

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST CURSO DE ENGENHARIA
ELÉTRICA (BACHARELADO)**

FERNANDO DO AMARAL OMURA

**ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL APLICADA
AO PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS CONGELADOS**

LAGES (SC) 2019

FERNANDO DO AMARAL OMURA

**ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL APLICADA
AO PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS CONGELADOS**

**Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Centro Universitário Unifacvest para
obtenção dos créditos da disciplina de
Trabalho de Conclusão de Curso I no curso
de Engenharia Elétrica - Bacharelado.**

Orientação: Prof^a. Dra Franciéli Lima de Sá;

Co-orientação: Alisson Ribeiro de Oliveira;

.

LAGES (SC) 2019

Monografia apresentada ao Centro Universitário Facvest - UNIFACVEST, como requisito necessário para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Fernando de Amaral Diniz
NOME DO ALUNO

Estudo e Desenvolvimento de Automação Industrial Aplicada ao Processamento de Alimentos Congelados.
TÍTULO DO TRABALHO

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Prof.^a Francieli Lima de Sá
Titulação e nome do Orientador (a)

Msc. Alison Ribeiro
Titulação e nome do Co-orientador (a)

Msc. Prof. Silvio Moraes de Oliveira
Titulação e nome do Avaliador (a)

Msc. Prof. JOM FERNANDES GIL
Titulação e nome do Avaliador (a) ~~Esterno~~

Dra. Prof.^a Francieli Lima de Sá
Coordenador (a) Prof. (a) Titulação e nome da Coordenador (a)

Lages, 13 de dezembro de 2019.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquemático CLP.....	20
Figura 2 – Entrada Digital C.C.....	21
Figura 3 – Entrada digital C.A.	22
Figura 4 - IHM	23
Figura 5 - Ranhuras do motor.....	26
Figura 6 - Estator tipo Gaiola de esquilo.....	26
Figura 7 - Ligação em estrela	27
Figura 8 – Cilindro de dupla ação	28
Figura 9 – Válvula 5/2 vias	29
Figura 10 - Enfraquecimento de campo	30
Figura 11 - Curva de carga	30
Figura 12 - Contator	31
Figura 13 - Partida direta.....	32
Figura 14 - Disjuntor Trifásico.....	32
Figura 15 - Disjuntor Motor	33
Figura 16 - Relé acoplador	34
Figura 17 - Botoeiras	35
Figura 18 - Contato NA.....	35
Figura 19 - Contato NF	36
Figura 20 - Esquema Partida Direta	38
Figura 21 – Esquema de ligação inversor PowerFlex4.	39
Figura 22 - Especificação, fusíveis e disjuntores.	40
Figura 23 - Inversor PowerFlex 4.....	40
Figura 24 - Contatora 25A.....	42
Figura 25 - Bobina Solenóide Festo	42
Figura 26 - Esquema Sensor capacitivo	43
Figura 27 - Sensor capacitivo IFM.....	43
Figura 28 - Esquema sensores fotoelétricos	44
Figura 29 - OGT301	44
Figura 30 - 06T301	45
Figura 31 - Esquema Relé de segurança.....	46
Figura 32 - Botão de emergência	46
Figura 33 - Relé de segurança	47
Figura 34 - contatora 40A.....	47
Figura 35 - Esquema Sensor magnético	48
Figura 36 - Sensor magnético de segurança.....	48
Figura 37 - Esquema CLP	49
Figura 38 - CPU 1215C.....	50
Figura 39 - Modulo 16DI/16DO	50

Figura 40 - Cartão de saídas analógicas	51
Figura 41 - KTP700 Basic PN.....	51
Figura 42 - Fonte	52
Figura 43 - Tipos de dados	55
Figura 44 - Nomenclatura de tempos	55
Figura 45 – Criando um projeto	59
Figura 46 - Adicionando dispositivo de hardware	60
Figura 47 - Incluindo a IHM no projeto	61
Figura 48 - Dispositivos online	62
Figura 49 - Definição das tags.....	65
Figura 50 - Estruturas de programação	67
Figura 51 – Ciclo de execução do programa.....	67
Figura 52 – Blocos do programa	68
Figura 53 - Bloco seguranças e alarmes	69
Figura 54 - Chamada dos demais blocos.....	69
Figura 55 - Terminações.....	70
Figura 56 - Operações	70
Figura 57 - Decisão	70
Figura 58 - Fluxograma bloco MAIN	71
Figura 59 - Diagrama Ladder SEGURANÇAS 1	72
Figura 60 - Fluxograma SEGURANÇAS 1	72
Figura 61 - Diagrama Ladder SEGURANÇAS 2	73
Figura 62 - Fluxograma SEGURANÇAS 2	73
Figura 63 - Diagrama Ladder CONTROLE DE FARINHA.....	74
Figura 64 - Fluxograma CONTROLE DE FARINHA.....	75
Figura 65 - Diagrama Ladder LIGA MÁQUINA	76
Figura 66 - Fluxograma LIGA MÁQUINA	76
Figura 67 - Diagrama Ladder - CONTROLE DE NÍVEL MASSA FORMADA	77
Figura 68 - Diagrama Ladder - CONTROLE DE NÍVEL MASSA FORMADA 2	77
Figura 69 - Fluxograma CONTROLE DE NÍVEL MASSA FORMADA	78
Figura 70 - Fluxograma CONTROLE DE NÍVEL MASSA FORMADA 2	78
Figura 71 - Fluxograma CONTROLE DE NÍVEL MASSA FORMADA 3	79
Figura 72 - Diagrama Ladder MISTURADORES	80
Figura 73 - Fluxograma MISTURADORES	80
Figura 74 - Diagrama Ladder CHAMADA DE INGREDIENTES	81
Figura 75 - Fluxograma CHAMADA DE INGREDIENTES	81
Figura 76 - Diagrama Ladder Pré-Misturador.....	82
Figura 77 - Fluxograma Pré-Misturador.....	82
Figura 78 - Diagrama Ladder Rosca de carga de farinha.....	83
Figura 79 - Fluxograma Rosca de carga de farinha.....	83
Figura 80 - Fluxograma Rosca de carga de ovos	84
Figura 81 - Fluxograma Rosca de carga de ovos	84
Figura 82 - Diagrama Ladder Rosca dosadora de ovos.....	85
Figura 83 - Fluxograma Rosca dosadora de ovos	85
Figura 84 - Diagrama Ladder Agitador de farinha.....	86
Figura 85 - Fluxograma Agitador de farinha.....	86
Figura 86 - Diagrama Ladder Bomba D'agua	87
Figura 87 - Fluxograma Bomba D'agua	87

Figura 88 - Diagrama Ladder Rosca dosadora de farinha - Analógica	88
Figura 89 - Diagrama Ladder Rosca dosadora de ovos - Analógica.....	89
Figura 90 - Diagrama Ladder Bomba de agua - Analógica.....	89
Figura 91 - Diagrama ladder - Alarme falta de farinha.....	90
Figura 92 - Fluxograma - Alarme falta de farinha	90
Figura 93 - Diagrama Ladder - Alarme misturador cheio.....	91
Figura 94 - Fluxograma - Alarme misturador cheio.....	91
Figura 95 - Diagrama Ladder - Alarme Relé de segurança.....	92
Figura 96 - Fluxograma - Alarme Relé de segurança.....	92
Figura 97 - Diagrama Ladder - Alarme Emergência pressionada.....	93
Figura 98 - Fluxograma - Alarme Emergência Pressionada	93
Figura 99 - Diagrama Ladder - Alarme Tampa do misturador 1 aberta.....	94
Figura 100 - Fluxograma - Alarme Tampa do misturador 1 aberta.	94
Figura 101 - Diagrama Ladder - Alarme Tampa do misturador 2 aberta.....	95
Figura 102 - Fluxograma - Alarme Tampa do misturador 2 aberta.	95
Figura 103 - Diagrama Ladder - Alarme Nível de massa baixo.....	96
Figura 104 - Fluxograma - Alarme Nível de massa baixo.	96
Figura 105 - Alarme Sobrecarga disjuntor F4.....	97
Figura 106 - Fluxograma Sobrecarga Disjuntor F4.....	97
Figura 107 - Diagrama Ladder máquina em alarme.....	98
Figura 108 - Fluxograma Máquina em alarme	98
Figura 109 - Tela IHM	99
Figura 110 - Propriedades I/O FIELD.....	100

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Especificação dos motores utilizados	37
Quadro 2 - Cargas dos motores	41
Quadro 3 - Cargas 24V	52
Quadro 4 - Cargas redistribuídas.....	53
Quadro 5 – Entradas Digitais	57
Quadro 6 – Saídas digitais.....	58
Quadro 7 – Saídas analógicas.....	59
Quadro 8 – Componentes do sistema.....	60
Quadro 9 – Entradas digitais TAG.....	63
Quadro 10 – Saídas digitais TAG	64
Quadro 11 - Saídas analógicas TAG.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	-	Ampere
C.A.	-	Corrente Alternada
C.C	-	Corrente Continua.
CLP	-	Controlador Lógico Programavel
CPU	-	Unidade central de processamento (Em inglês <i>Central process unit</i>)
DI	-	Entrada digital (Em inglês <i>Digital Input</i>)
DO	-	Saída digital (Em inglês <i>Digital Outout</i>)
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
I/O	-	Entradas e saídas (Em inglês Input/Output)
MAIN	-	Bloco principal
NF	-	Normalmente fechado
NA	-	Normalmente Aberto
V	-	Volts

RESUMO

Com o avanço da tecnologia os equipamentos vêm evoluindo e conseqüentemente surgem novos dispositivos, facilitando o trabalho braçal e automatizando os processos industriais, bem como aprimorando os equipamentos de engenharia já existentes nestes processos. Assim, torna-se de fundamental importância a automação de processos industriais utilizando-se de meios tecnológicos como controladores lógicos programáveis, inversores de frequência, sensores, motores e entre outros. Estes equipamentos, na sua maioria exigem uma programação dedicada à sua utilização para que funcionem da forma correta, reduzindo assim o consumo de matéria prima e as perdas de produção por indisponibilidade. Pensando nisso, neste trabalho será estudado e desenvolvido o projeto elétrico e a programação do sistema relacionado a automação industrial, para fabricação de massas de lasanha. Através de pesquisas em livros e manuais de equipamentos irá se definir a funcionalidade e compatibilidade do sistema de cada equipamento aplicado. Desta forma, será possível designar-se os equipamentos necessários para o desenvolvimento de um projeto elétrico, para cada equipamento específico, seguindo as legislações e normas vigentes. Além disso, através do estudo da linguagem de programação do CLP aplicado neste caso poderá ser realizada a programação e o desenvolvimento de um sistema automatizado de formação de massa fresca, e que ao mesmo tempo otimize o desempenho do equipamento.

Palavras-chave: Automação industrial; CLP; Projeto elétrico;

ABSTRACT

With the advancement of technology, equipment has evolved and consequently new devices have emerged, facilitating manual labor and automating industrial processes, as well as improving existing engineering equipment in these processes. Thus, it is of fundamental importance the automation of industrial processes using technological means such as programmable logic controllers, frequency inverters, sensors, motors and others. These equipments, for the most part, require a programming dedicated to their use in order to work properly, thus reducing the consumption of raw material and production losses due to unavailability. With this in mind, this work will study and develop the electrical design and system programming related to industrial automation for the manufacture of lasagna pasta. Through research in books and equipment manuals will define the functionality and system compatibility of each equipment applied. Thus, it will be possible to designate the equipment needed for the development of an electrical project for each specific equipment, following the laws and regulations in force. Furthermore, by studying the PLC programming language applied in this case, the programming and development of an automated fresh mass formation system can be carried out, while optimizing equipment performance.

Keywords:

Automation; industrial; PLC; Ladder Language; Electrical project.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Justificativa.....	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Geral.....	13
1.3.2 Específicos.....	14
1.4 Metodologia.....	15
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
3 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA AUTOMATIZADO ..	25
3.1 Motores.....	25
3.2 Cilindro pneumático	27
3.3 Válvula solenoide	28
3.4 Inversores de frequência.....	29
3.5 Contator	31
3.6 Disjuntor	32
3.7 Disjuntor motor	33
3.8 Relé.....	33
3.9 Botões.....	34
4 PROJETO ELÉTRICO DO SISTEMA AUTOMATIZADO	36
5 ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA.....	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
8 APÊNDICES	110

INTRODUÇÃO

A automação industrial revolucionou a forma de se produzir em grande escala, substituindo o trabalho manual por máquinas, equipamentos, dispositivos elétricos e eletrônicos que permitem a realização de tarefas de forma mais rápida e eficiente e flexível.

Segundo SILVA o controlador lógico programável (CLP) teve seu início dentro da General Motors no ano de 1968 com a grande dificuldade em alterar a lógica através dos processos tradicionais de comando nos painéis a cada alteração de processo na linha de montagem. Nasceu assim, um dispositivo que alteraria não somente a indústria automobilística, mas também toda a indústria de manufatura, o controlador lógico programável.

De acordo com Ribeiro (1999) muitos profissionais temem o avanço da automação nas indústrias por conta da redução na quantidade de pessoas em determinados setores, quando estes tornam-se automatizados. Porém considerando o cenário atual voltado a competitividade do mercado, nota-se que as empresas que não possuem processos automatizados têm menor produtividade e acabam não conseguindo se manter no mercado. Assim, a automação é inevitável, e pode significar uma estabilidade do emprego por conta da produtividade e eficiência da planta fabril.

Para Parede (2011), o CLP revolucionou os comandos e controle industriais em uma época em que se tinha uma lógica fixa e definida basicamente pela utilização de relés que resultavam em um grande espaço necessário para sua montagem.

Com passar dos anos e o avanço da tecnologia principalmente na área de eletrônica e eletrônica de potência, os dispositivos evoluíram em alta velocidade e conseqüentemente o seu custo se reduziu, ampliando assim seu mercado, sua velocidade de processamento, capacidade de armazenamento, sendo imprescindível a utilização de controladores lógicos programáveis em qualquer indústria que deseja manter-se competitiva no mercado.

Toda a tecnologia desenvolvida também necessita do desenvolvimento de pessoas capazes de operá-las, no caso dos controladores é de fundamental importância o conhecimento nas linguagens de programação a eles atribuídos, onde segundo a norma IEC 61131-3 (2003) se destacam as programações via lista de instruções (ST), diagrama de blocos (FBD), diagrama de contatos (LD), lista de instruções (IL) ou graficamente (Grafcet).

Segundo Ribeiro (2003, p.30):

O CLP é frequentemente programado emulando diagramas ladder de relés, pois estes diagramas são facilmente entendidos por muitas pessoas não instrumentistas. O problema que permanece é que o diagrama ladder é orientado para equipamento e requer um conhecimento de circuito elétrico. A diagramação lógica binária é uma tentativa de reduzir a lógica complexa que existe entre as entradas e saídas de um sistema para a representação mais simples possível.

Com a devida programação é possível automatizar qualquer processo de manufatura, através de dispositivos de sensoriamento e acionamentos adequados, reduzindo os riscos à saúde do trabalhador. Partindo deste princípio serão aplicados os conhecimentos para o desenvolvimento de um projeto elétrico adequado a aplicação e a programação do respectivo CLP para que o equipamento tenha seu funcionamento totalmente automatizado.

Para o processo de automação será realizado primeiramente o estudo de todos os componentes já existentes e seus respectivos funcionamentos, após, serão especificados os componentes do painel elétrico a ser projetado assim como suas respectivas proteções. Por fim, será realizado a programação do CLP e da IHM com base nos estudos da linguagem de programação.

1.1 Justificativa

Baseado no avanço tecnológico e nos novos dispositivos existentes no mercado, torna-se importante a melhoria de processos industriais, e da segurança e saúde dos trabalhadores, o processo de automação de um equipamento dentro da indústria de alimentos congelados, para a eliminação de riscos à saúde e a segurança dos colaboradores através da automação industrial, a redução dos trabalhos manuais, além do aumento da produção de alimentos industrializados.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Estudar e desenvolver o projeto elétrico e a programação de sistemas automatizados no processamento de alimentos congelados.

1.3.2 Específicos

Dentre os principais objetivos, pode-se enumerar os seguintes objetivos específicos do trabalho, conforme segue:

- Especificar o controlador, módulos de entradas e saídas, atuadores e sensores (*hardware*) para o processo de automação de uma máquina formadora de massa fresca para utilização em lasanhas congeladas;
- Demonstrar a aplicabilidade de cada componente de acordo com suas especificações técnicas;
- Desenvolver a programação do controlador lógico programável através da ferramenta de engenharia e do hardware especificado.

1.4 Metodologia

O estudo será baseado em uma pesquisa qualitativa, onde se pretende inicialmente fazer o levantamento bibliográfico sobre o tema. Após, serão estudados todos os componentes já existentes no equipamento através da documentação técnica dos mesmos para entender o funcionamento de cada etapa. Será então possível especificar os componentes e desenvolver o projeto elétrico de acordo com as normas vigentes. Após esta etapa será realizado a programação do CLP e da IHM através dos estudos sobre linguagens de programação e ferramentas de engenharia.

Ao adotar a metodologia como uma pesquisa qualitativa, o método a ser utilizado será o estudo de caso. Neste estudo será avaliado a melhor forma de automatizarmos o sistema abordado no trabalho, onde será analisado o custo-benefício de acordo com as expectativas da indústria no cenário atual.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão abordados os principais itens referentes aos dispositivos de automação industrial, seus princípios, sua história e tendências. Como principal componente de um sistema automatizado podemos citar o controlador lógico programável (CLP) que revolucionou a forma de se construir projetos por sua flexibilidade, velocidade e grande capacidade de armazenamento de dados, assim como seus periféricos.

Segundo ROGGIA e FUENTES (2016, p.15):

A evolução da automação industrial remete há longos períodos de tempo na história. Desde a pré-história o homem vem desenvolvendo mecanismos e invenções com o intuito de reduzir o esforço físico e auxiliar na realização de atividades. Como exemplo, podem-se citar a roda para movimentação de cargas e os moinhos movidos por vento ou força animal.

Segundo RIBEIRO (2003) a automação industrial é a substituição do trabalho humano ou animal por máquinas, tendo sua operação realizada automaticamente ou remotamente, tendo um mecanismo de atuação própria que responde ao tempo ou estímulos do processo com acionamentos sem a interferência do ser humano, de modo que melhore a segurança, produtividade e qualidade do produto.

Com o surgimento do circuito integrado (1960) e do microprocessador (1970) se tornou possível aumentar em grande escala a quantidade de inteligência aplicada aos processos com custo relativamente baixo, assim o número de tarefas complexas que podem ser realizadas automaticamente cresceu exponencialmente, reduzindo assim a mão-de-obra necessária para o processo.

De acordo com PAREDE (2011), a falta de flexibilidade dos equipamentos nas indústrias automobilísticas nos anos setenta, fazia com que a indústria tivesse uma morosidade em sua produção, pois como as alterações necessárias para modificar o tipo de veículo a ser produzido levava muito tempo, uma vez que se utilizava somente de lógica de relés e contatos, se fazia um grande lote de um mesmo produto antes de se alterar os equipamentos para se produzir o próximo produto.

Todo este transtorno em alterações físicas nos componentes e cabeamento gerava um alto custo, demora na produção, ocupação de grandes espaços para os painéis e grande complexidade nos projetos elétricos.

A partir disso, surge o CLP com a intenção de reduzir os enormes painéis, a quantidade gigante de cabeamento utilizado em seus interiores e aumentar sua flexibilidade. A pedido da General Motors o primeiro CLP foi desenvolvido com os seguintes requisitos, PAREDE (2011):

- Ser facilmente programado e ter sua programação alterada dentro da própria planta.
- Possuir manutenção rápida e fácil com módulos facilmente encaixados.
- Ser fisicamente menor que os antigos painéis a relé para reduzir a ocupação de espaços.
- Ser capaz de coletar e transmitir dados do processo para uma central.
- Ter um custo competitivo em relação aos painéis convencionais.

O primeiro dispositivo criado com os requisitos da montadora foi denominado de MODICON (*modular digital controller*) e era composto por basicamente três módulos, a fonte, o processador e o módulo lógico. Segundo PAREDE (2011) este equipamento foi desenvolvido pela Bedford Associates em 1979, trazendo vários benefícios às indústrias, que tiveram uma grande economia para mudança de funções de máquinas, além do aumento na vida útil dos equipamentos por se tratar de um dispositivo sem desgastes mecânicos, reduzindo assim o custo de manutenção. Aliado a isso, ganhou-se um grande espaço físico devido à redução do tamanho dos painéis elétricos.

Fisicamente o CLP é composto basicamente de um conjunto de componentes eletrônicos como processadores, memórias, barramentos, dispositivos de entradas e saídas e fonte. Muito parecido com um computador convencional, porém a robustez e sua característica modular que permite ao usuário montar o dispositivo de acordo com sua necessidade e trabalhar em ambientes muito severos lhe tornam um componente diferenciado.

Internamente seus blocos principais são a unidade central de processamento (UCP), memórias e módulos de entrada e saída. Que segundo PAREDE (2011) possuem as seguintes características:

- Unidade Central de processamento: Efetua todo o controle e gerenciamento das informações trocadas entre os blocos de entrada e saída e de memória. Responsável por todo o controle de endereços e

barramentos. Atualmente a maioria dos CLPs atua com um microprocessador, CLPs de grande porte podem possuir microprocessadores adicionais para executar funções complexas como álgebras matemáticas, controle PID ou controlar seus módulos de entradas e saídas tecnológicos.

- Memória: É o local de armazenamento de todas as informações previamente fornecidas ao CLP e podem ser classificadas como executivas, do sistema, imagem de entradas e saídas, dados e do usuário.

O programa desenvolvido pelo fabricante do equipamento se designa como *firmware* e é armazenado na memória, bem como o algoritmo desenvolvido pelo programador e os dados de processo do programa desenvolvido.

A memória do CLP respeita uma hierarquia que se inicia com a memória dos registradores do processo, memória cache e memória principal (RAM), depois então são processadas as memórias ROM, EPROM, EEPROM e Flash, que armazenam os dados do desenvolvedor.

De acordo com Franchi e Camargo (2008) a memória RAM é um tipo de memória volátil, porém com uma grande velocidade de transmissão de dados e pode ser acompanhada de uma bateria que mantém o estado da memória em caso de falta de energia.

As memórias do tipo ROM são gravadas apenas em sua fabricação e não permitem que seu conteúdo seja apagado e gravado novamente e não são voláteis, enquanto as do tipo EPROM são regraváveis, e necessitam ter sua janela do chip seja exposta a uma luz ultravioleta para que seu conteúdo seja totalmente apagado. A memória EEPROM pode ser apagada eletricamente através de um gravador eletrônico, mas que ainda tinha suas limitações quanto a capacidade de apagar e gravar conteúdos e só poderia ser gravado uma nova informação quando a anterior fosse apagada.

Atualmente o tipo de memória mais avançada segundo Franchi e Camargo (2008) é a memória flash que permite ser facilmente alterada através de softwares permitindo assim maior velocidade em atualizações de programação. As memórias citadas armazenam a programação que acionará ou receberá informações dos módulos de entradas e saídas.

- Módulos de entradas e saídas são responsáveis por converter todas as informações de entrada em sinais receptíveis ao processamento e também transformar todos os sinais de saída do processamento em sinais compreensíveis pelos equipamentos periféricos.

Para Franchi e Camargo (2008), é imprescindível que se tenha o conhecimento do número de entradas e saídas digitais ou analógicas e quais os níveis de tensão e corrente de operação para seja então especificado o CLP.

Segundo RIBEIRO (2003)

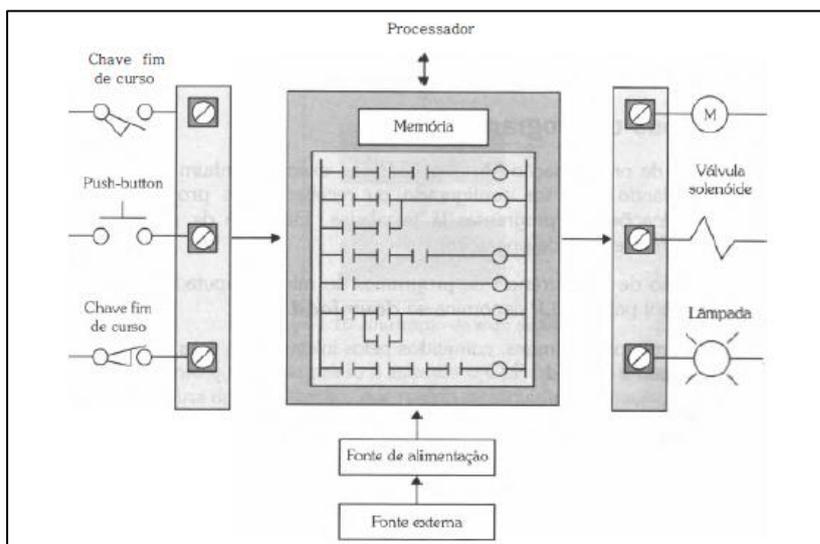
Os sensores que medem o valor ou estado de variáveis importantes em um sistema de controle são as entradas do sistema, mas o coração do sistema é o controlador eletrônico microprocessado. Muitos sistemas de automação só se tornaram possíveis por causa dos recentes e grandes avanços na eletrônica. Sistemas de controle que não eram práticos por causa de custo há cinco anos atrás hoje se tornam obsoletos por causa do rápido avanço da tecnologia.

Para CLPs de grande e médio porte os módulos de entradas e saídas são conectados em *slots* fixados no involuço da CPU ou UCP ou em *racks* de expansão descentralizados, também chamados de “cabeça de rede”, isto possibilita uma substituição de qualquer módulo danificado de forma rápida, reduzindo assim o tempo de indisponibilidade do equipamento. Já no micro CLPs a quantidade de entrada e saída é limitada no invólucro do equipamento e geralmente só assimilam sinais digitais.

Os módulos de entrada e saída também exercem a função de isolar eletricamente a CPU dos componentes de entrada e saída, protegendo assim o módulo principal de processamento de eventuais descargas atmosféricas ou de surtos nos componentes de maior tensão de operação.

Uma analogia breve sobre os módulos de entrada e saída podem ser verificados na Figura 1.

Figura 1 – Esquemático CLP



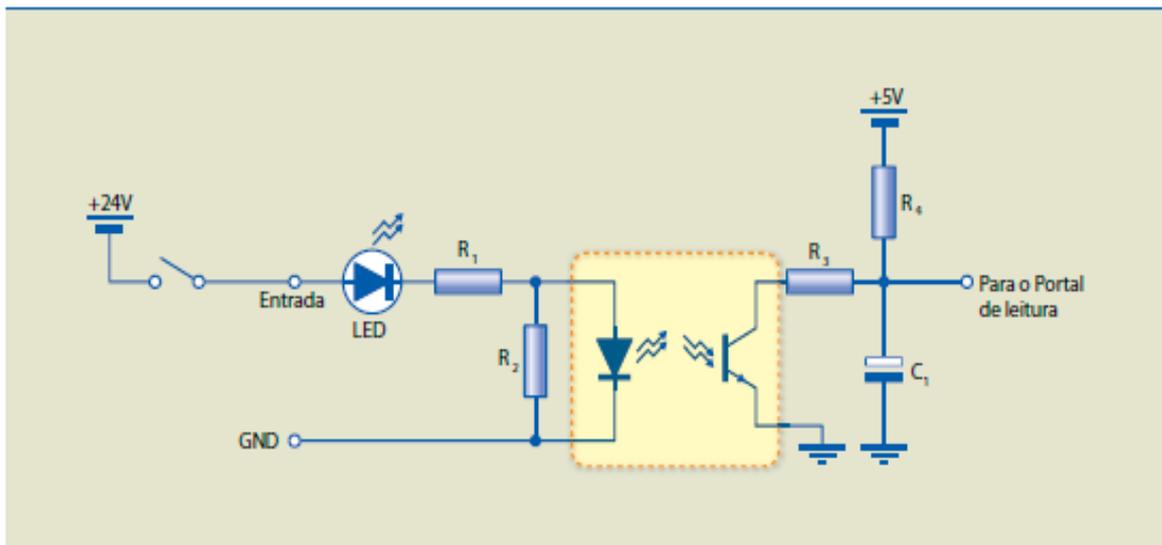
Fonte: Franchi e Camargo (2008 p.37)

Módulos de entrada digitais operam em dois estados, ligado ou desligado, podem operar em corrente contínua ou em corrente alternada, onde para corrente contínua o valor de tensão aplicado e convencionado em 24V, enquanto para corrente alternada o padrão é de 110 ou 220V.

Dentre os diversos dispositivos de campo que podem ser ligados aos módulos de entradas digitais destacam-se as chaves fim-de-curso, sensores de proximidade, chaves automáticas, células fotovoltaicas, contatos de reles, pressostatos, termostatos, sensores de proximidade, sensores de presença entre outros.

Para que o nível lógico no bit de memória correspondente seja verdadeiro (1) o nível de tensão aplicado a porta de entrada deve ser do nível de tensão nominal do módulo. Quando a tensão é zero o nível lógico no bit de memória é falso (0). A comutação do transdutor pode ser do tipo P ou do tipo N, onde a do tipo P terá seu estado alterado quando o positivo for ligado a entrada e o negativo ligado ao terminal comum, já o transdutor do tipo N terá como comum o pólo positivo e será acionado quando o pólo negativo for aplicado a entrada correspondente. O circuito de uma entrada contínua (C.C.) está ilustrado na Figura 2:

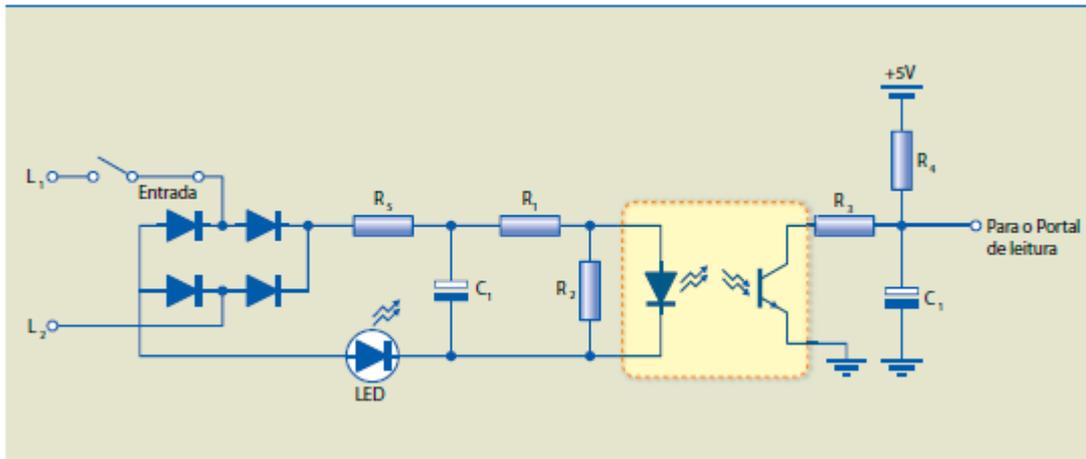
Figura 2 – Entrada Digital C.C.



Fonte: Parede(2011 p.54)

Já para as entradas em corrente alternada optoacopladores são instalados para isolar o circuito eletrônico lógico do circuito dos dispositivos de campo que operam geralmente em 110V ou 220V, como pode ser observado no diagrama da Figura 3:

Figura 3 – Entrada digital C.A.



Fonte: Parede(2011 p.55)

Já os módulos de saídas digitais fazem o processo inverso ao módulo de entrada, realizando a leitura dos bits de memória correspondente ao módulo de saída e realiza a manobra da chave aplicando ou removendo a tensão na saída correspondente através de dispositivos eletrônicos de potência, que permitem que cargas potência relativamente grande quando comparada a capacidade da parte eletrônica, sejam conectadas as saídas e podem ser basicamente divididos em módulos de saída a transistor ou a relés, onde os transistores possuem uma capacidade de carga menor e os relés normalmente são utilizados para cargas mais elevadas.

