 Corrente de sobrecarga.....	32
3.4.6 Parâmetros de configuração.....	33
3.4.7 Parâmetros do motor.....	33
3.5 CONTROLADOR DE TEMPERATURA UTILIZADO.....	34
3.6 SENSOR DE SEGURANÇA UTILIZADO.....	34
4 MONTAGEM DO PAINEL.....	36
4.1 TESTE DO PAINEL NA BANCADA.....	38
5 INSTALAÇÃO DO PAINEL.....	41
6 HISTÓRICO DE PARADAS DO TÚNEL.....	43
7 DIFICULDADES ENCONTRADAS	46
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

Em uma indústria, devido à necessidade de aperfeiçoamento dos processos de produção, tem-se a necessidade de executar melhorias em máquinas e equipamentos de modo geral, visando sempre um processo produtivo confiável.

O projeto de automação do túnel de congelamento de hambúrguer, realizado em um frigorífico de suínos, visa algumas melhorias no processo de acionamento e segurança do túnel, com a substituição do sistema de acionamento que é velho e com componentes elétricos ultrapassados, instalando componentes modernos, aumentando a confiabilidade do sistema.

Buscando maior segurança no processo produtivo, este projeto tem como objetivos:

- Objetivo geral: automatizar o sistema de acionamento e controle do túnel de congelamento de hambúrguer.
- Objetivos específicos: substituir alguns componentes elétricos por modelos mais novos como blocos de relés e contadoras auxiliares por um CLP (Controlador Lógico Programável); trocar o modelo do sensor indutivo de segurança; ter a possibilidade de acionar a esteira de três modos diferentes; deixar o controle da temperatura automático.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AUTOMAÇÃO

A automação iniciou nas antigas linhas de montagem automotiva da década de 20, quando se necessitava de aumento de produção e redução de custos de produção. Com o avanço tecnológico foi desenvolvido o Controlador Lógico Programável (CLP) que atualmente é bastante utilizado em automação.

Segundo Silveira, P. R.; Santos, W. E. (2010), a automação industrial verifica-se quando novas técnicas de controle são introduzidas num processo, associado ao aumento da produtividade e qualidade. A automação acontece quando um conceito e um conjunto de técnicas são unidas e constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficiência ótima em determinados processos.

2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

De acordo com Alves, J. L. L. (2010), o CLP foi desenvolvido com base nas especificações da indústria automobilística, que a partir de 1968 sentiu necessidade de diminuir custos com instalação e manutenção de suas plantas industriais contendo enormes painéis de controle a relés, o novo dispositivo programável eliminaria o alto custo referente à fiação e à manutenção, à medida que suprimia a lógica baseada em relés.

Segundo Georgini, M. (2006) é um dispositivo de estado sólido – um computador industrial, capaz de armazenar instruções para implementação de funções de controle (sequência lógica, temporização e contagem, por exemplo), além de realizar operações lógicas e aritméticas, manipulação de dados e comunicação em rede, sendo utilizado no controle de sistemas automatizados.

Segundo Silveira, P. R.; Santos, W. E. (2010) o princípio de funcionamento do CLP é a execução, por parte a CPU, de um programa conhecido por “executivo”, que é de responsabilidade do fabricante, que realiza internamente as ações de

leitura das entradas, em seguida é comparada com o programa do usuário e atualização das saídas, conforme mostra a Figura 1.

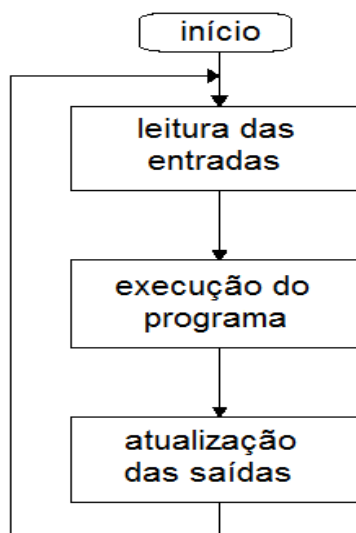


Figura 1 – Ciclo de processamento de um CLP.
Fonte: Silva (2007).

O ciclo de processamento de um CLP pode ser dividido em três partes: entradas, programa e saídas.

Segundo Silveira, P. R.; Santos, W. E. (2010), descreve variáveis de entrada como sinais externos recebidos pelo CLP, que podem vir do processo controlado ou por comandos gerados pelo operador. O sinal pode ser tanto digital quanto analógico. O sinal digital pode ter dois níveis lógicos: um e zero, ou +Vcc e 0V, respectivamente. O sinal analógico pode ser de tensão (0 a 10Vcc) ou de corrente (4 a 20mA). Os sinais de entrada podem ser de sensores diversos, chaves ou botoeiras, dentre outros.

De acordo com Silveira, P. R.; Santos, W. E. (2010), as variáveis de saída são os dispositivos controlados por cada ponto de saída do CLP. Tais pontos podem servir para intervenção direta no processo controlado por acionamento próprio, ou também para sinalização de estado em painel sinótico. As saídas podem ser acionadas ou não, de acordo com as variáveis de entrada e o programa. Podem ser citados como variáveis de saída os contatores, válvulas, lâmpadas, entre outros.

Silveira, P. R.; Santos, W. E. (2010), descreve programa como sequência específica de instruções selecionadas de um conjunto de opções oferecidas pelo PLC em uso e, que efetuam as ações de controle desejadas, ativando ou não as memórias internas e os pontos de saída, a partir da monitoração do estado das mesmas memórias internas e/ou dos pontos de entrada do PLC.

2.2.1 Tipos de CLP

Os controladores lógicos programáveis podem ser divididos em compactos ou modulares, dependendo dos seus elementos de construção.

Os CLP's compactos são componentes de pequeno porte, estão agregados, a CPU, os blocos de entradas e saídas, e IHM (interface homem-maquina), na mesma unidade, conforme a Figura 2. Estes componentes suportam a adição de blocos de expansão de entradas e saídas, com uma limitação estabelecida pelo fabricante.



Figura 2 - CLP compacto EATON.
Fonte: Eaton (2012).

Segundo Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A. (2008), os CLP's modulares são formados por uma estrutura modular, e cada módulo executa uma determinada função. Alguns podem ter processador e memória em um único módulo com fonte separada ou as três partes juntas. As entradas e saídas são separadas por módulos de acordo com suas características, e são fixadas em bases (ou racks-unidade física com barramento de alimentação e comunicação para adição de módulos de E/S) predefinidas, formando uma estrutura de médio e grande porte. Estes CLP's são compostos por rack, CPU, fonte de alimentação, e módulos de E/S. A Figura 3 mostra um CLP modular.



Figura 1 - CLP modular da Siemens
Fonte: Siemens (2012).

2.2.2 Linguagens de programação de CLP

Para que os programadores pudessem se comunicar com os CLPs, foram desenvolvidas durante o tempo, diversas Linguagens de Programação.

Segundo Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A. (2008), a linguagem de programação é um conjunto padronizado de instruções que o sistema computacional é capaz de reconhecer. Nos últimos anos, houve um grande avanço nas técnicas e nas linguagens de programação, visando atender aos mais diversos setores.

Segundo Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A. (2008), a norma IEC 61131-3 padronizou cinco linguagens de programação, sendo duas textuais: Texto Estruturado (ST – *Structured Text*), Lista de Instruções (IL – *Instruction List*), e três gráficas: Linguagem *Ladder* (LD – *Ladder Diagram*), Seqüenciamento Gráfico de Funções (SFC – *System Function Chart*) e Diagrama de Blocos de Funções (FBD – *Function Block Diagram*), que serão descritas a seguir:

Segundo Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A. (2008), a linguagem Texto Estruturado, é um algoritmo textual de alto nível, inspirada na linguagem Pascal (instruções condicionais – IF / THEN / ELSE e CASE OF – e instruções de interações – FOR, WHILE e REPEAT). É a mais recomendada para aplicações complexas que envolvam a descrição de comportamento sequencial.

De acordo com Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A. (2008), a Lista de Instruções é inspirada na linguagem *Assembly*. Textual e sequencial funciona por meio de instruções, que são separadas por vírgulas. Está linguagem é indicada para CLPs de pequeno porte ou para processos simples.

Na linguagem Diagrama de Blocos de Funções, a lógica de programação é feita por blocos interligados, parecidos com os usados em eletrônica digital (AND, OR, NOT). Esta linguagem permite desenvolver o *software* de forma hierárquica e modular, pois podem ser construídos blocos de funções mais complexos a partir de menores e mais simples. É considerada poderosa e versátil, segundo Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A. (2008).

Segundo Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A. (2008), a Linguagem *Ladder* é baseada na lógica de relés e contatos elétricos para a realização da lógica de comando. Esta linguagem é a mais difundida e encontrada em quase todos os CLPs da geração atual, utilizando símbolos como bobinas e os contatos. Os contatos são colocados em linha horizontal e representam as condições que serão avaliadas de acordo com a lógica. As bobinas representam o controle de uma saída ou memórias internas.

Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A. (2008), definem que o Seqüenciamento Gráfico de Funções permite a descrição de ações seqüenciais, paralelas e alternativas numa aplicação de controle. É descendente do *Grafcet*, portanto, fornece meios para estruturar uma unidade de organização de um programa num conjunto de etapas separadas por transições. Cada etapa está associada a um conjunto de ações. Cada transição está associada a uma receptividade, que tendo a

transposição satisfeita, muda de transição e o sistema evolui para a etapa seguinte. Esta linguagem é mais usada para CLP's de grande porte, ideal para processos seqüenciais.

