

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MURILO FRANCO DE CAMPOS

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL DE MÁQUINA
MISTURADORA PARA PRODUÇÃO DE TELHAS DE
CONCRETO**

São Carlos

2012

MURILO FRANCO DE CAMPOS

PROJETO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL DE MÁQUINA
MISTURADORA PARA PRODUÇÃO DE TELHAS DE CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica – Eletrônica pela
Escola de Engenharia de São Carlos –
USP.

Orientador: Professor Dr.Dennis Brandão

São Carlos

2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

F172p Franco de Campos, Murilo
Projeto de Automação Industrial de Máquina
Misturadora para Produção de Telhas de Concreto /
Murilo Franco de Campos; orientador Prof. Dr. Dennis
Brandão. São Carlos, 2012.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Eletrônica) -- Escola de Engenharia de São
Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

1. Automação Industrial. 2. Telhas Concreto. 3.
Controlador Lógico Programável. 4. Interface
Homem-Máquina. 5. Inversor de Frequência . 6. CLP. 7.
IHM. 8. Driver. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Murilo Franco de Campos

Título: "Projeto de Automação Industrial de Máquina Misturadora para Produção de Telhas de Concreto"

*Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 26/11/2012,*

com NOTA 8,0 (oito, zero), pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Dennis Brandão (Orientador)
SEL/EESC/USP

Prof. Associado Adilson Gonzaga
SEL/EESC/USP

M.Sc. Paulo Henrique Toledo de Oliveira e Souza
SEL/EESC/USP

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Homero Schiabel

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a meus pais e amigos que me incentivaram na construção deste projeto.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia de São Carlos, principalmente a meu orientador, que me apoiou nesse projeto.

Agradeço também ao Engenheiro Ronaldo Rincon, que esteve presente na construção deste projeto e me ajudou sempre que necessário.

RESUMO

Neste trabalho é apresentado projeto para a automação da máquina de mistura para a produção de telhas de concreto, máquina que é essencial para a fabricação de telhas dentro das normas estabelecidas pela agência regulamentadora: ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). O objetivo deste é o controle do processo com a utilização de Controlador Lógico Programável e Interface Homem-Máquina, fazendo com que apenas uma pessoa trabalhe com facilidade para a operação e detecção de erros da máquina. Com a utilização do inversor de frequência para controlar a velocidade dos motores, foi possível fazer dosagem mais correta dos agregados utilizados na fabricação das telhas de concreto. Para a programação do Controlador Lógico Programável é utilizado linguagem Ladder e Software RSlogix 500, suportando assim as necessidades de lógica e testes de controle. Para a Interface Homem-Máquina foi utilizado software Panelview Explorer, possibilitando a criação e programação de telas que foram utilizadas para a inserção de dados no sistema, auxiliando a produção. O projeto foi finalizado com sucesso, resultando em uma máquina misturadora para produção de telhas de concreto rápida, exata e segura.

Palavras-chave: Automação Industrial, Interface Homem-Máquina, Controlador Lógico Programável, CLP, IHM, Automação Industrial, Telhas de Concreto.

ABSTRACT

This paper presents design for automation of mixing machine for the production of concrete roof tiles, machine that is essential for the manufacture of tiles within the standards set by the regulatory agency: ABNT (Brazilian Association of Technical Standards). The purpose of this is to control the process with the use of Programmable Logic Controller and Human Machine Interface, allowing only one person to work with ease for operation and error detection machine. Using the drive to inverter frequency to control the speed of the engines, it was possible to make more accurate dosing of the aggregates, used in the manufacture of concrete roof tiles. To program the Programmable Logic Controller Ladder language is used and Software RSlogix 500, thus supporting the needs of logic and control tests. For the Human Machine Interface, the software was the Panelview Explorer, enabling the creation and programming the screens that were used to enter data into the system, assisting the production. The project was successfully completed, resulting in a fast, accurate and secure mixing machine to produce concrete tiles.

Keywords: Industrial Automation, Human Machine Interface, Programmable Logic Controller, PLC, HMI, Automation Industry Cement tiles.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Módulo de Entrada a optroisolador.....	6
Figura 2 – Circuito elétrico e sua representação em Programa Ladder.....	8
Figura 3 – Esquema de endereçamentos Rockwell Automation.....	9
Figura 4 - Exemplos de IHMs Allen Bradley.....	11
Figura 5 – Exemplos de Relés GuardMaster Allen Bradley.....	12
Figura 6 – Exemplos de Chaves e Sensores	14
Figura 7 – Esquema ilustrativo da máquina de dosagem e mistura.....	16
Figura 8 – Desenho tridimensional Micrologix 1200 cód.1762L40BWA.....	23
Figura 9 – Inversores CA PowerFlex 4M.....	24
Figura 10 -Desenho tridimensional PowerFlex 4M cód. 22F-D6P0N103.....	25
Figura 11 –Desenho tridimensional PanelView Component cód. 2711C-T6M.....	26
Figura 12 – Operador do botão de emergência.....	27
Figura 13 – Desenho tridimensional Chave fim-de-curso.....	28
Figura 14 – Fluxograma com tarefas do processo.....	29
Figura 15 – Fluxograma com tarefas da sub-rotina Principal.....	32
Figura 16 –Fluxograma com tarefas da sub-rotina Entradas.....	33
Figura 17 – Fluxograma com tarefas da sub-rotina Saídas.....	33
Figura 18 – Fluxograma com tarefas da sub-rotina Silos 1.....	35
Figura 19 – Fluxograma com tarefas da sub-rotina Silos2.....	36
Figura 20 – – Fluxograma com tarefas da sub-rotina Silos3.....	36
Figura 21 – Fluxograma com tarefas da sub-rotina Cimento.....	38
Figura 22 – Fluxograma com tarefas da sub-rotina Agua.....	39
Figura 23 – Fluxograma com tarefas da sub-rotina Asitivo.....	39
Figura 24 – Fluxograma com tarefas da sub-rotina Transporte.....	40
Figura 25 – Fluxograma com tarefas da sub-rotina Mistura.....	42
Figura 26 – Fluxograma com tarefas da sub-rotina Alarmes.....	43
Figura 27 – Conexão PanelView ao computador.....	44
Figura 28 – Tela PanelView Explorer, ambiente de programação e configuração da IHM	45
Figura 29 – Teclado integrado PowerFlex 4M.....	49

Figura 30 – Tabela Legenda para Teclado integrado PowerFlex 4M.....	49
Figura 31– Instalação CLP.....	50
Figura 32 – Conversão analógico-digital.....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	3
2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	3
2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL - CLP.....	4
2.2.1 Programação do Controlador Lógico Programável.....	7
2.2.2 Endereçamento	9
2.3 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA - IHM.....	10
2.4 ATUADORES	11
2.4.1 Solenóides	11
2.4.2 Relés	11
2.3 SENSORES.....	13
3 METODOLOGIA E MATERIAL UTILIZADO PARA EXECUÇÃO DO PROJETO DE AUTOMAÇÃO.....	14
3.1 DESCRIÇÃO DA MÁQUINA DE DOSAGEM E MISTURA	15
3.1.1 Descrição da Operação da Máquina de Dosagem e Mistura	16
3.2 ESPECIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA AUTOMAÇÃO DO PROJETO	19
3.2.1 Especificação do Controlador Lógico Programável	20
3.2.2 Especificação dos Inversores de Frequência	24
3.2.3 Especificação da Interface Homem-Máquina.....	25
3.2.4 Especificação de Componentes Essenciais	26
3.3 PROGRAMAÇÃO DO CLP	28
3.3.1 Ladder Principal.....	30
3.3.2 Ladder Sub-Rotina Entradas	33
3.3.3 Ladder Sub-Rotina Saídas	33
3.3.4 Ladder Sub-Rotinas Agregado1, Agregado2 e Agregado3	34
3.3.5 Ladder Sub-Rotinas Cimento, Água e Aditivo.....	37
3.3.6 Ladder Sub-Rotina Transporte	40
3.3.6 Ladder Sub-Rotina Mistura	41

3.3.6 Ladder Alarmes	42
3.3.6 Ladder Cálculo e First_Pass.....	43
3.4 PROGRAMAÇÃO DA IHM.....	44
3.4.1 Comunicação	44
3.4.2 Criação de Telas	45
3.4.3 Alarmes	48
3.4 PROGRAMAÇÃO DOS INVERSORES DE FREQUÊNCIA	48
3.4 INSTALAÇÃO DO CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	50
4 RESULTADOS.....	53
4.1 TESTES	53
4.1.1 Testes Utilizando Software RSLogix 500	53
4.1.2 Testes Realizados em Campo	57
4.2 ANÁLISE FUTURA DAS CONDIÇÕES DE HIGIENE, CONFORTO E SEGURANÇA DO TRABALHADOR.....	59
4.2.1 Riscos Ergonômicos	59
4.2.2 Riscos Mecânicos.....	60
4.2.2 Riscos Biológicos	60
4.3 CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS.....	63
APÊNDICE A – LÓGICA PARA PESAGEM DOS AGREGADOS	65
APÊNDICE B – LÓGICA PARA MISTURA	66
APÊNDICE C – TELAS DA IHM.....	67
APÊNDICE D –PROGRAMA LADDER.....	72
ANEXO A – DESENHOS DAS BORNEIRAS DO CLP.....	122

1 INTRODUÇÃO

Telhas de concreto são componentes utilizados para cobertura de construções civis, contam com diferentes perfis ondulados ou planos e são geralmente retangulares. Elas são compostas de cimento, agregados, água e aditivos, e são fabricadas na cor natural do concreto ou coloridas pela adição de pigmentos.(Valcarenghi; Piovesan, 2011)

Ainda segundo Valcarenghi e Piovesan (2011) existe um aumento significativo na produção de telhas de concreto no Brasil devido a falta de matéria-prima em determinadas regiões para confeccionar telhas de barro.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) desenvolveu normas nas quais regulamentam o padrão de qualidade das telhas de concreto, formalizando assim a forma correta de se produzir telhas desse material, tão essencial na construção civil.

O conjunto normativo para telhas de concreto é composto por duas normas abrangentes:

- NBR 13.858-1 (ABNT.1997) Telhas de concreto – Parte 1: projeto e execução de telhados;
- NBR13.858-2 (ABNT.2009) Telhas de concreto – Parte 2: requisitos e métodos de ensaio;

As máquinas para fabricação de telhas de concreto podem ser divididas em duas partes: os misturadores, que são responsáveis pela homogeneização da mistura dos insumos produtivos; e as extrusoras, que são responsáveis pela compactação do concreto.

Tanto os misturadores quanto as extrusoras são responsáveis pela qualidade das telhas de concreto. A receita (quantidade de cada insumo) e o tempo de mistura são os principais fatores para o sucesso da fase do misturador, e consequentemente para o sucesso de fabricação de telhas dentro da norma NBR13.858-2, ou seja, que sejam aprovadas aos ensaios físicos mínimos exigidos.

Para se entender a indústria de produção de telhas de concreto é preciso entender a indústria de processo em geral. Para a APICS (*American Production and Inventory Control Society*) as indústrias de processo são aquelas que adicionam valor aos materiais através de mistura, separação, conformação ou reações químicas. O processo pode ser contínuo ou em

bateladas (lotes) e geralmente requerem rígido controle do processo e alto investimento de capital.

Ainda segundo a APICS o processamento por bateladas é um processo industrial que prioritariamente programa curtos ciclos de produção. Existem outras formas de caracterizar o processamento por batelada, (Buffa; Miller,1979), por exemplo, diz que produção por batelada são aquelas onde os equipamentos devem ser flexíveis o suficiente para manipular o processamento de uma larga variedade de produtos, tamanhos e mudanças de projetos de cada produto.

A indústria de telhas de concreto é um exemplo de indústria de processo por bateladas, a produção depende sempre da qualidade dos insumos, ou seja, dependendo da qualidade de um insumo ou de outro a quantidade desse insumo na mistura deve ser diferente, ou o tempo de mistura deve mudar de uma batelada para a próxima.

Devido a essa complexidade, a indústria de telhas de concreto requer um sistema automatizado para a pesagem dos insumos, da água, do cimento e para o tempo de mistura, diminuindo assim a possibilidade de produção de telhas fora da norma NBR13.858-2.

Esse trabalho irá abordar a automação industrial envolvida na indústria de telhas de concreto, mais especificamente na primeira parte da produção: a mistura, onde apenas um operador irá controlar a pesagem de 3 insumos, da água e aditivo, do cimento e o tempo de mistura através de uma interface homem-máquina.

Conceitos e características de sistemas de automação industrial são encontrados no capítulo 2, conceitos esses que são essenciais para o entendimento do trabalho. Funcionamento dos controladores lógicos programáveis, programação dos controladores, interfaces homem-máquina, sensores e atuadores serão abordados.

No capítulo 3 será apresentado a solução do problema para a automação da máquina de mistura para telhas de concreto. Projeto, especificações de equipamentos, programação do controlador e IHM assim como projeto de instalação do controlador são assuntos que serão vistos nesse capítulo.

Já no capítulo 4 teremos a apresentação da conclusão do trabalho, com os resultados obtidos e apresentação de problemas superados.

2 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Neste capítulo apresentam-se conceitos adotados para a realização do trabalho, os quais são muito importantes tanto para um engenheiro eletricitista como para qualquer outra pessoa que trabalhe ou se interesse na área de automação industrial.

2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A palavra *Automation* foi inventada pelo *marketing* da indústria de equipamentos na década de 1960, e segundo (Moraes; Castrucci, 2001) buscava-se a ênfase da participação do computador no controle automático industrial.

Hoje, entende-se como automação qualquer sistema que se apoia em computadores com o intuito de substituir o trabalho humano e que vise soluções rápidas e econômicas para atingir os objetivos das indústrias e dos serviços (Moraes; Castrucci (2001).

Para (Silveira, 1999), a automação industrial se verifica toda vez que técnicas de controle são introduzidas em um processo, onde automação industrial é oferecer e gerenciar soluções, pois ela sai do nível do chão de fábrica para voltar o seu foco para o gerenciamento da informação.

São levantados questionamentos de cunho filosófico por Silveira (1999), se deve-se automatizar os processos ou não, onde os pontos que defendem a automatização dos processos são:

- Trata-se de um processo de evolução tecnológica irreversível;
- Valorização do ser humano em sua liberação na execução de tarefas entediantes e repetitivas, ou mesmo em situações de trabalho insalubres e de riscos;
- Aumento da qualidade de vida de toda uma sociedade, promovendo seu conforto e maior integração;

- Maior enriquecimento pelo menor custo do produto (pela baixa manutenção, ou pela rapidez e precisão na execução de tarefas) ou pelo aumento de produtividade (num curto período de tempo);
- Uma questão de sobrevivência e forte apelo de marketing, dentro de um mercado altamente competitivo;
- Criação de empregos diretos e indiretos, além de novos empregos relacionados com a manutenção, desenvolvimento e supervisão de sistemas;
- Busca pela qualidade do produto e a satisfação do cliente.

2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL - CLP

Controlador Lógico Programável segundo a NEMA (National Electrical Manufacturers Association), é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas. Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais.

O controlador lógico programável é, literalmente, o cérebro de um sistema de automação industrial. Ele realiza desde operações simples, como a entrada e saída de sinais até funções avançadas, como a comunicação com outro equipamento via rede industrial.

(Natale, 1995) explica que os controladores simplificam os quadros e painéis elétricos, pois com eles os circuitos elétricos são traduzidos em listas de instruções escritas em linguagem de alto nível (linguagem que se assemelha à utilizada pelo homem) e desta, através de um terminal de programação, é colocada no controlador programável.

(Moraes; Castrucci, 2001) divide a arquitetura do CLP em 5 principais partes:

- Fonte de alimentação;
- Unidade Central de Processamento (UCP);
- Memórias dos tipos fixo e volátil;
- Dispositivos de entrada e saída;

- Terminal de programação;

A fonte de alimentação nos CLPs converte corrente alternada em contínua para alimentar o controlador.

A Unidade central de processamento segue padrões similares às arquiteturas dos computadores digitais, os quais são compostos basicamente por um processador, um banco de memória (tanto para dados como para programas) e um barramento para interligação (controle, endereçamento de memória e fluxo de dados) entre elementos do sistema (Santos; Silveira, 1999).

