



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

HUGO DA ROCHA CONCEIÇÃO

**AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS UTILIZANDO AS LINGUAGENS DE COMANDOS
ELÉTRICOS E LADDER**

TUCURUÍ
2019

HUGO DA ROCHA CONCEIÇÃO

**AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS UTILIZANDO AS LINGUAGENS DE COMANDOS
ELÉTRICOS E LADDER**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. MSc Bernard Carvalho Bernardes

TUCURUÍ
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

C744a Conceição, Hugo da Rocha
Automação de sistemas utilizando as linguagens de comandos
elétricos e ladder / Hugo da Rocha Conceição. — 2019.
131 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Me. Bernard Carvalho Bernardes
Coorientador(a): Prof. Me. Jefferson Souza Costa Trabalho de
Conclusão de Curso (Graduação) - 3, Campus
Universitário de Tucuruí, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2019.

1. Programação, Linguagens, Automação, Processos . I.
Título.

CDD 629.89



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUI
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Automação de Sistemas Utilizando as Linguagens de Comandos Elétricos e LADDER

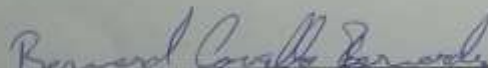
DISCENTE	MATRÍCULA
Hugo da Rocha Conceição	201433940030


BANCA EXAMINADORA	CONDIÇÃO
1. Prof. Me. Bernard Carvalho Bernardes – UFPA	Orientador
2. Eng.º Kleber Fonseca Campos	Membro
3. Eng.º Wendel de Jesus da Cruz Xavier	Membro

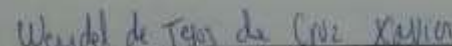
Data da Defesa: 26/07/2019	Hora Início: 14:00	Hora do Término: 14:35
----------------------------	--------------------	------------------------

Critérios	Nota dos Avaliadores		
	1	2	3
Trabalho escrito (Gramática, clareza, etc.)	9,8	10	9,5
Conteúdo técnico	10	10	10,0
Sequência lógica de apresentação	10	10	10,0
Administração do tempo	10	10	9,8
Capacidade de expressão oral	10	9,8	9,5
Domínio do tema	10	10	10,0
Média por avaliador	9,97	9,97	9,8
Média Final	9,91		
Conceito Final	EXCELENTE		

Tucuruí-Pará, 26/07/2019


Bernard Carvalho Bernardes
Orientador


Kleber Fonseca Campos
Membro


Wendel de Jesus da Cruz Xavier
Membro

“Não erreis: Deus não se deixa escarnecer; porque tudo o que o homem semear, isso também ceifará”. Gálatas 6:7

AGRADECIMENTOS

Queria agradecer primeiramente a Deus por todas as bênçãos que tem proporcionado em minha vida, pela oportunidade de ter o folego da vida, pelos livramentos, pela oportunidade que tive de estudar em uma escola técnica e em uma universidade pública federal e por todo o suporte que me dedicou no decorrer do curso, sempre me protegendo, dando saúde, força, coragem, garra, determinação e foco para realizar mais um objetivo.

A minha família, quero agradecer aos meus pais Ângelo e Adalgiza, meus irmãos Antônia, Fábio e Flaudil pelo esforço, dedicação, conselhos e orientações que os mesmos empregaram nessa árdua trajetória. Sem vocês nada disso estaria acontecendo, muito obrigado por tudo.

Queria agradecer aos meus professores e todos os funcionários da universidade, vocês tiveram um papel fundamental no meu desenvolvimento e crescimento. Em especial ao Bernard por toda a paciência, dedicação em nos ensinar o melhor possível e sempre nos mostrando o melhor caminho a ser seguido, pensando sempre no nosso bem.

Quero agradecer também aos meus colegas do curso técnico e da graduação que estão comigo ou que em algum momento fizeram parte da minha vida, também quero agradecer as pessoas que mesmo sem conhecer um dia me estenderam a mão, quero agradecer as pessoas que conseguiram ver através dos meus olhos o jovem humilde, dedicado, esforçado e batalhador.

AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS UTILIZANDO AS LINGUAGENS DE COMANDOS ELÉTRICOS E LADDER

RESUMO

Neste trabalho é apresentado os primeiros indícios, contextualização, histórico, conceitos, técnicas e evoluções da automação. Os principais objetivos deste trabalho são referentes a automatização de seis processos, e apresentar os principais desafios de programação enfrentados em cada processo, bem como as técnicas e soluções utilizadas para superar tais desafios. Os processos a serem automatizados são os seguintes, portão elétrico, silo industrial, grupo compressores, sinalização de trânsito, misturador industrial e uma linha de processamento de garrafas, estes são automatizados através de duas linguagens de programação, são estas, a linguagem de comandos elétricos e a linguagem de PLC (Ladder), a primeira é desenvolvida através do software CAdE_SIMU enquanto que a linguagem Ladder é trabalhada através do software LogixPro.

Palavras – chave: Automação, Processos, Programação, Linguagens

AUTOMATION OF SYSTEMS USING AS LINGUANGENS OF ELECTRICAL COMMANDS AND LADDER

ABSTRACT

This work the first indications, contextualization, history, concepts, techniques and evolutions of automation are presented. The main objectives of this work are the automation of six processes, and present the main programming challenges faced in each process, as well as the techniques and solutions used to overcome such challenges. The processes to be automated are as follows, electric gate, industrial silo, group compressors, traffic signaling, industrial mixer and a bottle processing line, these are automated through two programming languages, these are the language of electrical commands and the language of PLC (Ladder), the first one is developed through CADe_SIMU software while the Ladder language is worked through the software LogixPro.

Keywords: *Automation, Processes, Programming, Languages*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro.....	23
Figura 2 - Comando elétrico completo desenvolvido no software CADe_SIMU.....	25
Figura 3 - Circuito ativo em processo de fechamento.....	26
Figura 4 - Circuito ativo e em processo de abertura.....	27
Figura 5 - Sensor fim de curso “FC.OP” ativo e processo sinalizado.....	28
Figura 6 - Circuito em processo de fechamento e ao mesmo processo sinalizado.....	29
Figura 7 - Circuito sobe a ação do sensor fim de curso “FC.CL”.....	29
Figura 8 - Estudo de caso a ser programado através da linguagem Ladder.....	30
Figura 9 - Programação completa desenvolvida no software LogixPro.....	31
Figura 10 - Sistema de emergência em estado ativo.....	33
Figura 11 - Ação do botão Open na estrutura de comando.....	34
Figura 12 - Ação do sensor de fim de curso I:1/3.....	34
Figura 13 - Ação da botoeira CLOSE – I:1/0.....	35
Figura 14 - Ação do botão Close na estrutura de comando.....	35
Figura 15 - Ação do sensor de fim de curso I:1/4 na estrutura de comando.....	36
Figura 16 - Ação da botoeira OPEN – I:1/00 na estrutura de comando.....	36
Figura 17 - Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro.....	37
Figura 18 - Comando elétrico completo desenvolvido no software CADe_SIMU.....	39
Figura 19 - Momentos em que o operador pressiona e solta a botoeira B1.....	40
Figura 20 - Sistema de emergência e de proteção contra sobre carga ativos.....	40
Figura 21 - Momento no qual o sensor de presença do recipiente está atuado.....	41
Figura 22 - Análise pontual na atuação do sensor S.CHE.....	42
Figura 23 - Exato momento em que o sensor S.CHE volta ao estado desativo.....	43
Figura 24 - Análise do sistema com a presença e atuação do relé K2.....	44
Figura 25 - Comando elétrico de uma esteira transportadora desenvolvido no LogixPro.....	45
Figura 26 - Botoeira stop, start e sensor de presença em estado ativo.....	47
Figura 27 - Momento em que a o recipiente vazio é detectado.....	48
Figura 28 - Momento em que o sensor de nível comuta para o estado ativo.....	48
Figura 29 - Análise da atuação do sensor de presença nas linhas de comando do sistema.....	49
Figura 30 - Análise da atuação conjunta dos sensores de presença e nível.....	50
Figura 31 - Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro.....	51

Figura 32 - Circuito de força do grupo de compressores.	53
Figura 33 - Circuito de Comando Elétrico do grupo de Compressores.	54
Figura 34 - Circuito de comando de acionamento do Compressor C1.	55
Figura 35 - Circuito de comando de acionamento do Compressor C1.	56
Figura 36 - Circuito de comando de acionamento do Compressor C2.	57
Figura 37 - Circuito do Pressostato PRES2 na coluna de acionamento do Compressor C2. ...	58
Figura 38 - Circuito de acionamento de ambos os Compressores.	59
Figura 39 - Programação desenvolvida para atender os três estágios do modo de operação. 60	
Figura 40 - Programação a qual possibilita o acionamento de ambos os compressores.	61
Figura 41 - Programação do modo de operação do compressor C1.	62
Figura 42 - Programação do modo de operação do compressor C2.	63
Figura 43 – Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro. ...	64
Figura 44 - Comando elétrico referente ao sistema de comando e de sinalização.	65
Figura 45 - Comando elétrico referente a primeira etapa de sinalização.	66
Figura 46 - Comando elétrico referente a segunda etapa de sinalização.	67
Figura 47 - Comando elétrico referente a terceira etapa de sinalização.	68
Figura 48 - Comando elétrico no momento em que o relé temporizador K4 é energizado. ...	69
Figura 49 – Momento no qual os contatos do relé temporizador K4 são habilitados.	69
Figura 50 - Apresentação dos temporizadores de controle de tempo dos sinalizadores.	71
Figura 51 - Programação do temporizador TEM.0 em estado ativo.	72
Figura 52 - Programação do temporizador TEM.1 em estado ativo.	72
Figura 53 - Programação do temporizador TEM.2 em estado ativo.	73
Figura 54 - Programação do temporizador TEM.3 em estado ativo.	74
Figura 55 - Programação do temporizador TEM.4 em estado ativo.	75
Figura 56 - Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro.	76
Figura 57 - Comando elétrico completo desenvolvido no CADe_SIMU.	77
Figura 58 - Comando da chave seletora e controle de operação das PUMP’S.	78
Figura 59 - Comportamento do comando após ação exercida sobre a botoeira B1.	79
Figura 60 - Sequência de eventos após o acionamento das PUMP’S 1 e 2.	80
Figura 61 - Sequência de eventos após o acionamento do sensor de nível (H).	81
Figura 62 - Momento quando no qual o termopar comuta para o estado ativo.	82
Figura 63 - Momento exato quando o sensor de nível (H) volta para o estado inativo.	82
Figura 64 - Momento exato em que o sensor do termopar volta para o estado inativo.	83
Figura 65 - Sensor de nível (LOW) quando retorna para o estado de repouso.	84

Figura 66 - Programação completa da chave seletora.	85
Figura 67 - Sistema RUN em estado ativo.	86
Figura 68 - Sistemas PUMP'S 1 e 2 e misturador em estado ativo.	86
Figura 69 - Ativação do sistema de aquecimento apos a detecção de nível alto.	86
Figura 70 - Atuação do Termostato da bomba de esvaziamento - PUPM3 no sistema.	87
Figura 71 - Atuação do sensor de baixo nível e o loop do sistema.	88
Figura 72 - Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro.	89
Figura 73 - Programação do sistema RUN.	90
Figura 74 – Sistema de acionamento e desacionamento da esteira primária.	91
Figura 75 – Acionamento da esteira primária e do sistema de pulsos.	92
Figura 76 - Sistema de detecção ativo nos casos de garrafa danificada, pequena e grande.	93
Figura 77 - Sistema de preenchimento de garrafas pequenas em estado ativo.	95
Figura 78 – Sistema de preenchimento de garrafas grades em estado ativo.	95
Figura 79 - Programação do sistema de vedação em estado ativo.	96
Figura 80 - Programação do sistema de separação de garrafas danificadas.	97
Figura 81 – Sistema de acionamento da esteira secundária em estado ativo.	98
Figura 82 - Sistema de transferência de garrafas grandes entre esteiras.	99
Figura 83 - Sistema de acionamento da esteira terciária em estado ativo.	100
Figura 84 - Sistema de comando do modo RUN em estado ativo.	101
Figura 85 - Sistema de acionamento e controle da esteira primária.	102
Figura 86 - Componente BSL – Bit Sift Left.	102
Figura 87 - Tabela Binária do BSL – Bit Sift Left.	103
Figura 88 - Mapeamento binário com o sensor garrafas grandes.	104
Figura 89 - Deslocamento binário referente ao sistema de identificação e abastecimento.	105
Figura 90 - Mapeamento binário com o sensor de estado das garrafas.	106
Figura 91 - Mapeamento binário com o sensor de presença de garrafa.	106
Figura 92 - Sistema de controle de enchimento com a utilização do componente LIM.	107
Figura 93 - Sistema de controle de enchimento conforme o tamanho das garafas.	108
Figura 94 - Sistema inicial de separação de garrafas danificadas.	109
Figura 95 - Sistema de acionamento da esteira secundária.	110
Figura 96 - Programação do sistema de fechamento de garrafas.	111
Figura 97 - Primeira parte da programação do sistema de separação por tamanho.	112
Figura 98 - Extensão do mapeamento binário.	112
Figura 99 - Segunda parte da programação do sistema de separação por tamanho.	113

Figura 100 - Programação do sistema de acionamento da esteira de número 3..... 114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FC.CL - Fim de curso close
FC.OP - Fim de curso open
Sist. Emergência – Sistema de emergência
Port. Fechado – Portão fechado
PRES – Relé detector de presença
S.PRE – Sensor de Presença
ENCH – Relé enchendo
S.CHE – Sensor cheio
M.RUN – Motor ativo
FF.C1 – Fusível de força compressor 1
FF.C2 – Fusível de força compressor 2
RC1 – Relé sobrecarga compressor 1
RC2 – Relé sobrecarga compressor 2
PRES1 – Pressostato 1
PRES2 – Pressostato 2
C1.C2 – Compressor 1 e 2
ST.C1 – Sistema compressor 1
ST.C2 – Sistema compressor 2
START C1 – Partida compressor 1
START C2 – Partida compressor 2
ONLY.C – Apenas compressor 2
TEM.0 – Temporizador 0
TEM.1 – Temporizador 1
TEM.2 – Temporizador 2
TEM.3 – Temporizador 3
TEM.4 – Temporizador 4
TEM.INSTAN.0 – Tempo instantâneo 0

TEM.INSTAN.1 – Tempo instantâneo 1
TEM.INSTAN.3 – Tempo instantâneo 3
TEM.INSTAN.4 – Tempo instantâneo 4
VERDE - S1 – Verde sinalizador 1
AMARELO – S1 – Amarelo sinalizador 1
VERMELHO - S1 – Vermelho sinalizador 1
VERDE – S2 – Verde sinalizador 2
AMARELO – S2 – Amarelo sinalizador 2
VERMELHO – S2 – Vermelho sinalizador 2
SELET – Seletora
PUMP1 – Bomba 1
PUMP2 – Bomba 2
PUMP3 – Bomba 3
MIX – Misturador
LOW – Sensor nível baixo
TERMO – Sensor Termostato
EXPU2 – Expulsador 2
EXPU4 – Expulsador 4
M1 – Motor 1
M2 – Motor 2
M3 – Motor 3
T1 – Temporizador 1
VEDA – Vedação
G.P – Garrafa pequena
G.G – Garrafa grande
G.P1 – Garrafa pequena1
G.G1 – Garrafa grande1
G.I1 – Sensor garrafa inutilizável1
H.P – Sensor nível garrafa pequena

H.G – Sensor nível garrafa grande
REF.P – Refil garrafa pequena
REF.G – Refil garrafa grande
TRITU – Triturador
G.PG – Garrafa grande e pequena
G.I2 - Garrafa inutilizavel2
G.G2 – Garrafa grande2
T2 – Temporizador T2
S.NIV – Sensor de nível
FF2 – Fusível de força2
FF3 – Fusível de força3
RELE2 – Relé de sobrecarga2
RELE3 – Relé de sobrecarga3
PRES.GARRAFA – Sensor de presença de garrafa
SEN. EXPULS – Sensor do expulsador
SEN. FILL LARGE – Sensor garrafa grande
SEN. FILL SMALL – Sensor garrafa pequena
PRES.GARRAFA – Sensor presença de garrafa
LARGE FILL – Enchimento garrafa grande
SMALL FILL - Enchimento garrafa pequena

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1 Justificativa	19
1.2 Objetivo	19
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
2. REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 Automação	20
2.2 Surgimento e Evolução	20
2.3 Tipos de processos Industriais	20
2.4 Processos Industriais	21
2.5 Controlador lógico programável e linguagens de programação	22
3. ESTUDOS DE CASOS	23
3.1 Automação dos processos de funcionamento de um portão elétrico	23
3.1.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CADe_SIMU.	24
3.1.2 Desenvolvimento e análise utilizando o Software LogixPro.	30
3.2 Automação dos processos de funcionamento de um silo industrial	37
3.2.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CADe_SIMU.	38
3.2.2 Desenvolvimento e análise utilizando o Software LogixPro.	44
3.3 Automação dos processos de funcionamento um grupo compressor	50
3.3.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CADe_SIMU.	51
3.3.2 Desenvolvimento e análise utilizando o Software LogixPro.	59
3.4 Automação dos processos de funcionamento de um semáforo	63
3.4.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CADe_SIMU.	64
3.4.2 Desenvolvimento e análise utilizando o Software LogixPro.	70
3.5 Automação dos processos de funcionamento de um misturador industrial	75
3.5.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CADe_SIMU.	76
3.5.2 Desenvolvimento e análise utilizando o Software LogixPro.	84
3.6 Automação dos processos de funcionamento de uma linha de garrafas	88
3.6.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CADe_SIMU.	89
3.6.2 Desenvolvimento e análise utilizando o Software LogixPro.	100
4. CONCLUSÕES	115
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	116
APÊNDICE A – Programação Portão Elétrico no Software CADe_SIMU	117
APÊNDICE B – Programação Portão Elétrico no Software LogixPro	118
APÊNDICE C – Programação Silo no Software CADe_SIMU	119

APÊNDICE D – Programação Silo no Software LogixPro	120
APÊNDICE E – Programação grupo compressores no Software CADe_SIMU	121
APÊNDICE F – Programação grupo compressores no Software LogixPro	122
APÊNDICE G – Programação semáforo no Software CADe_SIMU	123
APÊNDICE H – Programação semáforo Software LogixPro	124
APÊNDICE I – Programação misturador no Software CADe_SIMU	126
APÊNDICE J – Programação misturador Software LogixPro	127
APÊNDICE K – Programação linha de garrafas no Software CADe_SIMU	128

1. INTRODUÇÃO

A humanidade busca constantemente criar novas invenções com o intuito de simplificar os trabalhos braçais, de forma a substituí-los por outros meios e mecanismos que lhe proporcionar maior tempo para a realização de outras atividades, as quais podem ser voltadas para a área intelectual, cultural, social ou mesmo o lazer, no entanto, as invenções criadas pelo homem sempre geraram grandes dúvidas quanto aos impactos que as mesmas iriam gerar na vida das pessoas, na forma de relacionamento social, nas novas rotinas de trabalho ou mesmo nas mudanças de hábitos. (SILVEIRA e WINDERSON E, 2002)

A automação tem seus primeiros vestígios ainda na pré-história quando ocorreu a mecanização na movimentação de cargas, utilização das rodas d'água e moinhos movidos por água ou vento, demonstrando assim as primeiras tentativas do homem em realizar seus trabalhos com menos esforços braçal e com maior produtividade, possibilitando ao mesmo maior tempo para a realização de outros afazeres e a valorização do tempo útil. (ROGGIA e FUENTES, 2016)

O desenvolvimento da humanidade ocorre em função de suas necessidades e as invenções se destacaram como o caminho para se atender a estas necessidades, por exemplo, a invenção do estribo surgiu como uma ferramenta de fortalecimento das montarias de guerreiros em buscas de suas conquistas, no século VII o arado foi a maior invenção do período que possibilitou ao homem empregar a utilização de animais e de mecanismos para o corte dos solos o que proporcionou lavouras, solos mais férteis, resistentes a pragas, plantações com raízes profundas e mais produtivas, na área da navegação a descoberta da agulha magnética permitiu que os navegadores tivessem um norte em suas grandes navegações o que permitiu ao mesmo descobrir novas terras e riquezas. (SILVEIRA e WINDERSON E, 2002)

A automação só ganhou notoriedade durante o período da Revolução Industrial, período o qual é compreendido entre os anos de 1760 a 1860, a Revolução Industrial teve seu marco inicial na Inglaterra, durante esse período de revolução surgiram grandes invenções como, a máquina de fiar de John Wyatt, os mecanismos de regulação de fluxo de vapor em máquinas, a utilização da energia elétrica na indústria de aço, sendo assim as primeiras implementações permitiram agregar maior agilidade, confiabilidade e redução de custos nos processos industriais. (BRANQUINHO, 2014)

1.1 Justificativa

A modelagem de praticamente qualquer sistema que envolva automação pode ser compreendido em três pilares básicos como, a identificação do sistema juntamente com todos os fundamentos que circundam tal sistema, o desenvolvimento da rotina de programação a qual pode ser compreendida como a interface de todo o projeto e por fim o desenvolvimento e aplicação prática do sistema o qual foi trabalhado.

No entanto, com os grandes avanços tecnológicos nos últimos anos muitos softwares e linguagens de programação surgiram, porém poucos softwares e linguagens de programação foram realmente adotadas pelo mercado de automação, no entanto, a sua explanação e aplicação básica ainda é pouco desenvolvida no âmbito academicamente em função da grande quantidade de conteúdos que deve ser apresentados aos acadêmicos em seu período de formação, logo, o conhecimento mais amplo a respeito da automação fica restrito a disciplinas extracurriculares, formações específicas em áreas de especialização a buscar por mais conhecimento a respeito da automação.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

- Desenvolver rotinas de programação utilizando as linguagens de comandos elétricos e Ladder, aplicadas as mais variadas atividades.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar os conceitos, fundamentos e tipos de automação.
- Linguagens de programação e suas características.
- Indicar os principais softwares e hardwares bem como as vantagens, desvantagens e aplicações dos controladores lógico programáveis.
- Desenvolver de forma simplificada e sucinta rotinas de programação de automação utilizando as linguagens de comandos elétricos e Ladder aplicadas a atividades voltadas para as mais variadas utilizações.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção será apresentada uma revisão teórica dos conceitos que estão diretamente ligados a automação, bem como, o surgimento, evolução, tipos de processos, estruturas e as principais linguagens de programação utilizadas em controladores lógicos programáveis voltados para aplicações na área Industriais.

2.1 Automação

De acordo com Teza(2002) a automação é um conjunto de processos e técnicas que faz uso de dispositivos automáticos e inteligentes para se automatizar atividades do dia a dia. Sendo assim, há vários tipos de automação.

a. Automação Industrial: é responsável pelo controle de máquinas produtivas em produção; b. Automação Comercial: é responsável pelo controle e gerenciamento de estoque, finanças, proporcionando agilidade nas operações comerciais; c. Automação Predial: é responsável pelo o controle de tarefas comuns aos condomínios, trata-se de elevadores, iluminação, área de lazer entre outros; d. Automação Residencial: é responsável pelo o controle e afazeres domésticos provendo maior segurança e comodidade (VANDERLEI RABELO TEZA, 2002, p.24)

2.2 Surgimento e Evolução

Os primeiros indícios da automação surgiram ainda na pré-história quando o homem fez uso de técnicas as quais visavam a simplificação de diversas atividades, como exemplo, a invenção da roda, dos moinhos movidos por vento, rodas d'água, e a invenção conhecida como shaduf a qual possibilitou aos egípcios cultivar suas lavouras durante todos os períodos dos anos. Porém foi a partir da Revolução Industrial do século XVIII que a automação industrial começou a conquistar espaços na sociedade, espaços os quais foram conquistados em função da evolução no modo de produção das indústrias. (ROGGIA e FUENTES, 2016)

2.3 Tipos de processos Industriais

A partir do século XIX se destaca a invenção dos motores a explosão e a iniciativa das indústrias em se fazer uso da energia elétrica nos processos de produção de aço, como consequência foi possível produzir materiais mais resistentes, em grandes escalas e também a expansão das linhas de ferro e expansão da indústria naval. A partir do século XX os computadores e controladores programáveis passaram a ser inseridos na automação, porém para se chegar aos níveis dos computadores da atualidade os mesmos passaram por diversas

transformações, as quais vão desde o uso dos ábacos pelos babilônios até os princípios binários, os quais são aplicados nas operações internas de computadores. (ROGGIA e FUENTES, 2016)

A automação industrial envolve basicamente dois tipos de processos os quais são classificados com base nas variáveis de processamento, estas variáveis podem ser de dois tipos, as variáveis caracterizadas como do tipo analógica ou de tempo contínuo definem os processos de tempo contínuo, enquanto que as variáveis discretas ou do tipo digital definem os processos do tipo discreto. Os processos de tempo discreto também são chamados de processos de manufatura, as grandezas mais comuns de análise nesse processo são força, velocidade e deslocamento, nos processos de tempo contínuo as principais grandezas de análise são temperatura, pressão e vazão. (SILVEIRA e WINDERSON E, 2002).

Os sistemas automatizados também podem ser classificados quanto ao grau de flexibilidade, o qual defini os sistemas como sendo, rígidos, programáveis ou flexíveis. A automação rígida compreende um sistema que possui altas taxas de produção e pouca inflexibilidade na variedade de produção, a automação programável é definida como sendo um sistema que tem capacidade de modificar a sequência das operações de tal forma a atender diferentes configurações de produtos, já a automação flexível reúne algumas características tanto da automação rígida quanto da automação programável, nesse sistema se tem uma variedade considerável de produtos, normalmente o número de variedades desse sistema é menor que as variedades de produtos do sistema da automação programável. (ROGGIA e FUENTES, 2016)

2.4 Processos Industriais

A automação envolve alguns conceitos, estruturações e técnicas as quais são necessárias para que um sistema seja automatizado. O primeiro elemento a ser analisado em um sistema é definido como sendo o processo, esse é definido como sendo as atividades ou etapas que objetivam atingir uma meta, na sequência o elemento chamado controlador lógico programável (CLP), este é um aparelho eletrônico digital que possui entradas para aquisição de dados e saídas que possibilitam acionar diversos dispositivos, este aparelho precisa de uma rotina de programação a qual é definida como a alma da automatização, os atuadores, estes são dispositivos os quais permitem alterar uma variável e por fim os sensores, estes são componentes responsáveis por medir as alterações que ocorrem nas variáveis de um processo, sendo assim, são estes os elementos básicos que envolvem qualquer projeto de automação. (ROGGIA e FUENTES, 2016)

2.5 Controlador lógico programável e linguagens de programação

Os Controladores Lógicos Programáveis (CLP) são equipamentos eletrônico digital que possuem hardware e software específicos para aplicações industriais, os mesmos revolucionaram os comandos e controles industriais desde quando surgiram na década de 70. Antes dos CLPs, os processos industriais eram controlados por relés eletromagnéticos os quais eram projetados para uma aplicação específica, e quando necessárias modificações no processo havia necessidade de alterações estruturais. (LAMB, 2015)

Os controladores lógicos programáveis (CLP) executam de maneira sequencial o controle e processamento das informações de análise, essa execução ocorrem através de um processo chamado ciclo de varredura. No momento em que o CLP é ligado ocorre a validação da Unidade Central de processamento (CPU), memórias, circuitos auxiliares e a existências de programas, posteriormente ocorre a leitura do estado das entradas e ao mesmo tempo se é armazenado as informações das saídas, após estas etapas o CLP executa todas as operações programadas, como as funções lógicas, temporizadores, contadores, entre outros, e por fim, após a ocorrência da atualização da memória das saídas o CLP atualiza os módulos das saídas, iniciando assim um novo ciclo de varredura. (PRUDENTE, 2011)

Um CLP executa as funções desejadas através do hardware, no então, é preciso que o mesmo disponha de uma programação a qual informa a ordem das tarefas a serem realizadas. A programação pode ser expressa por diferentes linguagens, na atualidade são empregadas linguagens como, as de auto nível as quais possuem instruções pré-definidas que facilitam o trabalho do programador, as linguagens conhecidas como de baixo nível ou de máquina as quais exigem maior habilidade do programado e uma excelente compreensão do equipamento. (ROGGIA e FUENTES, 2016)

Na atualidade existem três tipos de linguagens comumente utilizadas em CLPs, sendo estas, a linguagem de instruções a qual é compreendida como sendo do tipo textual que não faz uso de símbolos gráficos, é praticamente uma linguagem de máquina, linguagem de diagrama de blocos, esta é especificado por uma série de símbolos gráficos da lógica combinatória, e a linguagem Ladder, também conhecida como linguagem de contatos, está é semelhante a um diagrama elétrico, a mesma é bastante utilizada na programação de CLPs atualmente. (ROGGIA e FUENTES, 2016)

3. ESTUDOS DE CASOS

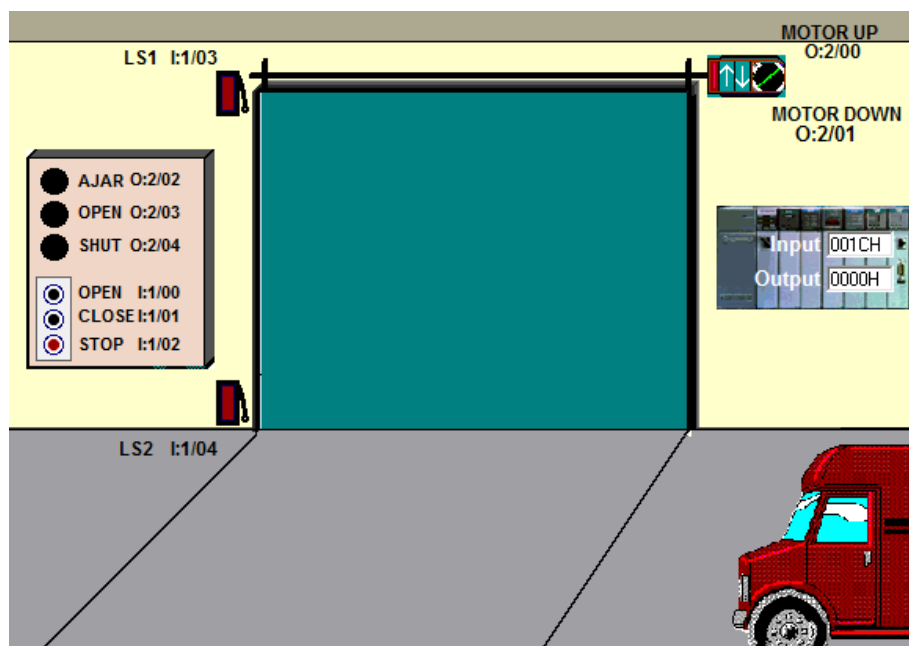
Nesta seção será apresentada os projetos de estudos de casos, será definido o objetivo de cada projeto, bem como a sua elaboração e funcionamento, os mesmos são programados em duas linguagens diferentes, em um primeiro momento os projetos são programados através de comando elétricos por meio do software CADe_SIMU e em um segundo momento tais projetos são desenvolvidos através da linguagem de programação Ladder por meio do software LogixPro.

3.1 Automação dos processos de funcionamento de um portão elétrico

As programações a serem desenvolvidas têm como objetivo automatizar os processos, de abertura, fechamento, parada de emergência e indicadores de um portão elétrico, em um primeiro momento estes processos são desenvolvidos e analisados através da linguagem de comandos elétricos, e posteriormente os mesmos serão desenvolvidos através da linguagem Ladder.

As programações em suas versões finais estão disponíveis através dos apêndices A e B, sendo o apêndice A referente a linguagem de comandos elétricos, e o apêndice B referente a linguagem Ladder, sendo assim, o primeiro estudo de caso a ser trabalhado é apresentado na figura de número 1.

Figura 1- Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro.



Fonte: LOGXPRO

3.1.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CAdE_SIMU.

3.1.1.1 Descrição de desenvolvimento

Inicialmente optou-se por desenvolver o estudo de caso em três etapas, as quais compreendem os sistemas, de abertura, fechamento e sinalização. No entanto, antes destes sistemas serem programados, é realizada o desenvolvimento da programação do sistema de emergência o qual é compreendido basicamente por um fusível e um botoeira de emergência.

A programação do sistema de abertura é desenvolvida através das colunas de comando de número 1 e 2. A coluna de número 1 é composta pelos seguintes componentes, botoeira de partida B1, botoeira de partida B2, sensor capacitivo FC.OP, e o relé K1, todos os componentes estão dispostos em série. A coluna de número 2 é constituída apenas por um contato auxiliar do relé K1, o qual é caracterizado como um contato de selo.

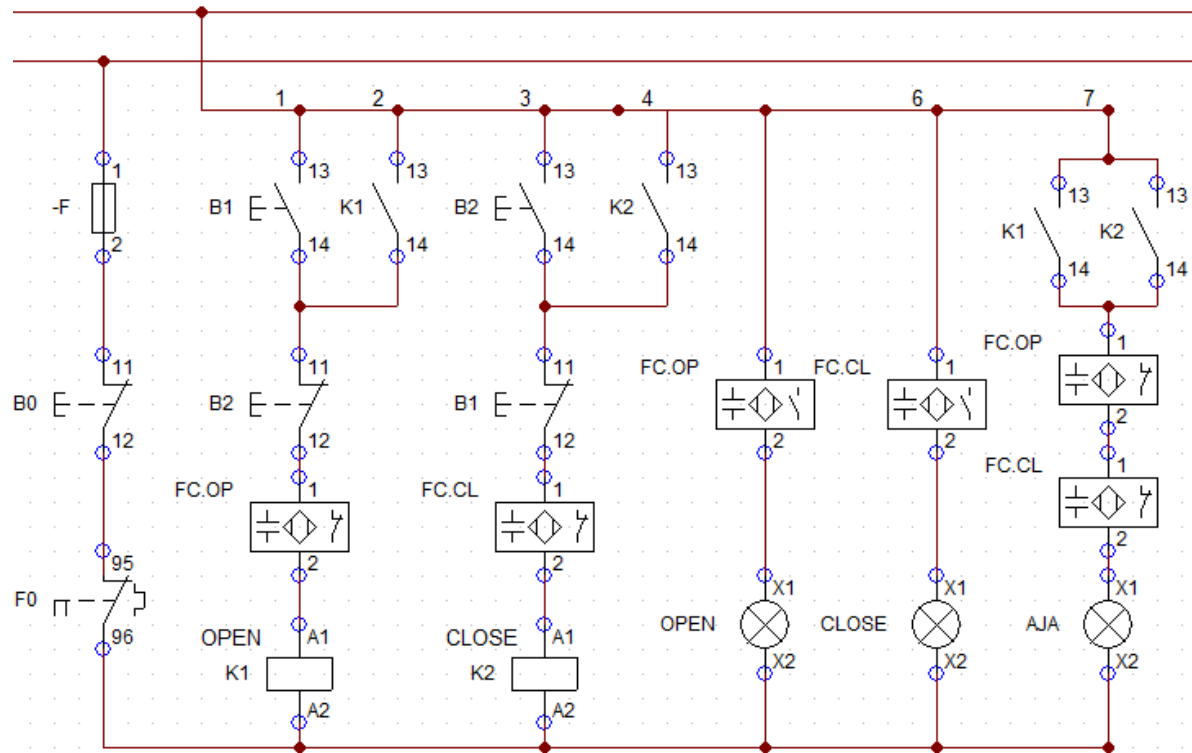
Posteriormente temos a etapa que compreende o sistema de fechamento, está possui programação semelhante a desenvolvida para o sistema de abertura, porém com algumas alterações de configuração. A coluna de número 3 possui os seguintes componentes, botoeira de partida B2, botoeira de partida B1, sensor capacitivo FC.CL, e o relé K2. A coluna de comando 4 é elaborada apenas por um contato auxiliar do relé K2, o qual é caracterizado como um contato de selo.

E, por fim, os sistemas de sinalização, estes são programados através das colunas de comando de número 5, 6 e 7. A coluna de número 5 tem como finalidade atuar na sinalização indicativa de portão em estado aberto, está é composta basicamente por um contato do fim de curso representado por um sensor capacitivo FC.OP, o qual é conectado em série com a luminária que em estado ativo indicará portão em estado aberto.

A coluna de comando de número 6 é composta basicamente pelos mesmo componentes apresentados no sistema de sinalização anterior, porém com finalidade oposta, a mesma é constituída por um contato do fim de curso representado pelo sensor capacitivo FC.CL o qual é conectado em série com a luminária que em estado ativo indicará portão em estado fechado.

E, finalmente, a coluna de comando de número 7, esta possui a programação que habilita o sistema de sinalização de portão em estado entreaberto (AJA), ou seja, o portão encontra-se em processo de abertura, fechamento ou bloqueado. A programação desenvolvida para atender estas finalidades é constituída inicialmente por dois contatos auxiliares de K1 e K2 dispostos em paralelo, e ambos em série com os sensores FC.OP e FC.CL, ambos normalmente fechado, através da figura de número 2 é possível analisar a programação completa.

Figura 2 - Comando elétrico completo desenvolvido no software CADe_SIMU.



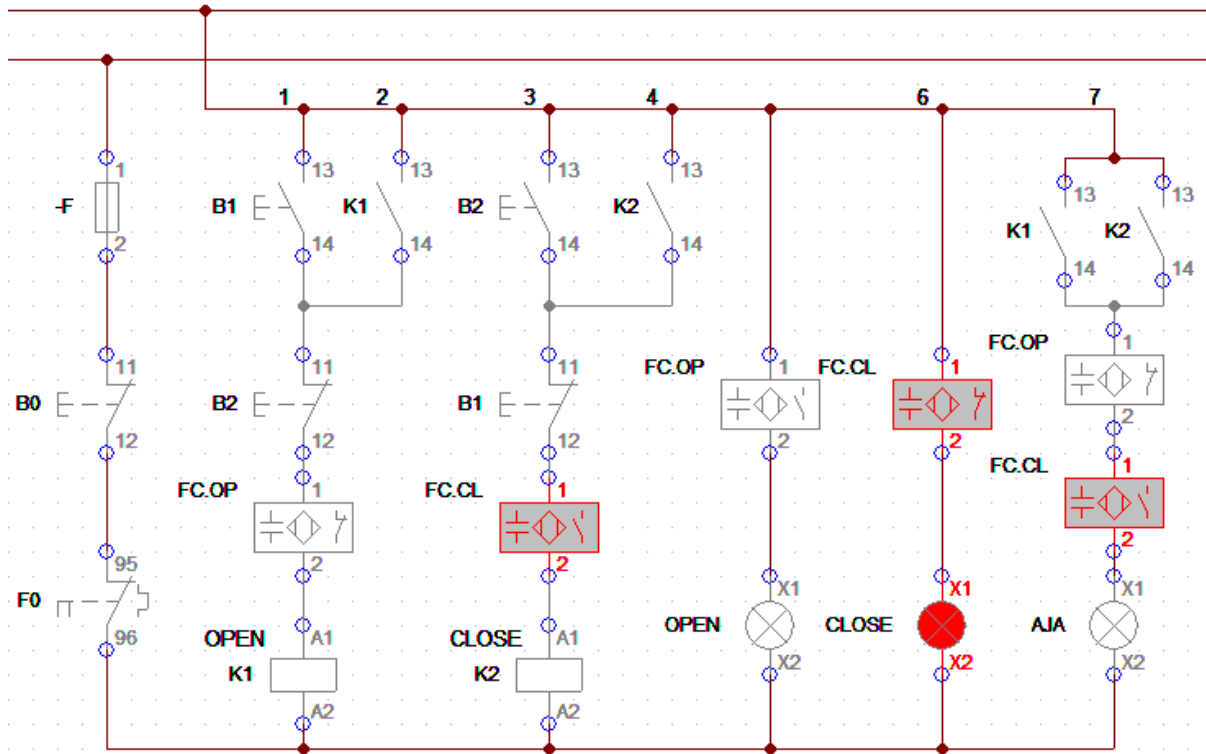
Fonte: Software CADe_SIMU.

3.1.1.2 Descrição de Operação

Afim de compreendermos o funcionamento do circuito podemos analisar todo o processo de funcionamento do circuito de comando do portão elétrico em algumas etapas, as quais poderão ser executadas e analisadas durante seu processo de funcionamento.

Primeiramente podemos analisar o circuito de comando que representa o portão elétrico em estado fechado, nessa condição se observa que o circuito de comando apresentado na figura 3 se encontra em estado fechado, esta ação é notada em função da ação do sensor fim de curso “FC.CL” que se encontra em estado ativo, ou seja, confirmando que o portão se encontra em estado fechado, estado este o qual é sinalizado pelo sinal luminoso “CLOSE”, toda esta descrição é representada na figura 3, em resumo, o portão elétrico se encontra fechado, com sinalização adequada e pronto para as demais ações do mesmo.

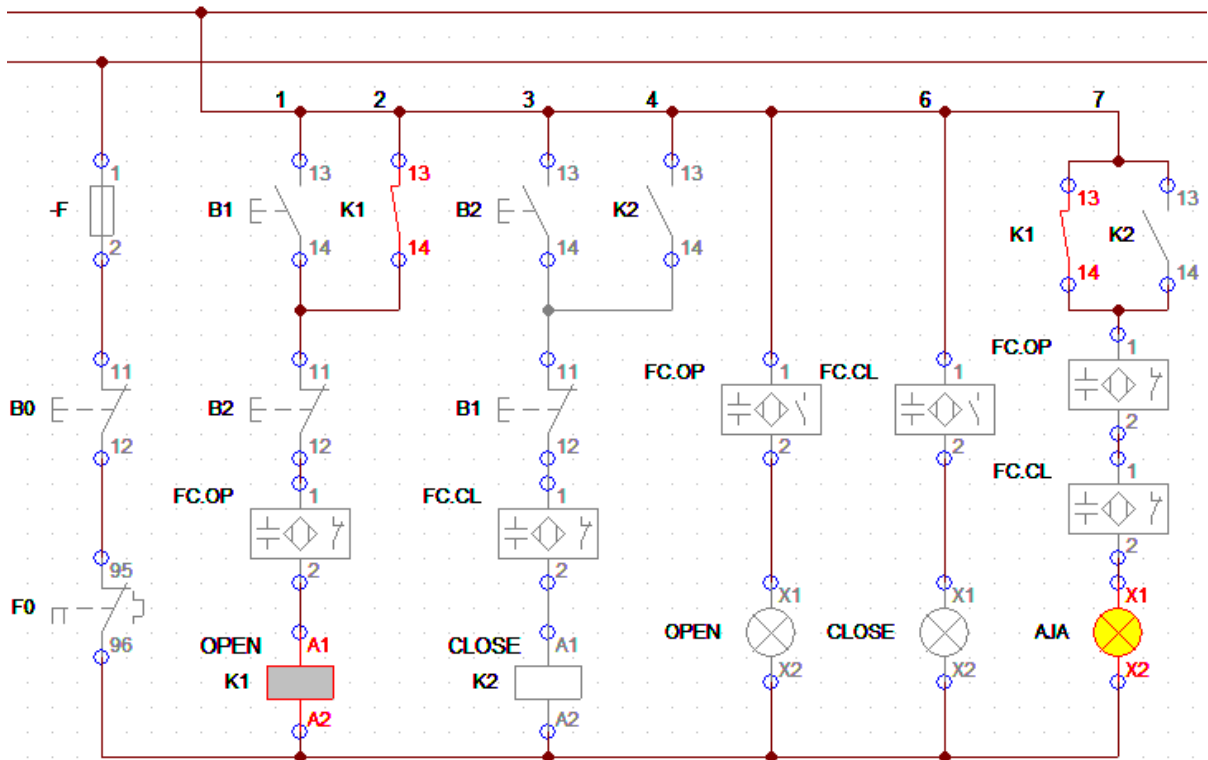
Figura 3 - Circuito ativo em processo de fechamento.