2.3 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Um inversor de frequência é um dispositivo capaz de gerar uma tensão e frequência trifásicas ajustáveis, com a finalidade de controlar a velocidade de um motor de indução. A sua utilização é comum na automação de equipamentos por proporcionar um maior controle na variação da velocidade dos motores de indução.

Segundo Capelli, A. (2008) é um dos principais dispositivos da automação industrial. A função do inversor de frequência é controlar a velocidade e torque do motor de corrente alternada, segundo um comando eletrônico.

Um inversor de frequência é composto basicamente por um bloco retificador, filtro, inversor e unidade de controle. A Figura 4 mostra resumidamente o diagrama em blocos de um inversor de frequência.

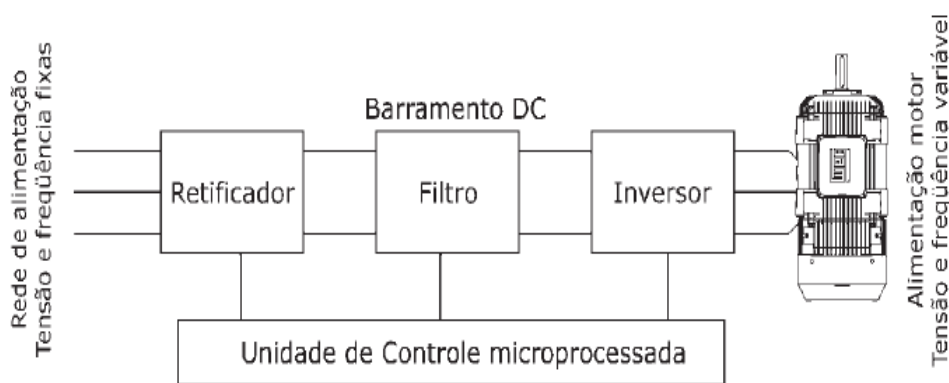


Figura 4 - Diagrama de blocos do inversor de frequência{ XE "Figura 17\}: Diagrama de blocos do inversor de frequência" \b }
 Fonte: WEG (2011)

O retificador é responsável por transformar a tensão alternada V_{ca} da rede, em tensão contínua V_{cc} , que é posteriormente filtrada por capacitores e introduzida

no bloco seguinte, chamado de Inversor. O inversor é formado por seis chaves, como mostra a Figura 5 abaixo.

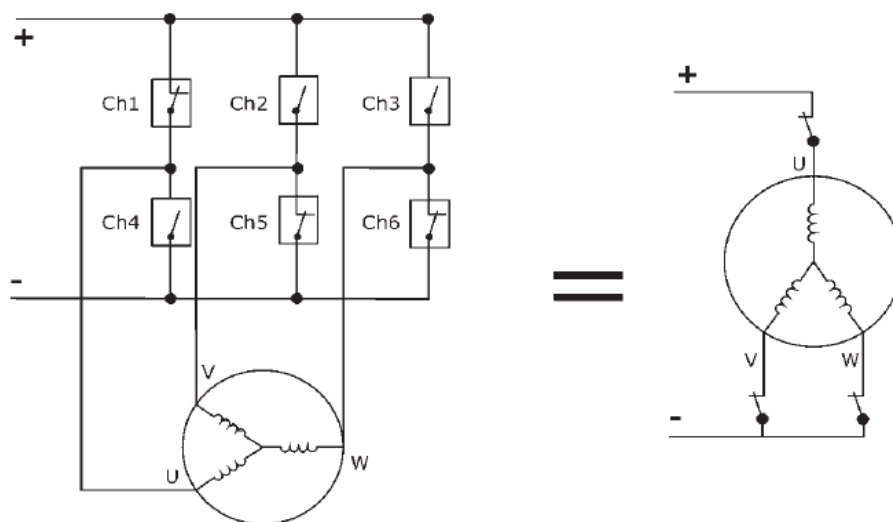


Figura 5 - Configuração das chaves do inversor de frequência { XE "Figura 18\:
Configuração das chaves do inversor de frequência" }.
Fonte: WEG (2012)

Fonte: Guia de aplicações de inversor de frequência WEG. Dependendo da combinação de chaves abertas ou fechadas pode se obter na saída do inversor, formas de onda diferentes. Nos inversores de frequência porém não são utilizados chaves, mas sim dispositivos semicondutores chamados de transistores de potência. Existem várias tecnologias de fabricação para este tipo de transistores. Os transistores mais frequentemente utilizados são os chamados IGBT - Transistor Bipolar com Porta Isolada (Insulated Gate Bipolar Transistor). A Figura 6 mostra um exemplo simples de como pode ser gerada uma primeira aproximação de uma onda senoidal. A linha cheia representa a onda gerada pela combinação de seis estados das chaves 1... 6.

Durante o primeiro estado, as chaves 1, 5 e 6 estão fechadas e as chaves 2, 3 e 4 abertas. Assim no motor a tensão entre as fases U e V é positiva, entre as fases V e W é zero e entre as fases U e W é positiva, como representado na forma de onda. Nos cinco estados seguintes muda a combinação de chaves abertas e fechadas permanecendo o mesmo tipo de análise do primeiro estado.

Pode-se deduzir também a partir da figura que variando o tempo que cada combinação de chaves permanece num determinado estado, podemos variar a frequência da onda de saída. Os inversores de frequência utilizam normalmente, para a combinação de abertura e fechamento das chaves, uma estratégia chamada de “PWM” (Pulse Width Modulation) ou “Modulação por Largura de Pulsos”. Esta estratégia permite a geração de ondas senoidais de frequência variável com resolução de até 0,01Hz.

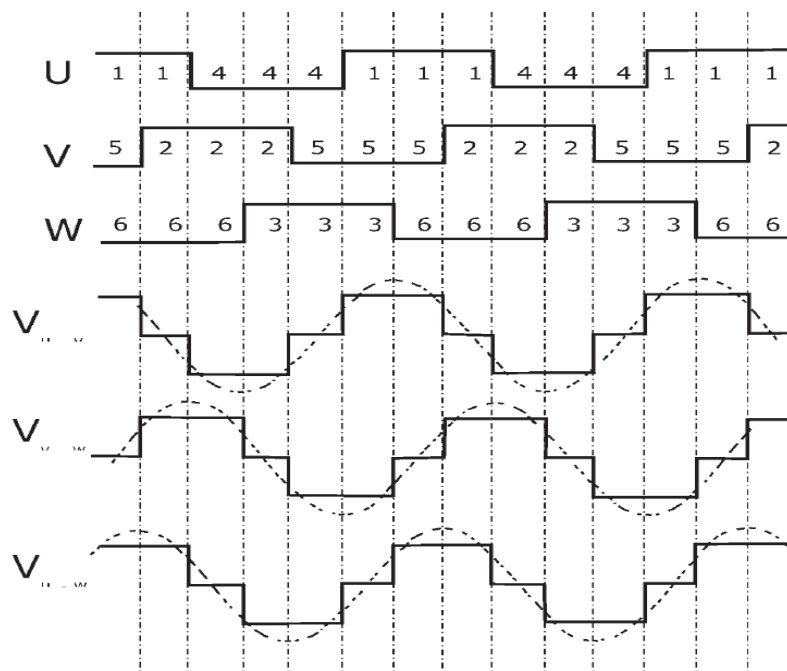


Figura 6 - Ondas geradas pelo inversor de frequência { XE "Figura 19\; Ondas geradas pelo inversor de frequência" }.
 Fonte: WEG (2012)

2.4 SENSORES INDUSTRIAIS

Os sensores são componentes eletrônicos praticamente utilizados em toda indústria, além de estarem presentes no dia-a-dia nas mais variadas situações como carros, portas automáticas, elevadores, etc. Esse componente está presente em todos os tipos de automação, seja industrial, predial ou comercial, segundo Capelli, A. (2008).

Existem vários tipos de sensores, e os mais importantes são: sensor mecânico, magnético, indutivo, capacitivo e sensor óptico. Este estudo tratará sobre o sensor indutivo, pois foi este o tipo de sensor utilizado.

2.4.1 Sensor indutivo

Este componente é o mais utilizado na indústria, nas mais variadas aplicações. Este sensor só é capaz de detectar a presença de materiais metálicos.

Segundo Capelli, A. (2008) o princípio de funcionamento baseia-se na geração de um campo eletromagnético de alta frequência, desenvolvido por uma bobina. Quando um metal aproxima-se do campo, ele absorve energia do campo, diminuindo a amplitude do sinal gerado pela bobina. A detecção da variação do campo magnético ocorre sem que haja contato físico entre o metal acionador e o sensor, como mostra na Figura 7, o princípio de funcionamento e um sensor indutivo.

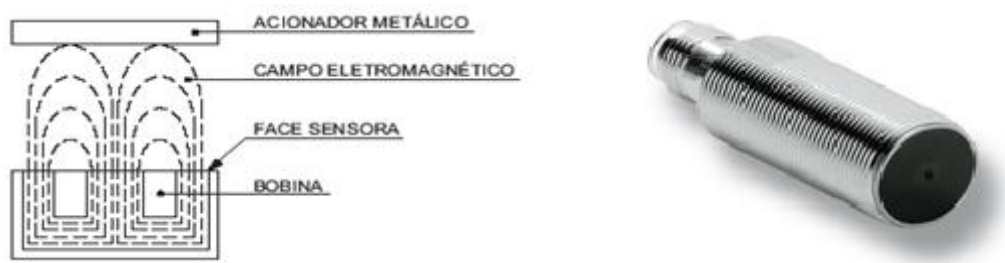


Figura 7 - Princípio de funcionamento do sensor indutivo.