Podemos dividir as memórias do controlador em: EPROM, Memória do Usuário, Memória de Dados e Memória-Imagem das Entradas e Saídas. A memória EPROM contém o programa monitor elaborado pelo fabricante, que faz o start-up do controlador, armazena dados e gerencia a sequência de operações. A Memória do Usuário armazena o programa aplicativo do usuário, a CPU processa esse programa atualiza a memória de dados internos e imagem E/S e retorna novamente para essa área da memória. A Memória de Dados guarda dados referente ao processamento do programa do usuário e a Memória-Imagem das Entradas e Saídas reproduz o estado dos periféricos de entrada e saída (Moraes e Castrucci 2001).

Os módulos de entrada do controlador programável permitem que as informações do sistema cheguem. Esse módulos contém optoisoladores em cada um dos circuitos. Pode-se conferir o funcionamento do mesmo através da figura 1, quando o circuito externo é fechado através do sensor, o LED sensibiliza o componente de base, fazendo circular corrente interna no circuito de baixa potência do controlador programável.

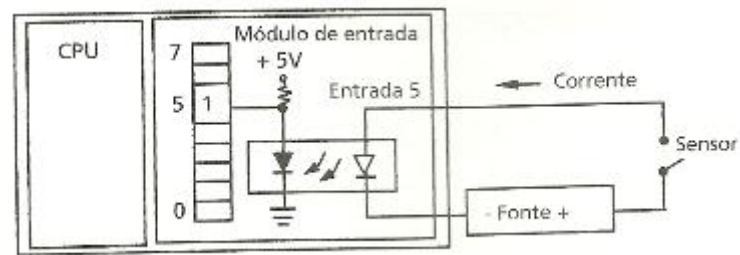


Figura 1 – Módulo de Entrada a optoisolador
Fonte: Moraes e Castrucci (2001)

Os módulos de saída podem ser acionados por três métodos: saída a Relé, saída a Triac e saída a Transistor.

- Método de acionamento a Relé usa uma solenóide para fechar o contato na borneira de saída do controlador, fazendo com que sua vantagem esteja na robustez de seu módulo, que é praticamente imune a qualquer transiente de rede. No entanto sua vida útil é mais baixa comparando-a aos outros, entre 150.000 e 300.000 acionamentos.
- Método de acionamento a Triac é utilizado quando a fonte é de corrente alternada, possibilita até 1×10^6 acionamentos.
- Método de acionamento a Transistor é normalmente o mais usado, pode ser constituído por um transistor comum NPN ou do tipo efeito de campo (FET) e é recomendado quando são utilizadas fontes em corrente contínua, para acionamentos em alta frequência. Permite até 1×10^6 acionamentos.

Finalizando a arquitetura dos controladores lógicos programáveis temos o terminal de programação, que segundo Natale (1995) é o meio de comunicação do usuário com o controlador, ou seja, é um periférico que pode ser desde um simples teclado com um mínimo de funções complexas até unidades de disco para o armazenamento dos diversos programas que possam existir. Pode ser também um micro PC normal, com software aplicativo que emula um terminal de programação.

Para a boa utilização dos controladores lógicos programáveis o usuário precisa ter conhecimento sobre a programação do controlador e os métodos de endereçamento do mesmo, por isso os temas serão explanados a seguir.

2.2.1 Programação do Controlador Lógico Programável

São várias as linguagens de programação utilizadas em controladores programáveis. O IEC (International Electrotechnical Committee) é o responsável pela padronização dessas linguagens de programação, sendo a norma IEC 1131-3 Programming Languages a recomendada em questão. Pode-se observar a classificação das linguagens de programação na tabela 1.

CLASSES	LINGUAGENS
Tubulares	Tabela de Decisão
Textuais	IL(Instruction List) STStructured Text)
Gráficas	LD(Diagrama de Relés) FBD(Function Block Diagram) SFC(Sequential Flow Chart)

Tabela 1 Classificação das Linguagens de Programação

Fonte:Moraes e Castrucci(2001)

A classe de linguagens mais utilizada é a Gráfica, onde se encontram linguagens como Linguagem de Diagrama Sequencial (*Sequential Flow Chart*), Linguagem de Diagrama de Blocos e Linguagem Ladder.

A linguagem Ladder foi a utilizada no projeto em questão por permitir programar desde funções binárias até funções matemáticas mais complexas.

A representação da linguagem Ladder originou-se dos Diagramas Elétricos em escada, cujo princípio provém da Lógica de Relés e Contatos, como pode-se observar na figura 2. (Moraes; Castrucci, 2001).

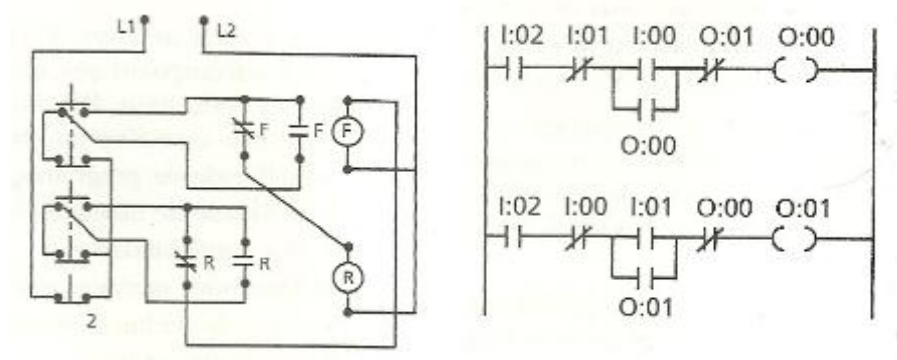


Figura 2 - Circuito elétrico (esquerda) e sua representação em Programa Ladder (direita)
Fonte:Moraes e Castrucci(2001)

As bobinas representam estados internos ou saídas de sistema, bobinas energizada é estado excitado, geralmente associado ao valor binário 1.

Os contatos representam entradas de valor binário, geralmente contato fechado se associa ao valor 1.

A tabela 2 a seguir contém instruções básicas presentes em qualquer controlador programável.

INSTRUÇÃO	REPRESENTAÇÃO
Contato normalmente aberto - NA	- -
Contato normalmente fechado - NF	- / -
Bobina	-()-
Bobina Latched	-(L)-
Bobina Unlatched	-(U)-

Tabela 2 Instruções básicas em Ladder

2.2.2 Endereçamento

O endereçamento E/S padrão Rockwell Automation é muito semelhante ao tipo de endereçamento que a maioria dos fabricantes de controladores utiliza, mas aqui será exposto o endereçamento especificamente utilizado pela Rockwell Automation, que foi utilizado nesse trabalho.

Podemos observar na figura 3 a seguir o esquema de endereçamento E/S padrão utilizado:



Figura 3– Esquema de endereçamentos Rockwell Automation

Fonte: www.ab.com

Temos a seguinte configuração de endereçamento:

- Tipo de Arquivo (X), “I” será referente às entradas e “O” referente às saídas;
- Número do Arquivo de Dados (d) é opcional, onde 0 representam saídas e 1 representam entradas;
- Número da Ranhura (s) é “0” para E/S incorporadas no CLP, ou o número correspondente à ranhura das expansões;
- Palavra (w) é exigida se o número de bit for maior que 15;
- Bit (b) varia de 0 a 15.

2.3 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA (IHM)

Segundo Moraes e Castrucci (2001) a necessidade da criação de uma interface surgiu quando se começou a trabalhar com sistemas automatizados complexos, de maneira a facilitar o trabalho da equipe encarregada da operação do sistema. Seu objetivo é permitir a supervisão e muitas vezes o comando de determinados pontos da planta automatizada.

A IHM está normalmente próxima à linha de produção instalada na estação de trabalho, traduzindo os sinais vindo do CLP para sinais gráficos, de fácil entendimento.

O aparelho de interface irá trocar informações com o sistema de controle conectando-o ao controlador por um *link* de comunicação, o qual pode variar desde comunicação serial à rede de Ethernet.

Assim sendo, o CLP envia sinais para o sistema supervisor (Interface Homem-Máquina) por meio de *tags*, que são mensagens digitais que levam informações como o endereço dentro do CLP, para o caso de retornar informação, e o tipo de *tag*.

A IHM possui recursos que a tornam altamente atrativos, como as interfaces gráficas de usuário, que por meio da visualização gráfica em cores e com alta definição, torna-se muito mais prático e rápido obter informações precisas a respeito do *status* do processo. (Silveira, 1999)

Outro recurso da IHM é o armazenamento de receitas de produção, onde um conjunto de *setpoints* é armazenado e ao serem enviados ao controlador, definem as diversas parametrizações do sistema. Assim, torna-se possível, por exemplo, alterar rapidamente a quantidade de cada insumo na produção de telhas de concreto, como é o caso deste trabalho.

As IHMs podem liberar a CPU do controlador da monitoração de situações anômalas do processo pela geração de sinais de alarme. Tal procedimento é feito pela constante monitoração das *Tags* suscetíveis a falhas por parte da IHM, que podem ter a vantagem, de em ocorrências, sugerir ao operador que providências devem ser tomadas diante de um defeito ocorrido. (Silveira, 1999). Pode-se observar exemplos de IHMs na figura 4.



Figura 4– Exemplos de IHMs Allen Bradley

Fonte: www.ab.com

2.4 ATUADORES

Os atuadores ou dispositivos de saída são elementos de campo usados para executar as instruções de controle do controlador, ou seja, os atuadores têm a capacidade para ativar grande variedade de elementos que serão atuadores sobre a planta industrial.

Os principais dispositivos atuadores, de natureza eletromecânica, são:

2.4.1 Solenóides

Dispositivos que alimentados eletricamente, produzem movimento de deslocamento. Podem ter movimento discreto, com duas posições (aberta ou fechada); ou movimento contínuo, com deslocamento linear com relação ao sinal de tensão aplicado à bobina. (Moraes; Castrucci, 2001).

2.4.2 Relés

Dispositivo que alimentado eletricamente gera uma ação mecânica da qual resulta o chaveamento de um sinal elétrico, ou seja, a corrente elétrica passando por uma bobina

provoca uma força mecânica em um núcleo metálico que comuta entre contatos.(Moraes,2001).

Os Relés podem ser eletromecânicos, que usam um sinal de baixa corrente para armar um conjunto de contatos; temporizados, que possuem sistemas que retardam a operação após excitado; ou contadores, que têm a capacidade de chavear altas cargas de corrente.

Na figura 5 estão ilustrados dois exemplos de relés temporizados, que são utilizados para a segurança dos operadores de máquinas.



Figura 5 – Exemplos de Relés GuardMaster Allen Bradley

Fonte: www.ab.com

2.5 SENSORES

Os sensores são dispositivos que irão capturar as informações relativas ao estado do processo físico industrial e as transmitirão ao controlador do processo (Souza,2005).

São como olhos e ouvidos do CLP. A maior parte dos CLPs precisa reconhecer um sinal discreto (energizado ou desenergizado). Os dispositivos de entrada comunicam-se com o CLP ligando ou desligando a corrente por meio de contatos eletromecânicos ou de estado sólido. (Moraes; Castrucci, 2001).

Monitorar, regular e controlar os processos são os objetivos dos desenvolvedores de tecnologias de detecção, mais especificamente dos sensores de presença, que podem ser divididos em sensores com contato e sensores sem contato.(Rockwell Automation,1999).

Os sensores com contato são dispositivos eletromecânicos que necessitam de contato físico direto com o objeto alvo para detecção de mudanças. Um exemplo de sensor com contato são as chaves fim-de-curso, que são bastantes utilizadas devido sua robustez, fácil instalação e confiabilidade de operação. (Rockwell Automation,1999).

Já os sensores sem contato são dispositivos eletrônicos de estado sólido que criam um campo ou um feixe de energia e que reagem a distúrbios nesse campo. Um exemplo de sensor sem contato são os sensores fotoelétricos. (Rockwell Automation,1999)

Albuquerque e Thomazini (2005) citam características dos sensores:

- Sensibilidade: razão entre sinal de saída e entrada, quando existe grande variação de sua saída ocasionada por uma pequena variação em sua entrada o sensor é muito sensível.
- Exatidão: um instrumento tem grande exatidão quando o erro na medição é pequeno, ou seja, quando o instrumento fornece respostas próximas a um valor verdadeiro.
- Alcance: faixa de valores na qual o sensor é capaz de receber entrada.
- Velocidade de resposta: velocidade na qual a medida fornecida pelo sensor alcança o valor real do processo.

Na figura 6 são apresentados diferentes tipos de sensores e de chaves.



Figura 6— Exemplos de Chaves e Sensores .

Fonte: www.ab.com

3 METODOLOGIA E MATERIAL UTILIZADO PARA EXECUÇÃO DO PROJETO DE AUTOMAÇÃO

Com base em toda teoria e conceitos apresentados no capítulo anterior, neste capítulo será apresentado a solução do problema para a automação da máquina de mistura para telhas de concreto.

Descrição do projeto de automação, especificações de equipamentos, programação do controlador e IHM assim como descrição para instalação do controlador são assuntos que serão vistos nesse capítulo.

3.1 DESCRIÇÃO DA MÁQUINA DE DOSAGEM E MISTURA

A máquina de dosagem e mistura para fabricação de telhas de concreto é composta por seis silos de matéria prima: Silo 1, Silo 2, Silo3, Silo de água, silo para aditivo e Silo para cimento. Um misturador, uma esteira com balança, uma esteira de transporte, uma rosca sem-fim transportadora e três bombas d'água, conforme figura 7 a seguir.

Os silos 1, 2 e 3 armazenam o material a ser utilizado na mistura, que são três tipos de areia. Não há medição de nível em nenhum dos silos.

Na saída dos silo 1, 2 e 3 são utilizados motores elétricos com sistema de pás rotativas para liberação dos materiais.

O misturador realizará a mistura através de um agitador acionado por motor elétrico.

A esteira com balança é responsável por receber o material dos silos 1, 2 e 3 e por pesar estes materiais através de uma balança. A correia desta esteira é acionada por um motor elétrico.

A rosca transportadora e a esteira de transporte levam o material até a entrada do misturador, ambas acionadas por seu motor elétrico.

A água e o aditivo serão levados ao misturador com o auxílio de bombas d'água.

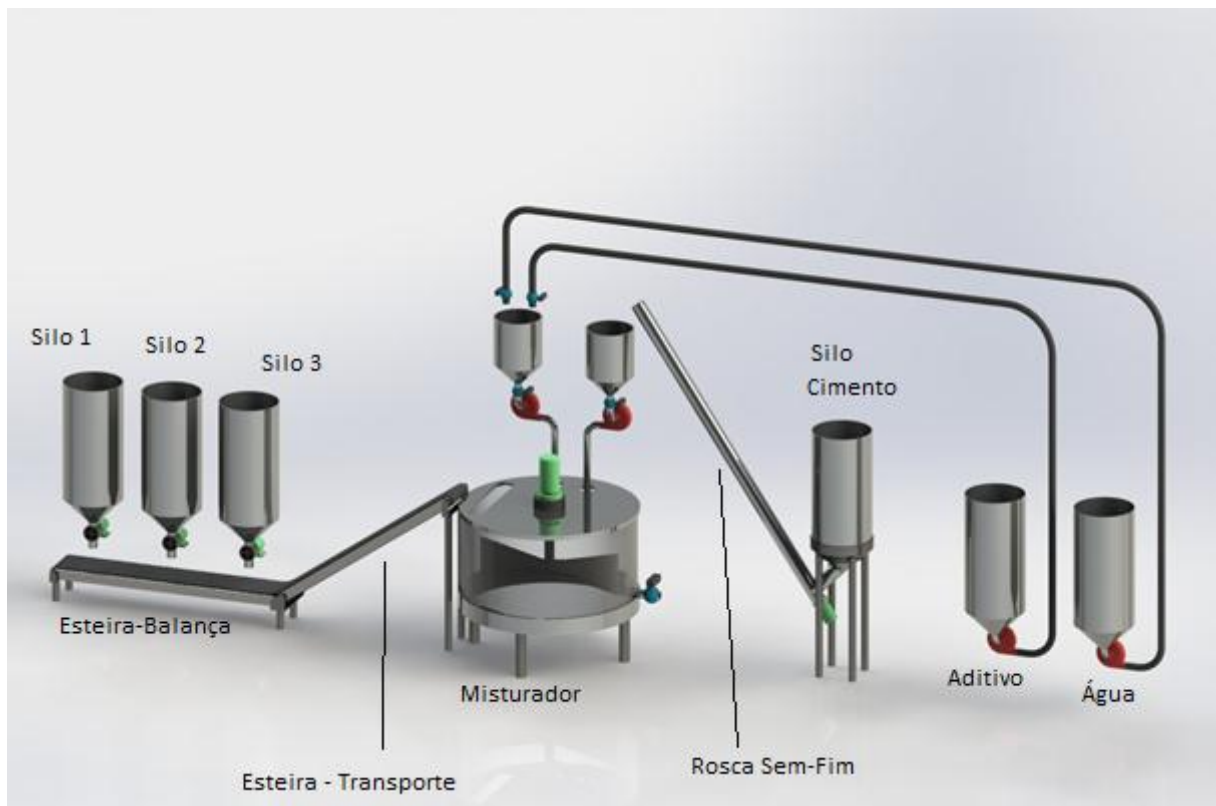


Figura 7– Esquema ilustrativo da máquina de dosagem e mistura

3.1.1 Descrição da Operação da Máquina de Dosagem e Mistura

O funcionamento da máquina de dosagem e mistura para a fabricação de telhas de concreto deve seguir os passos a seguir:

1. O operador preencherá na IHM (Interface Homem-Máquina) :

- Voo: nas telas Agregado1, Agregado2, Agregado3 e Cimento; que indicará o valor em Kg no qual o motor irá fazer a dosagem sem pausa, em rotação rápida.