Fonte: Software CADe_SIMU.

Após o circuito está energizado pode-se iniciar o processo de operação do mesmo, esse processo se inicia com a etapa de abertura do portão, e este pode ser descrito pelo acionamento da botoeira “B1”, como a mesma é do tipo pulso, ou seja, após o seu acionamento a mesma volta ao estado normalmente aberto, porém o processo de acionamento continuará em função do contato de selo da contatora “K1”, nesse exato momento o motor será acionado no sentido de abrir o portão, e ao mesmo tempo se tem a ocorrência de outras ações, como o desacionamento do sensor fim de curso ‘FC.CL”, acionamento do sinal luminoso “AJA” o qual indica portão em estado entreaberto, todo este processo é apresentado na figura 4.

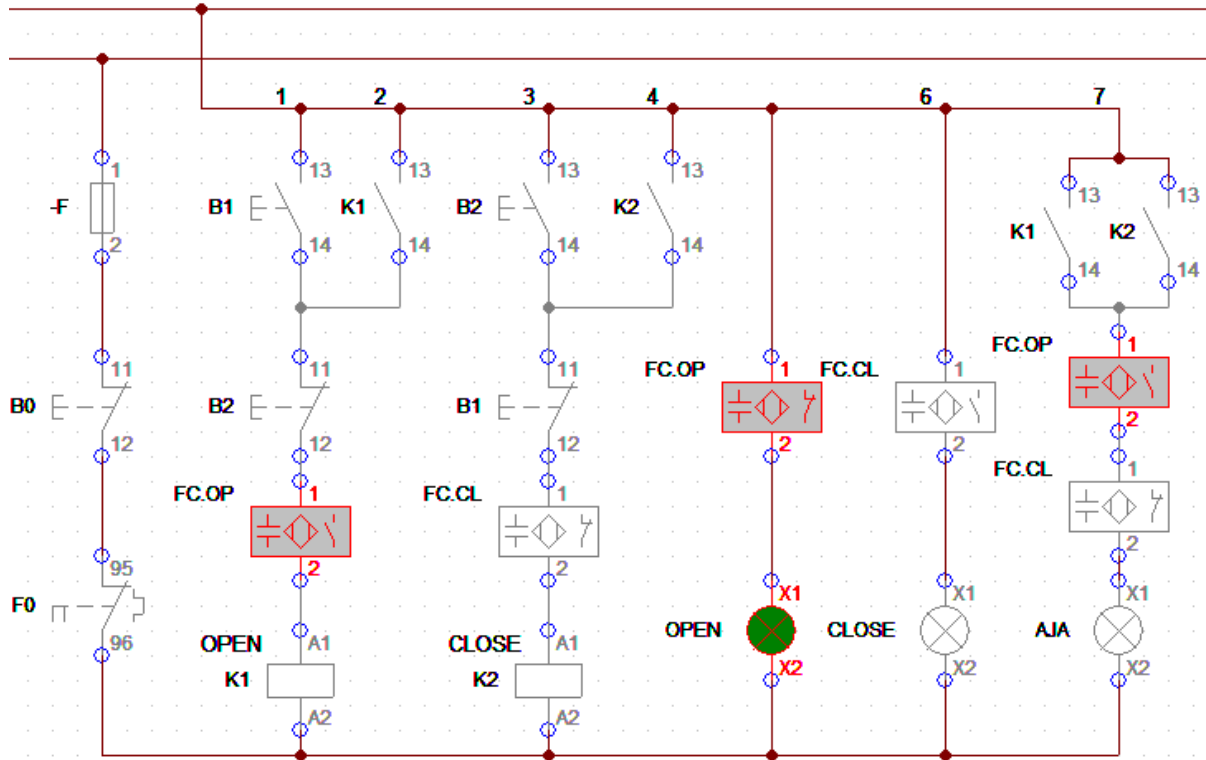
Figura 4 - Circuito ativo e em processo de abertura.



Fonte: Software CADe_SIMU.

A ação de abertura do portão será interrompida quando o mesmo não estiver mais sobre a supervisão do sensor fim de curso “FC.OP”, pois o mesmo entrará em estado ativo e como consequência seu contato auxiliar na coluna de comando número 1 interromperá a energização da contatora “K1” e como consequência o processo de abertura do portão cessará, ao mesmo tempo o sensor de curso “FC.OP” irá atuar no sinal luminoso o qual indicará que o portão encontra-se totalmente aberto “OPEN”. É importante destacar que o portão possui três estados possíveis, fechado, aberto ou entretaberto, o sinal luminoso que indica portão em estado entre aberto é representado pelo sinal luminoso “AJA”, ou seja, se o portão não se encontra fechado ou aberto o mesmo está em processo de abertura ou fechamento, estes processos podem ser expressos pelo termo chamado de estado entretaberto, logo o processo descrito é apresentado na figura 5.

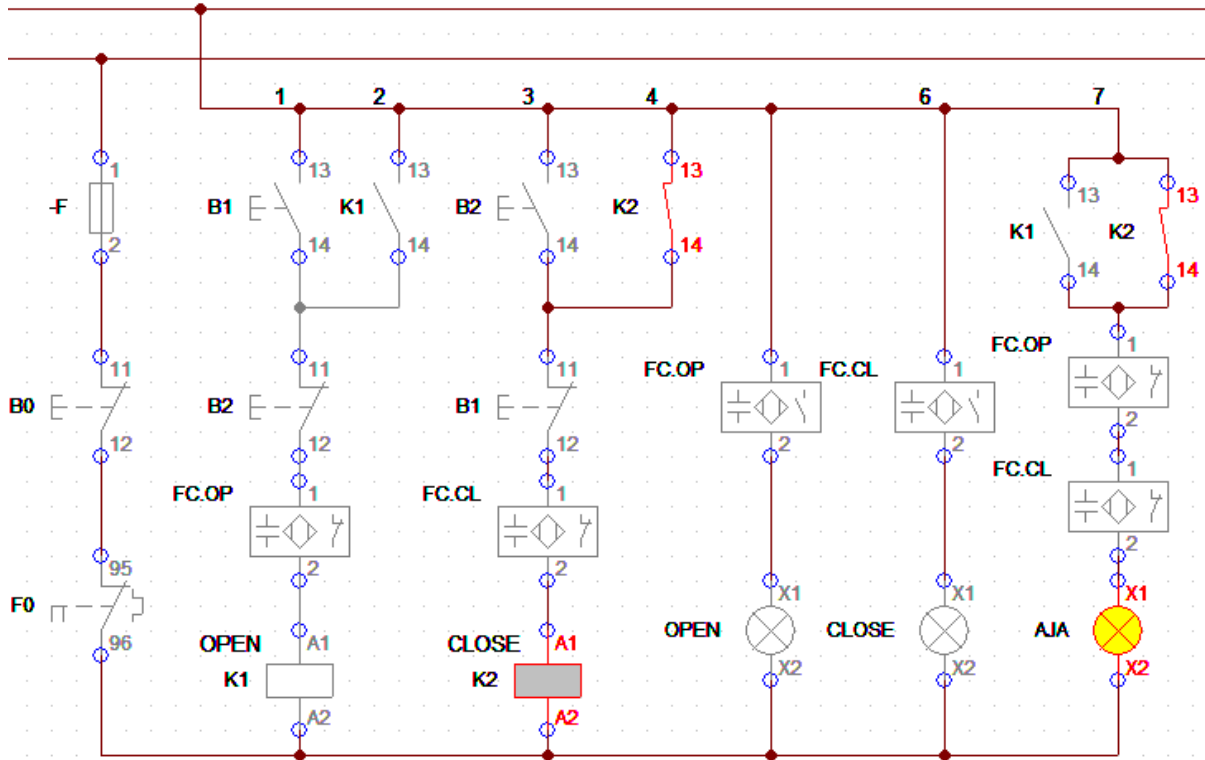
Figura 5 - Sensor fim de curso “FC.OP” ativo e processo sinalizado.



Fonte: Software CADe_SIMU.

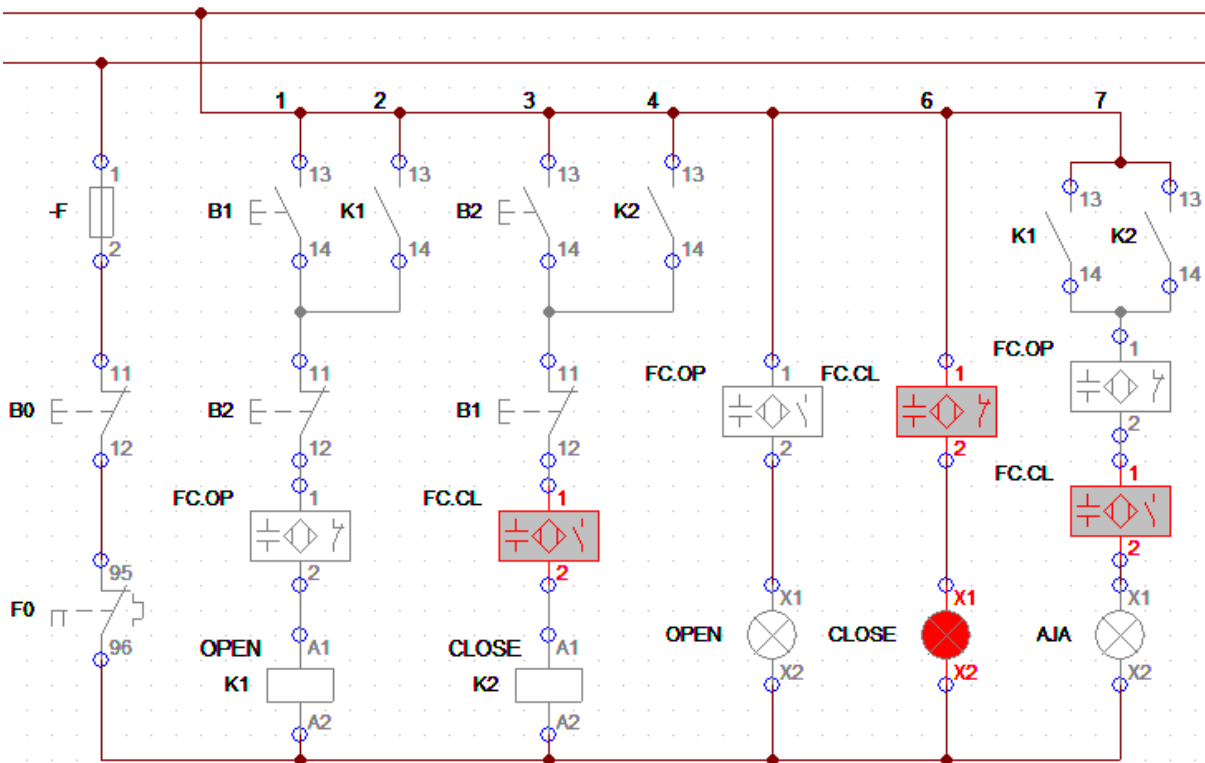
Por fim, temos o processo de fechamento do portão elétrico, esse processo se inicia quando a botoeira “B2” é acionada, a mesma é semelhante a botoeira “B1”, ou seja, após o seu acionamento a mesma voltará ao seu estado normalmente aberta, porém o processo de fechamento do portão se manterá em função do contato de selo do contator “K2”. O processo de fechamento do portão será interrompido quando o sensor fim de curso “FC.CL” detectar a presença do portão, o mesmo atuará na coluna de comando de energização da contatora “K2” a qual será desenergizada e assim interromperá o processo de fechamento do portão, todo este processo é representado ao mesmo tempo pelo processo luminoso, onde inicialmente se tem o sinal luminoso “OPEN” o qual comutará para o sinal luminoso “AJA” e por fim quando o quando o sensor fim de curso “FC.CL” entrar em estado ativo o sinal luminoso “CLOSE” estará em estado ativo, indicando que o portão encontra-se em estado fechado, todo este processo é indicado nas figuras a seguir 6 e 7.

Figura 6 - Circuito em processo de fechamento e ao mesmo processo sinalizado.



Fonte: Software CADe_SIMU.

Figura 7 - Circuito sobre a ação do sensor fim de curso “FC.CL”.



Fonte: Software CADe_SIMU.

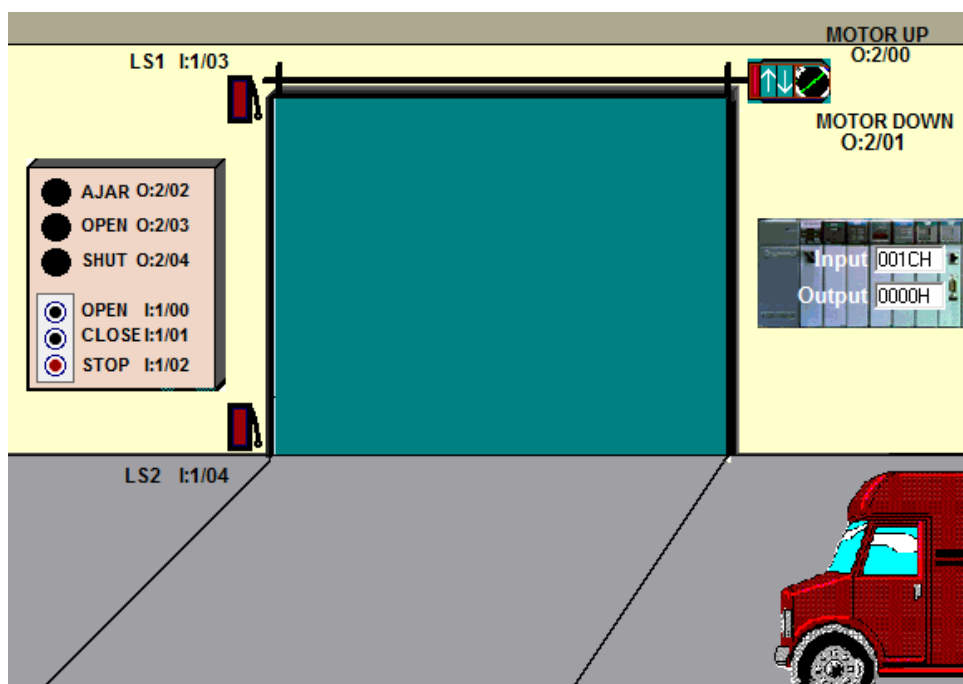
3.1.2 Desenvolvimento e análise utilizando o Software LogixPro.

Após apresenta a descrição da atividade referente a programação de um portão elétrico através do software CAdE_SIMU o qual utiliza a linguagem de comandos elétricos, agora o mesmo circuito será descrito através do software LogixPro, o qual apresenta uma área de trabalho mais interativa além de fazer uso da linguagem de programação Ladder, linguagem está a qual será detalhada e descrita a seguir.

3.1.2.1 Descrição de desenvolvimento

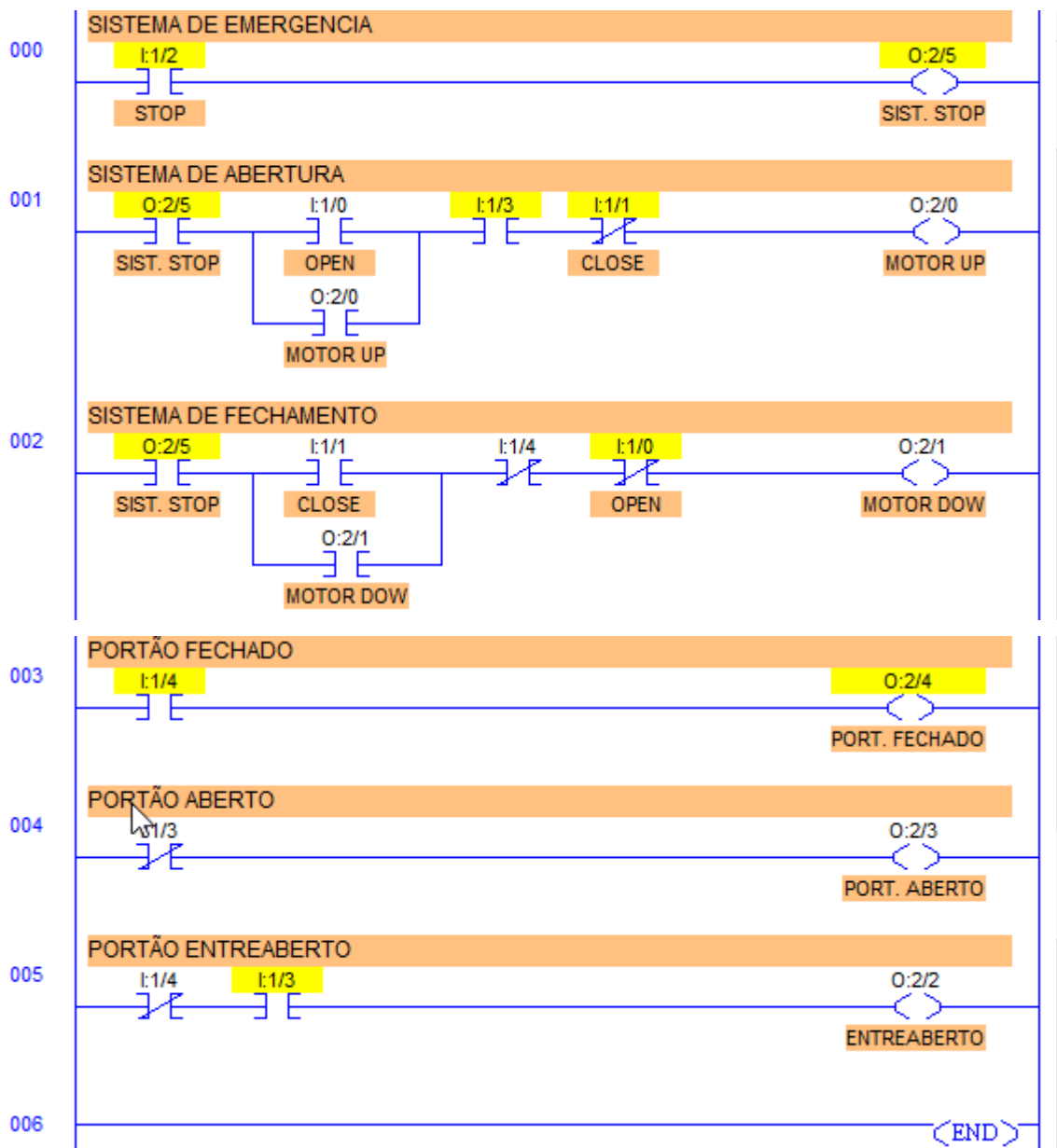
Em função da área de trabalho do Software LOGXPRO ser mais interativa se comparada ao software CAdE_SIMU, algumas descrições como a montagem de circuitos de comando de força podem ser ocultas no momento. Sendo assim podemos apresentar o sistema com toda sua estrutura já elaborada e na sequência detalhar cada etapa de montagem e funcionamento da mesma, logo o circuito em sua totalidade é apresentado na figura 8 e 9.

Figura 8 - Estudo de caso a ser programado através da linguagem Ladder.



Fonte: Software LogixPro.

Figura 9 - Programação completa desenvolvida no software LogixPro.



Fonte: Software LogixPro.

A programação desenvolvida através da linguagem Ladder é estruturada em quatro etapas, sendo estas, sistema de emergência, abertura, fechamento, e grupo de indicadores. A primeira etapa, a qual compreende o sistema de emergência, é desenvolvido através da linha de comando 000, nesta temos a disposição do contato lógico da botoeira - STOP, a qual em estado ativo acionará a saída lógica - SIST.STOP, logo, como consequência todos os seus contatos auxiliares serão acionados, desabilitando toda a programação.

A segunda etapa é desenvolvida com a finalidade de se programar o sistema de abertura, esta etapa é desenvolvida através da linha de comando 001, a qual tem inicialmente com um contato lógico do sistema de emergência – SIST.STOP, na sequência, um contato

lógico da botoeira OPEN, em paralelo a mesma é inserido o contato de selo o qual é representado por um contato da saída lógico – MOTOR UP, após esta configuração temos o contato lógico do sensor fim de curso - I:1/3, um contato da botoeira OPEN – I:1/0 e finalmente a saída lógica – MOTOR UP.

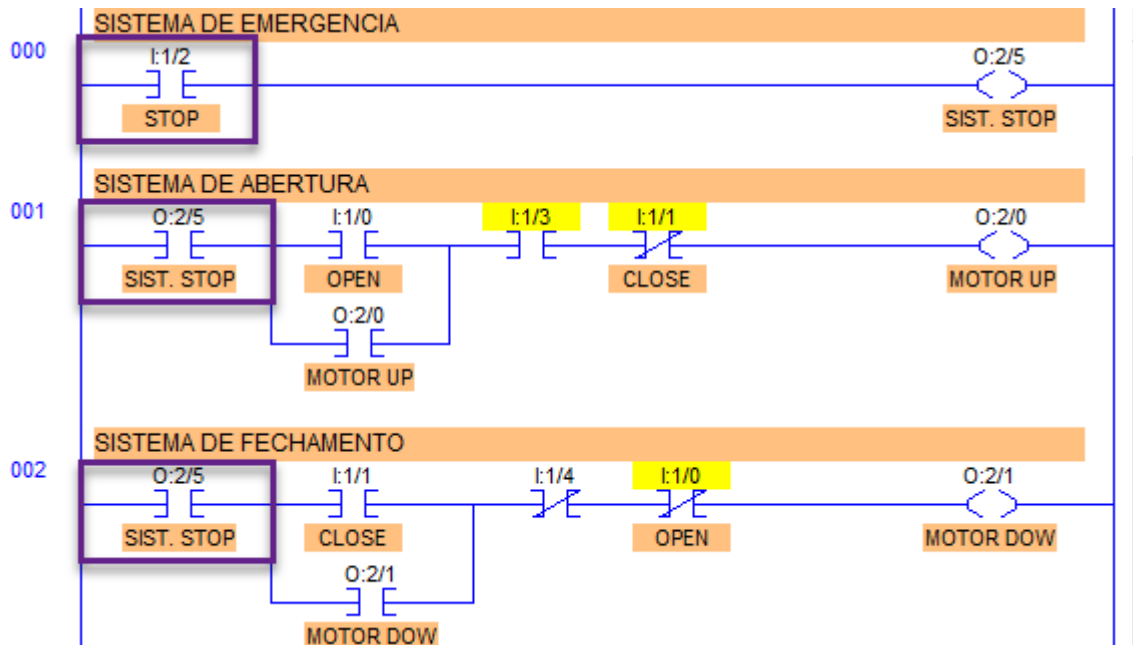
A terceira etapa compreende o sistema de fechamento, a qual programada através da linha de comando 002, assim como na segunda etapa, o processo de desenvolvimento ocorre primeiramente com um contato lógico do sistema de emergência – SIT.STOP, posteriormente, com um contato lógico da botoeira CLOSE, em paralelo a mesma é inserido o contato de selo o qual é representado por um contato lógico da saída – MOTOR DOW, após esta configuração temos o contato lógico do sensor fim de curso - I:1/4, um contato logica da botoeira CLOSE – I:1/1 e finalmente a saída lógica – MOTOR DOW.

Por fim, a quarta etapa, esta compreende o sistema de indicação o qual é desenvolvido através das linhas de comando 003 a 005. Na linha de comando 003, temos a programação que habilita a indicação de portão aberto, enquanto que na linha de comando 004 temos a programação que habilita a indicação de portão fechado, e por fim, a linha de comando 005, está possui a programação que habilita o sistema de indicação de portão entreaberto, ou seja, portão travado.

3.1.2.2 Descrição de Operação

O processo de operação ocorre primeiramente através do sistema de emergência, o qual é desenvolvido inicialmente através de um contato lógico referente a botoeira STOP, a mesma é conecta a saída lógica SIST.STOP, ou seja, quando uma ação for exercida sobre a botoeira STOP esta ação se refletirá na desenergização da saída lógica SIST.STOP e conseqüentemente, toda as demais etapas do processo serão desabilitadas, um exemplo da atuação da botoeira STOP é apresentado na figura 10.

Figura 10 - Sistema de emergência em estado ativo.



Fonte: Software LogixPro.

Posteriormente temos o sistema de abertura, o qual tem sua programação desenvolvida através da linha de comando 001, inicialmente esta programação é desenvolvida a partir de um contato lógico do sistema de emergência SIST.STOP, o qual em série é conectado com o contato lógico da botoeira OPEN, esta em estado ativo permite que o acionamento da saída lógica MOTOR UP seja habilitada, em paralelo a botoeira OPEN temos o contato de selo representado por um contato auxiliar da saída MOTOR UP. Sendo assim, após a ação exercida sobre a botoeira de pulso OPEN o contato de selo manterá o sistema de abertura em estado ativo.

A mesma programação desenvolvida para o sistema de abertura é empregada ao sistema de fechamento, entretanto, algumas configurações são alteras. Sendo assim, o sistema de fechamento é desenvolvido a partir de um contato lógico do sistema de emergência SIST.STOP o qual é conectado em série com o contato lógico da botoeira CLOSE.

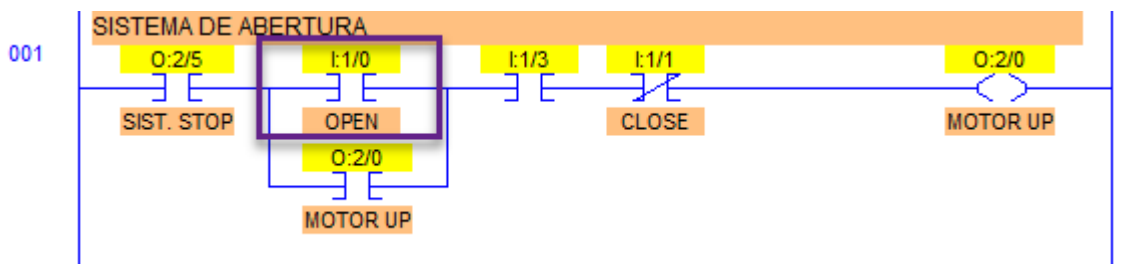
Sendo assim, quando a botoeira CLOSE é acionada a mesma habilita o acionamento da saída lógica MOTOR DOW, em paralelo a botoeira CLOSE temos o contato de selo representado por um contato auxiliar da saída lógico MOTOR DOW, sendo assim, após a ação exercida sobre a botoeira de pulso CLOSE o contato de selo manterá o sistema de fechamento em estado ativo.

E por fim, temos as programações referentes ao sistema de indicação o qual é programado através das linhas de comando 0003 a 005. Na linha de comando 003 temos a programação que habilita o sistema de indicação de portão fechado. Esta programação é formada basicamente por um contato do sensor I:1/4 em série com a saída lógica PORT.FECHADO, ou seja, quando o sensor I:1/4 estiver em estado ativo, o mesmo habilitará o funcionamento da saída lógica PORT.FECHADO, ação está a qual será indicada no painel de operação.

Na linha de comando 004 temos a programação que habilita o sistema de indicação de portão aberto. Esta programação é formada basicamente por um contato do sensor I:1/3 em série com a saída lógica PORT.ABERTO, ou seja, quando o sensor I:1/3 estiver em estado ativo, o mesmo habilitará o funcionamento da saída lógica PORT.ABERTO, ação está a qual será indicada no painel de operação.

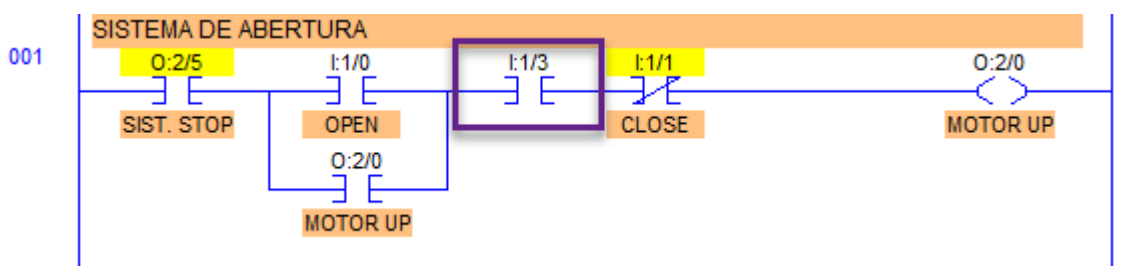
E por fim, a programação desenvolvida para indicar portão entreaberto, ou seja, portão em processo de abertura, fechamento ou travado, a programação responsável por este processo é desenvolvida através da linha de comando 005, a mesma é constituída por dois contatos dos sensores I:1/3 e I:1/4 os quais são conectados em série com a saída lógica ENTREABERTO, sendo assim, quando qualquer um destes processos forem acionados, estes serão indicados no painel de operação.

Figura 11 - Ação do botão Open na estrutura de comando.



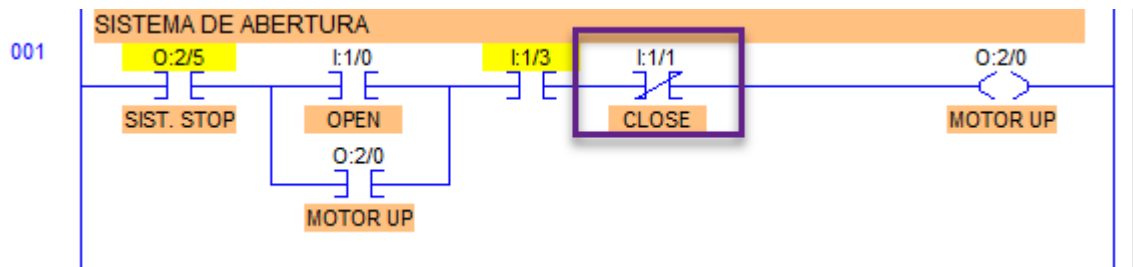
Fonte: Software LogixPro.

Figura 12 - Ação do sensor de fim de curso I:1/3.



Fonte: Software LogixPro.

Figura 13 - Ação da botoeira CLOSE – I:1/0.

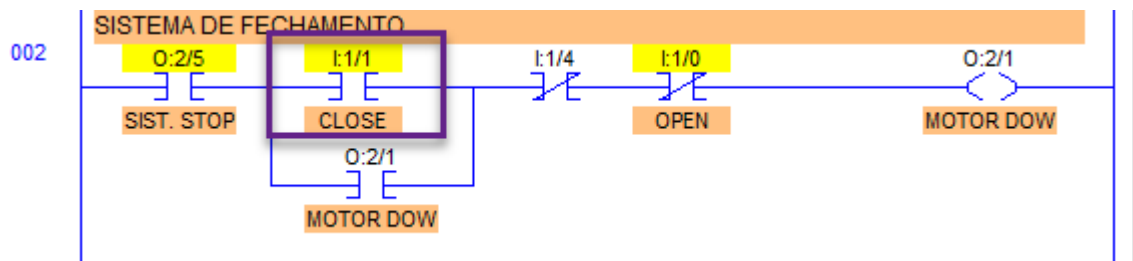


Fonte: Software LogixPro.

Na linha de comando 002 temos os componentes lógicos referentes ao comando de fechamento do portão elétrico, os mesmos são semelhantes aos apresentados na linha de comando 001, porém com algumas particularidades, na linha de comando 002 temos inicialmente o contato lógico “O:2/5” o qual se refere a atuação da botoeira de “STOP”, na sequência o contato lógico da botoeira “I:1/01” a qual é acionada em função da ação exercida sobre a botoeira “CLOSE”, em paralelo a mesma temos o contato de selo representado pelo contato lógico da saída “O:2/1”, ou seja, após a ação exercida sobre a botoeira “CLOSE” a mesma voltará ao seu estado normalmente aberta, então o contato de selo da saída lógica “O:2/1” estará ativo mantendo o fluxo de funcionamento de operação do sistema.

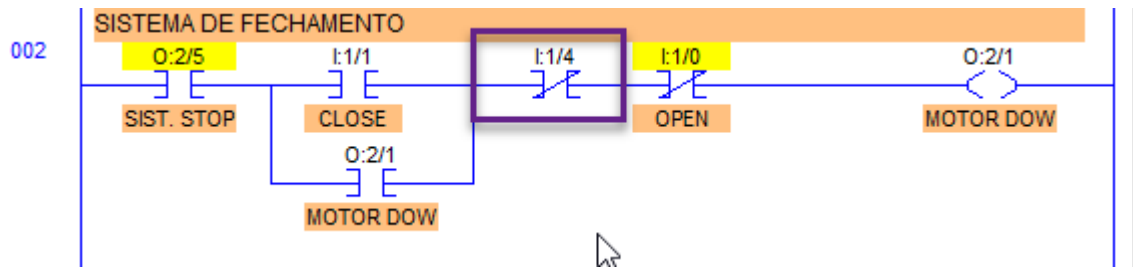
Ainda na linha de comando 002 temos o contato lógico normalmente fechado do sensor fim de curso “I:1/4” o qual é responsável pela interrupção do funcionamento do fechamento do portão quando o mesmo detectar a presença da estrutura do mesmo, e na sequência se tem a presença do contato lógico normalmente fechado da botoeira “OPEN – I:1/00” está tem a função de acionar o motor elétrico no sentido de abrir o portão sem que haja a necessidade de interromper o fluxo de funcionamento do mesmo em função do acionamento da botoeira “STOP”, as figura 14,15 e 16 apresentam detalhadamente as ações descritas.

Figura 14 - Ação do botão Close na estrutura de comando.



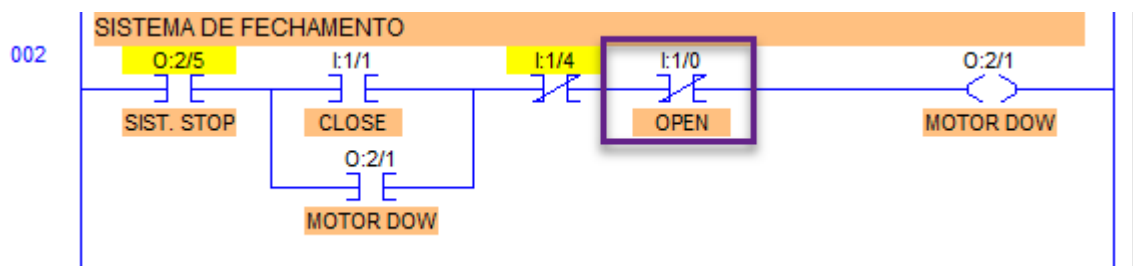
Fonte: Software LogixPro.

Figura 15 - Ação do sensor de fim de curso I:1/4 na estrutura de comando.



Fonte: Software LogixPro.

Figura 16 - Ação da botoeira OPEN – I:1/00 na estrutura de comando.



Fonte: Software LogixPro.

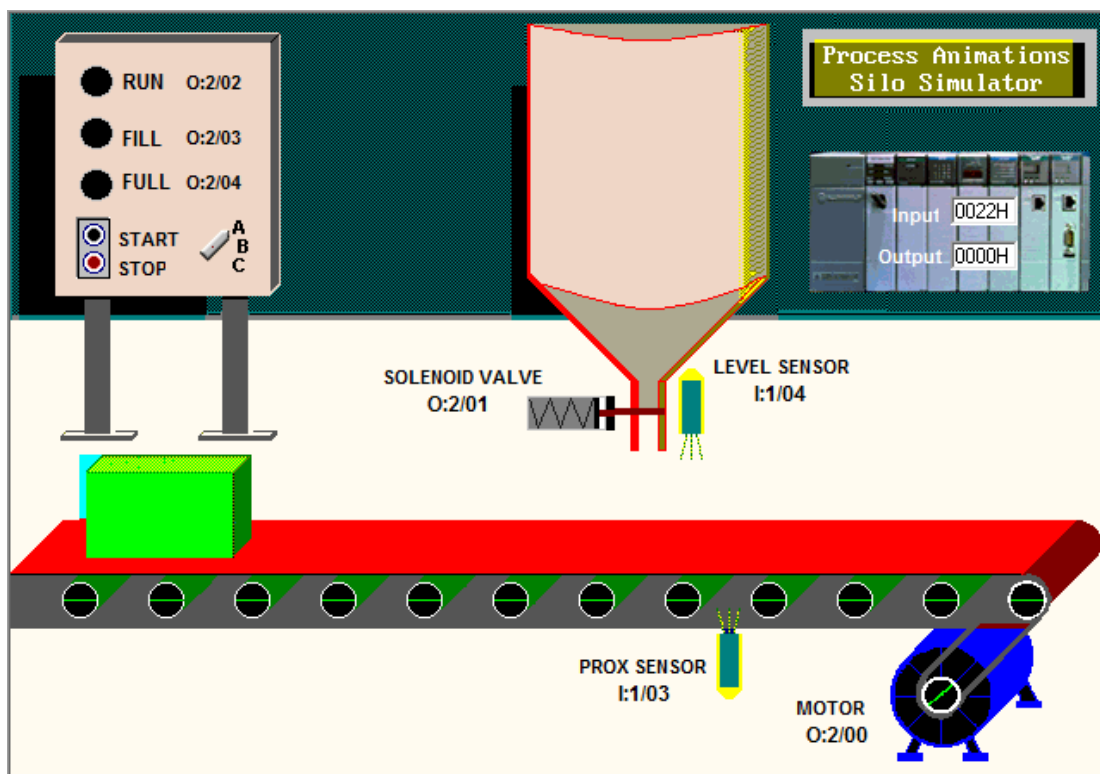
As linhas de comando 003, 004 e 005 são referentes ao controle dos sinais luminosos indicadores do estado do portão elétrico, ou seja, o mesmo pode assumir apenas três estados, aberto, fechado ou entreaberto, sendo assim a linha de comando responsável por indicar portão em estado aberto é a linha de comando 003, a mesma possui um contato lógico aberto referente ao sensor de fim de curso “I:1/4”, o qual em estado ativo indicará que o portão se encontra em fechado.

Na linha de comando 004 temos o comando referente ao sinal luminoso indicador de portão em estado aberto, este sinal atuará em função do contato lógico normalmente fechado do sensor de fim de curso “I:1/3”, o mesmo atuará quando a estrutura do portão não estiver mais frente ao mesmo e por fim temos na linha de comando 005 a qual é composta por uma combinação série de ambos os sensores de fim de curso “I:1/3 e I:1/4”, essa combinação série tem como objetivo indicar que o portão se encontra em estado entreaberto, ou seja, o portão pode estar em estado de abertura ou de fechamento, logo essa condição será representada pelo sinal luminoso “AJA”.

3.2 Automação dos processos de funcionamento de um silo industrial

A automação a ser desenvolvida tem como objetivo automatizar um sistema de silo o qual é caracterizado por apresentar uma esteira transportadora, sensores, dispositivos de enchimento e o próprio silo, sendo assim, se tem como finalidade transportar recipientes até uma unidade de abastecimento e na sequencia dar continuidade ao transporte dos mesmos. Afim de se desenvolver este sistema através dos softwares CADe_SIMU e LogixPro são utilizando as linguagens de comandos elétricos e a linguagem de programação Ladder, o sistema a ser automatizado é apresentado na figura 17. As programações em suas versões finais estão disponíveis através dos apêndices C e D, sendo o apêndice C referente a linguagem de comandos elétricos, e o apêndice D referente a linguagem Ladder.

Figura 17 - Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro.



Fonte: Software LogixPro.

3.2.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CAdE_SIMU.

3.2.1.1 Descrição de desenvolvimento

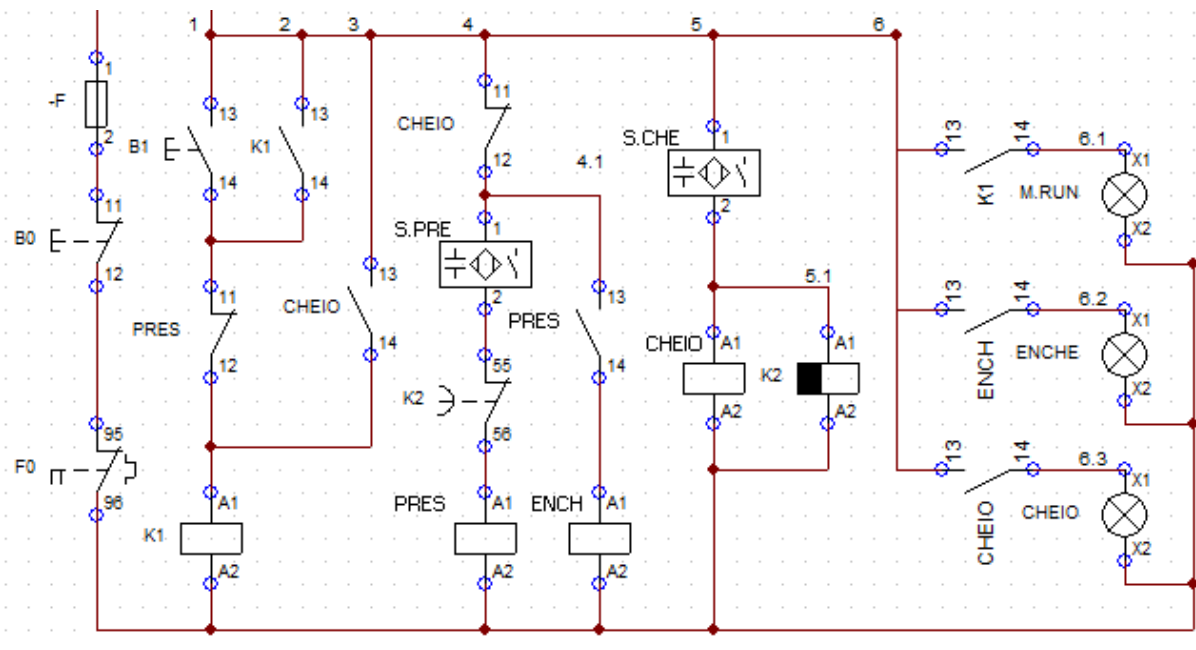
Inicialmente foi elaborado o circuito trifásico do comando de força do motor, o qual foi estruturado respectivamente por um conjunto fusível, contator, relé de sobre carga e o motor elétrico. Na sequência os trabalhos foram direcionados para o desenvolvimento do circuito de comando, o qual fez uso dos seguintes componentes, contato do relé térmico, o qual atuará em caso de sobrecarga do motor, botoeira de emergência, a qual atuará em casos de emergência, botoeira de partida, contato fechado do relé de presença o qual atua em função do sensor de presença, e o para finalizar esta linha de comando 1 temos o contator “K1”, o qual atuará na partida do motor em função da botoeira de partida “B1”.

Na linha de comando 2 temos apenas a presença do contato aberto K1 o qual é responsável pelo contato de selo do motor. Na sequência temos a linha de comando 3, na mesma temos apenas o contato aberto do relé cheio, o qual atuará no processo após o recipiente estiver cheio.

Na linha de comando 4 inicialmente temos os seguintes componentes, contato fechado do relé cheio, sensor de presença e o relé de presença, o qual atuará em função do sensor de presença, posteriormente na linha de comando 4.1 temos um contato aberto do relé “PRES” e o relé “ENCH”, onde este relé representa o solenoide o qual atuará no fornecimento de material.