A forma construtiva dos sensores indutivos pode ser de três tipos: com dois condutores, três condutores (1 contato NA) e quatro condutores (1 contato NA + 1 contato NF). Já o diâmetro destes componentes pode ser de M8x1, M12x1, M18x1 e M30x1.

Para que estes sensores acionem, é preciso que o atuador chegue a uma distância próxima ao sensor, chamada distância sensora. Esta distância é a que, aproximando-se o acionador da face sensora, o sensor muda o estado da saída, segundo Capelli, A. (2008). À distância sensora também varia com o tipo do metal acionador.

3 METODOLOGIA

A melhoria dos equipamentos significa melhorá-los gradativamente e continuamente. Para além de suas especificações originais. Por exemplo, ao invés de simplesmente retornar os equipamentos às suas condições originais após a ocorrência das falhas, é preciso melhorar continuamente os equipamentos, alterando, conforme necessário, seu projeto, seus padrões de operação e manutenção. Para isso, é muito importante investigar exaustivamente as causas fundamentais das falhas. Este é um dos pontos fracos da manutenção nas empresas brasileiras. Geralmente, a manutenção se dá por satisfeita somente consertando o que quebrou – removendo o sintoma da falha e devolvendo o equipamento para a produção, até que ele falhe novamente (XENOS, 1998).

3.1 HISTÓRIA DO EQUIPAMENTO

O túnel de congelamento de hambúrguer foi instalado em 1996, segundo informações dos colaboradores mais antigos, depois da ampliação do setor. O túnel é composto basicamente por uma esteira transportadora tracionada por um motor elétrico de 2 CV's de potência acoplado a um redutor de velocidade e dois ventiladores com controle de acionamento manual, responsáveis por resfriar o ambiente, tendo amônia como fluido refrigerante.

A estrutura da esteira transportadora é do tipo helicoidal com 4 metros de diâmetro e 17 níveis, como mostra a Figura 8, foi produzido pela Indústria Madef, modelo 2418, a qual é especializada em refrigeração industrial situada em Canoas-RS. A capacidade de transporte é de aproximadamente 1300 kg/h, sendo que o produto leva em torno de 20 minutos do ponto em que foi moldado até sair do túnel de congelamento para ser embalado.



Figura 8 - vista frontal da estrutura da esteira do túnel.

Durante todo o período de trabalho o sistema vem operando sem grandes mudanças em sua estrutura original e neste processo alguns componentes do painel elétrico foram apresentando defeitos variados como mostra as Figuras 9, 10 e 11, alguns componentes devido serem antigos, começaram a ser substituídos por outros mais novos.



Figura 9 - vista frontal do painel elétrico do túnel de congelamento.



Figura 10 - vista frontal dos componentes internos do painel.

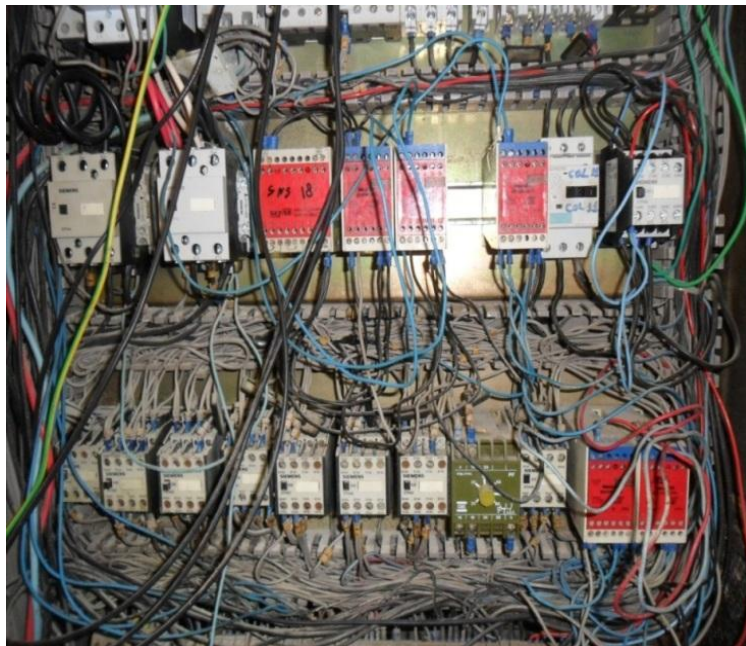


Figura 11 - vista dos blocos de relé e contadoras auxiliares dos sensores.

A esteira transportadora é de aço inoxidável, e mede aproximadamente 280 metros de comprimento, é acionada por duas correntes tracionadas pelo moto-reductor, mostrado na Figura 12. Com a percepção destes defeitos e em conversa com o supervisor de manutenção surgiu à idéia de automatizar o túnel de congelamento montando um painel elétrico novo para controlar somente o mesmo, pois no painel atual há diversos componentes elétricos de outros equipamentos.



Figura 12 - vista do moto-reductor.

3.2 PROJETO DA AUTOMAÇÃO

O desenvolvimento do projeto começou com a escolha da forma com que o túnel de congelamento de hambúrguer iria operar depois da automação e também com a escolha dos componentes elétricos a serem utilizados, pois teriam que ser componentes de fácil manutenção e alta confiabilidade. A esteira transportadora desejava-se que operasse de três modos diferentes, de acordo com cada necessidade, que são: modo de higienização (partida por inversor de frequência), produção normal (partida por inversor de frequência) e partida direta, com os três modos de operação sendo monitorados por um CLP.

O controle da temperatura do túnel necessitava-se passar para automático, sem a necessidade dos operadores terem que ligar e desligar os ventiladores manualmente através dos botões.

3.3 CLP UTILIZADO

O CLP utilizado foi o Siemens Logo 12/24RC. O Logo é um dispositivo compacto com oito entradas 24Vcc e quatro saídas a rele 10A, podendo ser aumentada a sua capacidade através de blocos auxiliares de entradas e saídas. Sua linguagem de programação é por Diagrama de blocos de funções. Uma linguagem parecida com a utilizada em eletrônica digital, com funções simples como a função OU e E. A Figura 13 mostra o CLP utilizado. Como na automação do túnel de congelamento se necessitava de 13 entradas, foi utilizado um bloco auxiliar de entradas e saídas, para melhor atender o funcionamento.



Figura 13 - CLP compacto Siemens Logo 24RC.
Fonte: Siemens (2012).

3.3.1 Montagem do programa

O desenvolvimento do programa de funcionamento do CLP foi feito com o software Logo!Soft V6.0, utilizando a linguagem de programação Diagrama de Blocos de funções.

Com a automação, a esteira transportadora do túnel de congelamento passa a ser comandado pelo CLP de três formas de acordo com as entradas de cada modo de operação desejada, que são: partida direta, produção normal (partida por inversor de frequência com ajuste de velocidade) e higienização (partida por inversor de frequência com velocidade baixa e fixa). Para os três tipos de partida o sistema de segurança é o mesmo, com sensores indutivos instalados na esteira transportadora, na corrente de tração e na embreagem mecânica.

O programa tem ao todo 13 entradas e 5 saídas, que são listadas nos Quadros 1 e 2, respectivamente, a seguir:

Quadro 1: descrição das entradas.

Entrada	Descrição
I1	sensor de segurança da embreagem
I2	sensor de segurança da corrente de tração
I3	sensor de segurança do esticador da corrente
I4	sensor de segurança da corrente de tração

I5	sensor de segurança da esteira transportadora
I6	sensor de segurança da esteira transportadora
I7	sensor de segurança da esteira transportadora
I8	botão de emergência
I9	disjuntor motor do motor da esteira acionado
I10	Botão de pulso de acionamento da higienização
I11	Botão de pulso de acionamento produção normal
I12	Botão de pulso de acionamento partida direta
I13	Botão de pulso desliga

Quadro 2: descrição das saídas.

Saída	Descrição
Q1	Partida do sistema de higienização
Q2	Partida da produção normal
Q3	Partida direta
Q4	Sinalização do sistema de higienização
Q5	Sinalização da produção normal

No programa do CLP, para que o motor da esteira possa ser acionado, em qualquer um dos modos de operação, algumas condições devem ser satisfeitas. Todos os sensores de segurança da esteira transportadora e da corrente de tração devem estar acionados, já o sensor de segurança da embreagem mecânica é ligado no contato “normal fechado” (NF), e quando este sensor é acionado, o contato “abre”. Também é necessário que o botão de emergência não esteja acionado e o disjuntor motor não esteja desarmado, pois é utilizado o seu contato auxiliar NF. Caso o motor da esteira esteja acionado ou deseja-se aciona-lo, e algum dos sensores esteja desacionado, ou a emergência esteja acionada, o motor será desligado ou não poderá ser ligado enquanto a falha não for eliminada. Quando algum modo de operação da esteira transportadora é acionado, uma lâmpada sinalizadora é ligada indicando o respectivo modo de operação.

Os três botões de acionamento do motor da esteira e o que desliga, são do tipo “pulso”. No programa foi utilizado o comando “SET/RESET” para ligar e desligar o motor, e também foi colocado intertravamento no programa entre os modos de operação, para dar maior segurança ao processo. Depois de montado o programa,

foi realizado simulações de funcionamento e em seguida transferido para o CLP, através do cabo de comunicação. A Figura 14 mostra uma parte do programa.