- Pulso: nas telas Agregado1, Agregado2, Agregado3 e Cimento; o operador poderá modificar o tempo (em segundos) no qual o motor ficará ligado, em baixa rotação (para o caso da utilização de inversor de frequência). Ou seja, depois que o valor da balança alcançar o valor do Voo, o motor irá ligar e desligar obedecendo ao tempo do Pulso, até alcançar o valor total da quantidade a ser pesada de cada matéria prima, fazendo assim melhor dosagem.
- Limite Superior e Limite Inferior: nas telas Agregado1, Agregado2, Agregado3 e Cimento; que indicará o valor aceitável (em porcentagem) do total para pesagem, ou seja, o valor pesado sempre estará dentro do intervalo delimitado entre o limite superior e limite inferior.
- Tempo de Mistura e Tempo de Boca Aberta: na tela Misturador; que indicará o tempo (em segundos) no qual o misturador irá funcionar e o tempo no qual a válvula de descarga ficará aberta.
- Quantidade de Bateladas: na tela Bateladas; que indicará a quantidade de bateladas que a máquina irá produzir em série.

2. Após a solicitação da matéria prima o operador liga a máquina;

3. A máquina irá fazer a dosagem de areia seguindo a ordem: Silo1, Silo2 e Silo3, pois esses silos dependem da mesma balança para a pesagem.

3.1 O motor da saída de cada silo será acionado em 60Hz (um silo por vez). O material então começa a cair sobre a esteira.

3.2 Para se obter uma melhor precisão na dosagem, quando a pesagem atingir o valor inserido em Voo, solicitado pelo operador, o motor da saída de cada silo terá sua velocidade reduzida para 20% de 60Hz, e irá ligar e desligar nessa velocidade obedecendo o tempo inserido em Pulso (tempo ligado), pelo operador.

3.3 Quando o valor da pesagem de cada silo atingir o valor solicitado seu motor é desligado.

4. Simultâneamente ao item 3, o cimento começa a ser dosado através de uma rosca transportadora.

4.1 A rosca é ligada e a pesagem do cimento é realizada por uma balança que está acima (na entrada) do misturador.

4.2 Quando o valor da pesagem atingir o valor solicitado em Voo o motor irá ligar e desligar respeitando o valor inserido pelo operador em Pulso (tempo ligado) .

4.3 Quando o valor da pesagem atingir o valor total solicitado o motor da rosca sem-fim é desligado.

5. Também simultâneamente ao item 3, a água começa a ser dosada através de uma bomba;

5.1 A bomba 1 é ligada e a pesagem da água é realizada por uma balança que está acima (na entrada) do misturador;

5.2 Quando o valor da pesagem atingir o valor solicitado a bomba é desligada.

5.3 Com o fim da pesagem da água o aditivo começa a ser dosado, através da bomba2 (o começo da pesagem do aditivo depende do fim da pesagem da água pois é utilizado a mesma balança para a dosagem de ambas matérias-primas.

5.4 Quando o valor da pesagem atingir o valor solicitado a bomba é desligada.

6. Liga-se o motor do misturador (liga o motor antes de fazer a descarga dos materiais), que ficará acionado pelo tempo que o operador estabelecer.

7. Liga-se a bomba 3 e a válvula da saída da balança para fazer a descarga da água e do aditivo no misturador

8. Abre a válvula da saída da balança de cimento para a descarga do mesmo.

9. Ligam-se as esteiras com balança e a de transporte para fazer a descarga das areias dos Silos1, 2 e 3.

10. Com o fim da contagem do tempo de mistura, o agitador será desligado e o material será liberado para a extrusora pela abertura de uma válvula (por um tempo determinado em Tempo de Boca Aberta, na IHM).

Para saber se o produto está dentro das normas de produção é necessário que seja feita uma batelada e realizar os testes de qualidade sempre que algum dos silos é reabastecido. Assim, se os resultados dessa primeira batelada forem satisfatórios, pode-se então dizer que a “receita” está correta.

3.2 ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA AUTOMAÇÃO DO PROJETO

Nesta seção será explicado como foi feita a configuração e especificação de cada equipamento utilizado na automação da máquina de mistura para fabricação de telhas de concreto. Foram apresentados para o cliente várias opções de produtos, e a escolha final foi feita a partir do melhor custo-benefício, ou seja, foram escolhidos pelo cliente os produtos que atendiam os requisitos básicos e que eram economicamente favoráveis. A tabela 3 mostra o código de cada produto e suas descrições.

Produtos	Quantidade
Inversor de Frequência	
Código: 22F-D6P0N103 <i>PowerFlex4M AC Drive, 480VAC, 3PH, 6 Amps, 2.2 kW, 3 HP, Frame tipo B, IP20 (Open), LED Display, Teclado digital Fixo.</i>	3
Controlador Lógico Programável	
CARTÃO DE EXPANSÃO DE ENTRADAS ANALÓGICAS- Código: 1762-IF4 <i>4 Canais Current/Voltage. Módulo analógico de entradas</i>	1
MICROLOGIX 1200 – Código: 1762-L40BWA <i>MicroLogix 1200, alimentação 120/240V ac, (20) standard 24V dc and (4) Fast 24V dc entradas digitais, (16) saídas à relé</i>	1

Produtos	Quantidade
CARTAO DE EXPANSAO DE SAIDAS DIGITAIS - Código: 1762-OW8 8 Pontos VAC/VDC Módulo de Saída à Relé.	1
Botão de Emergência	
Código:800FP-LMT64 800F Operador Iluminado Cogumelo, Gira para liberar, 60mm, Plástico (Type 4/4X/13, IP66), Vermelho.	1
Código:800F-ALP Envólucro Plástico	1
Código:800F-N3R LED Integrado, Latch Mount, 24V AC/DC, LED vermelho.	1
Código:800F-X10 22.5mm PB No Latch, bloco de contato, 1 N.O.	1
Interface Homem-Máquina	
Código:2711C-T6M PanelView Component, C600 Model, 6 in., Monochrome	1
Chave Fim-de-Curso	
Código:802B-CSAAXSLC3 Chave fim-de-curso 802B, Compacta, Braço rotacionado, montado, Pré-fiado.	1
Relés Térmicos	
Código:193-T1AA25 Relé de sobrecarga -T1 MCS, IEC, Bimetálico, 0.16-0.25A.	7
Disjuntores-Motores	
Código:140M-C2E-C10 MPCB, Standard Magnetic Trip (Fixed at 13 x Ie), 6.3 - 10 A.	9
Contatores	
Código:100-C09B10 Contator - MCS-C, IEC, 9A, 440V 50Hz / 480V 60Hz	9

Tabela 3 – Especificação de Componentes para Automação do Projeto

3.2.1 Especificação do Controlador Lógico Programável (CLP)

A primeira coisa que se pensa ao se especificar produtos para um projeto de automação industrial é qual controlador lógico programável se deve utilizar. Para fazer essa escolha é preciso primeiramente determinar a quantidade de dispositivos a serem monitorados e controlados.

No caso do projeto do misturador para produção de telhas de concreto foi feita a seguinte análise relacionada aos dispositivos a serem monitorados e controlados:

- 24 entradas digitais necessárias para monitoramento:
 - Inversor de frequencia para motor do silo1;
 - Sinal de falha Inversor de frequencia do silo1;
 - Inversor de frequencia para motor do silo2;
 - Sinal de falha Inversor de frequencia do silo2;
 - Inversor de frequencia para motor do silo3;
 - Sinal de falha Inversor de frequencia do silo3;
 - Motor esteira com balança;
 - Relé térmico motor esteira com balança;
 - Motor esteira transportadora;
 - Relé térmico motor esteira transportadora;
 - Motor rosca sem-fim;
 - Relé térmico rosca sem-fim;
 - Bomba d'água (1) para água;
 - Bomba d'água (2) para aditivo;
 - Bomba d'água (3) para misturador;
 - Relé térmico bomba de água (1);
 - Relé térmico bomba de água (2);
 - Relé térmico bomba de água (3);
 - Motor misturador;
 - Relé térmico motor misturador
 - Sensor eletroválvula aberta;
 - Sensor eletroválvula fechada;
 - Botão de emergência;
 - Sensor tampa do misturador;
- 20 saídas digitais necessárias para controle:
 - 3 saídas para Inversor de frequencia 1;
 - 3 saídas para Inversor de frequencia 2;
 - 3 saídas para Inversor de frequencia 3;

- Contator esteira com balança;
 - Contator esteira transportadora;
 - Contator rosca sem-fim;
 - Contator misturador;
 - Contator bomba d'água para água;
 - Contator bomba d'água para aditivo;
 - Contator bomba d'água para balança;
 - Contator válvula descarga água da balança;
 - Contator válvula descaga cimento;
 - Abre eletroválvula ;
 - Fecha eletroválvula.
- 3 entradas analógicas necessárias para monitoramento:
 - Uma entrada para cada balança.

Levando em conta a memória requerida para a programação (que foi de aproximadamente 1,5KB em palavras), as instruções de programação necessárias para a aplicação, a quantidade de dispositivos a serem monitorados e controlados (citados acima), considerando uma possível futura expansão e a não utilização de rede de comunicação, foi especificado a família de controladores Micrologix 1200, do fabricante Allen Bradley.

A família de controladores Micrologix 1200 proporciona 4KB de memória para programação (em palavras), até 40 entradas/saídas digitais embutidas e possibilidade de até 96 entradas/saídas digitais em expansões locais. (ROCKWELL AUTOMATION, *Micrologix Family Brochure*,pg.18)

Os controladores da família Micrologix utilizam software de programação RSLogix 500, e possuem grande alcance de funcionalidades necessárias para endereçar diversas aplicações, utilizando instruções dos diferentes tipos:

- Instruções básicas (por exemplo, examinar se On ou Off);
- Dados instruções de comparação (por exemplo, igual, maior ou igual);

- Instruções de matemática (por exemplo, somar, subtrair)
- Controle de fluxo de instruções (por exemplo, Jump Subrotina);
- Aplicações com saídas de trem de pulso de alta (PTO) e de largura de pulso modulada (PWM);

Assim, o CLP utilizado foi o Rockwell Micrologix 1200 (código de catálogo 1762L40BWA) , que é alimentado por 120/240 Volts AC, 24 saídas digitais de 24Volts DC e 16 saídas à relé.

Como o CLP utilizado não possui o número suficiente de saídas para o controle, foi necessário a utilização de um cartão de expansão para saídas digitais. O código do cartão de expansão utilizado é 1762OW8, que possui oito saídas à relé.

Foi utilizado também um cartão para entradas analógicas, devido a utilização das três balanças. O cartão com código 1762-IF4 foi o que se encaixou à aplicação, pois possibilita a entrada de quatro canais de corrente/tensão.

É apresentado na figura 8 o desenho tridimensional do Micrologix 1200 código de catálogo 1762L40BWA.

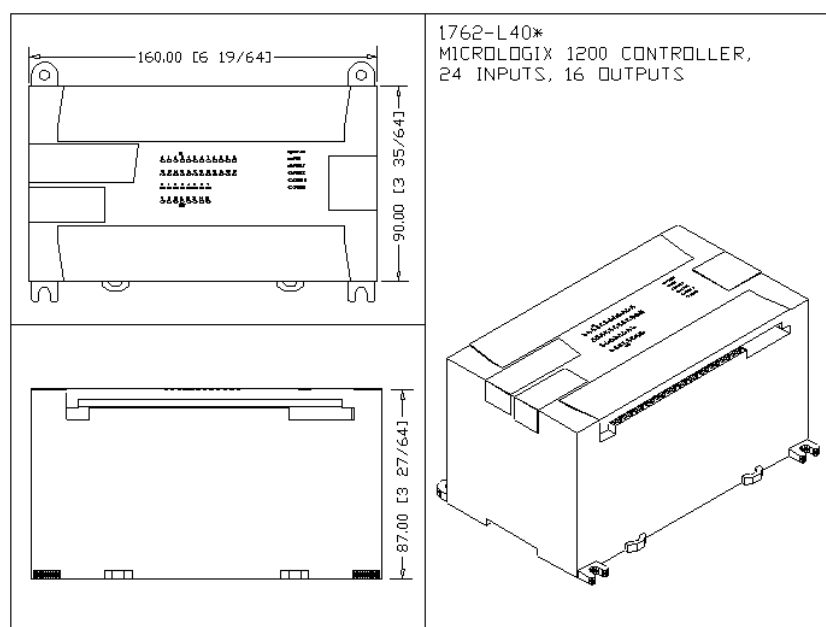


Figura 8 – Desenho tridimensional Micrologix 1200 cód.1762L40BWA

Fonte: Proposal works - www.ab.com.

3.2.2 Especificação dos Inversores de Frequência (Drives)

O inversor de frequência da linha PowerFlex 4M CA, fabricante Allen-Bradley, pertencente ao código 22F-D6P0N103, foi escolhido pelo cliente para fazer a regulação em malha aberta dos três motores dosadores de agregados (Silos 1, 2 e 3). A escolha foi feita devido às indicações feitas pelo fabricante do inversor, obedecendo os 480 VAC, 3 pólos de voltagem de entrada, motor que irá controlar de 3HP, com corrente de saída de 6Amps e com módulo de interface homem-máquina com display de LED e teclado digital fixo.

A linha Powerflex 4M CA Allen-Bradley fornece os menores e mais acessíveis inversores da família PowerFlex, ideal para controle de velocidade de máquinas, oferecendo versatilidade e atendendo às demandas globais de OEMs (*Original Equipment Manufacturer*) e usuários finais que necessitam fácil programação e dispõem de pouco espaço nos painéis elétricos. (*Literature*, www.ab.com) .

Na figura 9 pode-se visualizar inversores CA Powerflex 4M (figura 9) e o desenho tridimensional do inversor utilizado, de código 22F-D6P0N103 (figura 10).



Figura 9 – Inversores CA PowerFlex4M de 0,2 a 11kW(0,25 a 15HP), 120 V, 240V e 480V.

Fonte: Literature - www.ab.com.