Na linha de comando 5 temos o sensor de nível “S.CHE”, o qual atuará quando o mesmo detectar que o compartimento estiver cheio e conseqüentemente irá alimentar o Relé “CHEIO”. Temos também na linha 6 as sinaleiras, onde é possível acompanhar todo o processo, podendo verificar se o motor elétrico está em operação e também verificar se o recipiente está vazio ou cheio, todo o processo de montagem do comando elétrico é apresentado na figura 18.

Figura 18 - Comando elétrico completo desenvolvido no software CADe_SIMU.



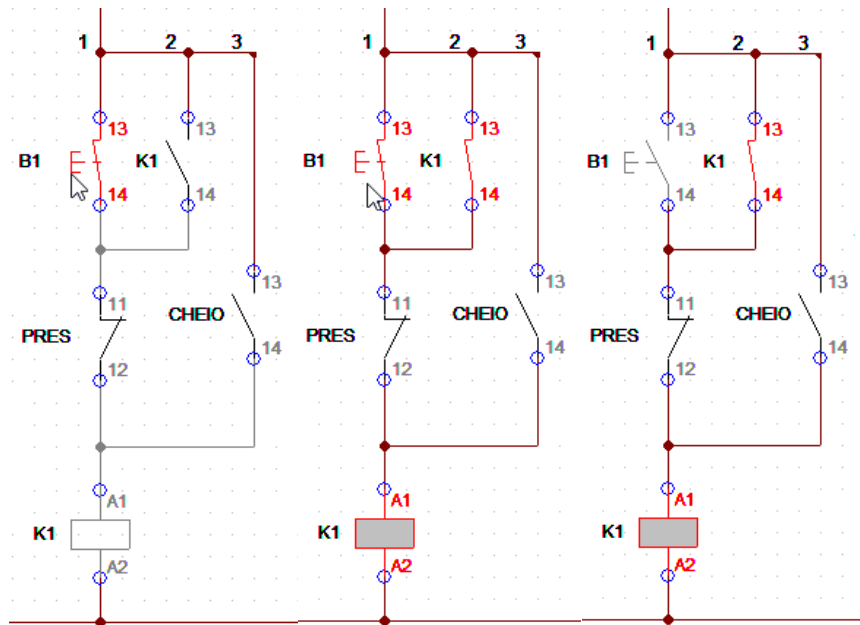
Fonte: Software CADe_SIMU.

3.2.1.2 Descrição de Operação

Analisando inicialmente a linha de comando 1, temos que a mesma está ligada diretamente ao sistema de partida e funcionamento do motor elétrico, onde, nesta temos os seguintes dispositivos, contato de sobrecarga, tem a função de interromper a operação caso ocorra alguma situação que provoque sobra carga no motor, botoeira de proteção, tem a finalidade de interrupção do sistema caso surja alguma emergência durante a operação, botoeira de partida, possui a finalidade de caso seja acionada de que o motor entre em funcionamento, na sequencia o temos o relé “K1”, o qual está ligado diretamente ao sistema de comando de força, o qual permite a efetiva ação de funcionamento do motor elétrico, ainda na lesma linha de comando temos um contato fechado da contatora “PRES”, o qual será atuado quando o recipiente for interceptado pelo sensor de presença, o qual atuará quando a contatora “PRES” for energizada.

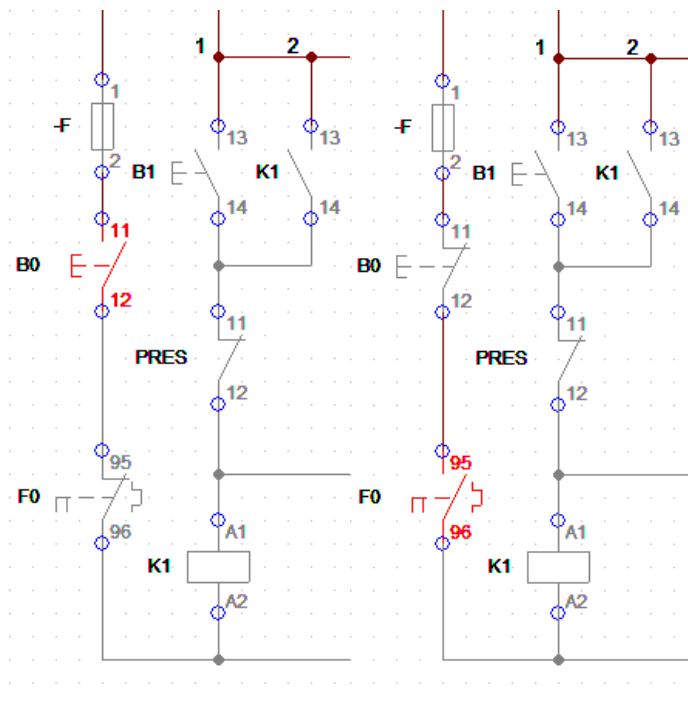
Na linha de comando 2, encontra-se o contato de selo da contatora K1, este tem a função de manter a própria contatora K1 alimentada e conseqüentemente o motor elétrico. Em virtude da botoeira “B0” ser apenas um contato de pulso, a mesma encontrara-se ativa apenas enquanto o operador a estiver pressionando, logo se faz necessário o que chamamos de contato de selo, o funcionamento descrito acima é apresentado nas seguintes figuras 19 e 20.

Figura 19 - Momentos em que o operador pressiona e solta a botoeira B1



Fonte: Software CADe_SIMU.

Figura 20 - Sistema de emergência e de proteção contra sobre carga ativos



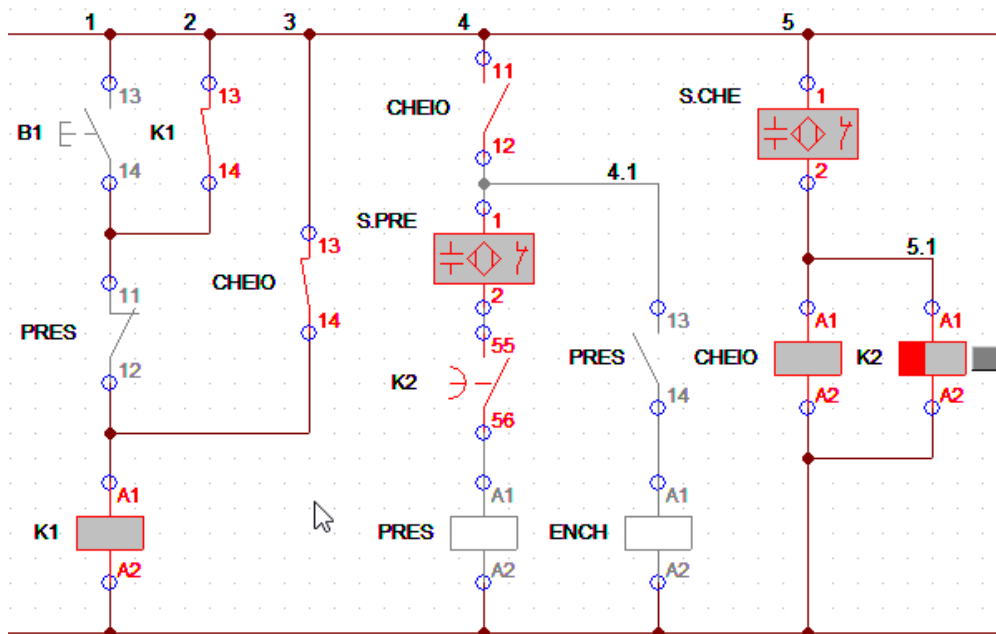
Fonte: Software CADe_SIMU.

Seguindo a análise a partir da linha de comando 3, temos apenas um contato aberto do relé “CHEIO”, o qual tem como função acionar o motor elétrico novamente após a detecção de que o recipiente está cheio.

se que na sequência de operação temos primeiro a interceptação do sensor de nível e na sequência o sensor de presença, no entanto, a primeira ação de operação/funcionamento ocorre com o sensor de presença, o qual após ser acionado dá condição para que o sensor de nível entre em estado de operação/funcionamento.

Em uma primeira análise da linha de comando 5 temos o sensor de nível “S.CHE” o qual atuará quando o recipiente estiver cheio, assim o mesmo permitirá a energização do relé “CHEIO” e este acionará seus contatos auxiliares, um contato aberto presente na linha de comando 1, o qual funciona como um contato de selo, permitindo que o motor elétrico volte a operar, e temos também outro contato auxiliar na linha de comando 4 o qual ao ser acionado atua na desernização de todos os relés presentes nesta linha de comando, o qual é apresentado na figura 22.

Figura 22 - Análise pontual na atuação do sensor S.CHE.



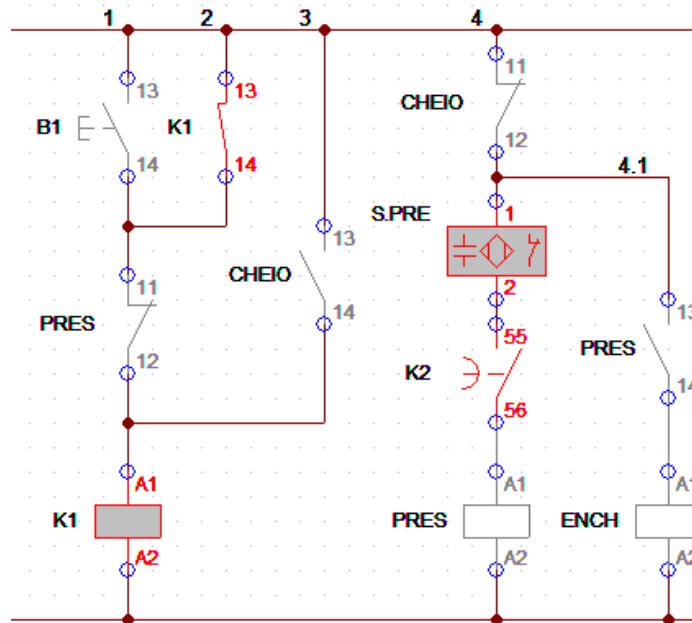
Fonte: Software CADe_SIMU.

Ainda na linha de comando 5, temos uma ramificação da mesma, da qual deriva a linha de comando 5.1, nesta temos um relé temporizado na desenergização, o mesmo entra em estado de funcionamento apenas quando a recipiente cheio não estiver mais ao alcance do sensor de nível.

Quando o recipiente cheio não estiver mais ao alcance do sensor de nível, ocorrerá que o relé “CHEIO” voltará ao estado desenergizado, e seus contatos auxiliares voltam ao seu estado normal, essa ação implicaria novamente na energização do relé “PRES” em virtude do contato

auxiliar do relé “CHEIO” localizado na linha de comando 4 voltar ao estado ao seu estado norma, fechado, e também em função do recipiente cheio mesmo em movimento ainda estar presente perante o sensor de presença “S.PRE”, logo está sequência de eventos implicaria novamente na liberação de material sem a presença de um recipiente adequado para o momento, processo este apresentado na figura 23.

Figura 23 - Exato momento em que o sensor S.CHE volta ao estado desativo.

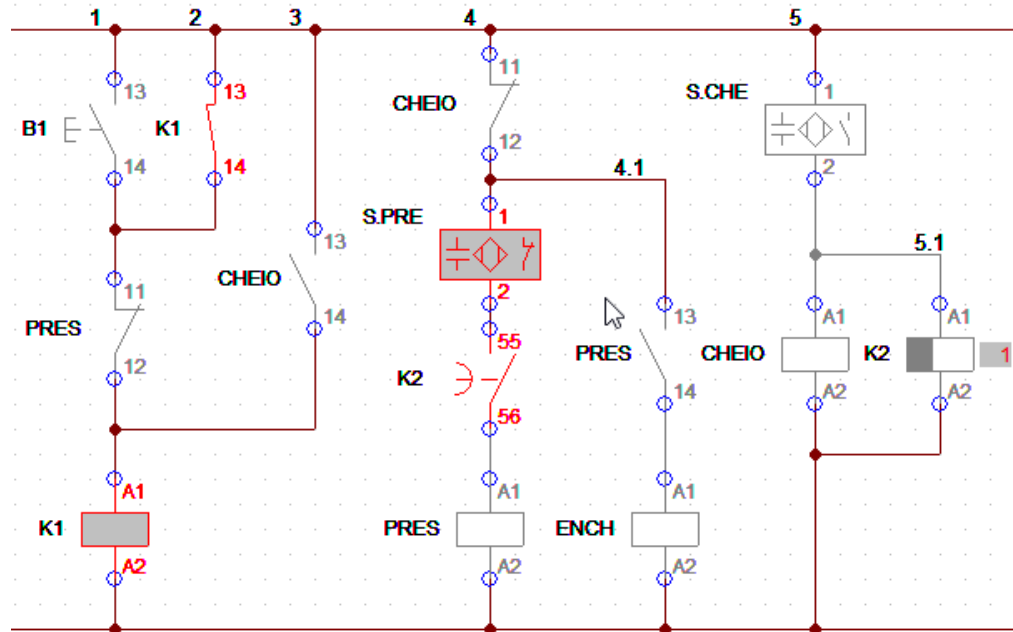


Fonte: Software CADe_SIMU.

Afim de evitar este acontecimento, o qual é indesejável, temos a ação do relé temporizado na desenergização. Analisando o exato momento no qual o sensor de nível volta ao seu estado normal (aberto), em virtude de não ter mais um recipiente cheio perante o mesmo, a energização do relé temporizado na desenergização é interrompida, neste momento seu contato fechado auxiliar temporizado localizado na linha de comando 4, logo após o sensor “S.PRES”, entra em ação, gerando uma interrupção no fluxo de energia a qual energizaria o relé ‘PRES’, no mesmo instante da ocorrência destes eventos o contato auxiliar “CHIO” do relé “CHEIO”, volta ao seu estado normal (fechado), porém dessa vez não ocorrerá a energização do relé “PRES”, pois o contato fechado auxiliar do relé temporizado na desenergização está ativo (aberto), e após poucos segundo, o mesmo voltará ao seu estado normal (fechado), porém esses poucos segundo são suficientes para que o recipiente cheio não esteja mais presente frente ao sensor de presença, em virtude do motor elétrico está em operação, e quando o tempo programado no relé temporizado finalizar, o sensor de presença não estará mais ativo (aberto), e o contato auxiliar do relé temporizado voltará ao seu estado

normal (fechado), logo o sistema estará pronto para atuar em função do novo recipiente vazio, este processo é apresentado na figura 24.

Figura 24 - Análise do sistema com a presença e atuação do relé K2.



Fonte: Software CADe_SIMU.

3.2.2 Desenvolvimento e análise utilizando o Software LogixPro.

3.2.2.1 Descrição de desenvolvimento

É importante ressaltar que este software é desenvolvido para ser empregado em um hardware chamado PLC, assim, o sistema físico a ser comandado é conectado as saídas físicas do CLP. Assim sendo muitos dos componentes utilizados durante o desenvolvimento deste comando são componentes lógicos, está é uma das grandes vantagens de utilização deste equipamento, pois para um sistema podemos utilizar apenas um CLP, dependendo da aplicação, para gerir todo um sistema. Logo ressalta-se que todos os componentes utilizados neste comando elétrico são componentes lógicos.

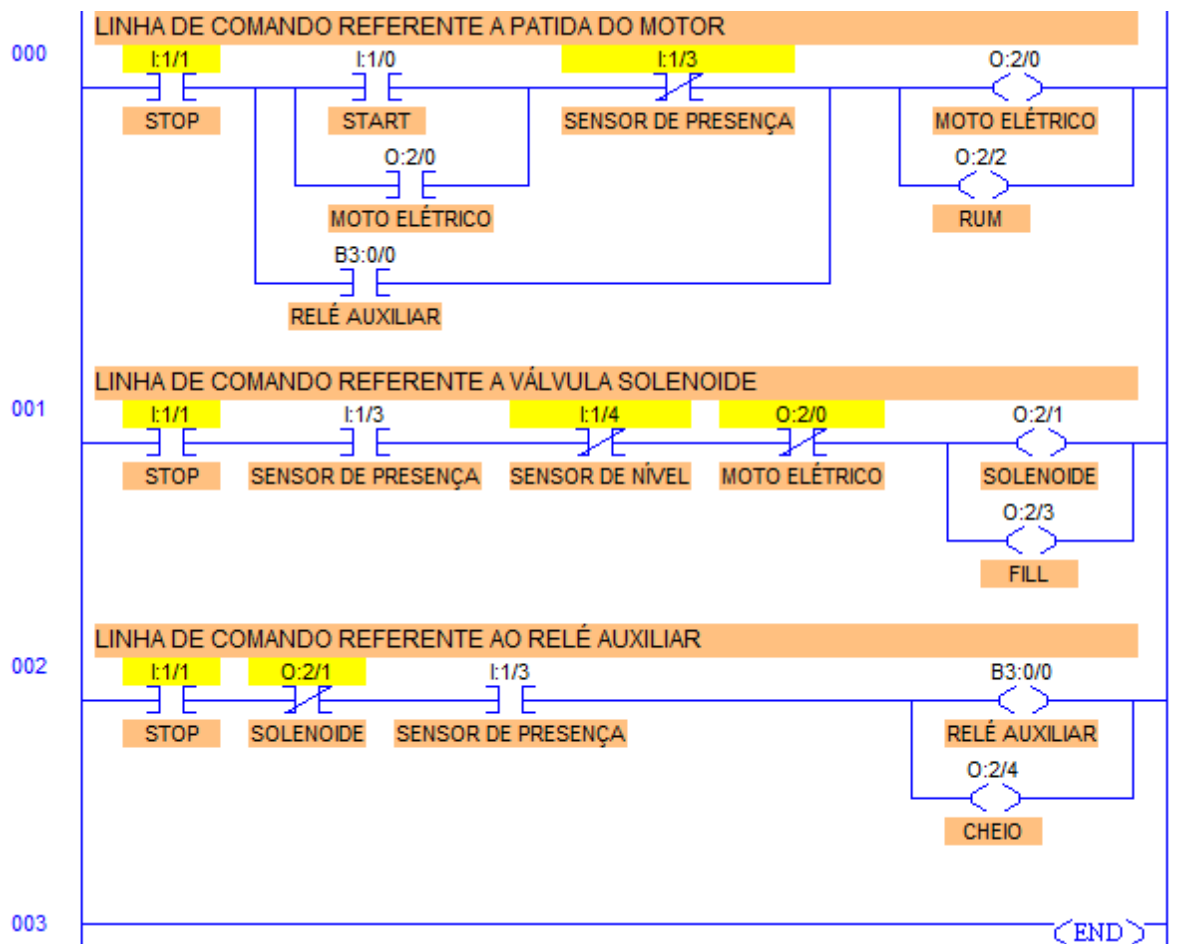
De início trabalhou-se de início com a linha de comando 000, na mesma foram inseridos os seguintes componentes respectivamente, contato fechado da botoeira ‘STOP’, contato aberto da botoeira ‘START’, contato fechado do sensor de presença e o relé lógico referente ao motor elétrico. Ainda nesta linha de comando temos outras ramificações de linha de comando, entre a botoeira “STOP” e o sensor de presença temos um contato de selo como o contato aberto referente ao motor elétrico, temos também outro contato de selo referente ao relé

auxiliar, contato de selo este localizado entre a botoeira “STOP” e o relé lógico do motor elétrico e paralelamente ao relé lógico do motor elétrico temos outro relé lógico tem como finalidade acionar o LED indicador de funcionamento do motor elétrico

Na linha de comando 001 temos respectivamente os componentes, contato fechado da botoeira ‘STOP’, contato aberto do sensor de presença, contato fechado do sensor de nível, contato fechado do motor elétrico e o relé lógico referente a válvula solenoide, paralelamente a este temos outro relé lógico, o qual tem como finalidade acionar o LED indicador de detecção de nível FILL.

Na linha de comando 002 temos respectivamente os componentes, contato fechado da botoeira ‘STOP’, contato fechado da válvula solenoide, contato aberto do sensor de presença e o relé lógico auxiliar, paralelamente a este temos outro relé lógico, o qual tem como finalidade acionar o LED indicador de detecção de nível FULL, assim finalizando o processo de desenvolvimento do sistema a ser comandado, estas construções são visíveis da figura 25.

Figura 25 - Comando elétrico de uma esteira transportadora desenvolvido no LogixPro.



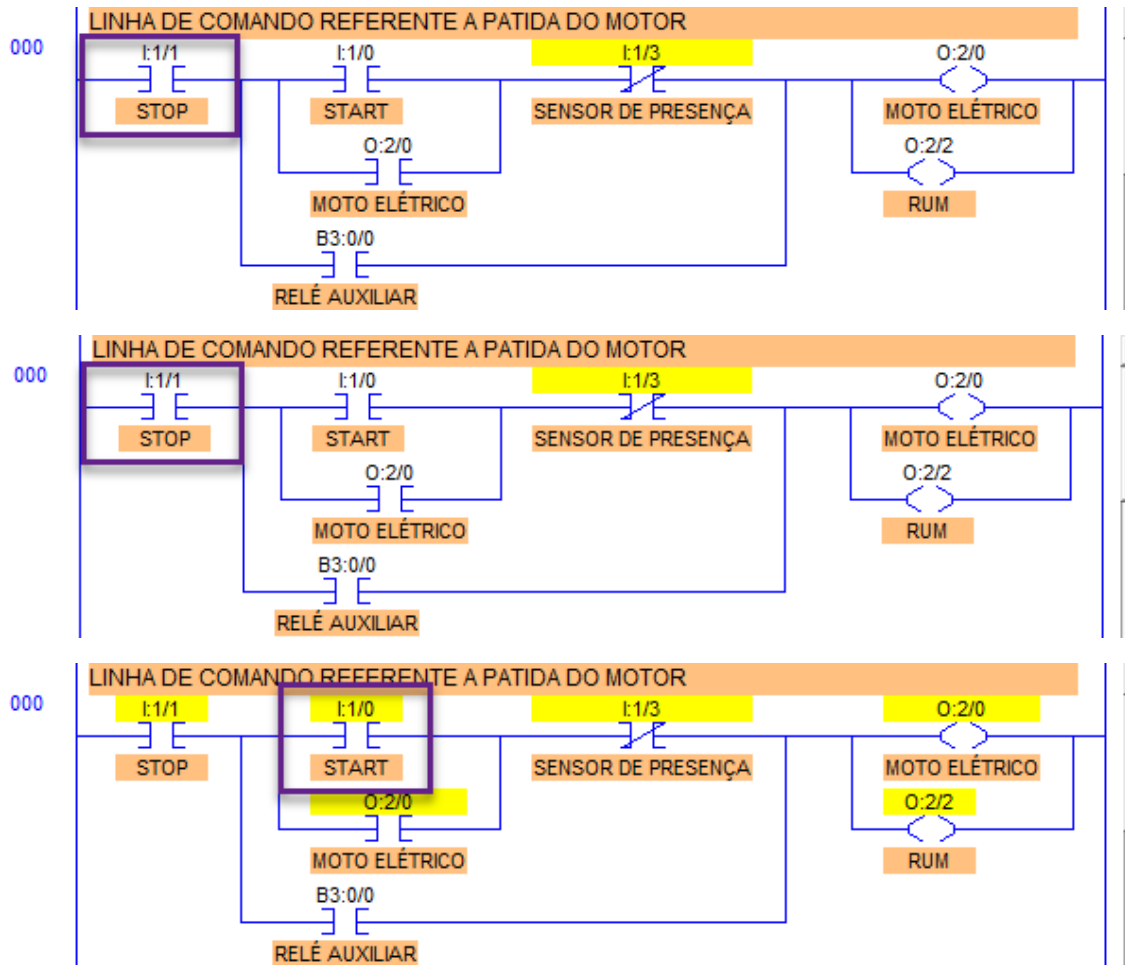
Fonte: Software LogixPro.

3.2.2.2 Descrição de Operação

Compreendendo inicialmente a linha de comando 000, está tem como principal objetivo acionar o motor elétrico e o LED indicador de motor em funcionamento. Esta linha de comando tem os seguintes componentes e suas respectivas funções, o contato fechado de emergência “STOP”, se porventura ocorrer algum problema durante o processo, o mesmo pode ser acionada e assim interromper o funcionamento do sistema, contato aberto “START”, contato este responsável por realizar a partida inicial do motor, contato fechado do sensor de presença, sendo o responsável por interromper o funcionamento do motor elétrico quando o sensor de presença for atuado, relé lógico o responsável por acionar a saída física do CLP, paralelo a este relé lógico, temos o relé lógico responsável por acionar o LED indicador de motor funcionando.

Ainda na linha de comando 000 temos algumas derivações, derivações estas que funcionam como contato de selo e outra contato de reacionamento do motor elétrico, a primeira derivação tem início logo após a botoeira “STOP” e fim logo antes do sensor de presença, esta ramificação tem um contato de selo do relé lógico de funcionamento do motor elétrico, paralelo a botoeira “START”, tendo este contato de selo como objetivo manter o motor energizado quando o operador não estiver mais pressionando a botoeira “START”. A segunda derivação tem início logo após a botoeira “STOP” e fim logo antes do relé lógico de acionamento do motor elétrico, esta ramificação tem um contato de selo do relé lógico auxiliar, paralelo ao contato de selo do relé lógico do motor elétrico, sendo esta derivação responsável por reacionar o motor e permitir a continuidade do processo a ser comandado. Toda esta descrição de funcionamento é visível na figura 26.

Figura 26 - Botoeira stop, start e sensor de presença em estado ativo.



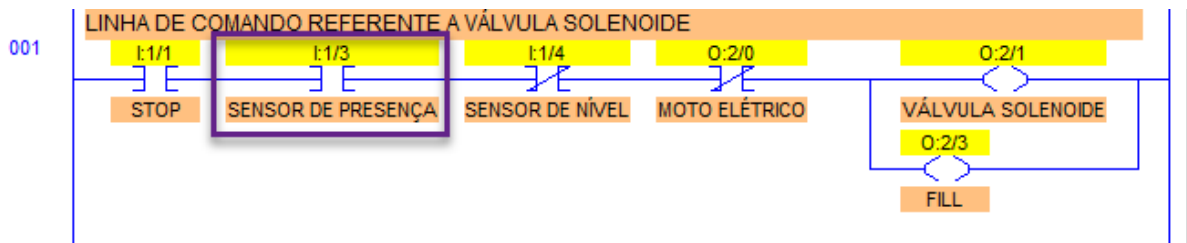
Fonte: Software LogixPro.

A linha de comando 001 refere-se ao acionamento da válvula solenoide, está linha de comando tem os seguintes componentes e suas respectivas funções, o contato fechado de emergência “STOP”, contato este o qual deve ser acionado em virtude de qualquer emergência que possa surgir durante o processo.

Dando continuidade na análise desta linha de comando temos um contato aberto lógico do sensor de presença, o qual será acionado quando o sensor detectar a presença do recipiente, contato fechado lógico do sensor de nível, este atuará quando detectar que o recipiente em questão estiver cheio, e conseqüentemente irá interromper a energização do relé lógico referente ao acionamento da válvula solenoide, contato fechado lógico referente ao relé lógico do motor elétrico, este atuará quando o motor estiver em funcionamento, evitando assim que a válvula solenoide entre em funcionamento enquanto o motor estiver em funcionamento, na sequência temos dois relés lógicos, um referente a sida física do CLP a qual atuará diretamente na válvula solenoide e o outro relé lógico atuará na saída do CLP o qual terá atuação no LED indicador de

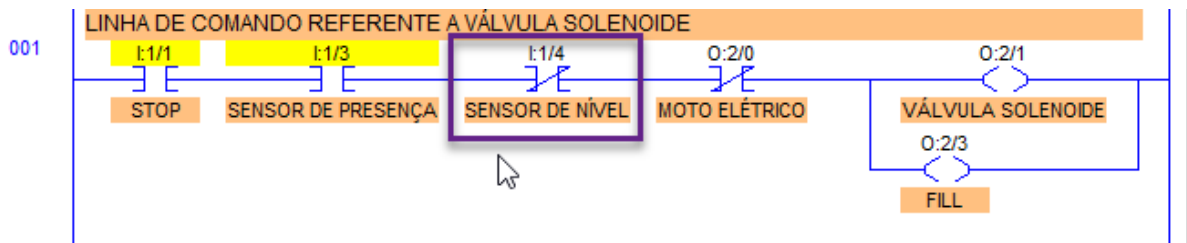
nível FILL, finalizando assim esta linha de comando. As figuras 27 e 28 apresenta todos o processo de funcionamento da linha de comando 001.

Figura 27 - Momento em que a o recipiente vazio é detectado.



Fonte: Software LogixPro.

Figura 28 - Momento em que o sensor de nível comuta para o estado ativo.



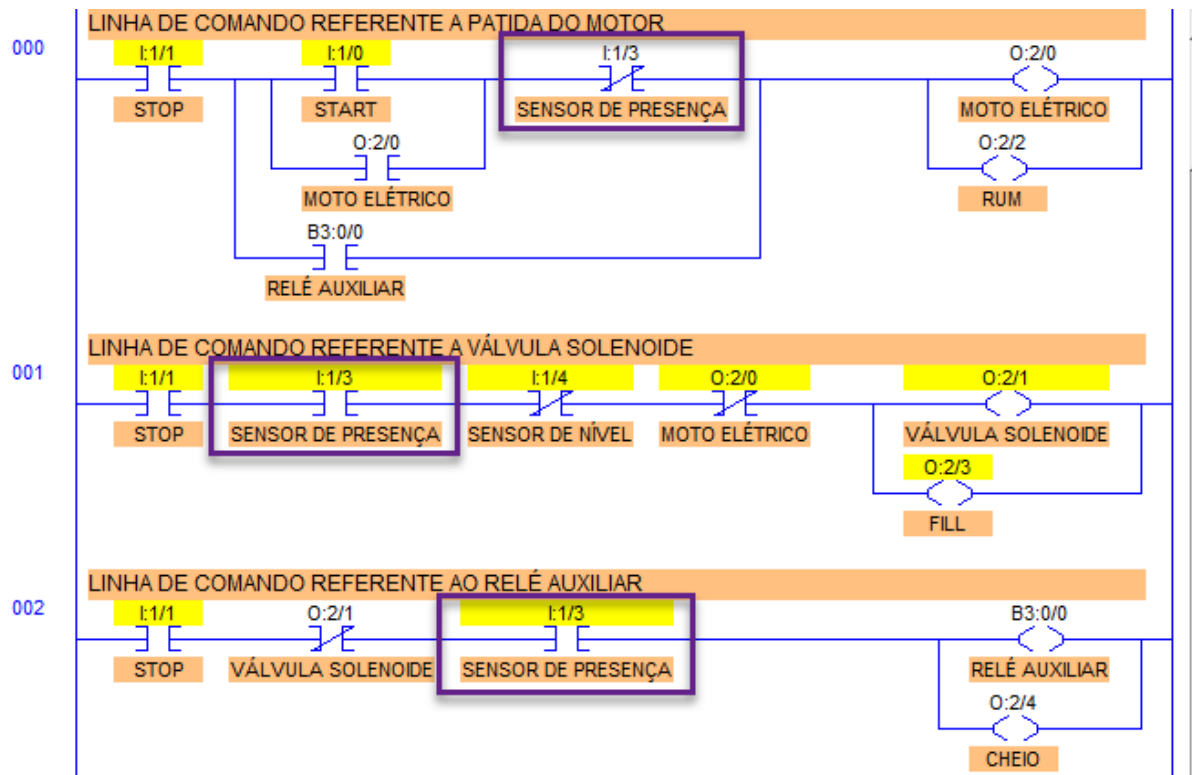
Fonte: Software LogixPro.

Na linha de comando 002 a qual refere-se a repartida do motor, a mesma tem os respectivos componentes e suas respectivas funções, o contato fechado de emergência “STOP”, contato este o qual deve ser acionado em virtude de qualquer emergência que possa surgir durante o processo, na sequência temos um contato fechado lógico da válvula solenoide, contato que permitirá a energização do relé auxiliar apenas quando a válvula solenoide não estive ativa, seguindo a linha de comando temos um contato fechado lógico do sensor de presença, em virtude deste sensor ser acionado no exato momento que detecta o início do recipiente, o mesmo atua em alguns pontos do sistema simultaneamente.

Em um primeiro momento o contato fechado do sensor de presença atua na interrupção do funcionamento do motor elétrico em virtude de seu contato aberto localizado na linha 001, ao mesmo tempo outro contato aberto localizado na linha 002 atua como uma das condições de reacionamento do motor elétrico, no instante em que o sensor de nível detecta que o recipiente está cheio o mesmo volta ao estado desenergizado e seu contato lógico na linha de comando 002 volta ao seu estado normal (fechado), logo as duas pré-condições de reacionamento do motor dão condições para que o relé lógico seja ativado, consequentemente este ativará seu contato de selo na linha de comando 000, permitindo assim a energização do relé lógico

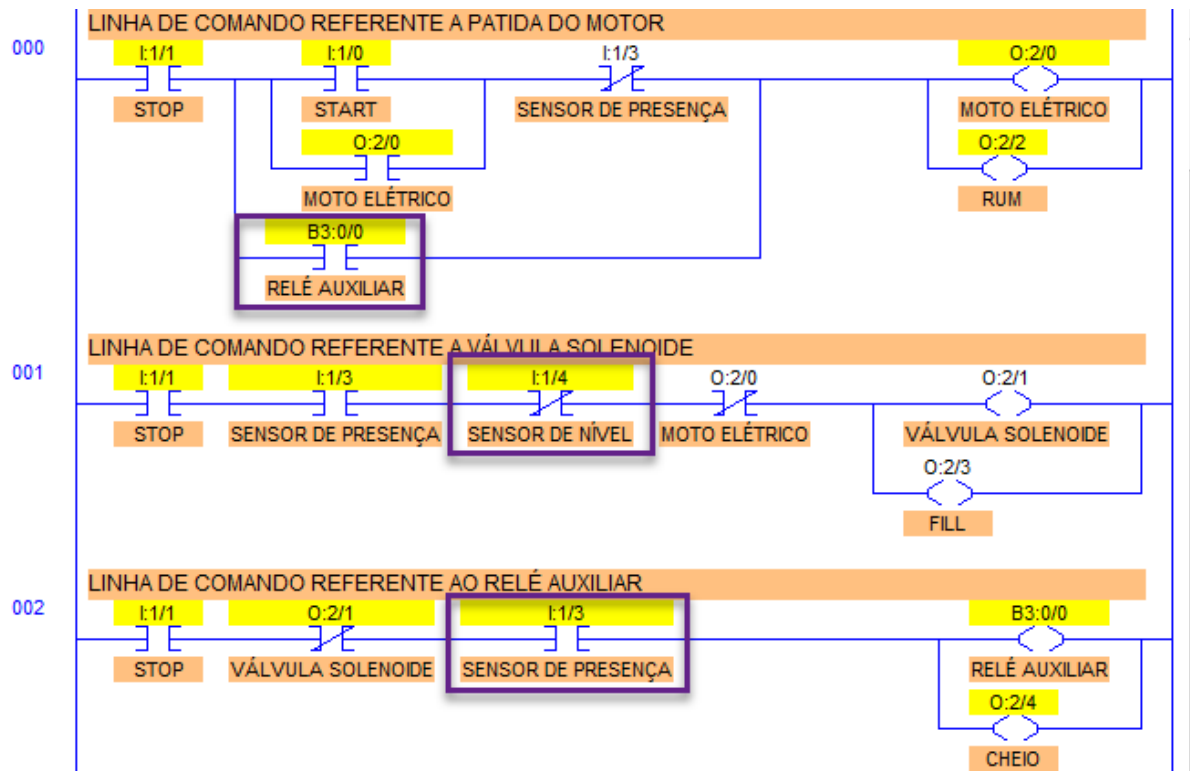
“MOTOR ELÉTRICO”, fazendo com que o mesmo volte a operar normalmente. Todo o processo de funcionamento descrito é apresentado na figura 29 e 30.

Figura 29 - Análise da atuação do sensor de presença nas linhas de comando do sistema.



Fonte: Software LogixPro.

Figura 30 - Análise da atuação conjunta dos sensores de presença e nível.



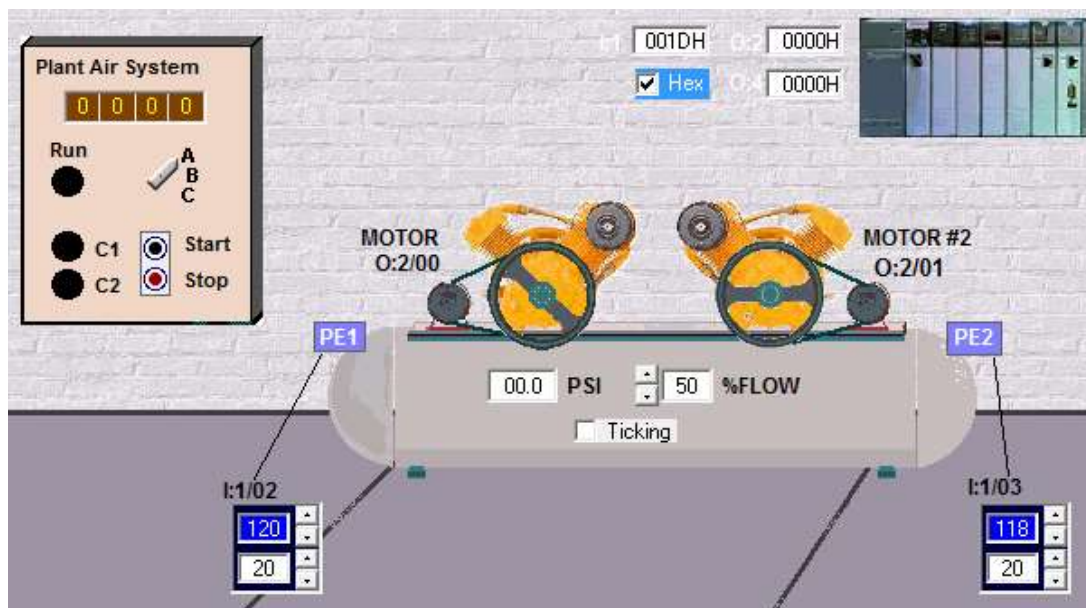
Fonte: Software LogixPro.

3.3 Automação dos processos de funcionamento um grupo compressor

A automação a ser desenvolvida tem como objetivo automatizar a operação de dois compressores, o quais podem operar em conjunto ou individualmente. O conjunto dispõe de uma chave seletora de três estágio, onde o estágio A ao ser selecionado deve permitir que ambos os compressores operem simultaneamente, o estágio B possibilitará que apenas do compressor C1 opere enquanto que estágio C ao ser selecionado apenas a operação do compressor C2 deverá ser habilitado a operar, o conjunto a ser trabalhado é apresentado na figura 31.

As programações em suas versões finais estão disponíveis através dos apêndices E e F, sendo o apêndice E referente a linguagem de comandos elétricos, e o apêndice F referente a linguagem Ladder.

Figura 31 - Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro.



Fonte: Software LogixPro.

3.3.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CADe_SIMU.

3.3.1.1 Descrição de desenvolvimento

De início optou-se por criar o circuito trifásico do comando de força dos motores, os quais foram elaborados respectivamente pelos seguintes componentes, conjunto fusível, contato de força de relé de acionamento, relés de sobre carga, aterramentos e dois motores elétrico trifásico.

Após a conclusão do circuito de força as atividades foram direcionadas para o circuito de comando, inicialmente se fez uso dos respectivos componentes, fusíveis de proteção contra possíveis curtos-circuitos, botoeira de emergência, a qual poderá ser atuada em casos de emergência e se fez uso de uma chave seletora de três estágios, onde cada estágio uma finalidade específica no sistema.

Na sequência as atividades continuaram em função da elaboração da coluna de comando de número 1, a qual tem como objetivo permitir como condição inicial o acionamento do compressor C1, apenas, esta condição inicia é composta pelos componentes como, uma botoeira de partida modelo pulso normalmente aberta (ST.C1), um contato auxiliar normalmente fechados do relé de sobre corrente (RC1) e um relé K1, todos os componentes estão dispostos no formato série. Em paralelo a coluna de comando 1 se tem a coluna de

comando 1.1, a mesma se refere a uma estrutura conhecida como contato de selo, a qual é constituída pelo contato auxiliar normalmente aberta do relé K1.

Posterior a coluna de comando de número 1, temos a coluna de comando de número 2, a qual tem elaborada como condição inicial para o funcionamento do compressor C2, apenas, este comando é constituído por uma botoeira de partida modelo pulso normalmente aberta (ST.C2), um contato normalmente fechado do relé de sobre corrente (RC2) e um relé K2, todos os componentes estão dispostos no formato série. Em paralelo a esta coluna de comando, se tem a coluna de comando 2.1 a qual se refere a uma estrutura conhecida como contato de selo, sendo constituída ou um contato auxiliar normalmente aberto do relé K2.

A coluna de comando de número 3 tem como finalidade permitir o acionamento de ambos os compressores simultaneamente, sua elaboração inicial é composta pelos seguintes componentes, uma botoeira de partida modelo pulso normalmente aberta (C1.C2), um contato normalmente fechado de cada relé de sobre corrente (RC1) e (RC2) e o relé K3, todos os componentes estão dispostos no formato série. Em paralelo a coluna de comando 3 temos a coluna de comando 3.1, está se referente contato de selo presente na estrutura que interliga paralelamente este comando, este contato de selo é constituído por um contato auxiliar normalmente aberta do relé K3.

Após a apresentação dos comandos iniciais os quais necessitam inicialmente da ação de um operador, temos as colunas de comandos que possibilitam o acionamento e/ou interrupção dos compressores.

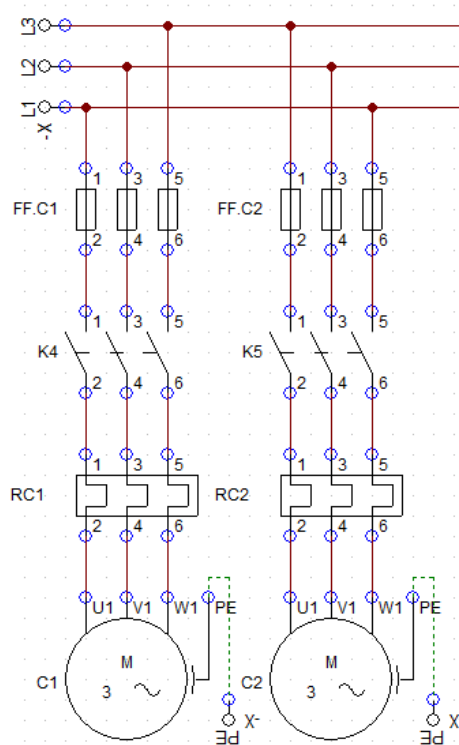
Seguindo as numerações de elaboração do sistema de comando temos a coluna de número 4, nesta há uma sequência de componentes que dependem em um primeiro momento das ações que podem ocorrer nas colunas de comando número 1 e 1.1, a coluna de número 4 é constituída pelos seguintes componentes, um contato auxiliar normalmente aberto do relé K1, um contato normalmente fechado do presostato (PRES1) e um relé nomeado como K4, o mesmo será o responsável por acionar apenas o compressor C1, e através de seus contatos auxiliares os sinais luminosos indicadores de estado do sistema.