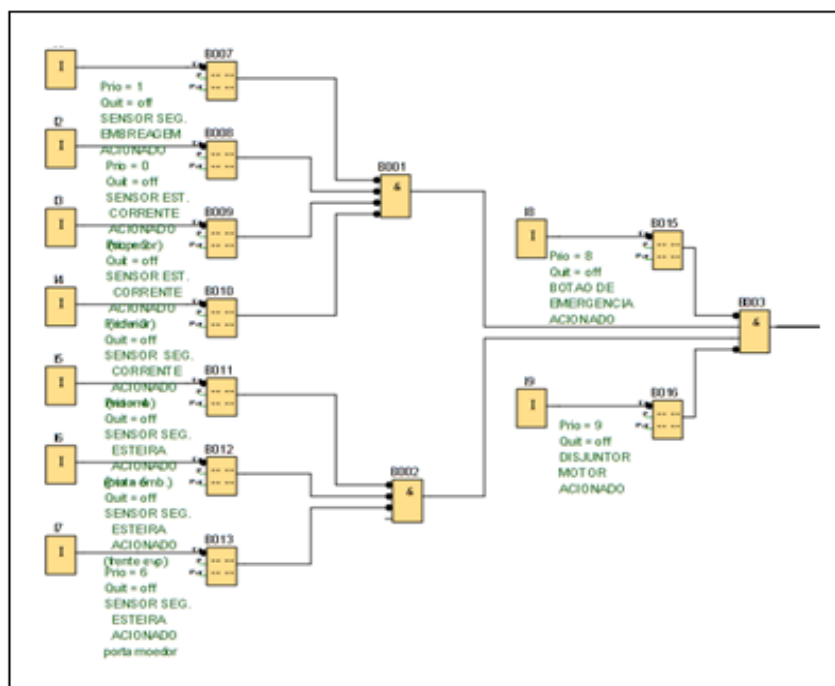


Figura 14 - Parte da Programação em diagrama de blocos.

3.4 INVERSOR DE FREQUÊNCIA UTILIZADO

Para a montagem do painel elétrico tinha-se dois inversores à disposição, um Schneider Altivar 312 e um Weg CFW 08. Primeiramente foi programado na bancada o modelo Altivar 312, e, a princípio, durante os testes na bancada este inversor poderia ser utilizado, mas quando ligou-se este componente no painel elétrico, ele não se comportava da mesma maneira como nos testes na bancada. Então decidiu-se testar o modelo CFW 08. Nos testes de bancada e nos testes interligado ao painel elétrico, este modelo funcionou da maneira desejada, então foi utilizado este inversor de frequência.

O modelo CFW 08 possui uma interface simples, o que resulta em uma programação rápida com parâmetros de fácil entendimento que, em caso de necessidade de substituição emergencial, possa levar o mínimo de tempo possível. O inversor WEG é mostrado na Figura 15.



**Figura 15 - Inversor de frequência WEG CFW 08{ XE "Figura 21\; Esquema de ligação do inversor" }.
Fonte: WEG (2012).**

3.4.1 Instalação e conexão

O modelo de ligação utilizado para as partidas pelo inversor de frequência foi o modelo *gira/para* para a produção normal e a função JOG para a higienização com frequência fixa em 5Hz, ambos via bornes (modelo remoto), igual ao mostrado na Figura 16.

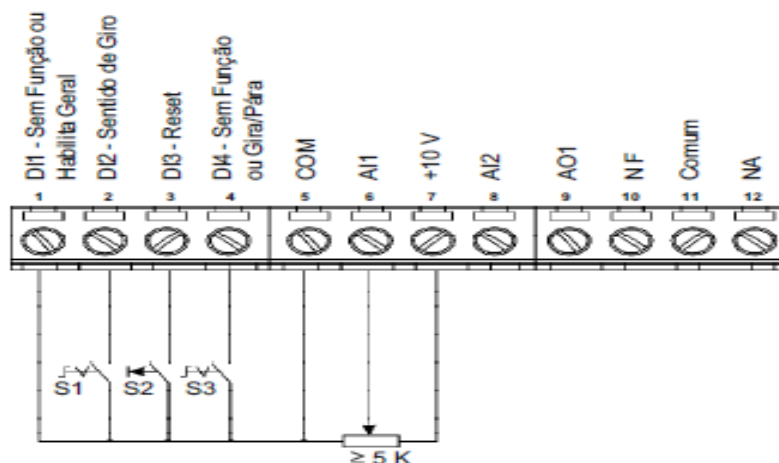


Figura 16 - Esquema de ligação do inversor{ XE "Figura 21\; Esquema de ligação do inversor" }.

Fonte: CFW 08 WEG (2012).

Onde:

S1: não utilizado

S2: higienização

S3: produção normal

3.4.2 Parametrização do inversor

Os parâmetros do inversor são valores que indicam e regulam o funcionamento do inversor e motor. Estão acessíveis através de uma interface composta por um mostrador digital (“display”) e um teclado, chamado de Interface Homem-Máquina (IHM), conforme mostra a Figura 17.



**Figura 17 - IHM do inversor CFW 08{ XE "Figura 22\; IHM inversor CFW 08 WEG" }.
Fonte: WEG (2012).**

Para facilitar a sua compreensão, os parâmetros foram divididos conforme suas características.

- a) Parâmetros de Leitura
- b) Parâmetros de Regulação
- c) Parâmetros de Configuração
- d) Parâmetros do Motor
- e) Parâmetros das Funções especiais

3.4.3 Parâmetros de leitura

Estes parâmetros permitem visualizar os valores programados nos parâmetros de regulação, configuração, do motor e das funções especiais, mas não podem ser alteradas pelo usuário, na linha dos inversores WEG são identificados do P001 até P099.

3.4.4 Parâmetros de regulação do motor

São os valores ajustáveis a serem utilizados pelas funções do inversor, conforme mostra o Quadro 3:

Quadro 3: parâmetros de regulação.

PARÂMETROS DE REGULAÇÃO P100 a P199					AJUSTADO	
Parâmetro	Função	Faixa de valores	Ajuste de fábrica	Unidade	Produção normal	Higienização
P100	Tempo de aceleração	0,1 a 999	5,0	S	1,5	1,5
P101	Tempo de desaceleração	0,1 a 999	10,0	S	1,5	1,5
P133	Frequência mínima (fmin)	0,00 a P134	3,0	Hz	20	5
P134	Frequência máxima (fmax)	P133 a 300,0	P134	Hz	60	5

Fonte: CFW 08 WEG (2012)

3.4.5 Corrente de sobrecarga

A corrente de sobrecarga do motor é o valor de corrente a partir do qual o inversor entenderá que o motor está operando em sobrecarga. O parâmetro P156 deve ser ajustado num valor de 10% a 20% acima da corrente nominal do motor utilizado (P401). O ajuste da corrente de sobrecarga deve ser calculado entre $0.2 \times I_{nom}$ a $1.3 \times I_{nom}$. Como o motor da esteira possui uma corrente nominal de 2,7A, logo: $1,2 \times I_{nom} = 1,2 \times 2,7 = 3,24 \text{ A}$.

3.4.6 Parâmetros de configuração

Define o modo de controle do inversor. O modo utilizado foi Controle V/F linear. É recomendado para esteiras transportadoras, pois fornece ao motor torque constante.

3.4.7 Parâmetros do motor

São valores obtidos na placa de identificação do motor, conforme o Quadro 4.

Quadro 4: Parâmetros do motor.

PARÂMETROS DO MOTOR P399 A P499					AJUSTADO	
Parâmetros	Função	Faixa de valores	Ajuste de fábrica	Unidade	Produção normal	Higienização
P400	Tensão nominal	0,0 a 600	380	V	380	380
P401	Corrente nominal	0,3xInom a 1,3xInom	-	A	2,7	-
P402	Velocidade nominal	0 a 9999	-	rpm	1720	1720
P403	Frequência nominal	0,00 a P134	60	Hz	60	60
P404	Potência nominal	-	-	CV	3,0	3,0

Fonte: CFW 08 WEG (2012).

3.5 CONTROLADOR DE TEMPERATURA UTILIZADO

O controlador de temperatura utilizado foi o Full Gauge modelo TC900Ri, com tensão de alimentação 220Vca conforme a Figura 18. Este controlador é utilizado para refrigeração e degelo, opera com dois sensores, um para a temperatura ambiente e outro que, fixado no evaporador, controla o final do degelo. A escolha deste componente é que sua programação é bem simples, e que na necessidade de troca emergencial, não ocasiona muito tempo de parada.



Figura 18 - Controlador de temperatura TC900Ri{ XE "Figura 22\; IHM inversor CFW 08 WEG" }.
Fonte: Full Gauge (2012).

A temperatura do túnel fica em torno de -24°C , e o hambúrguer leva em torno de 20 minutos para sair do túnel depois de moldado. O controlador de temperatura aciona dois ventiladores de 12,5CV de potência ao mesmo tempo, através dos seus relés.

3.6 SENSOR DE SEGURANÇA UTILIZADO

O modelo do sensor de segurança utilizado no túnel foi o modelo NI20U - S30 - AP6X – H1141/S97, da fabricante Turck. Este sensor é do tipo PNP com tensão de alimentação 24Vcc, 4 fios e com 30 milímetros de diâmetro, como mostra a Figura 19.