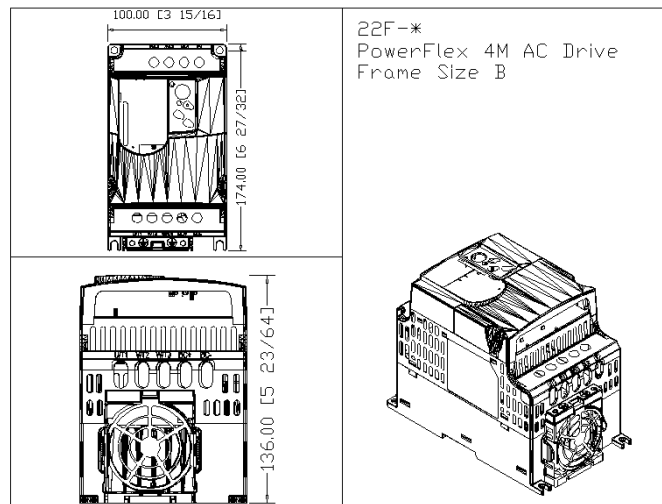


Figura 10 – Desenho tridimensional PowerFlex 4M cód. 22F-D6P0N103

Fonte: Proposal works - www.ab.com.

3.2.3 Especificação da Interface homem-máquina (IHM)

Para fazer a escolha da IHM, foi levado em conta que a principal função seria a entrada de dados para a “receita”, não tendo a necessidade de bons gráficos ou mesmo cores. Assim sendo, e pensando também no custo-benefício, foi escolhido pelo cliente o PanelView Component, que possui o código 2711C-T6M.

Esse modelo de interface tem a tela de seis polegadas, monocromática e touch-screen. Abaixo, na figura 11, é apresentado o desenho tridimensional do Panel View Component de código 2711C-T6M.

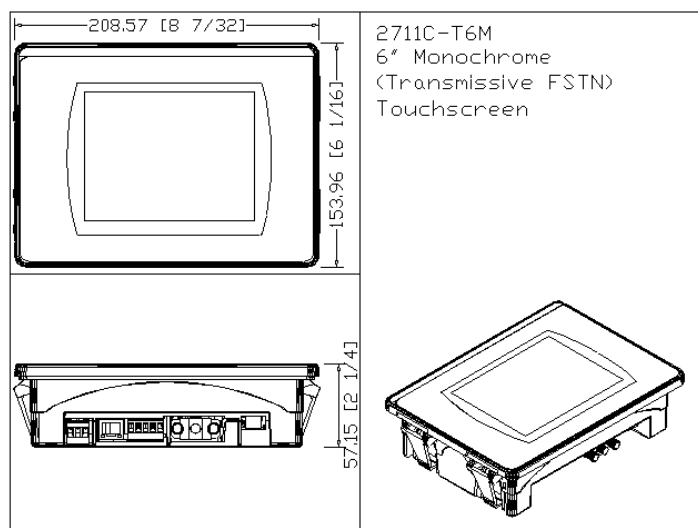


Figura 11 – Desenho tridimensional PanelView Component cód. 2711C-T6M.

Fonte: Proposal works - www.ab.com.

A IHM PanelView Component oferece controle e visualização, sua comunicação é otimizada com a utilização dos controladores Micrologix (utilizado neste projeto) por meio de comunicações do tipo DF1, DH-485 ou Ethernet.

3.2.3 Especificação de Componentes Essenciais

Para a realização do projeto de automação da máquina de mistura para telhas de concreto, além do controlador, dos inversores de frequência e da IHM, também foram utilizados componentes que auxiliam no controle e proteção da planta, denominados aqui de componentes essenciais.

Dentre os componentes essenciais estão: contadores, relés, disjuntores-motores, botões de segurança e chave de fim-de-curso.

Para a especificação do botão de emergência foi preciso a escolha do envólucro plástico, do LED interno, do bloco de contato (normalmente fechado) e do operador iluminado, na forma de cogumelo, vermelho, e que precisa girar para liberar. Por isso que são

necessários quatro códigos para a especificação do botão de emergência: 800FP-LMT64, 800F-ALP, 800F-N3R e 800F-X10. O operador do botão está representado na figura 12.



Figura 12 – Operador do botão de emergência.

Fonte: Proposal works - www.ab.com.

Para a especificação dos Relés, dos Disjuntores e dos Contatores foi necessário obter informações dos respectivos motores ou bombas d'água. Foram escolhidos contatores da família 100C da Rockwell automation, com corrente máxima de 9Amp e contato 1N.O e 0N.C. Os disjuntores especificados foram da família 140M, com corrente de terminal para o intervalo de 6,3-10Amp. Já os relés térmicos foram especificados para intervalo de corrente de abertura do circuito de 0,16 Amp. à 0,25 Amp. (ajustável).

As chaves fim-de-curso consistem em um atuador mecanicamente conectado a um conjunto de contatos, quando o objeto alvo entra em contato com o atuador, o dispositivo faz com que os contatos façam ou desfaçam conexão elétrica. A chave fim-de-curso que foi especificada para assegurar que a tampa do misturador esteja sempre fechada está representada pelo desenho tridimensional abaixo, de código 802B-CSAAXSLC3. (Rockwell Automation,1999).

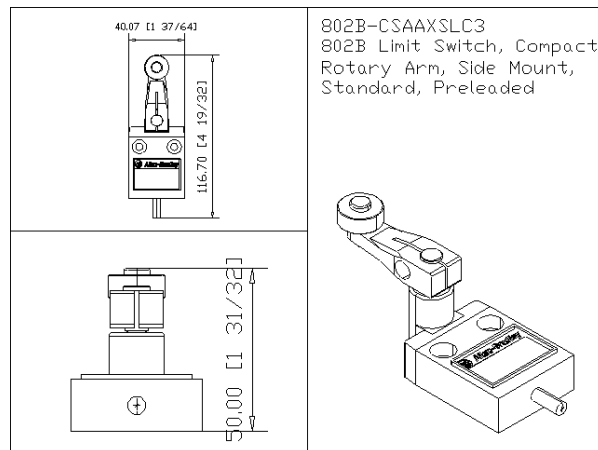


Figura 13 – Desenho tridimensional Chave fim-de-curso..

Fonte: Proposal works - www.ab.com.

3.3 PROGRAMAÇÃO DO CLP

Para a programação do CLP foi utilizado o Software RSLogix 500, que permitiu o desenvolvimento do projeto baseado em contatos abertos ou fechados, ou seja, na lógica a relé, contendo assim todas as informações necessárias para o comando do processo.

O software RSLogix 500 permite que o programador se concentre na aplicação lógica ao invés de se preocupar apenas com a sintaxe do programa, além de proporcionar o verificador de projeto, que lista os erros de forma conveniente, te proporcionando a correção mais facilmente.

Para a construção do programa foi feito primeiramente o fluxograma das tarefas para melhor entendimento do processo:

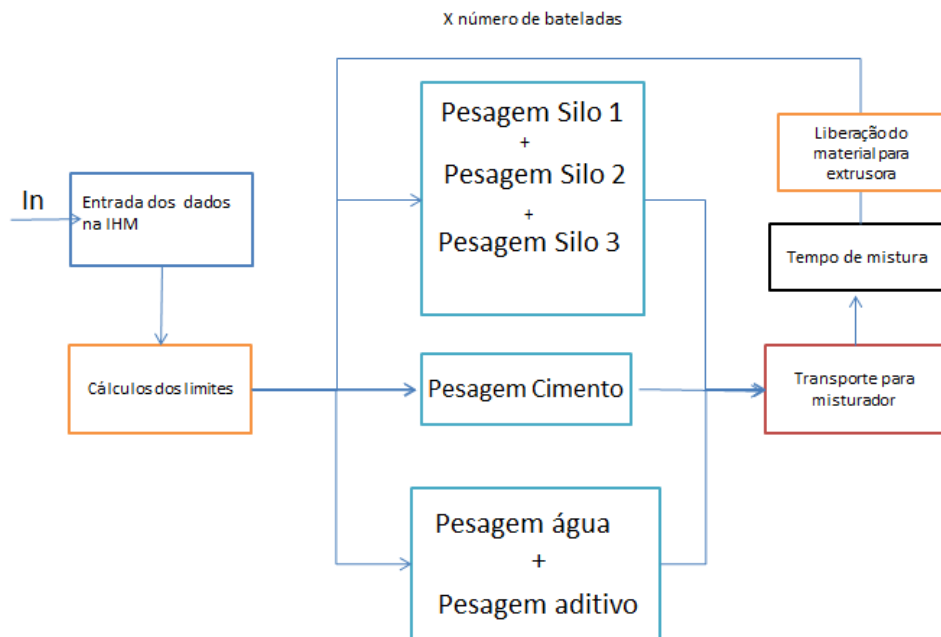


Figura 14– Fluxograma com tarefas do processo.

Foram feitas divisões na tarefa pesagem ao se pensar no fluxograma, pois o sistema possui apenas três balanças. Assim, a área de cálculos irá calcular o limite de pesagem para o funcionamento de cada motor (dosador). Por exemplo: se o operador deseja 30kg de areia do silo 1, 40kg de areia do silo 2 e 40kg de areia do silo 3, teremos o motor dosador do silo 1 funcionando quando a pesagem está entre 0 (zero) e 30 (trinta), o motor dosador do silo 2 funcionando quando a pesagem está entre 30 (trinta) e 70 (setenta) e assim por diante. O mesmo sistema é adotado com a pesagem da água e do aditivo, ou seja, será utilizado a mesma balança para isso.

Nota-se também que o transporte dos agregados apenas começa quando a pesagem de todos os materiais for finalizada, pois o motor do misturador terá que ser ligado antes da entrada dos materiais no mesmo, fazendo assim uma partida mais “suave” para o motor. Então quando pensa-se em transportar os materiais para dentro do misturador é preciso pensar também em ligar o motor do mesmo, para facilitar a partida.

Assim, o programa “*ladder*” foi estruturado tendo como base um programa “principal” e mais treze sub-rotinas, para facilitar a programação e detecção de erros. As sub-rotinas são listadas abaixo:

- Entradas;
- Saídas;
- Agregado1;
- Agregado 2;
- Agregado 3;
- Cimento;
- Água;
- Aditivo;
- Transporte;
- Mistura;
- Alarmes;
- Cálculos;
- FirstPass.

Os códigos ladder de cada sub-rotina, assim como o do programa como um todo é apresentado no Apêndice E. A seguir será explicado a função e construção de cada sub-rotina.

3.3.1 Ladder Principal

Nesta parte do programa estão todas as chamadas às outras sub-rotinas, ou seja, “chama-se” as sub-rotinas *firstpass*, entradas, saídas, alarmes, agregado1, agregado2, agregado3, cimento, água e aditivo.

As chamadas Entradas, Saidas e Alarmes são sempre “chamadas” quando a máquina é ligada ou re-ligada após alguma pausa, fazendo o reset automático das entradas e saídas, assim como a verificação da existência de alarmes ativos.

No “*ladder*” principal também é feito o controle do “liga – desliga” da máquina, ou seja, a interligação de comandos para fazer a máquina começar a funcionar ou deixar de

funcionar, como a interligação do botão de emergência com o stop da IHM, ambos gerando as mesmas ações, que no caso é a parada da máquina, acionamento de alarme, etc. Nessa parte do programa foi feito também a contagem das bateladas, ou o *reset* da mesma.

No “*ladder*” Principal o motor do misturador (b11:3/0) é acionado, para facilitar a partida do mesmo (partida em vazio).

Ainda no Ladder Principal é feito as conversões de escala das balanças utilizando a função SCP, que é muito utilizada para entradas analógicas, possibilitando o trabalho com sinal em uma escala apropriada.

Para a configuração da função SCP foi feito:

- *Inputs* utilizados foram as entradas analógicas das balanças;
- *Input* mínimo tem como valor teórico -32767 (menor número que o conversor consegue ler), porém como o sinal da balança é de 4mA a 20mA precisa-se eliminar o *range* negativo. Como o sinal da balança não começa em 0mA, calcula-se pela equação da reta que, quando chegar o menor sinal na entrada do CLP (4mA) o valor de *Input* mínimo é de 6553. Na prática este valor precisa ser determinado no campo na hora do start up, pois o sinal de saída de cada balança é diferente, não necessariamente igual a 4mA;
- *Input* máximo é o valor da entrada analógica convertido para decimal, sendo 31240;
- *Scaled* mínimo é o menor valor para a escala para a qual irá converter, no caso como será utilizado escala em Kg, o menor valor é zero.
- *Scaled* máximo é o maior valor para a escala para a qual irá converter, ou seja, a limitação do equipamento;
- *Output* é o endereço de memória que vai armazenar o valor convertido na escala desejada, como o valor terá casas decimais, foi utilizado no endereçamento ponto flutuante, indicado pela letra F no endereço.

O controle do sequenciamento das pesagens é feito no “*ladder*” principal, ou seja, como os silos 1, 2 e 3 usam a mesma balança, assim como a água e o aditivo, é no “*ladder*” principal que o sequenciamento das pesagens é determinado. O fluxograma da lógica para a construção do Ladder Principal é mostrado a seguir.

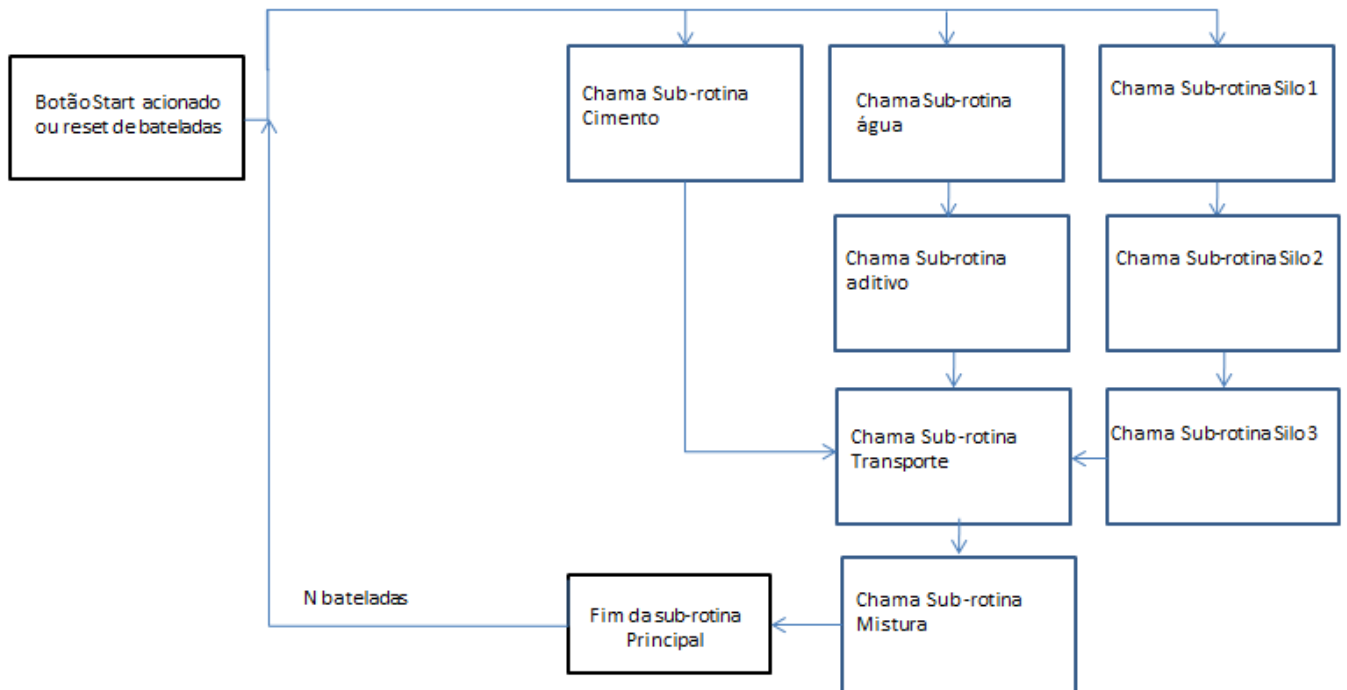


Figura 15– Fluxograma com tarefas da sub-rotina Principal

Na parte Agregados, no “*ladder*” principal, é feito o sequenciamento das sub-rotinas a serem chamadas para a conclusão da pesagem dos silos 1, 2 e 3. A sequência das sub-rotinas a serem chamadas é Agregados1, Agregados2 e Agregados3, onde a sub-rotina Agregados2 só é “chamada” quando a sub-rotina Agregados 1 for concluída. O mesmo acontece com a sub-rotina Agregados3, onde ela só é “chamada” quando a sub-rotina Agregados 2 for concluída.