Seguindo a mesma lógica de comando da coluna de número 4, se tem a coluna de comando de número 5, a qual possui uma sequência de componentes os quais dependem das ações que podem ocorrer nas colunas de comando de número 2 e 2.1. Similar ao descrito no parágrafo anterior, porém com algumas mudanças de nomenclatura, a coluna de número 5 é constituída pelos seguintes componentes, um contato auxiliar normalmente aberto do relé K2, um contato normalmente fechado do presostato (PRES2) e um relé nomeado como K5, o

mesmo será o responsável por acionar apenas o compressor C2 e também através de seus contatos auxiliares acionar os sinais luminosos indicadores de estado do sistema.

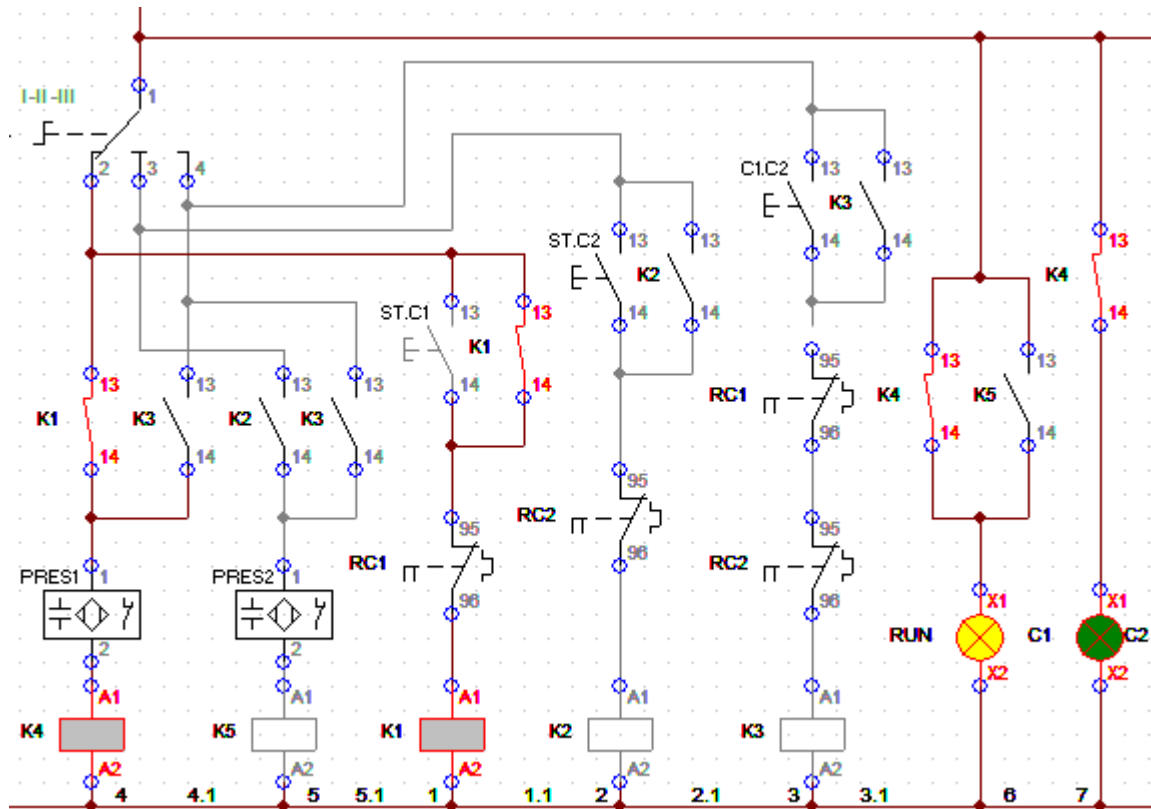
Finalmente temos as colunas de comando de número 4.1 e 5.1 a quais tem como finalidade acionar simultaneamente ambos os compressores C1 e C2, ou seja, na coluna de comando de número 4.1 temos um contato auxiliar normalmente aberto referente ao relé K3 e na coluna de número 5.1, um contato auxiliar normalmente aberto referente ao relé K4, ambos funcionam como um contato de selo possibilitando acionar ambos os compressores C1 e C2 simultaneamente, todas as descrições citadas são apresentadas nas figuras 32 e 33.

Figura 32 - Circuito de força do grupo de compressores.



Fonte: Software CADe_SIMU.

Figura 34 - Circuito de comando de acionamento do Compressor C1.



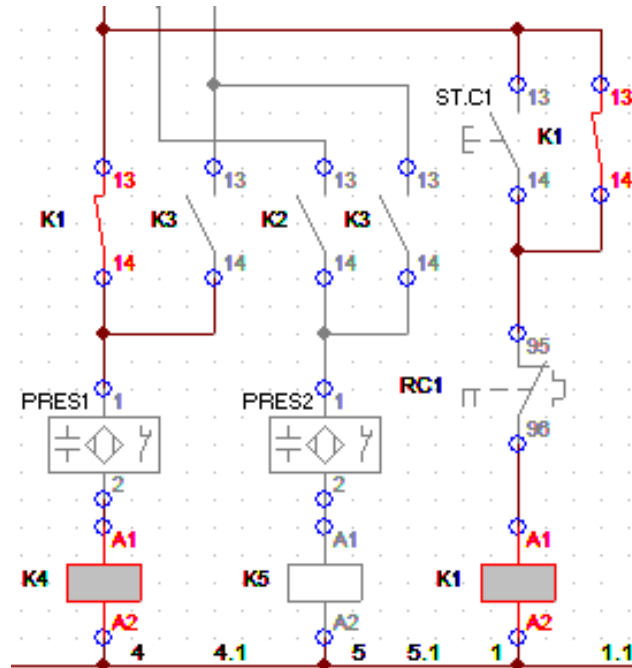
Fonte: Software CADe_SIMU.

Ainda analisando o sistema de acionamento do compressor C1, na coluna de comando de número 4 temos a presença de um presostato (PRES1) o qual tem como função interromper e/ou acionar o compressor C1 quando a pressão de ar do sistema estiver fora dos limites estabelecidos. Quando a pressão de ar do sistema ultrapassa os limite máximo estabelecido o contato normalmente fechado do presostato se abre, assim interrompendo a operação do compressor, logo a pressão do sistema irá cair com o passar do tempo e quando a mesma abaixo do limite estabelecido o contato agora aberto do presostato voltará ao seu estado normalmente fechado permitindo novamente o fluxo de energia necessário para acionar o relé K4 e consequentemente o compressor C1, esse processo de reenergização é possível em função do contato de selo presente na coluna de comando 1.1, visto que o relé K1 ainda estará ativo, assim como seu contato auxiliar na coluna de comando 4, e como já descrito todo o sistema de acionamento do compressor C1 está ativo sem a necessidade de uma nova ação sobre a botoeira (ST.C1).

Este processo de atuação do presostato quando os limites de pressão máxima e mínima do sistema são ultrapassados são e apresentada na figura 4, porém apenas o processo quando o limite máximo é atingido, enquanto que o o processo de reacionameto se resume em

apenas o contato aberto do presostato voltar ao seu estado normalmente fechado quando a pressão do sistema de ar cai abaixo dos limites estabelecidos, logo a figura 35 pode ser utilizada para compreensão de como esse processo ocorre.

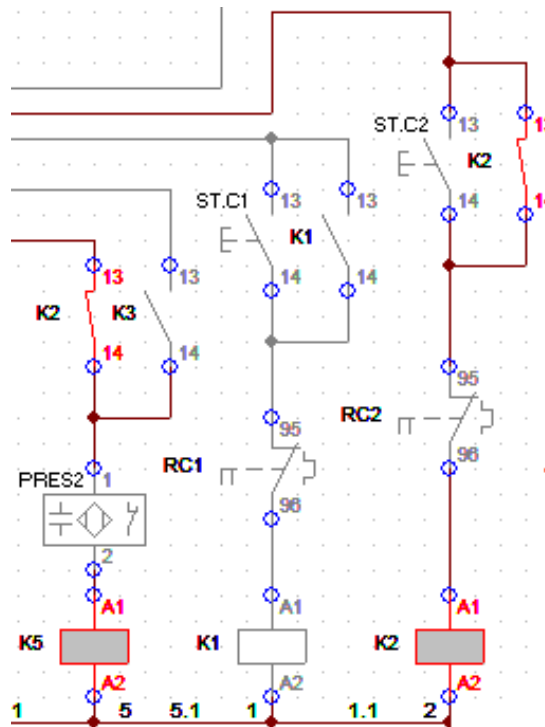
Figura 35 - Circuito de comando de acionamento do Compressor C1.



Fonte: Software CADe_SIMU.

Agora analisando o estágio B, o mesmo tem características semelhantes ao estágio A, porém com algumas diferenças, assim como no estágio A é preciso inicialmente que o estágio B seja selecionado através da chave seletora (SL), na sequência é preciso que a botoeira normalmente aberta tipo pulso (ST.C2) seja acionada, quando esta ação for executada ocorrerá um fluxo de energia o qual acionará o relé K2, nesse exato momento os contatos auxiliares do relé K2 os quais estão presentes nas colunas de comando 2.1 e 5 serão acionados, ou seja, o contato de selo agora passará para o estado ativo assim permitindo manter o relé K2 em estado ativo após a ação exercida sobre a botoeira de pulso (ST.C2) e como consequência o relé K5 continuará energização, ao mesmo tempo os contatos auxiliares do relé K5 presentes na coluna de comando de número 6 e 8 habilitarão os sinais luminosos do sistema, indicando sistema em estado ativo porém operando apenas em função do compressor C2, todo esse processo é apresentado na figura 36.

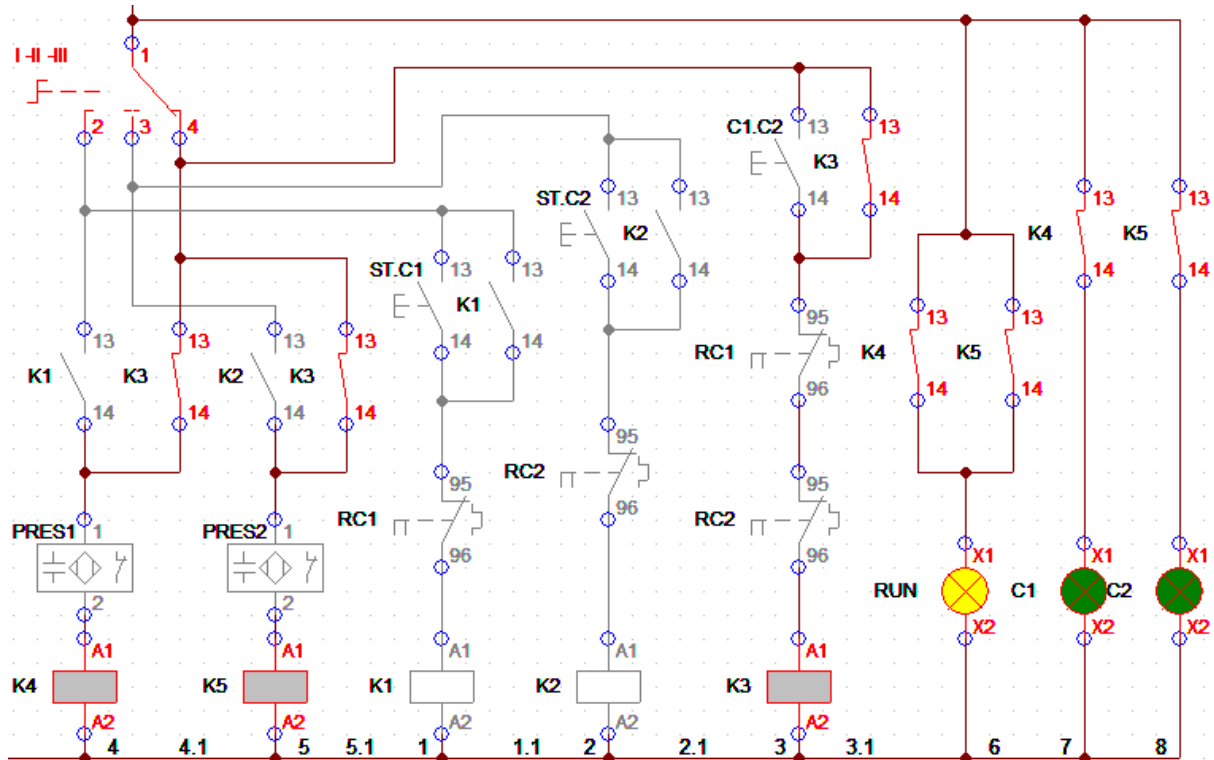
Figura 37 - Circuito do Pressostato PRES2 na coluna de acionamento do Compressor C2.



Fonte: Software CADe_SIMU.

Finalmente analisando o estágio C, o mesmo tem como função acionar ambos os compressores simultaneamente, assim como nos estágios A e B é preciso que o estágio C seja selecionado através da chave seletora (SL), na sequência é preciso que a botoeira normalmente aberta tipo pulso (ST.C3) seja acionada, quando esta ação for executada ocorrerá um fluxo de energia o qual acionará o relé K3, nesse exato momento os contatos auxiliares do relé K3 os quais estão presentes nas colunas de comando 3.1, 4.1 e 5.1 serão acionados, ou seja, ambos são contatos de selo o quais manterão os relés K3, K4 e K5 em estado ativo assim permitindo manter ambos os compressores em funcionamento após a ação exercida sobre a botoeira de pulso (ST.C3), ao mesmo tempo todos os sinais luminosos indicadores de sistema operando e em função de ambos os compressores C1 e C2 estarão em estado ativo todo esse processo é apresentado na figura 38.

Figura 38 - Circuito de acionamento de ambos os Compressores.



Fonte: Software CADe_SIMU.

3.3.2 Desenvolvimento e análise utilizando o Software LogixPro.

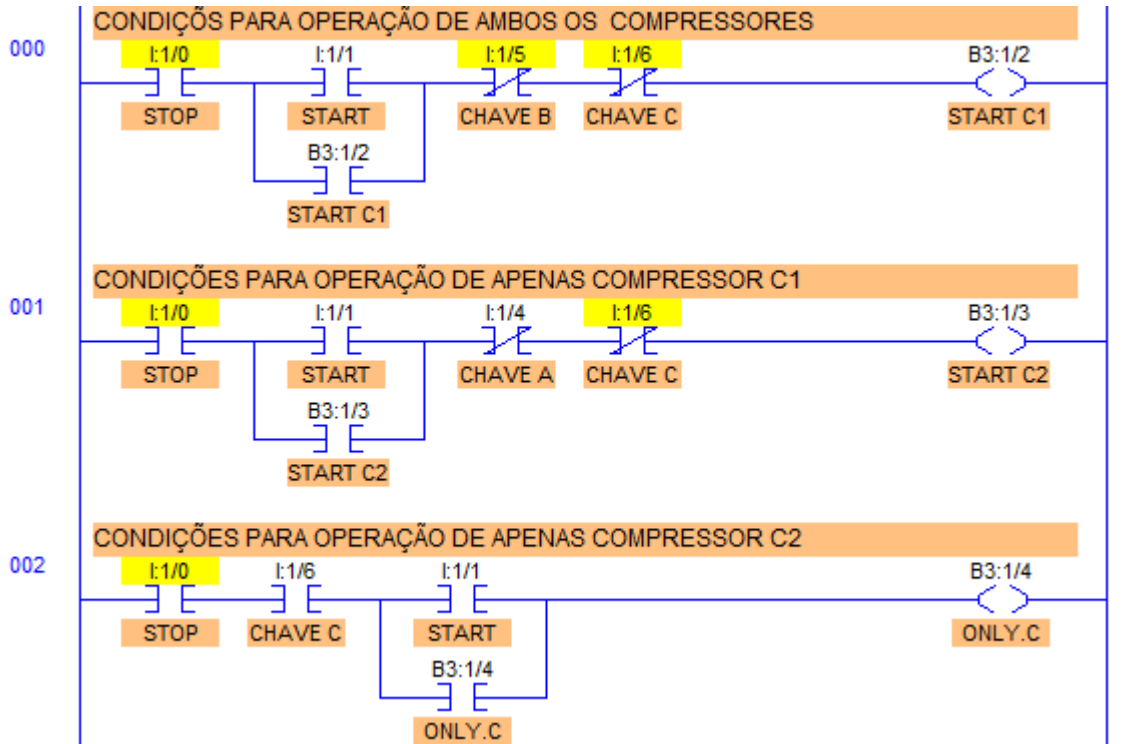
3.3.2.1 Descrição de desenvolvimento

Afim de desenvolver a automação do grupo compressor de tal forma a atender as especificações de projeto, é necessário atender a primeira condição a qual é referente aos domos de operação, estes são selecionados em função da chave seletora disponibilizada no painel de operação. Esta chave seletora possui três estágios de seleção, o estágio A possui uma configuração a qual possibilita a operação de ambos os compressores, o estágio B quando selecionado permite a operação apenas do compressor C2 e quando o estágio C for selecionado apenas o compressor C1 entrará em modo de operação.

Inicialmente as três primeiras linhas de comando foram projetadas para que se pudesse em conjunto ou individualmente operar os compressores C1 e C2, a linha de comando de número 000 é projetada para acionar ambos os compressores, enquanto que as linhas de número 001 e 002 são programadas para acionar individualmente os compressores C1 e C2, ou seja, a linha de comando de número 001 aciona apenas o compressor C1 enquanto que o compressor C2 é acionado apenas pela linha de comando de número 002. Na sequência se destaca que as linhas de programação de modo de operação possuem ações que permitem a interação com as

linhas de comando de número 003 e 004, está são as linhas de comando que possuem a programação que habilita a operação dos compressores, a programação referente aos modos de operação é apresentada na figura 39.

Figura 39 - Programação desenvolvida para atender os três estágios do modo de operação.



Fonte: LogixPro.

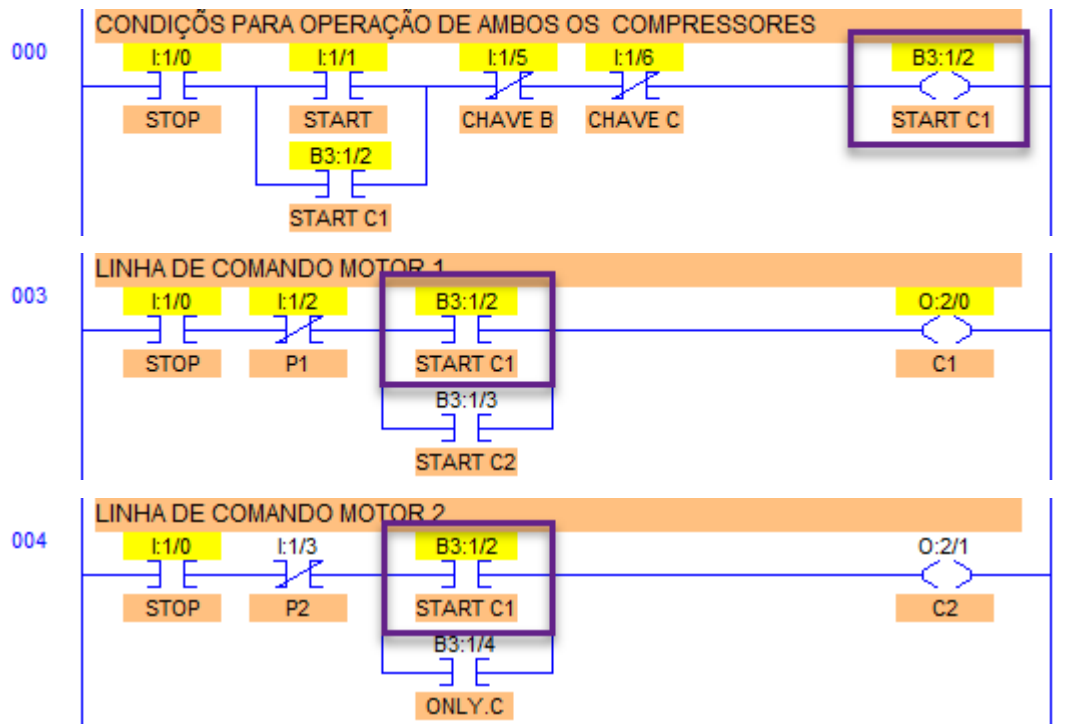
3.3.2.2 Descrição de Operação

O primeiro modo de operação o qual será apresentada é referente a operação conjunta de ambos os compressores, para que essa ação ocorra é preciso que inicialmente o estágio A seja selecionado no painel de operação, como já foi citado, a linha de comando de número 000 possui as condições iniciais para que os compressores C1 e C2 operem em conjunto, esta linha de comando é desenvolvida iniciada por contato lógico de emergência, na sequência se tem dois contatos lógicos em paralelo, um referente a botoeira de acionamento e outro referente ao contato de selo da saída lógica START C1, em série a essa configuração se tem dois contatos normalmente fechados, um referente a chave seletora B e o outro referente a chave seletora C, e pôr fim a saída lógica START C1.

Logo, quando o estágio A é selecionado e na sequência ocorre o acionamento da botoeira START, a saída lógica START C1 é acionada, como consequência, os seus contatos

auxiliares localizados nas linhas de comando de número 003 e 004 permitem o acionamento de ambos os compressores, na figura 40 é possível observar essas descrições.

Figura 40 - Programação a qual possibilita o acionamento de ambos os compressores.



Fonte: LogixPro.

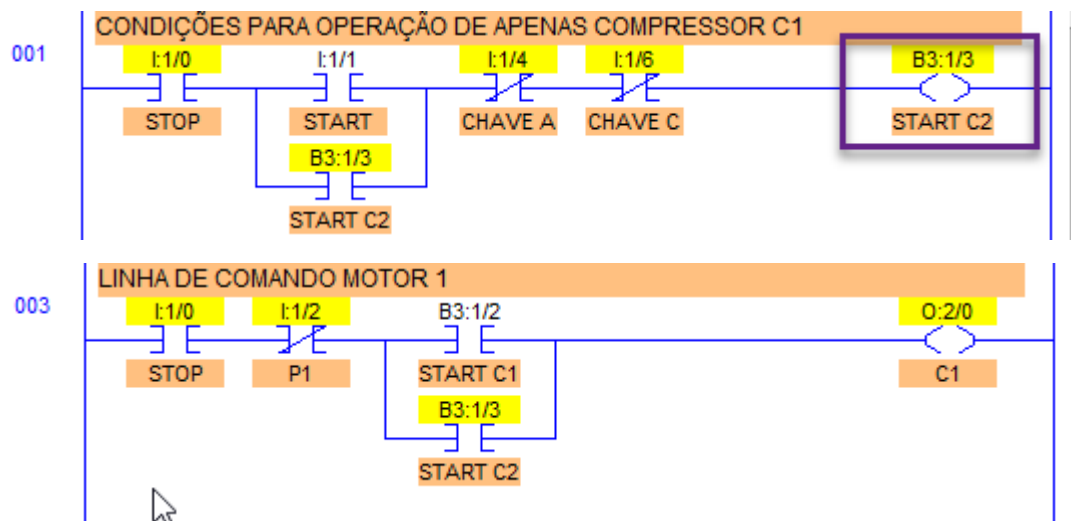
Ainda analisando a figura 40, observa-se que caso ocorra uma alteração no modo de operação, a única ação que ocorrerá é a interrupção da operação de ambos os compressores, pois caso o modo de operação B ou C sejam selecionados, automaticamente a linha de comando 000 será desabilitada. Nas linhas de comando de número 003 e 004 observa-se que a presença de pressostatos, estes têm como função controlar a pressão do reservatório, percebe-se que o pressostato P1 e P2 são dedicados a monitorar, simultaneamente ou de maneira individual, a pressão do reservatório a qual é exercida pelos compressores C1 e C2.

O segundo modo de operação é referente apenas ao acionamento do compressor C1, este modo de operação é definido pela seletora como estágio B, a programação que permite a operação desse modo é desenvolvida através das linhas de comando de número 001 e 003. A linha de comando 001 possui a programação na qual se tem definido as duas primeiras condições de habilitação do processo, inicialmente se tem o sistema de emergência representado pelo contato lógico STOP, na sequência há dois contatos lógicos em paralelo, um referente a botoeira de acionamento START e outro referente ao contato de selo da saída lógica START

C2, em série a essa configuração se tem dois contatos normalmente fechados, um referente a chave seletora A e o outro referente a chave seletora C, e pôr fim a saída lógica START C2.

Sendo assim, quando o estágio B é selecionado e posteriormente ocorre o acionamento da botoeira START, a saída lógica START C2 é acionada, conseqüentemente seu contato auxiliar localizado na linha de comando 003 é habilitado permitindo que apenas o compressor C1 seja acionado, na figura 41 é possível observar essas descrições.

Figura 41 - Programação do modo de operação do compressor C1 ativo.



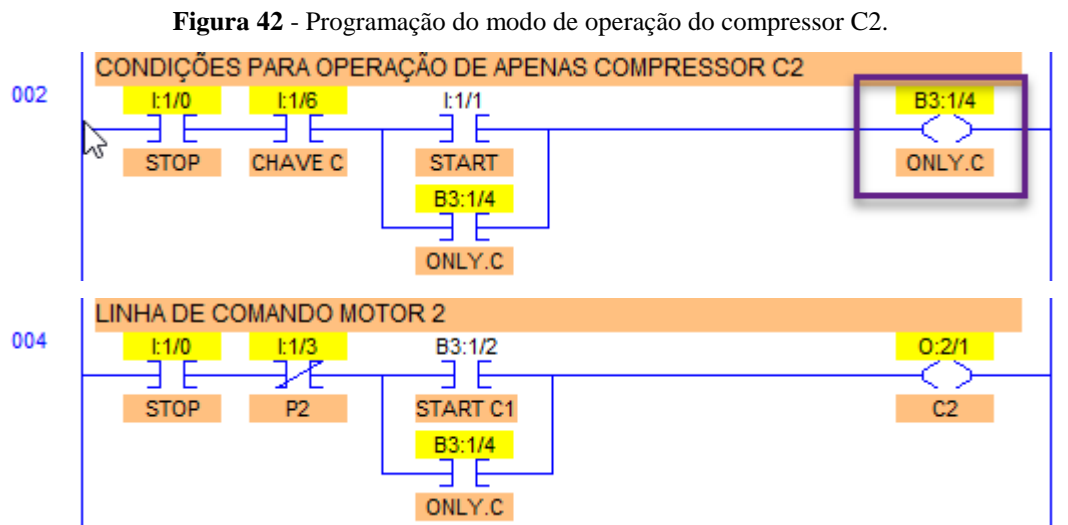
Fonte: LogixPro.

Ainda analisando a figura 41, observa-se que os mesmos eventos citados no modo de operação representado pela seletora A podem ocorrer com a seletora em estágio B, caso ocorra alguma mudança na seletora o sistema de operação do compressor C1 irá apenas parar de funcionar, e na linha de comando 003 se tem o sistema de emergência o qual pode ser acionado quando necessário, e também há o pressostato P1 dedicado a monitorar a pressão do reservatório oriunda apenas do compressor C1, quando a pressão ultrapassar o limite estabelecido o pressostato P1 interromperá a operação, e quando a pressão estiver abaixo do limite mínimo o compressor C1 voltará a ser acionado.

E finalmente o modo de operação representado pela seletor em estágio C a qual permite o acionamento apenas do compressor C2, a programação que permite a operação desse modo de operação é desenvolvida através das linhas de comando 002 e 004. A linha de comando 002 é programada para atender as duas primeiras condições que habilitam este modo de operação, assim como nos estágios A e B este modo representado pela seletor em estágio C é iniciado primeiramente com o sistema de emergência o qual é representado pelo contato auxiliar da botoeira STOP, logo em série há um contato auxiliar da seletora C, na seqüência na

configuração em paralelo se tem dois contatos lógicos, um referente a botoeira de acionamento START e outro referente ao contato de selo da saída lógica ONLY.C, e pôr fim a saída lógica ONLY.C.

Sendo assim, quando o estágio C é selecionado e posteriormente ocorre o acionamento da botoeira START, a saída lógica ONLY.C é acionada, conseqüentemente seu contato auxiliar localizado na linha de comando 004 é habilitado permitindo que apenas o compressor C2 seja acionado, na figura 42 é possível observar essas descrições.



Fonte: LogixPro.

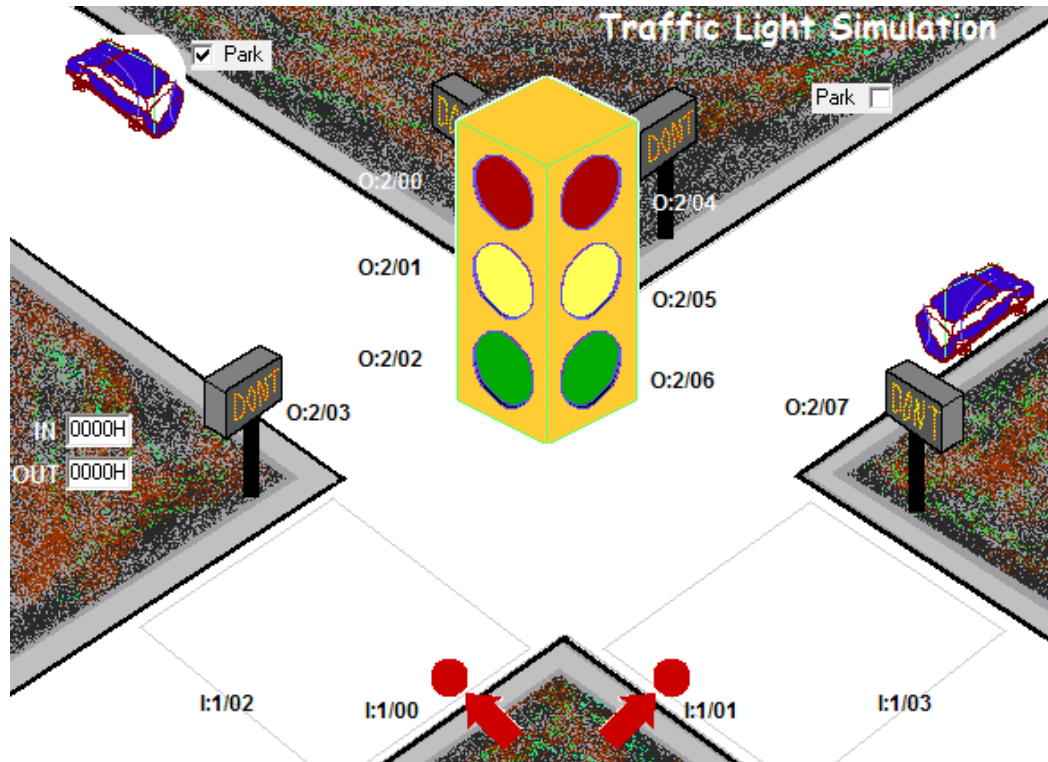
De maneira semelhante a análise realizadas para a operação representada pela seletora em estágio B também é válida para o estágio C, ou seja, caso ocorra alguma mudança na seletora o compressor C1 irá apenas parar de funcionar, na linha de comando 004 se tem o sistema de emergência o qual pode ser acionado quando necessário, e também há o pressostato P2 dedicado a monitorar a pressão do reservatório oriunda apenas do compressor C2, quando a pressão ultrapassar o limite estabelecido o pressostato P2 interromperá a operação, e quando a pressão estiver abaixo do limite mínimo o compressor C2 voltará a ser acionado.

3.4 Automação dos processos de funcionamento de um semáforo

A automação a ser desenvolvido tem como finalidade o controle de um sinal de trânsito de quatro vias, porém as mesmas funcionam apenas em sentidos opostos, ou seja, não há conversões a direita ou a esquerda, logo se faz necessário a utilização de apenas dois conjuntos de sinais. O sistema de trânsito a ser automatizado é apresentado na figura 43.

As programações em suas versões finais estão disponíveis através dos apêndices G e H, sendo o apêndice G referente a linguagem de comandos elétricos, e o apêndice H referente a linguagem Ladder.

Figura 43 – Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro.



Fonte: LogixPro.

3.4.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CADe_SIMU.

3.4.1.1 Descrição de desenvolvimento

O sistema de comandos desenvolvido é estruturado em quatro etapas, a primeira é desenvolvida através da coluna de comando de número 1 a qual tem como principal componente o rele temporizador K1, este tem como finalidade proporcionar o acionamento dos led's de cor verde e vermelha nos sinalizadores S1 e S2, respectivamente.

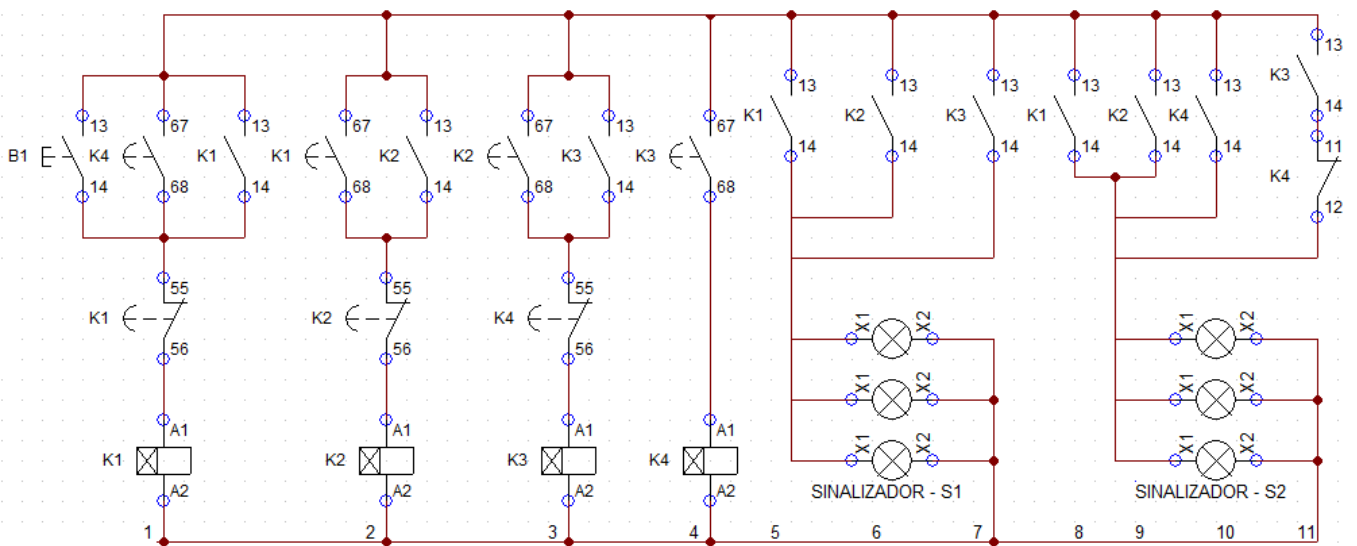
A segunda etapa é elaborada com a finalidade de permitir que ocorra a transição de ativação do led de cor verde para o de cor amarela no sinalizador S1, e ao mesmo manter acionado o led de cor vermelha no sinalizador S2, o principal componente desta etapa é o relé temporizador K2, toda esta estrutura é elaborada na coluna de comando de número 2.

A penúltima etapa é desenvolvida com a finalidade de possibilitar que o processo de ativação mude do led de cor amarela para o led de cor vermelha no sinalizado S1, e ao mesmo

tempo esse mesmo processo de mudança de ativação ocorra no sinalizador S2 de tal forma que ocorra do led de cor vermelha para o led de cor verde, esta programação é compreendida através da coluna de comando de número 3 a qual tem como principal componente o relé temporizador K3.

A última etapa é desenvolvida através da coluna de comando de número 4 e tem como finalidade permitir que os sinais luminosos no sinalizador S2 mudem do led de cor vermelha para o led de cor amarela e ao mesmo tempo mantenha o led de cor verde no sinalizador S1 ativo e logo em sequência proporcione um reset em todo o sistema, de tal forma que todo o ciclo de operação volte a ocorrer, a descrição de todas as etapas é possível de ser analisada através da figura 44.

Figura 44 - Comando elétrico referente ao sistema de comando e de sinalização.



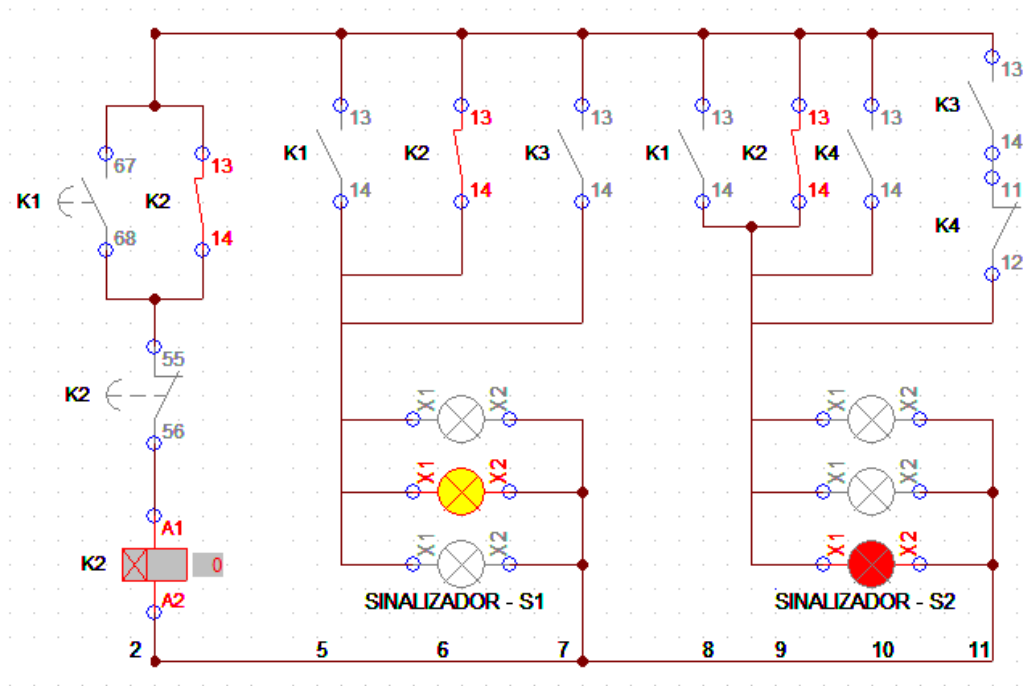
Fonte: Software CADe_SIMU.

3.4.1.2 Descrição de operação

O sistema de trânsito tem seu início de operação através da coluna de comando de número 1, para início de processo é preciso que a botoeira B1 seja acionada, quando esta ação ocorre de imediato o relé temporizador K1 é energizado e seu contato auxiliar instantâneo muda para o estado ativo permitido que o sistema continue energizado após a ação exercida sobre a botoeira B1. O relé temporizador K1 possui também outros contatos auxiliares instantâneos no sistema de sinalização, quando estes estão em estado ativo, permitem que o led de cor verde do sinalizador S1 e o led de cor vermelha no sinalizador S2 sejam acionados.

K2, o segundo, localizado na coluna de comando de número 3, em estado ativo possibilita que o relé temporizador K3 seja energizado, esta descrição é possível de ser analisada através da figura 46.

Figura 46 - Comando elétrico referente a segunda etapa de sinalização.

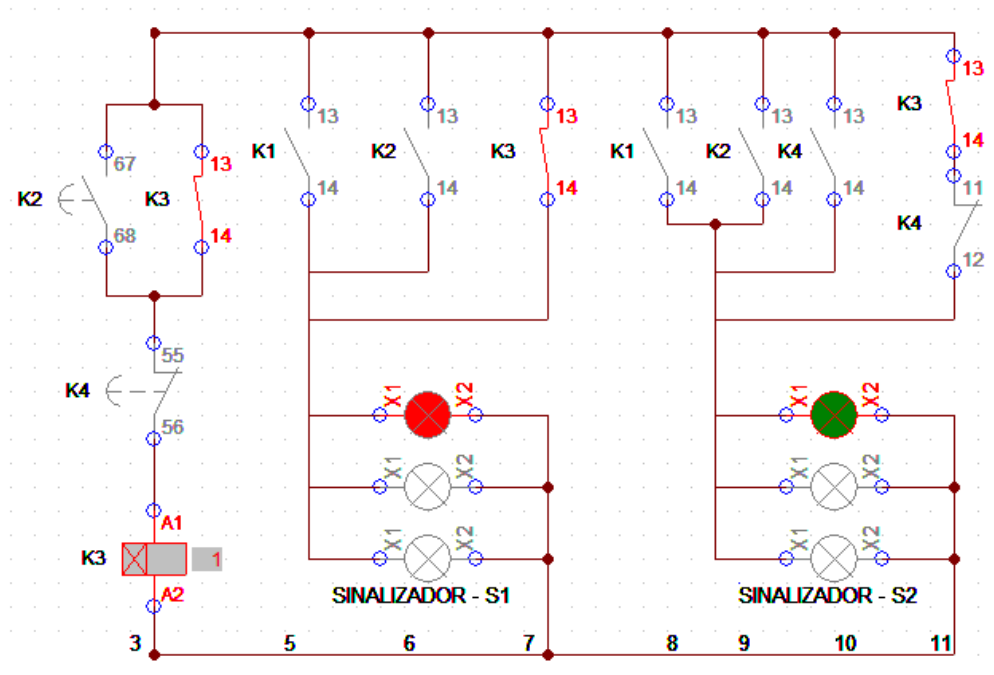


Fonte: Software CADe_SIMU.

Posteriormente a etapa de número três é habilitada quando o relé temporizador K3 é energizado em função do relé temporizador K2, de imediato seus contatos auxiliares instantâneos são acionados, o primeiro, localizado na coluna de comando de número 3, atua como um contato de selo permitindo que o relé temporizador K3 continue energizado após a desenergização do relé temporizador K2, os demais contatos auxiliares, localizados no sistema de sinalização, em estado ativo proporcionam que ocorra uma mudança de estado ativo do led de cor amarela para o de cor vermelha no sinalizador S1, e ao mesmo tempo habilita que ocorra a mudança de estado ativo do led de cor verde para o led de cor vermelha no sinalizador S2.

Estes led's permanecerão ativos até que o tempo programado no relé temporizador K3 finalize, quando está ação ocorrer, será habilitado a ativação do contato auxiliar temporizado, localizado na coluna de comando de número 4, este em estado ativo proporciona a energização do relé temporizador K4, está descrição é apresentada também através da figura de número 47.

Figura 47 - Comando elétrico referente a terceira etapa de sinalização.



Fonte: Software CADe_SIMU.

A partir do momento em que o relé temporizador K4 é energizado dar-se início a quanta etapa de operação, de imediato os contatos auxiliares instantâneos do temporizador K4, localizados no sistema de sinalização, são acionados habilitando a mudança de estado ativo no sinalizador S2 quando o led de cor vermelha para o led de cor amarela, e ao mesmo tempo se mante em estado ativo o led de cor vermelha no sinalizador S1.

Quando o tempo programado no temporizador K4 é finalizado, seus contatos auxiliares temporizados são habilitados simultaneamente, o primeiro, localizado na coluna de comando de número 1, permite que o relé temporizador K1 seja energizado novamente, o segundo contato auxiliar, localizado na coluna de comando de número 4, desenergiza o próprio relé temporizador K4, porém quando esses eventos ocorrem, o relé temporizador K1 já encontra-se em estado ativo em função de seu contato de selo, localizado na coluna de comando de número 1, a descrição da quanta etapa de operação é possível de ser analisada através das figuras 48 e 49.