A grande vantagem dos módulos de saídas a transistores sobre os módulos a relés, é a sua quantidade de comutação, já que, sua forma construtiva não possui contato mecânico o desgaste do componente é menor e sua velocidade de transição é maior. O que proporciona a redução da manutenção e a melhoria na velocidade de comutação.

Os módulos de entradas analógicas permitem que o CLP seja capaz de interpretar sinais de tensão ou corrente elétrica que transforma este estímulo através de um conversor A/D (Analógico/Digital) e envia o sinal de modo binário para o CLP armazenar em uma posição de memória especificada. Por conterem alta impedância, não causam interferência nos dispositivos de campo, porém devem ser conectados por cabos blindados e que reduzem os ruídos elétricos. Além disso, para uma maior segurança os módulos de entrada possuem filtros e isolamento elétrica.

Já os módulos de saídas analógica possuem um conversor D/A (Digital/Analógico) integrado que permite transformar a leitura do sistema binário do CLP em sinal de corrente ou tensão elétrica.

Para funções específicas, existem os módulos de função tecnológica, que possuem uma variedade de aplicações como a leitura da resistência de uma PT-100 que varia linearmente com a temperatura aplicada a ela, leitura de encoder ou resolver através de um módulo de contagem rápida, módulos específicos para motores de passo, controle de malha PID, medição de energia e módulos de redes industriais.

Para que o CLP e os dispositivos de campo funcionem é necessária uma fonte de alimentação para fornecimento de energia. Para tal, normalmente são incluídas fontes de alimentação que transforma corrente alternada em contínua.

Através da evolução na eletrônica microprocessada também surgiram outros tipos de controle variantes do CLP como a máquina de controle numérico, a robótica, e os sistemas de manufatura flexíveis. Que auxiliam a automatização das plantas industriais, mas que normalmente são interligados entre si, tendo o CLP como mestre e os demais como escravos.

Porém, o CLP unicamente, não fornece nenhuma informação ao operador do equipamento, e só permite sua reprogramação através da ferramenta de engenharia compatível. Assim no início da implantação destes componentes na década de 70 verificou-se que a interface entre o controlador e o operador ainda era igual aos sistemas controlados por relés, feitos através de lâmpadas e sinalizadores sonoros. Bem como suas entradas de dados eram realizadas através de botoeiras e potenciômetros. No qual, por consequência tornava os CLPs com uma grande quantidade de cabos, de entradas e de saídas para se fazer a inserção de dados e a sinalização do processo ou do alarme.

Segundo PAREDE (2011) a partir da redução do custo dos displays de cristal líquido surgem as IHMs que agora poderiam exibir informações através de sua tela e receber informações do teclado através de um protocolo de comunicação, não ocupando assim mais entradas e saídas dos CLPs. O que tornou a operação mais amigável e permitia uma maior flexibilidade quanto a alterações de processos. Estes dispositivos reduziram drasticamente a quantidade de dispositivos discretos. Uma imagem ilustrativa de uma IHM pode ser verificada na Figura 4:

Figura 4 – IHM



Fonte: Parede(2011 p.25)

Segundo Silva Filho (2012) a IHM é um painel que apresenta mensagens aos utilizadores avisando sobre alarmes ou condições normais de trabalho do equipamento, são capazes de receber informações do usuário e transmiti-las ao controlador. Que é programável e pode ser alterada pelo programador do sistema de automação. Esta interface entre o homem e a máquina que fica conectada ao CLP permite reduzir o número de entradas e saída físicas a serem processadas pela sua característica de entrada e saída de dados para o programa desenvolvido.

3 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA AUTOMATIZADO

Neste capítulo, será abordado os principais itens referente ao processo de automação do equipamento de formação de massa de lasanha, dispondo ao leitor base de estudos dos equipamentos pré-existentes e que serão dimensionados. Tendo início pelos equipamentos que serão utilizados no projeto em questão que já se encontram no equipamento, como motores, cilindros pneumáticos, botoeiras, relés e disjuntores, que realizam todo o trabalho de acionamento elétricos e eletrônico do processo, apresentando assim o funcionamento de cada um e demonstrando seus dados técnicos.

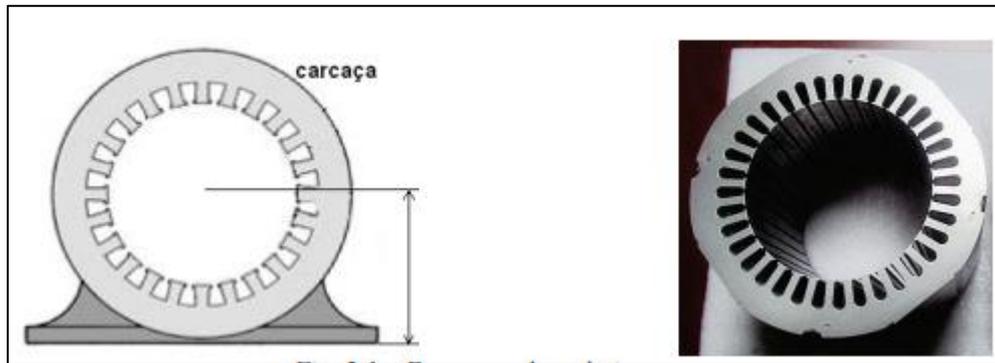
3.1 Motores

Os motores instalados na máquina são todos motores de indução trifásicos. Portanto nos limitaremos a este tipo de motor.

Segundo Mamede Filho (2004) os motores de corrente alternada são os mais utilizados na indústria e especificamente por características construtivas, vida útil, custo e manutenção pode-se destacar os motores elétricos assíncronos de indução.

Segundo Seixas e Fernandes (2012) o motor de indução trifásico é composto basicamente por dois elementos o estator e o rotor. Sendo o primeiro a parte fixa da máquina e o segundo sua parte móvel. No caso em estudo os motores têm seu estator construído através de bobinas idênticas dispostas com um intervalo de 120° entre elas, com seis terminais e quatro polos. Na Figura 5 verifica-se as ranhuras do motor:

Figura 5 - Ranhuras do motor



Fonte: Seixas e Fernandes(2012 p.24)

Já seus estatores são do tipo gaiola de esquilo então segundo Seixas e Fernandes (2012) as ranhuras não ficam expostas sendo cobertas por alumínio fundido que após resfriado torna-se condutor no sentido axial do rotor, nas pontas do rotor são fundidos dois anéis de alumínio que se ligam aos condutores axiais, conforme a Figura 6:

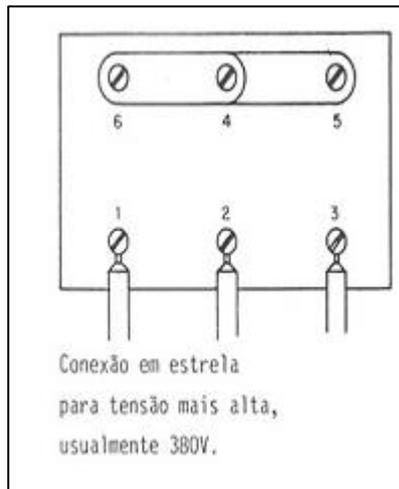
Figura 6 - Estator tipo Gaiola de esquilo



Fonte: Seixas e Fernandes(2012 p.25)

Como os motores são de seis fios com tensão de trabalho 220/380V e a alimentação do painel será realizada em 380VCA o esquema de ligação do motor será realizada em estrela onde os terminais 4, 5 e 6 são unidos e as fases são ligadas aos terminais 1, 2 e 3 conforme demonstrado na Figura 7:

Figura 7 - Ligação em estrela



Fonte: <https://fastseg.blogspot.com/2015/10/como-ligar-motor-trifasico-partida-estrela-triangulo.html>

3.2 Cilindro pneumático

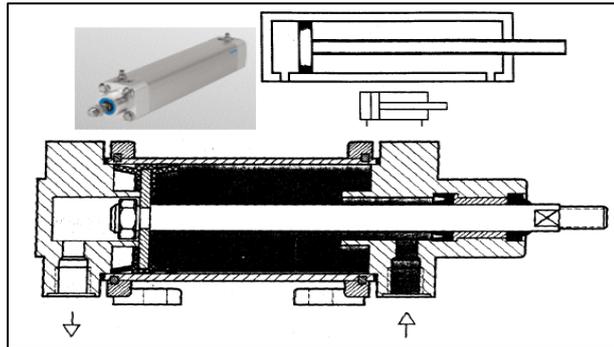
Segundo Marins (2009, p.2):

Com a utilização de máquinas automatizadas e o emprego do ar comprimido, podemos reduzir a utilização do trabalho braçal, principalmente em áreas insalubres e em condições perigosas; o que leva também a uma redução do custo final do produto.

Para esta aplicação será utilizado um cilindro pneumático apenas, este componente terá o objetivo de enclausurar a câmara de mistura enquanto o tanque de empasto estiver cheio. Para tal, utilizaremos um cilindro de dupla ação, que segundo SILVA (2002) é o mais utilizado na indústria atualmente tendo apenas a limitação de distância devido a problemas de flambagem.

Este cilindro é composto por duas câmaras de ar comprimido separadas pelo embolo do cilindro com suas devidas vedações que faz com que o cilindro se desloque para o lado oposto a aquele que tiver a maior pressão. Na Figura 8 abaixo pode-se observar sua forma construtiva:

Figura 8 – Cilindro de dupla ação



Fonte: SILVA (2002 p.44)

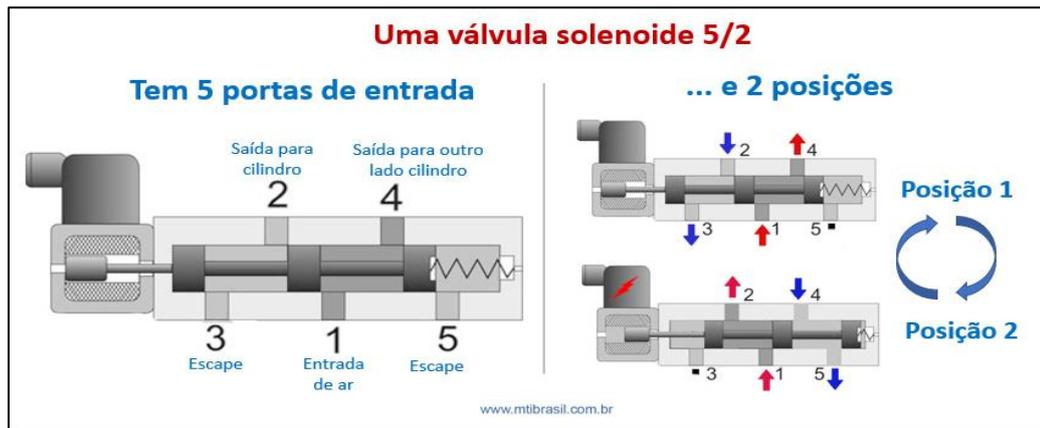
3.3 Válvula solenóide

Segundo Marins (2009, p.130):

Numa eletroválvula, hidráulica ou pneumática, a bobina do solenóide é enrolada em torno de um magneto fixo, preso à carcaça da válvula, enquanto que o magneto móvel é fixado diretamente na extremidade do carretel da válvula. Quando uma corrente elétrica percorre a bobina, um campo magnético é gerado e atrai os magnetos, o que empurra o carretel da válvula na direção oposta à do solenóide que foi energizado. Dessa forma, é possível mudar a posição do carretel no interior da válvula, por meio de um pulso elétrico.

No equipamento em análise será aplicada a válvula de cinco vias, com duas posições, com retorno por mola, que combinado com o cilindro nos permitirá um posicionamento em duas posições. Através da válvula solenoide é possível comutar a posição do cilindro, uma vez que em sua posição inicial ela da passagem para o retorno do ar comprimido de um dos lados da câmara e permite que a outra câmara seja preenchida com ar comprimido. Quando a bobina é imantada os processos se invertem, descarregando a câmara que estava preenchida de ar e carregando a câmara vazia, fazendo com que o cilindro se desloque para o lado oposto, conforme a Figura 9:

Figura 9 – Válvula 5/2 vias



Fonte: <https://www.mtibrasil.com.br/como-funciona-valvula-solenoide-52.php>

3.4 Inversores de frequência.

Considerado por FRANCHI (2008) como o método de controle de velocidade mais eficiente para motores de indução trifásicos, os inversores de frequência são dispositivos eletrônicos responsáveis pela variação de frequência na fonte alimentadora dos motores. Esta variação através dos conversores proporciona um ajuste contínuo de velocidade e conjugado com relação ao esforço mecânico. Para isso, os inversores de frequência modulam sua relação de tensão e frequência proporcionalmente.

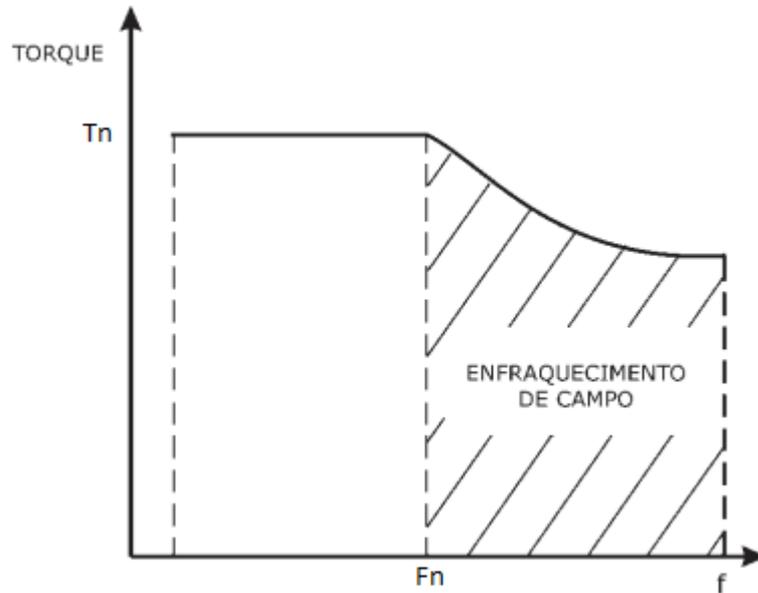
Basicamente estes dispositivos fazem a conversão de corrente alternada para corrente contínua através de um circuito retificador, criando assim o barramento de corrente contínua ou circuito intermediário, que finalmente é transformado em corrente alternada novamente através do conversor, que é responsável pelo controle da saída através de seus tiristores (normalmente transistor bipolar de porta isolada ou IGBT).

O controle é feito através do circuito de comando que é responsável por realizar as leituras dos dados de processo e gerar os pulsos para o controle dos transistores de potência que controla a frequência de comutação do transistor através do controle por largura de pulso. Como a modulação da frequência é feita através do barramento de corrente contínua a frequência da rede não irá interferir na frequência de saída do equipamento, o que permite que sua frequência de saída seja maior do que a frequência de entrada.

Segundo FRANCHI (2008) a partir do momento em que a frequência de saída ultrapassa a nominal do motor ocorre o fenômeno de enfraquecimento de campo, pois o sinal imposto a armadura gera a manutenção da tensão, reduzindo assim o conjugado e

consequentemente o fluxo magnético, reduzindo assim o torque disponível pelo motor, como mostrado na Figura 10:

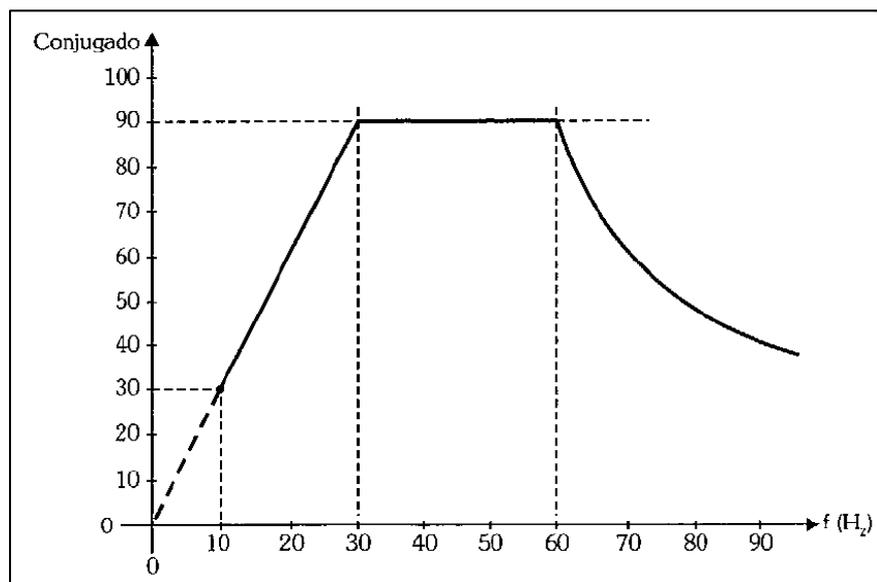
Figura 10 - Enfraquecimento de campo



Fonte: FRANCHI (2008 p.200)

Por conta deste fator os fabricantes recomendam a seguinte curva de carga para motores de indução trifásicos:

Figura 11 - Curva de carga



Fonte: FRANCHI (2008 p.201)

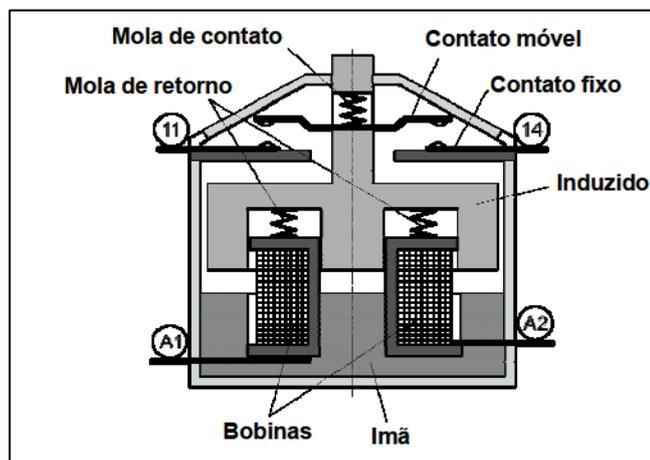
Para BROCKVELD JUNIOR (2015) o controle de velocidade dos motores permite que eles trabalhem abaixo da velocidade nominal reduzindo assim seu consumo de energia elétrica, ou trabalhem acima da velocidade nominal para suprirem uma demanda de variação de velocidade, assim na aplicação do mesmo motor em situações diferentes.

3.5 Contator

Para motores onde não é necessário o controle de velocidade o método mais aplicado é a partida direta, onde o contator apenas liga e desliga o motor. Este tipo de partida pode ser empregado a motores de baixa potência, normalmente até 10CV segundo Souza (2014).

Segundo Souza (2014) o contator é o principal componente de uma partida direta, ele permite que façamos manobras em circuitos de potência utilizando baixos níveis de corrente e caracteriza-se por ser constituída pelo seu conjunto de contatos e uma bobina, que quando alimentada une estes contatos através da magnetização do conjunto. Podendo ser representada fisicamente pela Figura 12:

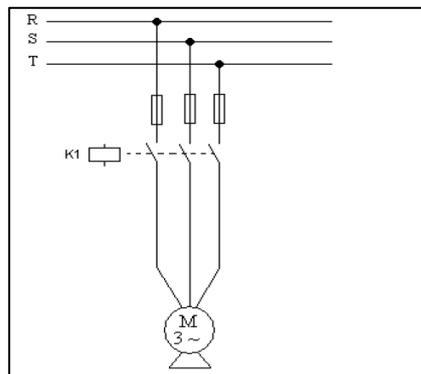
Figura 12 – Contator



Fonte: SILVA (2014 p.63)

Uma partida direta de um motor pode ser expressa pela Figura 13, onde K1 é o contator:

Figura 13 - Partida direta



Fonte: SOUZA (2014 p.68)

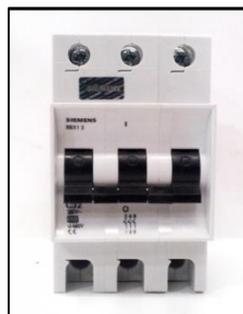
3.6 Disjuntor

Utilizados para a proteção contra curto-circuito, segundo FRANCHI (2008) é uma ligação de baixa impedância entre dois potenciais elétricos e pode se originar de diversos fatores: falta de reaperto, falhas de isolamento do condutor, água nos condutores, entre outros. O disjuntor possui uma ação multipolar onde em caso de falta ou sobrecarga no circuito irá disparar um dispositivo termomagnético que abrirá seus contatos e interromperá o circuito. Este dispositivo deve ser dimensionado de acordo com a capacidade de condução dos condutores, a curva de disparo e respeitando a corrente de curto-circuito do alimentador.

Segundo SOUZA (2014) a grande vantagem dos disjuntores em relação aos fusíveis é a sua capacidade de re-ligamento após a falta sem ser realizado sua substituição. O que torna o processo de reestabelecimento da energia elétrica mais rápido e com menor custo.

Na Figura 14 é representado um disjuntor trifásico comercial:

Figura 14 - Disjuntor Trifásico



Fonte: <http://www.portaleletricista.com.br/disjuntor-trifasico/>

3.7 Disjuntor motor

O disjuntor motor engloba as funções de proteção e manobra em um único dispositivo que de acordo com FRANCHI (2008) são utilizados para a proteção de motores contra sobrecarga, sobrecorrentes e abertura de circuitos trifásicos e também tem a capacidade de abertura e fechamento de circuitos sob carga. Operam de modo multipolar, impedindo falhas por falta de fase. Permitem ajuste de corrente nominal dentro de sua faixa de trabalho através de um ajuste mecânico no disparador e protegem o circuito contra curto circuito através de um disparador eletromagnético, assim como contra sobrecorrentes e sobrecargas através de seu disparador magnético ou térmico, não atuando durante as correntes de partida.

Figura 15 - Disjuntor Motor



Fonte: <https://www.sabereletrica.com.br/disjuntor-motor/>

3.8 Relé

Segundo RIBEIRO (2003) o relé pode ser definido como um bloco de contatos comutado através de uma bobina, ligando e desligando um circuito elétrico sem a interferência humana através de botoeiras ou chaves manuais. Podendo ser considerado com um amplificador de potência, pois através de seus contatos de chaveamento permite que uma corrente e tensão muito maiores do que a de seu comando sejam acionadas.

Por exemplo, um relé de corrente de bobina de 0,005A com tensão de 24VCC pode controlar uma carga de 10A com tensão de 380V, o que o torna essencial nos processos de automação, uma vez que estes dispositivos de acordo com SOUZA (2014) permitem que

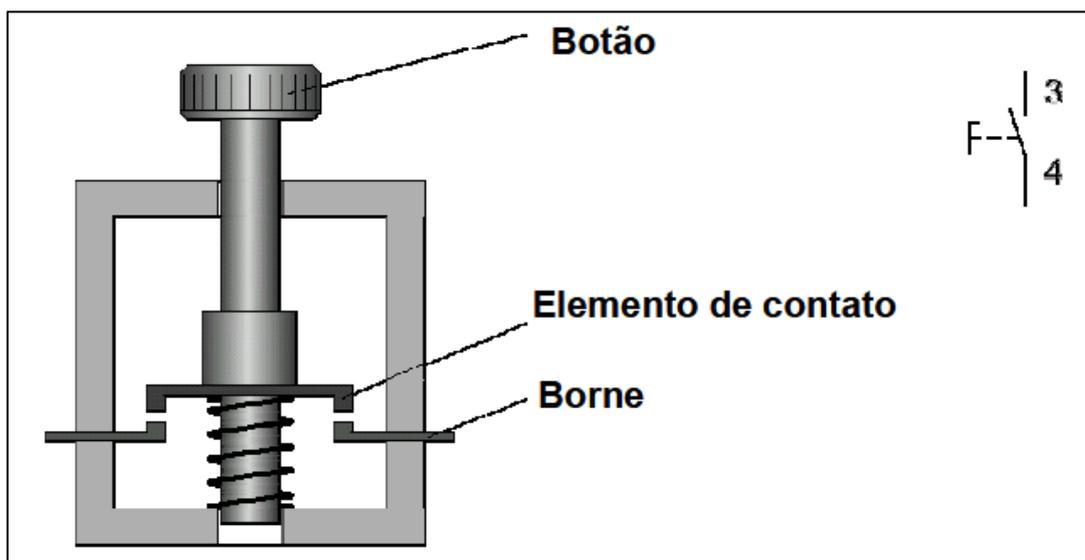
Figura 17 – Botoeiras



Fonte: SOUZA (2014 p.52)

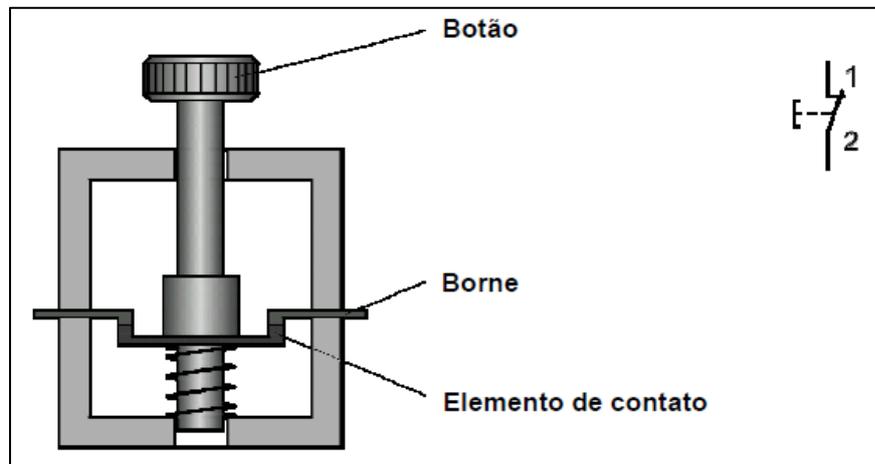
Já seus contatos podem ser visualizados de acordo com as figuras 18 e 19:

Figura 18 - Contato NA



Fonte: SOUZA (2014 p.52)

Figura 19 - Contato NF



Fonte: SOUZA (2014 p.53)

4 PROJETO ELÉTRICO DO SISTEMA AUTOMATIZADO

Para a construção do projeto elétrico do sistema é necessário que tenhamos o conhecimento da norma brasileira NBR 5410 (2004), no qual trata de instalações elétricas de baixa tensão, e tem o objetivo de definir os requisitos mínimos para a segurança e de pessoas e animais, bem como a integridade e funcionamento deste tipo de instalação. Definindo como baixa tensão as instalações abaixo de 1000V em corrente alternada e com frequência abaixo de 400 Hz ou menores que 1500V em corrente contínua.

Para o início de um projeto elétrico é preciso que façamos o levantamento sobre as cargas aplicadas ao equipamento que serão definidas de acordo com os equipamentos a serem utilizados. Para isso é feito o levantamento dos motores segundo o Quadro 1:

Quadro 1 - Especificação dos motores utilizados

Descrição	Potência KW
Rosca dosadora de farinha	0,18
Bomba de agua	0,18
Rosca dosadora de ovos em pó	0,25
Agitador de farinha	0,25
Rosca de carga de ovos em pó	0,18
Pré-misturador	2,00
Misturador 1	4,00
Misturador 2	4,00
Esteira elevatória	0,37

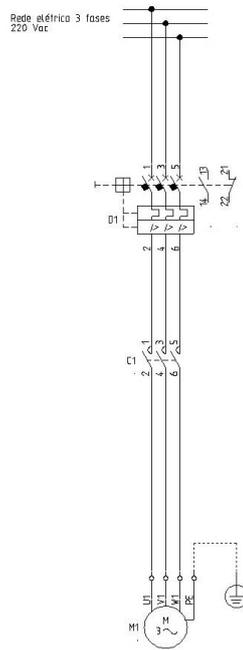
Fonte: Próprio autor.

A definição do tipo de acionamento irá depender do controle necessário para a aplicação. Os motores que tem velocidade variável dependerão da utilização de um inversor de frequência, enquanto os de velocidade fixa são acionados por contadoras e tem sua velocidade reduzidas e controladas mecanicamente por redutores de velocidade, que não são o alvo deste trabalho.

Para o equipamento estudado será necessário a aplicação dos inversores de frequência para os motores onde serão efetuadas as dosagens das matérias primas, assim os motores da bomba de agua e das dosagens de farinha e ovos serão contemplados com este tipo de acionamento. Enquanto os demais motores serão acionados através de partida direta, pois não terão necessidade de controle de velocidade.

De acordo com FRANCHI o esquema de potência para partidas diretas pode ser verificado na Figura 20.

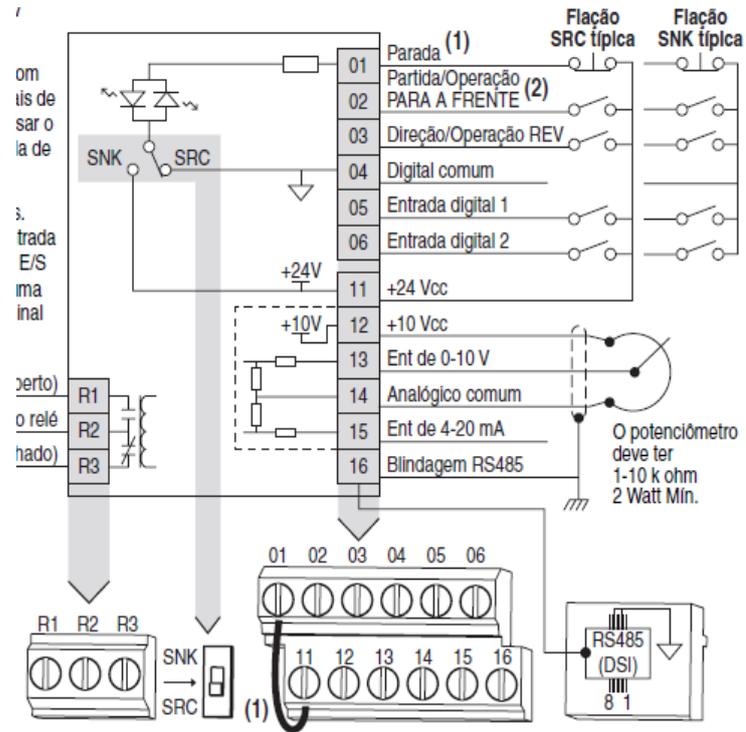
Figura 20 - Esquema Partida Direta



Fonte: <https://blog.silvatronics.com.br/partida-direta/>

Para os motores com acionamento eletrônico será definido a carga a partir do manual do conversor aplicado, respeitando suas proteções e consumo interno de energia. Para esta aplicação serão utilizados inversores de frequência da marca Rockwell, modelo PowerFlex 22A o qual está disponível no almoxarifado da empresa em questão e é padronizado internamente. O modelo especificado de acordo com a potência e o fabricante é definido por 22A-D1P4N104 que suporta na saída até 0,4KW e 1,4A de corrente, atendendo assim os três motores a serem controlados. Já sua entrada é especificada em 1,4kVA de potência e corrente de 1,8A que designa um disjuntor motor de 2,4A como proteção. E possui o seguinte esquema de ligação de acordo com Allen Bradley (2016):

Figura 21 – Esquema de ligação inversor PowerFlex4.



Fonte: Allen Bradley (2016 p.3)

As proteções podem ser verificadas na Figura 22. Um exemplar do inversor pode ser visualizado na figura 23:

Figura 22 - Especificação, fusíveis e disjuntores.