Na parte Água, Cimento e Aditivo do “*ladder*” principal, é “chamada” a sub-rotina cimento, para a pesagem do cimento, e para a pesagem da água e do aditivo primeiramente se “chama” a sub-rotina Água e com a sua conclusão é “chamada” a sub-rotina aditivo, pois ambos materiais utilizam a mesma balança para pesagem, então necessitam obedecer uma ordem de pesagem.

Na parte transporte do ladder principal, verifica-se se todas as etapas de pesagem foram concluídas e se a eletroválvula do misturador está fechada, para então iniciar “chamar” a sub-rotina de transporte.

Na parte Mistura do “*ladder*” principal, é verificado se o processo de mistura foi finalizado, para então “chamar” a sub-rotina mistura. A sub-rotina cálculos também é chamada quando são inseridos valores na IHM.

3.2.2 Ladder Sub-rotina Entradas

Na sub-rotina Entradas os contatos das entradas fecham bobinas que são usadas para controle nas outras etapas de todo o programa, ou seja, o estado de cada entrada irá interferir na operação do controlador. Pode-se observar o esquemático da sub-rotina na figura 16.

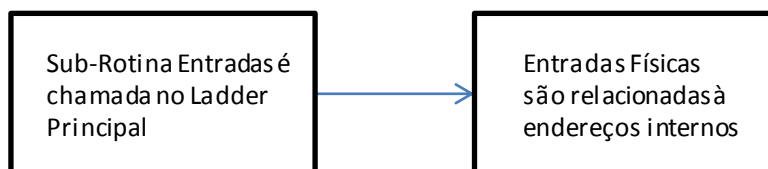


Figura 16– Fluxograma com tarefas da sub-rotina Entradas

3.3.3 Ladder Sub-rotina Saídas

Na sub-rotina Saídas os contatos das saídas fecham bobinas que irão ligar-desligar motores, abrir-fechar válvulas ou ligar-desligar bombas na planta. Pode-se observar o esquemático da sub-rotina na figura 17.

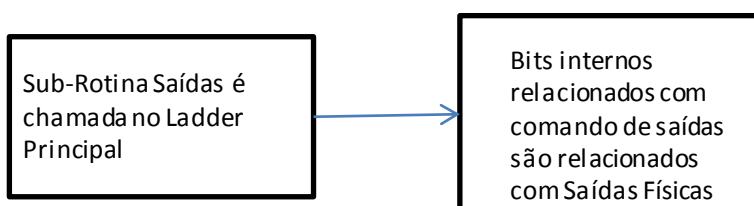


Figura 17– Fluxograma com tarefas da sub-rotina Saídas

3.3.4 Ladder Sub-rotina Agregado1, Agregado2 e Agregado3

Nas sub-rotinas Agregados 1, Agregados2 e Agregados 3 são utilizados os limites de pesagens da balança, assim como os limites de operação dos motores de dosagens em 100% de velocidade ou 80% de velocidade, ou seja, quando a pesagem de cada agregado chega a 80% de seu valor, o motor de dosagem irá operar mais devagar para obtenção de melhor dosagem.

A lógica de operação da pesagem utiliza a seguinte tabela abaixo de endereçamento, onde é criado o endereço b11, do tipo bit, para setar ou zerar as ações de pesagem.

Agregados		
Endereçamento	Saída Física	Ação
b11:0/0	O:0/0	Liga-desliga inversor silo 1
b11:0/1	O:0/1	Velocidade máxima inversor silo 1
b11:0/2	O:0/2	Velocidade reduzida inversor silo 1
b11:0/3	O:0/3	Liga-desliga inversor silo 2
b11:0/4	O:0/4	Velocidade máxima inversor silo 2
b11:0/5	O:0/5	Velocidade reduzida inversor silo 2
b11:0/6	O:0/6	Liga-desliga inversor silo 3
b11:0/7	O:0/7	Velocidade máxima inversor silo 3
b11:0/8	O:0/8	Velocidade reduzida inversor silo 3
b11:0/9		Final do processo de pesagem de agregados 1
b11:0/10		Final do processo de pesagem de agregados 2
b11:0/11		Final do processo de pesagem de agregados 3

Tabela 4– Tabela de endereçamento para pesagem dos agregados.

A lógica de pesagem é apresentada no apêndice A e nos fluxogramas representados nas figuras 18, 19 e 20.

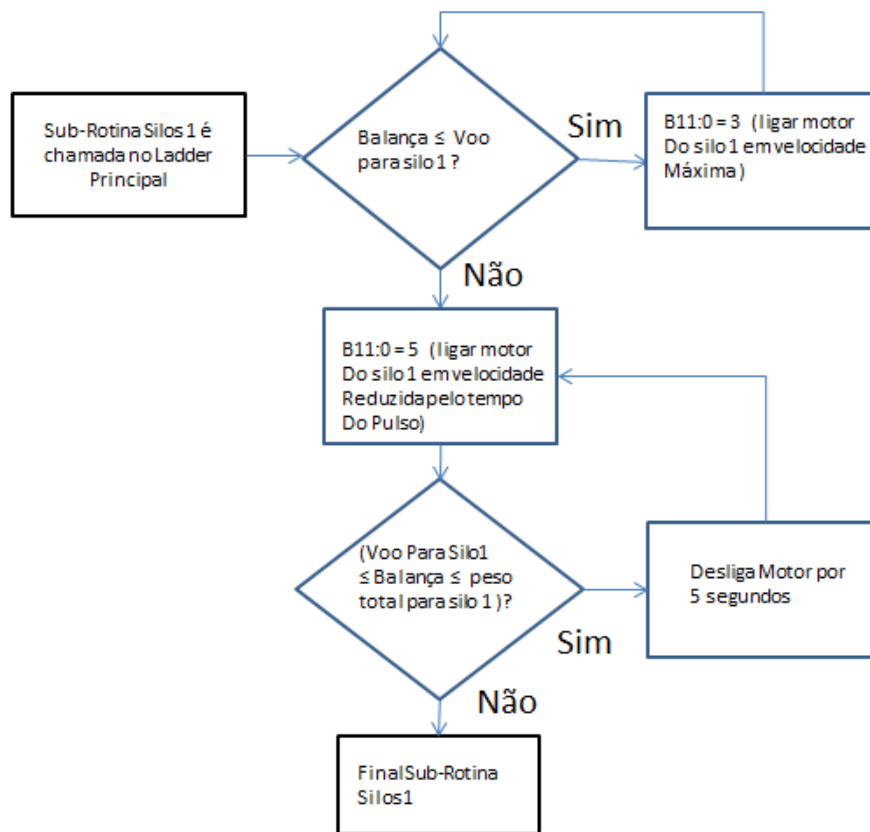


Figura 18— Fluxograma com tarefas da sub-rotina Silos 1

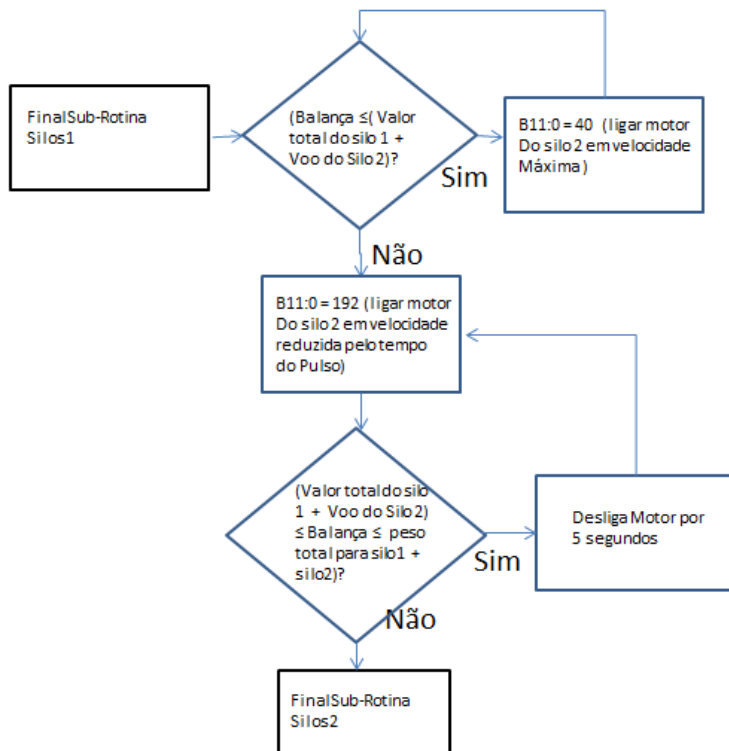


Figura 19– Fluxograma com tarefas da sub-rotina Silos2.

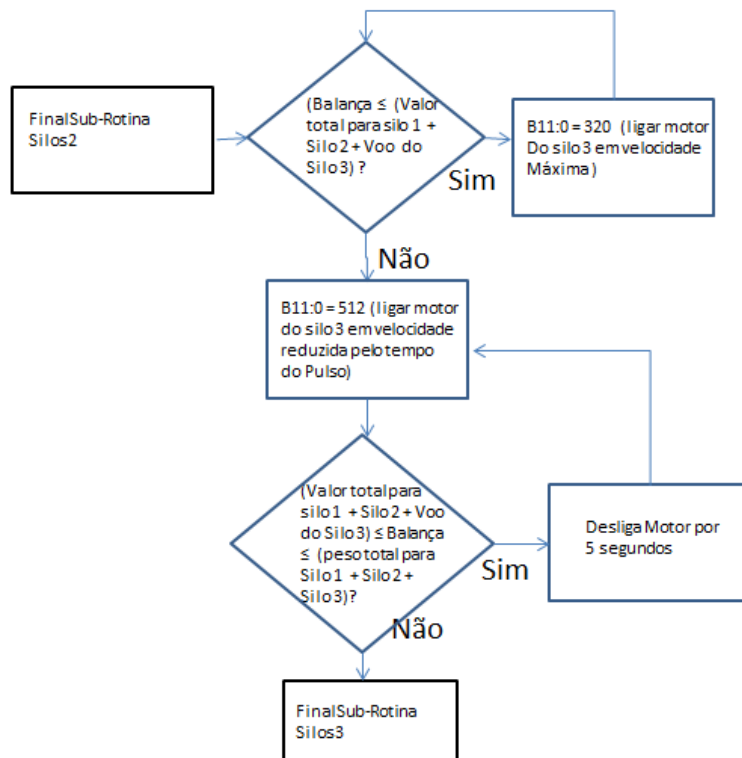


Figura 20– Fluxograma com tarefas da sub-rotina Silos3

3.3.5 Ladder Sub-rotina Cimento, Água e Aditivo

As sub-rotinas Cimento, Água e Aditivo fazem a pesagem dos mesmos. Utilizando-se uma balança para pesagem do cimento e outra para a pesagem da água e do aditivo.

A pesagem do cimento é feita de forma simples, por existir uma balança exclusiva para ele. O valor da pesagem é comparado com o valor inserido na IHM, em quanto o valor da balança for menor que o valor inserido na IHM, liga-se a rosca sem-fim.

A tabela de endereçamento a seguir é construída para setar ou zerar os endereços reponsáveis pelas ações de pesagem. O bit b11 foi utilizado novamente, mas com o bit de ranhura igual a “1”, ou seja, um segundo grupo. A lógica para as subrotinas podem ser vistas nos fluxogramas da figura 21.

Cimento, Água e Aditivo		
Endereçamento	Saída Física	Ação
b11:1/0	O:1/3	Liga-desliga válvula para adição de água
b11:1/1	O:0/11	Liga-desliga rosca sem-fim para adição de cimento
b11:1/2	O:1/2	Liga-desliga aditivo
b11:1/3		Final do processo de pesagem do cimento
b11:1/4		Final do processo de pesagem do agua
b11:1/5		Final do processo de pesagem do aditivo

Tabela 5 – Tabela de endereçamento para pesagem do cimento, água e aditivo.

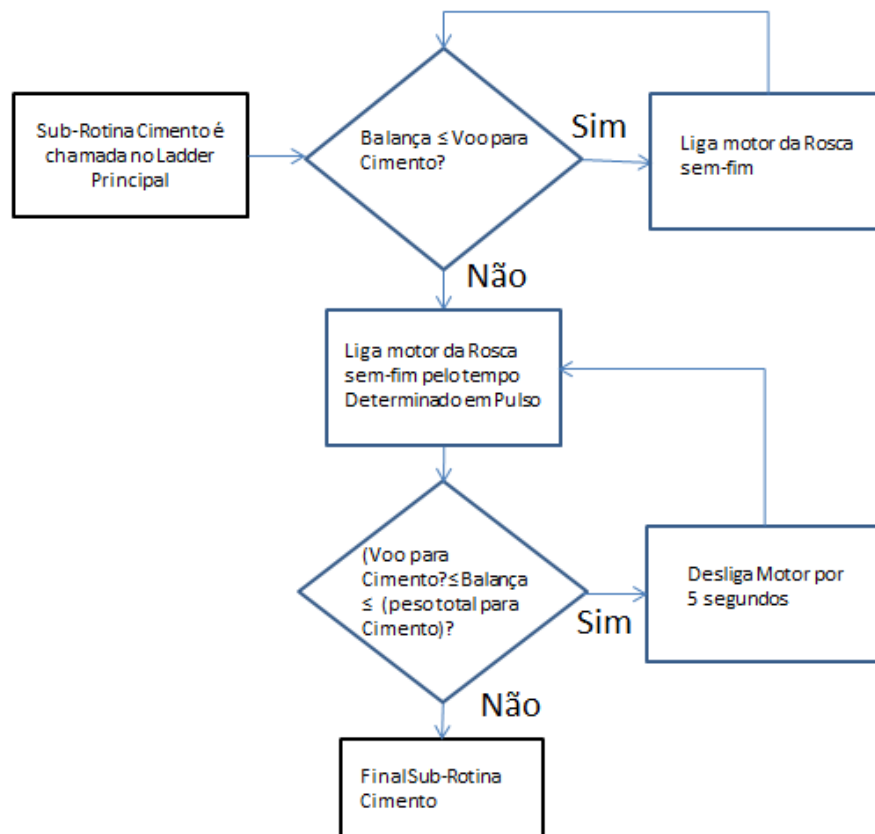


Figura 21– Fluxograma com tarefas da sub-rotina Cimento

Já a pesagem da água e do aditivo é feita de forma conjunta (mesma balança). obedecendo assim as lógicas apresentadas nos fluxogramas das figuras 22 e 23. Primeiramente acontece a pesagem da água, e com sua finalização inicia-se a pesagem do aditivo.