3.4.2 Desenvolvimento e análise utilizando o Software LogixPro.

3.4.2.1 Descrição de desenvolvimento

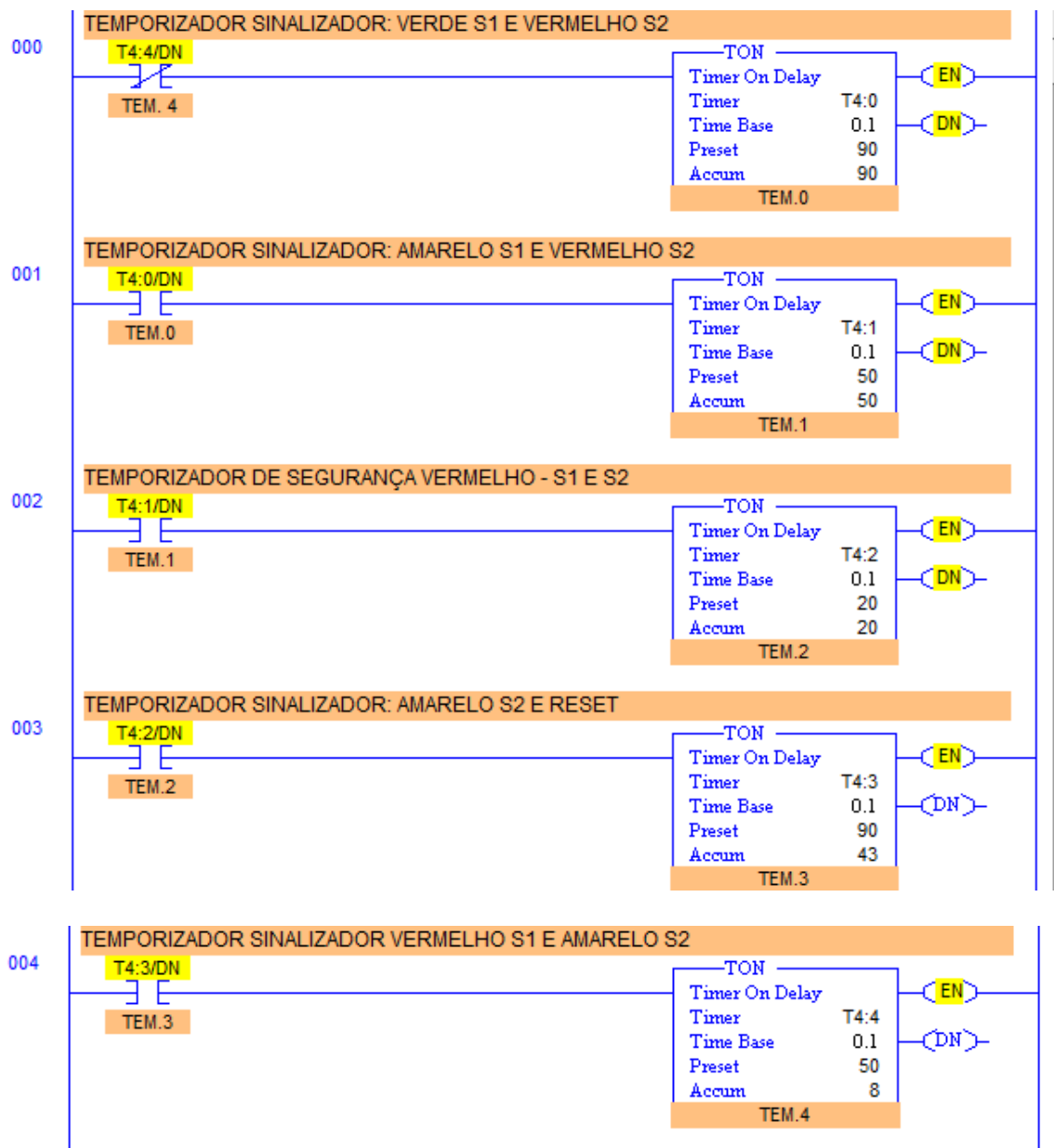
A programação desenvolvida é estruturada em função de cinco temporizadores, estes possuem dois modelos de contatos auxiliares, o primeiro modelo de contato auxiliar são referentes ao acionamento instantâneo, estes são representados pela nomenclatura /TT, o segundo modelo de contato auxiliar são especificados quanto ao acionamento retardado dos dos mesmos, estes são identificados através da nomenclatura /DN, em um primeiro momento é apresentado apenas os relés temporizadores, e posteriormente no modo operacional são apresentado a programação detalhada com uso dos contatos auxiliares, porem toda a estrutura de programação é apresentada em anexo.

Sendo assim, o primeiro temporizador – TEM.0 é programado através da linha de comando de número 000 e tem como finalidade atuar na ativação do led de cor verde no sinalizador S1 e ao mesmo tempo no led de cor vermelha no sinalizador S2. Na sequência, na linha de comando de número 001, se tem o segundo temporizador – TM.1 o qual é programado com a finalidade de atuar na ativação do led de cor amarela no sinalizador S1 e ao mesmo tempo manter o led de cor vermelha ativo no sinalizador S2.

O terceiro temporizador – TEM.2 é chamado de segurança, este tem sua estrutura de programação desenvolvida na linha de comando de número 002 e tem como objetivo atuar na mudança de ativação do led de cor amarela para o de cor vermelha no sinalizador S1 e ao mesmo tempo manter em estado ativo o led de cor vermelha no sinalizador S2. Posteriormente, na linha de comando de número 003, temos o quarto temporizador – TEM.3, este é programado para manter em estado ativo o led de cor vermelha no sinalizador S1 e proporcionar que ocorra a mudança de ativação do led de cor vermelha para o de cor verde no sinalizador S2.

E por fim, na linha de comando de número 004 temos o quinto temporizador – TEM.4, este em estado ativo possibilita que se mantenha em estado ativo o led de cor vermelha no sinalizador S1 e que ocorra a mudança de ativação no led de cor verde para o de cor amarela no sinalizador S2, e após a ocorrência do tempo programado, o mesmo tem como função também resetar todo o sistema fazendo com que o mesmo volte ao início de seu ciclo de operação.

Figura 50 - Apresentação dos temporizadores de controle de tempo dos sinalizadores.



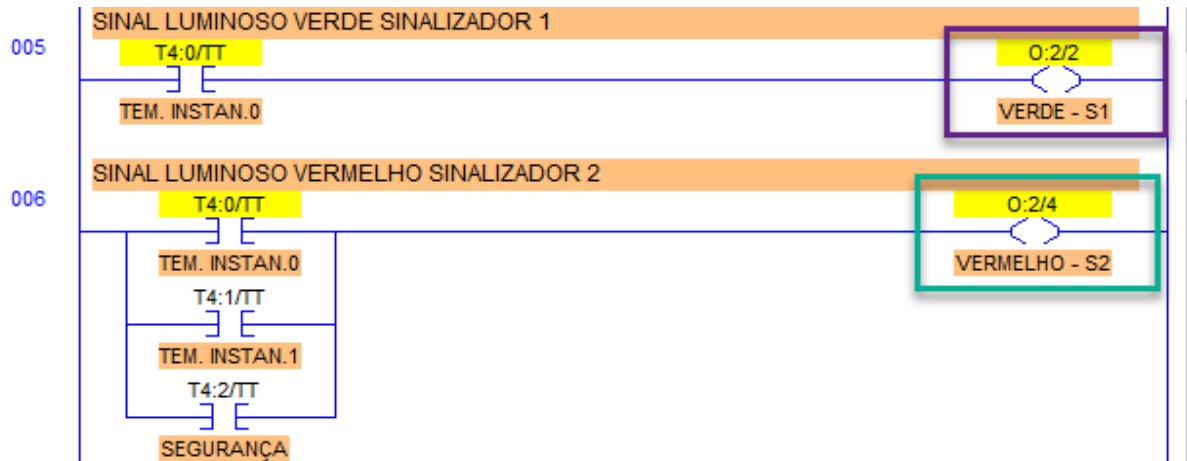
Fonte: Software LogixPro.

3.4.2.2. Descrição de operação

Inicialmente o start da programação ocorre através da linha de comando 000, essa ação ocorre em função do primeiro componente a ser acionado ser o temporizador – TEM.0, quando o mesmo encontra-se em estado ativo, imediatamente seus contatos instantâneos - T4:0/TT passam para o estado ativo, o primeiro, localizado na linha de comando 005, possibilita o acionamento da saída lógica VERDE – S1 e ao mesmo tempo outro contato de ação instantânea, localizado na linha de comando 006, habilita a saída lógica VERMELHO – S2, ou seja, quando

o temporizador – TEM.0 é ativado, os led's de cor verde e vermelha são acionados nos sinalizadores S1 e S2, respectivamente, através da figura 51 é possível comprovar tal descrição.

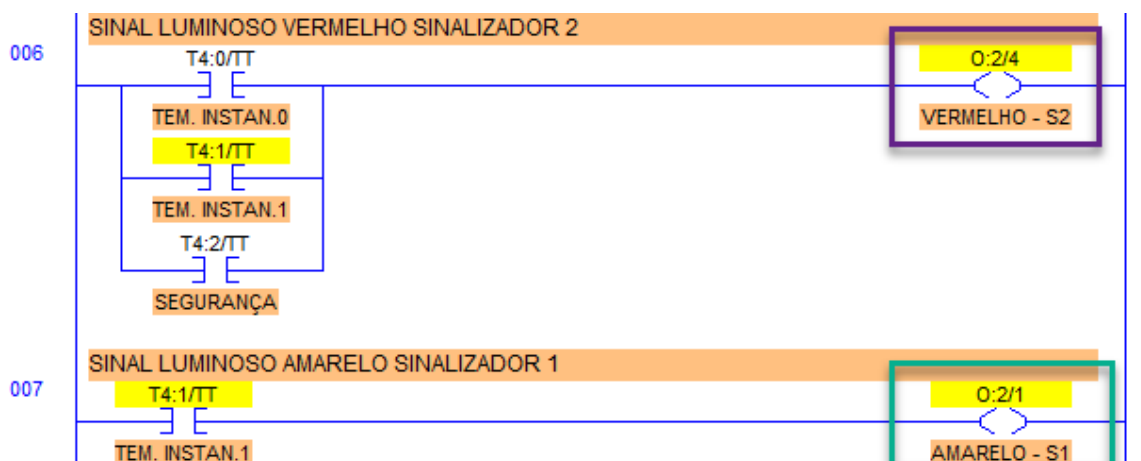
Figura 51 - Programação do temporizador TEM.0 em estado ativo.



Fonte: Software LogixPro.

Quando o tempo programado no temporizador – TEM.0 é finalizado seu contato auxiliar retardado, localizado na linha de comando 001, é acionado habilitando o funcionamento do temporizador – TEM.1, esse em estado ativo imediatamente ativa seus contatos instantâneos - T4:1/TT, sendo assim, o primeiro contato auxiliar instantâneo, localizado na linha de comando 006, possibilita manter em estado ativo a saída lógica VERMELHO – S2, enquanto que outro contato auxiliar instantâneo, localizado na linha de comando de número 007 ativa a saída lógica – AMARELO – S1. Quando o tempo programado no temporizador – TEM.1 é finalizado ocorre que seu contato auxiliar retardado, localizado na linha de comando 002, é acionado habilitando o funcionamento do temporizador – TEM.2, na figura 52 é possível visualizar esta descrição.

Figura 52 - Programação do temporizador TEM.1 em estado ativo.

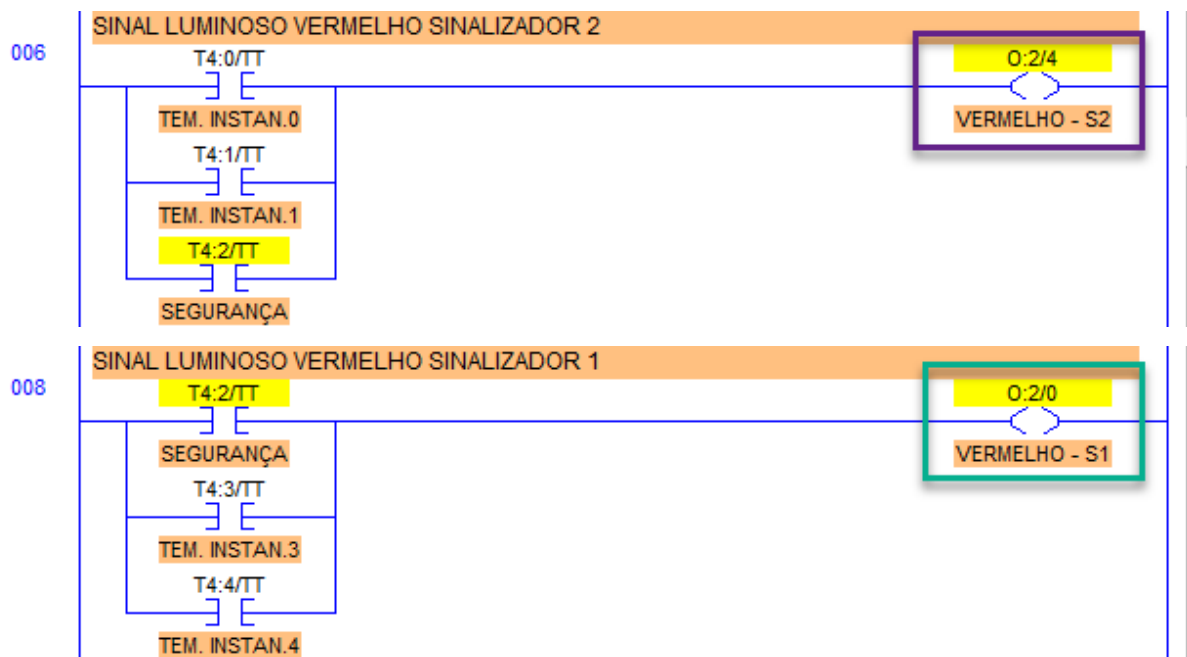


Fonte: Software LogixPro.

Na sequência, se tem o temporizador – TEM.2 o qual também é chamado de temporizador de segurança, esse é empregado na programação com o objetivo de ativar os led's de cor vermelha em ambos os sinalizadores por um curto intervalo de tempo, esta ação se faz necessária para que não ocorra o conflito entre os veículos justamente quando ocorre a mudança de estado ativo entre o led de cor amarela e o de cor vermelha no sinalizador S1.

Logo a programação do temporizador – TEM.2 é desenvolvida na linha de comando 002, quando este é habilitado em função da ativação do contato auxiliar retardado do temporizador – TEM.1, imediatamente seus contatos instantâneos - T4:2/TT passam para o estado ativo, o primeiro, localizado na linha de comando 006, possibilita o acionamento da saída lógica VERMELHA – S2 e ao mesmo tempo outro contato de ação instantânea, localizado na linha de comando 008, mantém ativo a saída lógica VERMELHA – S1, dessa forma ambos os sinalizadores ativam os sinais luminosos de cor vermelha, forçando a parada em ambos os sentido do cruzamento, através da figura 53 é possível analisar tal descrição.

Figura 53 - Programação do temporizador TEM.2 em estado ativo.

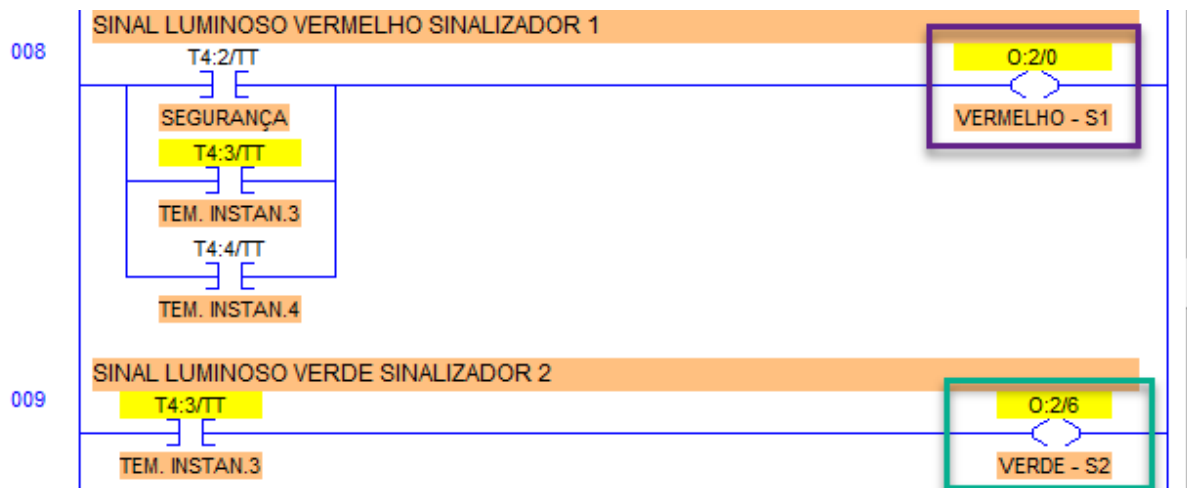


Fonte: Software LogixPro.

Posteriormente, quando o tempo programado no temporizador – TEM.2 é finalizado ocorre que seu contato auxiliar retardado, localizado na linha de comando 003, habilita o funcionamento do temporizador – TEM.4, este em estado ativo habilita seus contatos instantâneos - T4:3/TT, o primeiro, localizado na linha de comando 008, mantém acionado a saída lógica VERMELHA – S1 e ao mesmo tempo outro contato de ação instantânea, localizado

na linha de comando 009, habilita a saída lógica VERDE – S2. Após a finalizar o tempo programado neste temporizador, ocorre que seu contato auxiliar retardado, localizado na linha de comando 004, habilita o funcionamento do temporizador – TEM.4, esta descrição pode ser acompanhada através de sua programação a qual é apresentada na figura 54.

Figura 54 - Programação do temporizador TEM.3 em estado ativo.

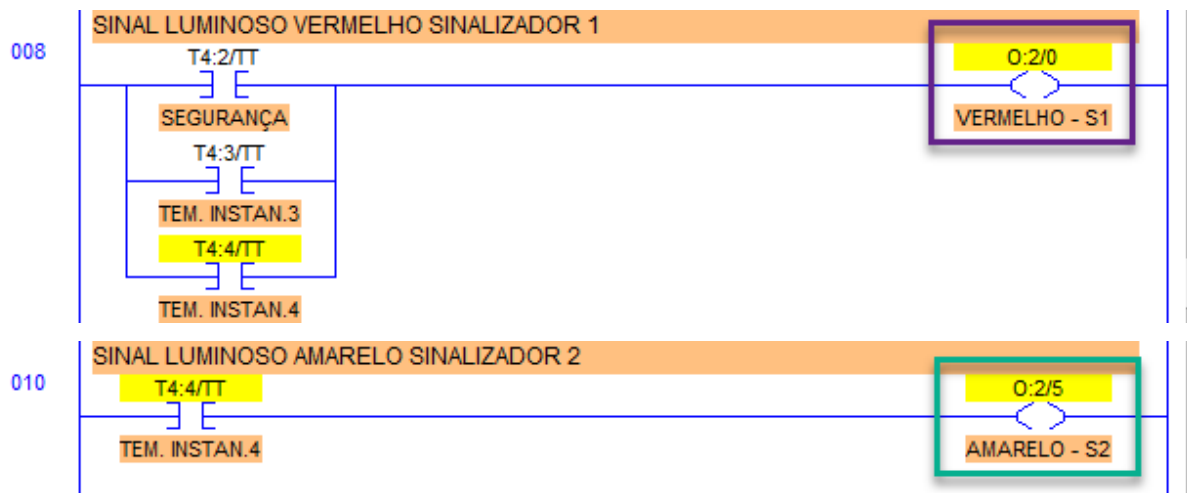


Fonte: Software LogixPro.

Finalmente, quando o temporizador – TEM.4 é ativado, de imediato seus contatos instantâneos - T4:4/TT são ativados, o primeiro, localizado na linha de comando 008, mantém ativa a saída lógica VERMELHA – S1 e ao mesmo tempo outro contato de ação instantânea, localizado na linha de comando 009, habilita a mudança de ativação entre o led de cor verde para o de cor amarela, ambos no sinalizador S2.

Após finalizado o tempo programado neste temporizador, ocorre que seu contato auxiliar retardado, localizado na linha de comando 000, em estado ativo, interrompe a energização do temporizador TEM.0, como consequência todos os temporizador são desativados, e nesse exato momento o contato retardado do temporizador-TEM.4 volta para o estado inativo, normalmente fechado, permitindo que o temporizador – TEM.0 volte a funcionar, ou seja, todo o sistema volta a operar automaticamente, através da figura 55 é possível analisar as ações referentes aos contatos auxiliares instantâneos do temporizador TEM.4.

Figura 55 - Programação do temporizador TEM.4 em estado ativo.

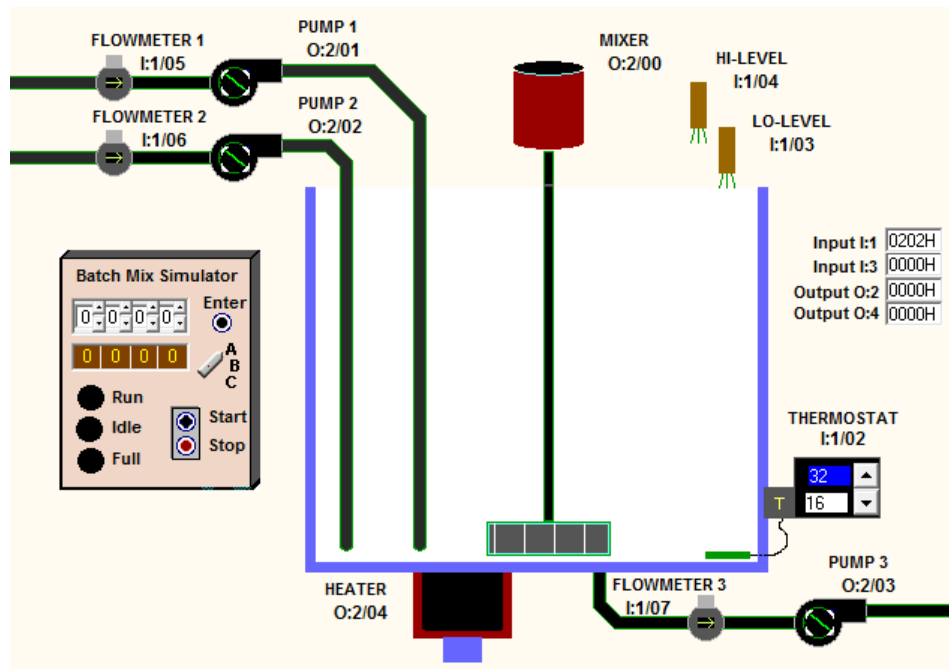


Fonte: Software LogixPro.

3.5 Automação dos processos de funcionamento de um misturador industrial

A programação a ser desenvolvido tem como finalidade o controle operacional de um misturador industrial, este tem como objetivo armazenar e preparar uma determinada quantidade de material em um reservatório industrial conforme as especificações predefinidas. Logo o sistema a ser desenvolvido é apresentado na figura 56, na mesma é apresentada uma representação gráfica do misturador industrial. As programações em suas versões finais estão disponíveis através dos apêndices I e J, sendo o apêndice I referente a linguagem de comandos elétricos, e o apêndice J referente a linguagem Ladder.

Figura 56 - Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro.



Fonte: LogixPro.

3.5.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CADe_SIMU.

3.5.1.1 Descrição de desenvolvimento

A estrutura organizacional é estruturada em sete colunas de comando, a disposição dos componentes tem início pela coluna de comando de número 0, está é constituída por um fusível e uma botoeira de emergência (STOP), na sequência, a coluna de comando de número 1 contem inicialmente uma botoeira normalmente aberta (B1) e um relé (K1), em paralelo a botoeira (B1) se tem um contato auxiliar normalmente aberto do relé (K1), este tem como finalidade atuar como contato de selo, o qual possibilitara que o sistema opere automaticamente após a primeira ação exercida pelo operador sobre a botoeira (B1).

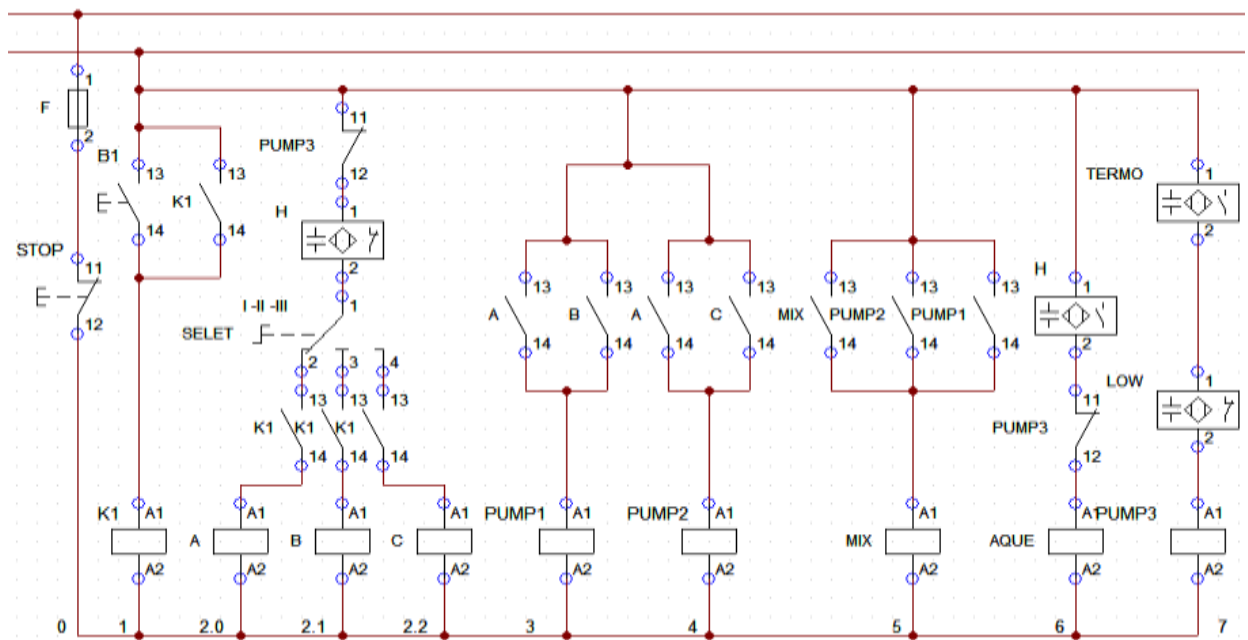
Na sequência há um conjunto de colunas de comando as quais se referem a coluna de comando de número 2, sendo a coluna principal constituída de um contato auxiliar normalmente fechado (PUMP3), contato auxiliar normalmente fechado de um sensor de nível (H) e uma seletora (SELET) de três estágio. O estágio A é constituído pela coluna de comando de número 2.0, está possui um contato auxiliar normalmente aberto do relé (K1) em série com o relé (A), o estágio B é constituído pela coluna de comando de número 2.1, está possui um contato auxiliar normalmente aberto do relé (K1) o qual está em série com o relé (B), o estágio C é constituído pela coluna de comando de número 2.2, está possui também um contato auxiliar normalmente aberto do relé (K1) o qual está em série com o relé (C).

A coluna de comando de número 3 tem sua estrutura desenvolvida inicialmente por dois contatos auxiliares em paralelo, estes são referentes aos relés A e B, na sequência ambos estão dispostos em série com o relé (PUPM1). A coluna de comando de número 4 também é constituída de maneira semelhante a coluna de comando 3, a mesma possui dois contatos auxiliares em paralelo, estes são referentes aos relés A e C, ambos estão dispostos em série com o relé (PUPM2).

A coluna de comando de número 5 tem sua estrutura constituída inicialmente por três contatos auxiliares dispostos em paralelo, estes são referentes aos relés PUMP1, PUMP2 e MIX respectivamente, na sequência ambos estão dispostos em série com o relé (MIX).

A estrutura da coluna de comando de número 6 é constituída por dois contatos auxiliares dispostos em paralelo, estes são referentes ao sensor de nível (H) e ao contato auxiliar do relé (AQUE), ambos estão dispostos em série com o contato auxiliar normalmente fechado do relé (PUPM3) e todo este conjunto está em série com o relé (AQUE). Finalmente, a coluna de comando de número 7, está desenvolvida inicialmente por dois contatos auxiliares dispostos em série, estes são referentes ao termostato (TERMO) e ao sensor de nível (LOW), e para finalizar ambos estão dispostos em série com o relé (PUMP3). Todas a descrição de organização estrutural é apresentada na figura seguinte.

Figura 57 - Comando elétrico completo desenvolvido no CADe_SIMU.

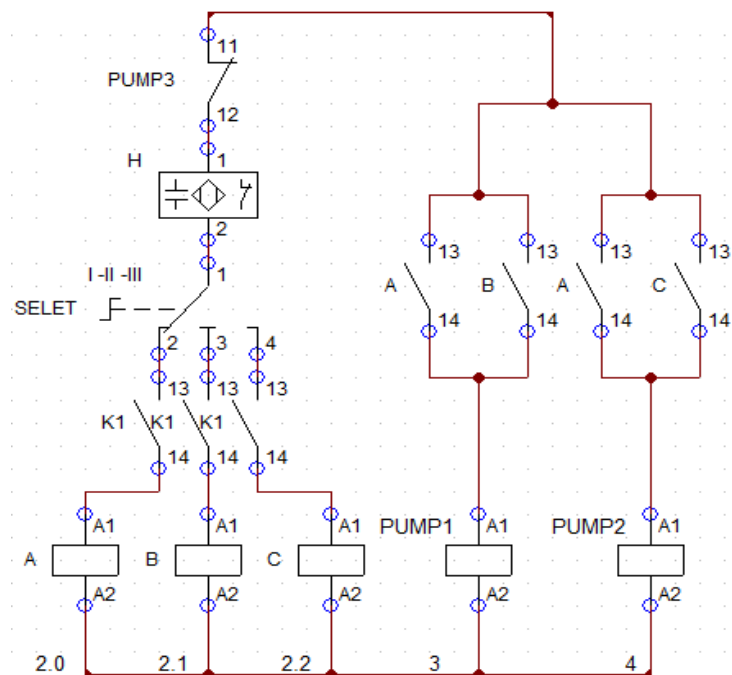


Fonte: Software CADe_SIMU.

3.5.1.2 Descrição de operação

O funcionamento da programação ocorre inicialmente quando o operado do sistema faz a seleção inicial do método de operação do sistema, esta escolha é feita através da chave seletora de três estágios, a mesma é apresentada na coluna de comando de número 2, onde há a opção de o sistema operar com as PUMP1 e PUMP2 simultaneamente ou apenas com umas das mesmas, tal escolha é apresentada na programação a qual é apresentada na figura seguinte.

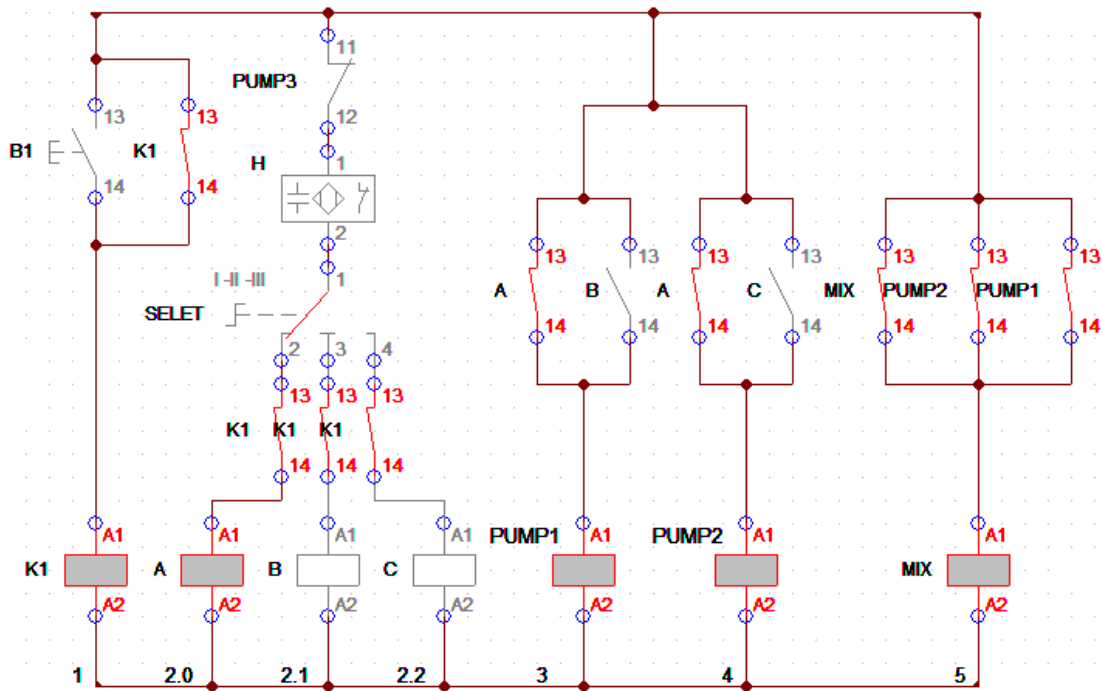
Figura 58 - Comando da chave seletora e controle de operação das PUMP'S.



Fonte: Software CADe_SIMU.

Após a escolha do modo de operação o seguinte passo é dar início efetivo a operação o sistema através do comando Start no painel do operado, esta ação corre quando o operador atua sobre a botoeira de pulso (B1), após ocorrer esta ação o relé (K1) é energizado, como consequência seus contatos auxiliares são acionados, o contato auxiliar normalmente aberto localizado na coluna de comando 1 atuará como um contato de selo mantendo essa linha de comando ativa após a ação Star exercida sobre a botoeira de pulso (B1), os demais contatos auxiliares normalmente abertos do relé (K1) localizados na linha de comando 2 permanecerão ativos possibilitando que as próximas etapas de operação do sistema ocorram normalmente, esta descrição é apresentada na figura 59.

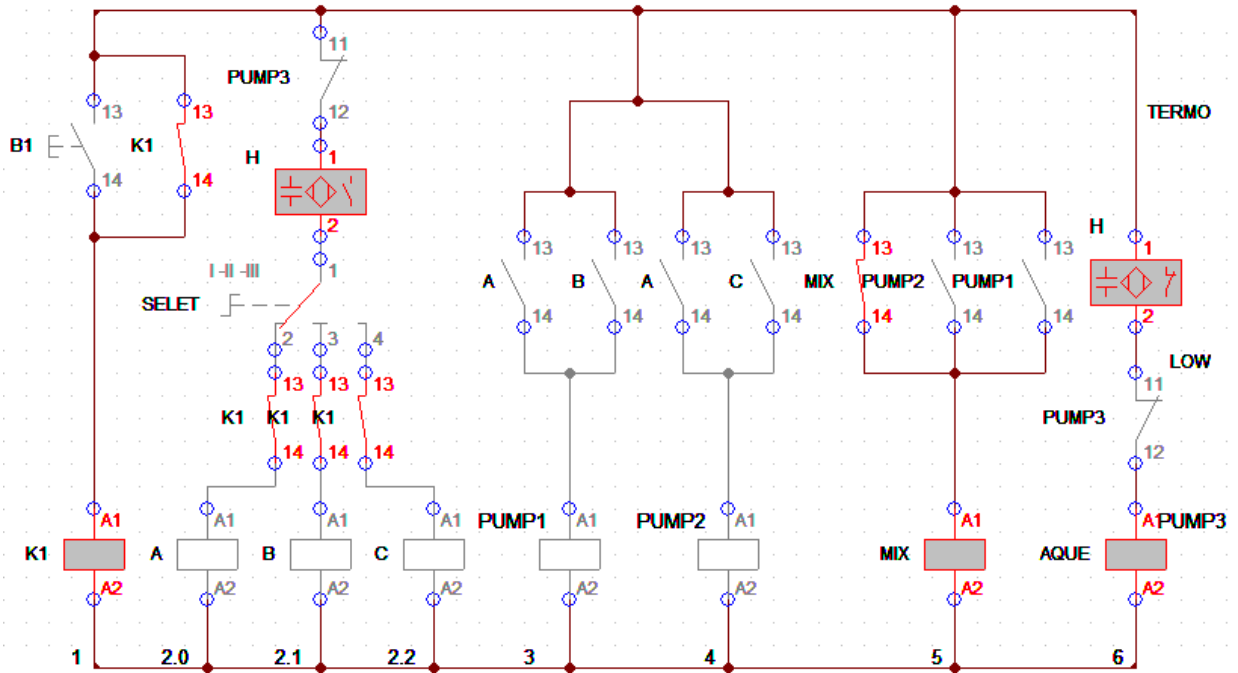
Figura 60 - Sequência de eventos após o acionamento das PUMP'S 1 e 2.



Fonte: Software CADe_SIMU.

Na sequência, quando o sensor de nível (H) detecta que o recipiente o qual contém o material de trabalho está completamente cheio o mesmo passa para o estado ativo, assim como seus contatos auxiliares, em estado ativo o contato auxiliar normalmente fechado do sensor (H) localizado na coluna de comando de número 2 interrompe o fluxo de energia que alimenta o relé (A), ou seja, as bombas de abastecimento PUPM1 e PUMP2 são desativadas em função dos relés (PUPM1) e (PUPM2) não estarem mais energizados, ao mesmo tempo o outro contato auxiliar normalmente aberto do sensor (H), localizado na coluna de comando de número 6, em estado ativo permite que o aquecedor seja acionado através da energização do relé (AQUE), essas sequência de eventos é possível de se observa através da figura 61.

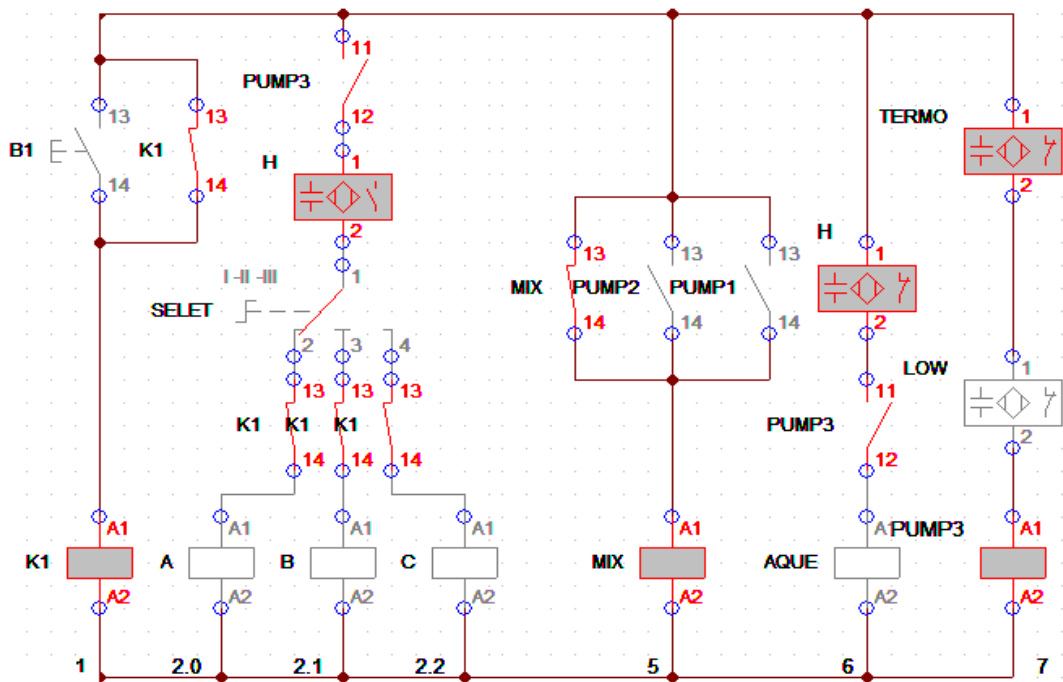
Figura 61 - Sequência de eventos após o acionamento do sensor de nível (H).



Fonte: Software CADe_SIMU.

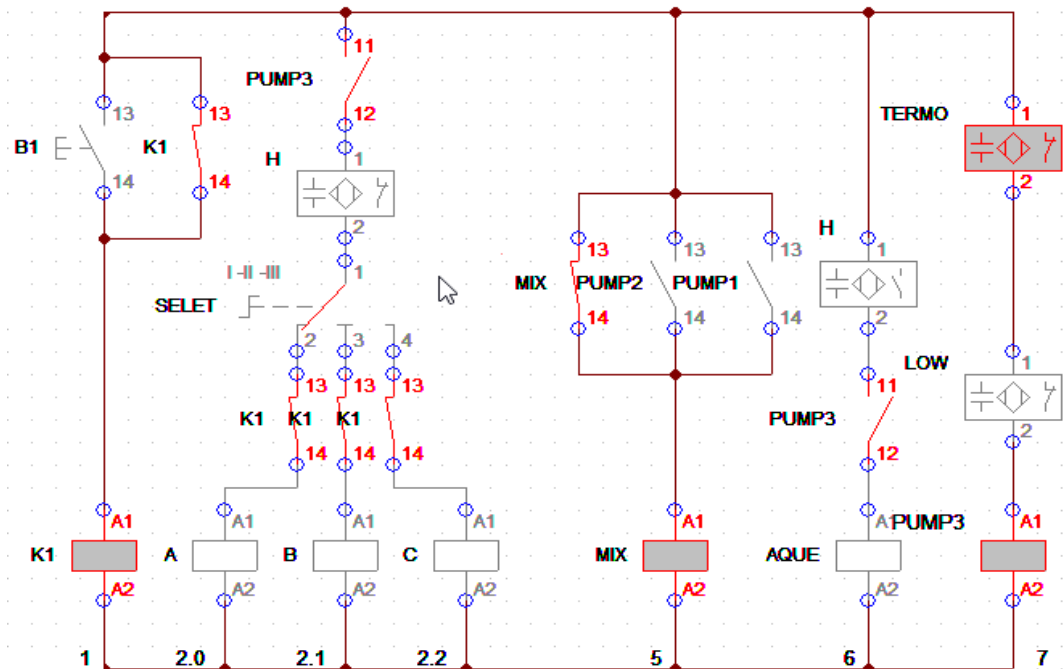
Quando o matéria de trabalho que está no recipiente atinge uma determinada temperatura o termopar, o qual é responsável por controlar a temperatura interna do recipiente, é ativado, assim como seu contato auxiliar normalmente aberto, localizado na coluna de comando de número 6, como consequência a bomba de esvaziamento PUPM3 entra em modo de operação através da energização do relé (PUMP3), ao mesmo tempo seus contatos auxiliares normalmente fechados passam para o estado ativo, o contato auxiliar localizado na coluna de comando de número 5 se abre interrompendo o fluxo de energia que mantem o relé (AQUE) acionado, ou seja, o sistema de aquecimento é desligado, o outro contato auxiliar localizado na coluna de comando de número 2 em estado ativo não permite que as bombas de abastecimento voltem a operar conforme o nível de material no recipiente vai diminuindo, pois é normal que em um certo momento o senso de nível (H) não detecte mais que o recipiente esteja completamente cheio e com isso seus contatos auxiliares voltam ao estado normal de operação, tais ações são possíveis de se observa através da figura 62 e 63.

Figura 62 - Momento quando no qual o termopar comuta para o estado ativo.