Português-3

Especificações, fusíveis e disjuntores									
Classificações do inversor									
Número de catálogo	Classificações de saída		Classificações de entrada			Proteção do circuito de derivação			Dissipação de energia IP20 aberto Watts
	kW (HP)	A	Faixa de tensão	kVA	A	Fusíveis	Protetores do motor 140M	Contatores	
100 - 120 Vca (±10%) - entrada monofásica, 0 - 230 V saída trifásica									
22A-V1P5N104	0,2 (0,25)	1,5	90-126	0,75	6,0	10	140M-C2E-C10	100-C09	32
22A-V2P3N104	0,4 (0,5)	2,3	90-126	1,15	9,0	15	140M-C2E-C16	100-C12	40
22A-V4P5N104	0,75 (1,0)	4,5	90-126	2,25	18,0	30	140M-D8E-C20	100-C23	55
22A-V6P0N104	1,1 (1,5)	6,0	90-126	3,0	24,0	40	140M-D8E-C25	100-C37	80
200 - 240 Vca (±10%) - entrada ⁽¹⁾ monofásica, 0 - 230 V saída trifásica, SEM FREIOS									
22A-A1P4N103	0,2 (0,25)	1,4	180-265	0,7	3,2	6	140M-C2E-B40	100-C09	32
22A-A2P1N103	0,4 (0,5)	2,1	180-265	1,05	5,3	10	140M-C2E-B63	100-C09	40
22A-A3P6N103	0,75 (1,0)	3,6	180-265	1,8	9,2	15	140M-C2E-C16	100-C12	55
22A-A6P8N103	1,5 (2,0)	6,8	180-265	3,4	14,2	25	140M-C2E-C16	100-C16	85
22A-A9P6N103	2,2 (3,0)	9,6	180-265	4,8	19,6	30	140M-D8E-C25	100-C23	125
200 - 240 Vca (±10%) - entrada ⁽¹⁾ monofásica, 0 - 230 V saída trifásica									
22A-A1P5N104	0,2 (0,25)	1,5	180-265	0,75	5,0	10	140M-C2E-B63	100-C09	32
22A-A2P3N104	0,4 (0,5)	2,3	180-265	1,15	6,0	10	140M-C2E-B63	100-C09	40
22A-A4P5N104	0,75 (1,0)	4,5	180-265	2,25	10,0	15	140M-C2E-C16	100-C12	55
22A-A6P0N104	1,5 (2,0)	8,0	180-265	4,0	18,0	30	140M-D8E-C20	100-C23	85
200 - 240 Vca (±10%) - entrada trifásica, 0 - 230 V saída trifásica									
22A-B1P5N104	0,2 (0,25)	1,5	180-265	0,75	1,8	3	140M-C2E-B25	100-C09	32
22A-B2P3N104	0,4 (0,5)	2,3	180-265	1,15	2,5	6	140M-C2E-B40	100-C09	40
22A-B4P5N104	0,75 (1,0)	4,5	180-265	2,25	5,2	10	140M-C2E-C10	100-C09	55
22A-B8P0N104	1,5 (2,0)	8,0	180-265	4,0	9,5	15	140M-C2E-C16	100-C12	85
22A-B012N104	2,2 (3,0)	12,0	180-265	5,5	15,5	25	140M-C2E-C16	100-C16	125
22A-B017N104	3,7 (5,0)	17,5	180-265	8,6	21,0	30	140M-F8E-C25	100-C23	180
380 - 480 Vca (±10%) - entrada trifásica, 0 - 460 V saída trifásica									
22A-D1P4N104	0,4 (0,5)	1,4	340-528	1,4	1,8	3	140M-C2E-B25	100-C09	35
22A-D2P3N104	0,75 (1,0)	2,3	340-528	2,3	3,2	6	140M-C2E-B40	100-C09	50
22A-D4P0N104	1,5 (2,0)	4,0	340-528	4,0	5,7	10	140M-C2E-B63	100-C09	70
22A-D6P0N104	2,2 (3,0)	6,0	340-528	5,9	7,5	15	140M-C2E-C10	100-C09	100
22A-D8P7N104	3,7 (5,0)	8,7	340-528	8,6	9,0	15	140M-C2E-C16	100-C16	150
Classificações de entrada/saída					Aprovações				
Frequência de saída: 0-240 Hz (Programável)					UL				
Eficiência: 97,5% (Típica)					CSA 22.2				
Entrada de energia: 60Hz (controla de entrada: 50/60Hz)					IEC 60364-4-41				
					EMC Directive 89/368/EEC, CE EN 55014				
					EMC EN 50081-3				

Fonte: Allen Bradley (2016 p.3)

Figura 23 - Inversor PowerFlex 4



Fonte: Allen Bradley (2016 p.1)

Os demais motores têm sua proteção definidas pela sua corrente nominal gravadas em sua placa de identificação. Portanto redefine-se as cargas de acordo com a Quadro 2:

Quadro 2 - Cargas dos motores

Descrição	Potência KW	Corrente (A)
Rosca dosadora de farinha	0,18	2,4
Bomba de água	0,18	2,4
Rosca dosadora de ovos em pó	0,25	2,4
Agitador de farinha	0,25	0,9
Rosca de carga de ovos em pó	0,18	0,5
Pré-misturador	2,00	5,5
Misturador 1	4,00	8,5
Misturador 2	4,00	8,5
Esteira elevatória	0,37	1,12
Total	11,41	32,22

Fonte: Próprio autor.

Além das cargas de motores precisamos levar em conta as cargas de potência do comando elétrico que serão definidas conhecendo os componentes de acionamento do sistema. Primeiramente precisamos definir a fonte de alimentação que transformará os 380V em corrente alternada de entrada do equipamento em 24V em corrente contínua. Para tal definiremos os componentes de carga a serem utilizados para os acionamentos.

As contatoras são os dispositivos responsáveis por realizar a ligação dos motores que não necessitam de controle de velocidade e conforme foi citado acima somam um total de seis itens, ou seja, utilizaremos seis contatoras para manobramos os circuitos de força do sistema. O modelo a ser utilizado será o LC1D25BD da fabricante Schneider Electric que está disponível no estoque da empresa e já é um item de reposição existente em outros equipamentos. E ainda possui a corrente nominal de operação (25A) acima de todos os valores de corrente dos motores do equipamento suportando assim sua carga de operação. De acordo com a SCHNEIDER ELECTRIC (2019) para o circuito de comando define-se uma bobina de manobra com a potência de 5,4W e como a potência é definida por $P = V.I$, divide-se a potência de operação (5,4W) pela tensão de operação (24V) e obtemos o valor de 0,225A por dispositivo. Ou seja, um total de 1,35A para o comando.

Figura 24 - Contatora 25A



Fonte: <https://www.alusolda.com.br/loja/produto/contator-tripolar25a24v-para-maquinas-de-solda-schneider-eletric.html>

Ainda definindo a carga dos atuadores teremos uma bobina de controle da comporta de descarga da mistura para a esteira elevatória, a bobina a ser utilizada será de corrente contínua e com tensão de operação de 24V. Sendo atribuída a ela o modelo MSFG-24/42-50/60-OD que segundo FESTO (2018) possui uma potência de 5,4W, e seguindo o mesmo calculo efetuado para a contatora possuirá uma corrente de 0,225A.

Figura 25 - Bobina Solenóide Festo

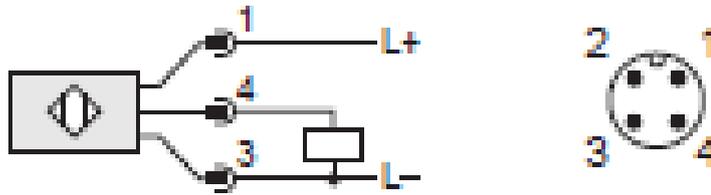


Fonte: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ENUS/PDF/US/VACS_ENUS.PDF

Para os componentes de entrada teremos a carga de um sensor do tipo capacitivo que medirá o nível de farinha no misturador e um sensor do tipo fotoelétrico difuso que definirá o nível do tanque reservatório do próximo equipamento da linha de produção. Além do sensor fotoelétrico difuso para o misturador de massa. Os quais serão fornecidos pela empresa através de seu almoxarifado.

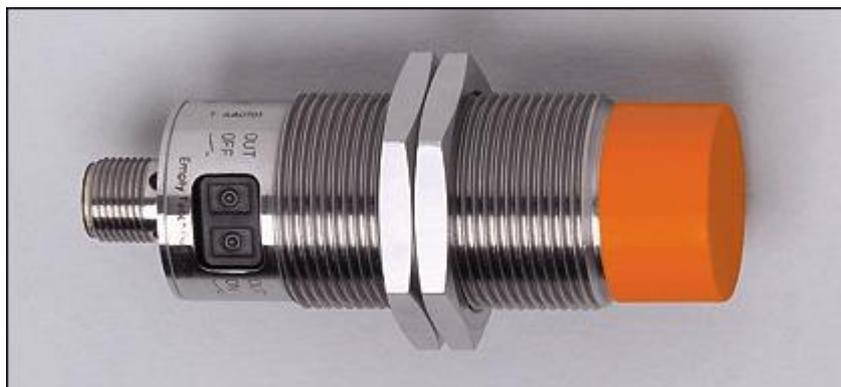
Para o sensor capacitivo definiu-se o modelo KI5087 da fabricante IFM que segundo IFM (2019) possui uma carga de 0,2A e tem seu esquema de ligação definido pela Figura 26:

Figura 26 - Esquema Sensor capacitivo



Fonte: <https://www.ifm.com/pt/pt/product/KI5087>

Figura 27 - Sensor capacitivo IFM

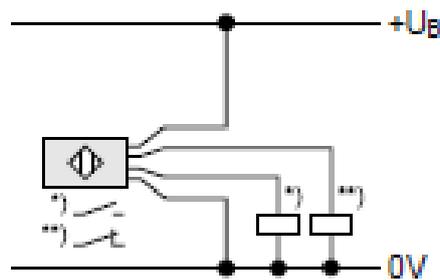


Fonte: <https://www.ifm.com/pt/pt/product/KI5087>

Já os dois sensores fotoelétricos difusos serão distintos devido a sua distância sensora e sua forma de montagem. O utilizado no tanque de mistura será do modelo OGT301 que possui formato cilíndrico e distância sensora de 2000mm, enquanto o do nível do próximo

equipamento será do tipo 06T301 que possui formato retangular e possui distância sensora de 200mm, ambos da fabricante IFM e também disponibilizados pelo estoque interno da unidade. Para definição de cargas verifica-se um consumo de operação de 0,2A para cada sensor totalizando assim 0,4A para os dois sensores, no qual são conectados de acordo com o esquema, mostrado na Figura 28:

Figura 28 - Esquema sensores fotoelétricos



4-wire technology
positive switching, normally closed
and normally open)

Fonte: <https://www.ifm.com/us/en/product/OGT301>

Figura 29 - OGT301



Fonte: <https://www.ifm.com/us/en/product/OGT301>

Figura 30 - 06T301



Fonte: <https://www.ifm.com/us/en/product/06T301>

De acordo com o item 12.4 da NR12 (2016) as medidas de proteção devem primeiramente ser de proteção coletiva, não sendo possível adota-se as medidas administrativas ou de organização do trabalho, se ainda não for suficiente para a segurança e a saúde dos colaboradores adota-se então a utilização de equipamentos de proteção individual.

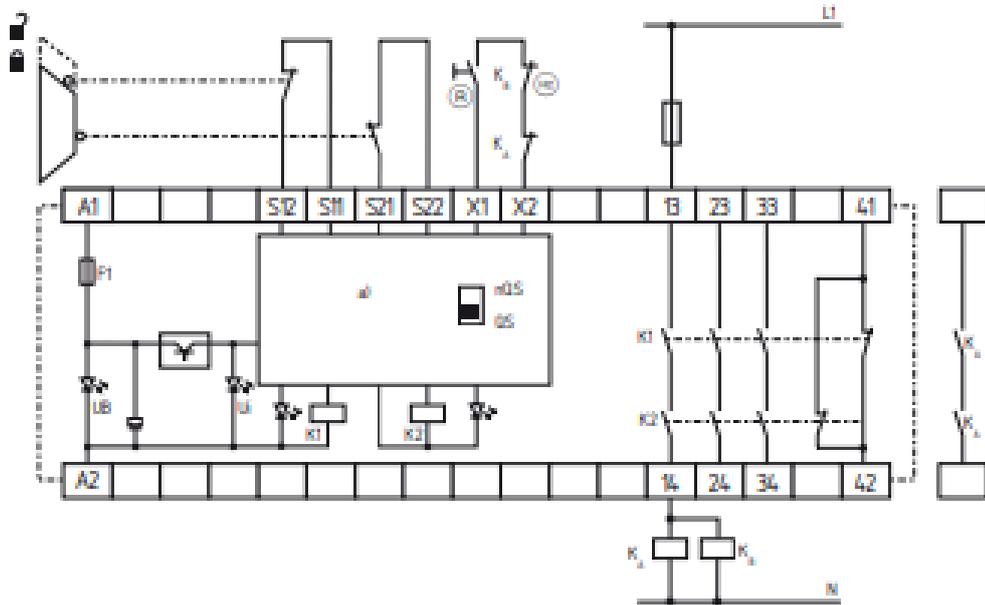
Segundo o item 12.58 da NR12 (2016) podem ser classificados como dispositivos de segurança comandos elétricos ou interfaces de segurança (Relés de segurança, CLPs de segurança), Chaves de segurança eletromecânicas, magnéticas ou eletrônicas codificadas, sensores de segurança (Cortinas de luz, monitores de áreas, sensores opto eletrônicos, scanners).

Segundo o item 12.58 da NR12 (2016) os dispositivos de emergência devem ser montados interconectados de forma a operar mesmo com as influências do meio em que se encontram. Possuir acionadores projetados para fácil operação quando necessário e que estes dispositivos sejam do tipo retentivos, sensor desacionado apenas com manobra mecânica realizada pelo operador intencionalmente. Dessa forma, retira-se qualquer outro comando e ser mantidos sob monitoramento por meio de sistemas de segurança, não podendo assim prejudicar qualquer meio de resgate a pessoas ou gerar risco adicionais quando acionadas.

A parada de emergência ainda deve exigir rearme manual do sistema pelo operador do equipamento, e deve rearmar apenas quando o problema for solucionado. Estes acionadores de rearme devem abranger uma área de visão de todo o equipamento.

Para a aplicação deste trabalho será definido um botão de emergência da marca Schneider Electric, modelo ZB4BX4 com dois contatos normalmente fechados monitorado por um relé de segurança marca Schmersal, modelo SRB301MC24V que possui o seguinte esquema de ligação, conforme mostrado na Figura 31:

Figura 31 - Esquema Relé de segurança



Fonte: Schmersal (2018 p.4)

Este relé será responsável por acionar duas contatoras com capacidade de carga de 40A ligadas em série da marca SIEMENS, modelo 3RT2023-1BB40 que desabilitarão todo o sistema de acionamento do equipamento. Adicionando uma carga de 1,2A ao circuito 24VDC. A figura 32 demonstra um botão de emergência comercial e a figura 33 um relé de segurança comercial.

Figura 32 - Botão de emergência



Fonte: Arquivo do autor

Figura 33 - Relé de segurança



Fonte: <https://www.schmersal.net/cat?lang=pt&produkt=2go733331avqalmlycl69217hxkn5j>

Figura 34 - contatora 40A

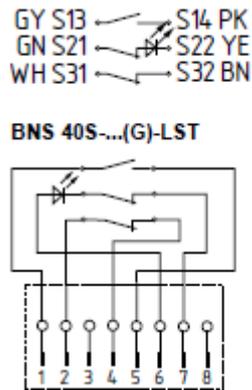


Fonte:

<https://support.industry.siemens.com/tedservices/DatasheetService/DatasheetService?format=pdf&mlfbs=3RT2023-1BB40&language=en&caller=SIOS>

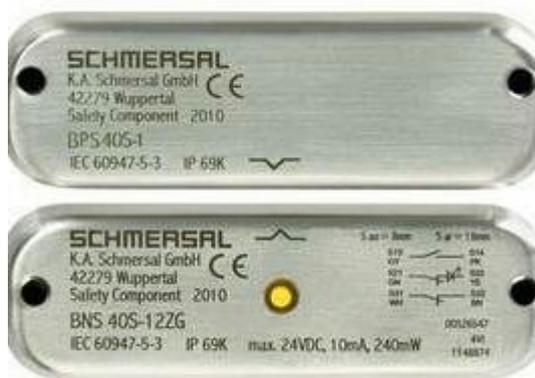
Para os misturadores (batedores) é requerida chave magnética monitorada por relé de segurança para as tampas do mesmo. Para tal, será utilizada uma chave magnética para cada porta da marca Schmersal, modelo BNS 40S-12ZG-C que serão ligadas em série e serão monitoradas por um relé de segurança da marca Schmersal, modelo SRB301MC24V, no qual somam 0,5 A ao circuito de comando e possuem o esquema elétrico definido conforme a Figura 35:

Figura 35 - Esquema Sensor magnético



Fonte: http://www.schmersal.com.br/seguranca/produto/?tx_mfproducts_products%5Bfile%5D=Manual-BNS-40S-12ZG-C.pdf&cHash=527b99a43b0ae49550372a85f8684603

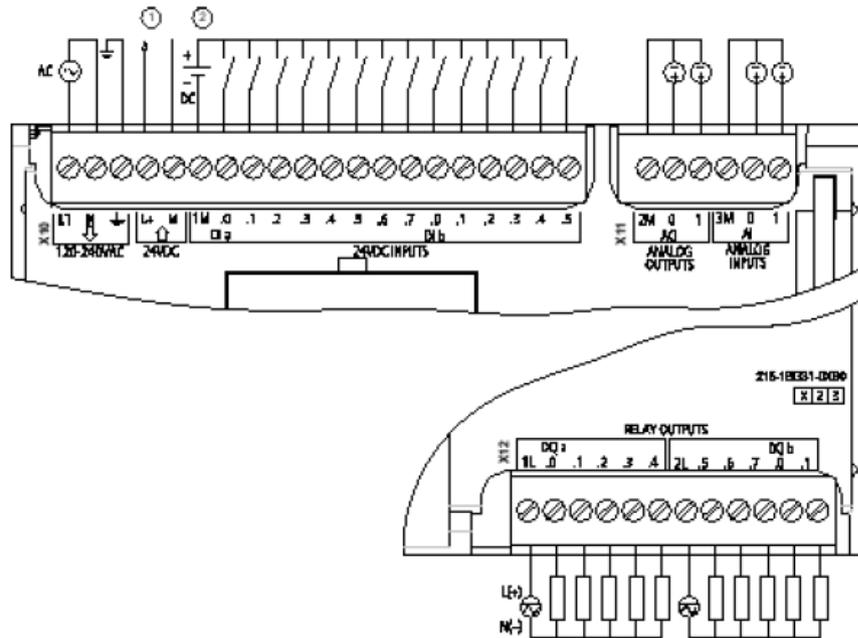
Figura 36 - Sensor magnético de segurança



Fonte: http://www.schmersal.com.br/seguranca/produto/?tx_mfproducts_products%5Bfile%5D=Manual-BNS-40S-12ZG-C.pdf&cHash=527b99a43b0ae49550372a85f8684603

Para os elementos de controle será utilizado um CLP da marca SIEMENS modelo S7-1200 CPU1215 AC/DC/RLY que possui o código do fabricante 6ES7 215-1BG40-0XB0, e como trata de um modelo compacto já vem incluso 14 entradas digitais e 10 saídas digitais, e segundo SIEMENS (2019) possui uma memória para programação de 125Kbyte e uma corrente de operação de 0,1A e trabalha em 220VAC, possuindo o seguinte esquema de ligação, conforme mostra a Figura 37:

Figura 37 - Esquema CLP



Fonte: https://www.siemens.help/produto/20672/s7-1200-1215c-6es7215-1bg40-0xb0?gclid=CjwKCAjw7MzkBRAGEiwAkOXexP9OAWYlxPo3Slkfhy9sr2f2DIYpl4EG0QkrIEdXCVwDDCfZFj9uahoCgDcQAvD_BwE

Um módulo de entradas e saídas digitais composto por 16 entradas digitais e 16 saídas digitais que possui o código do fabricante designado por 6ES7223-1BL32-0XB0 e segundo SIEMENS (2019) tem um consumo de 0,185A para operação mais 0,004A por canal de entrada totalizando 0,25A, operando com uma tensão de 24VDC e um cartão de saídas analógicas com 4 canais visando atender os três motores com variação de velocidade definido pelo fabricante com o código 6ES7232-4HD32-0XB0, possuindo uma carga de 0,8A de acordo com SIEMENS (2019).

Figura 38 - CPU 1215C



Fonte: https://www.siemens.help/produto/20672/s7-1200-1215c-6es7215-1bg40-0xb0?gclid=CjwKCAjw7MzkBRAGEiwAkOXexP9OAWYlxPo3Slkfh9sr2f2DIYpl4EG0QkrIEdXCVwDDCfZFj9uahoCgDcQAvD_BwE

Figura 39 - Módulo 16DI/16DO



Fonte: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7223-1BL32-0XB0>

Figura 40 - Cartão de saídas analógicas



Fonte: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7232-4HD32-0XB0>

A IHM a ser utilizada será a KTP700 da marca siemens, que possui conexão profinet e funciona com toque na tela, possui código 6AV2123-2GB03-0AX0 e pode ser visualizada na figura 41.

Figura 41 - KTP700 Basic PN



Fonte: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html>

Definindo as cargas instaladas na fonte conforme o Quadro 3:

Quadro 3 - Cargas 24V

Acionamento	Corrente (A)
Contadoras de motores	1,35
Circuito de emergência	1,2
Circuito dos sensores de segurança	0,5
Bobina Solenoide	0,225
Sensor Capacitivo	0,2
Sensor Fotoelétrico cilíndrico	0,2
Sensor Fotoelétrico retangular	0,2
Modulo 4 saídas Analógicas	0,8
Modulo 16DI/16DO	0,25
TOTAL	4,925

Fonte: Próprio autor.

Assim, de acordo com o somatório do Quadro 3 temos uma carga total de 4,925A de corrente definimos então a fonte de alimentação comercial descrita pelo modelo 6EP1333-1LB00 e que segundo SIEMENS (2019) possui uma entrada 220VAC com um consumo de 1,15A e com capacidade de carga em 24VDC de 5A, que atende a carga requerida pelo sistema.

Figura 42 - Fonte



Fonte: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6EP1333-1LB00>

Portanto redefine-se as cargas de acordo com o Quadro 4:

Quadro 4 - Cargas redistribuídas

Descrição	Potência KW	Corrente (A)
Rosca dosadora de farinha	0,18	2,4
Bomba de agua	0,18	2,4
Rosca dosadora de ovos em pó	0,25	2,4
Agitador de farinha	0,25	0,9
Rosca de carga de ovos em pó	0,18	0,5
Pré-misturador	2,00	5,5
Misturador 1	4,00	8,5
Misturador 2	4,00	8,5
Esteira elevatória	0,37	1,12
Fonte 220/380 5 ^a		1,15
Total	11,41	33,37

Fonte: Próprio autor.

Assim sendo, o disjuntor geral a ser utilizado pelo sistema será de capacidade de carga maior que a corrente total do sistema, uma vez que todos os motores trabalham conjuntamente e o fator de demanda do projeto é iguala 1, porem é necessário que seja o mais próximo possível do valor da carga. Assim sendo, o disjuntor geral para o sistema é um disjuntor trifásico com capacidade de carga de 40A.

Atendendo os critérios das normas vigentes para instalações elétrica de baixa tensão (NBR5410) e a norma para desenho de diagramas elétricos (IEC 60617) tem-se então o diagrama elétrico descrito no apêndice.

5 ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA

Para o desenvolvimento e modelagem da programação do CLP existem vários procedimentos que podem ser adotados e segundo Franchi e Camargo (2008), com a criação destas variantes foi necessário estabelecer um padrão para o desenvolvimento dos controladores. Uma vez que é totalmente inviável aos empresários e gestores que a cada mudança de equipamento, seja devido a demanda ou atualização do sistema, que os funcionários tenham que ser treinados novamente perdendo assim todo o conhecimento adquirido no anterior.

Foi estabelecido então um padrão aberto para o desenvolvimento de CLPs, o que tornou padronizado o desenvolvimento dos fabricantes e foi regulamentado pela comissão internacional eletrotécnica (IEC) que determinou qual a metodologia seria utilizada para o desenvolvimento de hardware, instalação, testes, documentação, programação e comunicação. Sendo primeiramente nomeada como IEC 1131 e algum tempo depois renumerada para IEC61131. A qual tem suas principais características definidas nos parágrafos seguintes segundo Franchi e Camargo (2008).

Segundo INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (2003) é recomendado a inserção de comentários nas linhas de programação sempre que a sua interpretação não for óbvia.

O programa deve ser dividido em unidades organizacionais de programas e podem ser do tipo programas, blocos de funções ou funções.

As variáveis definem qual a posição de memória a ser acessada (entrada, saída ou memória interna). A segunda letra o tipo de dado (*Bit, Byte, Word, Double Word ou Long Word*). Os demais dígitos devem representar a posição em que a memória se encontra. Somente estes três tipos de memória podem possuir endereçamento direto e são reconhecidos pela utilização do símbolo “%” antes do endereço.

Segundo a IEC 61131 os tipos de dados básicos podem ser visualizados na Figura 43.

Figura 43- Tipos de dados

Palavra-chave	Tipodedado	Faixa de valores
BOOL	<i>Boolean</i>	0 ou 1
SINT	<i>Short Integer</i>	0 a 255
INT	<i>Integer</i>	-32 768 a +32 767
DINT	<i>Double Integer</i>	-2 147 483 648 a +2 147 483 647
UINT	<i>Unsigned Integer</i>	0 a 65 535
REAL	<i>Floating point</i>	+/-2.9E-39 a +/-3.4E+38
TIME	Tempo de duração	Depende da implementação
STRING	<i>String</i>	Depende da implementação
BYTE	8 bits	Faixa de valores não declarada
WORD	16 bits	Faixa de valores não declarada

Fonte: Franchi e Camargo (2008 p.99)

As STRINGS são uma sequência de caracteres entre aspas simples e normalmente são utilizadas para comunicação com outros sistemas.

Os marcadores de tempo devem ser prescindidos de sua inicial e o símbolo “#” e podem ser do tipo tempo, data, hora do dia ou data e hora. E podem ser verificados na figura 44.

Figura 44 - Nomenclatura de tempos

Descrição	Exemplos
Tempo de duração	T#18ms, t#3m4s, t#3.5s t#6h_20m_8s TIME#18ms
Data	D#1994-07-21 DATE#1994-07-21
Hora do dia	TOD#13:18:42.55 TIME_OF_DAY#13:18:42.55
Data e hora	DT#1994-07-21-13:18:42.55 DATE AND TIME#1994-07-21-13:18:42.55

Fonte: Franchi e Camargo (2008 p.101)

O endereçamento simbólico não deve diferenciar maiúsculas e minúsculas, não sendo permitidos caracteres especiais, a não ser o sublinhado que também não pode ser subsequente a outro sublinhado, não é permitido o início do endereço com números e não são permitidos espaços em branco.

Todas as variáveis utilizadas em um bloco de programação devem ser declaradas no início da mesma. Podendo ser do tipo local, quando é utilizada apenas no bloco em que se declara ou global quando acessada por outros blocos.

As linguagens de programação definidas na norma IEC61131 podem ser definidas da seguinte forma:

1. Diagrama de Blocos de Funções (FBD);
2. Linguagem Ladder (LD);
3. Sequenciamento gráfico de Funções (SFC);
4. Lista de Instruções (IL);
5. Texto Estruturado (ST).

Para o desenvolvimento do sistema em análise será utilizado a linguagem Ladder com o objetivo de facilitar a compreensão dos técnicos de manutenção, por ser de fácil compreensão e baseada em diagramas de comandos elétricos. Os quais os profissionais de manutenção elétrica possuem facilidade de leitura e interpretação.

Segundo Parede (2011) A linguagem Ladder foi a primeira linguagem a ser utilizada pelos fabricantes de CLPs e é possível encontra-la em quase todos os equipamentos comerciais da atualidade. Bobinas e contatos são utilizados nesta linguagem como forma de analogia a lógica de relés de comandos e acionamentos, corriqueiramente encontrada em painéis anteriores ao surgimento dos controladores lógicos programáveis.

Além destes a grande revolução nos equipamentos foi a incorporação de blocos de funções dentro do CLP, como contadores, temporizadores, operações aritméticas, entre outras. Que dão maior agilidade ao processo de construção de um equipamento e proporcionam melhor controle sobre os dados do processo.

O início do projeto de automação de qualquer equipamento se dá na especificação dos materiais. Onde é definido o número de entradas e saídas digitais que o sistema deverá possuir, sua forma de comunicação o número de entradas e saídas analógicas, memória de programação e velocidade de processamento.

Para o projeto em questão as entradas e saídas foram dimensionadas em campo, analisando o processo e a forma construtiva do equipamento, mantendo sempre entradas e saídas reserva para caso uma destas venha a apresentar problemas conforme recomenda Parede (2011). Com base nestes estudos encontrou-se as características apresentadas nos Quadros 5, 6 e 7:

Quadro 5 – Entradas Digitais

1	RELE DE SEGURANÇA
2	BOTÃO DESLIGA
3	BOTÃO LIGA
4	SENSOR CAPACITIVO FALTA DE FARINHA
5	EMERGENCIA PRESSIONADA
6	SENSOR MAGNÉTICO TAMPA MISTURADOR 1 ABERTA
7	SENSOR MAGNÉTICO TAMPA MISTURADOR 2 ABERTA
8	SENSOR FOTOELÉTRICO NIVEL DO MISTURADOR
9	SENSOR NIVEL DE MASSA BAIXO
10	Sobrecarga disjuntor F4 ROSCA DE DOSAGEM DE FARINHA
11	Sobrecarga disjuntor F5 ROSCA DE DOSAGEM DE OVOS
12	Sobrecarga disjuntor F6 BOMBA D'AGUA
13	Sobrecarga disjuntor F7 AGITADOR DE FARINHA
14	Sobrecarga disjuntor F8 ROSCA DE CARGA DE OVOS
15	Sobrecarga disjuntor F9 PRÉ MISTURADOR
16	Sobrecarga disjuntor F10 MISTURADOR 1
17	Sobrecarga disjuntor F11 MISTURADOR 2
18	Sobrecarga disjuntor F12 ESTEIRA ELEVATÓRIA
19	Reserva
20	Reserva
21	Reserva
22	Reserva
23	Reserva
24	Reserva
25	Reserva
26	Reserva
27	Reserva
28	Reserva
29	Reserva
30	Reserva

Fonte: Arquivo do Autor

Quadro 6 – Saídas digitais

Numero	Saídas Digitais
1	Requisição de farinha
2	Sinal Luminoso Maquina Ligada
3	Sinal Luminoso Maquina em alarme
4	Eletroválvula abre comporta
5	Sinal Luminoso Misturador Cheio
6	Sinal Luminoso Falta de Farinha
7	Habilita motor rosca dosadora de farinha
8	Habilita motor rosca dosadora de ovos
9	Habilita motor Bomba de agua
10	Habilita motor Agitador de farinha
11	Habilita motor Rosca de carga de ovos
12	Habilita motor Misturador 1
13	Habilita motor Misturador 2
14	Habilita motor Esteira elevatória
15	Reserva
16	Reserva
17	Reserva
18	Reserva
19	Reserva
20	Reserva
21	Reserva
22	Reserva
23	Reserva
24	Reserva
25	Reserva
26	Reserva

Fonte: Arquivo do autor.