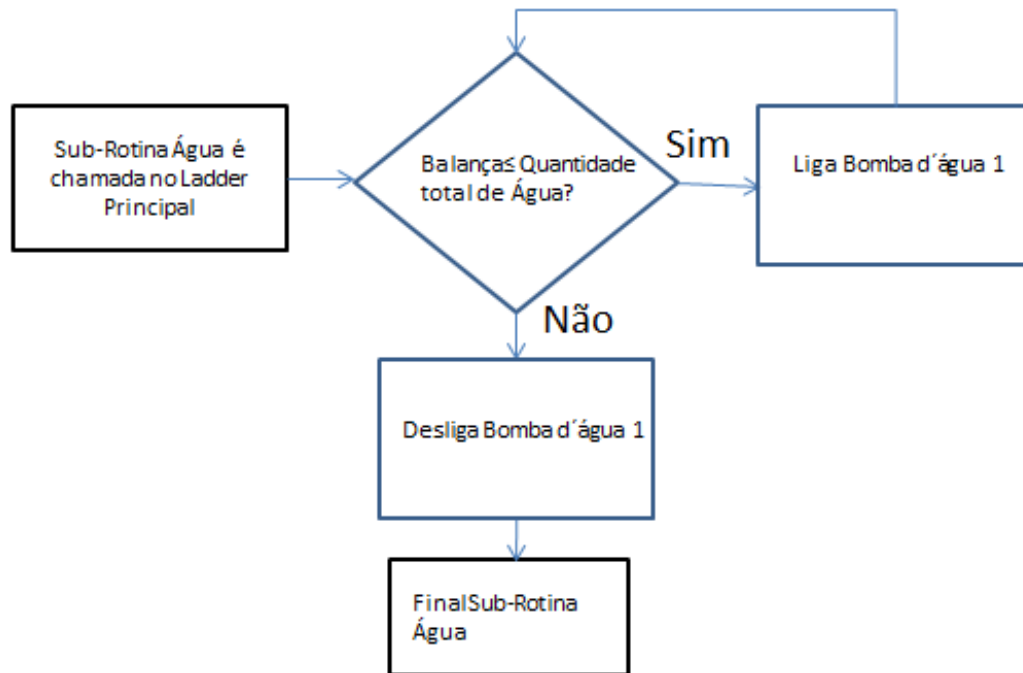


Figura 22– Fluxograma com tarefas da sub-rotina Água

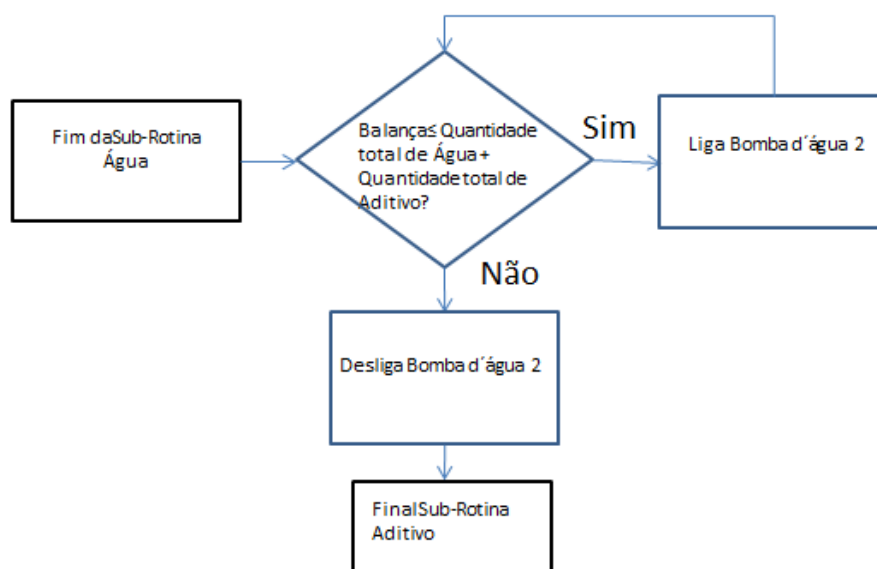


Figura 23– Fluxograma com tarefas da sub-rotina Aditivo

3.3.6 Ladder Sub-rotina Transporte

É na sub-rotina Transporte que os materiais são enviados para o misturador, mas para isso é preciso que todos os processos de pesagem estejam concluídos. A tabela 6 é construída para auxiliar no endereçamento para a sub-rotina.

Transporte para Misturador		
Endereçamento	Saída Física	Ação
b11:2/0	O:0/9	Liga-desliga esteira-balança
b11:2/1	O:0/10	Liga-desliga esteira da esteira-balança para o misturador
b11:2/2	O:0/14	Liga-desliga válvula de água para misturador
b11:2/3	O:0/13	Liga-desliga bomba de água para misturador
b11:2/4	O:0/15	Liga-desliga descarga de cimento para misturador
b11:2/5	mesmo da água	Liga-desliga descarga de aditivo para misturador
b11:2/6		Final do processo de transporte para misturador
b11:3/0	O:0/12	Motor do misturador

Tabela 6– Tabela de endereçamento para transporte.

Para a estruturação da sub-rotina Transporte, foram setados tempos pré determinados de ligação de cada motor, ou seja, quanto tempo demoraria para cada material chegar ao misturador, levando em conta a velocidade de cada esteira. A lógica para a subrotina pode ser vista no fluxograma da figura 24.

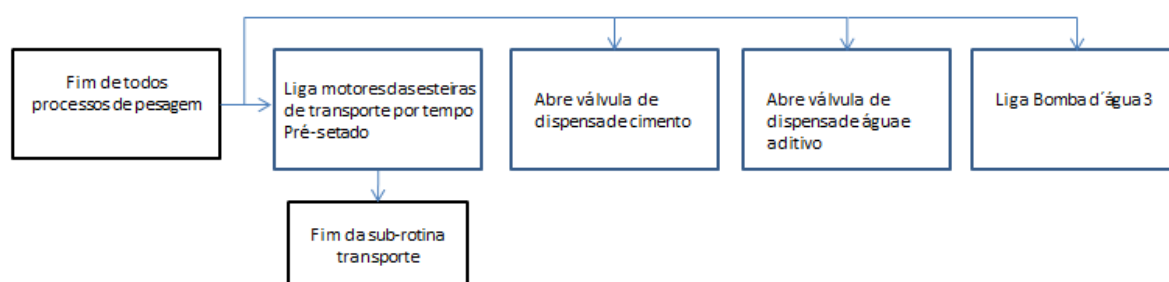


Figura 24– Fluxograma com tarefas da sub-rotina Transporte

3.3.7 Ladder Sub-rotina Mistura

A sub-rotina mistura determina o tempo de mistura do misturador, assim como a ação de abrir e fechar da eletroválvula do tanque de mistura.

A tabela 7 de endereçamento foi construída para auxiliar a construção da sub-rotina.

Misturador		
Endereçamento	Saída Física	Ação
b11:3/0	O:0/12	Motor do misturador
b11:3/1	O:1/0	Abre Eletroválvula
b11:3/2	O:1/1	Fecha Eletroválvula

Tabela 7– Tabela de endereçamento para mistura.

A lógica para a realização da sub-rotina encontra-se no Apêndice B, e no fluxograma da figura 25.

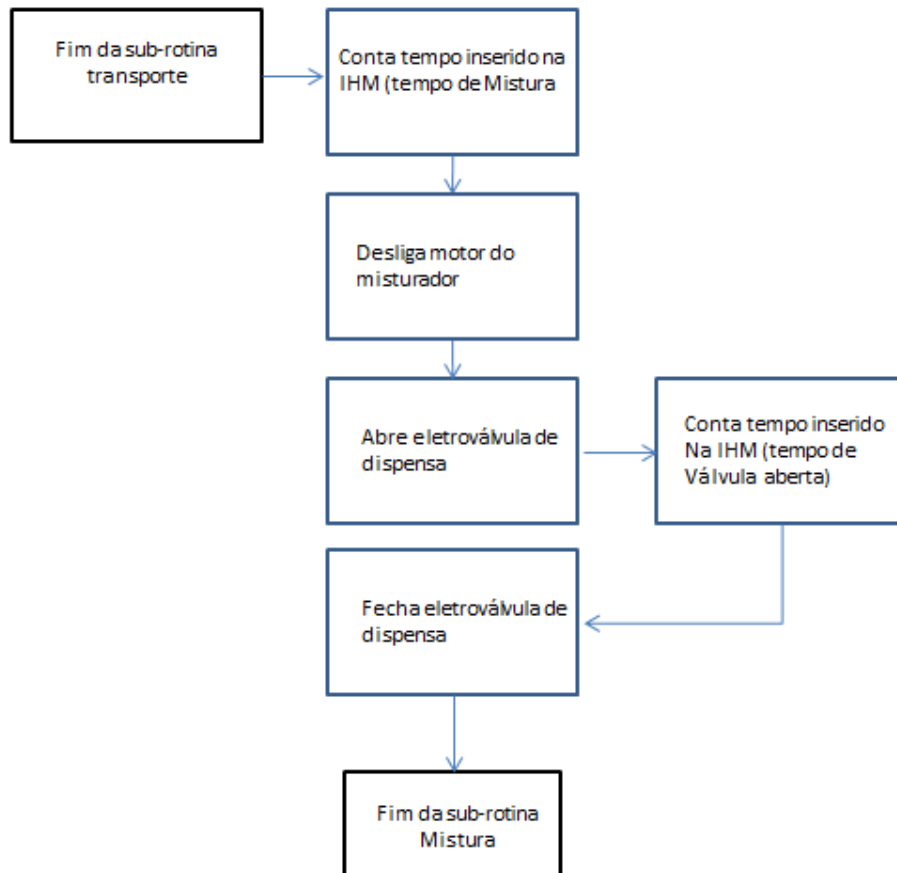


Figura 25– Fluxograma com tarefas da sub-rotina Mistura

3.3.8 Ladder Sub-rotina Alarmes

Os alarmes são de grande utilidade na planta, pois servem de prevenção contra acidentes e de detecção de erros de operação. Os alarmes são contatos fechados inseridos em toda lógica do programa, e quando esse contato se abre, ele deixa de mandar sinal para o CLP, fazendo o sistema parar. Quando isto acontece é necessário *reset* do operador via IHM para o sistema voltar a funcionar. A lógica dessa sub rotina pode ser observada no fluxograma da figura 26.

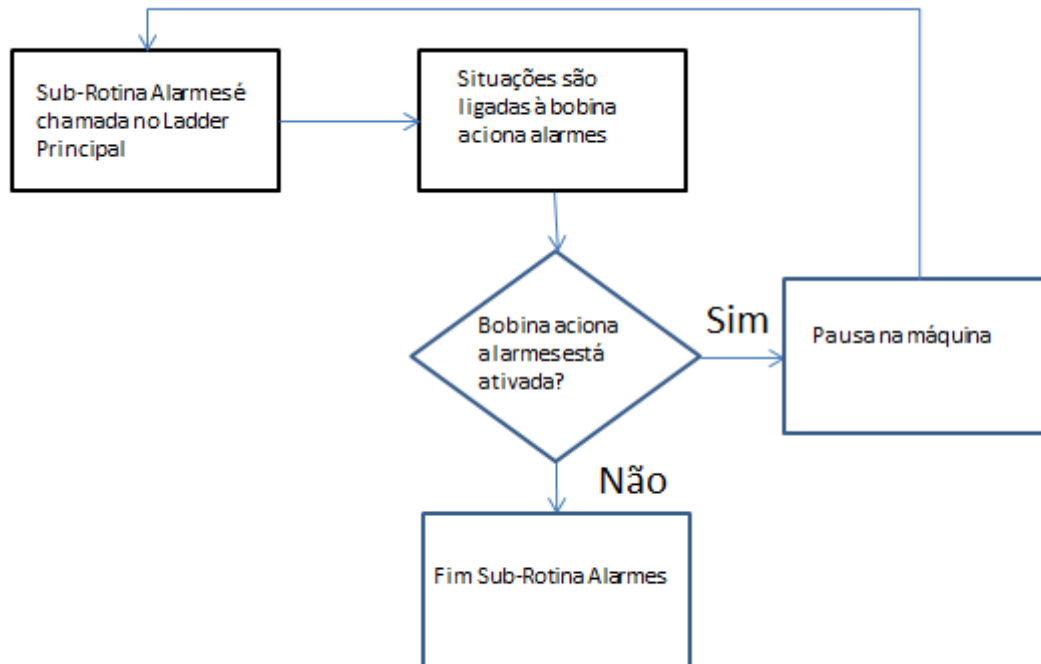


Figura 26– Fluxograma com tarefas da sub-rotina Alarmes

3.3.9 Ladder Sub-rotinas Cálculos e First Pass

As sub-rotinas cálculos e first pass foram feitas para evitar erros de operação, ou seja, sempre que a máquina for ligada ou resetada ela irá passar primeiramente pela sub-rotina first pass, onde todos os endereços importantes para a correta operação da máquina serão zerados. Logo depois irá acontecer a sub-rotina Cálculos, que irá receber os dados enviados pelo operador via IHM e irá fazer os cálculos dos limites das pesagens e dos temporizadores.

3.4 PROGRAMAÇÃO DA IHM

O ambiente de configuração e programação do PanelView utilizado é acessado através do web browser, conectando o computador ao PanelView através de conexão Ethernet ou USB. Antes de conectar o computador por USB ao PanelView, é preciso instalar o USB RNDIS driver no computador e estar utilizando Windows XP ou Vista. A configuração utilizada (por porta USB) está representada na figura 27.

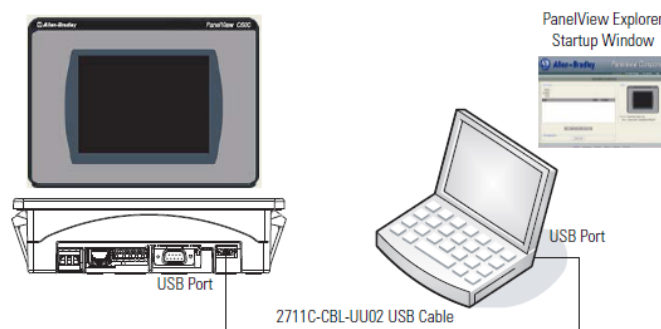


Figura 27 – Conexão PanelView ao computador.

Fonte: - www.ab.com.

3.4.1 Comunicação

A configuração da comunicação da IHM com o controlador foi feita a partir da aba communication, no PanelView Explorer, ambiente de configuração e programação, como é ilustrado na figura 28.

A comunicação foi feita utilizando protocolo de comunicação serial DF1, tipo de comunicação assíncrona orientada por byte, que é muito utilizada por grande parte dos produtos Allen Bradley. O protocolo DF1 é orientado por caracteres ASCII e funciona com comunicação do tipo half duplex e full duplex.

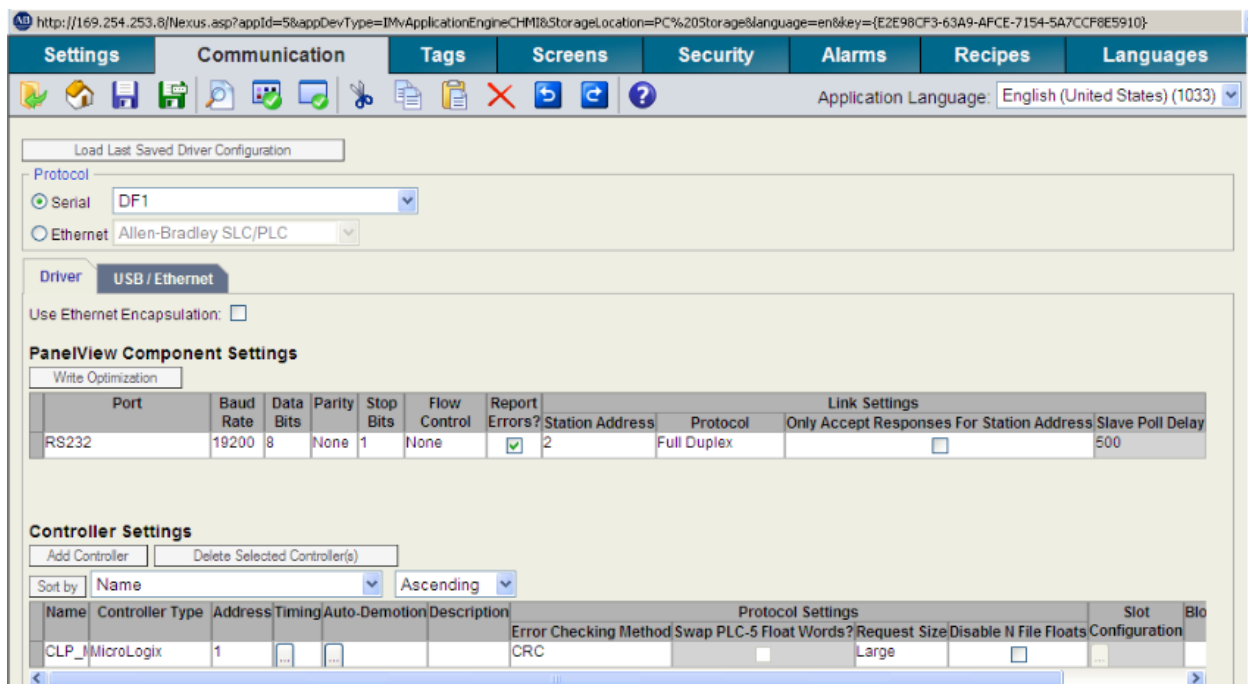


Figura 28 - Tela PanelView Explorer, ambiente de programação e configuração da IHM.