Fonte: Software CADe_SIMU.

Figura 63 - Momento exato quando o sensor de nível (H) volta para o estado inativo.



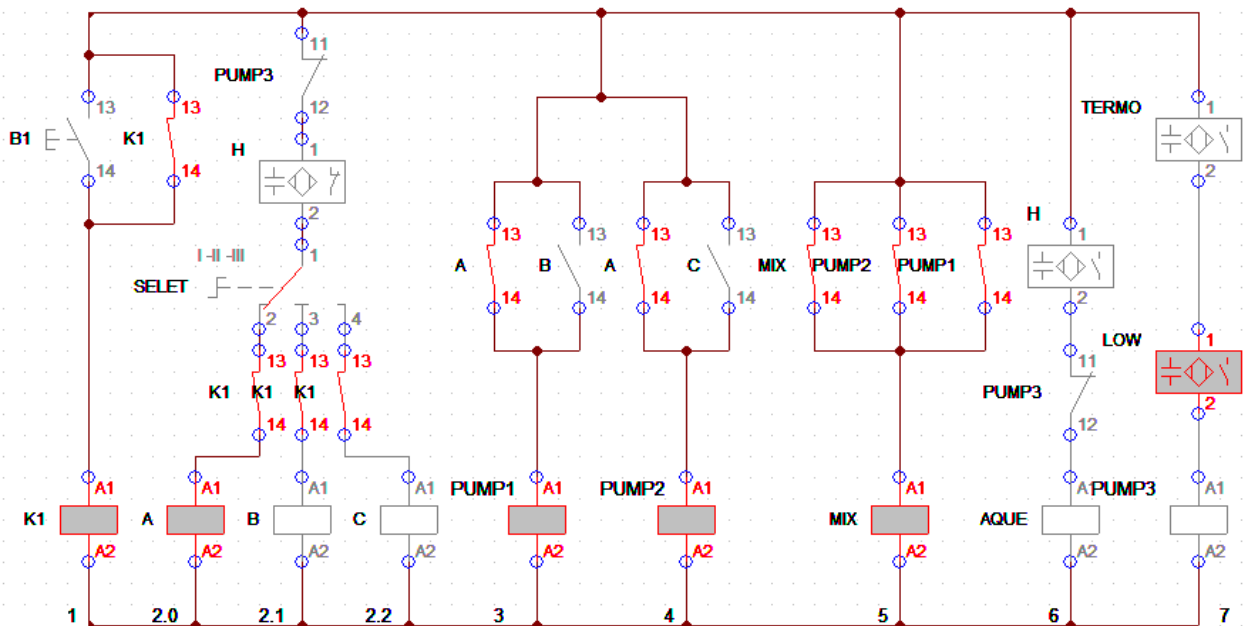
Fonte: Software CADe_SIMU

Para finalizar, conforme o recipiente vai vazando chega um certo ponto em que o sensor de baixo nível (LOW) passa para o estado ativo, assim como seu contato auxiliar normalmente fechado localizado na coluna de comando de número 7, nesse exato momento a

bomba de esvaziamento PUMP3 é desligada em função do relé (PUMP3) ser desativado, o mesmo ocorre com seus contatos auxiliares, na coluna de comando de número 2 o contato auxiliar ativo do relé (PUMP3) volta ao estado normalmente fechado, na coluna de comando de número 6 o outro contato auxiliar do relé (PUMP3) volta ao seu estado normalmente fecho, como consequência dessas ações ocorre novamente a energização do relé (A) na coluna de comando 2, ou seja, os relés (PUMP1) e (PUMP2) voltam ao estado ativo assim como as bombas de abastecimento, e na coluna de comando de número 6 o sistema de aquecimento volta a está apto a ser ativado novamente conforme a atuação do sensor (H).

Conforme as bombas de abastecimento vão abastecendo o recipiente com o novo material a ser trabalhado, duas ações ocorrem quase que simultaneamente, a primeira ação se refere ao termostato, conforme a nova quantidade de material entra no recipiente a temperatura do mesmo diminui consideravelmente e o com isso o termopar volta ao seu estado de repouso assim como seu contato auxiliar na coluna de comando de número 7, a segunda ação se refere ao sensor de nível (LOW), conforme o material vai enchendo o recipiente o sensor de nível (LOW) não identificará que o recipiente encontrasse vazio, logo o seu contato auxiliar, na coluna de comando de número 7, retorna ao seu estado normalmente fechado tonando está coluna de comando apta a voltar ao estado ativo forme a ação do termostato, esta descrição é possíveis de ser observada na figura 64 e 65.

Figura 64 - Momento exato em que o sensor do termopar volta para o estado inativo.



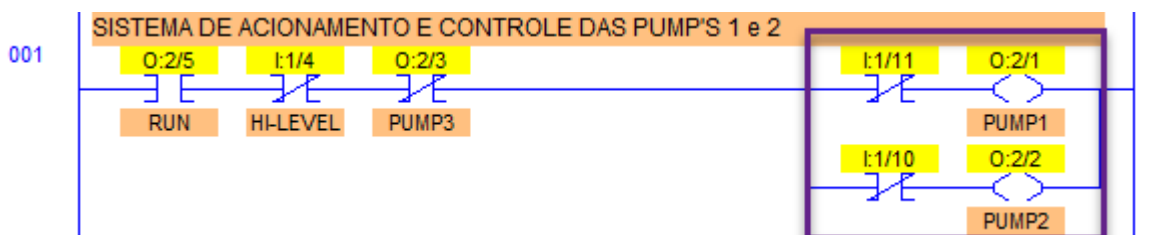
instrumentos de detecção de baixo nível baixo são acionados, como consequência, o sistema de esvaziamento é desabilitado e ao mesmo tempo as bombas de abastecimento - PUMP'S 1 e 2 são acionadas, ou seja, todo o ciclo de operação volta a ocorrer de forma automática.

3.5.2.2 Descrição de operação

O sistema tem início de operação ainda no painel do operador quando o mesmo seleciona o modo de operação desejado, o sistema possui uma chave seletora de três estágios, A, B e C, o estágio A quando selecionado habilita o funcionamento das duas bombas simultaneamente, o estágio B, apenas da bomba – PUMP 1, e o estágio C apenas a bomba – PUMP 2.

A seleção do modo de operação tem sua programação desenvolvida através da linha de comando 001, quando o estágio A é selecionado nenhuma alteração ocorre na programação, em contra partida, quando o estágio B é selecionado ocorre um influência direta no contato fechado – ESTAGIO.B, o qual está conectado em série com a saída lógica PUMP1, ou seja, selecionado o estágio B o contato fechado ESTAGIO.C se abre inviabilizando o funcionamento da bomba PUMP2, o mesmo ocorre quando o estágio C é selecionado, o contato fechado ESTAGIO.B conectado em série com a saída lógica PUMP1 é aberto inviabilizando o funcionamento da mesma, esta descrição é apresentada na figura 66.

Figura 66 - Programação completa da chave seletora.



Fonte: Software LogixPro.

Em função do objetivo de tornar o sistema automatizado, a linha de comando 000 é programada para manter a continuidade do sistema e quando necessário possibilitar a interrupção do mesmo. O sistema tem início de operação efetivo quando o operador exerce ação sobre a botoeira START, quanto esta ação ocorre a saída lógica - RUN é energizada, imediatamente seu contato auxiliar, localizado na linha de comando 000, comuta para o estado ativo passando a atuar como um contato de selo, ou seja, a partir do momento que a ação START não é mais exercida pelo operador o sistema se mantém ativo através do contato de selo.

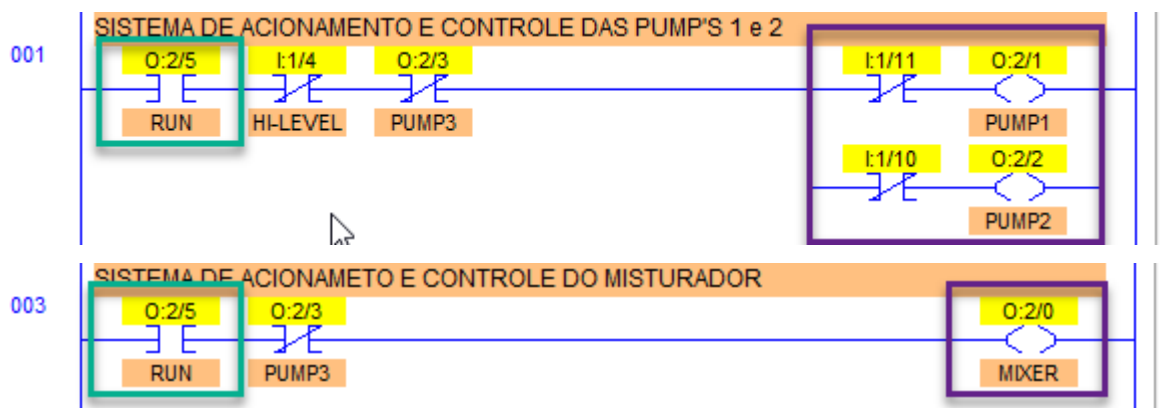
Figura 67 - Sistema RUN em estado ativo.



Fonte: Software LogixPro.

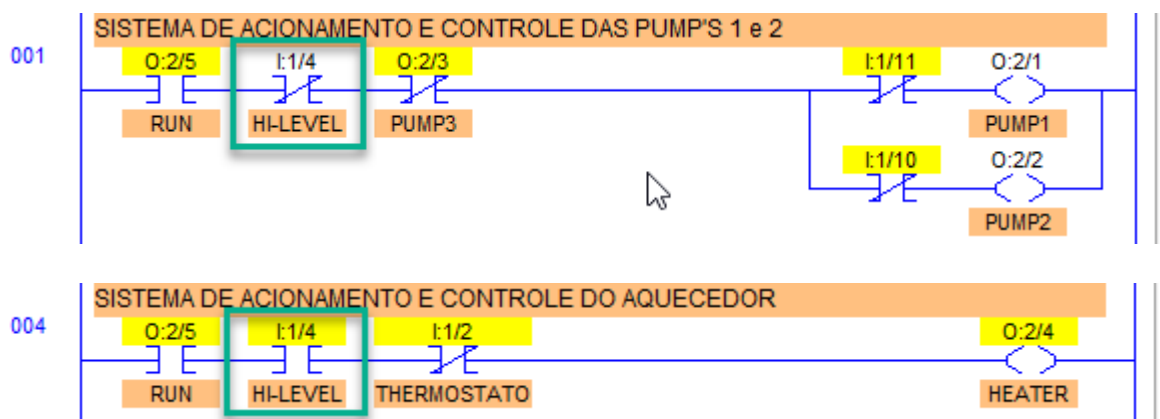
A partir do momento em que o sistema RUN está em estado ativo imediatamente as bombas PUMP'S 1 e 2 e misturador são habilitados, posteriormente quando o sensor de nível detecta que o recipiente está cheio os seus contatos auxiliares atuam no desligamento das bombas PUMP'S 1 e 2 e ao mesmo tempo habilitam o funcionamento do sistema de aquecimento, a programação que detalha esta descrição é possível ser analisada através das figuras 68 e 69.

Figura 68 - Sistemas PUMP'S 1 e 2 e misturador em estado ativo.



Fonte: Software LogixPro.

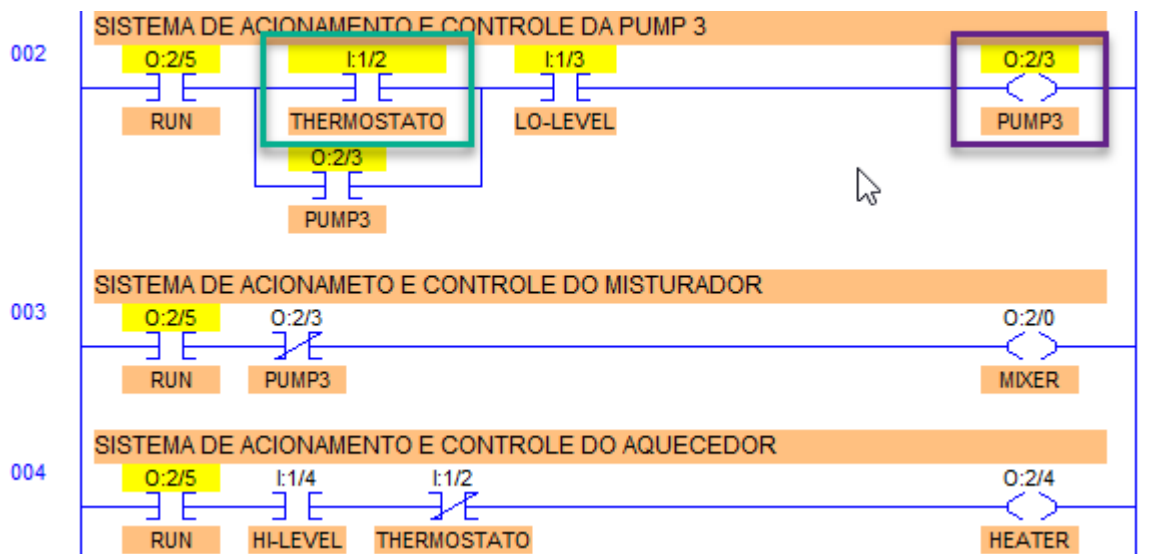
Figura 69 - Ativação do sistema de aquecimento após a detecção de nível alto.



Fonte: Software LogixPro.

Posteriormente quando o sistema de controle de temperatura detecta através dos instrumentos de medição que o nível de temperatura programado foi atingido, é habilitado a ativação da saída lógica - PUMP3, imediatamente os contatos auxiliares desta saída lógica também são ativados, como consequência, estes atuam na interrupção dos sistemas de abastecimento, homogeneização, e ao mesmo tempo mantem habilitado o sistema de esvaziamento, tais descrições são possíveis de serem analisadas através da figura 70.

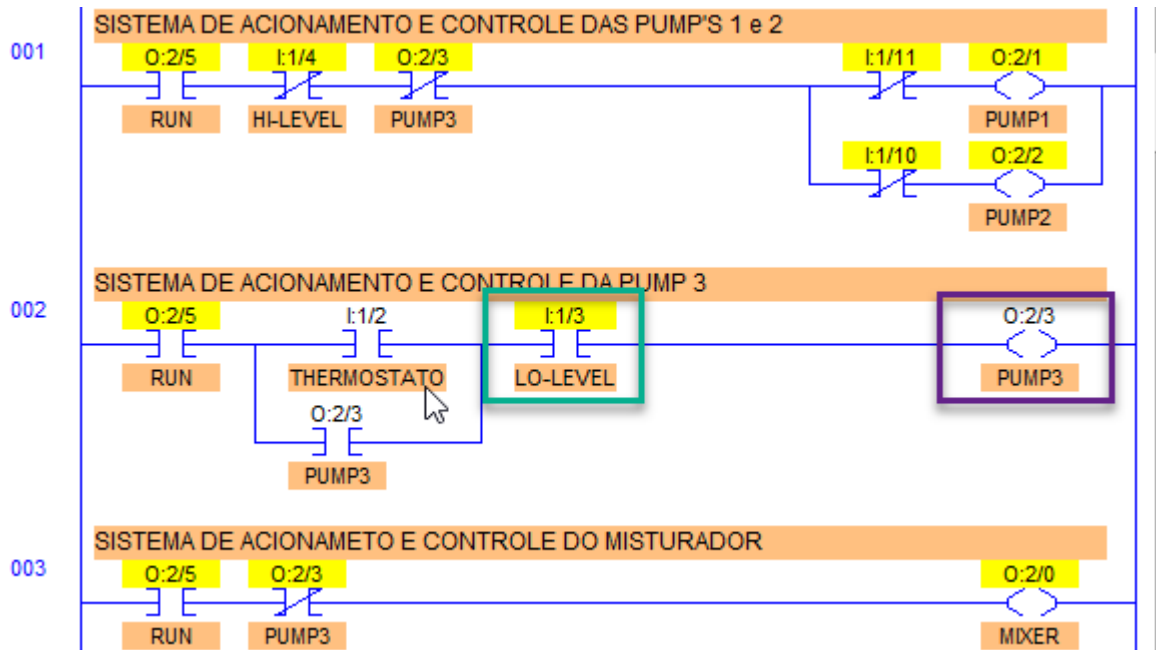
Figura 70 - Atuação do Termostato da bomba de esvaziamento - PUPM3 no sistema.



Fonte: Software LogixPro.

Na sequência quando o sistema se encontra praticamente vazio o sensor de baixo nível através de seu contato lógico, localizado na linha de comando 002, atua no desligamento da saída lógica - PUMP3, quando esta saída é desenergizada a mesma não impede mais com que as bombas de abastecimento e o sistema de homogeneização voltem a operar normalmente, em resumo, o todo o sistema volta a operar de forma automática, essas ações são possíveis de se observar na figura seguinte.

Figura 71 - Atuação do sensor de baixo nível e o loop do sistema.



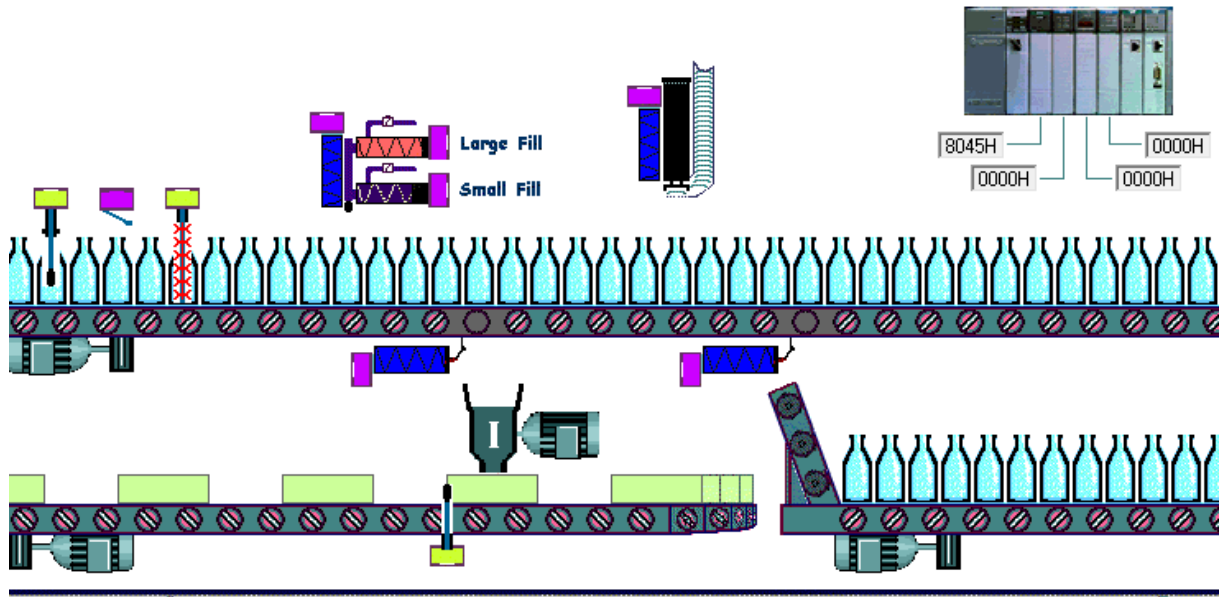
Fonte: Software LogixPro.

3.6 Automação dos processos de funcionamento de uma linha de garrafas

As programações a serem desenvolvidas têm como finalidade automatizar o sistema de linha de garrafas, as programações são desenvolvidas em duas linguagens de programação, a linguagem de comandos elétricos e Ladder, as quais tendem a atender as seguintes finalidades, identificar o tamanho das garrafas, o estado das mesmas, preenche-las com o produto com o qual se trabalha, separar as garrafas danificadas e processá-las adequadamente, e separar as úteis conforme o tamanho. O sistema a ser desenvolvido é apresentado na figura 72, na mesma é apresentada uma representação gráfica do estudo de caso a ser trabalhado.

As programações em suas versões finais estão disponíveis através dos apêndices K e L, sendo o apêndice K referente a linguagem de comandos elétricos, e o apêndice L referente a linguagem Ladder.

Figura 72 - Estudo de caso a ser desenvolvido nos softwares e CADe_SIMU e LogixPro.



Fonte: Software LogixPro.

3.6.1 Desenvolvimento e análise utilizando o Software CADe_SIMU.

3.6.1.1 Descrição de desenvolvimento

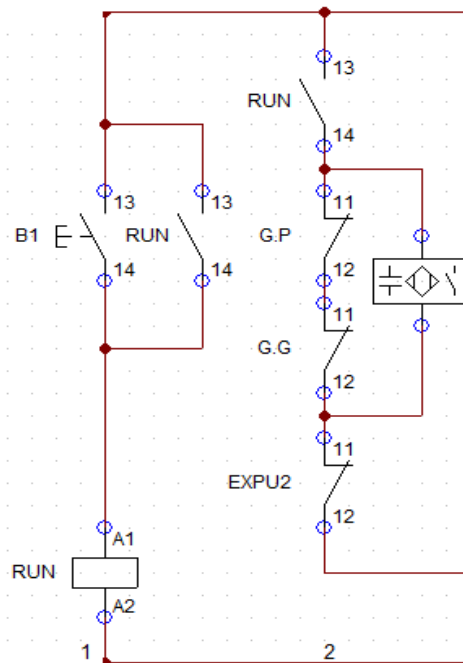
Este projeto é desenvolvido através da linguagem de comandos elétricos, o mesmo é estruturado em três sistemas de potência os quais envolvem um total de seis atividades. O primeiro sistema de potência envolve as seguintes atividades, sistema de pulso, detecção, enchimento e vedação, estas são as que envolvem a esteira primária. O segundo sistema de potência envolve todo o processo de tratamento das garrafas danificadas, o terceiro sistema é referente ao processo de separação de garrafas por tamanho, no entanto, todos os sistemas são interligados e dependentes.

Apresentado o desenvolvimento e funcionamento do projeto o mesmo pode ser apresentado inicialmente através do sistema de pulso, o qual tem como objetivo proporcionar que a esteira primária seja acionada e desacionada conforme o tempo de pulso programado, este sistema é necessário em função de ser trabalhada apenas uma garrafa por vez. O desenvolvimento deste sistema tem início através da programação RUN, está em estado ativo permite que todo o sistema seja controlado automaticamente através dos equipamentos de instrumentação.

A programação que constitui o sistema RUN é elaborada basicamente por uma botoeira de pulso normalmente aberta – B1, em paralelo com a mesma se tem um contato auxiliar normalmente aberto do relé - RUN o qual é conhecido como contato de selo, e na

sequência se tem o relé - RUN, logo, sempre que o sistema RUN for acionado o mesmo permitirá que todas as demais etapas possam ser habilitadas, a estrutura de programação do sistema RUN descrita é apresentada na figura 73.

Figura 73 - Programação do sistema RUN.



Fonte: CADe_SIMU

Posteriormente se tem a coluna de comando de número 2, esta tem como finalidade o acionamento da esteira primária e ao mesmo tempo o sistema de pulso, este último permite que a esteira principal opere em intervalos de tempos específicos. A programação que constitui a coluna de comando de número 2 é formada por nove contatos auxiliares, um sensor, um relé e um temporizador, cada um destes são componente que possuem uma finalidade específica, sendo que deste conjunto o contato auxiliar - RUN e o sensor - HIGHT são componentes que atuam no acionamento/reacionamento, enquanto que os demais contatos auxiliares atuam no sistema de desacionamento da esteira primária.

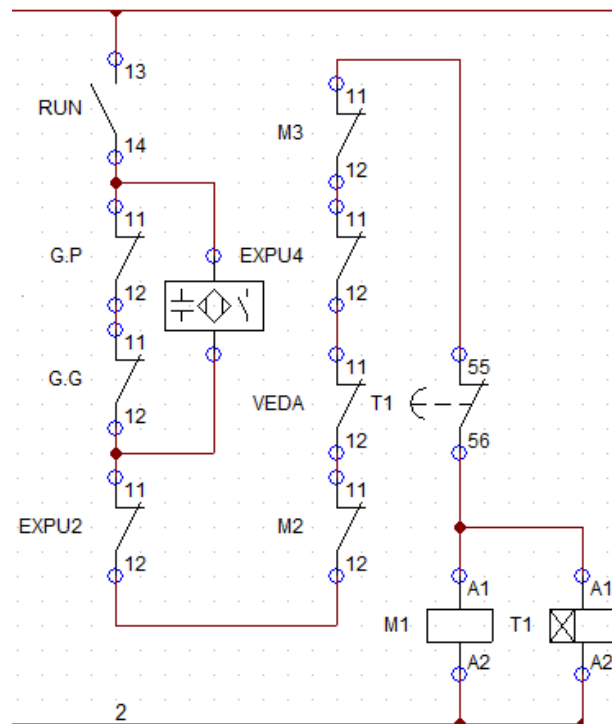
Apresentando primeiramente os componentes que atuam no desacionamento da esteira primária, temos os seguintes contatos auxiliares, garrafa pequena - G.P e garrafa grande - G.G, estes são referentes aos relés que constituem o sistema de detecção de tamanho de garrafas, EXPU2 este constitui o sistema de remoção de garrafas danificadas, M2 faz parte do sistema de acionamento do motor da esteira de garrafas danificadas.

Ainda detalhando os componentes que atuam no desacionamento da esteira primária, temos o contato auxiliar VEDA o qual é referente ao relé que constitui o sistema de vedação de

garrafas, EXPUL4, este é referente ao sistema que possibilita a transição das garrafas grandes da esteira primária para a esteira terciária, M3 é referente ao sistema de acionamento do motor da esteira terciária e por fim, o contato auxiliar do temporizador T1 o qual pertence ao relé temporizador T1, este temporizador é responsável por criar os pulsos de acionamento da esteira primária.

Os componentes que atuam no acionamento/reacionamento da esteira primária são basicamente os seguintes componentes, contato auxiliar do relé – RUN e o sensor HIGHT, ou seja, o contato auxiliar RUN é uma condição inicial para que a esteira primária seja acionada e ao mesmo tempo possibilite que o sistema volte a operar sempre que o sensor HIGHT estiver em estado ativo, toda esta programação é possível de ser observada na figura 74.

Figura 74 – Sistema de acionamento e desacionamento da esteira primária.

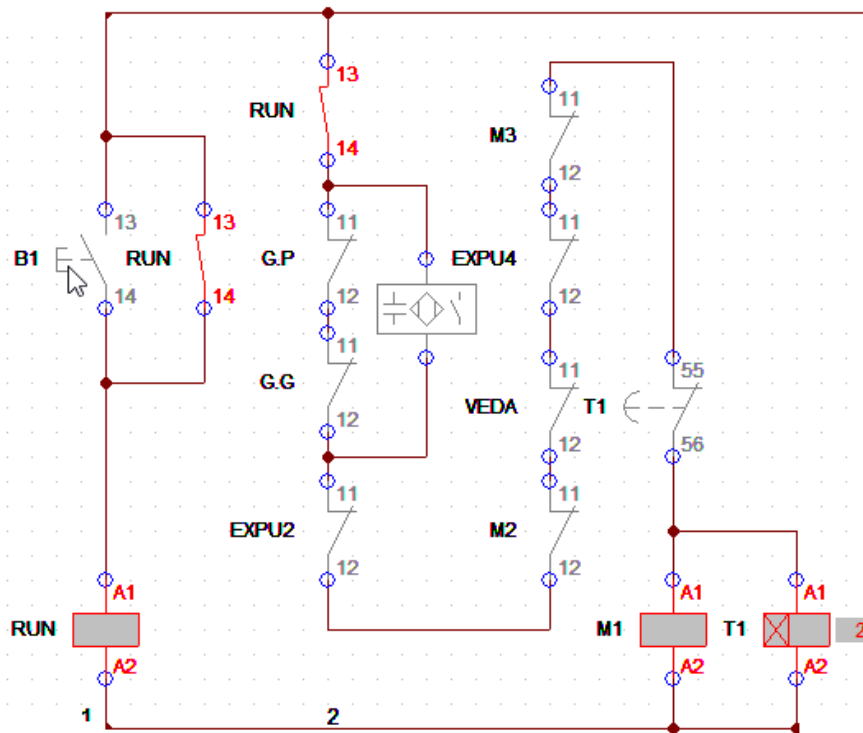


Fonte: CADe_SIMU

Sendo assim, os pulsos aplicados ao funcionamento da esteira primária são gerados em função da ação do temporizador T1, sempre que o relé RUN estiver em estado ativo e, não houver nenhuma condição de desacionamento habilitada, os relés M1 e T1 serão energizados, de imediato o motor M1 será acionado e após a ocorrência do tempo programado o contato auxiliar normalmente fechado do temporizador T1, localizado na coluna de comando de número 2, atuará, como resultado os relés M1 e T1 serão desenergizados, logo, o contato auxiliar do temporizador T1 voltará ao seu estado normalmente fechado e consequentemente ambos os

relés voltarão a ser energizados em virtude do modo RUN continuar em estado ativo, sendo assim, todo o processo voltará a ocorrer novamente, na figura seguinte é possível observar o sistema de pulso em estado energizado.

Figura 75 – Acionamento da esteira primária e do sistema de pulsos.



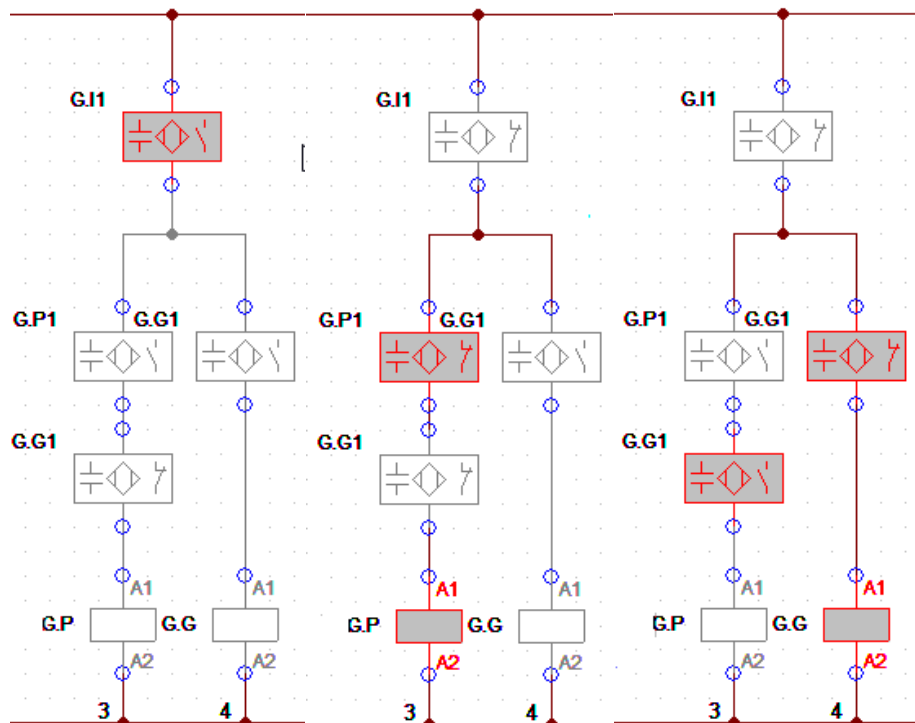
Fonte: CADe_SIMU

Na sequência de eventos da linha de trabalho temos as seguintes etapas, identificação e preenchimento, etapas possuem programações distintas, porém, dependes. A programação do sistema de identificação é elaborada através das colunas de comando de número 3 e 4, a estrutura do processo de identificação de garrafas é formada inicialmente por um contato normalmente fechado do sensor G.I1, este tem como função atuar na identificando as garrafas danificadas, ou seja, quando uma garrafa danificada for identificada o sistema de identificação de garrafas grandes ou pequenas não será habilitado a operar.

A programação que permite identificar as garrafas pequenas é desenvolvida na coluna de comando de número 3, está é constituída inicialmente por um contato normalmente aberto do sensor de identificação de garrafas pequenas G.P1, em série como o mesmo há um contato normalmente fechado do sensor de identificação de garrafas grandes G.G1, logo, sempre que não houver uma garrafa danificada ou grande o sistema de identificação de garrafas pequenas será habilitado.

Na coluna de comando de número 4 se tem a programação que permite a identificação das garrafas grandes, esta coluna de comando é formada inicialmente por um único contato normalmente aberto do sensor G.G1 o qual passará para o estado ativo quando houver uma garrafa grande sobe sua supervisão, quando esta ação ocorrer o relé G.G será habilitado, e ao mesmo tempo o outro contato normalmente fechado do sensor G.G1, localizado na coluna de comando de número 3, também em estado ativo desabilitará o sistema de identificação de garrafas pequenas, toda a descrição apresentada acima é possível de ser observada através da figura 76.

Figura 76 - Sistema de detecção ativo nos casos de garrafa danificada, pequena e grande.



Fonte: CADe_SIMU

A próxima etapa é referente ao processo de preenchimento, a programação que representa essa etapa e desenvolvida nas colunas de número 5, 6 e 7, na coluna de comando de número 6 se tem a programação que permite o acionamento do embolo o qual é chamado de expulsador, é através deste componente que o líquido com o qual se é trabalho é depositado nas garrafas, a programação que permite o acionamento do mesmo é desenvolvida através de uma configuração em paralelo de alguns componentes, sendo assim, é desenvolvida para os casos de garrafas grandes e outro para os casos de identificação de garrafas pequenas, porem, ambas as configurações permitem o acionamento do mesmo relé.

A configuração desenvolvida para atuar com a presença de garrafas pequenas é formada inicialmente por um contato normalmente fechado do sensor de nível – H.P, um contato auxiliar do relé G.P e o relé - EXPUL1, para os casos onde se tem a presença das garrafas grandes o processo é o mesmo, porém ocorre apenas alterações nas configurações, sendo assim em paralelo com a configuração desenvolvida para a presença das garrafas grandes se tem inicialmente um contato normalmente fechado do sensor de nível – H.G, um contato auxiliar do relé G.G e o relé - EXPUL1. Quando o relé – EXPUL1 encontrasse em estado ativo, o mesmo habilita seu contato auxiliar normalmente aberto o qual é localizado entre as colunas de comando de número 6 e 7.

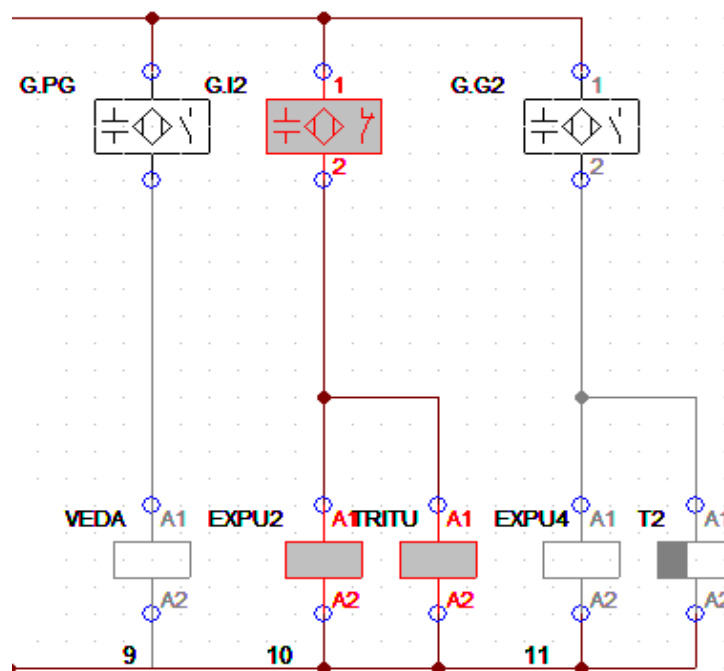
Na coluna de comando de número 6 se tem a programação que permite o preenchimento apenas das garrafas pequenas, enquanto que a coluna de comando de número 7 se tem a programação que permite o preenchimento apenas das garrafas grandes.

Em resumo, o sistema de preenchimento ocorre em função de uma série de eventos, ou seja, quando é detectado a presença de uma garrafa pequena o relé – G.P é habilitado e este permite o acionamento do relé – EXPUL1 o qual em estado ativo possibilita o acionamento do relé – REF.P, o mesmo processo ocorre quando uma garrafa grande está presente no sistema de preenchimento, o relé – G.G é habilitado e este permite o acionamento do relé – EXPUL1, este em estado ativo permite o acionamento do relé – REF.G, toda esta programação é possível de ser analisada em estado ativo através das figuras seguintes.

O sistema secundário de potência possui uma programação a qual é desenvolvida inicialmente por um contato auxiliar normalmente aberto do sensor de nível – S.NIV, em paralelo com o mesmo se tem os seguintes componentes, contato auxiliar normalmente aberto do relé - M2 e um contato auxiliar normalmente fechado do sensor – S.PRE, quando o recipiente com garrafas trituras estiver cheio o sensor de nível - S.NIV passar para o estado ativo, quando está ação ocorrer o relé – M2 também passará para o estado ativo, assim como o seu contato auxiliar em série como o sensor - S.PRE, a combinação em série do contato auxiliar do relé – M2 com o sensor S.PRE formam um contato de selo.

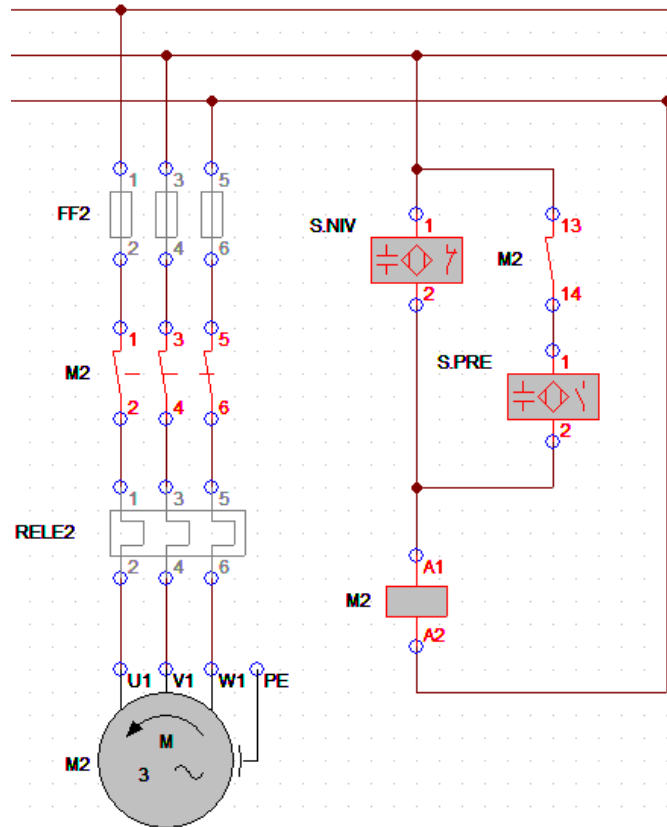
No entanto quando porém está função não é habilitada no exato momento em que o relé – M2 é energizado, pois sempre que um recipiente estiver sobre a supervisão do sensor S.PRE o mesmo estará em estado ativo, no entanto, no exato momento em que o relé – M2 é acionado a esteira transportadora secundária passará a operar, logo, quando a caixa com recipientes triturado não estiver mais sobre a supervisão do sensor – S.PRE o seu contato auxiliar voltará para o estado inativo, quando está ação ocorrer o contato de selo formado pelo contato auxiliar do relé – M2 e pelo contato auxiliar do sensor S.PRE passará a ser habilitado o que permitirá manter a esteira transportadores em operação até que uma nova caixa vazia esteja sobre a supervisão do sensor S.PRE, sendo assim o sistema de tratamento de garrafas danificadas voltará a operar quando o sensor S.NIV passar para o estado ativo, toda esta descrição é possível de se observar em estado ativo através das figuras 80 e 81.

Figura 80 - Programação do sistema de separação de garrafas danificadas.



Fonte: CADe_SIMU

Figura 81 – Sistema de acionamento da esteira secundária em estado ativo.



Fonte: CADe_SIMU

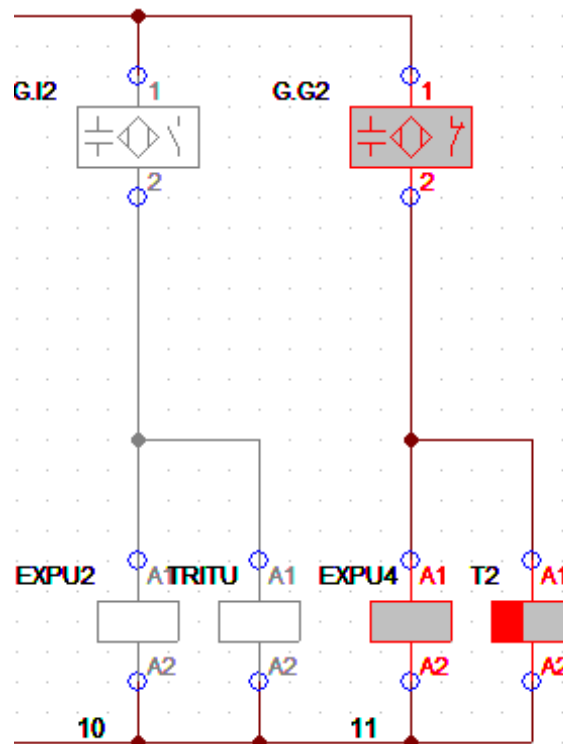
Finalmente a última etapa da linha de processamento de garrafas, está etapa corresponde ao terceiro sistema de potência. A programação deste sistema é desenvolvida através da coluna de comando de número 11, a qual é formada inicialmente por um sensor de detecção de garrafas grandes, em série com o mesmo se tem dois relés dispostos em paralelo, um destes é responsável por acionar o componente que permite a transição das garrafas grandes entre a esteira primária e a terciária e o segundo relé é referente a um temporizador o qual possui a configuração de operação retardado na desenergização, na sequência se tem os contatos auxiliares destes componentes, a disposição destes contatos auxiliares é apresentada inicialmente através de um contato auxiliar normalmente fechado do relé – EXPUL4, em série com este se tem um contato auxiliar normalmente fechado do relé temporizador T2, a operação destes contatos auxiliares permite o acionamento do relé M3.

A utilização do temporizador retardado na desenergização se faz necessário em função do tempo de transferência entre as esteiras primária e terciária, sempre que uma garrafa grande estiver sobe a supervisão do sensor – G.G2 o mesmo habilitará o acionamento dos relés EXPUL4 e T2, no entanto, no momento em que ambos são energizados o contato auxiliar normalmente fechado do relé – EXPUL4 estará em estado ativo, aberto, não permitindo que o relé M3 seja

acionado, porém, quando a transferência entre esteiras for concluída o sensor - G.G2 voltará para o estado inativo o que implicará na desenergização dos relés EXPU4 e T2, quando esta ação ocorrer o contato auxiliar do relé EXPUL4 voltará para o estado normalmente fechado enquanto que o contato auxiliar do temporizador T2 permanecerá ativo, fechado, durante o tempo programado, esta combinação permitirá acionar o relé M3 e conseqüentemente a esteira transportadora terciária.