**Figura 19 - Vista do sensor indutivo utilizado{ XE "Figura 22\; IHM inversor CFW 08 WEG" }.
Fonte: Turck (2012).**

A escolha deste sensor para ser utilizado no túnel de hambúrguer, foi por que o mesmo já vinha sendo utilizado em outros túneis de congelamento do frigorífico, o qual apresentava baixa manutenção, pois este sensor tem um bom funcionamento tanto em temperaturas altas como temperaturas negativas.

4 MONTAGEM DO PAINEL ELÉTRICO

Depois de parametrizado e feito teste de bancada com o inversor de frequência e feito o programa do CLP, foi iniciada a montagem do painel elétrico de comando. Para a montagem do painel foi utilizado os seguintes componentes mostrados no Quadro 5.

Quadro 5: lista dos componentes utilizados para a montagem.

QUANTIDADE	UNIDADE	DESCRIÇÃO
1	peça	Painel elétrico inox (1 x 0,6 x 0,3m)
1	peça	Disjuntor trifásico
1	peça	Disjuntor monofásico
3	peça	Disjuntor motor
4	peça	Contator
5	peça	Rele
1	peça	CLP
1	peça	Bloco de expansão
1	peça	Fonte de alimentação
1	peça	Inversor de frequência
7	peça	Sensor indutivo
5	peça	Botão de pulso
7	peça	Sinalizador
1	peça	Botão de emergência
1	peça	Manopla
7	peça	Base de fusível
1	peça	Potenciômetro
1	peça	Controlador de temperatura
100	m	Cabo flexível 3x1mm ²
10	m	Cabo flexível múltiplo 16x0,75mm ²
30	m	Cabo flexível 0,75mm ²
35	m	Cabo flexível 4x4mm ²

Para a montagem do painel elétrico, a maioria dos componentes necessários foi requisitado no estoque do almoxarifado, e quando não havia no estoque era feita solicitação de compra com a autorização do supervisor de manutenção. O painel elétrico utilizado foi retirado de um painel de comando que havia sido desabilitado, diminuindo os custos do projeto. As Figuras 20 e 21 mostram a montagem do painel.

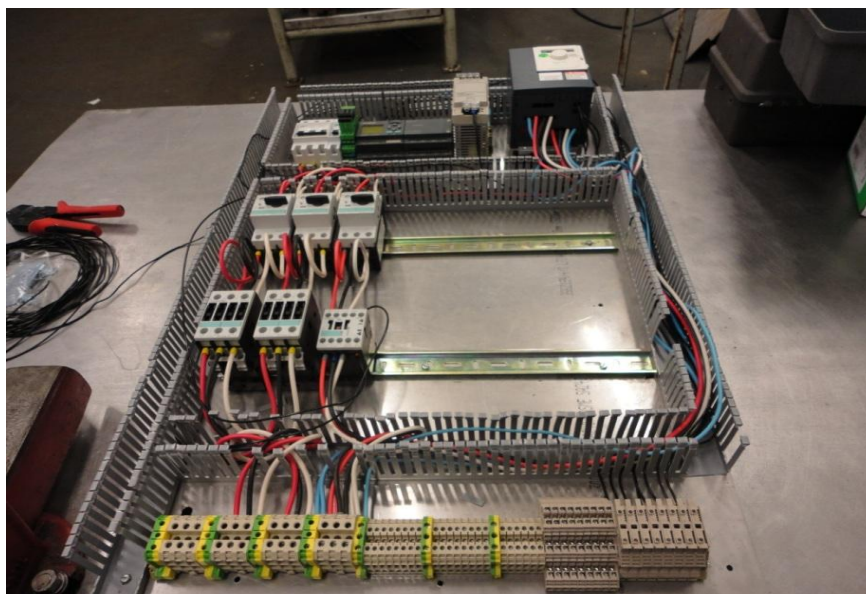


Figura 20 - Montagem do painel elétrico{ XE "Figura 22\; IHM inversor CFW 08 WEG" }.



Figura 21- Vista frontal do CLP e inversor.

4.1 TESTE DO PAINEL NA BANCADA

Depois de finalizado a montagem do painel, foi energizado e efetuado testes de funcionamento do comando elétrico na bancada da oficina:

- Energização do painel elétrico – OK
- Alimentação do CLP e inversor de frequência – OK
- Acionamento da higienização – OK
- Acionamento da produção normal – OK
- Acionamento da partida direta – OK
- Teste de intertravamento das partidas – OK
- Teste dos sensores de segurança – OK
- Teste do botão de emergência e sobrecarga do motor da esteira – OK
- Teste do ajuste da frequência do inversor – OK
- Acionamento dos motores dos ventiladores – OK
- Teste de sobrecarga dos motores dos ventiladores – OK

Após efetuado todos os testes, foi constatado que o painel estava de acordo com o planejado e pronto para ser instalado. As Figuras 22, 23, 24 e 25 mostram o painel elétrico da automação finalizado.



Figura 22 - Vista frontal do painel elétrico finalizado.



Figura 23 - Vista frontal dos botões de controle e sinalizadores do painel.



Figura 24 - Vista frontal do CLP e do inversor de frequência utilizados.



Figura 25: Vista dos componentes internos do painel elétrico finalizado.

5 INSTALAÇÃO DO PAINEL

A instalação do painel foi feita em um dia que não havia produção, deste modo não geraria hora de máquina parada e haveria mais tranquilidade para fazer a tarefa.

Com a automação, o painel novo foi instalado no local de saída do produto, onde ficam os colaboradores que operam a embaladeira de hambúrguer, permitindo o melhor controle do acionamento da esteira transportadora, pois o painel antigo estava instalado no local onde o produto era moldado, então para ligar ou desligar a esteira os colaboradores tinham que sair do local onde se embala e ir onde é moldado o produto. Depois de escolhido o local e fixado o painel na parede, foi feita a troca dos modelos dos sensores de segurança e dos cabos de alimentação dos mesmos e do cabo de acionamento do comando das contactoras dos ventiladores, e também dos cabos de força do motor da esteira e dos ventiladores. A Figura 26 mostra os sensores de segurança da corrente de tração.



Figura 26 - Vista dos sensores de segurança da corrente de tração.

Em seguida foram conectados os cabos dos sensores e dos motores no painel. Depois de assegurar-se que todos os sensores de segurança e todos os motores haviam sido conectados, então foi energizado o painel. Após essa etapa, foram realizados testes para verificar se todos os sensores estavam funcionando da maneira correta, e depois foi ligado e desligado rapidamente o motor da esteira para verificar o seu sentido de rotação. Assim terminaram os testes preliminares dos sensores e o sentido de rotação do motor, efetuou-se testes de acionamento do motor da esteira pelos três modos de operação, a partida direta, produção normal e higienização, em seguida foram feitas simulações de atuação dos sensores de segurança com a esteira ligada.

Logo após realizar os testes do funcionamento da esteira, partiu-se para o funcionamento do sistema de resfriamento do túnel. O controlador de temperatura foi energizado e o mesmo não apresentou problemas para acionar os dois ventiladores.

Após ter realizado todos os testes de funcionamento do painel, comunicou-se ao supervisor da manutenção para que verificasse o funcionamento da automação e liberasse para a produção.

Durante os primeiros dias de funcionamento da automação, foi acompanhado o funcionamento e auxiliado os operadores do túnel explicando o funcionamento do novo painel.

6 HISTÓRICO DE PARADAS DO TÚNEL

Devido o ambiente dentro do túnel ser muito frio, algumas paradas emergenciais levavam muito tempo para se fazer a manutenção quando havia a necessidade de entrar dentro do túnel, pois não era possível permanecer por muito tempo dentro da câmara, as Figuras 27 e 28 mostram o gráfico de redução das horas e custos antes e depois da automação, respectivamente. Um dos problemas que mais gerava tempo de parada era quando a corrente de tração se desencaixava da engrenagem que gira o tambor da esteira, pois a corrente sempre fica congelada durante a produção, dificultando o serviço. As tabelas 1 e 2 detalham o histórico dos problemas das paradas e custos, antes e depois da automação, respectivamente.

Tabela 1: Histórico de paradas e custos entre os dias 01/06/2012 a 10/11/2012.
(continua)

PROBLEMAS NO TÚNEL	HORAS MÁQUINA PARADA	CUSTO MÃO DE OBRA (R\$)
Consertar controlador de temperatura	1	28,94
Caiu corrente	2,59	59,45
Parou a esteira	0,42	10,82
Não liga	1,5	38,66
Caiu corrente do túnel	5,34	114,09
Manopla com defeito	0,33	5,3
Não liga esteira	0,33	8,5
Caiu corrente	6,92	159,67
Não liga esteira	1	25,77
Caiu corrente	3	48,15
Não está gelando corretamente	1,16	29,89
Não liga esteira	0,83	13,32
Não liga esteira	0,42	10,82
Não liga	0,5	8,03
Caiu corrente do túnel	3	48,15
Caiu corrente do giro freezer	2,83	45,42
Caiu corrente	0,84	17,56
Parado	6,25	117,32
Corrente do túnel for a da engrenagem	3,67	58,9
Caiu corrente	1,92	42,97
Esteira não fica ligada	3,26	75,07

Tabela 1: Histórico de paradas e custos entre os dias 01/06/2012 a 10/11/2012.

(conclusão)

Botoeira do ventilador do giro freezer em curto	0,67	10,75
Parando a esteira	0,74	15,47
Falha no sensor da corrente	1,17	33,86
Trancou a esteira	1,83	52,96
Não liga o túnel	2,27	65,69
Não liga a esteira	0,82	23,73
Não liga	1,34	38,78
TOTAL	57,62	1249,93

Tabela 2: Histórico de paradas e custos entre os dias 11/10/2012 a 31/01/2013.