Quadro 7 – Saídas analógicas

Numero	Saídas analógicas
1	Rosca dosadora de farinha
2	Rosca dosadora de ovos
3	Bomba de agua

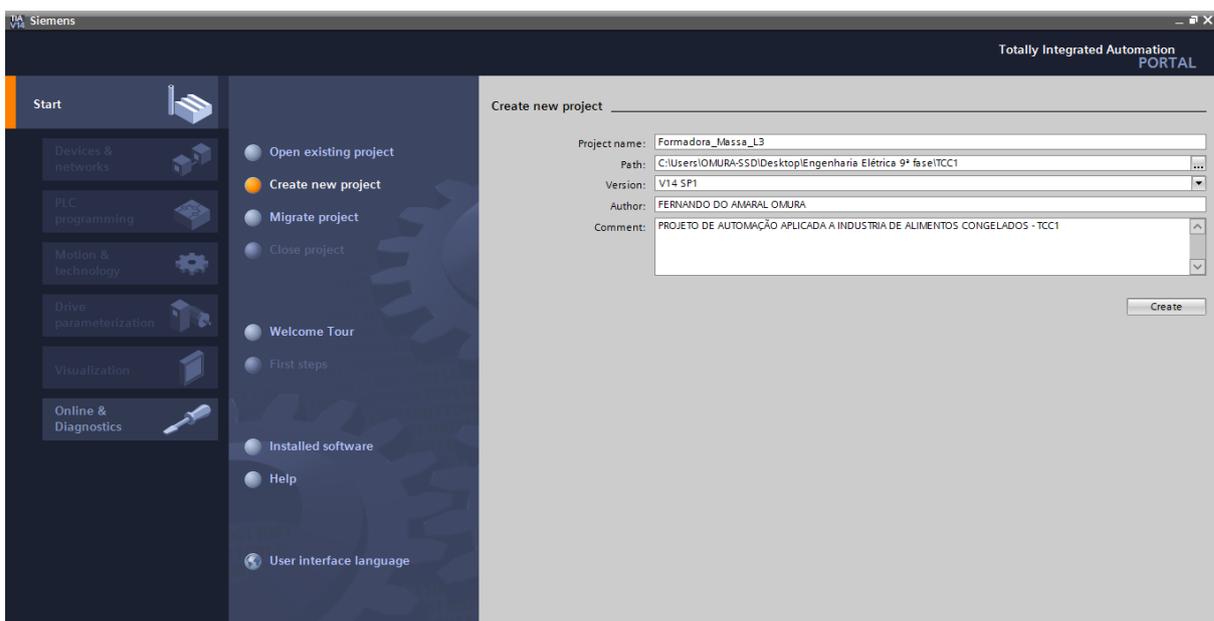
Fonte: Arquivo do autor.

Também foi definido a comunicação em PROFINET que já vem integrada tanto ao CLP quanto a IHM utilizadas no projeto e existentes no almoxarifado da empresa em questão.

Após definido o hardware do projeto inicia-se a construção da programação no software de engenharia da empresa fabricante do CLP, onde informaremos ao compilador o modelo de cada componente de hardware e suas devidas conexões, bem como o nome do projeto a ser criado.

Após abrir o software de engenharia do fabricante cria-se um novo projeto onde informamos o nome do projeto, caminho do arquivo, versão do software a ser salvo, autor do projeto e os comentários sobre o projeto conforme demonstra a Figura 45.

Figura 45 – Criando um projeto



Fonte: Arquivo do autor

Com o projeto criado informaremos ao software qual o modelo de hardware será utilizado e os periféricos a ele associados, bem como a forma de conexão entre os dispositivos. Neste caso se utilizará os componentes listados na tabela 8:

Quadro 8 – Componentes do sistema

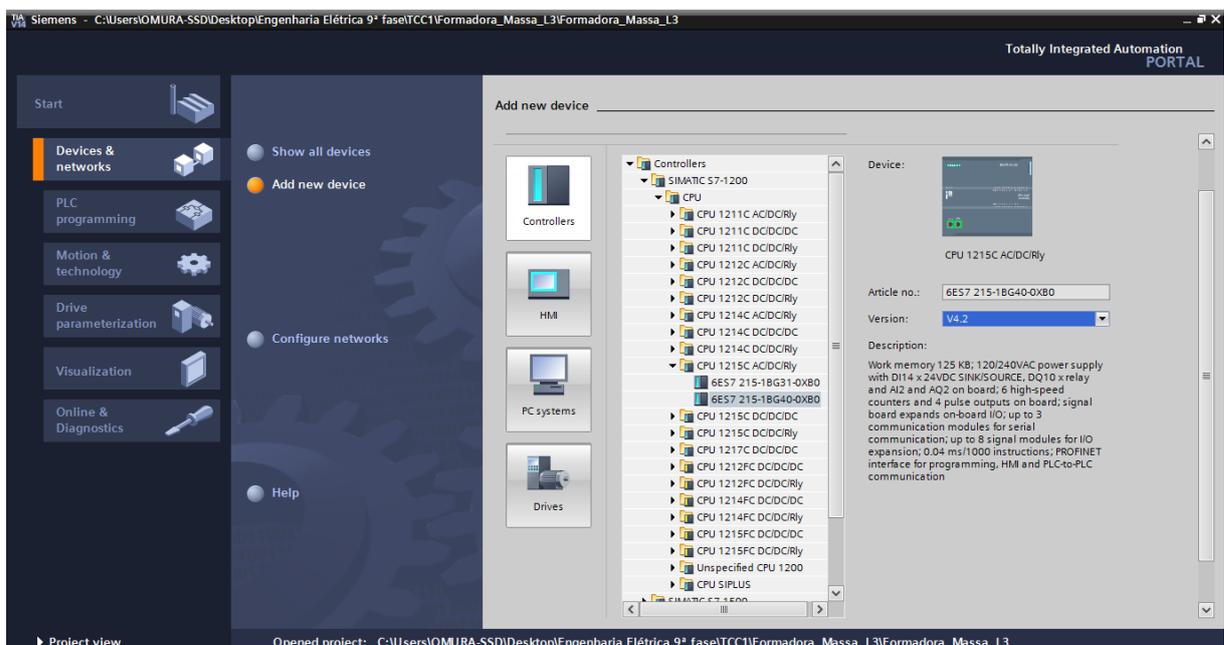
COMPONENETE	CÓDIGO DO FABRICANTE
CLP S7-1200 CPU 1215 AC/DC/RLY	6ES7 215-1BG40-0XB0
MÓDULO 16DI/ 16DO 24VDC	6ES7223-1BL32-0XB0
MÓDULO 4AO	6ES7232-4HD32-0XB0
IHM KTP700	6AV2123-2GB03-0AX0

Fonte: Arquivo do autor.

Os componentes devem ser adicionados ao projeto um a um, respeitando o código do fabricante, uma vez que cada versão tem sua particularidade e a informação incorreta acarretará em problemas durante a compilação do software.

A figura 46 demonstra a ação de adicionar um dispositivo dentro do software:

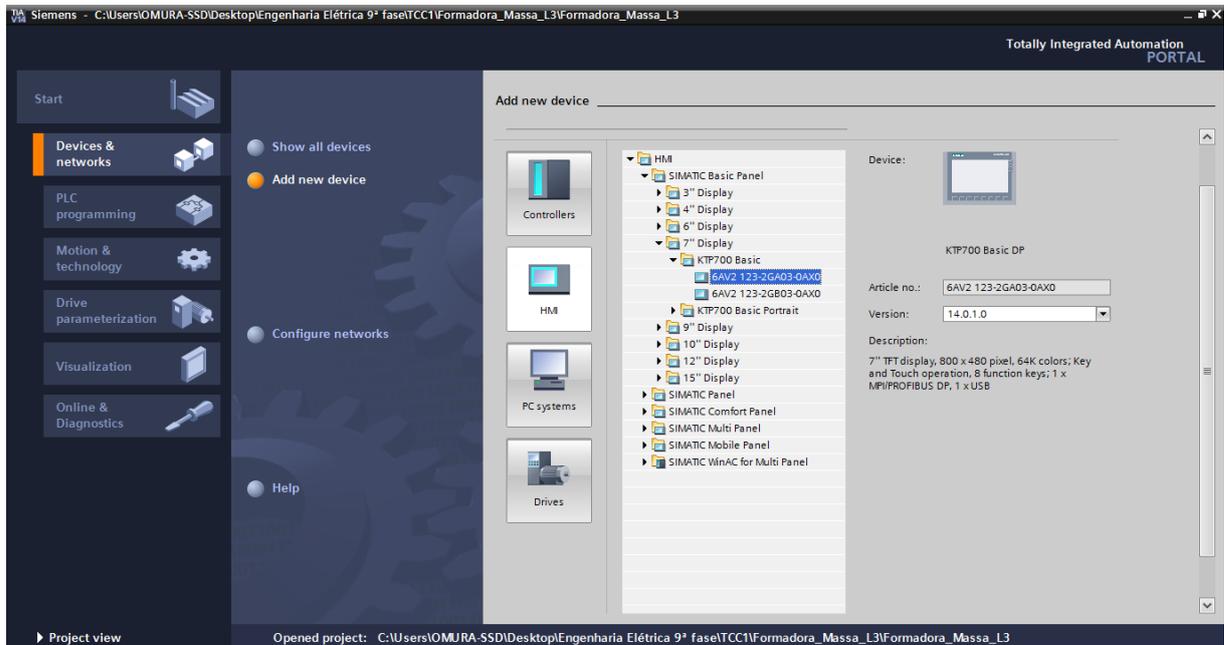
Figura 46 - Adicionando dispositivo de hardware



Fonte: Arquivo do autor.

Incluídos os dispositivos de processamentos e de entradas e saídas, adiciona-se a IHM conforme demonstra a imagem 47:

Figura 47 - Incluindo a IHM no projeto

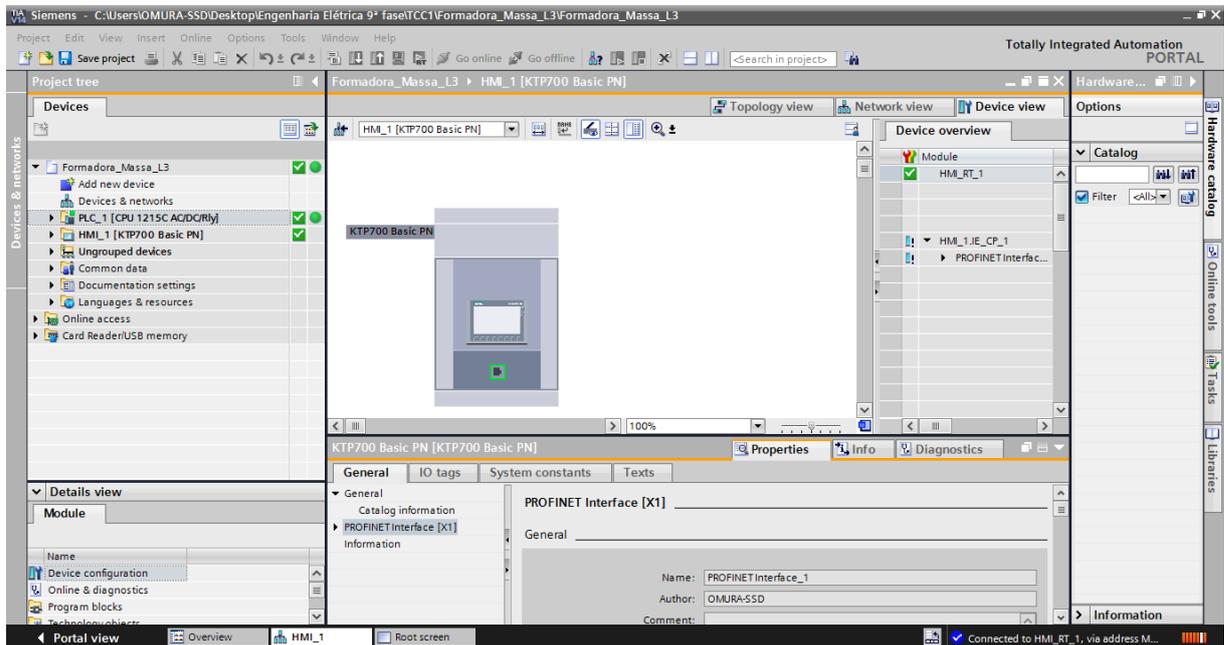


Fonte: Arquivo do autor.

Entretanto ao incluirmos um dispositivo que não está no barramento da unidade central de processamento precisamos definir alguns parâmetros básicos de comunicação e operação. Estes parâmetros a serem definidos ao incluirmos este dispositivo são perguntados através de um assistente de configuração que se abre automaticamente quando o incluimos no projeto, estas informações definem a qual CLP a IHM está conectada, se a IHM exibirá data e hora no cabeçalho, se haverá cabeçalho, quais os tipos de alarme a serem exibidos, qual a tela inicial e quais os botões padrões a serem exibidos.

Após inseridos todos os componentes ao projeto define-se o endereçamento do CLP e da IHM na rede e efetua-se a comunicação com os dispositivos verificando se a rede está estável. Se tudo estiver correto os ícones aparecem na cor verde conforme a Figura 48:

Figura 48 - Dispositivos online



Fonte: Arquivo do Autor.

Concluídos os testes se inicia a declaração das entradas digitais, saídas digitais e saídas analógicas através das configurações de hardware do dispositivo. Conforme os Quadros 9, 10 e 11 respectivamente.

Quadro 9 – Entradas digitais TAG

Número	Endereço	TAG
1	I0.0	RELÉ DE SEGURANÇA
2	I0.1	BOTÃO DESLIGA
3	I0.2	BOTÃO LIGA
4	I0.3	SENSOR CAPACITIVO FALTA DE FARINHA
5	I0.4	EMERGENCIA PRESSIONADA
6	I0.5	SENSOR MAGNÉTICO TAMPA MISTURADOR 1 ABERTA
7	I0.6	SENSOR MAGNÉTICO TAMPA MISTURADOR 2 ABERTA
8	I0.7	SENSOR FOTOELÉTRICO NIVEL DO MISTURADOR
9	I1.0	SENSOR NIVEL DE MASSA BAIXO
10	I1.1	Sobrecarga disjuntor F4 ROSCA DE DOSAGEM DE FARINHA
11	I1.2	Sobrecarga disjuntor F5 ROSCA DE DOSAGEM DE OVOS
12	I1.3	Sobrecarga disjuntor F6 BOMBA D'AGUA
13	I1.4	Sobrecarga disjuntor F7 AGITADOR DE FARINHA
14	I1.5	Sobrecarga disjuntor F8 ROSCA DE CARGA DE OVOS
15	I2.0	Sobrecarga disjuntor F9 PRÉ MISTURADOR
16	I2.1	Sobrecarga disjuntor F10 MISTURADOR 1
17	I2.2	Sobrecarga disjuntor F11 MISTURADOR 2
18	I2.3	Sobrecarga disjuntor F12 ESTEIRA ELEVATÓRIA
19	I2.4	Reserva
20	I2.5	Reserva
21	I2.6	Reserva
22	I2.7	Reserva
23	I3.0	Reserva
24	I3.1	Reserva
25	I3.2	Reserva
26	I3.3	Reserva
27	I3.4	Reserva
28	I3.5	Reserva
29	I3.6	Reserva
30	I3.7	Reserva

Fonte: Arquivo do autor.

Quadro 10 – Saídas digitais TAG

Numero	Endereço	TAG
1	Q0.0	Requisição de farinha
2	Q0.1	Sinal Luminoso Maquina Ligada
3	Q0.2	Sinal Luminoso Maquina em alarme
4	Q0.3	Eletroválvula abre comporta
5	Q0.4	Sinal Luminoso Misturador Cheio
6	Q0.5	Sinal Luminoso Falta de Farinha
7	Q0.6	Habilita motor rosca dosadora de farinha
8	Q0.7	Habilita motor rosca dosadora de ovos
9	Q1.0	Habilita motor Bomba de agua
10	Q1.1	Habilita motor Agitador de farinha
11	Q2.0	Habilita motor Rosca de carga de ovos
12	Q2.1	Habilita motor Misturador 1
13	Q2.2	Habilita motor Misturador 2
14	Q2.3	Habilita motor Esteira elevatória
15	Q2.4	Reserva
16	Q2.5	Reserva
17	Q2.6	Reserva
18	Q2.7	Reserva
19	Q3.0	Reserva
20	Q3.1	Reserva
21	Q3.2	Reserva
22	Q3.3	Reserva
23	Q3.4	Reserva
24	Q3.5	Reserva
25	Q3.6	Reserva
26	Q3.7	Reserva

Fonte: Arquivo do autor.

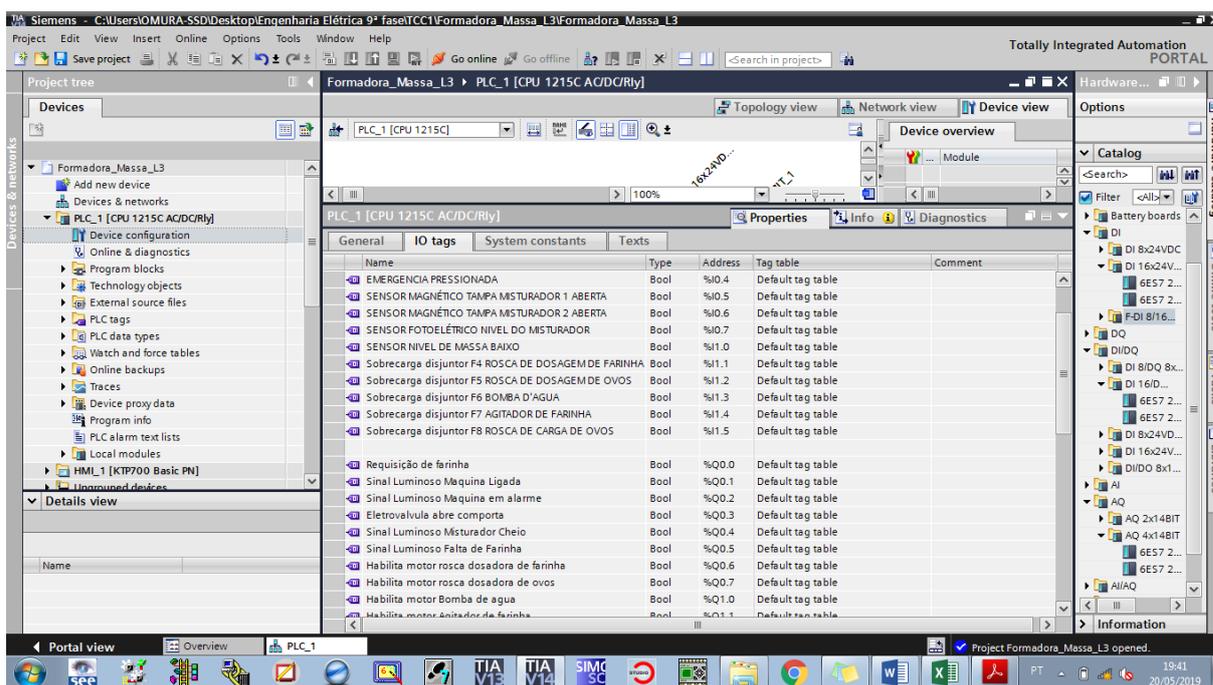
Quadro 11 - Saídas analógicas TAG

Numero	Endereço	TAG
1	QW112	Rosca dosadora de farinha
2	QW114	Rosca dosadora de ovos
3	QW116	Bomba de agua
4	QW118	RESERVA

Fonte: Arquivo do Autor

Para tal, é necessário que se acesse as configurações dos dispositivos de hardware, acesse o hardware a ser configurado e entre na aba “IO tags”, nesta página estarão todas as entradas e saídas do hardware selecionado e seus respectivos endereços. Associa-se então um marcador para cada endereço, denominado de “TAG”, que servirá como referência para utilização durante a programação. A figura 49 demonstra a definição das tags.

Figura 49 - Definição das tags



Fonte: Arquivo do autor.

Definidas as entradas e saídas, bem como, suas respectivas tags, é necessário que se estruture a programação com seus respectivos blocos de funções conforme define a IEC 61131-3. De acordo com a SIEMENS(2019) em seu software de engenharia estão disponíveis os Blocos Organizacionais (OB) que correspondem diretamente a eventos ocorridos na CPU ou interrupções definidas pelo programador. O bloco cíclico principal é criado juntamente

com o projeto (OB 1 - MAIN), outros blocos organizacionais com funções específicas podem ser adicionados ao projeto com o intuito de serem executados separadamente do bloco principal e interromperem a execução do bloco principal. Um exemplo deste tipo de bloco é o OB121 que permite com que o programa seja executado mesmo que haja um erro de programação, como por exemplo uma ultrapassagem do limite de valor em uma memória.

Utiliza-se também os blocos de funções (FB), o qual pode ser definido como uma sub-rotina e é executado quando solicitado por qualquer tipo de bloco (FB, FC, ou OB). Este tipo de bloco possui um banco de dados (DB) específico para cada vez que a função é solicitada na programação, o que permite que o programador defina parâmetros diferentes para cada instância onde estes blocos são chamados dentro da estrutura do programa, como por exemplo para o acionamento de 200 motores iguais é possível criar uma estrutura de programação para a partida deste tipo de motor com todas suas entradas e saídas de dados, apenas definindo em cada instância qual dos motores será acionado.

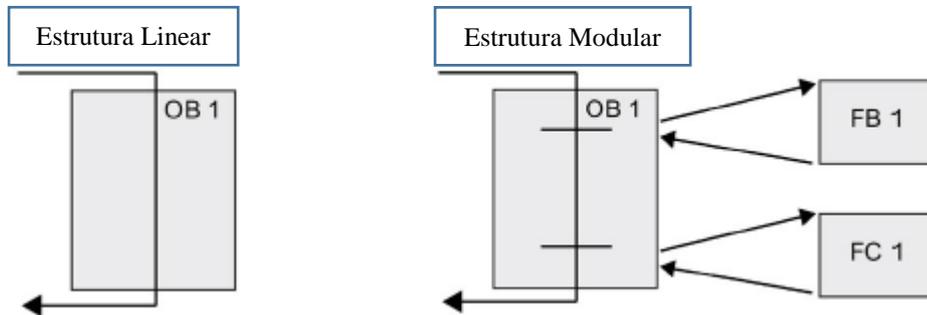
Ainda, de acordo com SIEMENS (2019) se tem a opção de utilizar o bloco de funções simples (FC) que é somente uma subrotina e não possuem base de dados associada a eles, portanto a saída de dados deste tipo de função é armazenados em um endereço de memória ou em um bloco de dados global (DB).

A programação segundo SIEMENS (2019) pode ser estruturada de forma linear ou modular, dependendo das características necessárias. Um programa linear executa todas as instruções em sequência, normalmente utiliza-se o OB 1 para a construção do programa todo.

Já um programa modular divide as tarefas fazendo com que o programa principal solicite ao demais blocos a execução de pequenas partes do processo, reduzindo assim uma programação de alta complexidade em pequenos pacotes de tarefas mais simples. Assim na estruturação da programação cada bloco é solicitado conforme a necessidade. Este tipo de programação é mais usual em grandes projetos e deixa a aplicação mais organizada,

A Figura 50 demonstra as formas de estruturação do programa:

Figura 50 - Estruturas de programação

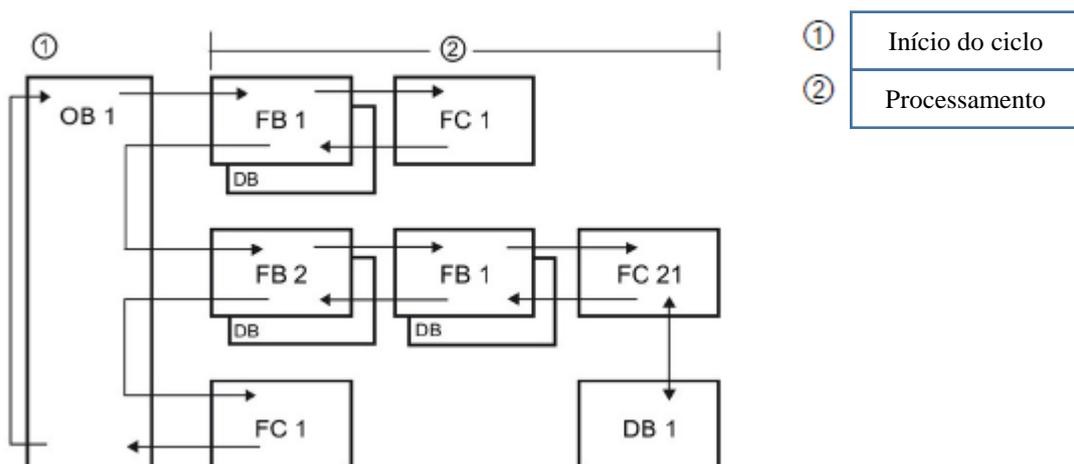


Fonte: SIEMENS (2019), p181.

A programação linear também permite que se crie um bloco genérico para uma função específica e se armazene em uma biblioteca. Assim pode-se utilizar este bloco genérico em outra aplicação. Por exemplo, um controle de nível a dois pontos. Assim sempre que for necessário este tipo de controle não é necessário a criação da lógica novamente. Apenas inclui-se o bloco e insere os parâmetros de entrada e saída do bloco. O que facilita e da velocidade ao processo de programação.

Quando a execução de outro processo em um bloco diferente do principal é solicitada o programa executa toda a varredura do bloco que foi solicitado e retorna ao bloco solicitante e retoma a execução do bloco. A Figura 51 demonstra este processo:

Figura 51 – Ciclo de execução do programa

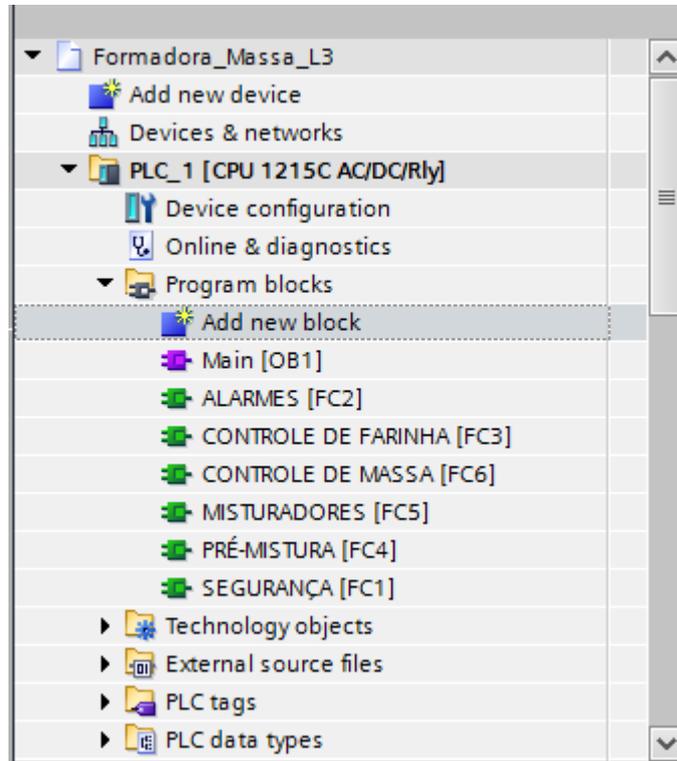


Fonte: SIEMENS (2019), p182.

Para a aplicação em questão utilizaremos a estrutura do tipo modular por conta da organização e benefícios desta forma de estruturação.

A Figura 52 demonstra os blocos de funções a serem utilizados:

Figura 52 – Blocos do programa

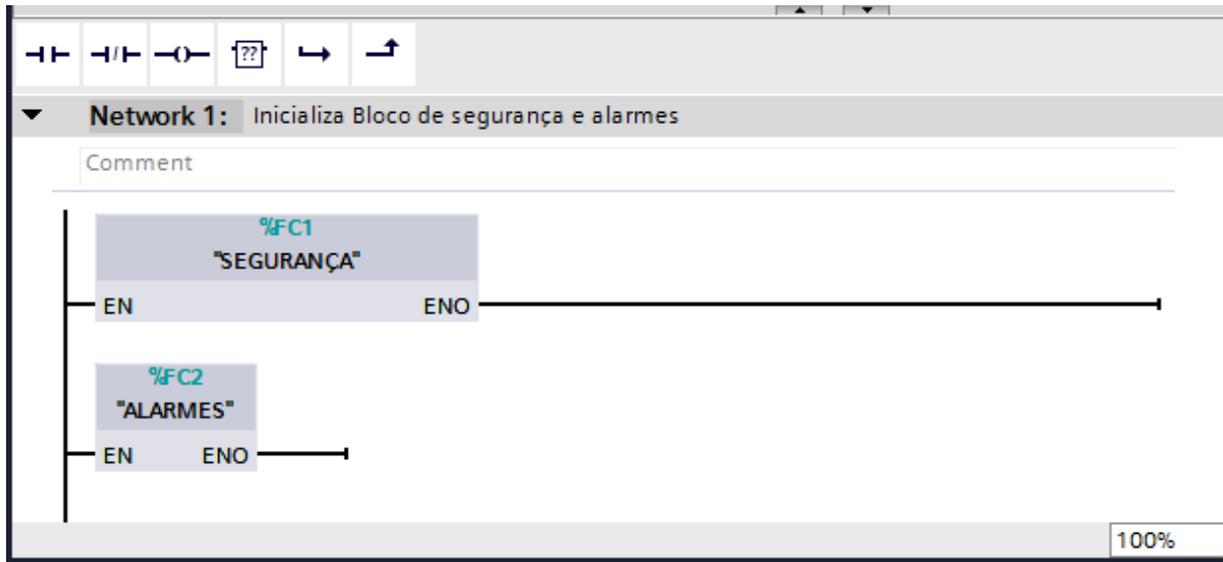


Fonte: Arquivo do autor.

Os blocos só devem ser inicializados se os requisitos de segurança forem atendidos, portanto todos os blocos serão chamados através de uma memória dentro do bloco de segurança. Exceto o próprio bloco de segurança e o bloco de alarmes que são inicializados juntamente com a CPU, para podermos verificar os alarmes relativos a segurança mesmo se a segurança não estiver totalmente habilitada.

Para isso declara-se a chamada dos blocos de alarmes e segurança no bloco organizacional nomeado como “MAIN”, conforme a Figura 53:

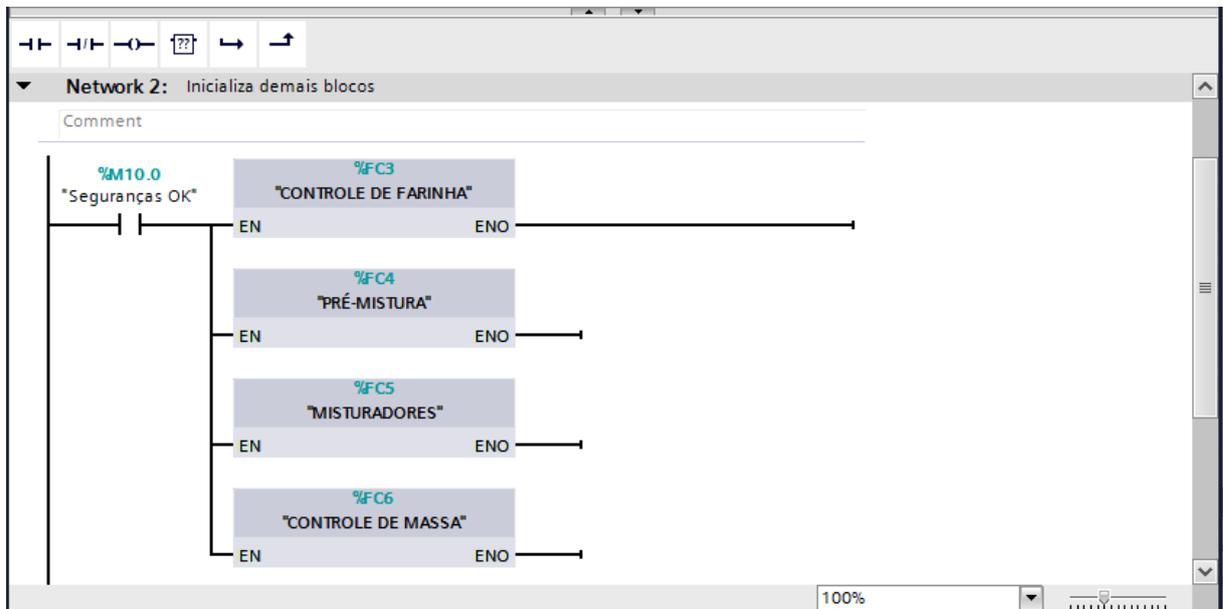
Figura 53 - Bloco seguranças e alarmes



Fonte: Arquivo do autor

Os demais blocos são inicializados a partir do momento em que as condições de segurança estiverem asseguradas e armazenadas na memória com endereço de M10.0 e nomeada de “Seguranças OK” conforme ilustra a figura 54:

Figura 54 - Chamada dos demais blocos



Fonte: Arquivo do autor.