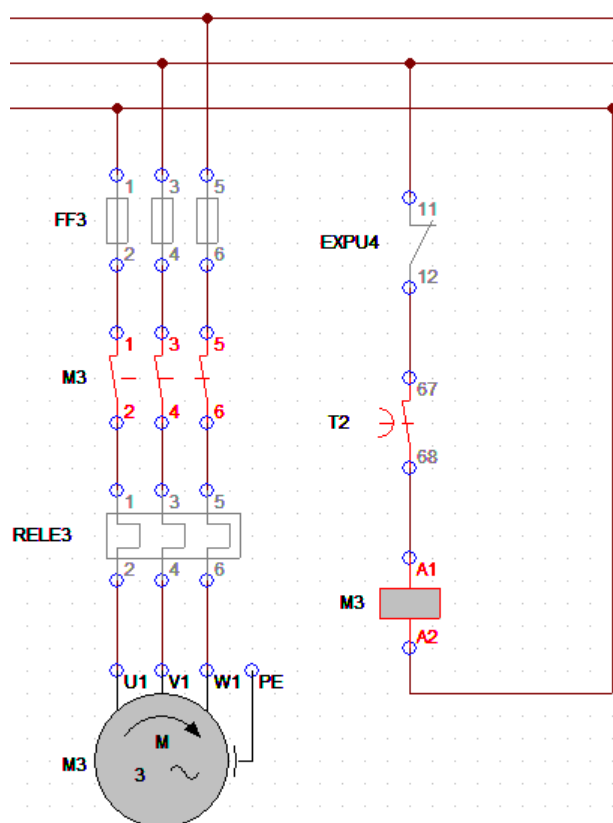
O tempo programa é selecionado de tal forma a proporcionar apenas um pulso o que implicará em um acionamento rápido do motor M3, esta ação tem como objetivo apenas movimentar a garrafa transportada para que se tenha espaço suficiente para as demais garrafas grandes que serão transportadas, estes detalhes de programação é possível de se observa na figura seguinte.

Figura 82 - Sistema de transferência de garrafas grandes entre esteiras.



Fonte: CADe_SIMU

Figura 83 - Sistema de acionamento da esteira terciária em estado ativo.



Fonte: CADe_SIMU.

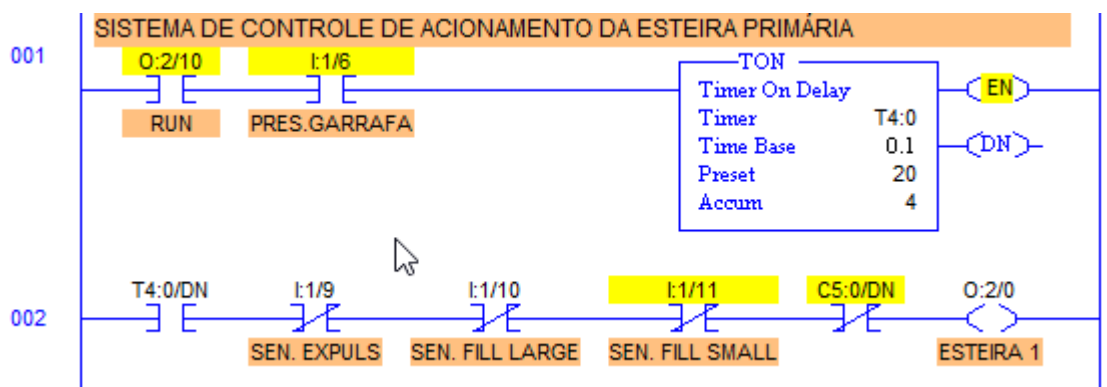
3.6.2 Desenvolvimento e análise utilizando o Software LogixPro.

3.6.2.1 Descrição de desenvolvimento e operação

Nesta etapa o estudo de caso é desenvolvido na linguagem Ladder e estruturado em um total de dezesseis linhas de comando, as quais são especificadas e desenvolvidas de tal forma a terem uma relação lógica entre si, buscando atender o objetivo principal deste projeto, o qual se refere ao controle automático de um sistema de processamento de garrafas.

A primeira linha de comando, tem como objetivo manter o sistema ativo após o primeiro Start executado pelo operador, o desenvolvimento desta linha de comando se inicia com um contato lógico normalmente aberto da botoeira de parada de emergência “I:1/0”, em série as está se tem a botoeira normalmente aberta Start “I:1/1”, em paralelo a mesma se tem um contato lógico da saída “O:2/10”, este contato lógico é conhecido como contato de selo, o mesmo é responsável por manter o sistema ativo após a primeira ação exercida sobre a botoeira Start, e finalizando está linha de comando se tem a saída lógica “O:2/10”, este comando é apresentado na figura 84.

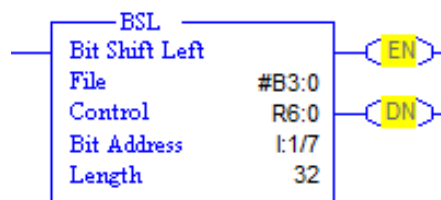
Figura 85 - Sistema de acionamento e controle da esteira primária.



Fonte: Software LogixPro.

A linha de comando de número 003 é definida como um sistema de mapeamento binário, é nessa linha de comando onde se encontra o principal componente que constitui esta programação na linguagem Ladder, este componente é conhecido como Bit Shift Left – BSL (Descolamento de Bit para a esquerda), o mesmo tem a função de deslocar os bits registrados através de um sistema de numeração lógica de 16 bits (0 - 15) da direita para a esquerda, este componente é apresentado na figura 86.

Figura 86 - Componente BSL – Bit Shift Left.



Fonte: Software LogixPro.

O sequenciador BSL possui quatro entradas de endereçamento/dados, o primeiro endereçamento chamado File se refere ao nome da linha de endereçamento binário no qual os bits imputados no sistema irão ser deslocados, Control é referente ao endereçamento real, Bit Address é onde se declara o endereço do sensor o qual irá imputar os dados no sistema do sequenciador BSL e Length é o comprimento binário do sistema.

O sequenciador BSL possui uma tabela binária na qual é possível observar o descolamento dos bits, por exemplo, no endereçamento File da figura anterior foi registrado o endereço binário #B3:0, os bits imputados através do sensor I:1/7 irão se deslocar de maneira constante através da linha de endereçamento binário B3:0/, porém os mesmos irão variar constantemente nas colunas de endereçamento as quais são nomeadas de 0 a 15, ou seja, quando o bit estiver na coluna 1, seu endereço binário será B3:0/1, quando este mesmo bit estiver na

coluna 7, seu novo endereço binário será B3:0/7 e assim sucessivamente, este detalhamento é possível de ser observado na figura 87.

Figura 87 - Tabela Binária do BSL – Bit Sift Left.

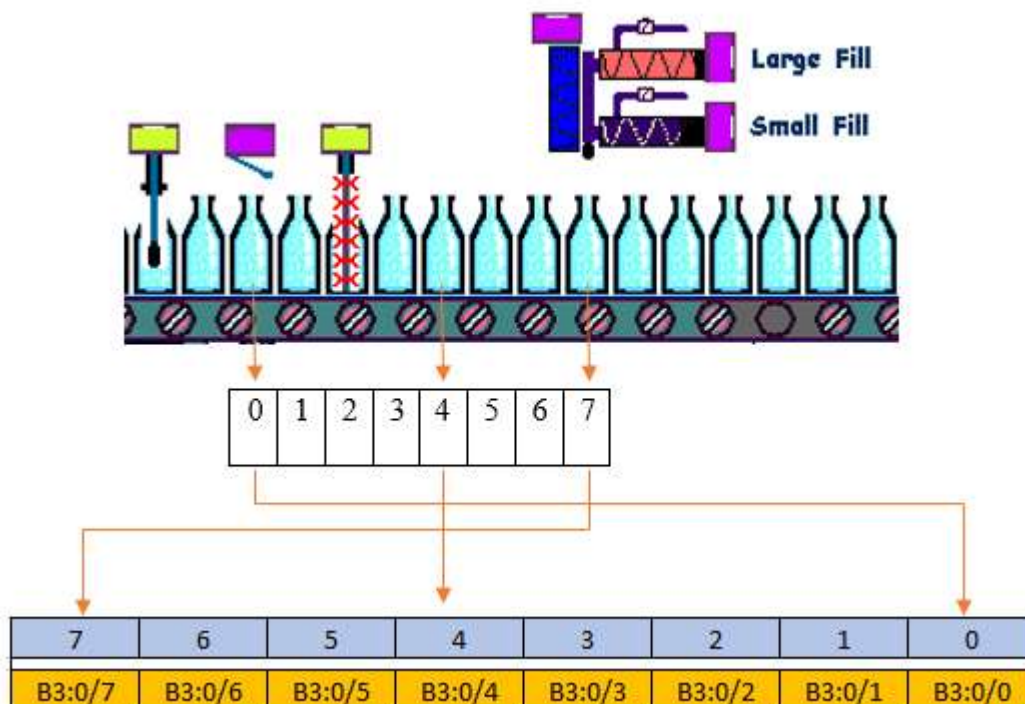
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
B3:0/	o	o	o	o	1	1	o	o	1	o	o	o	1	1	1	1
B3:1/	1	o	o	o	o	o	o	o	o	1	o	o	o	1	1	1
B3:2/	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1	o
B3:3/	o	o	o	o	1	o	o	o	o	o	o	1	1	o	o	o

Fonte: Software LogixPro.

A linha de comando de número 003 possui três componentes BSL dispostos em paralelo, ambos são acionados pelo sensor “PRES.GARRAFA – I:1/6. O primeiro BSL é referente a identificação do tamanho das garrafas, sempre que o sistema for acionado através de uma garrafa grande o mesmo registrará essa ação como valor binário igual a 1, quando o contrário ocorrer o sistema registrará o não acionamento como bit igual a 0, o sensor de identificação de garrafas - I:1/7 é endereçado na porta Bit Address com sendo #B3:0, logo os registros binários serão armazenados e deslocados na linha de comando binário B3:0/.

Em um primeiro momento observa-se que do sensor detector de tamanho de garrafas até o sistema de enchimento das mesmas se tem um total de oito garrafas (0 a 7), ou seja, os bits referentes a identificação do tamanho das garrafas tem valor útil para o sistema de enchimento no endereço igual a B3:0/7, sempre que neste endereço tiver valor binário igual a 1 o sistema de enchimento de garrafas identificará as garrafas grandes, o contrário também é válido, sempre que nesse endereço tiver valor binário igual a 0 o sistema identificará de enchimento de garrafas identificará as garrafas pequenas, e através da programação desenvolvida, o sistema permitirá que as mesmas sejam abastecidas com o refil especificado para as mesmas. Na figura seguinte é apresentada a descrição citada acima de forma visual.

Figura 88 - Mapeamento binário com o sensor garrafas grandes.



Fonte: Software LogixPro.

Afim de se exemplificar na prática o mapeamento binário na figura seguinte a apresentado a tabela binária na qual é possível de observar a movimentação do primeiro bit imputado no sistema, este é mapeado em três endereços binários diferentes sendo eles, B3:0/0, B3:0/4 e B3:0/7, respectivamente.

Figura 89 - Deslocamento binário referente ao sistema de identificação e abastecimento.

The figure consists of three screenshots of a 'Binary Table' window, each showing a 4x16 grid of bits. The columns are labeled 15 down to 0. The rows are labeled B3:0/, B3:1/, B3:2/, and B3:3/. In each screenshot, a specific bit in the B3:0/ row is highlighted with a red box, and the bits to its right are shifted one position to the left.

	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
B3:0/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
B3:1/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:2/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:3/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

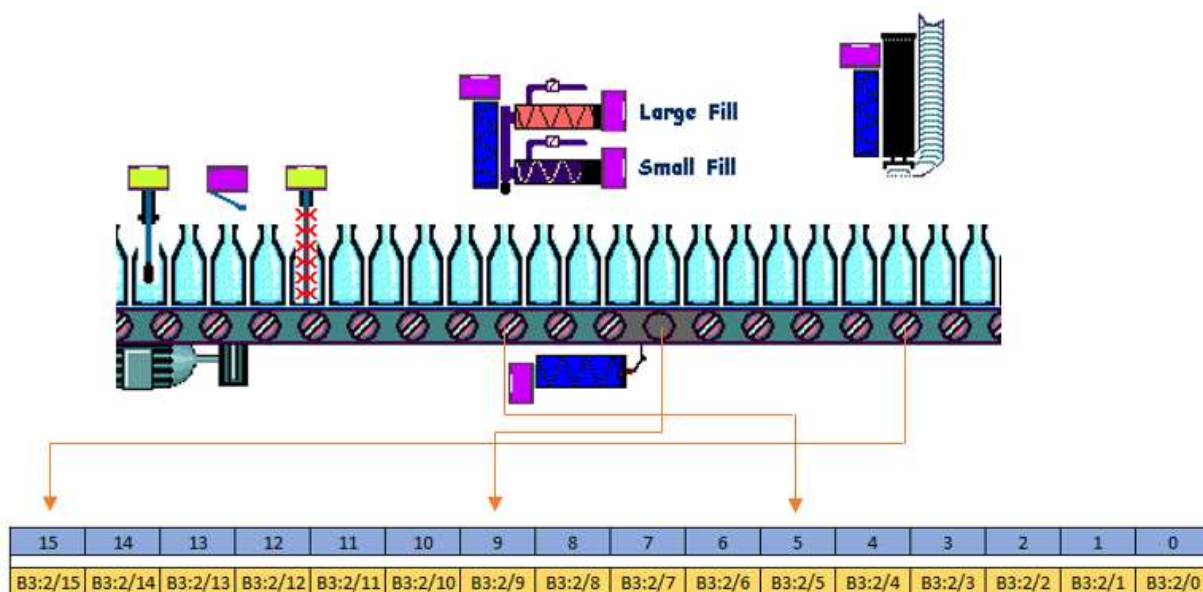
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
B3:0/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
B3:1/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:2/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:3/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
B3:0/	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1
B3:1/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:2/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:3/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Software LogixPro.

O segundo BSL é empregado no sistema de mapeamento binário referente a identificação de garrafas danificadas, sempre que o sensor I:1/8 identificar uma garrafa quebrada o mesmo registrará a mesma no sistema BSL como bit de valor igual a 1, os bits registrados serão deslocados na linha de endereço binário #B3:2/ e estes serão empregados em finalidades e endereços relevantes os quais se referem aos sistemas de enchimento – B3:2/5, separação de garrafas danificadas – B3:2/9 e embalagem – B3:2/15, sendo assim sempre que nesses endereços estiver presente um bit de valor igual a 1 os mesmos não entram no modo ativo, exceto o sistema de separação de garrafas. De maneira semelhante ao que ocorre na tabela binária do primeiro deslocador de bits também ocorre nesse segundo BSL, o que diferencia é que neste os bits serão deslocados na linha de mapeamento binário #B3:2/.

Figura 90 - Mapeamento binário com o sensor de estado das garrafas.



Fonte: Software LogixPro

Finalmente o terceiro BSL, este tem sua aplicação voltada para o sistema de mapeamento inicial de garrafas, ou seja, quando o sistema for acionado pela primeira vez, ou reacionado o mesmo atuará apenas nas garrafas que foram mapeadas pelo sensor de presença de garrafa I:1/7, esta ação garante que as garrafas estejam na esteira primária e que as mesmas passem pelo sensor de tamanho e de estado para que então as mesmas possam ser trabalhadas nas próximas etapas do processo, neste BSL os bits são imputados através do sensor I:1/7 e são mapeados e movidos através do endereço binário #B3:4, logo o sistema atuará apenas nos bits que estejam registrados, na figura seguinte é apresentado o mapa binário deste BSL, neste é possível observar o mapeamento inicial do sistema.

Figura 91 - Mapeamento binário com o sensor de presença de garrafa.

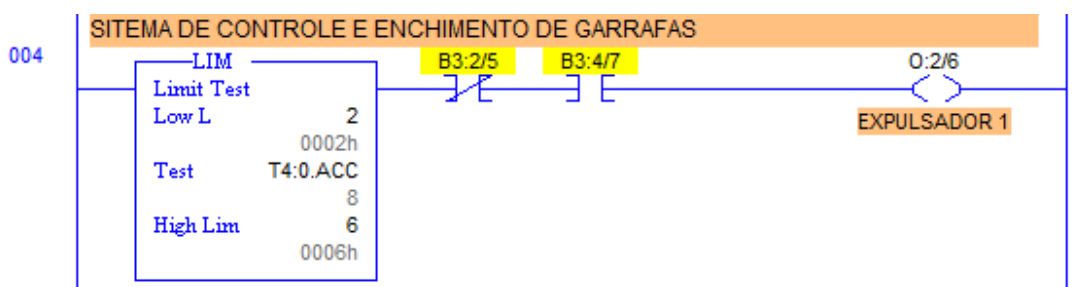
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
B3:0/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:1/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:2/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:3/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:4/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
B3:5/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Software LogixPro.

Na sequência se tem as linhas de comando de número 004 e 005, estas apresentam a programação desenvolvida para o funcionamento do sistema de controle de enchimento de garrafas. Inicialmente na linha de comando de número 004 se tem o componente chamando LIM, este tem como função limitar o tempo de funcionamento do expulsador, elemento responsável por inserir nas garrafas o material de trabalho, sendo assim esse componente permite que seja definido um tempo para que o expulsador entre no modo ativo e retorne para o modo inativo. O componente LIM possui a seguinte estrutura de configuração, LOW L parâmetro onde se estabelecer um limite mínimo, HIGHT LIM parâmetro para o qual se estabelecer um limite máximo e TEST, neste é onde se insere o valor teste para o qual os valores definidos como limites mínimos e máximos são comparados.

O componente LIM utilizado na linha de comando de número 004 possui a seguinte configuração, LOW L igual a 2 segundos, HIGHT LIM igual a 6 segundos, sendo estes comparados (HIGHT LIM) com o temporizador “T4:0”, este é o temporizador que define o tempo total em que a esteira primaria permanecerá inativa sempre que uma nova garrafa for detectada pelo sensor de presença I:1/7, em resumo, sempre que uma nova garrafa for inserida no sistema de enchimento de garrafas o sistema de acionamento do expulsador aguardará 2 segundos para entrar no modo ativo e após 4 segundos em estado ativo o mesmo regressará para o estado inativo, sem a presença do componente LIM o expulsador permaneceria ativo a todo instante, o que implicaria na quebra das garrafas. Em série com o componente LIM se tem os seguintes contatos binários, contato binário normalmente fechado - B3:2/5, contato binário normalmente aberto - B3:4/7 e a saída lógica - O:2/6 a qual em estado ativo permite o acionamento do expulsador, ou seja, sempre que uma garrafa quebrada for mapeada o contato binário B3:2/5 será acionado impedindo o funcionamento do sistema de acionamento do expulsador e o contrário ocorre com o contato binário B3:4/7, o sistema só estará habilitado a operar somente se as garrafas forem mapeadas pelo sensor de presença de garrafas I:1/7, toda esta descrição é possível de se observar na figura 92.

Figura 92 - Sistema de controle de enchimento com a utilização do componente LIM.



Para finalizar a descrição do sistema de enchimento de garrafas se tem na linha de comando de número 005 a programação responsável por controlar o enchimento das garrafas conforme o seu tamanho, esta linha de comando é constituída inicialmente por um contato aberto do sensor do expulsador - I:1/9, contato binário normalmente aberto - B3:2/5 e na sequência se tem uma configuração em paralelo de dois contatos binários de mesma nomenclatura porém com configurações opostas e duas saídas lógicas referentes ao tipo específico de refil para cada tamanho de garrafa, na figura seguinte é apresentado esta descrição.

Figura 93 - Sistema de controle de enchimento conforme o tamanho das garrafas.

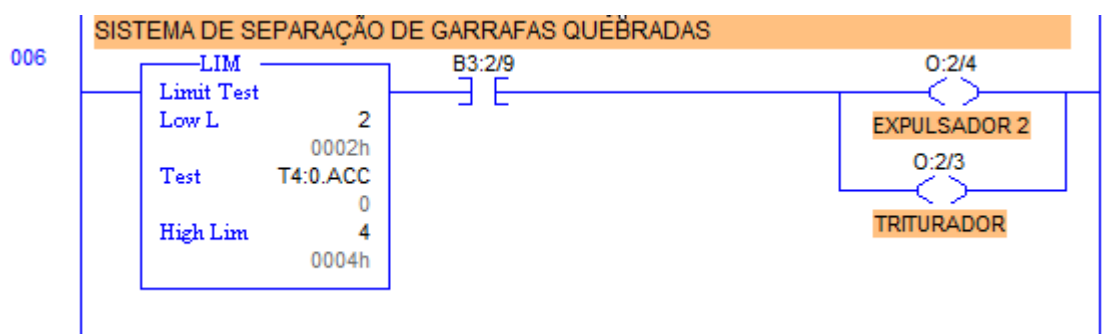


Fonte: Software LogixPro.

Analisando a programação apresentada na figura acima é possível observar que inicialmente é preciso que o expulsador esteja em estado ativo e que não haja registro de garrafa quebrada para o funcionamento desta programação ocorra de forma satisfatória, na sequência observa-se que caso a garrafa em análise seja de tamanho pequeno o sistema de acionamento fluirá através do contato binário normalmente fechado - B3:0/7 e da saída lógica - O:2/8, caso contrário, se a garrafa em análise for de tamanho grande ambos os contatos binários - B3:0/7 mudarão sua configuração e como consequência um novo caminho de acionamento será habilitado através do contato binário normalmente aberto - B3:0/7, porém nesse exato momento em estado fechado, e através da saída lógica - O:2/7, logo esta configuração habilitará o sistema de enchimento de garrafas grandes.

Após o mapeamento e enchimento das garrafas é preciso separar e tratar as garrafas mapeadas danificadas, sendo assim, as linhas de comando de número 006 a 010 possuem a programação necessária para tal finalidade. A linha de comando de número 006 é definida como, sistema de separação de garrafas quebradas, está possui os seguintes componentes, LIM, contato binário normalmente aberto - B3:2/9 e em paralelo as saídas lógicas O:2/4 e O:2/3, a configuração desta programação é possível de se observar na figura 94.

Figura 94 - Sistema inicial de separação de garrafas danificadas.



Fonte: Software LogixPro.

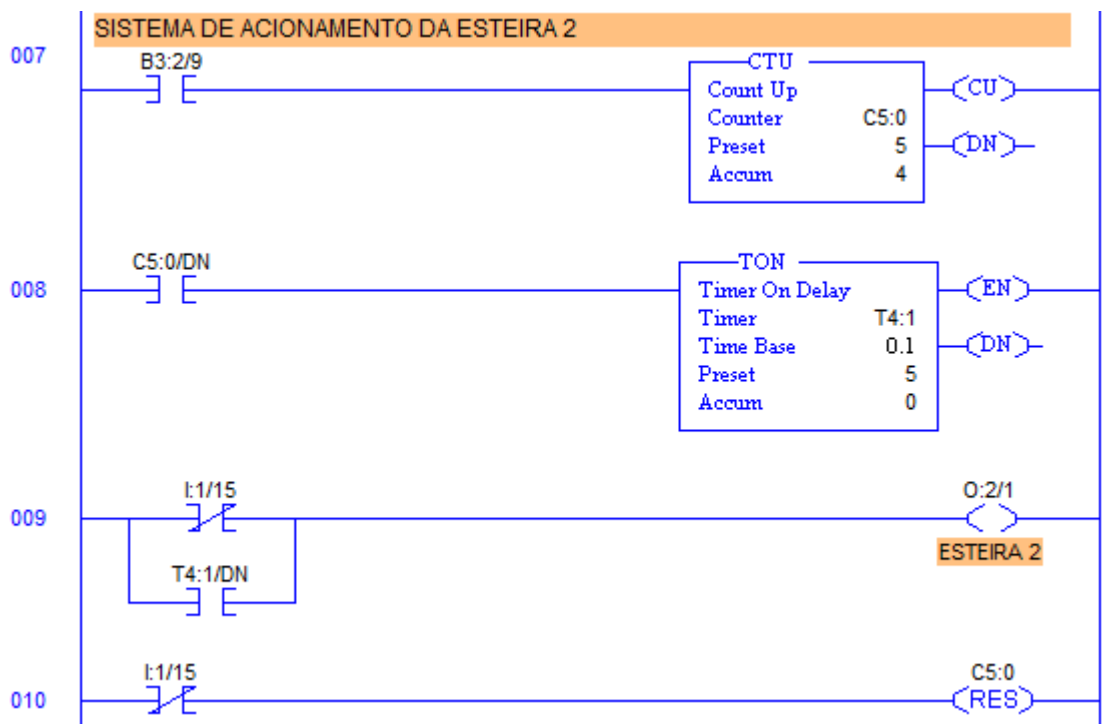
Analisando a figura acima, observa-se a presença de um LIM, este atua no funcionamento do sistema de retirada de garrafas o qual é definido como expulsador 2, este LIM tem a função de fazer com que este expulsador atue de forma rápida, impedindo que o mesmo permaneça em estado ativo por um período muito longo e desvie outras garrafas que não estejam mapeadas para esta ação, na sequência o contato binário normalmente aberto – B3:2/9 permite que o sistema seja ativado sempre houver um deslocamento binário de valor igual a 1, e por fim quando este sistema estiver em estado ativo o mesmo acionará simultaneamente o expulsador 2 e o triturador.

As linhas de comando de número 007 a 010 possuem a programação que permite controlar o nível do recipiente com garrafas trituradas e o sistema de acionamento da esteira secundária. Sendo assim, na linha de comando de número 007 se tem um componente chamado contador - CTU, este faz o registro do número de garrafas que foram trituradas e depositadas nos recipientes da esteira secundária, quando este contador entra em estado ativo o mesmo aciona o seu contato normalmente aberto - C5:0/DN, na linha de comando de número 008, o qual habilita o acionamento do temporizador - TON-T4:1.

Quando o tempo programado no temporizador TON-T4:1 é atingido o seu contato normalmente aberto - T4:1/DN, na linha de comando de número 009, é acionado permitindo o acionamento da esteira secundária, logo, assim que o recipiente com as garrafas trituradas não está mais sobre a supervisão do sensor I:1/15 o mesmo volta ao seu estado normalmente fechado, lembrando que enquanto o recipiente está sobre a supervisão do mesmo, seus contatos encontram-se em estado inativo, como consequência desta ação, o contato do sensor I:1/15, localizado na linha de comando 010, aciona a saída lógica - RES – C5:0, este componente em estado ativo reseta a contagem de garrafas marcadas no contador CTU-C5:0, como consequência, o temporizador T4:1 é desativado assim como seu contato lógico, e por fim quando um novo recipiente estiver sobre a supervisão do sensor I:1/15 o mesmo acionará seus

contatos, os quais implicarão no desligamento da esteira secundária e do componente chamando RESET, toda esta descrição é possível de ser observada na figura 95.

Figura 95 - Sistema de acionamento da esteira secundária.



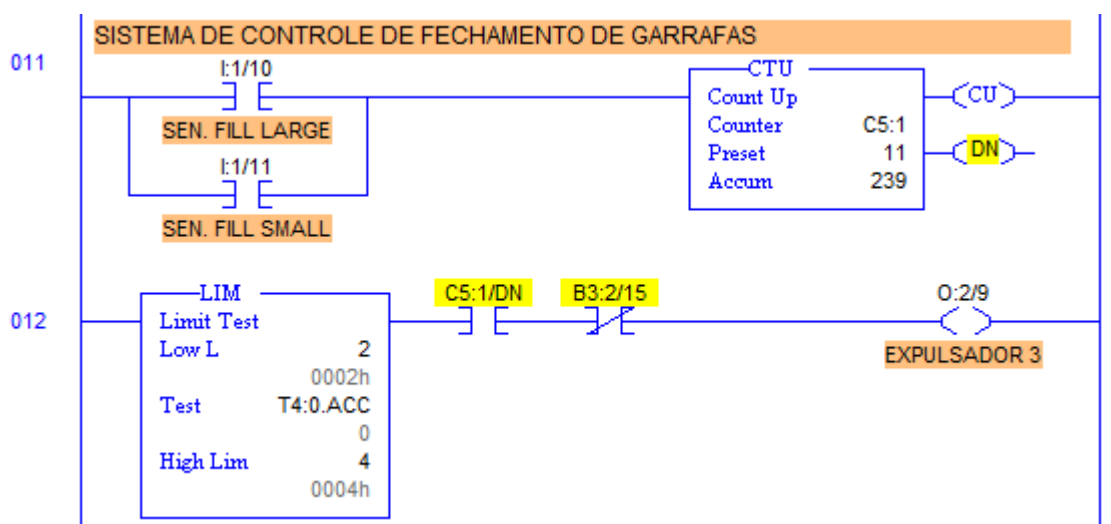
Fonte: Software LogixPro.

Após as etapas de mapeamento, enchimento e processamento a próxima etapa se refere ao processo de vedação das garrafas uteis, este processo tem sua programação desenvolvida nas linhas de comando de número 011 e 012. A linha de comando de número 011 possui inicialmente um contato normalmente aberto do sensor de garrafa grande – I:1/10, um contato normalmente aberto do sensor de garrafa pequena - I:1/11, ambos estão dispostos em paralelo, e por fim um contador CTU- C5:1, a combinação destes componentes tem como objetivo mapear as onze primeiras garrafas que foram preenchidas no sistema de enchimento fazendo com que o sistema vede apenas as garrafas que foram preenchidas com o conteúdo de trabalho.

Na sequência, na linha de comando de número 012 se tem a programação de acionamento do sistema de vedação, esta programação possui inicialmente um componente LIM, um contato normalmente aberto - C5:1/DN, um contato binário normalmente fechado – B3:2/5 e uma saída lógica - O:2/9, respectivamente, sendo assim, o componente LIM atuará limitando o período no qual no qual o expusador de número 3 estará em estado ativo, na sequência após a contagem das onze primeira garrafas pelo contador - C5:1 o mesmo acionará o seu contato normalmente aberto - C5:1/DN de maneira permanente, logo sempre que uma

garrafa quebrada for retirada da esteira primária ficará um espaço vago, e para que o sistema de vedação não atue nesse espaço vago a contato binário B3:2/5 evita que esta ação ocorra, pois sempre que uma garrafa quebrada for mapeada o bit que representar essa garrafa irá acionar esse endereço binário o qual em estado ativo não permitirá que o sistema funcione, esta descrição é possível de ser observada na figura 96.

Figura 96 - Programação do sistema de fechamento de garrafas.



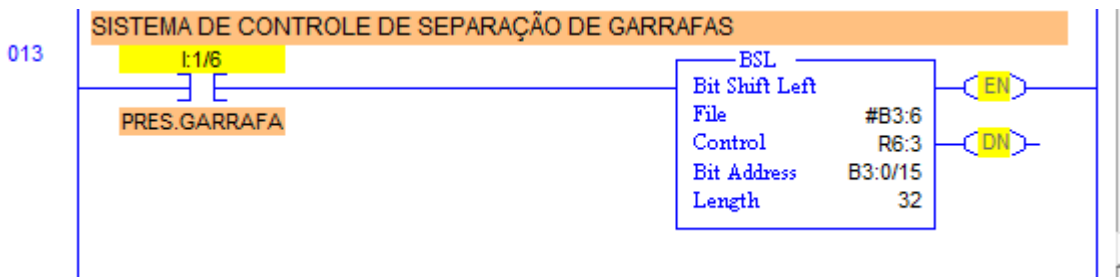
Fonte: Software LogixPro.

A próxima etapa da linha de processamento de garrafas se tem o sistema de separação de garrafas por tamanho, a programação que permite essa separação é desenvolvida nas linhas de comando de número 013 e 014. A linha de comando de número 013 possui um sistema de mapeamento binário estendido, pois a distância de mapeamento entre o sensor de tamanho de garrafas até o sistema de separação das mesmas possui uma distância maior do que se pode ser registrado utilizando apenas um componente BSL, logo, para solucionar este problema optou-se por interligar dois BSL's, esta interligação é feita entre o BSL - #B3:0, o qual faz o mapeamento das garrafas grandes e pequenas, e um novo componente BSL o qual é endereçado como BSL - #B3:6, este tem como objetivo dar continuidade no mapeamento binário feito pelo BSL - #B3:0 e assim atuar no sistema do expulsador de número 4.

A conexão dos mesmos ocorre da seguinte maneira, primeiramente se mante a estrutura já elaborada para o BSL - #B3:0, e na linha de comando de número 013 se insere um contato normalmente aberto do sensor de presença de garrafas - I:1/7 e na sequência o novo BSL, a configuração do mesmo ocorre da seguinte maneira, os bits que serão imputados no sistema do novo BSL ocorrerão em função do endereço binário B3:0/15 e estes bits serão registrados e

movimentados através da linha de comando binário B3:6/, em resumo, o bits mapeados pelo BSL - #B3:0 continuarão a ser registrado através do novo BSL - #B6:0, na figura 97 é possível se observar a programação descrita e na figura 98 é possível observar a extensão do registro binário através do mapa binário.

Figura 97 - Primeira parte da programação do sistema de separação por tamanho.



Fonte: Software LogixPro.

Figura 98 - Extensão do mapeamento binário.

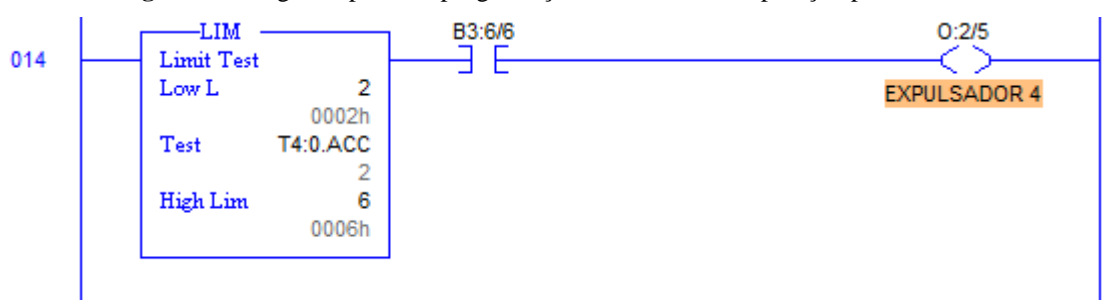
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
B3:0/	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
B3:1/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:2/	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:3/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3:4/	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B3:5/	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
B3:6/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fonte: Software LogixPro.

Na figura 26 é possível observar que o primeiro bit registrado pelo BSL-B3:0 é mapeado e movimentado através da linha de comando B3:0/ e quando este bit é movimentado até chegar a posição B3:0/15 o mesmo é registrado também no BLS-B3:6 através da linha de comando B3:6/0, logo os trabalhos que necessitam desses registros podem ser executados através do BSL-B3:6.

E para finalizar o processo de separação de garrafas por tamanho se tem a continuidade da programação na linha de comando de número 014, está é estruturada pelos seguintes componentes, LIM componente o qual permite que o sistema seja acionado por um curto período de tempo, impedindo assim que o expulsador de número 4 fique ativo por muito tempo, caso contrário sem a ação do componente LIM o sistema desviaria possíveis garrafas não mapeadas, na sequência se tem um contato normalmente aberto do BSL-B3:6, este será acionado apenas quando um bit de valor igual a 1 for mapeado, os bits de valor igual a 1 representam as garrafas grande, enquanto que os bits de valor igual a zero representam as garrafas pequenas e pôr fim a saída lógica - O:2/5, está saída é a responsável por acionar o expulsado de número 4, toda esta descrição é possível de ser observadas na figura 99.

Figura 99 - Segunda parte da programação do sistema de separação por tamanho.



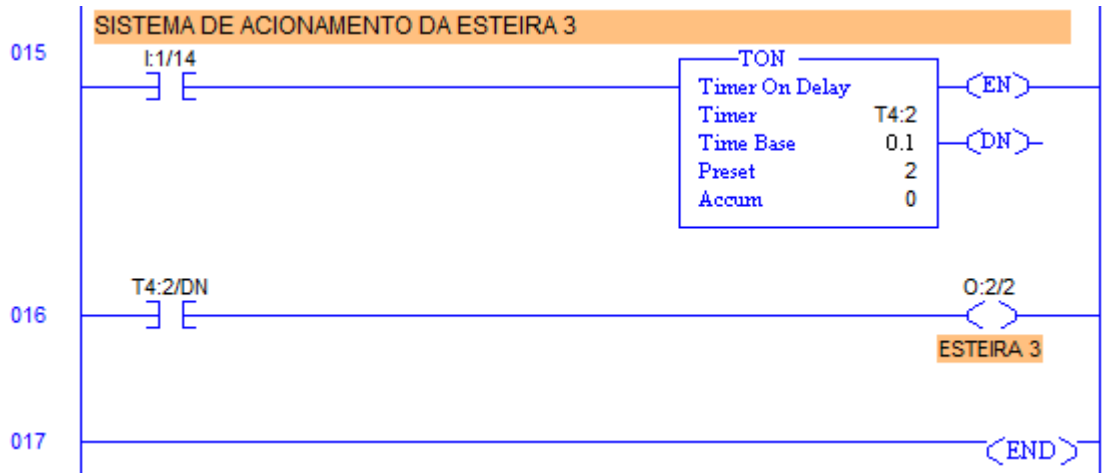
Fonte: Software LogixPro.

E finalmente o último processo, este é descrito como, sistema de acionamento da esteira de número 3, a programação que permite controlar está esteira é desenvolvida nas linhas de comando de número 015 e 016. A linha de comando de número 015 é constituída por um contato normalmente aberto do sensor – I:1/14, este sensor é acionado sempre que o expulsado de número 4 encontrasse em estado ativo, na sequência se tem um temporizador - T4:2, este tem como função retardar por um pequeno intervalo de tempo o acionamento da esteira terciária, esse retardo é necessário em função do tempo que se leva para se transferir uma garrafa da esteira secundária para a esteira terciária, caso não existisse esse temporizador para gerar esse retardo de acionamento sempre que o sistema de acionamento do expulsador de número 4 fosse acionado a esteira terciária seria acionada simultaneamente e como consequência muitas garrafas seriam quebradas durante este processo de transição entre esteiras.

E finalmente a linha de comando de número 016, está possui a programação que permite o acionamento da esteira terciária, sua estrutura é composta por um contato normalmente aberto do temporizador T4:2 e uma saída lógica – O:2/2, está é a saída que em estado ativo permite o acionamento da esteira terciária, ou seja, após se atingir o tempo

programado no temporizador T4:2 o seu contato normalmente aberto – T4:2/DN passará para o estado ativo permitindo assim a energização da saída lógica O:2/2 e conseqüentemente o acionamento da esteira de número 3, toda esta descrição é apresentada na figura 100.

Figura 100 - Programação do sistema de acionamento da esteira de número 3.



Fonte: Software LogixPro.

4. CONCLUSÕES

Desde os primeiros indícios do surgimento da automação a mesma é empregada em diversas áreas da sociedade, porém a utilização da mesma teve notoriedade efetiva a partir da Revolução Industrial do século XVIII. A automação industrial envolve basicamente dois tipos de processos, os de tempo contínuo e os do tipo discreto, estes processos podem ser desenvolvidos com as variáveis do tipo analógica, de tempo contínuo, do tipo digital ou do tipo discreto.

Os componentes que constituem um processo de automatização são basicamente os elementos, de instrumentação, medição, atuação, e os controladores. Os controladores lógicos programáveis (CLP) são equipamentos eletrônico digital considerados os principais atores de um sistema automatizado, estes executam de maneira sequencial o controle e processamento das informações de análise. Os controladores são componentes programáveis, os quais podem ser programados por várias linguagens, no entanto, a mais utilizada é a linguagem Ladder.

Os estudos de caso foram programados em duas linguagens de programação diferentes, são elas, a de comandos elétricos e Ladder, a primeira é considerada uma linguagem mais técnica, porém vem caindo em desuso em função de suas limitações de projeto e custo benefício, no entanto, a linguagem Ladder é a mais utilizada na programação de CLP, a mesma é considerada uma linguagem mais rebuscada, de fácil utilização e suscetível a alterações com baixo custo.

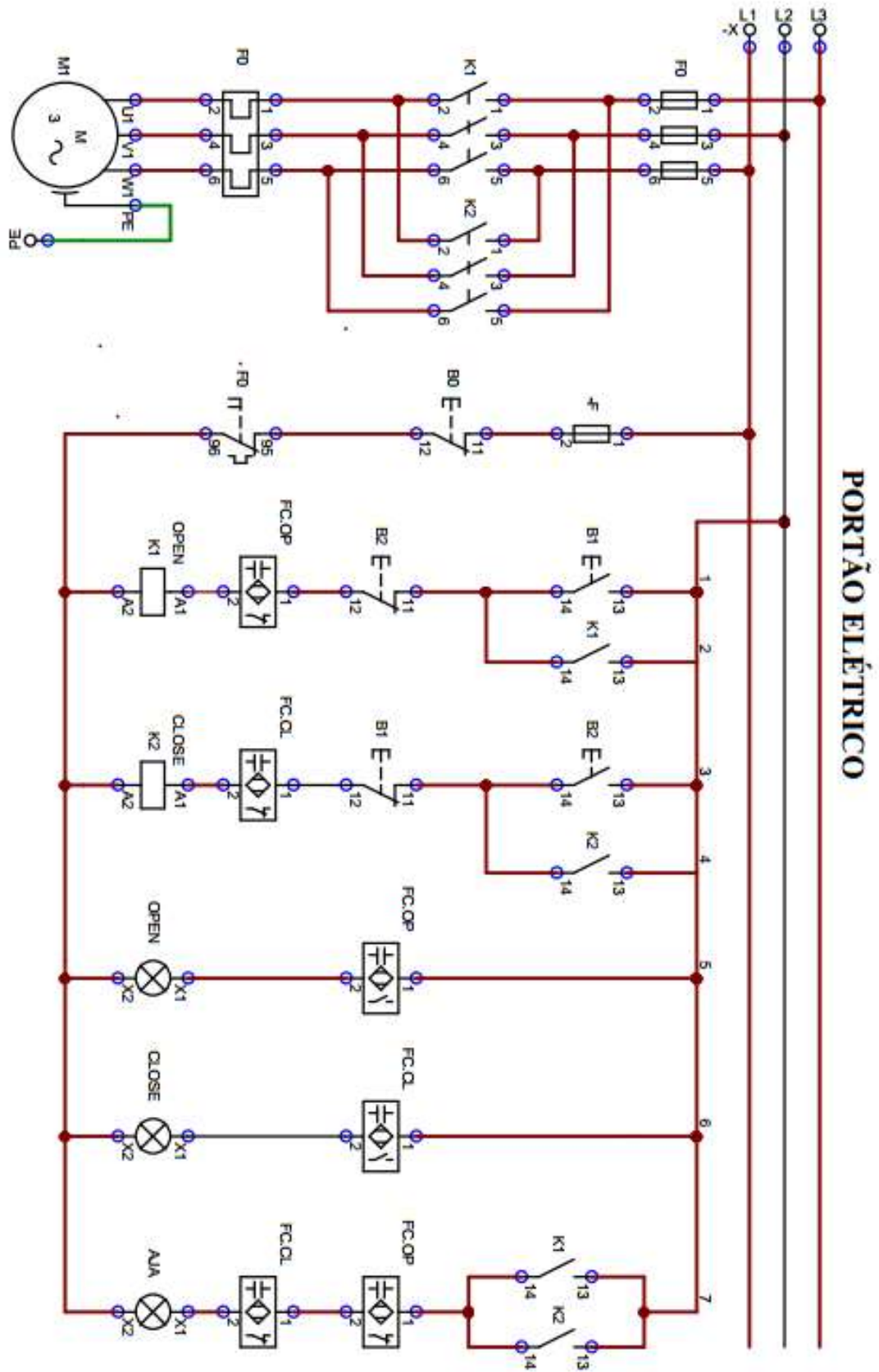
No decorrer do desenvolvimento das atividades observou-se que cada caso de estudo apresentou dificuldades específicas em cada linguagem de programação, no entanto, vale destacar que nem sempre as dificuldades encontradas em uma linguagem se refletiam na outra, o mesmo vale para as soluções sugeridas. Sendo assim os processos de programação no geral são mais simples de serem realizados através da linguagem Ladder.