PROBLEMAS NO TÚNEL	HRs MÁQUINA PARADA	CUSTO MÃO DE OBRA (RS)
Não liga motores do evaporador e esteira do túnel	4,34	125,6
Não liga esteira do túnel	0,67	19,39
Não gira esteira	7,67	221,97
Não liga	1,5	43,41
Não liga esteira	0,5	14,47
TOTAL	14,68	424,84

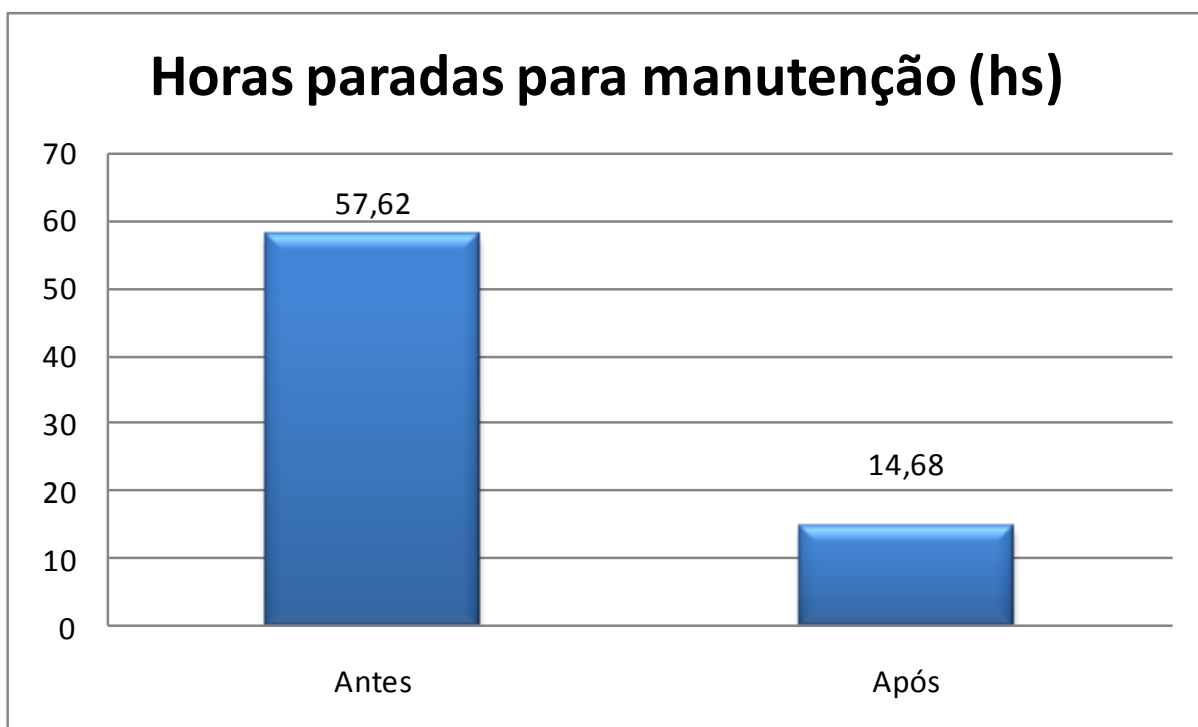


Figura 27 – Gráfico de redução das horas paradas após mudança{ XE "Figura 22\ IHM inversor CFW 08 WEG" }.

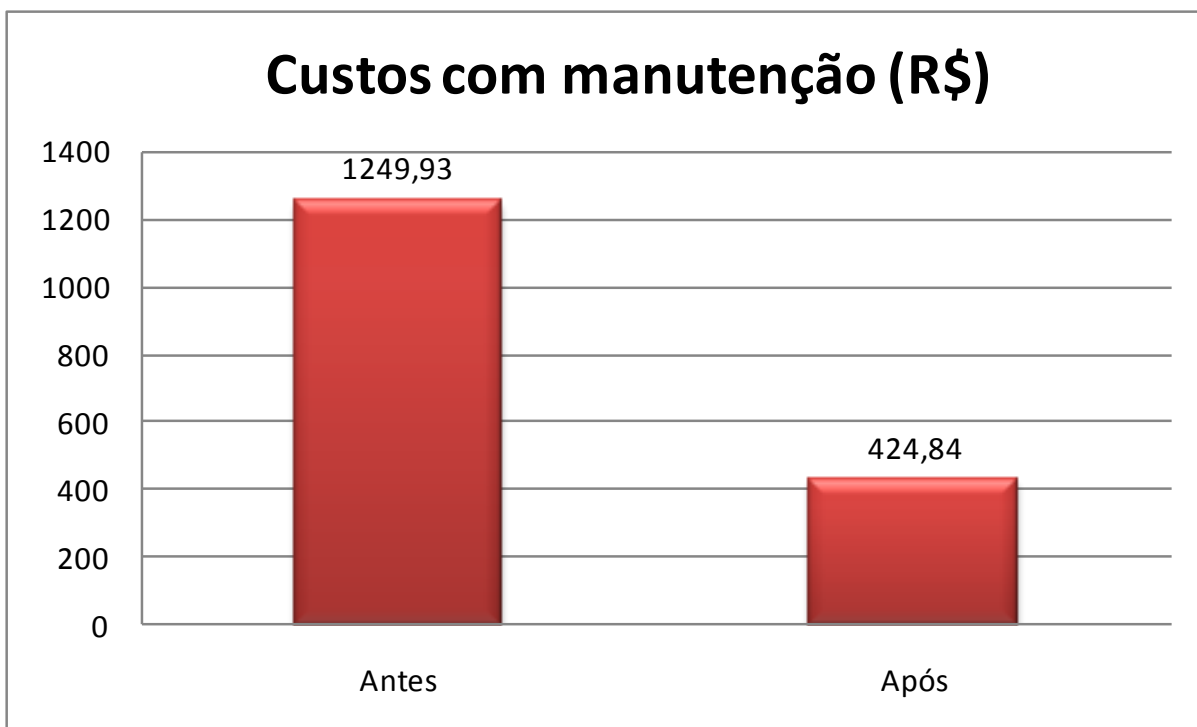


Figura 28 – Gráfico de redução dos custos após mudança{ XE "Figura 22\ IHM inversor CFW 08 WEG" }.

7 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Durante o desenvolvimento do projeto foram encontradas inúmeras dificuldades na montagem da automação:

Em um ponto que teve-se muita dificuldade foi na montagem do programa, pois o tipo da linguagem de programação do CLP utilizado, ainda não tínhamos contato e nem com o Software utilizado para montar o programa, necessitando pesquisar e estudar a apostila do software, com isso perdeu-se muito tempo até conseguir montar o programa.

Outra dificuldade foi encontrada na escolha e parametrização do inversor de frequência, pois tinha-se que escolher um entre dois modelos de fabricantes diferentes. O modelo da fabricante Schneider tinha uma interface de programação complexa, dificultando a programação. Já o modelo da Weg possui uma programação mais clara e rápida, pois tínhamos a necessidade de acionar o motor da esteira de dois modos utilizando o mesmo inversor de frequência, o primeiro era com frequência variável e o segundo com frequência fixa. A dificuldade estava em conseguir fazer o inversor trabalhar com a frequência fixa. Após várias tentativas de parametrização do inversor, conseguiu-se fazê-lo operar da maneira desejada utilizando uma entrada digital do inversor na função *gira/para*, para acionar o modo “produção normal”, e outra entrada digital utilizando uma função denominada “*jog*”, para acionar o modo “higienização”. Esta função quando acionada, aciona a saída do inversor em uma frequência fixa estabelecida por esta função.

Alguns componentes elétricos que necessitava-se para a montagem do painel, não haviam no estoque do almoxarifado, então foi necessário comunicar o supervisor de manutenção para que pudesse fazer uma solicitação de compra dos componentes necessários. Depois de feito a solicitação, outro ponto que atrasava a montagem, era a demora para a chegada dos componentes comprados, demoravam dias para chegar.

O painel elétrico utilizado foi retirado de um quadro elétrico que estava desabilitado, reduzindo os custos do projeto. Foi necessário desmontá-lo e fazer algumas modificações e reparos nas tampas, teve-se que instalar uma fechadura e algumas dobradiças para ficar da maneira desejada.

Durante a instalação do painel, havia a necessidade de entrar dentro do túnel de congelamento para instalar os sensores de segurança e trocar os cabos de alimentação dos motores, mas dentro do túnel a temperatura é baixa mesmo nos dias em que não há produção, dificultando a instalação dos componentes pois não podia-se permanecer dentro por muito tempo seguido, o que aumentou o tempo necessário para instalar o painel elétrico.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar o projeto de automação do túnel de congelamento de hambúrguer, considera-se que os resultados obtidos foram satisfatórios, valendo todo o investimento feito em torno do mesmo. Também é possível identificar vários aspectos positivos sobre automação depois da realização do projeto, pois a utilização de componentes modernos traz vários benefícios aos equipamentos como confiabilidade, segurança, conformidade, e além de tudo o aumento da produção.

A utilização do CLP na automação trouxe vários benefícios como a redução significativamente da quantidade de componentes elétricos necessários e o tamanho do painel elétrico, facilidade de manutenção, possibilidade de utilização da esteira de três formas diferentes, maior confiabilidade e segurança ao processo.