Para realizarmos a programação do sistema utilizaremos o método de fluxogramas para definirmos as condições para ligação de cada saída ou memória. Segundo REBOUÇAS

(2009) o fluxograma trata-se de uma representação gráfica que apresenta a sequência cronológica de determinada tarefa. O que deixa mais claro o que se deve fazer a cada situação.

Desta forma demonstraremos graficamente quais as condições para que determinado passo ocorra na programação, ou retorne a determinado ponto de verificação, o que facilitará a compreensão da estrutura de programação.

Dentre os tipos de fluxograma existentes utilizaremos o fluxograma global que nos proporciona uma imagem mais nítida sobre o processo de tomada de decisão. Para que o fluxograma seja entendido é necessária uma compreensão de sua simbologia que basicamente se retrata através das Figuras 55, 56 e 57 abaixo:

Figura 55 – Terminações



Fonte REBOUÇAS, (2009) p.187.

Figura 56 – Operações

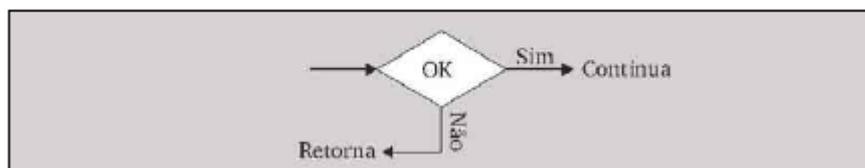
OPERAÇÃO (SÍMBOLO ALTERNATIVO):



Fonte REBOUÇAS, (2009) p.191.

Figura 57 – Decisão

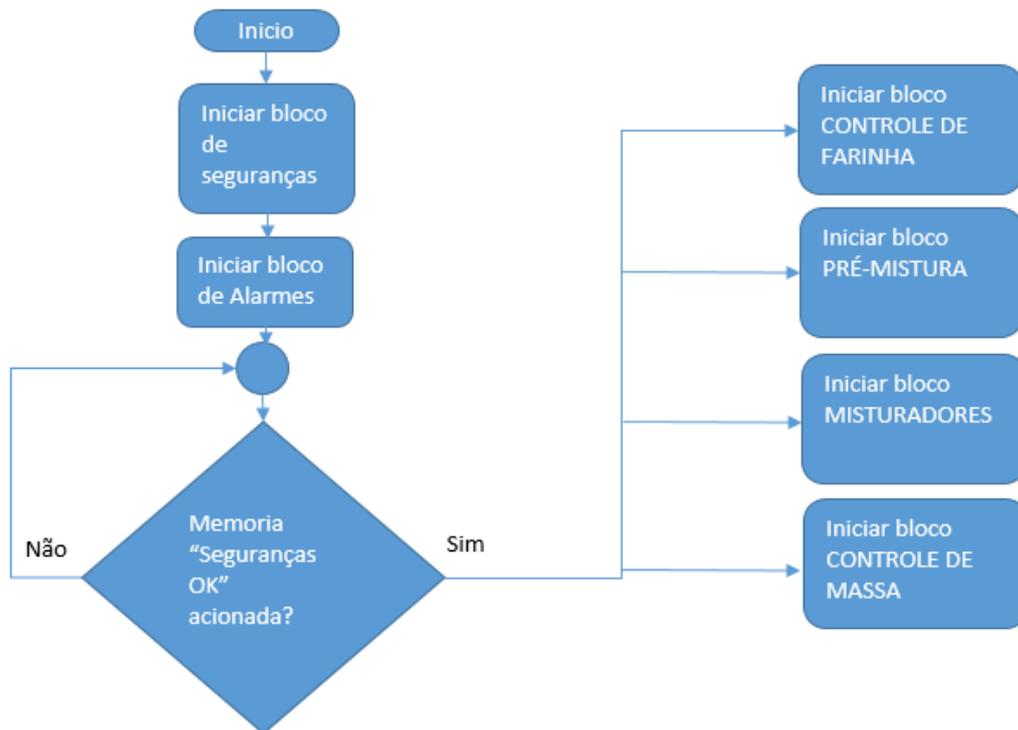
DECISÃO:



Fonte REBOUÇAS, (2009) p.194.

Como exemplo, pode-se utilizar a condição para solicitar a operação dos blocos de funções que define as premissas do bloco “MAIN” conforme a Figura 58 representa abaixo:

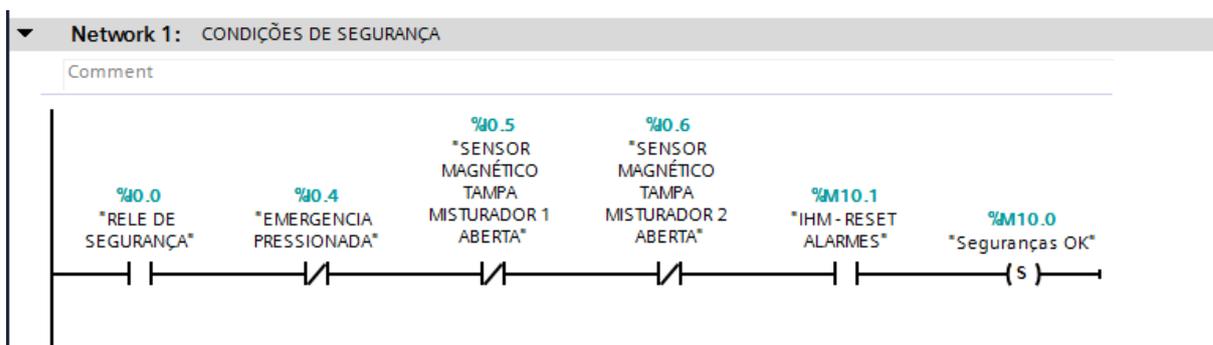
Figura 58 - Fluxograma bloco *MAIN*



Fonte: Arquivo do autor.

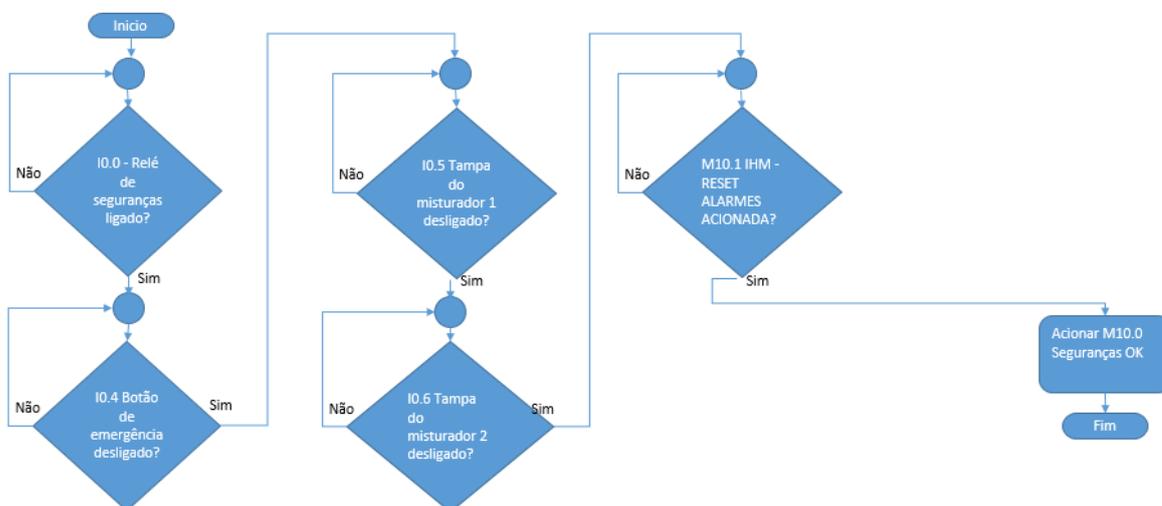
Para que a memória M10.0 denominada como “Seguranças OK” seja acionada e tenha seu estado com o valor alto é necessário que a entrada I0.0, que recebe o sinal do relé de segurança esteja acionada, o que é definido através de um contato aberto que segundo SIEMENS (2019) se fechará quando energizado e as entradas I0.4, I0.5 e I0.6 que são os sinais de alarme do botão de emergência, Tampa do misturador 1 e Tampa do misturador 2 respectivamente estejam com seu valor no estado baixo, sendo representadas pelo contato normalmente fechado que segundo a SIEMENS (2019) se abrirá caso alguma das entradas sejam acionadas. Para que seja necessário que o operador reconheça o alarme na IHM foi inserido a memória M10.1 que é denominada como “IHM – RESET ALARMES” seja pulsada, forçando assim o operador a visualizar o alarme na tela. Após todas as condições estabelecidas uma vez a memória M10.0 recebe a função set que mantém a bobina energizada até que seja estabelecida uma função reset. A Figura 59 demonstra o diagrama Ladder da função descrita acima e a Figura 60 demonstra o fluxograma deste processo:

Figura 59 - Diagrama Ladder SEGURANÇAS 1



Fonte: Arquivo do autor.

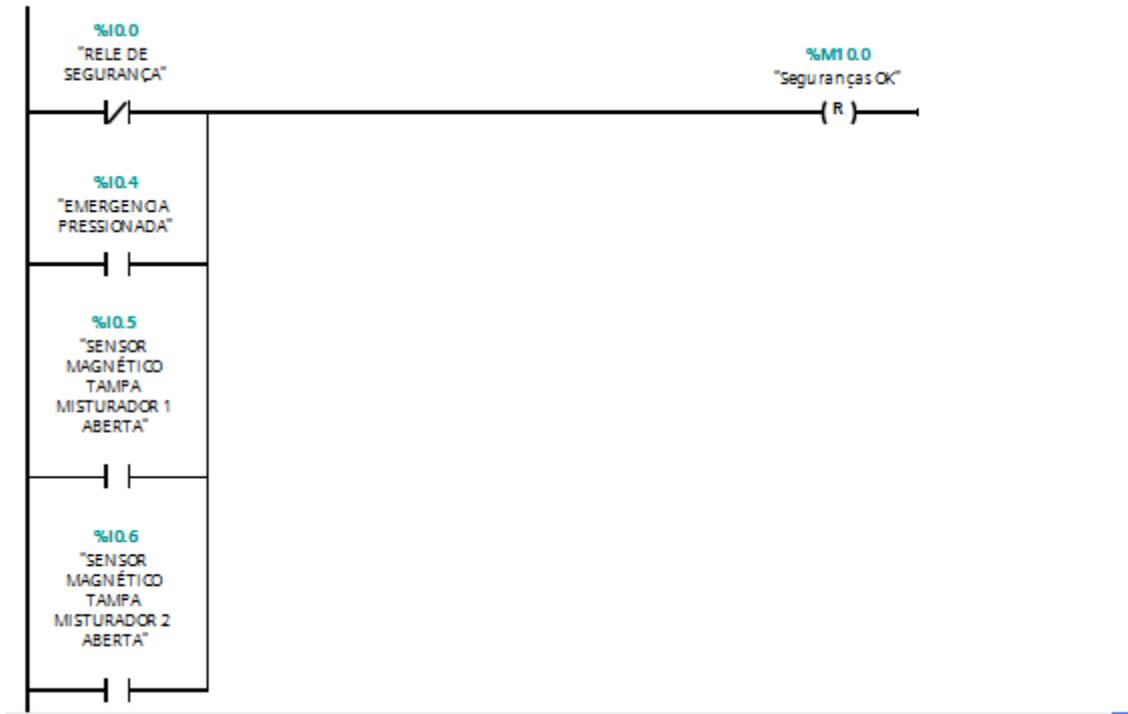
Figura 60 - Fluxograma SEGURANÇAS 1



Fonte: Arquivo do autor.

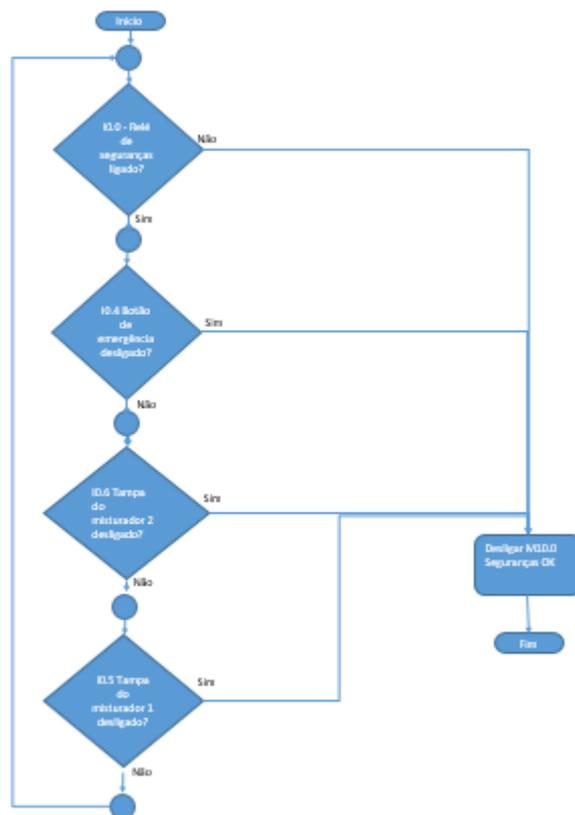
Caso alguma das condições seja perdida a memória M10.0 deverá ser desligada, assim se estabelece uma condição “ou” com os contatos ao contrário das condições para que se ligue a memória, exceto pela memória de reset que não é utilizada neste momento conforme demonstrado na Figura 61 através do diagrama Ladder e na Figura 62 através do fluxograma.

Figura 61 - Diagrama Ladder SEGURANÇAS 2



Fonte: Arquivo do autor.

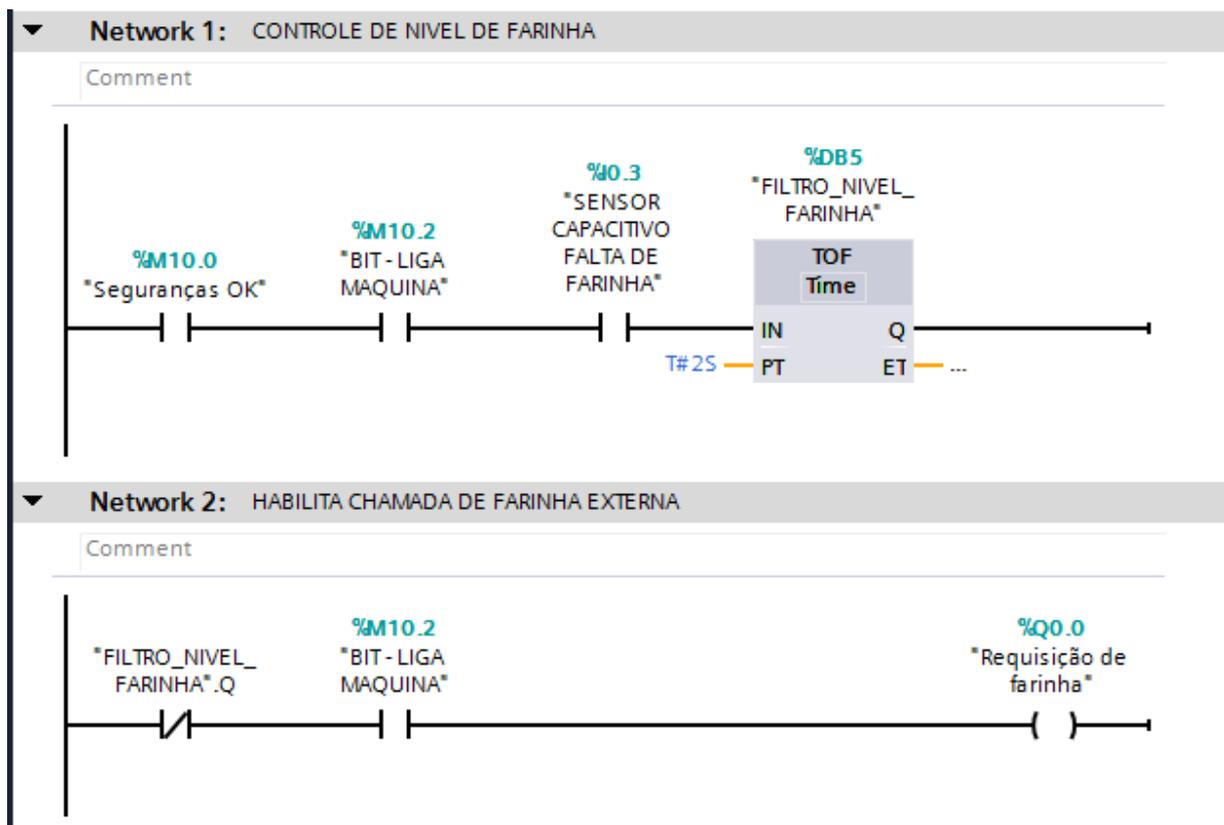
Figura 62 - Fluxograma SEGURANÇAS 2



Fonte: Arquivo do autor.

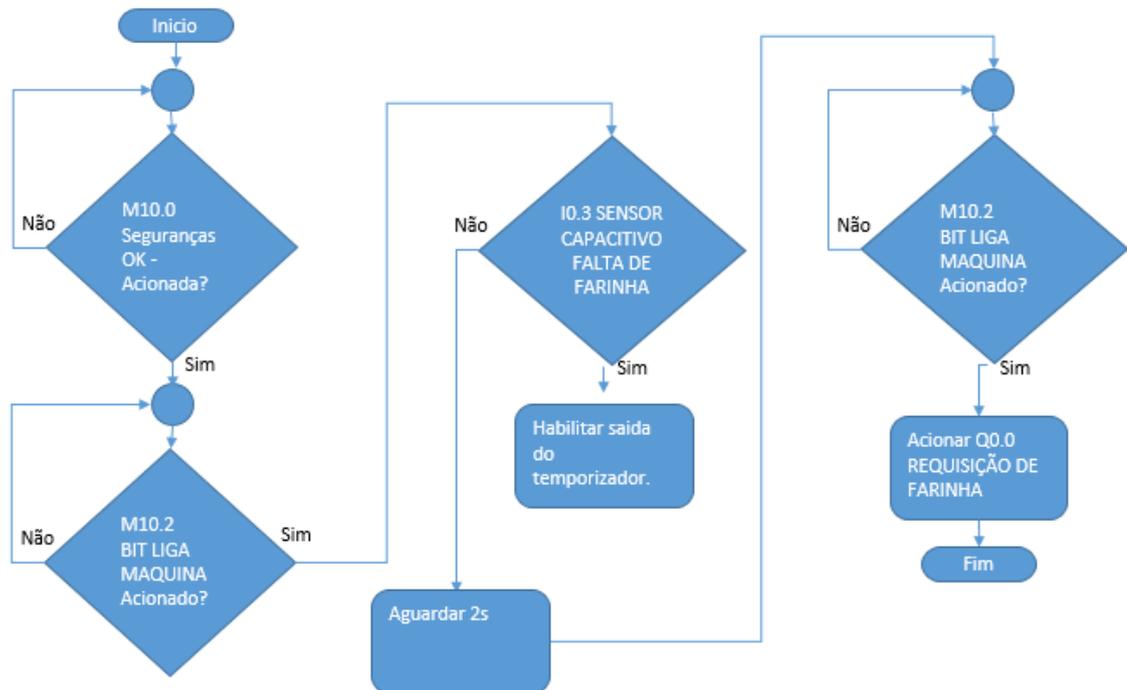
Para o controle de nível de farinha no reservatório do equipamento funcione automaticamente alguns pré-requisitos devem ser preenchidos, para tal foi definido que a memória M10.0 que define que as seguranças estão em conformidade seja de nível alto, a memória M10.2 que habilita o funcionamento em modo automático do equipamento também deve estar no nível alto. Quando o reservatório está cheio o sensor de falta de farinha está atuado mantendo energizado o temporizador do tipo “TOF”. Uma vez que o nível de farinha diminui o sensor não emite mais sinal para o controlador fazendo com que o temporizador seja desenergizado. Segundo SIEMENS (2019) o temporizador do tipo “TOF” quando desenergizado atrasa a comutação de sua saída ajustado pelo tempo definido no campo PT, que no caso é de dois segundos. Assim se a máquina estiver em automático e a saída do temporizador for desligada uma saída do controlador habilita a chamada de farinha do reservatório externo a máquina. As Figuras 62 e 63 demonstram o diagrama Ladder e o fluxograma deste processo.

Figura 63 - Diagrama Ladder CONTROLE DE FARINHA



Fonte: Arquivo do Autor.

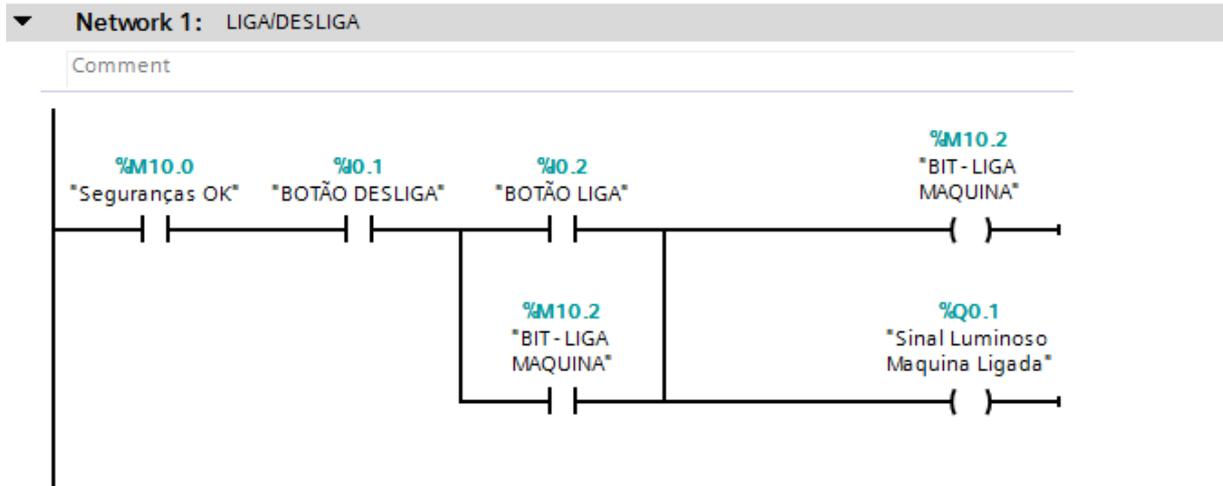
Figura 64 - Fluxograma CONTROLE DE FARINHA



Fonte: Arquivo do Autor.

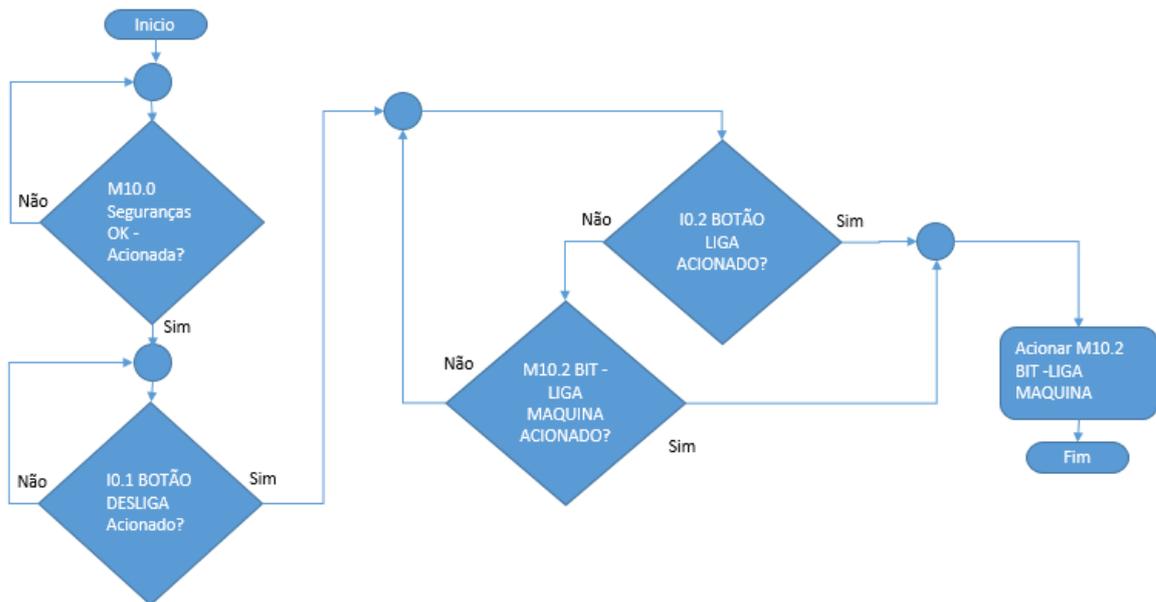
No bloco denominado “CONTROLE DE MASSA” está incluído a memória que liga a máquina em automático denominada com o endereço M10.2 e denominada “BIT – LIGA MÁQUINA”. Para que seu estado seja alto é necessário que as seguranças estejam em estado alto, delimitado pela memória com o endereço M10.0. O botão desliga que possui um contato normalmente fechado deve estar em estado alto e quando pressionado o botão liga, que possui um contato normalmente aberto a memória altera seu estado e executa o processo de retenção do estado da memória, para que quando o botão liga for solto a memória continue em estado alto. Este artifício segundo FRANCHI (2008) denomina-se “Selo”, e consiste em utilizar o contato normal aberto paralelo ao contato de acionamento para manter o elemento ligado. No caso paralelo a memória também é acionado um indicador luminoso de máquina ligada, acionado pela saída Q0.1. As Figuras 65 e 66 demonstram o diagrama ladder e o fluxograma deste processo respectivamente:

Figura 65 - Diagrama Ladder LIGA MÁQUINA



Fonte Arquivo do autor.

Figura 66 - Fluxograma LIGA MÁQUINA



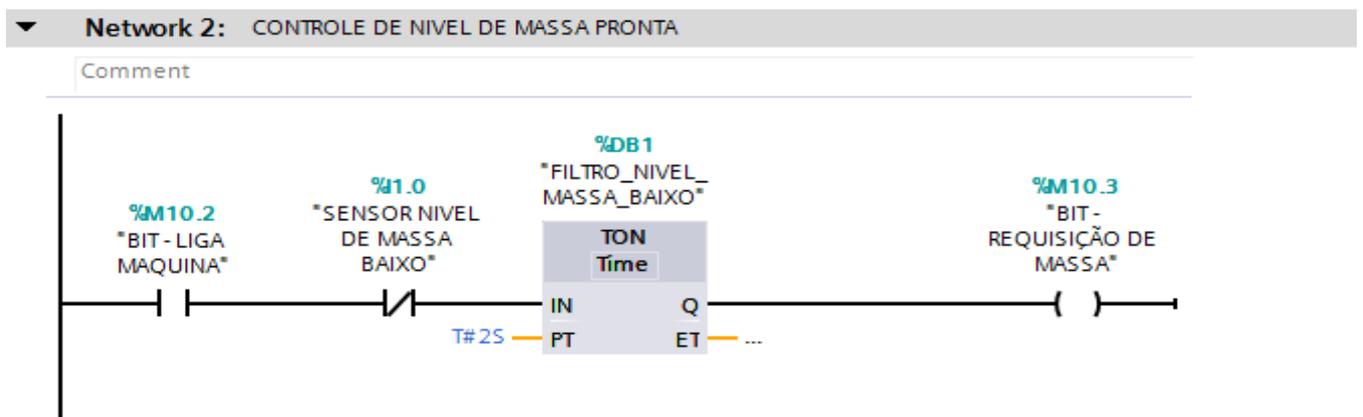
Fonte Arquivo do autor.

Para o controle do nível de massa formada no reservatório é necessário que a memória M10.0 que define que a máquina está ligada esteja em estado alto, uma vez que o sensor de nível de massa passa ao estado baixo inicia-se a contagem do temporizador do tipo “TON” que segundo SIEMENS (2019) tem sua saída acionada após percorrido o tempo determinado no campo “PT”, que no caso é de 2 segundos para amenizar oscilações de leitura

do sensor de nível. Após este tempo é acionado a memória M10.3 que é denominada como “BIT – REQUISIÇÃO DE MASSA”.

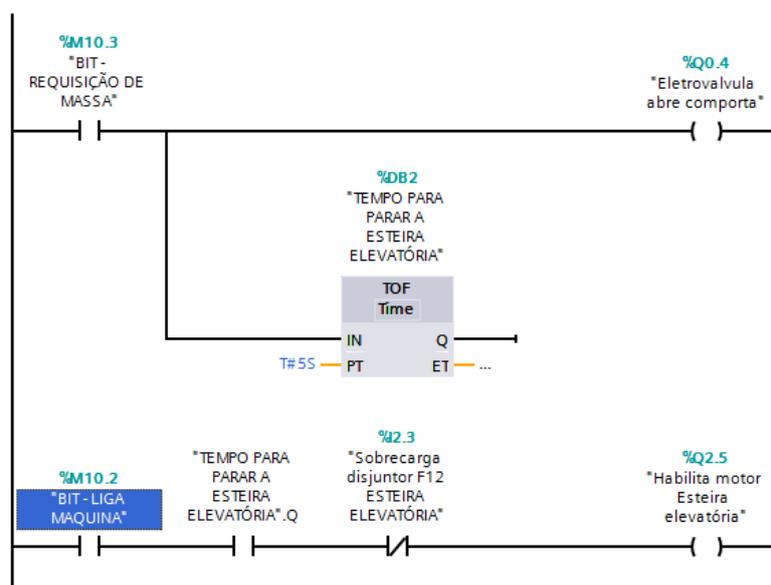
A partir do nível alto da memória M10.3 é acionada a saída que faz a abertura da comporta do tanque de mistura, e aciona-se a saída do temporizador do tipo “TOF”. Estando ligado a memória 10.2 e não estando acionado o relé térmico do motor da esteira elevatória, definido pela entrada I2.3, o motor da esteira é acionado pela saída Q2.5 e permanece ligado até que decorra o tempo definido no temporizador mencionado anteriormente, que no caso é definido em 5 segundos. As Figuras 67, 68, 69, 79 e 71 demonstram o diagrama a ladder e o fluxograma deste processo:

Figura 67 - Diagrama Ladder - CONTROLE DE NÍVEL MASSA FORMADA



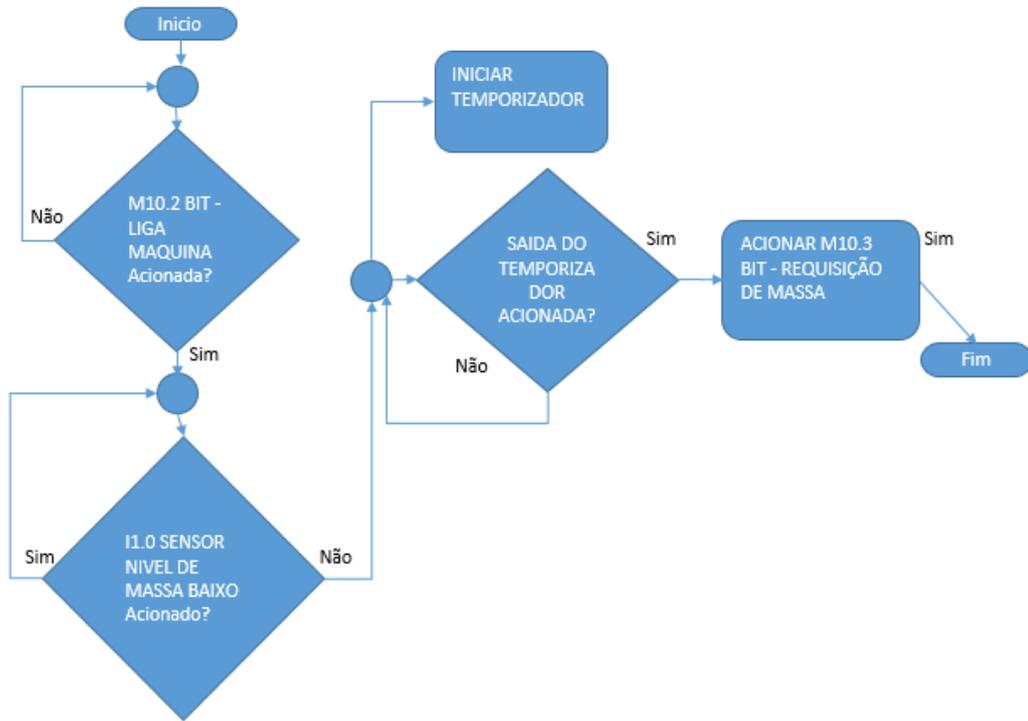
Fonte Arquivo do autor.