No geral, a linguagem de programação Ladder é soberana sobre a linguagem de comandos, pois a mesma apresenta custo benefício maior conforme o passar do tempo, além de ser uma tecnologia amigável a mudanças de projeto, a linguagem de comando ainda é utilizada na atualidade, porém, em escala reduzida, sendo assim a linguagem Ladder vem ganhando espaço cada vez maior nos cenários da automação.

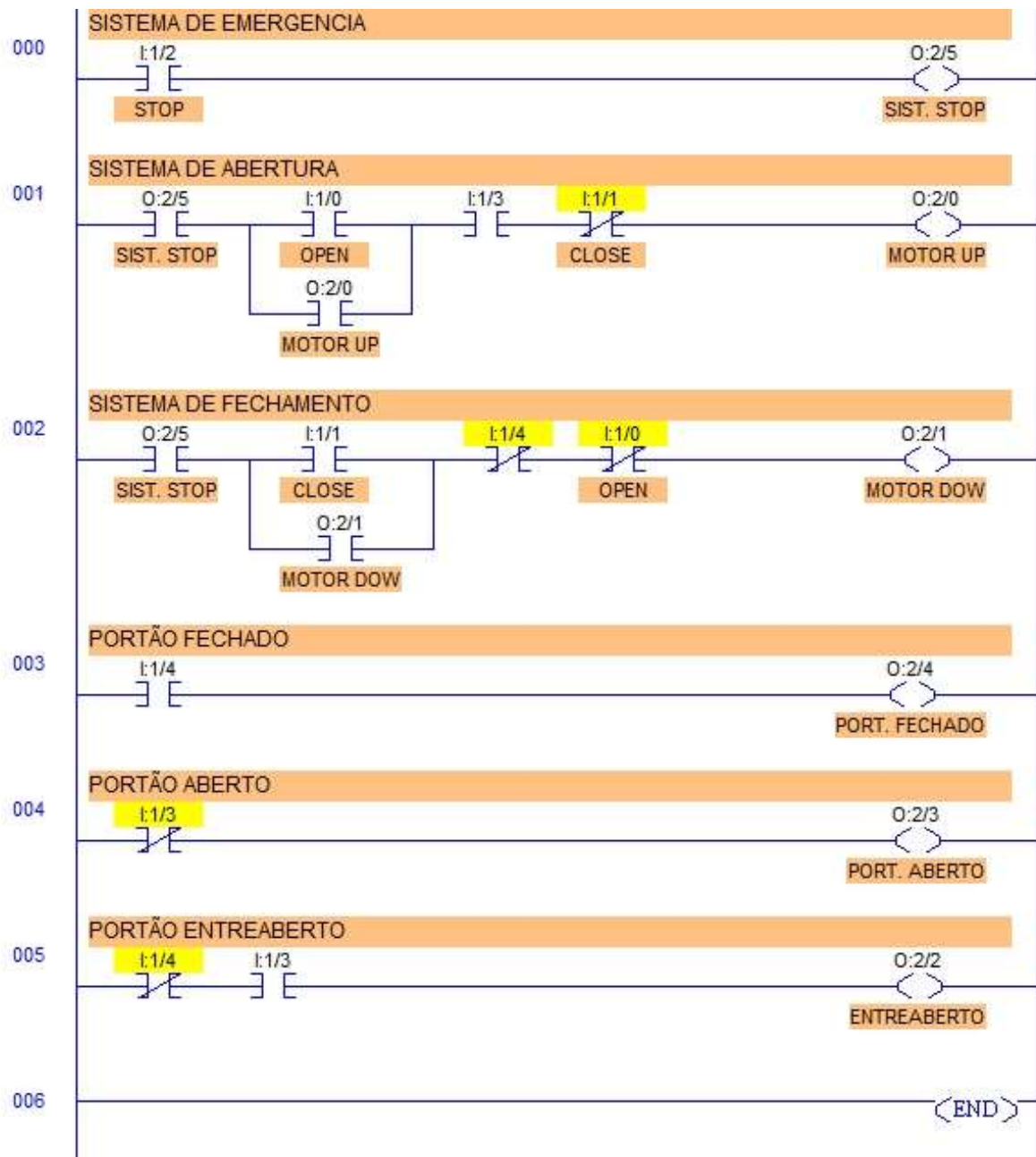
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- BRANQUINHO, M. A. **Segurança de automação industrial e SCADA**. 1^a. ed. [S.l.]: Elsevier, 2014.
- LAMB, F. **Automação Industrial na Prática**. São Paulo: MC Graw Hill Education, v. Série Tekne, 2015.
- PRUDENTE, F. **Automação Industrial PLC: teoria e aplicações : curso básico**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. **Automação Industrial**. Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, v. 1, 2016.
- SILVEIRA, P. R. D.; WINDERSON E, D. S. **Automação e Controle Discreto**. 8^a. ed. São Paulo: Érica, 2002.
- SOUSA, V. A. **Principiso de Automação Industrial com CLP**. [S.l.]: Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda, 2013.
- NASCIMENTO, Daniel Luiz de Mattos.; RODRIGUES, Lessandro Teixeira.; OLIVEIRA, Nylvandar Liberato Fernandes de.; **Automação de Projetos na Implementação de Empreendimentos: Estudo de Caso em uma Empresa de Petróleo e Gás**. Conbrepro, Ponta Grossa- Pr 2013.
- OLIVEIRA, Walker Bastos De.; BITTENCOUT, Fabricio Roulin.; BARBOSA, Rafael Diego.; BELMONTE, Vanessa.; MOURA, Sérgio Alves De., **Automação do gerenciamento de energia elétrica em uma planta industrial**. Simpep, Bauru –SP2014.
- SILVA, Douglas Souza da.;SOUZA, Ricardo Santos de.; ROSA, Everton.; PACHECO, Diego Augusto de Jesus.; **Análise do Impacto da Automação da Movimentação Interna na Produtividade Industrial**. Espacios. Vol. 35 (Nº 4) Año 2014. Pág. 18. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a14v35n04/14350418.html>>.
- ARAUJO, J.J.; PEREIRA, C. E. **Framework Orientado a Objetos para o Desenvolvimento de Aplicações de Automação Predial e Residencial**. Instituto de Informática. UFRGS, 2003.

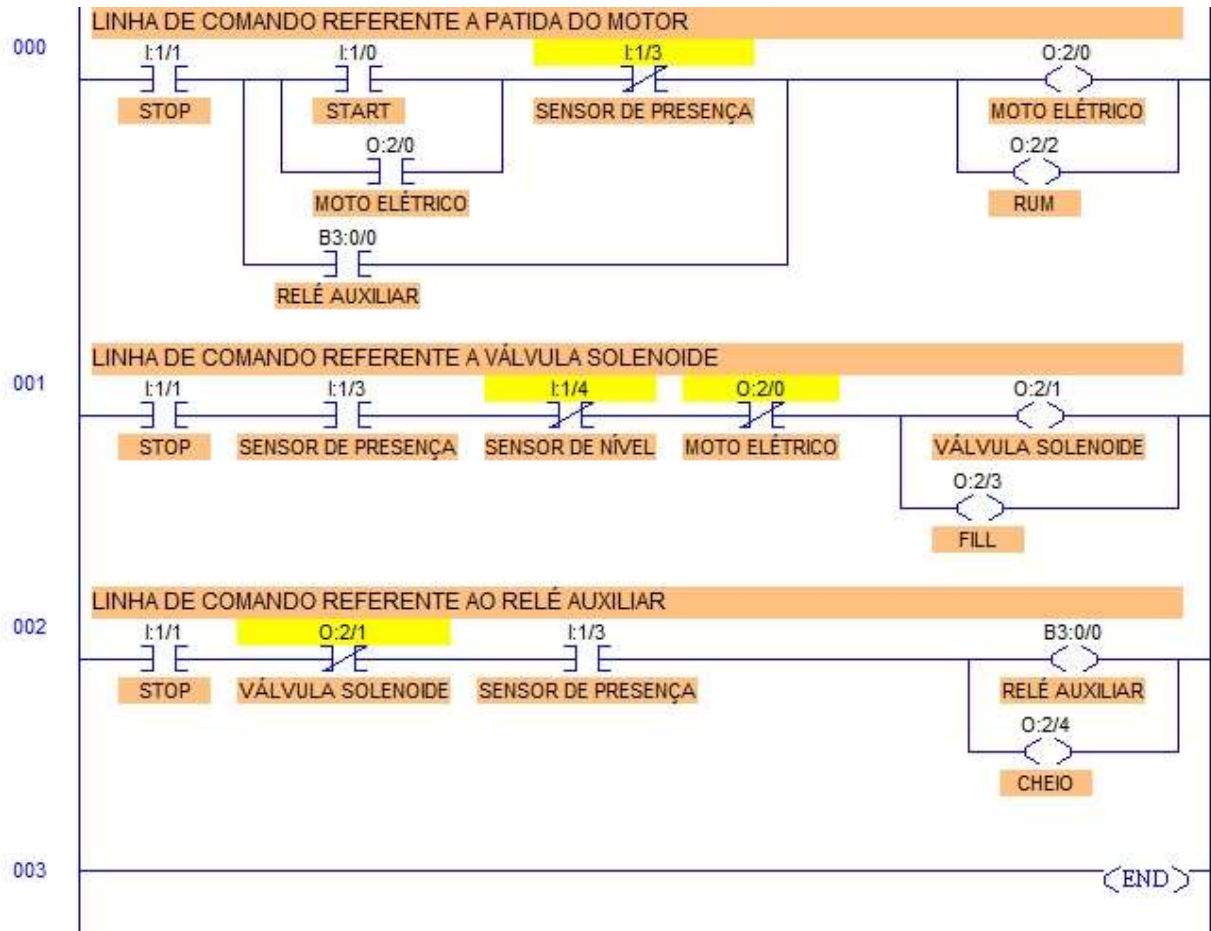
APÊNDICE A – Programação Portão Elétrico no Software CAdE_SIMU



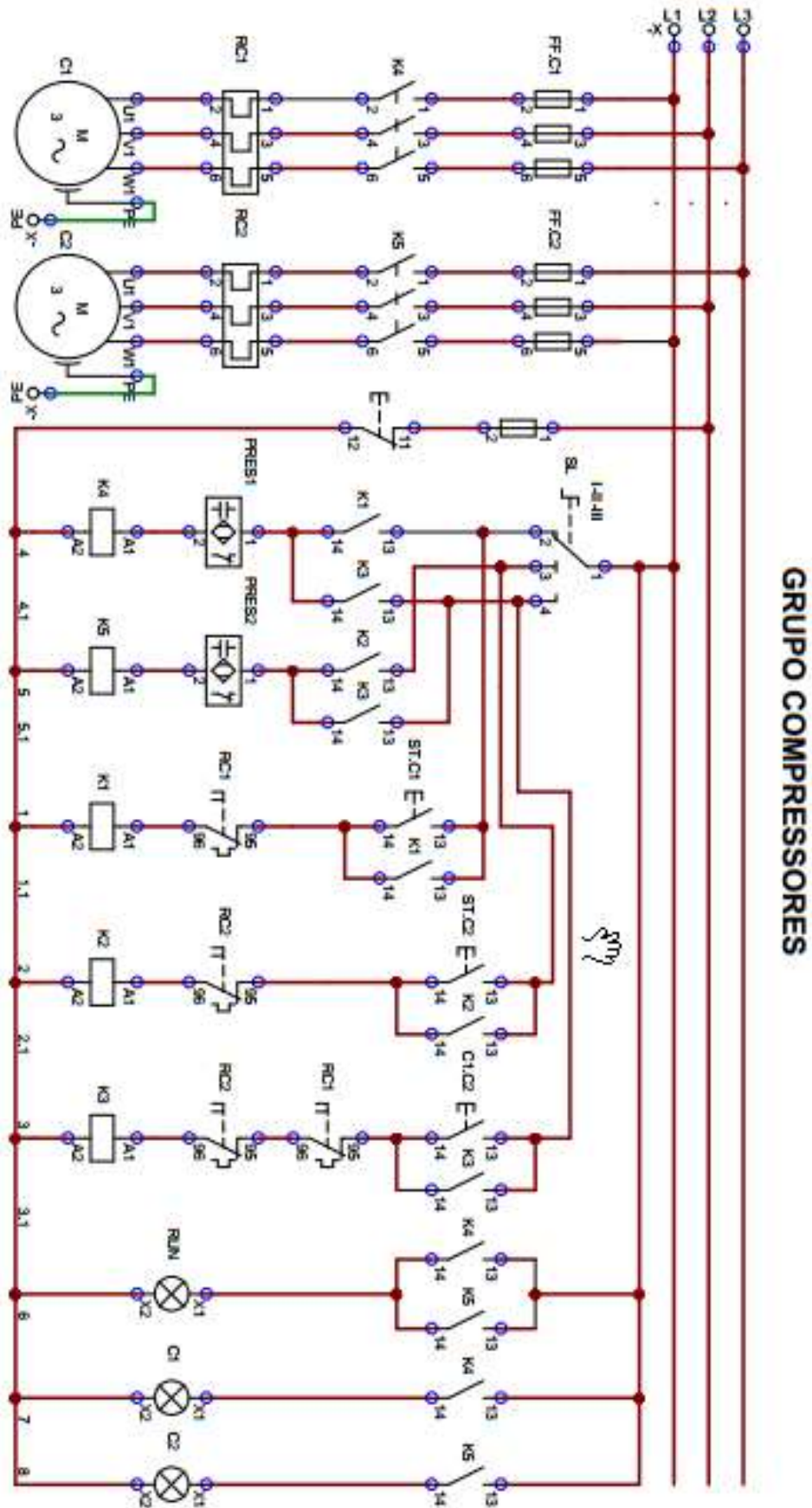
APÊNDICE B – Programação Portão Elétrico no Software LogixPro



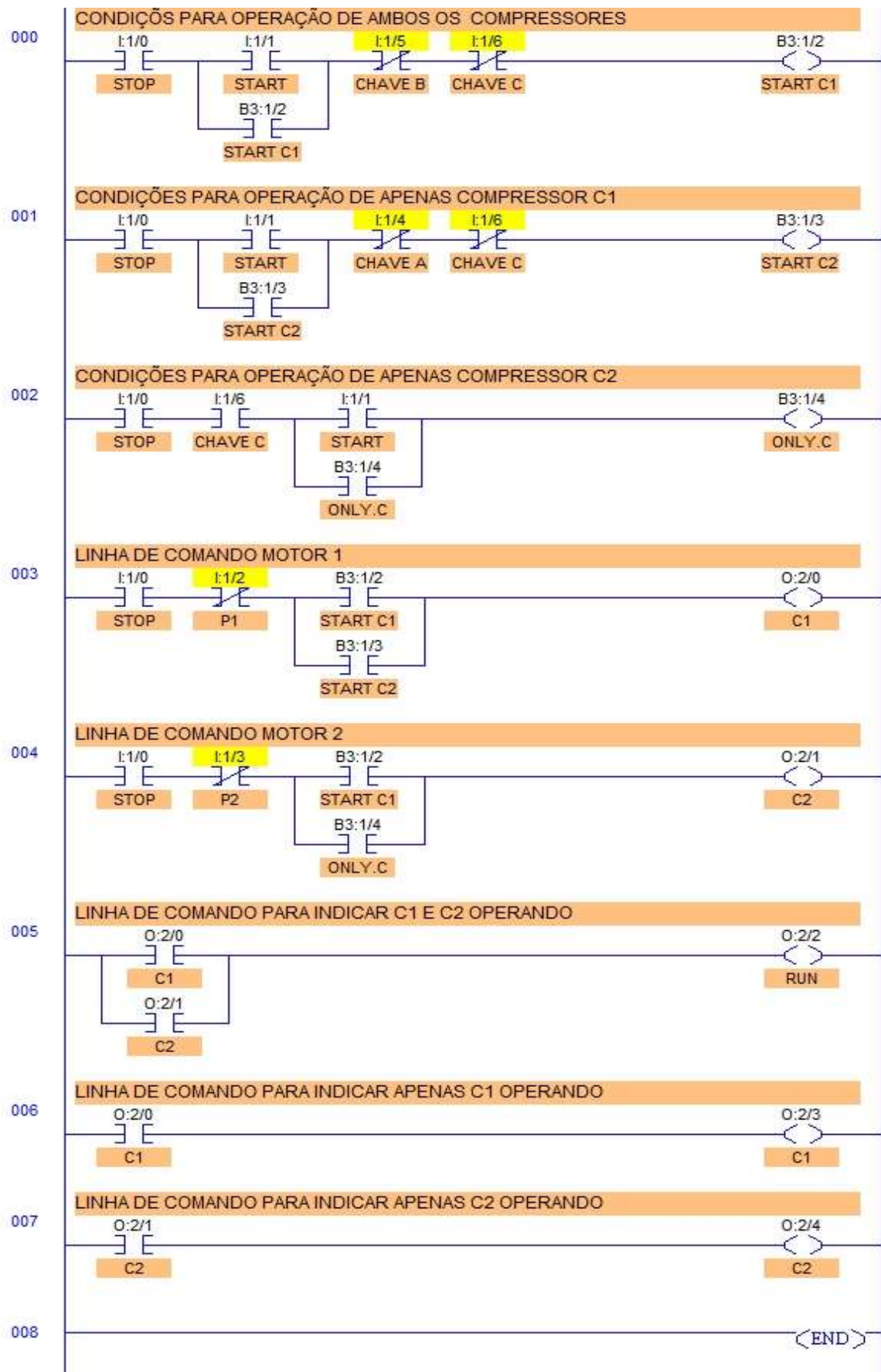
APÊNDICE D – Programação Silo no Software LogixPro



APÊNDICE E – Programação grupo compressores no Software CAdE_SIMU

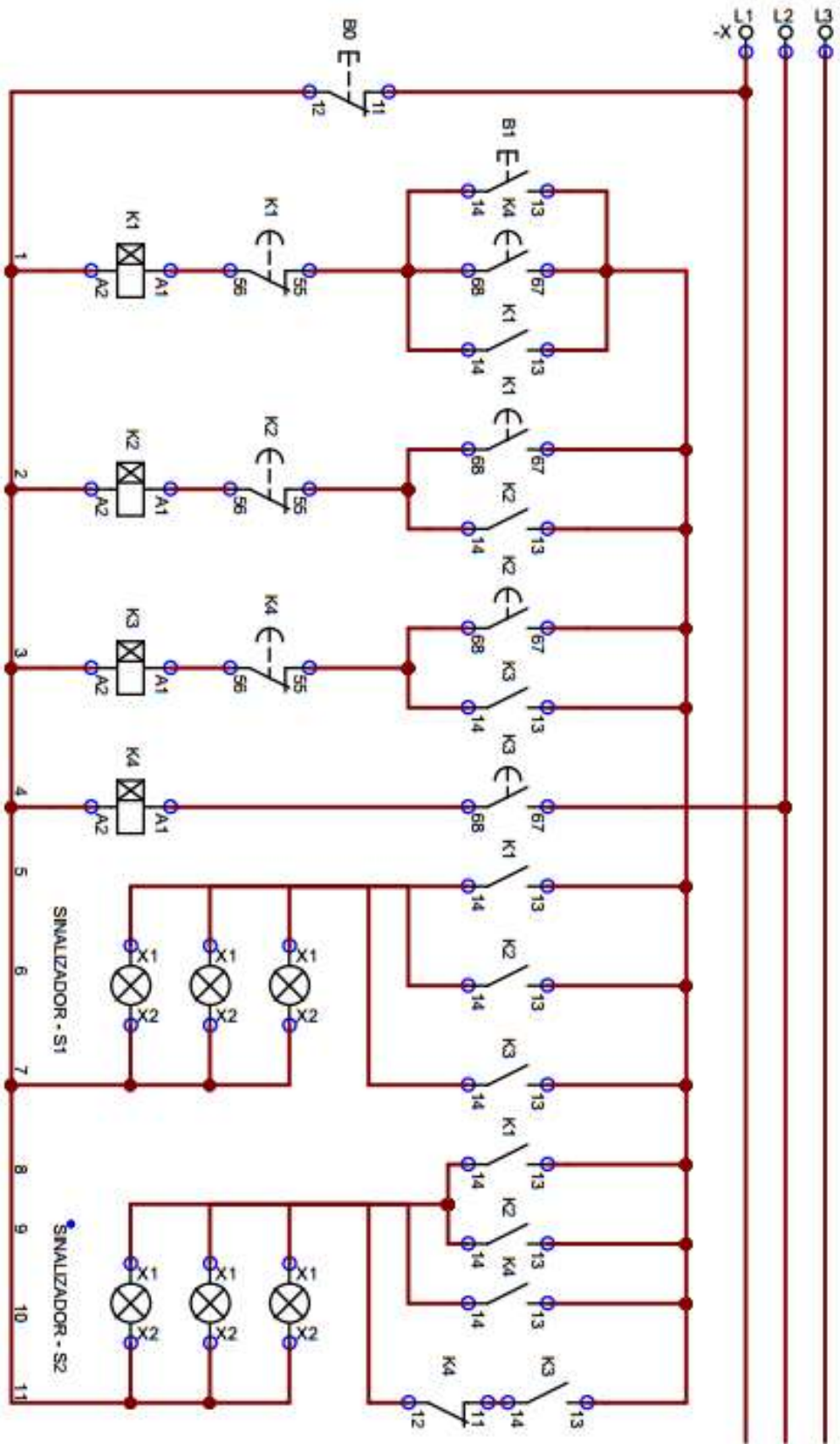


APÊNDICE F – Programação grupo compressores no Software LogixPro

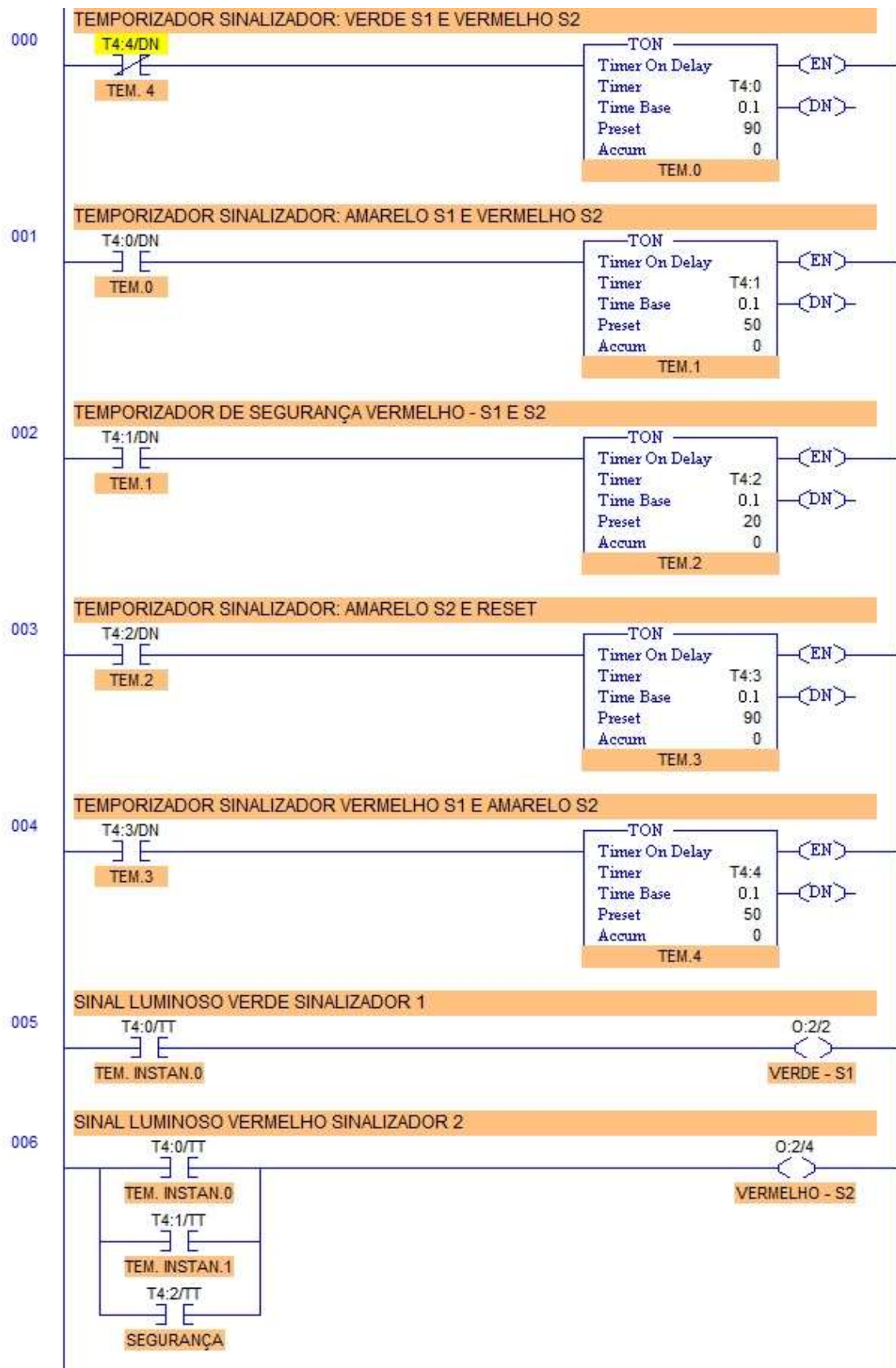


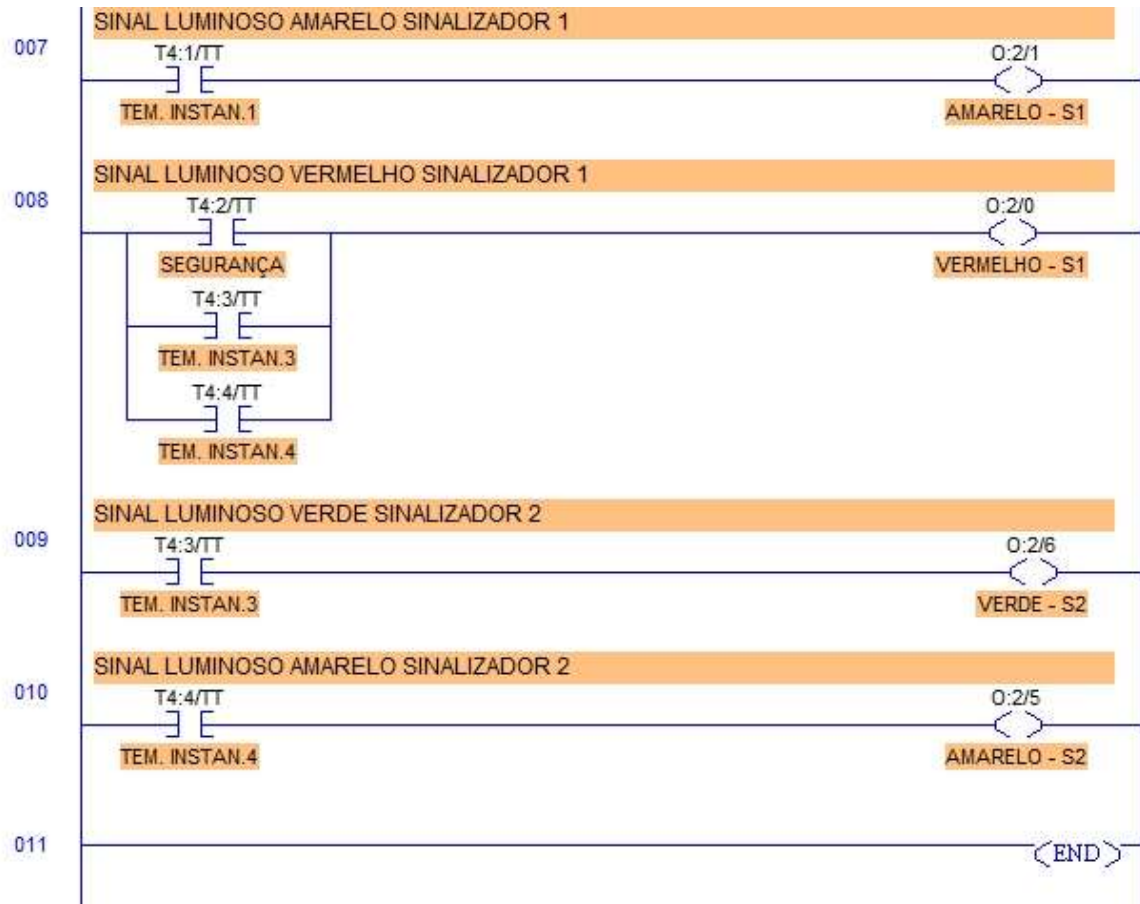
APÊNDICE G – Programação semáforo no Software CADe_SIMU

SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO

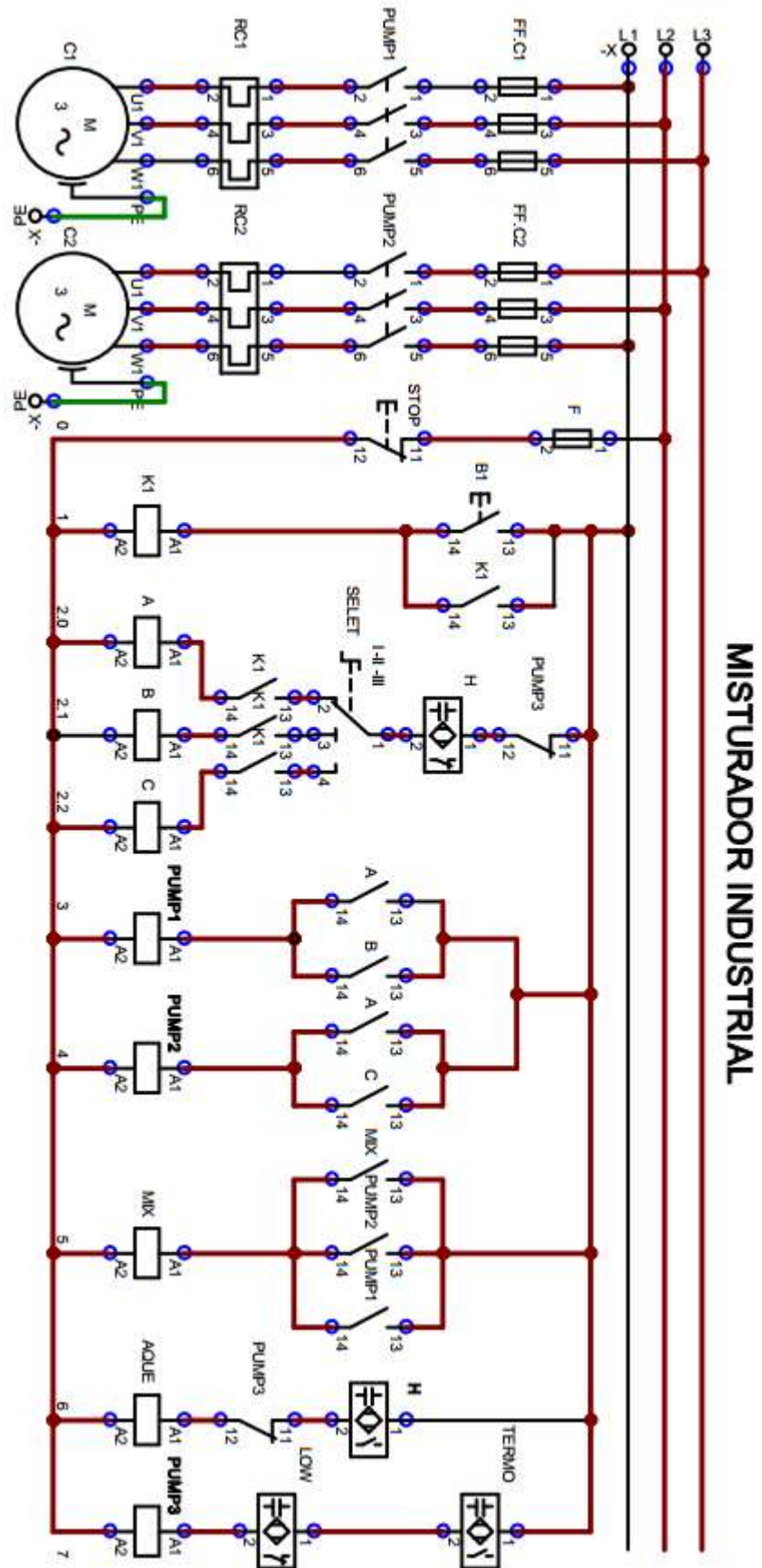


APÊNDICE H – Programação semáforo Software LogixPro

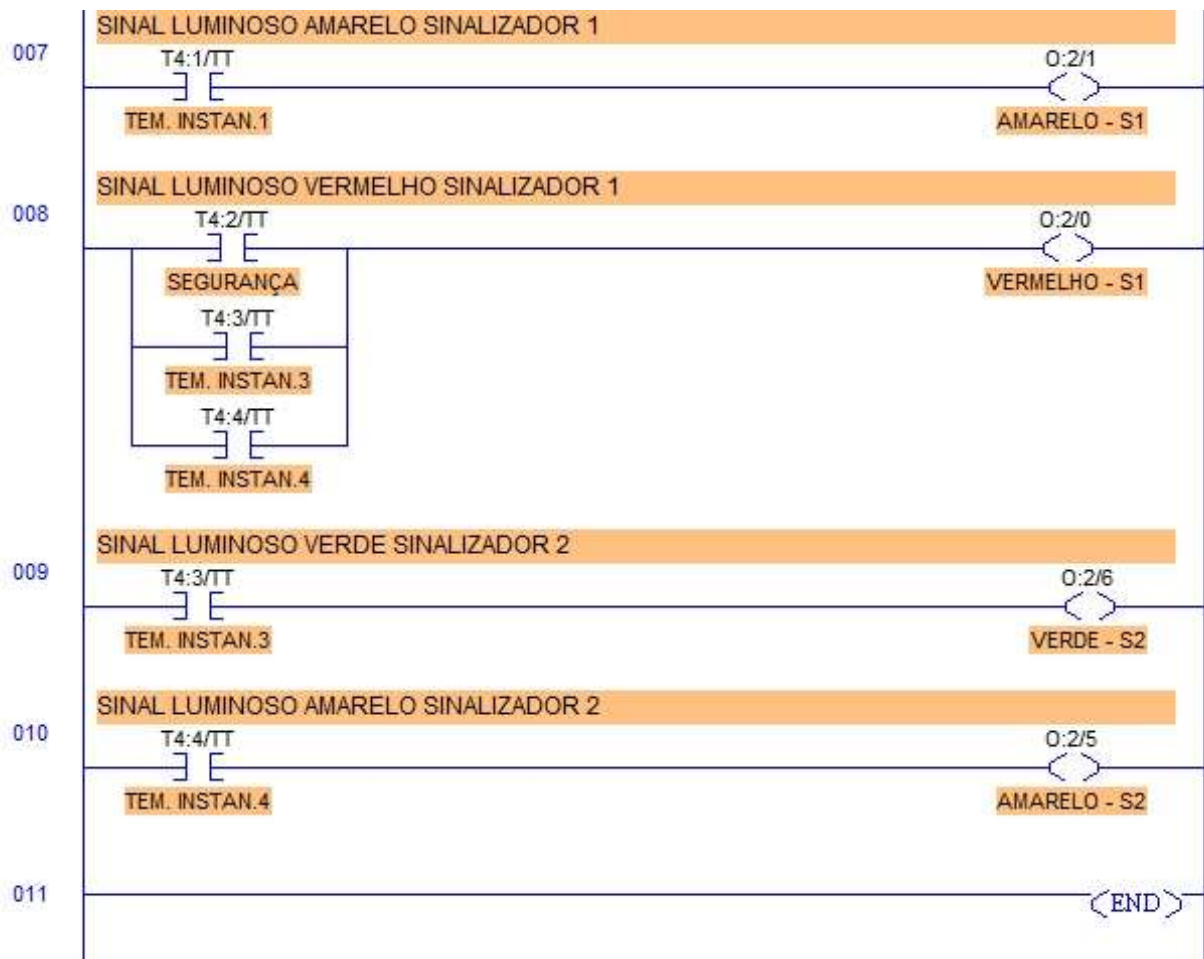




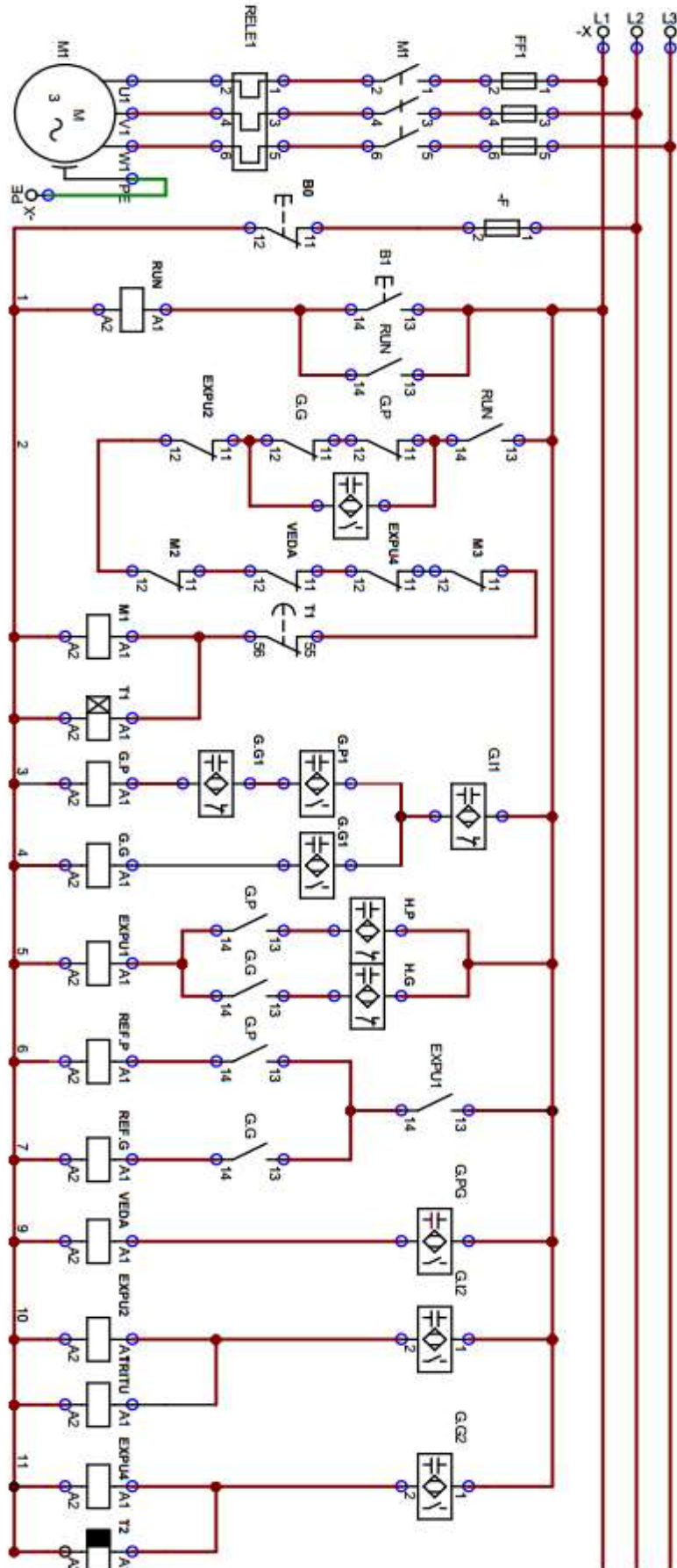
APÊNDICE I – Programação misturador no Software CAdE_SIMU



APÊNDICE J – Programação misturador Software LogixPro

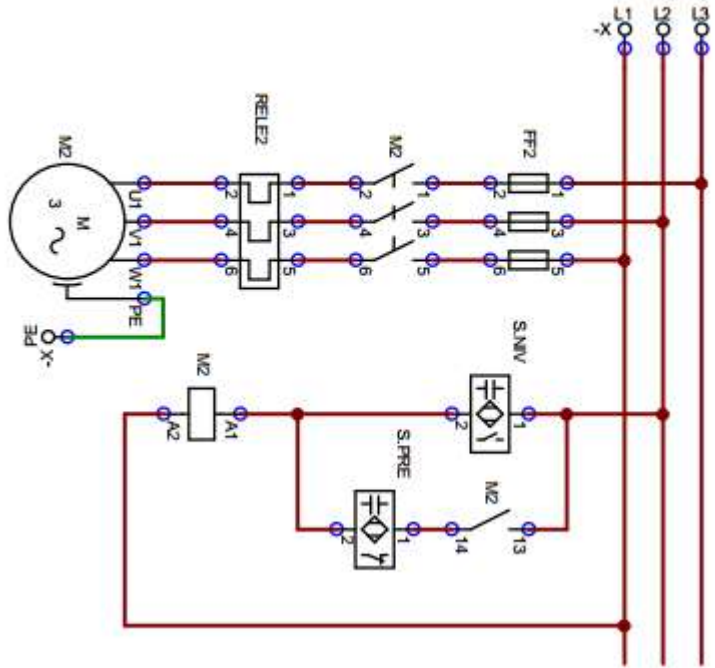


APÊNDICE K – Programação linha de garrafas no Software CADe_SIMU

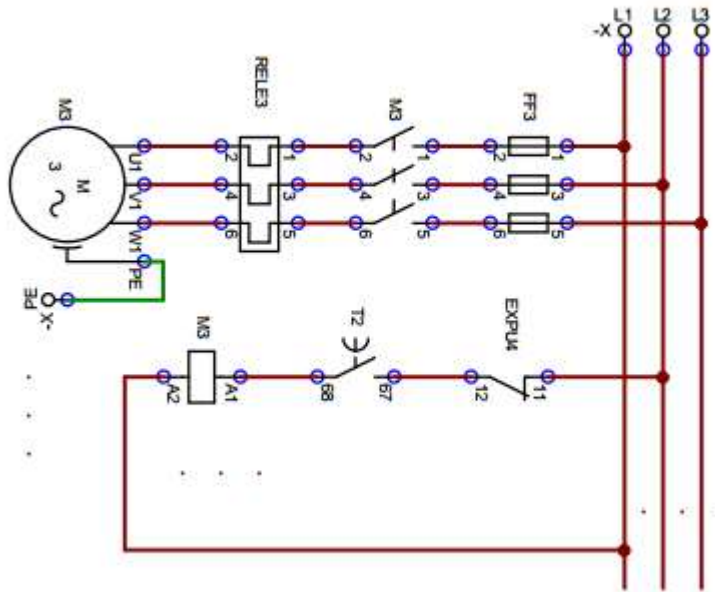


ESTEIRA PRIMÁRIA

ESTEIRA SECUNDÁRIA



ESTEIRA TERCIÁRIA



APÊNDICE L – Programação linha de garrafas Software LogixPro