3.4.2 Criação de Telas

As telas da IHM são criadas para gerar interação entre o operador e a máquina, ou seja, são criados layouts gráficos onde o operador poderá:

- Inserir informações para setar a máquina;
- Iniciar, pausar ou recomençar o processo;
- Receber informações de parada de planta (alarmes).

O PanelView Component Explorer, ambiente de configuração e programação, fornece ferramenta necessária para a criação das telas, onde é utilizada linguagem gráfica.

Foram criadas dez telas para o projeto do misturador de massa para telhas de cimento: Tela Inicial, Agregado1, Agregado2, Agregado3, Agua_Aditivo, Alarm_Banner, Cimento, Diagnostics, Misturador e Bateladas. Todas as telas são apresentadas no Apêndice C.

A Tela Inicial foi criada para mostrar o estado dos relés térmicos dos motores (ou do retorno dos inversores), para possibilitar o acesso às outras telas, para possibilitar a parada da máquina pela IHM e para o reset, em caso de existência de alarme.

As telas Agregado1, Agregado2 e Agregado3 foram criadas para que o operador insira a quantidade a ser pesada de cada agregado, a quantidade na qual o inversor irá dosar na velocidade 100% (Voo do Agregado), e limites superiores e inferiores, ou seja, a margem de erro admissível para a pesagem.

A tela Agua_aditivo existe para que o operador insira a quantidade de água. Já a tela Misturador tem como objetivo permitir que o operador insira o tempo de mistura, e o tempo de boca aberta, que é o tempo no qual a válvula de saída do misturador fica aberta.

A tela Cimento foi criada para que o operador insira a quantidade a ser pesada de cimento, limites inferiores e superiores (margem de erro em porcentagem aceitável), pulso (tempo) de medida e vôo (quando o motor atingir o valor do vôo ele pára, e então fica ligando e desligando obedecendo o tempo inserido, para melhor dosagem).

A tela Bateladas foi feita para que o operador insira o número de bateladas a ser produzido. Já as telas Alarm Banner e Diagnostics são telas que são pré configuradas pelo fabricante, ou seja, a tela Alarm Banner é “chamada” automaticamente sempre que acontecer uma situação de alarme, e a tela Diagnostics é chamada sempre que acontecer alguma falha com a IHM, por exemplo, perda de comunicação com o CLP.

Para fazer a interligação das informações de entrada e saída do CLP, e de entrada e saída das telas da IHM, é preciso criar tags e interligá-las aos endereços de memória de interesse do CLP, como é feito na tabela 8.

	Tag Name	Data Type	Address	Controller
1	START	Boolean	B10:0/0	CLP_MAQUINA3
2	STOP	Boolean	B10:0/2	CLP_MAQUINA3
3	REGISTRA_VALORES	Boolean	B10:0/1	CLP_MAQUINA3
4	EMERGENCIA_AÇIONADA	Boolean	B12:0/0	CLP_MAQUINA3
5	SILO1_LIGADO	Boolean	B12:0/1	CLP_MAQUINA3
6	SILO2_LIGADO	Boolean	B12:0/3	CLP_MAQUINA3
7	SILO3_LIGADO	Boolean	B12:0/5	CLP_MAQUINA3
8	ESTEIRA_BALANCA_LIGADA	Boolean	B12:0/7	CLP_MAQUINA3
9	TERMICO_ESTEIRA_BALANCA	Boolean	B12:0/8	CLP_MAQUINA3
10	TRANSP_EST_BAL_MISTUR_LIGADO	Boolean	B12:0/9	CLP_MAQUINA3
11	TERMICO_TRANSP_EST_BAL_MISTUR_LIGADO	Boolean	B12:0/10	CLP_MAQUINA3
12	ROSCA_SEM_FIM_LIGADA	Boolean	B12:0/11	CLP_MAQUINA3
13	TERMICO_ROSCA_SEM_FIM	Boolean	B12:0/12	CLP_MAQUINA3
14	MISTURADOR_LIGADO	Boolean	B12:0/13	CLP_MAQUINA3
15	TERMICO_MISTURADOR	Boolean	B12:0/14	CLP_MAQUINA3
16	BOMBA_DESC_BALANCA_LIGADA	Boolean	B12:0/15	CLP_MAQUINA3
17	TERMICO_BOMB_DESC_BALANCA	Boolean	B12:1/0	CLP_MAQUINA3
18	ELETROVALVULA_ABERTA	Boolean	B12:1/1	CLP_MAQUINA3
19	ELETROVALVULA_FECHADA	Boolean	B12:1/2	CLP_MAQUINA3
20	SENSOR_TAMPA_MISTURADOR	Boolean	B12:1/3	CLP_MAQUINA3
21	QTDE_AGREGADO1	Real	F9:0	CLP_MAQUINA3
22	VOO_AGREGADO1	Real	F9:1	CLP_MAQUINA3
23	LIMITE_SUPERIOR_AGREGADO1	Real	F9:2	CLP_MAQUINA3
24	LIMITE_INFERIOR_AGREGADO1	Real	F9:3	CLP_MAQUINA3
25	QTDE_AGREGADO2	Real	F9:4	CLP_MAQUINA3
26	VOO_AGREGADO2	Real	F9:5	CLP_MAQUINA3
27	LIMITE_SUPERIOR_AGREGADO2	Real	F9:6	CLP_MAQUINA3
28	LIMITE_INFERIOR_AGREGADO2	Real	F9:7	CLP_MAQUINA3
29	QTDE_AGREGADO3	Real	F9:8	CLP_MAQUINA3
30	VOO_AGREGADO3	Real	F9:9	CLP_MAQUINA3
31	LIMITE_SUPERIOR_AGREGADO3	Real	F9:10	CLP_MAQUINA3
32	LIMITE_INFERIOR_AGREGADO3	Real	F9:11	CLP_MAQUINA3
33	QTDE_AGUA	Real	F9:12	CLP_MAQUINA3
34	QTDE_ADITIVO	Real	F9:13	CLP_MAQUINA3
35	QTDE_CIMENTO	Real	F9:14	CLP_MAQUINA3
36	VOO_CIMENTO	Real	F9:15	CLP_MAQUINA3
37	LIMITE_SUPERIOR_CIMENTO	Real	F9:16	CLP_MAQUINA3
38	LIMITE_INFERIOR_CIMENTO	Real	F9:17	CLP_MAQUINA3
39	BALANCA_AGREGADOS	Real	F15:0	CLP_MAQUINA3
40	BALANCA_AGUA_CIMENTO_ADI	Real	F15:1	CLP_MAQUINA3
41	TEMPO_MISTURADOR	Real	N7:0	CLP_MAQUINA3
42	TEMPO_DOSAGEM_AGREGADO1	Real	N7:1	CLP_MAQUINA3
43	TEMPO_DOSAGEM_AGREGADO2	Real	N7:2	CLP_MAQUINA3
44	TEMPO_DOSAGEM_AGREGADO3	Real	N7:3	CLP_MAQUINA3
45	TEMPO_DOSAGEM_CIMENTO	Real	N7:4	CLP_MAQUINA3
46	TEMPO_ELETROVALVULA_ABERTA	Real	N7:5	CLP_MAQUINA3
47	ALARME_SILO1	Boolean	B14:0/0	CLP_MAQUINA3
48	ALARME_SILO2	Boolean	B14:0/1	CLP_MAQUINA3
49	ALARME_SILO3	Boolean	B14:0/2	CLP_MAQUINA3
50	ALARME_ROSCA_SEM_FIM	Boolean	B14:0/3	CLP_MAQUINA3
51	ALARME_ESTEIRA_BALANCA	Boolean	B14:0/4	CLP_MAQUINA3
52	ALARME_EST_ESTEIRA_BALANCA	Boolean	B14:0/5	CLP_MAQUINA3
53	ALARME_BOMBA_DESCARGA_A	Boolean	B14:0/6	CLP_MAQUINA3
54	ALARME_MISTURADOR	Boolean	B14:0/7	CLP_MAQUINA3

Tabela 8– Tabela de Tags para IHM.

3.4.3 Alarmes

Os alarmes são mensagens que aparecem na tela da IHM para apresentar principalmente problemas no funcionamento da máquina.

Para configurar os alarmes é preciso configurar o *trigger*, associando-o a uma *tag*, que aponta ao endereço de alarme do CLP. Ou seja, quando existir uma mudança de estado no endereço de alarme do CLP, o *trigger* irá “disparar” uma mensagem indicando a causa de tal mudança.

A seguir é apresentado a tabela 9 de *triggers* que foram configurados para exibirem mensagens na IHM. Essa tabela foi inserida no web browser de configuração do PanelView Component.

	Trigger	Alarm Type	Edge Detection	Value	Deadband Mode	Deadband Level	Message
1	EMERGENCIA_ACIONA	Bit	Equal	1	Percent	0	Botao de Emergencia A
2	TERMICO_BOMB_DES	Bit	Equal	1	Percent	0	Termico da Bomba de I
3	TERMICO_ESTEIRA_B	Bit	Equal	1	Percent	0	Termico da Esteira Bal
4	TERMICO_MISTURADO	Bit	Equal	1	Percent	0	Termico Misturador
5	TERMICO_ROSCA_SEI	Bit	Equal	1	Percent	0	Termico Rosca Sem-Fir
6	TERMICO_TRANSP_ES	Bit	Equal	1	Percent	0	Termico Transp Est-Bal
7	ALARME_BOMBA_DES	Bit	Equal	1	Percent	0	Alarme Bomba de Desc
8	ALARME_EST_ESTEIR	Bit	Equal	1	Percent	0	Alarme Transp Est-Bal
9	ALARME_ESTEIRA_BAL	Bit	Equal	1	Percent	0	Alarme Esteira-balanca
10	ALARME_MISTURADOR	Bit	Equal	1	Percent	0	Alarme Misturador
11	ALARME_ROSCA_SEM	Bit	Equal	1	Percent	0	Alarme Rosca Sem-Fir
12	ALARME_SILO1	Bit	Equal	1	Percent	0	Alarme Inversor Silo 1
13	ALARME_SILO2	Bit	Equal	1	Percent	0	Alarme Inversor Silo 2
14	ALARME_SILO3	Bit	Equal	1	Percent	0	Alarme Inversor Silo 3

Tabela 9– Tabela de Triggers para configuração da IHM.

3.5 PROGRAMAÇÃO DOS INVERSORES DE FREQUÊNCIA (DRIVES)

Não é necessário programação para fazer o *start-up* de *start*, *stop*, mudanças de direção e controle de velocidade no PoweFlex 4M, pois com o auxílio da IHM e teclado integrados pode-se fazer as mudanças de parâmetros com facilidade.

O teclado integrado nos drives PowerFlex 4M, assim como a tabela de legenda para o teclado são apresentados na figura 29 e 30.

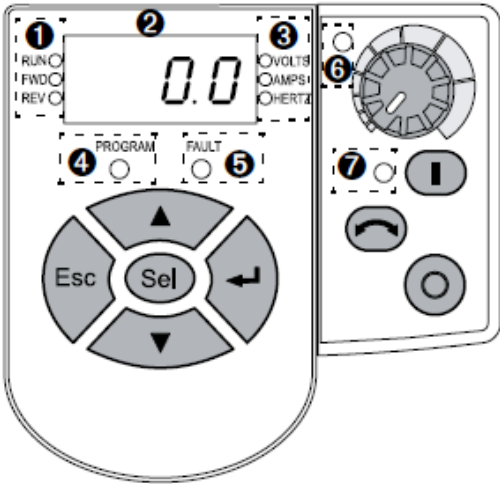


Figura 29 – Teclado integrado PowerFlex 4M.
Fonte: - www.ab.com.

Nº.	LED
1	Status Operação/Direção (Vermelho) Observação: intermitente significa que ele foi comandado para mudar a direção. Indica a direção do motor real enquanto desacelera para zero.
2	Tela alfanumérica (Vermelho)
3	Telas (Vermelho)
4	Status do programa (Vermelho)
5	Status de falha (Vermelho)
6	Status do potenciômetro de velocidade (Verde)
7	Status da tecla de partida (Verde)

Tecla	Nome	Tecla	Nome
	Escape		Potenciômetro de velocidade
	Selecionar		Ligar
	Seta para cima		Reverter
	Seta para baixo		Parar
	Digitar		

Figura 30 – Tabela Legenda para Teclado integrado PowerFlex 4M.
Fonte: - www.ab.com.

Para cada inversor foram setados os parâmetros, obedecendo as diretrizes do Manual do usuário PowerFlex 4M :

- Start-Source (P106) em 2 fios, opção 2. Input deve estar ativada para que o Drive ligue, quando Input vai para nível zero o drive irá parar.
- Stop Mode (P107) em rampa, opção zero.
- Speed Reference (P108) em “Preset Freq”, opção 4.
- Decel Time 1 (P110) em 1 Seg.
- Preset Frequ. (A411) em 60Hz.
- Preset Frequ. (A412) em 12Hz

3.6 INSTALAÇÃO DO CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

A instalação do controlador lógico programável foi realizado em painel elétrico, utilizando trilho DIN, juntamente dos módulos de expansão (de entrada analógica e de saídas digitais), de acordo com as especificações contidas em seu manual e representado na figura 31.

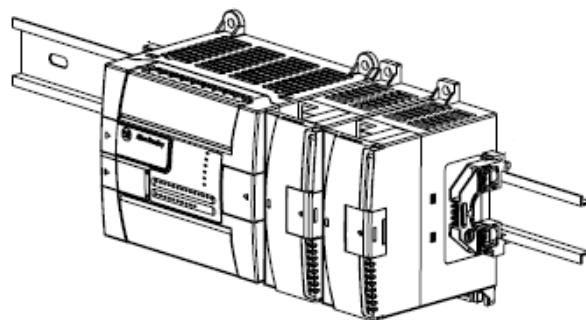


Figura 31 – Instalação do CLP.

Fonte: - Manual de Instalação Micrologix 1200 - www.ab.com.

Foram feitos os desenhos das borneiras para a especificação da instalação e montagem do painel elétrico. Os desenhos foram feitos em AutoCAD 2006, e podem ser observados no Anexo A.

Nas folhas 1 e 2 estão os desenhos das borneiras de entradas do CLP, com a representação do botão de emergência, de relés térmicos (representados por chaves fechadas), contadores (representados por chaves fechadas) e entradas dos inversores de frequência.

As folhas 3 e 9 representam a configuração dos bornes de entrada e saída do CLP, indicando a localização dos bornes de VAC e de GND.

Os desenhos das borneiras de saída do CLP estão nas folhas 4 a 7. Nelas estão representados o liga-desliga de cada inversor de frequência (com chave para possibilitar ligamento manual), assim como as saídas para controle da velocidade dos drives. Estão representados também os contadores dos motores, contadores das bombas e as válvulas, todas com chave automático-manual.

Na folha 8 se encontra o desenho da borneira de saída do cartão de expansão do CLP, com a ligação da eletroválvula e das bombas d'água.

4 RESULTADOS

4.1 TESTES

Foram realizados diversos testes para a verificação e confirmação do correto funcionamento da máquina. A seguir serão apresentados os dois principais testes que foram essenciais para o resultado positivo do projeto.

4.1.1 Testes utilizando Software RSlogix 500

Para a verificação da lógica do programa Ladder foi utilizado o recurso “Custom Data Monitor”, do software RSlogix.

Tabelas são criadas com o objetivo de escolher endereços a monitorar ou a modificar, sejam eles bits ou palavras. Dessa forma fica mais fácil monitorar o processo, sem precisar deslocar o cursor pelo programa a procura de um valor ou outro do processo.

Foram adicionadas diferentes tabelas, que podem ser observadas a seguir.

- Tabelas de verificação Principal e Agregados.

A tabela 10 principal foi feita para possibilitar a simulação de valores que seriam inseridos pelo operador da máquina na IHM, como tempo de mistura e valores das quantidades de agregados 1, 2 e 3; é possível simular também o valor para o qual a balança dos agregados está marcando no momento do teste.