Figura 68 - Diagrama Ladder - CONTROLE DE NÍVEL MASSA FORMADA 2



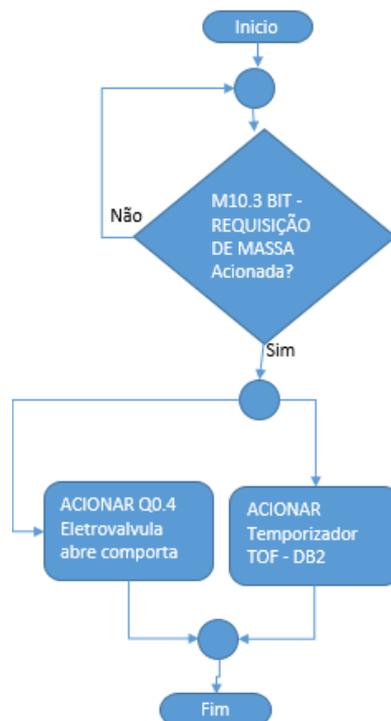
Fonte Arquivo do autor.

Figura 69 - Fluxograma CONTROLE DE NÍVEL MASSA FORMADA



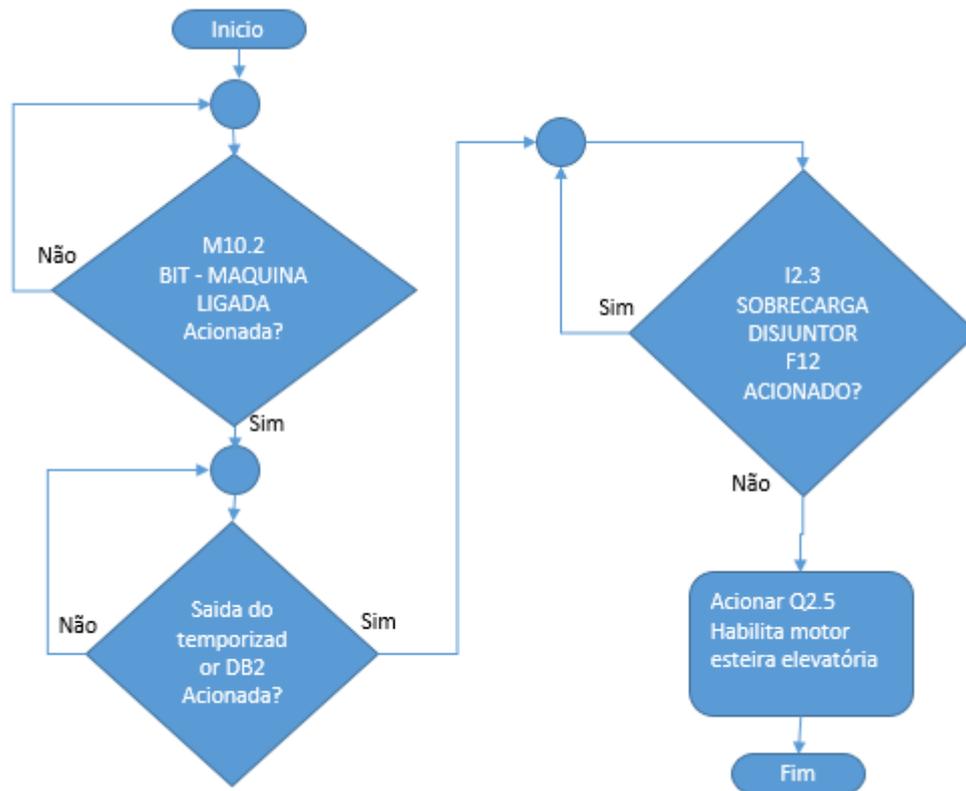
Fonte Arquivo do autor.

Figura 70 - Fluxograma CONTROLE DE NÍVEL MASSA FORMADA 2



Fonte Arquivo do autor.

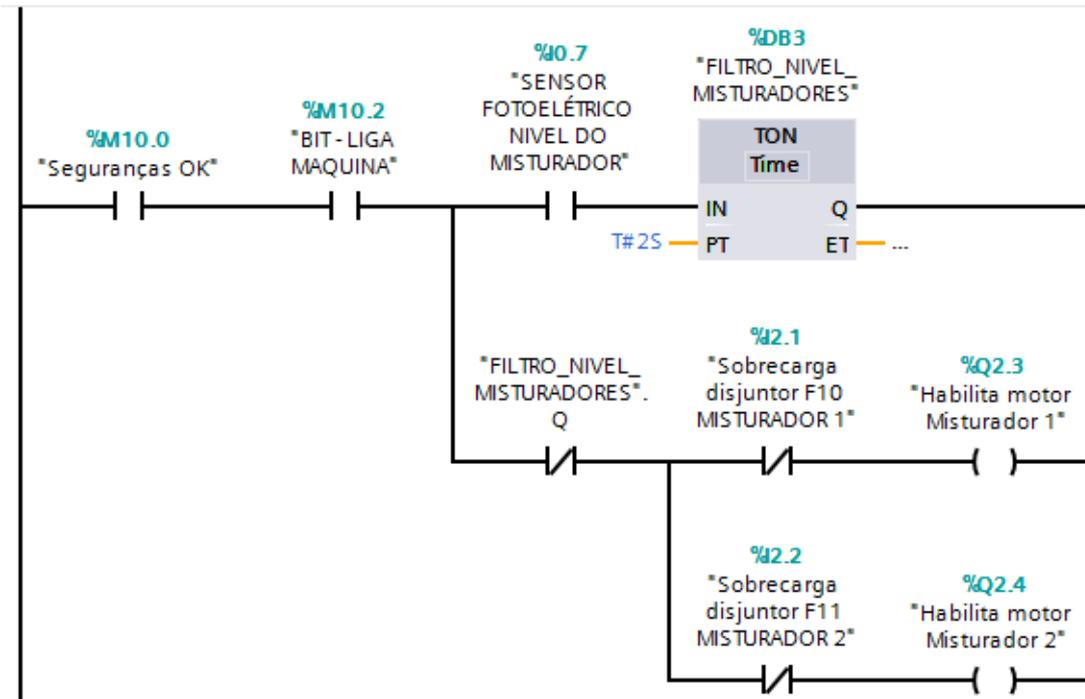
Figura 71 - Fluxograma CONTROLE DE NÍVEL MASSA FORMADA 3



Fonte Arquivo do autor.

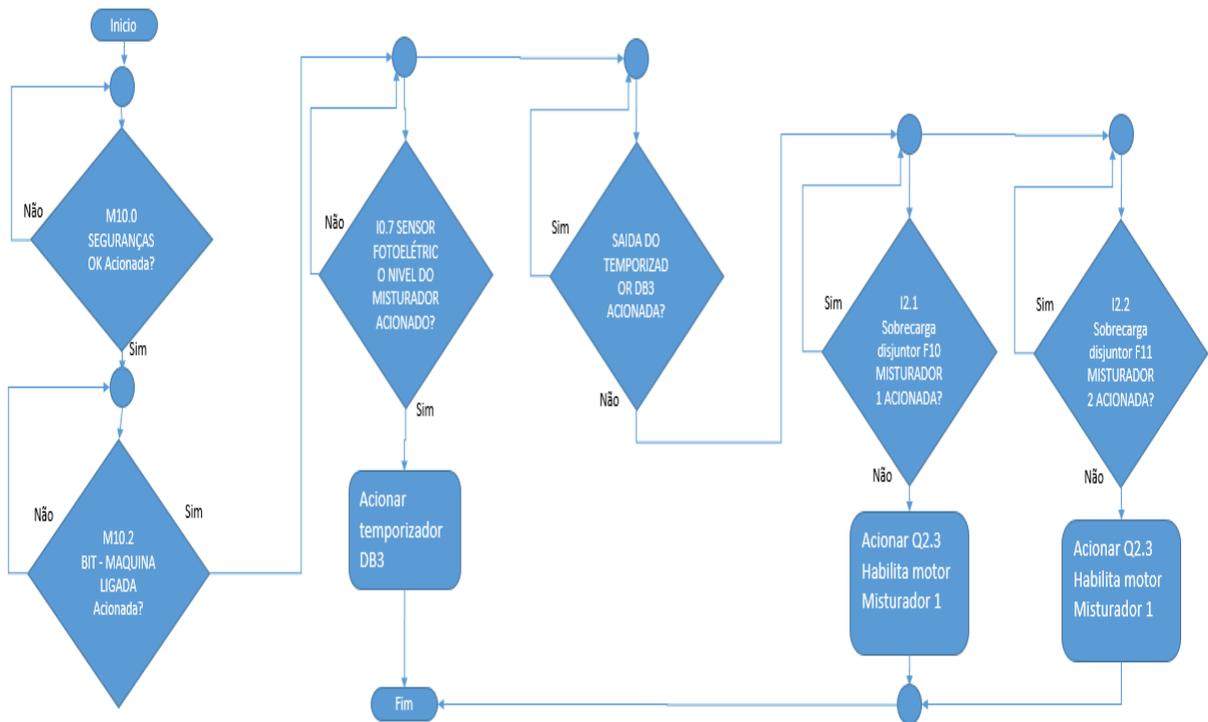
O funcionamento dos motores de mistura necessita que a memória M10.0 que resguarda os itens de segurança esteja em nível alto, bem como a memória M10.2 que define que a máquina está ligada esteja acionada. O sensor de reservatório cheio inicia o temporizador DB3 que é do tipo “TON” e está delimitado em 2 segundos. Assim o sensor deverá ficar acionado por dois segundos para que os motores desliguem dependendo também do sinal do disjuntor de cada motor definidos pelas entradas I2.1 e I2.2. As Figuras 72 e 73 demonstram o diagrama ladder e o fluxograma deste processo respectivamente:

Figura 72 - Diagrama Ladder MISTURADORES



Fonte Arquivo do autor.

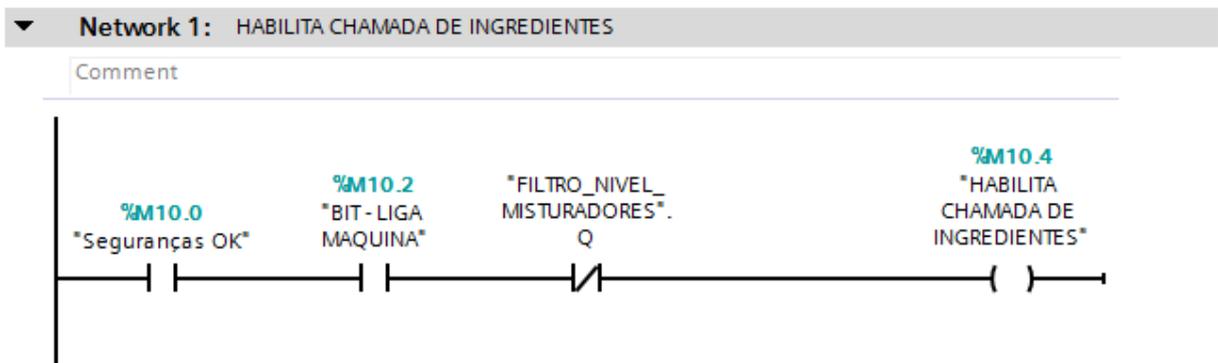
Figura 73 - Fluxograma MISTURADORES



Fonte Arquivo do autor.

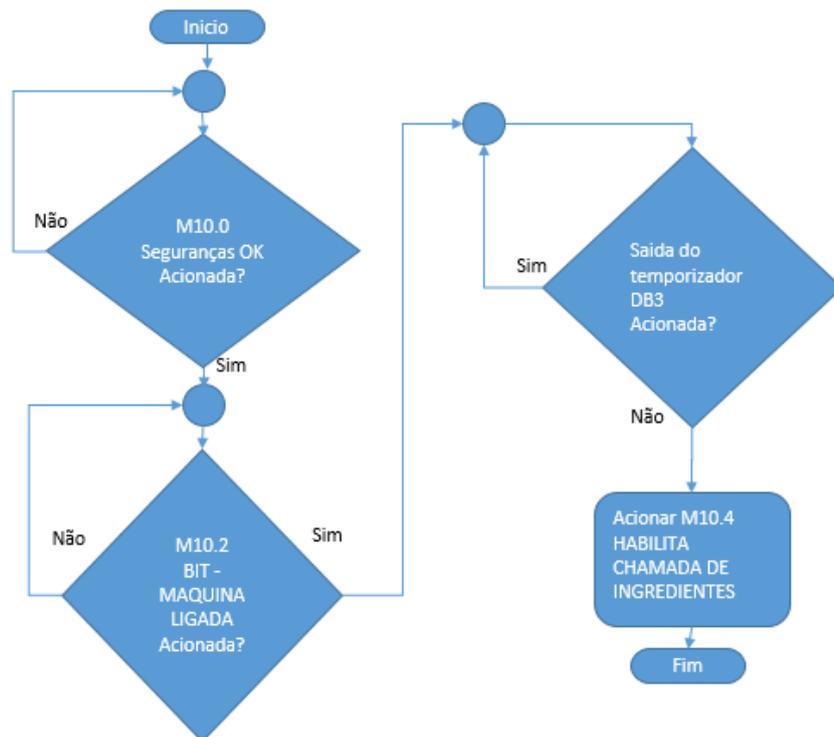
Para que a chamada de ingredientes seja habilitada através da memória M10.4 é necessário que as seguranças estejam em conformidade, e a máquina esteja ligada, definidas através das memórias M10.0 e M10.2, bem como o reservatório do misturador não deve estar cheio. Para tal a saída do temporizador DB3 deve estar no estado baixo. Acionando assim a M10.4. Demonstrado nas figuras 74 e 75 através do diagrama ladder e do fluxograma.

Figura 74 - Diagrama Ladder CHAMADA DE INGREDIENTES



Fonte Arquivo do autor.

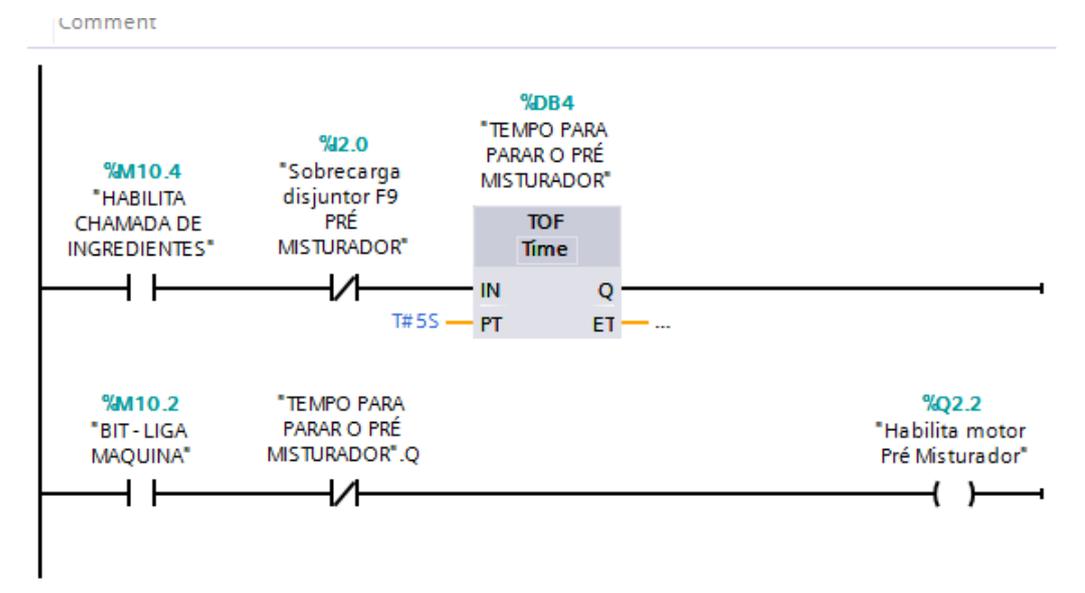
Figura 75 - Fluxograma CHAMADA DE INGREDIENTES



Fonte Arquivo do autor.

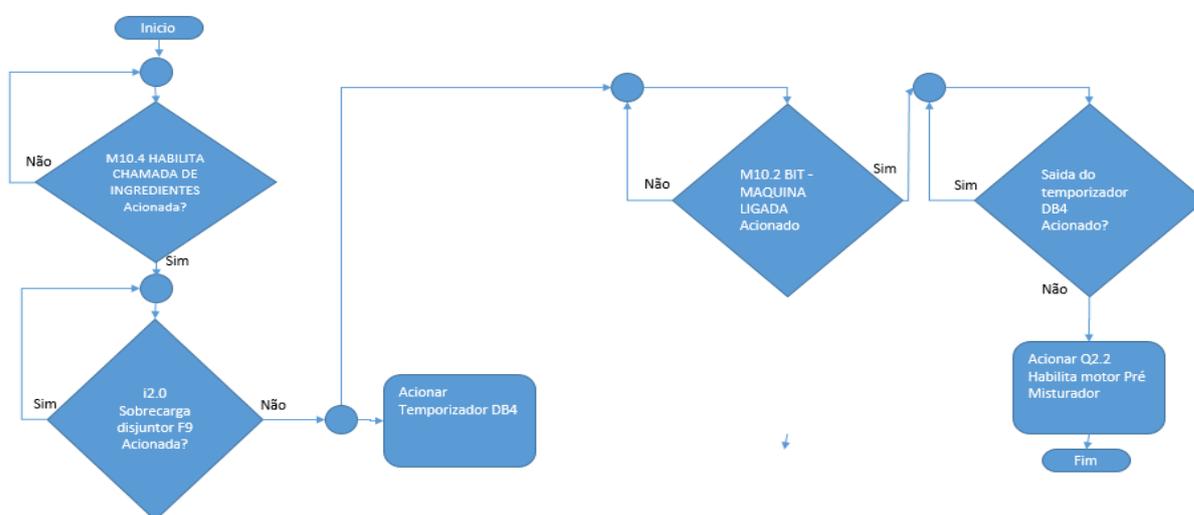
Com a memória M10.4 acionada, e o nível baixo da entrada I2.0 "Sobrecarga disjuntor F9 PRÉ MISTURADOR" é acionada a saída do temporizador DB4 do tipo "TOF", que ao ser desenergizado demorará 5 segundos para ter sua saída comutada ao estado baixo. Com a máquina ligada definida pela memória M10.2 a saída Q2.2 "Habilita motor Pré Misturador" é ligada até que o temporizador seja desenergizado pelo tempo definido. As Figuras 76 e 77 exibem o diagrama ladder e o fluxograma do acionamento:

Figura 76 - Diagrama Ladder Pré-Misturador



Fonte Arquivo do autor.

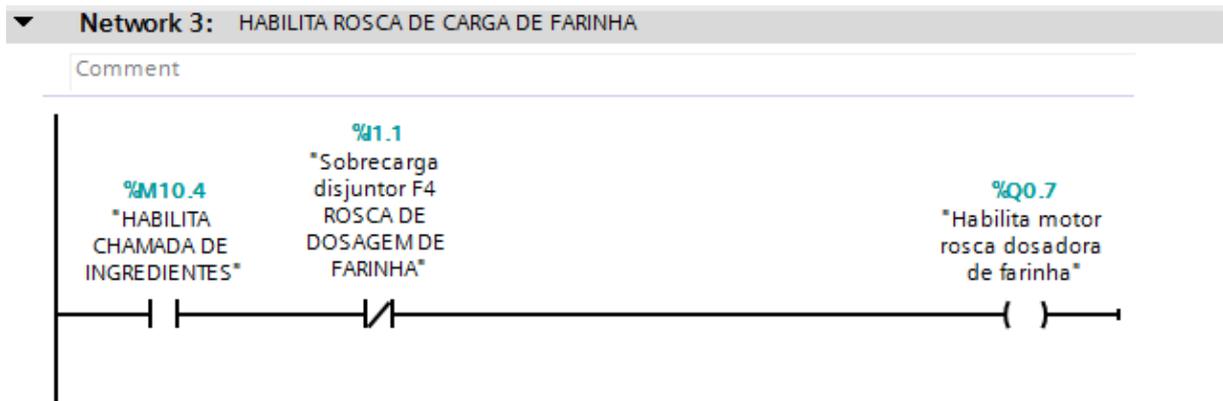
Figura 77 - Fluxograma Pré-Misturador



Fonte Arquivo do autor.

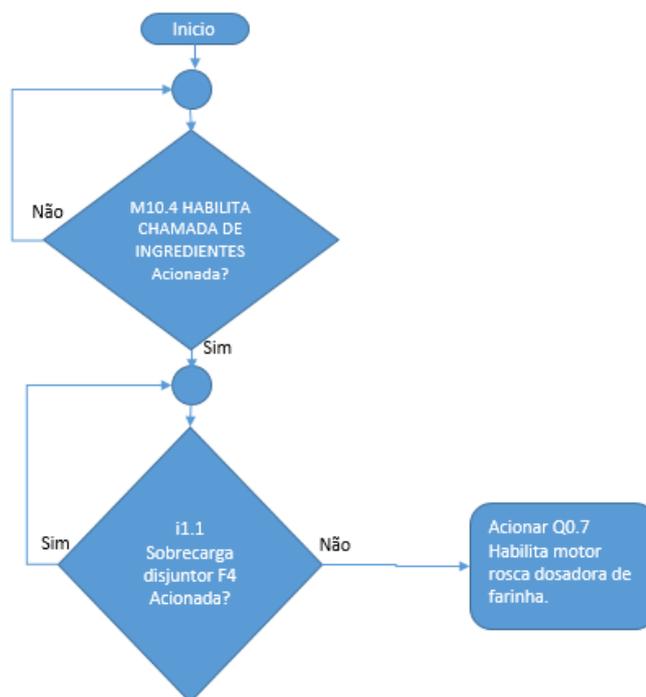
Para que o inversor da rosca de carga de farinha seja habilitado é necessário que a memória M10.4 que habilita a chamada de ingredientes esteja em nível alto e não haja a presença de alarme no disjuntor F4 que é endereçado como I1.1, a saída Q0.7 habilita o inversor de frequência e faz o motor girar. As Figuras 78 e 79 definem o diagrama ladder e o fluxograma deste processo.

Figura 78 - Diagrama Ladder Rosca de carga de farinha



Fonte Arquivo do autor.

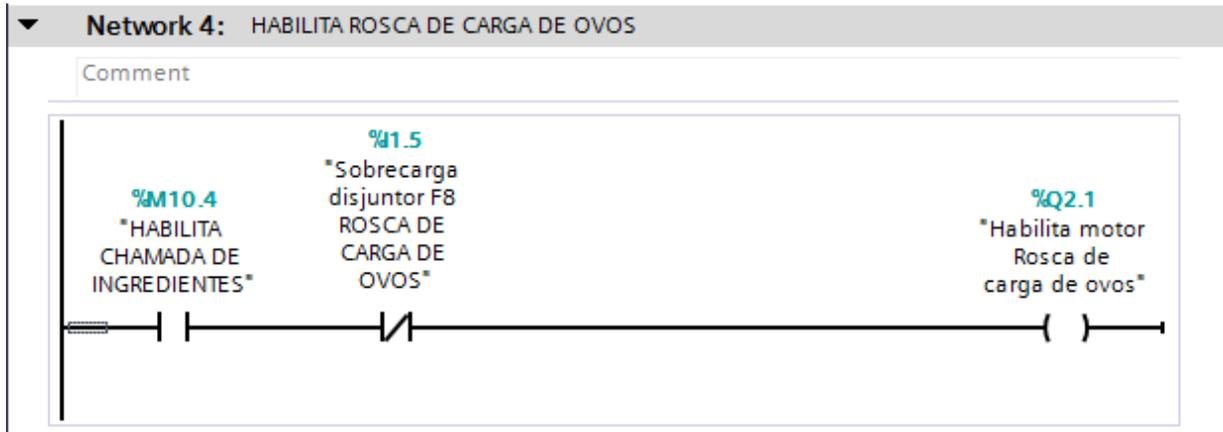
Figura 79 - Fluxograma Rosca de carga de farinha



Fonte Arquivo do autor.

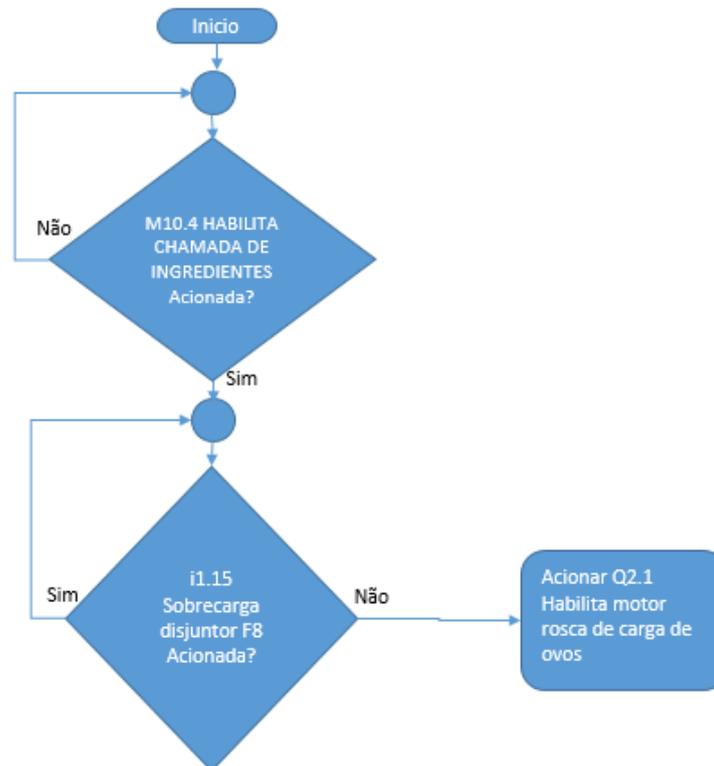
Para que o contator da rosca de carga de ovos seja habilitado é necessário que a memória M10.4 que habilita a chamada de ingredientes esteja em nível alto e não haja a presença de alarme no disjuntor F8 que é endereçado como I1.5, a saída Q2.1 habilita o contator e faz o motor girar. As Figuras 80 e 81 definem o diagrama ladder e o fluxograma deste processo.

Figura 80 - Fluxograma Rosca de carga de ovos



Fonte Arquivo do autor.

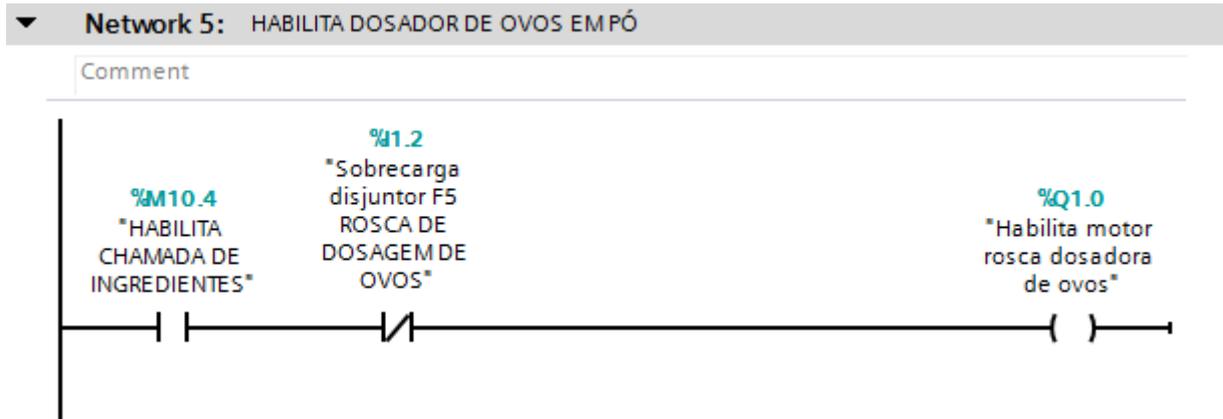
Figura 81 - Fluxograma Rosca de carga de ovos



Fonte Arquivo do autor.

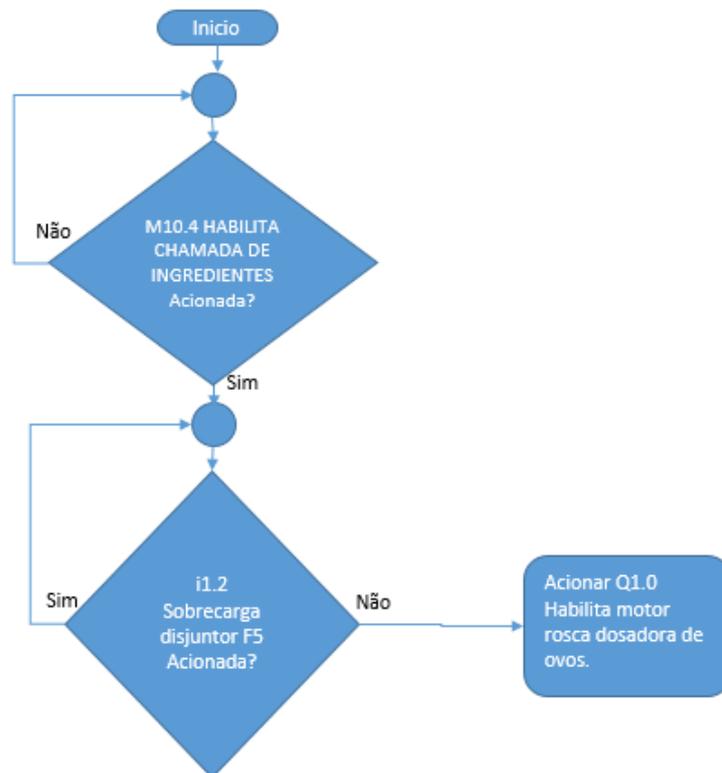
Para que o inversor da rosca dosadora de ovos seja habilitado é necessário que a memória M10.4 que habilita a chamada de ingredientes esteja em nível alto e não haja a presença de alarme no disjuntor F5 que é endereçado como I1.2, a saída Q1.0 habilita o inversor de frequência e faz o motor girar. As figuras 82 e 83 definem o diagrama ladder e o fluxograma deste processo.

Figura 82 - Diagrama Ladder Rosca dosadora de ovos



Fonte Arquivo do autor.

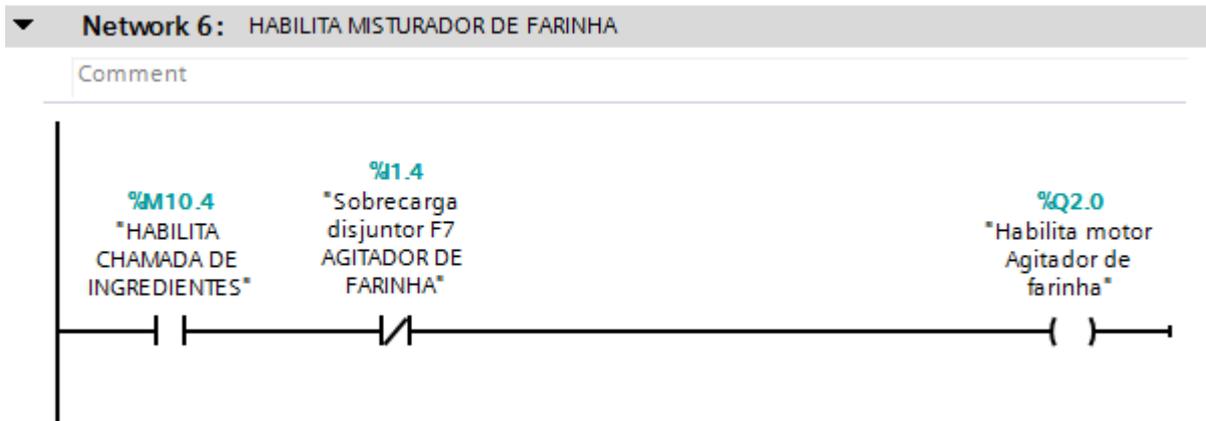
Figura 83 - Fluxograma Rosca dosadora de ovos



Fonte Arquivo do autor.