Os modos de operação da esteira, higienização e produção normal, facilitaram o trabalho tanto para os colaboradores da produção quanto para os colaboradores da higiene, pois para a produção é possível ajustar a velocidade da esteira transportadora através de um potenciômetro instalado no painel, e para os colaboradores da higiene a velocidade da esteira é lenta, fixada em 5Hz, para melhor higienizá-la.

O controle da temperatura do túnel, que agora é automático, trouxe alguns benefícios como melhor controle da temperatura, mais facilidade para os operadores, pois não há mais a necessidade de ligar e desligar manualmente os ventiladores, sinalização do funcionamento dos ventiladores quando estão ligados ou em sobrecarga.

Em conversa com os operadores a nova localização do painel trouxe mais facilidade, pois antes da automação o painel encontrava-se em um local que para ligar ou desligar a esteira e os ventiladores era necessário que os operadores se deslocassem até o local onde era preparada a massa para o hambúrguer, onde ficava o painel antigo, com a nova localização os operadores ficam próximos do painel, facilitando o controle do túnel e da moldadeira de hambúrguer, pois no painel também há um botão que somente desliga a mesma. Com a automação, o painel agora encontra-se identificado e com sinalizadores dos modos de operação.

Sob o ponto de vista acadêmico, a realização deste projeto de automação representou uma grande oportunidade de por em prática os conhecimentos teóricos e práticos obtidos em sala de aula e na área de trabalho.

REFERÊNCIAS

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis**: Sistemas Discretos. São Paulo: Érica, 2008.

GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada**: descrição e implementação de sistemas seqüenciais com plcs. São Paulo: Editora Érica, 2006.

SILVEIRA, Paulo R. da; SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto**. 9. Ed. São Paulo: Editora Érica, 2010.

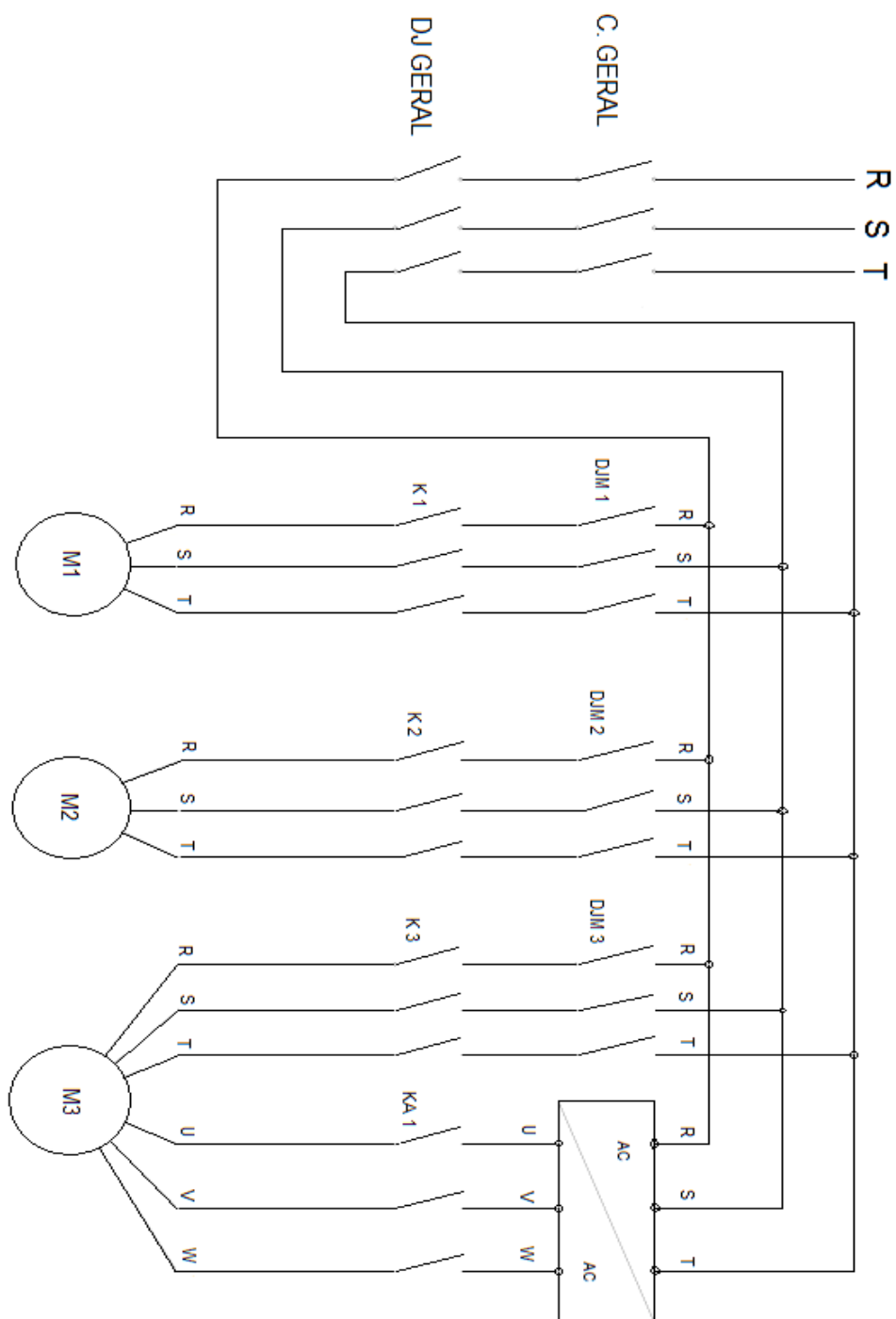
Manual do usuário – inversor de frequência WEG CFW08, disponível em: <<http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-cfw-08-manual-do-usuario-0899.5241-5.2x-manual-portugues-br.pdf>> acessado em 04/07/2012.

Guia de aplicação de inversores de frequência 2ª edição, disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAenJwAA/weg-guia-aplicacao-inversores-frequencia>> acessado em 20/07/20.

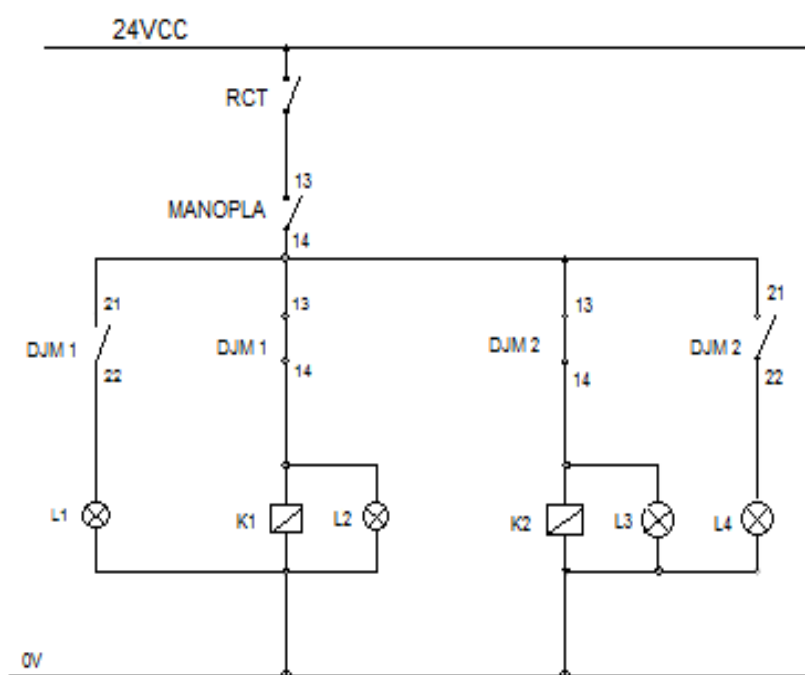
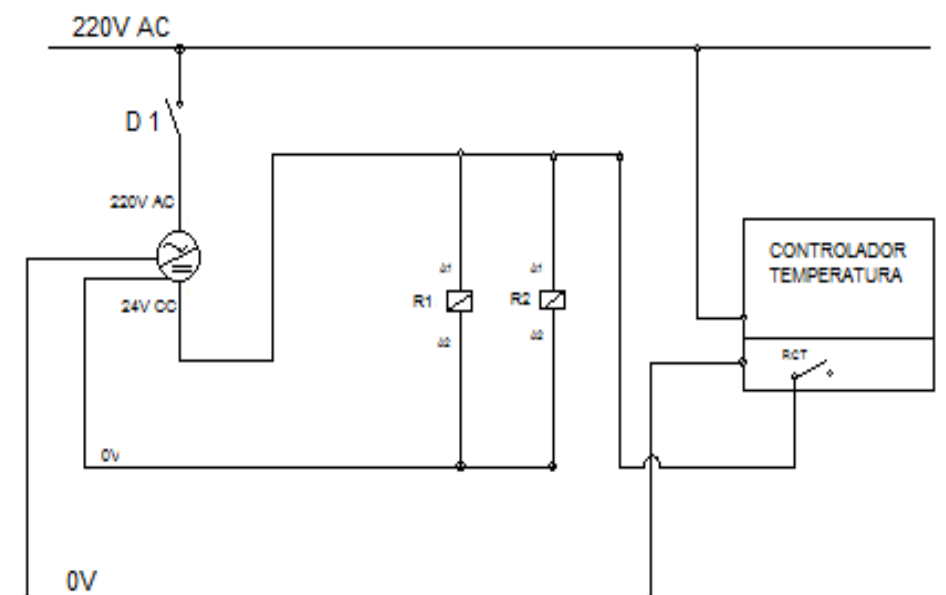
CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial**: Controle do movimento e processos contínuos. São Paulo: Érica, 2008.