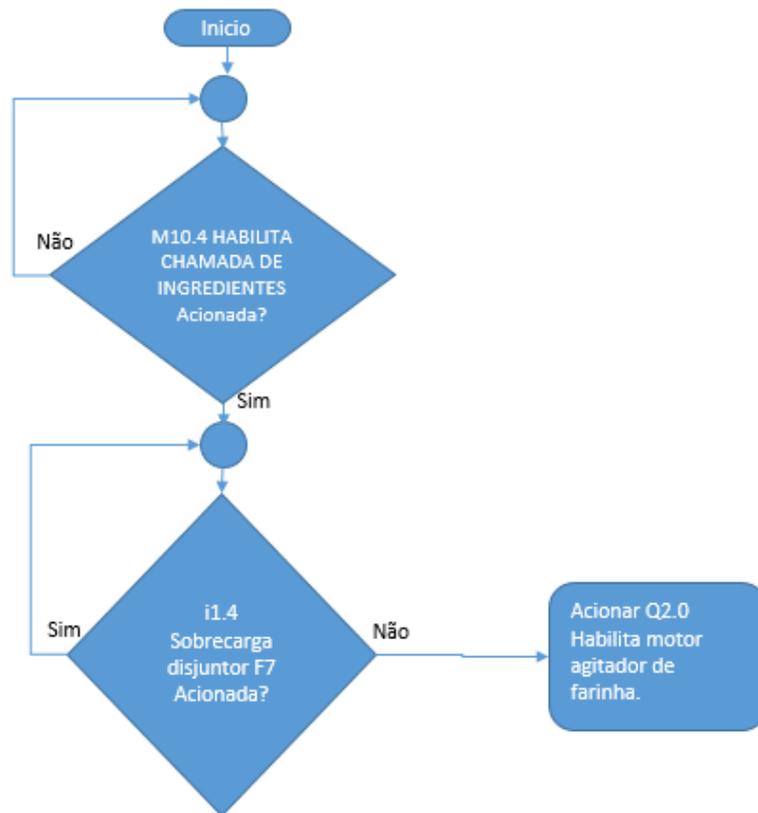
Para que o contator do agitador de farinha seja habilitado é necessário que a memória M10.4 que habilita a chamada de ingredientes esteja em nível alto e não haja a presença de alarme no disjuntor F7 que é endereçado como I1.4, a saída Q2.0 habilita o contator e faz o motor girar. As Figuras 84 e 85 definem o diagrama ladder e o fluxograma deste processo.

Figura 84 - Diagrama Ladder Agitador de farinha



Fonte Arquivo do autor.

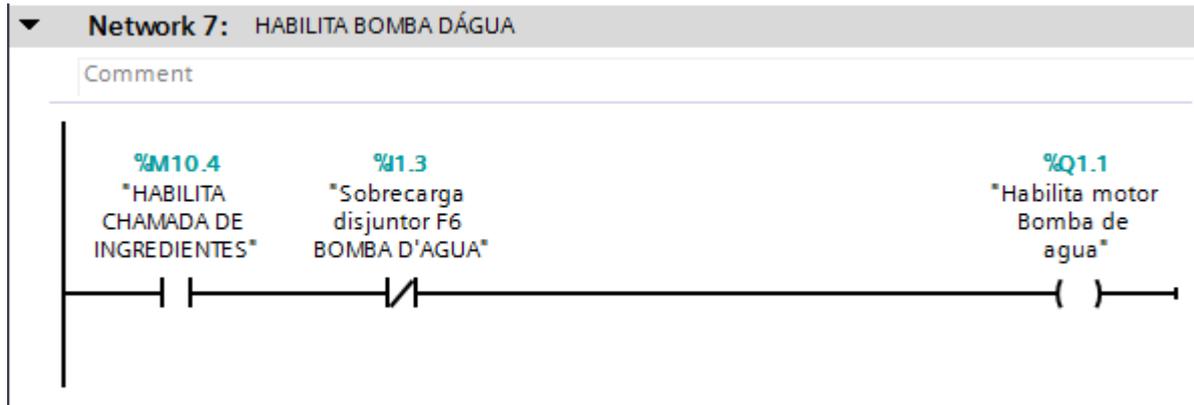
Figura 85 - Fluxograma Agitador de farinha



Fonte Arquivo do autor.

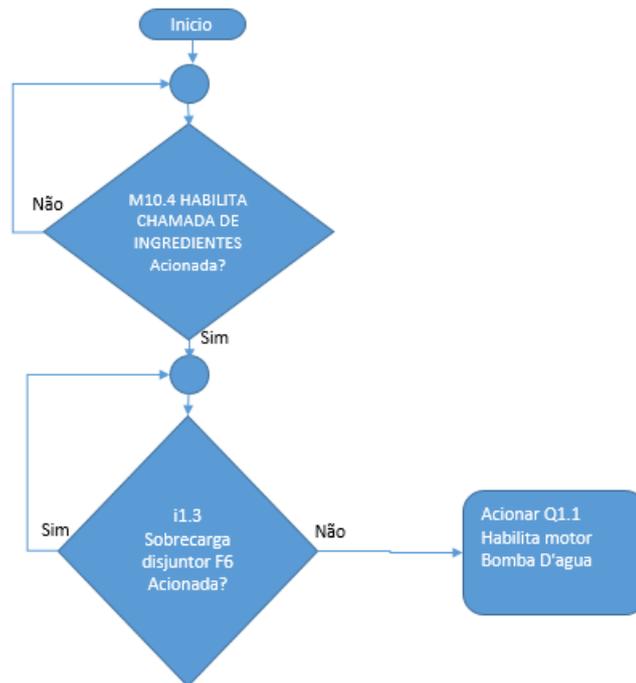
Para que o inversor da bomba de água seja habilitado é necessário que a memória M10.4 que habilita a chamada de ingredientes esteja em nível alto e não haja a presença de alarme no disjuntor F6 que é endereçado como I1.3, a saída Q1.1 habilita o inversor de frequência e faz o motor girar. As figuras 86 e 87 definem o diagrama ladder e o fluxograma deste processo.

Figura 86 - Diagrama Ladder Bomba D'agua



Fonte Arquivo do autor.

Figura 87 - Fluxograma Bomba D'agua



Fonte Arquivo do autor.

As saídas analógicas têm seu endereço definidos através das configurações de *Hardware*. Conforme SIEMENS (2019) estes endereços necessitam de 2 bytes de memória devido ao seu tamanho de dados. Ocupando assim 16 bits de espaço proporcionando um range em decimal de 0 a 32767. Assim como a velocidade de cada inversor é definida em percentual na IHM é necessário que escalonemos este valor de 0 a 100%. E o transformemos em 0 a 32767. Para tal utilizaremos o bloco NORM_X, que segundo SIEMENS (2019) normaliza o valor de uma tag em uma escala linear definida através dos valores pré-estabelecidos pelo programador em valor mínimo e valor máximo. O valor de saída é transmitido em um valor com ponto flutuante onde o valor mínimo equivale ao valor 0 na entrada e o valor máximo é entendido com 1.00 no valor da saída. Para efeitos de cálculo o software executa a seguinte operação.

SAIDA = (Valor da variável (TAG)–valor mínimo)/(valor máximo–valor mínimo).

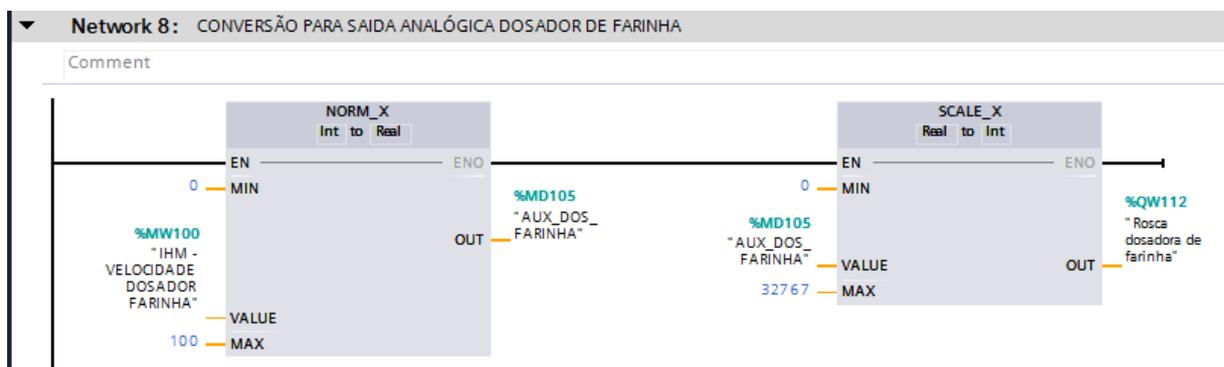
Após normalizado o valor em percentual linear necessitamos escalona-lo em um valor que varia de 0 a 32767, que são os valores definidos pelo fabricante para tal utiliza-se o bloco SCALE_X que segundo SIEMENS (2019) escalona o valor da variável de entrada com ponto flutuante entre os valores máximo e mínimo pré-definidos pelo programador e tem seu resultado expresso na saída, que no caso é uma saída analógica que assume valores entre 0 e 32767.

A expressão que demonstra o cálculo efetuado pelo bloco é:

$$SAIDA = VALOR * (MAXIMO - MINIMO) + MINIMO$$

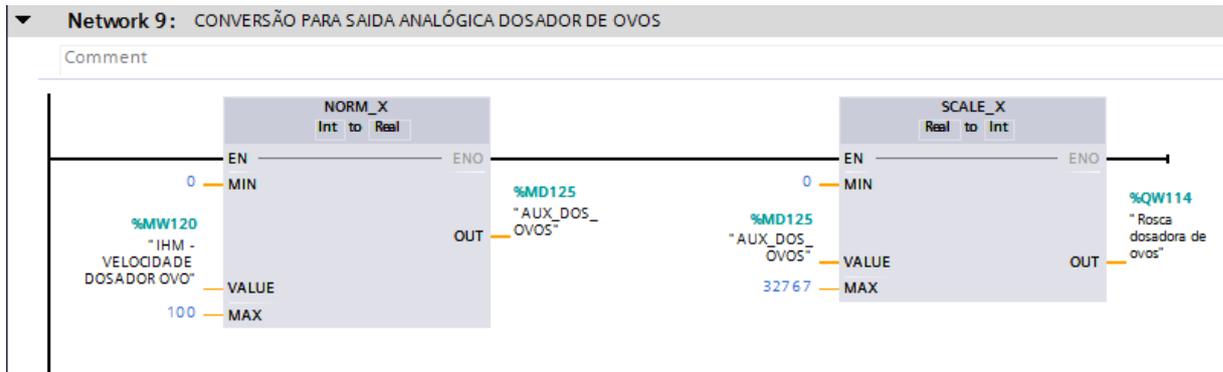
As Figuras 88, 89 e 90 demonstram a utilização dos blocos associados as saídas analógicas utilizadas para o controle de velocidade da rosca dosadora de farinha, rosca dosadora de ovos e a bomba d'água respectivamente.

Figura 88 - Diagrama Ladder Rosca dosadora de farinha - Analógica



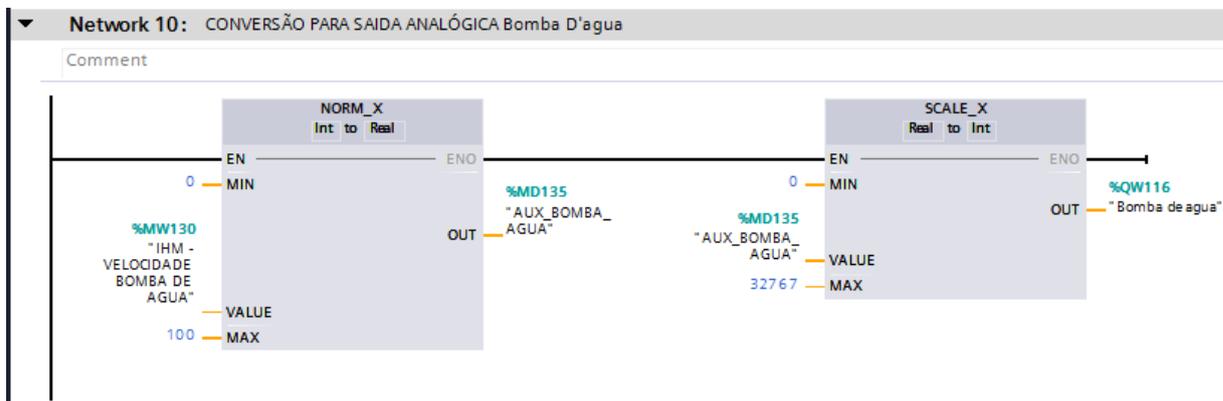
Fonte Arquivo do autor.

Figura 89 - Diagrama Ladder Rosca dosadora de ovos - Analógica



Fonte Arquivo do autor.

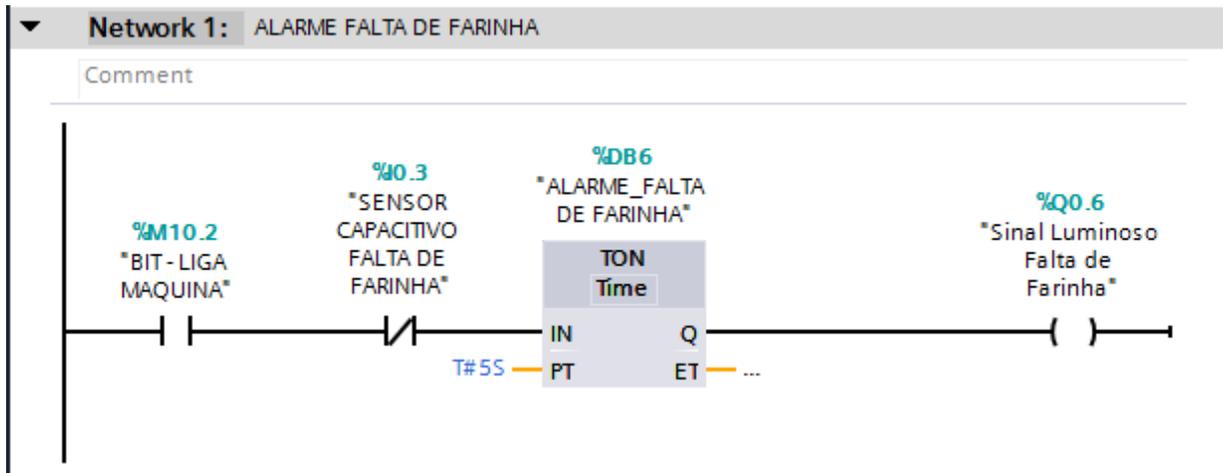
Figura 90 - Diagrama Ladder Bomba de água - Analógica



Fonte Arquivo do autor.

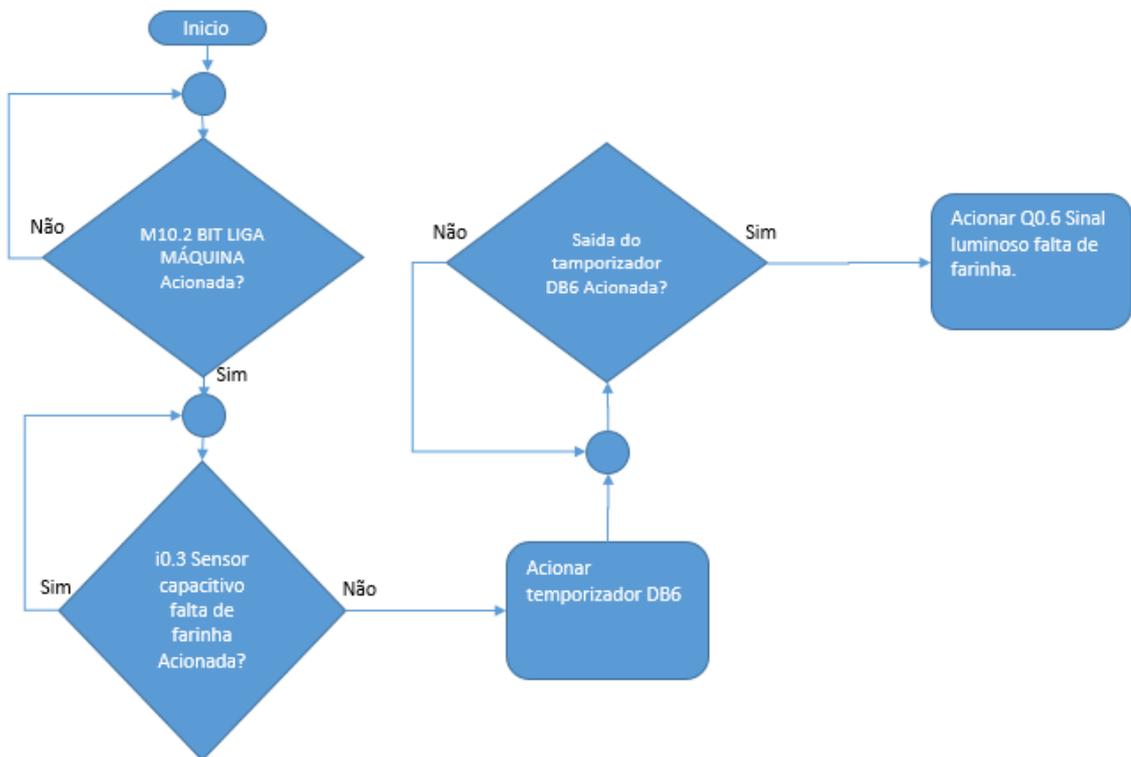
Sendo notória a importância das definições de alarmes na máquina, para o correto diagnóstico e ação do operador sobre o problema ocorrido no equipamento, no bloco “ALARMES” estão dispostos todos os alarmes pré-definidos. Para o alarme de falta de farinha é definido que se a máquina estiver ligada e o sensor de falta de farinha não detectar a presença de farinha no reservatório em 5 segundos é disparado um alarme através de uma saída com o endereçamento Q0.6, que acionará um sinal luminoso de falta de farinha no painel de operação. As Figuras 91 e 92 apresentam o diagrama ladder e o fluxograma do processo respectivamente.

Figura 91 - Diagrama ladder - Alarme falta de farinha



Fonte Arquivo do autor.

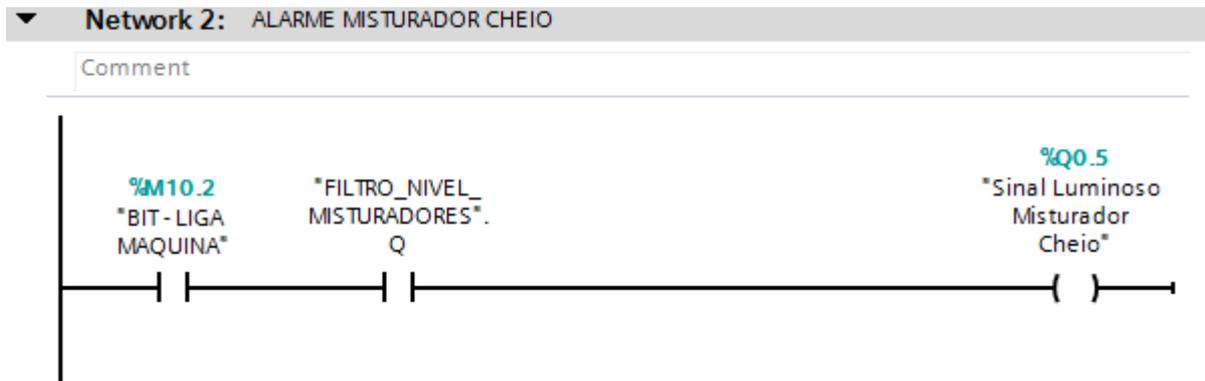
Figura 92 - Fluxograma - Alarme falta de farinha



Fonte Arquivo do autor.

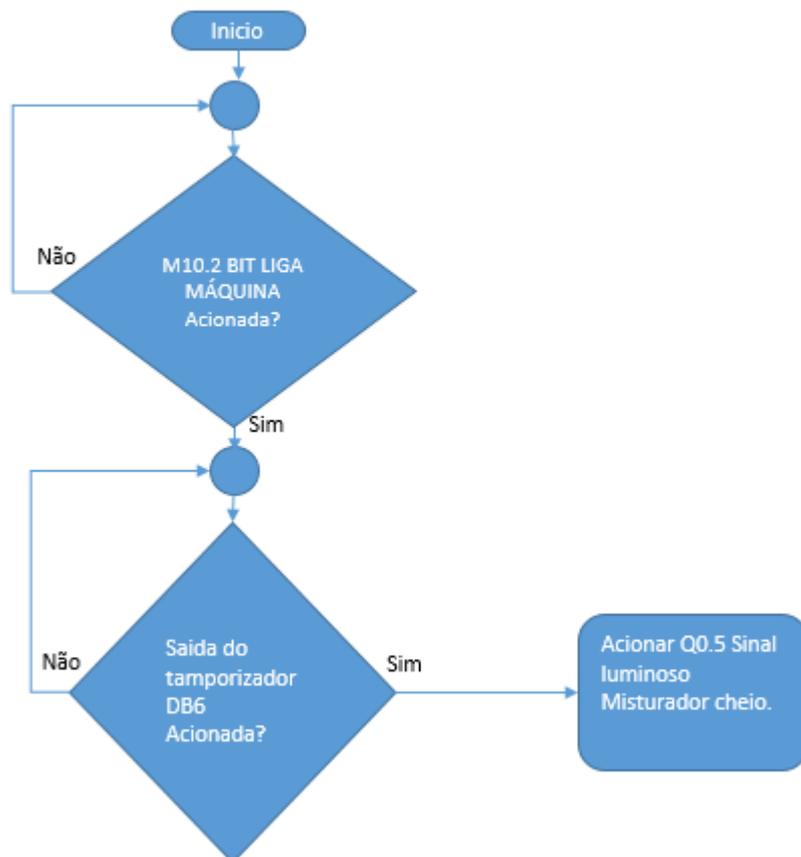
Se a máquina estiver ligada e a saída do temporizador DB3 estiver acionada é disparado um alarme através de uma saída com o endereçamento Q0.5, que acionará um sinal luminoso de misturadores cheios no painel de operação. As Figuras 93 e 94 apresentam o diagrama ladder e o fluxograma do processo respectivamente.

Figura 93 - Diagrama Ladder - Alarme misturador cheio



Fonte Arquivo do autor.

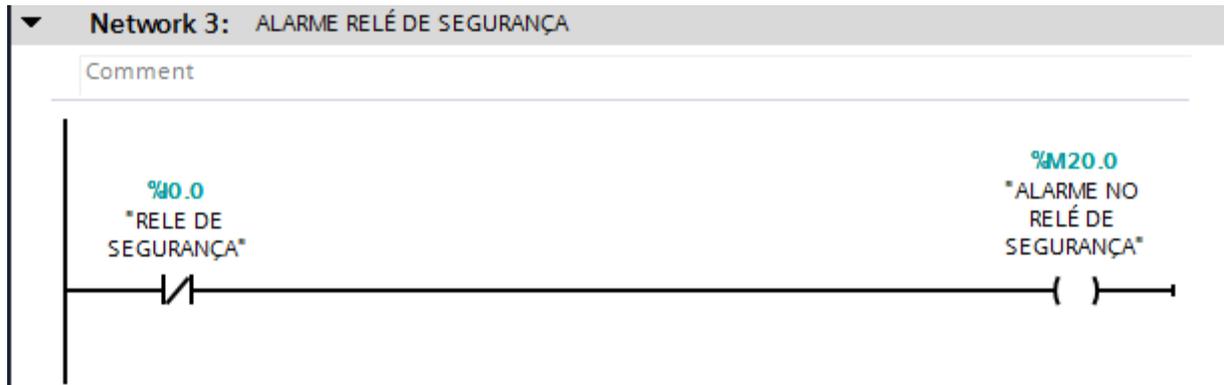
Figura 94 - Fluxograma - Alarme misturador cheio



Fonte Arquivo do autor.

Se não houver um sinal alto vindo do relé de segurança é disparado um alarme através de uma memória com o endereçamento M20.0, que acionará um alarme no painel de operação. As Figuras 95 e 96 apresentam o diagrama ladder e o fluxograma do processo respectivamente.

Figura 95 - Diagrama Ladder - Alarme Relé de segurança



Fonte Arquivo do autor.

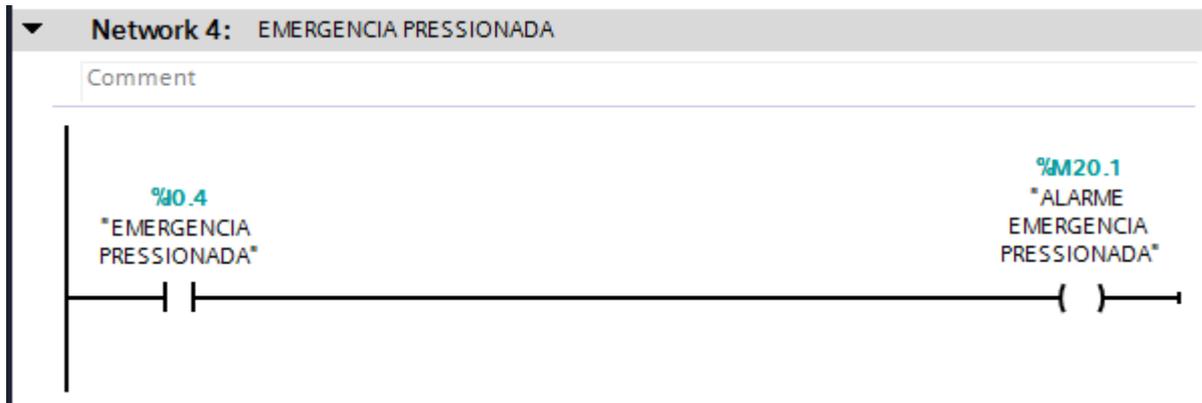
Figura 96 - Fluxograma - Alarme Relé de segurança



Fonte Arquivo do autor.

Se houver um sinal alto vindo da botoeira de emergência através da entrada I0.4 é disparado um alarme através de uma memória com o endereçamento M20.1, que acionará um alarme no painel de operação. As Figuras 97 e 98 apresentam o diagrama ladder e o fluxograma do processo respectivamente.

Figura 97 - Diagrama Ladder - Alarme Emergência pressionada



Fonte Arquivo do autor.

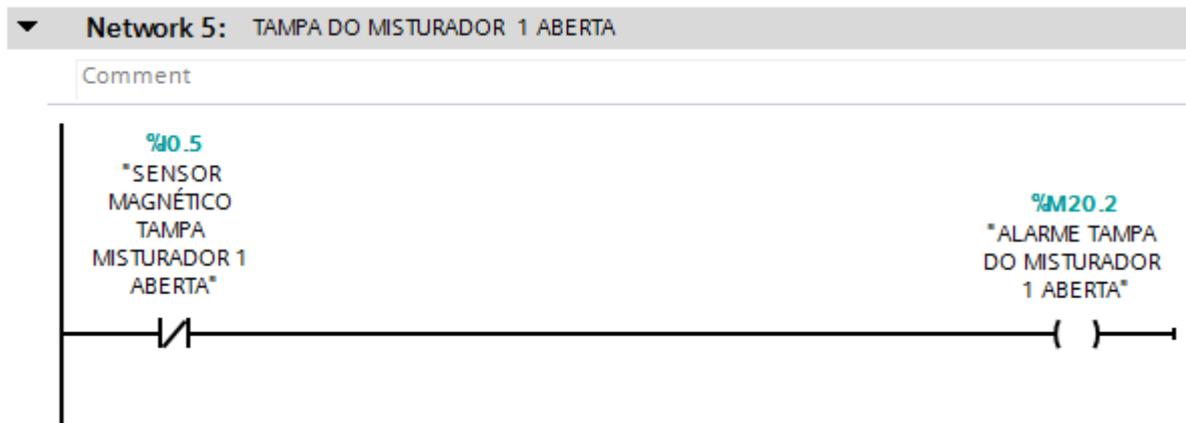
Figura 98 - Fluxograma - Alarme Emergência Pressionada



Fonte Arquivo do autor.

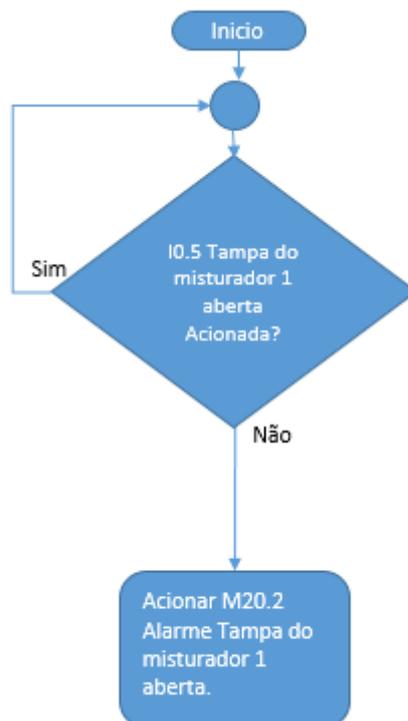
Se não houver um sinal alto vindo do sensor da tampa do misturador 1 através da entrada I0.5 é disparado um alarme através de uma memória com o endereçamento M20.2, que acionará um alarme no painel de operação. As Figuras 99 e 100 apresentam o diagrama ladder e o fluxograma do processo respectivamente.

Figura 99 - Diagrama Ladder - Alarme Tapa do misturador 1 aberta



Fonte Arquivo do autor.

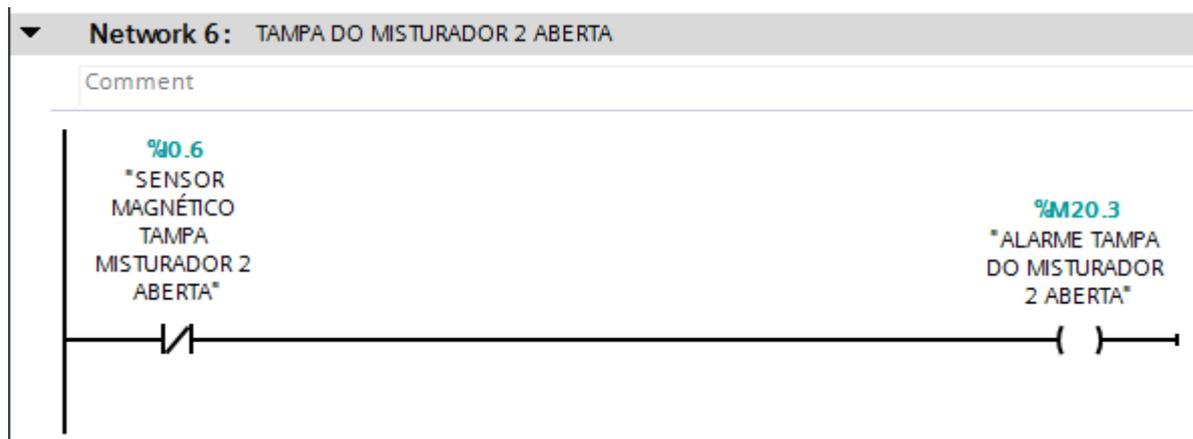
Figura 100 - Fluxograma - Alarme Tapa do misturador 1 aberta.



Fonte Arquivo do autor.

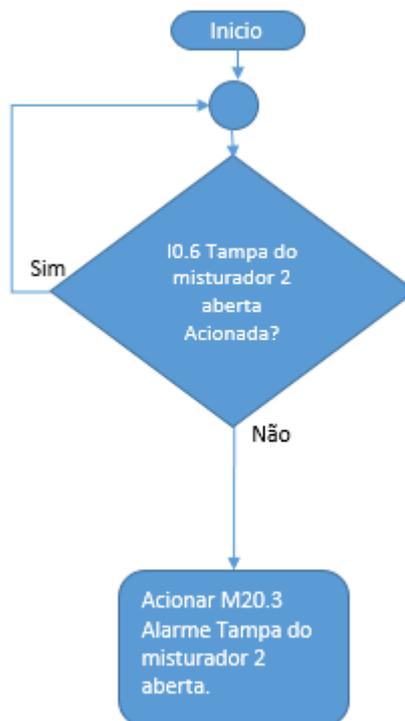
Se não houver um sinal alto vindo do sensor da tampa do misturador 2 através da entrada I0.6 é disparado um alarme através de uma memória com o endereçamento M20.3, que acionará um alarme no painel de operação. As figuras 101 e 102 apresentam o diagrama ladder e o fluxograma do processo respectivamente.

Figura 101 - Diagrama Ladder - Alarme Tampa do misturador 2 aberta



Fonte Arquivo do autor.

Figura 102 - Fluxograma - Alarme Tampa do misturador 2 aberta.

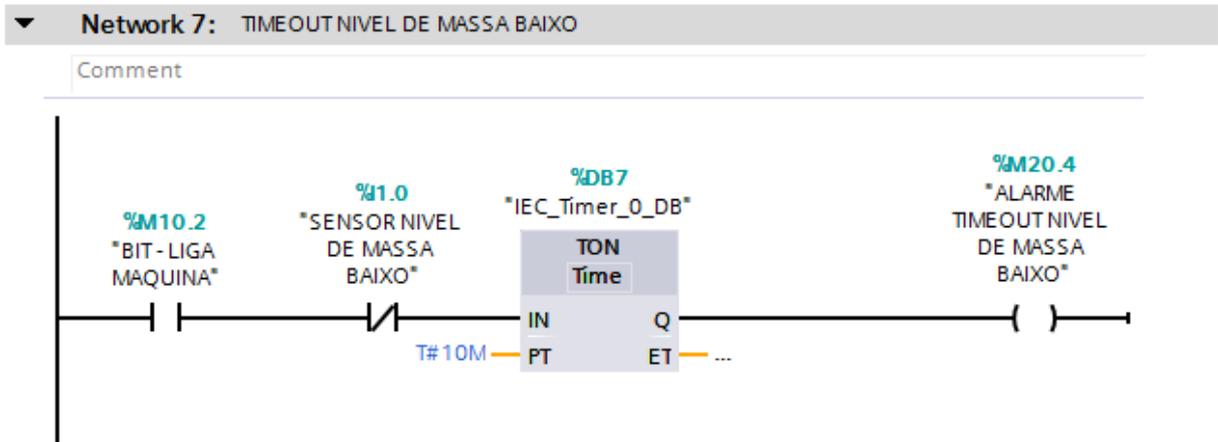


Fonte Arquivo do autor.

Se a máquina estiver ligada e não houver um sinal alto vindo do sensor de nível de massa baixo através da entrada I1.0 por 10 minutos, contados através do temporizador DB7 é disparado um alarme através de uma memória com o endereçamento M20.4, que acionará um

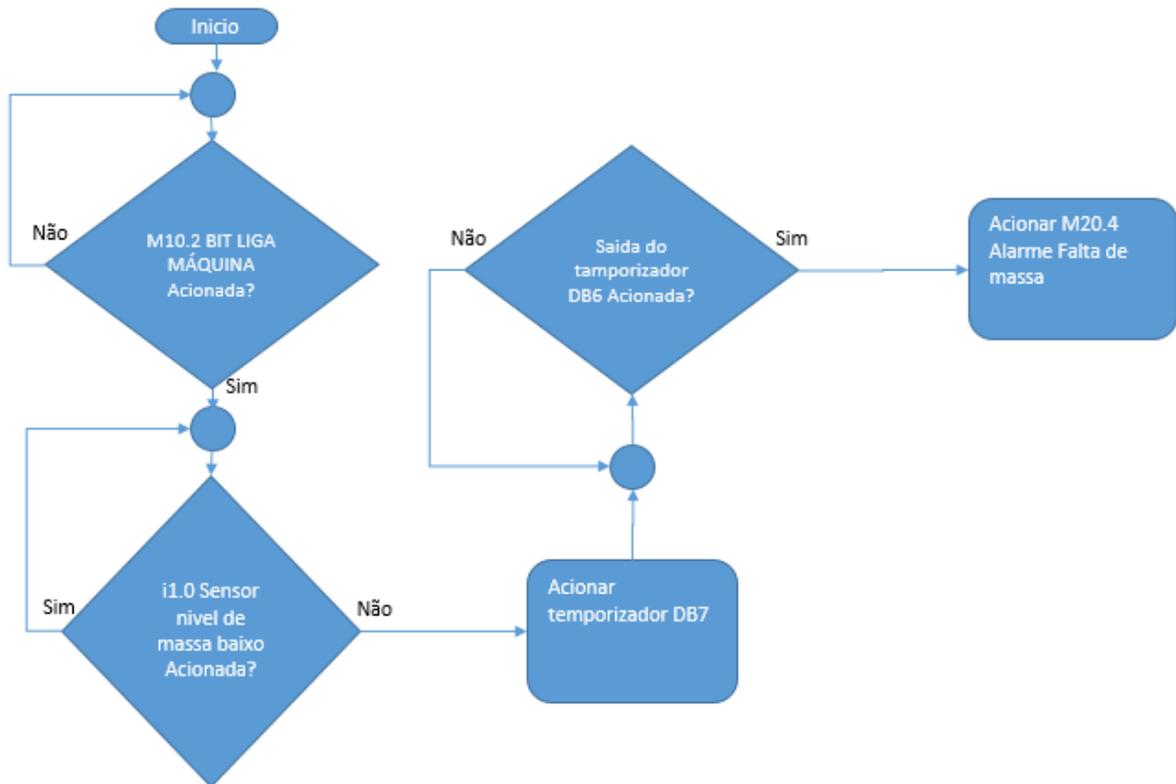
alarme no painel de operação. As Figuras 103 e 104 apresentam o diagrama ladder e o fluxograma do processo respectivamente.

Figura 103 - Diagrama Ladder - Alarme Nível de massa baixo.



Fonte Arquivo do autor.

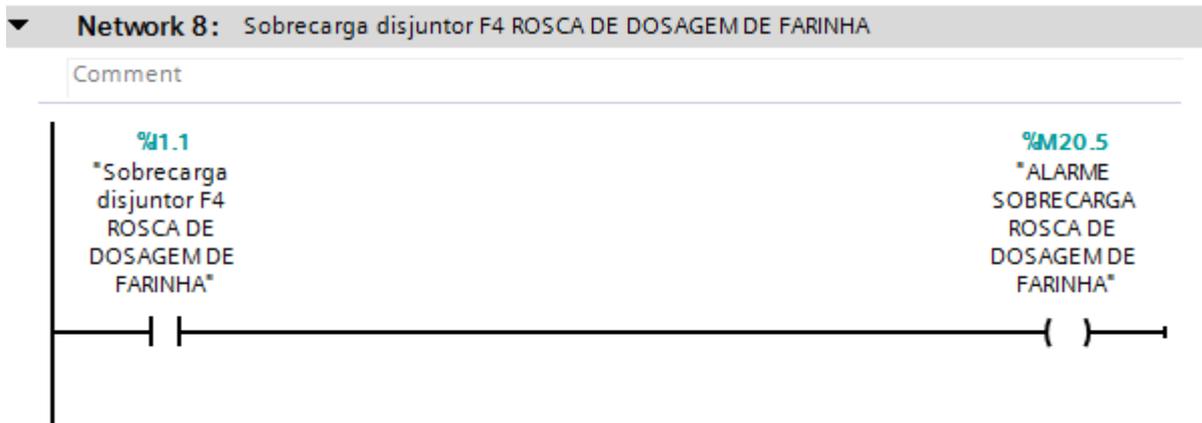
Figura 104 - Fluxograma - Alarme Nível de massa baixo.



Fonte Arquivo do autor.

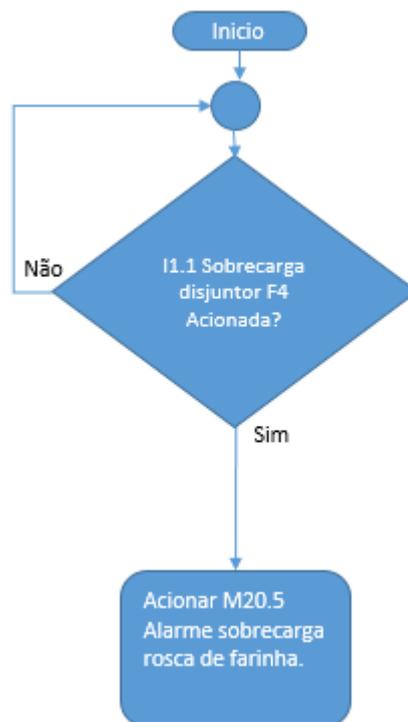
Para os disjuntores motores denominados de F4 a F12, e com seus respectivos endereços são gerados alarmes no painel de operação através das memórias acionadas. Conforme é exemplificado no diagrama ladder e fluxograma nas Figuras 105 e 106 respectivamente.

Figura 105 - Alarme Sobrecarga disjuntor F4



Fonte Arquivo do autor.

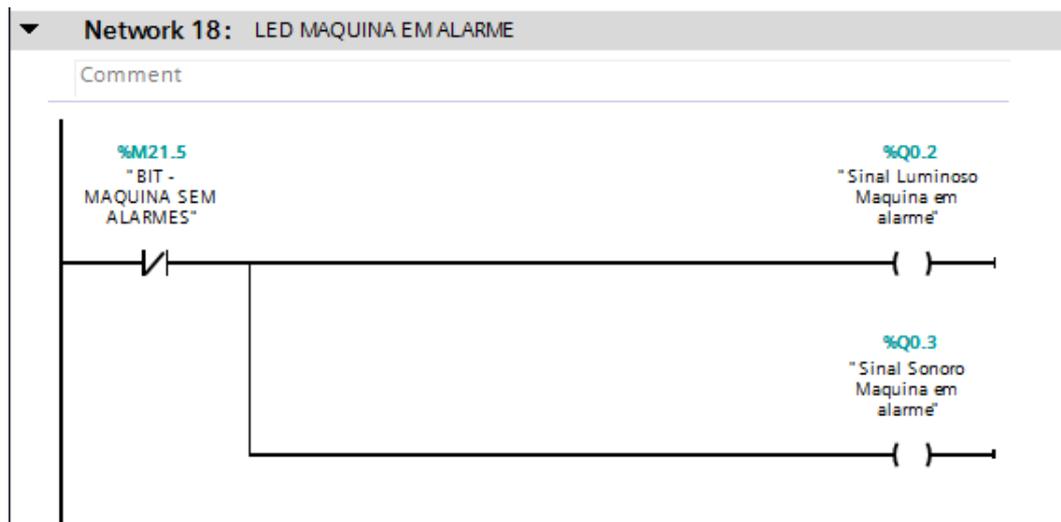
Figura 106 - Fluxograma Sobrecarga Disjuntor F4



Fonte Arquivo do autor.

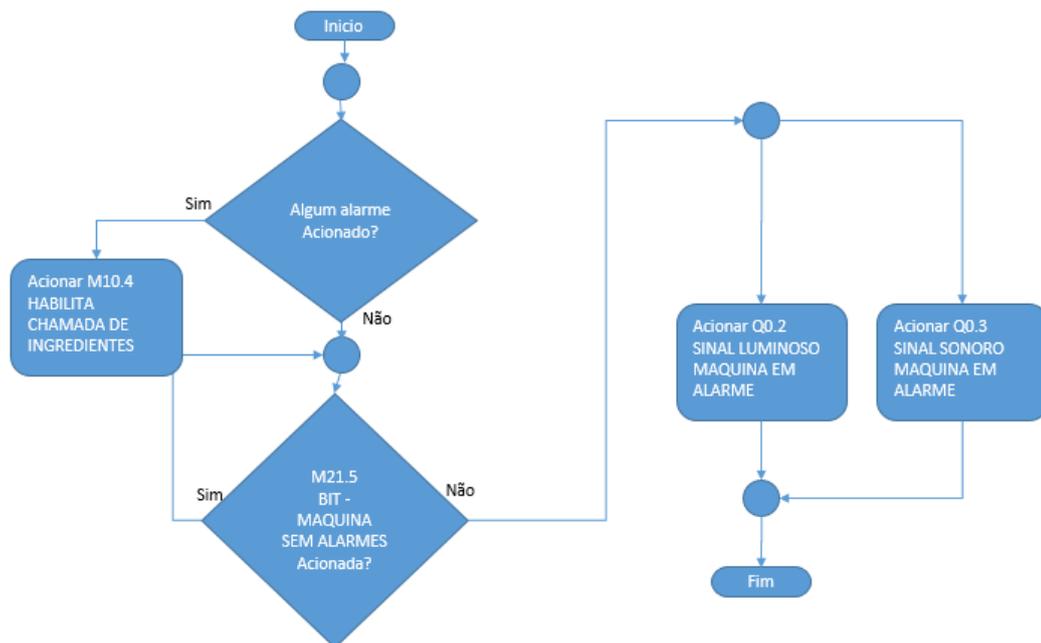
Após definidos todos os alarmes compara-se os estados de todos os elementos finais de cada alarme para gerar um único bit de memória que indicará que a máquina está em alarme. Esta memória acionará uma saída com o endereço Q0.2 que emitirá um alarme luminoso de máquina em alarme e outra saída Q0.3 que emitirá um sinal sonoro para chamar a atenção do operador. As figuras 107 e 108 demonstram o diagrama ladder e o fluxograma deste processo.

Figura 107 - Diagrama Ladder máquina em alarme



Fonte Arquivo do autor.

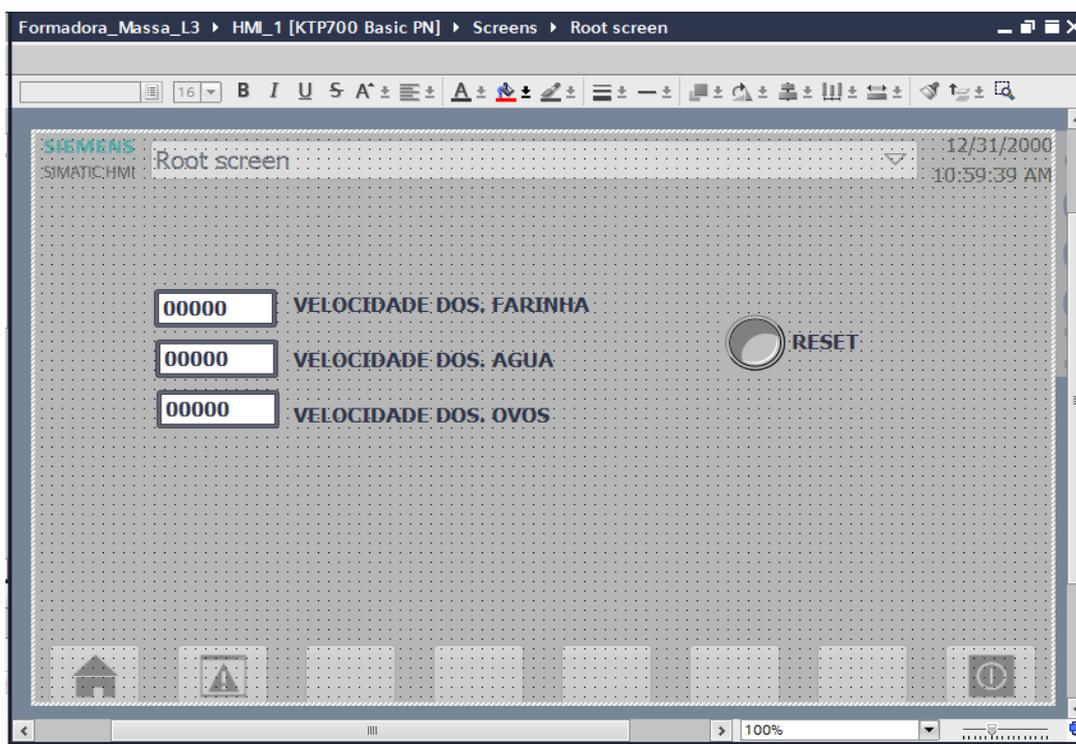
Figura 108 - Fluxograma Máquina em alarme



Fonte Arquivo do autor.

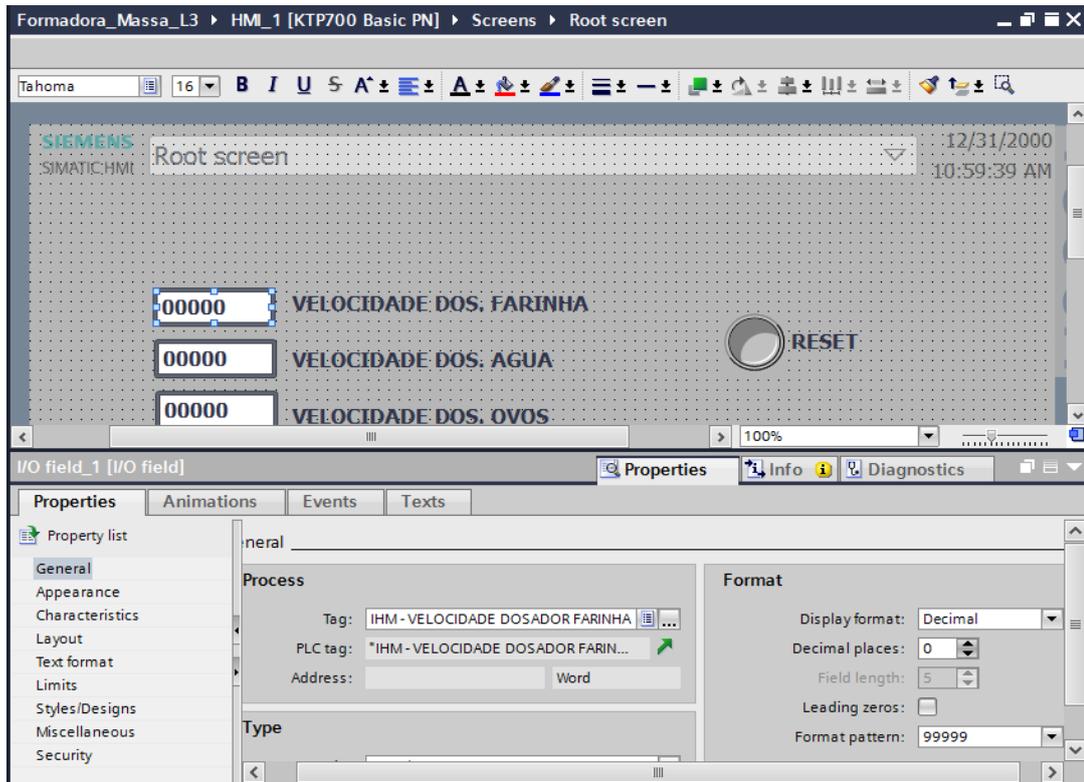
Para a IHM são necessárias apenas as 3 velocidades que são definidas através de seus I/O fields do tipo input/output. Assim segundo SIEMENS (2019) eles podem ser escritos e também exibem a atual velocidade definida para cada saída analógica. A conexão das Tag's entre CLP e IHM são definidos através do campo Tag nas propriedades do componente. Também é definido na programação a exigência do botão que cancela alarmes denominado "RESET" e definido através do PushButton com ligação a TAG no CLP através do campo Tag nas propriedades do elemento, assim segundo SIEMENS (2019) enquanto o botão na IHM é pressionado a memória a ele associada fica com seu nível lógico alto. As figuras 109 e 110 demonstram a tela na IHM e as propriedades do I/O field.

Figura 109 - Tela IHM



Fonte Arquivo do autor.

Figura 110 - Propriedades I/O FIELD



Fonte Arquivo do autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório através deste trabalho a importância e a relevância para a sociedade nos dias atuais a evolução da engenharia elétrica, em especial quanto aos dispositivos de automação industrial. Para tal estudo utilizou-se a pesquisa qualitativa como metodologia de pesquisa.

O desenvolvimento do projeto elétrico respeitando a normas vigentes e a programação do CLP justificaram-se, pois tornará a operação dos equipamentos dentro de uma indústria mais segura e eficiente, beneficiando assim os trabalhadores e aumentando também o volume de produção.

No trabalho verificou-se a necessidade de estudar além dos dispositivos diretos de automação, os dispositivos periféricos que compõem os sistemas e todos os equipamentos de campo, uma vez que estes estão relacionados. Para tal, utilizou-se de manuais técnicos dos componentes e livros de embasamento teórico para agregar conhecimento sobre todos os equipamentos do sistema.

Através do dimensionamento dos componentes para o projeto elétrico para o sistema verificou-se a importância do conhecimento das cargas aplicadas ao sistema e de potência e comando para o correto dimensionamento das proteções para o sistema com base nos manuais técnicos de cada equipamento e do controle preciso da quantidade de cada componente. Desta forma, pode-se então designar qual o tipo de comando e acionamento mais adequado através da fundamentação em manuais dos equipamentos, livros e artigos do tema. No caso estudado, foram utilizadas partidas diretas e partidas controladas por inversores de frequência com comando em tensão de 24VDC. As cargas de acionamento também possuem tensão de acionamento com tensão de 24VDC, assim como os sensores utilizados.

A partir disto foi possível dimensionar o controlador lógico programável (CLP) a ser utilizado, após a averiguação da quantidade de entradas digitais do sistema, para atender os sensores, botoeiras e sinais de periféricos. Os sinais de saída foram dimensionados para a quantidade de acionamentos necessários para sinais luminosos, sinais sonoros, contadoras, inversores e bobinas necessários e controladas pelo sistema. Para a contabilização das saídas analógicas foi verificado o número de dispositivos com variação de velocidade a serem

controladas, no qual, com o manual de cada equipamento verifica-se o tipo de saída a ser utilizada, que no caso é de 0 a 10V.

Para a designação do tipo de sensor utilizado são necessárias algumas informações sobre o processo a ser controlado para que o comportamento do sensor seja correto conforme a necessidade do sistema. No projeto em questão utiliza-se sensores do tipo capacitivo para a detecção de farinha por sua cor e tipo de armazenagem. Já os sensores fotoelétricos foram utilizados para processos de menor precisão e com contato da luz direto com o produto que causa a refletância necessária para o correto funcionamento, as variações ocorridas nos modelos deve-se principalmente as distâncias sensoras aplicadas ao processo.

Cada componente é demonstrado e estudado durante o processo de revisão de literatura onde encontra-se as características técnicas e o esquema de ligação física de cada componente. O que define o comportamento de cada entrada e saída lógica do controlador, uma vez que este dependerá da ligação física a ele atribuída, sofrendo assim mudanças em sua programação em caso de equívocos na sua ligação. Neste aspecto é de fundamental importância que o projeto elétrico esteja condizente com as ligações em campo para que o sistema se comporte da forma desejada e a programação seja concretizada da forma correta.

Para cada componente demonstra-se sua aplicabilidade conforme os manuais de instruções fornecidos pelos fabricantes para que cada componente seja utilizado da forma correta e no local correto sem equívocos de aplicação para o ambiente desejado e o trabalho a ser realizado.

Para o desenvolvimento da programação do sistema é necessário o conhecimento sobre sua estrutura e lógica de processamento, bem como funções do software de programação, suas linguagens e as características de ordenação.

Verifica-se que a linguagem que foi utilizada para a programação do sistema em questão é a mais utilizada no meio industrial, facilitando assim a manutenção do equipamento em futuras alterações. A linguagem ladder tem sua base nas lógicas de relés e contatos que facilitam a compreensão por técnicos menos instruídos e seu aspecto visual torna a visualização dos estados de entradas e saídas bem menos complexos que outras linguagens.

Durante o processo de programação utilizou-se vários tipos de dados para as operações matemáticas, de contagem e de temporização. Estas variáveis têm seu tamanho afijos de acordo com o tipo de dado a ser tratado, porém é de fundamental importância o conhecimento sobre estes tipos de dados pois o software não possui proteção contra utilização indevida de dois endereços de dados sobrepostos para não limitar a programação avançada de

dados. Assim é possível que o programador ao se equivocar sobre o endereçamento da memória, sobrescreva duas memórias.

O endereçamento de entradas e saídas deve ser verificado e configurado na parte de configurações de hardware do software de engenharia para que o sistema tenha o correto endereço atribuído a saída correspondente.

Para a interface entre homem e máquina é utilizada a IHM que mostra alarmes e dados de processo ao usuário e também recebe instruções sobre ações a serem executadas definidas pelo usuário e os armazena em memórias que são utilizadas para comunicar com o programa processado pelo CLP.

Com o sistema em funcionamento é possível garantir um alto índice de produtividade com a segurança necessária e a confiabilidade do equipamento, uma vez que o equipamento possui uma capacidade de processamento e ações muito superior a capacidade humana de realização de atividades bem como possui uma precisão muito superior ao controle manual desenvolvido pelos seres humanos. Isto torna seu custo de implantação viável, considerando que a produtividade e o baixo índice de manutenção a este tipo de equipamento superam os valores gastos para a manutenção de pessoas no âmbito empresarial.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN BRADLEY (Estados Unidos). **Manual do Usuário: Inversor Ajustável PowerFlex 4**. Oxford: Allen Bradley, 2016. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações Elétrica de Baixa Tensão**. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 209 p.

BROCKVELD JUNIOR, Sergio Luis. **EMBASAMENTO TEÓRICO PARA O PROJETO DE UM INVERSOR DE FREQUÊNCIA**. 2015. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecatrônica, Universidade Federal de Santa Catarina., Joinville, 2015.

D'ASCENÇÃO, Luiz Carlos M. **Organização, sistemas e métodos**. São Paulo: Atlas, 2007.

DORNELES, Viviane; MUGGE, Tobias. **Pneumática Básica**. São Leopoldo: Escola Técnica Senai Plínio Gilberto Kroeff - Cetemp, 2008. 47 p.

ELECTRONIC, Ifm. **Capacitive sensors**. Essen, Alemanha: Ifm Electronic, 2016.

ELECTRONIC, Ifm. **Photoelectric sensors**. Essen, Alemanha: Ifm Electronic, 2018.

SILVA, Clodoaldo. **Linguagens para programação de CLP (Norma IEC 61131 – 3)**. São Paulo: Clube da Eletrônica, 2011. 7 p.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luis Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas discretos**. São Paulo: Érica, 2008. 352 p.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos Elétricos**. 4. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2008. 250 p.

GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada**. Descrição e implementação de sistemas sequenciais com PLCs. 9. ed. São Paulo, SP: Érica, 2009. 236 p.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. 2009. 120 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão Para O Desenvolvimento Rural, Universidade Aberta do Brasil - UAB/UFRS, Porto Alegre, 2009.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 61131-3**: Programmable controllers Part 3: Programming languages. 2 ed. Geneva: IEC, 2003. 226 p.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60617-2**: Graphical symbols for diagrams 2 ed. Geneva: IEC, 1996. 226 p.

LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas S.A, 2003.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 7. ed. Ceará: Ltc Editora, 2004. 908 p.

MARINS, Ailson. **Tecnologia Pneumática**: Circuitos Pneumáticos e Comandos Eletropneumáticos. Salto: I F S P – Instituto Federal de Educação , Ciências e Tecnologia de São Paulo Campus Salto, 2009. 134p.

MASCHERONI, José M.; LICHTBLAU, Marcos; GERARDI, Denise. **Guia de Aplicação de Inversores de frequência**. 3. ed. Jaraguá do Sul: Weg Automação, 2005. 264 p.

MATHEUS, Henrique. **CONVERSORES DE FREQUÊNCIA E SOFT STARTERS**. Várzea Grande: Ejm Engenharia, 2012. 32 p.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. **NR-10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Aprovada pela portaria nº 598, de 07 de dezembro de 2004, publicada no D.O.U. em 8 de dezembro de 2004.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. **NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**. Aprovada pela portaria nº 509, de 29 de Abril de 2016, publicada no D.O.U. em 2 de maio de 2016.

NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. 10. ed. São Paulo, SP: Érica, 2009. 251 p.

OLIVEIRA, Cristiano Lessa de. UM APANHADO TEÓRICO-CONCEITUAL SOBRE A PESQUISA QUALITATIVA: TIPOS, TÉCNICAS E CARACTERÍSTICAS. **Revista Travessias**, Cascavel, v. 1, n. 1, p.1-16, jun. 2018.

PAREDE, Ismael Moura. **Eletrônica: Automação industrial**. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011. 103 p. 6 v.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico: Metodos e Técnicas de pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 276 p.

REBOUÇAS, Djalma de Pinho. **Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial**. São Paulo: Atlas: 2009.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Automação Industrial**. 4. ed. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 1999. 498 p.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Fundamentos de Automação Industrial**. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 2003. 213 p.

ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Automação Industrial**. Santa Maria: UFSM, 2016. 102 p.

SÁ-SILVA, Jackson Ronie; ALMEIDA, Cristóvão Domingos de; GUINDANI, Joel Felipe. Pesquisa documental:: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, São Paulo, p.1-15, jul. 2009.

Schmersal. **Manual de instruções Relé de segurança SRB 301MC**. Wuppertal, Alemanha: Schmersal, 2018. 6 p.

Schmersal. **Manual de instruções Sensor de segurança BNS 40S**. Wuppertal, Alemanha: Schmersal, 2018. 6 p.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Folha de dados do produto: LC1D25BD CONTATOR TRIPOLAR 25A 1NA+1NF 24VCC**. São Paulo: Green Premium, 2019. 4 p.

SEGUNDO, Alan Kardek Rêgo; RODRIGUES, Cristiano Lúcio Cardoso. **Eletrônica de Potência e Acionamentos Elétricos**. Ouro Preto: Ifmg - Instituto Federal de Ciencia, Educação e Tecnologia de Minas Gerais, 2015. 130 p.

SEIXAS, Falcondes José Mendes de; FERNANDES, Rodolfo Castanho. **Máquinas Elétricas II**. 2. ed. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista "julio de Mesquita Filho", 2012. 74 p.

SIEMENS. **Data sheet 6ES7215-1BG40-0XB0**. Munique, Alemanha: Siemens, 2019. 9 p.

SIEMENS. **Data sheet 6ES7232-4HD32-0XB0**. Munique, Alemanha: Siemens, 2019. 3 p.

SIEMENS. **Data sheet 6ES7223-1BL32-0XB0**. Munique, Alemanha: Siemens, 2019. 4 p.

SIEMENS. **Data sheet 3RT2023-1BB40**. Munique, Alemanha: Siemens, 2019. 11 p.

SIEMENS. **Data sheet 6EP1333-1LB00**. Munique, Alemanha: Siemens, 2019. 4 p.

SIEMENS. **Data sheet 6ES7223-1BL32-0XB0**. Munique, Alemanha: Siemens, 2019. 4 p.

SIEMENS. **SIMATIC S7 S7-1200 Programmable controller General specifications and features**. Munique, Alemanha: Siemens, 2019. 16 p.

SILVA, Emílio Carlos Nelli. **Apostila de Pneumática**. São Paulo: Escola Politécnica da Usp, 2002. 114 p.

SILVA, Gladimir Pinto da. **PLC: Controladores Lógicos Programáveis**. Sapucaia do Sul: CEFET-RS, 2015. 31 p.

SILVEIRA, Paulo Rogério da; SANTOS, Winderson E. **Automação e controle discreto**. 9. ed. São Paulo, SP: Érica, 2009. 229 p.

SILVA FILHO, Bernardo Severo da. **Curso de Controladores Lógicos Programáveis**. Rio de Janeiro: Uerj, 2012. 33 p.

SIEMENS AG 2013. **Documentação de treinamento SCE para a solução de automação universal Totally Integrated Automation (TIA)**. São Paulo: Siemens, 2012. 64 p.

SOUZA, José de. **Manual de Acionamentos e Comandos Elétricos**. Taquara: Cimol, 2014. 117 p

TAQUES, Mauricio Martins. **COMANDOS ELÉTRICOS INDUSTRIAIS: TEORIA**. Florianópolis: Ifsc, 2016. 47 p.

7 APÊNDICES

APÊNDICE A – Projeto elétrico

APÊNDICE B – Diagrama Ladder completo