ALVES, José Luiz Loureiro. **Instrumentação, Controle e Automação de Processos**. 2 Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora LTDA, 2010.

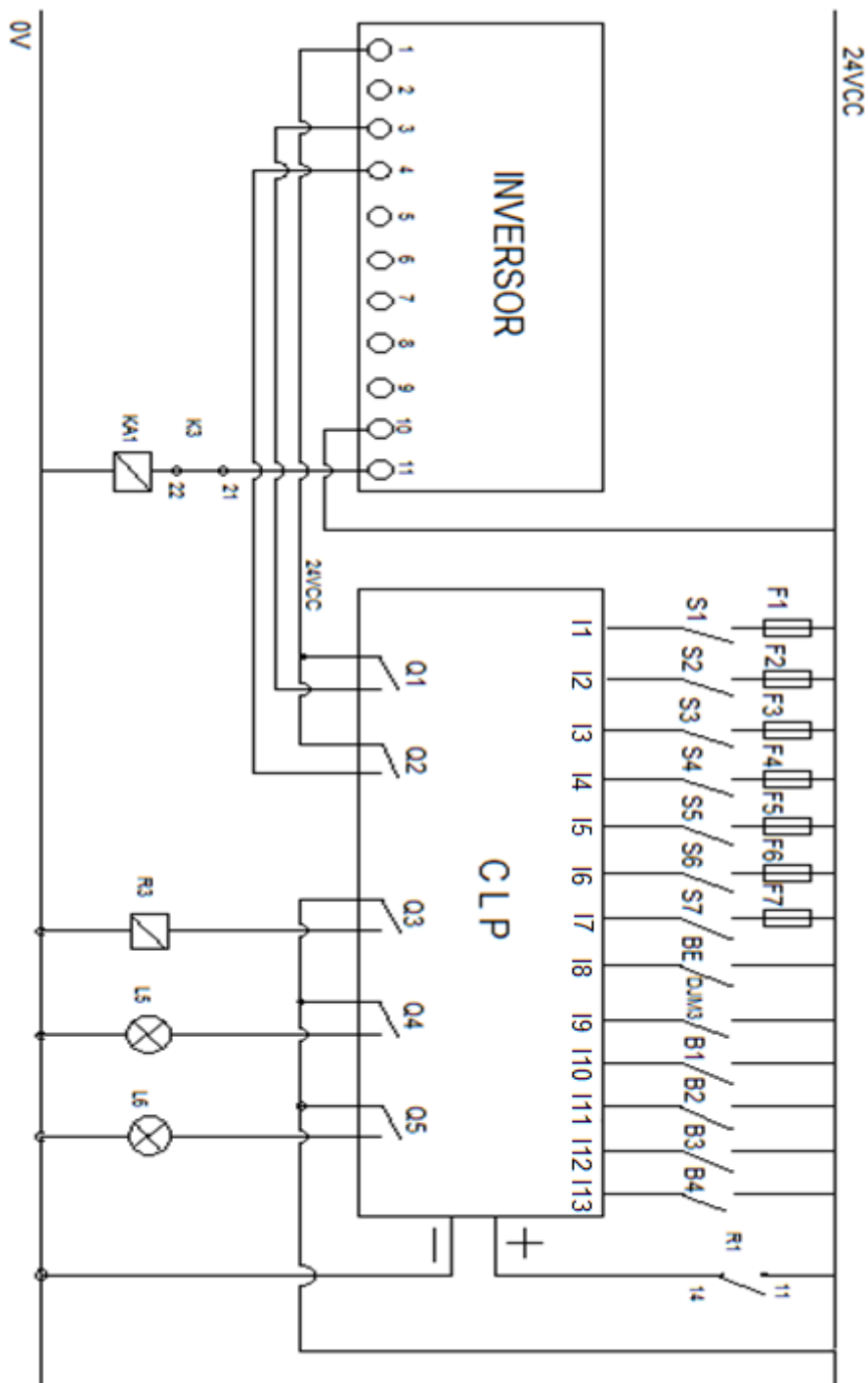
Apendice B – Diagrama elettrico de força do tunel de congelamento.



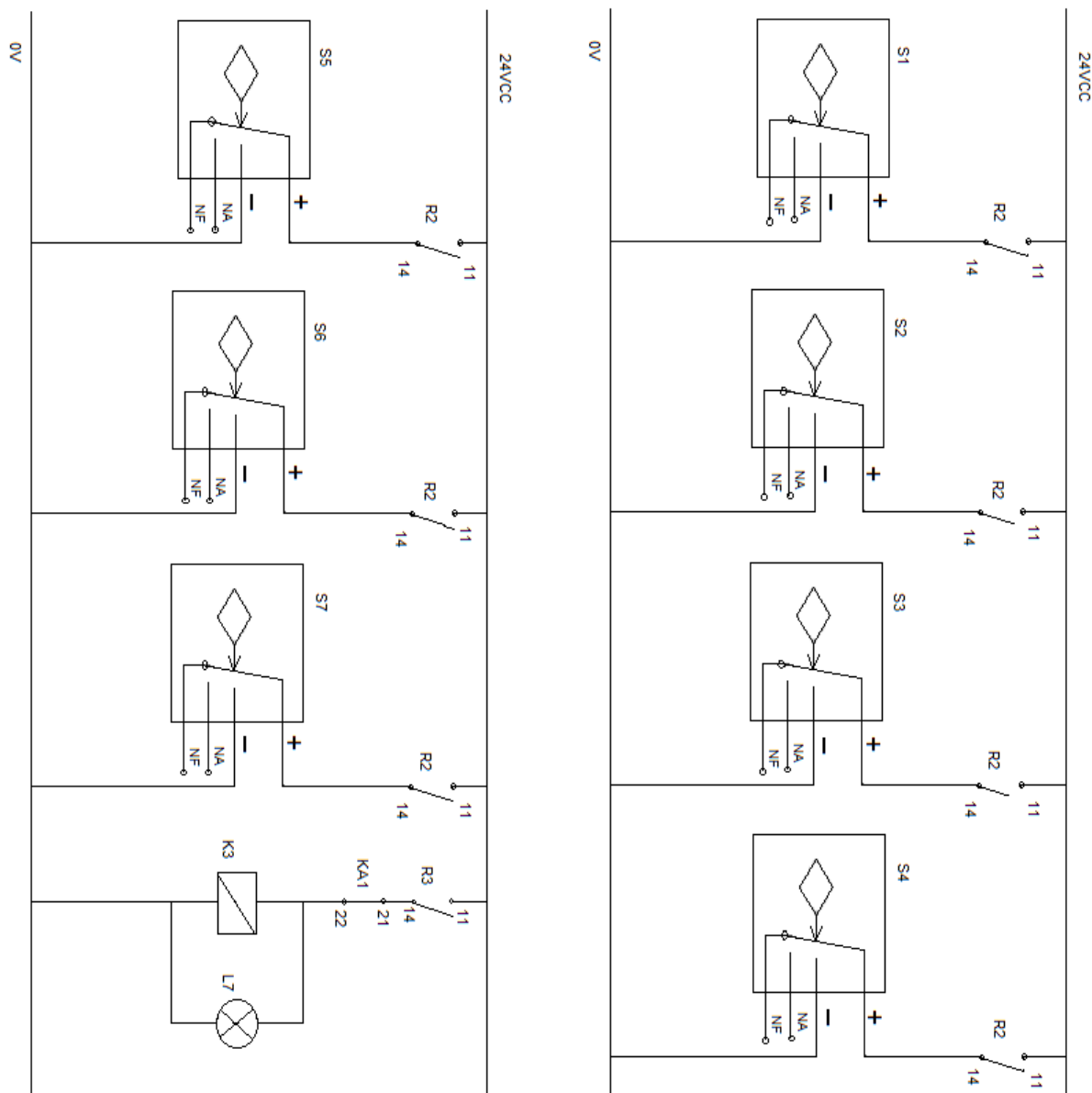
Apendice C – Diagrama elétrico de comando do túnel de congelamento.



Apendice D – Diagrama elétrico de comando do túnel de congelamento.



Apendice E – Diagrama elétrico de comando do túnel de congelamento.



Apendice F – Descrição dos códigos do circuito elétrico.

Código	Descrição
R1	Relé acionador do CLP
R2	Relé acionador dos sensores
R3	Relé acionador da contatora da partida direta
R4	Relé desliga moldadeira de hambúrguer
RCT	Relé interno do controlador de temperatura
K1	Contatora do ventilador 1
K2	Contatora do ventilador 2
K3	Contatora da partida direta
K4	Bobina da eletroválvula desliga a moldadeira
KA1	Contatora auxiliar do inversor de frequência
DJM1	Disjuntor motor do ventilador 1
DJM2	Disjuntor motor do ventilador 2
DJM3	Disjuntor motor do motor da esteira
DG	Disjuntor geral
M1	Ventilador 1
M2	Ventilador 2
M3	Motor da esteira
L1	Sinalização ventilador 1 ligado
L2	Sinalização de sobrecarga no ventilador 1
L3	Sinalização ventilador 2 ligado
L4	Sinalização de sobrecarga no ventilador 2
L5	Sinalização da higienização ligada
L6	Sinalização da produção normal ligada
L7	Sinalização da partida direta ligada
BE	Botão de emergência
B1	Liga higienização
B2	Liga produção normal
B3	Liga partida direta
B4	Desliga esteira
B5	Desliga moldadeira de hambúrguer