Depois dos valores para pesagem dos agregados serem simulados na tabela 11 é possível verificar o funcionamento dos três inversores que farão a dosagem, utilizando a tabela de verificação agregados.

Address	Value	Description
F9:0	210.0	Qtde do agregado 1
F9:4	140.0	Qtde do agregado 2
F9:8	0.0	Qtde do agregado 3
F9:1	205.0	Voo agregado 1
F9:2	5.0	Limite superior agregado 1
F9:3	5.0	Limite inferior agregado 1
N7:1	5	Tempo de dosagem lenta para o agregado 1
F9:5	130.0	Voo agregado 2
F9:6	5.0	Limite superior agregado 2
F9:7	5.0	Limite inferior agregado 2
N7:2	5	Tempo de dosagem lenta para o agregado 2
F9:9	0.0	Voo agregado 3
F9:10	0.0	Limite superior agregado 3
F9:11	0.0	Limite inferior agregado 3
N7:3	0	Tempo de dosagem lenta para o agregado 3
B10:0/1	0	Registra no CLP os valores digitados na IHM
B10:0/0	0	Start pela IHM
B10:0/2	1	Stop pela IHM
F15:0	200.0	Balanca agregados
N7:0	30	Tempo de mistura
N7:5	15	Tempo eletrovalvula aberta

Tabela 10– Tabela de verificação principal

Address	Value	Description
B11:0/0	0	Liga-desliga inversor silo 1
B11:0/1	0	Reduz velocidade inversor silo 1
B11:0/2	0	
B11:0/3	0	Liga-desliga inversor silo 2
B11:0/4	0	Reduz velocidade inversor silo 2
B11:0/5	0	
B11:0/6	0	Liga-desliga inversor silo 3
B11:0/7	0	
B11:0/8	0	Reduz velocidade inversor silo 3
B11:0/9	1	Final do processo de pesagem de agregados 1

Tabela 11– Tabela de verificação agregados

- Tabela de verificação misturador.

Depois dos valores para tempo de mistura e tempo eletroválvula aberta serem simulados na tabela 12 é possível verificar o funcionamento do motor do misturador a partir da tabela misturador.

Address	Value	Description
B11:3/0	1	Motor do misturador
B11:3/1	0	Abre eletroválvula
B11:3/2	0	Fecha eletroválvula
B3:0/0	0	
T4:1.ACC	0	Temporização do misturador
N7:0	30	Tempo de mistura

Tabela 12– Tabela de verificação misturador

- Tabela de verificação Cimento, Água e Aditivo.

A tabela 13 foi feita para possibilitar a simulação de valores que seriam inseridos pelo operador da máquina na IHM, como quantidade de água, de cimento e de aditivo. É possível simular também o valor que a balança do cimento está marcando no momento do teste, e ver o funcionamento das bombas d'água e da rosca sem-fim para adição de cimento.

Address	Value	Description
F9:12	45.0	Quantidade de agua
F9:13	10.0	Quantidade de aditivo
F9:14	100.0	Quantidade de cimento
F9:15	97.0	Voo do cimento
N7:4	5	Tempo dosagem do cimento
F9:16	5.0	Limite superior cimento
F9:17	5.0	Limite inferior do cimento
F8:32	105.0	Limite superior de cimento (kg)
F8:33	95.0	Limite inferior de cimento (kg)
F15:1	101.8478	Balanca_cimento
B10:0/0	0	Start pela IHM
B10:0/2	1	Stop pela IHM
B10:0/1	0	Registra no CLP os valores digitados na IHM
B11:1/0	1	Liga-desliga válvula para adição de água
B11:1/1	0	Liga-desliga rosca sem-fim para adição de cimento
B11:1/2	0	Liga-desliga aditivo
B11:1/3	1	Final do processo de pesagem de cimento
B11:1/4	0	Final do processo de pesagem de agua
B11:1/5	0	Final do processo de pesagem de aditivo

Tabela 13– Tabela de verificação cimento, água e aditivo

- Tabelas de verificação Entradas, Alarmes e Transporte.

A tabela 14 Entradas foi feita para possibilitar a simulação dos valores dos bits que estão relacionados com as entradas físicas, que possibilitam a verificação dos alarmes com ajuda da tabela 15 Alarmes.

Address	Value	Description
B12:0/0	1	Botao de emergencia
B12:0/1	0	Inversor do silo 1 ligado
B12:0/3	0	Inversor do silo 2 ligado
B12:0/5	1	Inversor do silo 3 ligado
B12:0/7	0	Esteira-balanca ligada
B12:0/8	0	Termico da esteira balanca
B12:0/9	0	Esteira da esteira-balanca para o misturador ligada
B12:0/10	0	Termico da esteira da esteira-balanca para o misturador
B12:0/11	0	Rosca sem-fim ligada
B12:0/12	0	Termico da rosca sem fim
B12:0/13	1	Misturador ligado
B12:0/14	0	Termico do misturador
B12:0/15	0	Bomba de descarga de agua da balanca ligada
B12:1/0	0	Termico da bomba de descarga de agua da balanca
B12:1/1	0	Eletrovalvula aberta
B12:1/2	1	Eletrovalvula fechada
B12:1/3	1	Sensor da tampa do misturador

Tabela 14– Tabela de verificação Entradas.

Address	Value	Description
B14:0/0	0	Alarme inversor 1
B14:0/1	0	Alarme inversor 2
B14:0/2	0	Alarme inversor 3
B14:0/3	0	Alarme rosca sem fim
B14:0/4	0	Alarme esteira-balanca
B14:0/5	0	Alarme esteira da esteira-balanca para misturador
B14:0/6	0	Alarme da bomba de descarga da balanca
B14:0/7	0	Alarme misturador
B3:0/1	0	Aciona alarme

Tabela 15– Tabela de verificação Alarmes.

4.1.2 Testes realizados em campo

O principal teste realizando em campo, para o *start-up* do sistema foi o teste das balanças, para realizar a conversão analógico-digital pelo CLP. Para a realização deste teste é preciso entender como o CLP faz a leitura do sinal analógico.

Quando o CLP recebe o sinal analógico do campo ele converte para digital com a finalidade de processá-lo, como é ilustrado na figura 32.

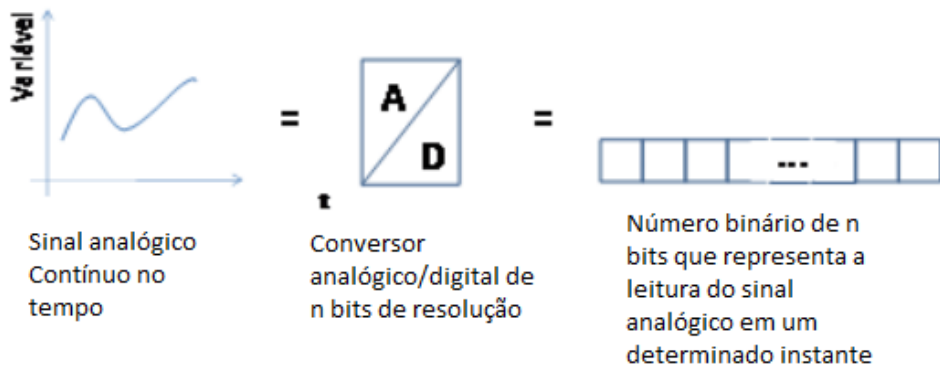


Figura 32 – Conversão analógico-digital.

O sinal analógico, ao chegar na borneira do CLP, é convertido por um conversor analógico-digital com uma resolução de n -bits. Quanto maior a quantidade de bits (n) do conversor, maior sua precisão, sendo que o *range* do número binário que irá representar o sinal (uma amostra do sinal analógico) é de 2^{-n} a 2^{+n} .

No caso do controlador Micrologix 1200, é utilizado um conversor analógico-digital de 16 bits, ou seja, são utilizados 15 bits para determinar o *range* do número digital que será a leitura do sinal analógico, e um bit para a sinalização (positivo ou negativo). Assim, a balança irá enviar um número de -32768 a +32768.

É então utilizado a instrução SCP no programa em Ladder para colocar este valor em uma escala apropriada.

Na instrução SCP é preciso determinar o Input mínimo e o Input máximo de cada balança, ou seja, o input mínimo poderia ser -32768, que é o menor valor que o conversor consegue ler, porém como o sinal da balança será de 4mA a 20mA, é preciso eliminar o range negativo. Como o sinal nunca irá ser 0mA, o número digital também não pode começar em zero, assim calcula-se por equação da reta que, quando chegar o menor sinal na entrada do CLP (4mA) teremos um número de 6553. Na prática este valor precisa ser medido, pois nunca será de exatamente 4mA para Input mínimo e também não será 20mA para Input máximo.

As medidas foram feitas em campo, e os campos Input Mínimo e Input Máximo da instrução SCP foram completados para o perfeito funcionamento do conversor analógico-digital do CLP. As medidas estão mostradas na tabela 16.

	Sinal Medido Mínimo (mA)	Sinal Medido Máximo (mA)	Input Mínimo	Input Máximo
Balança 1	3.806	19.0734	6236	31250
Balança 2	3.806	19.0673	6236	31240
Balança 3	3.805	19.0673	6234	31240

Tabela 16 – Tabela de medidas das balanças em campo.

Outro teste que foi realizado em campo foi a medida do tempo necessário para o transporte nas esteiras, sendo que o material dos silos 1, 2 e 3 demoravam 40 segundos para chegar ao todo na esteira de transporte para o misturador e mais 23 segundos para atravessar essa esteira, possibilitando assim que os tempos da subrotina transporte fossem setados.

4.2 ANÁLISE FUTURA DAS CONDIÇÕES DE HIGIENE, CONFORTO E SEGURANÇA DO TRABALHADOR

Pode-se fazer um comparativo da segurança, da higiene e do conforto dos operadores da máquina de mistura para produção de telhas de concreto antes e depois da automatização, chegando-se na conclusão futura de que a automação do processo pode melhorar a qualidade de vida do trabalhador.

Foram identificadas três áreas de riscos ocupacionais na fábrica em questão, que com a automação do processo de mistura para a massa das telhas podem diminuir. Cada Área de risco ocupacional identificada será comentada a seguir, com o devido paralelo entre antes e depois da automação do processo. (Maia; Ferraz; Rodrigues, 2011).

4.2.1 Riscos Ergonômicos

Na fábrica de telhas de concreto, antes da automação do processo de mistura, os trabalhadores (principalmente do sexo masculino) tinham o papel de “alimentar” o misturador

manualmente, ou seja, alguns homens passavam as horas de trabalho carregando sacos de cimento e despejando em um misturador, assim como todos os tipos de agregado, água e aditivo.

Os riscos ergonômicos encontrados são devido às posturas inadequadas e ao esforço físico intenso. Esse tipo de trabalho com levantamento e transporte manual de cargas torna o trabalho mecanicamente estressante, podendo causar fadigas, dores corporais, dentre outros, os quais podem acarretar afastamento do trabalhador.

Com a automação do processo de mistura para a produção das telhas de concreto essa situação acabou. O operador da máquina pode operá-la sentado, sem esforço físico, fazendo apenas o monitoramento da mesma.

4.2.2 Riscos Mecânicos

Os riscos mecânicos identificados antes da automação ser implementada foram devidos à falta de medidas preventivas, como a não existência de tampa para o misturador, assim como botões de emergência longe do local de trabalho dos operadores da máquina.

Com a automação do sistema de mistura e devido a integração de alarmes e “paradas de máquina” a chance de acidentes caíram. O misturador passou a ter porta, com chave fim-de-curso, garantindo que com a abertura da mesma a parada da máquina irá acontecer. Os botões de emergência foram colocados em lugares estratégicos, e a cada dois metros nas esteiras.

A fiação protegida nas vias de circulação dos funcionários garante também a segurança e saúde dos trabalhadores.

4.2.3 Riscos Biológicos

Antes da automação do setor de mistura na fábrica de telhas de concreto o principal ponto de risco biológico encontrava-se no depósito, onde toda a matéria-prima era

estocada, em pilhas de sacos ou em “montes” no chão, em local sem ventilação ou iluminação. Esse cenário é propício para o surgimento de vetores e animais peçonhentos como ratos e baratas, oferecendo risco ao trabalhador. A fiação protegida nas vias de circulação dos funcionários garante também a segurança e saúde dos trabalhadores.

Com a automação da máquina para mistura das telhas de concreto, os próprios silos passaram a ser o depósito da fábrica, proporcionando diminuição da sujeira, e com isso proporcionando também menor aparição dos vetores de doenças e animais peçonhentos.

4.3 CONCLUSÕES

O foco do trabalho foi o projeto da programação do Controlador Lógico Programável e da Interface Homem-Máquina possibilitando a produção de telhas de concreto por processo de bateladas.

Para se chegar ao objetivo final foi feito grande estudo sobre sistemas de automação para processos de batelada utilizando CLPs (Rockwell Automation), controle de motores utilizando a família PowerFlex (*Allen Bradley*) e monitoramento utilizando a família PanelView Component (*Allen Bradley*), além de ambientes de programação Rockwell Software, como RSLogix500 e PanelView Explorer.

A parte que consumiu mais tempo e trabalho foi a programação do Controlador Lógico Programável, e mesmo sabendo que existem outras formas de se programar sistemas de produção de bateladas, como a utilização da tecnologia PlantPax da Rockwell Automation para processos, pode-se dizer que o trabalho foi bem sucedido devido ao baixo custo envolvido, superando expectativas de vendas e expectativas do cliente.

O projeto foi implementado com sucesso, a velocidade de produção poderá ser aumentada e os operadores da máquina vão passar a trabalhar com mais segurança, pois passaram a interagir apenas com a IHM.

As perdas de material serão menores, pois a produção em série, proporcionada pelo sistema automatizado, irão fazer com que os erros de “receita” diminuíssem, proporcionando menor custo de produção.

A detecção de erros ocorre de forma instantânea, onde os alertas aparecem na tela da IHM, facilitando o suporte técnico e possibilitando que a manutenção seja feita de forma mais rápida e eficaz.

O que possibilitou o projeto foi o tamanho da aplicação, que é de pequeno porte. Sabe-se que para uma maior aplicação ou maior controle da planta seria necessário Software específico que possibilite tanto o controle de sequenciamento e controle de bateladas como a visualização da planta, sistemas de otimização de performance e produção, gerenciamento e segurança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P. U. B., THOMAZINI, D. *Sensores Industriais: fundamentos e aplicações*. São Paulo, Editora Érica, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13858:2 – Telhas de concreto – Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BUFFA, E; MILLER J.G. *Production Inventory Systems*. Irwin, 1979.

CASTRUCCI, P. L. ; MORAES C. C. *Engenharia de Automação Industrial*, São Paulo, Editora LTC, 2001.

MAIA, L.R; FERRAZ, S.P; RODRIGUES, L.B. *Análise das Condições de Higiene, Conforto e Segurança em Ambientes de Trabalho Rurais*. Belo Horizonte, 2011.

NATALE F. N. , *Automação Industrial*. São Paulo, Editora Érica, 1995.

ROCKWELL AUTOMATION, *Fundamentos de Detecção de Presença*. Manual de Treinamento Rockwell Automation, 1999.

ROCKWELL AUTOMATION, *Micrologix Family Brochure*. Manual de Usuário Rockwell Automation, 1999.

SANTOS W. E.; SILVEIRA P. R., *Automação e Controle Discreto*. São Paulo, Editora Érica, 1999.

SOUZA, R. B. *Uma Arquitetura para Sistemas Supervisórios Industriais e sua Aplicação em Processos de Elevação Artificial de Petróleo*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, 2005.

POWERFLEX 4M AC DRIVER USER MANUAL, Allen Bradley,
<http://ab.rockwellautomation.com/drives/powerflex-4m#/tab5>,

VALCARENGHI, C. ; PIOVESAN, Z.A. *Análise das propriedades físicas e mecânicas nas telhas de concreto fabricadas na cidade de Herval d'Oeste*. Artigo Científico Unoesc & Ciência, Joaçaba,2011.

APÊNDICE A – LÓGICA PARA PESAGEM DOS AGREGADOS

```
while (0 <= BALANÇA AGREG < 80% DA QTDE AGREG1)
  do B11:0 = 3
```

```
while( 80% DA QTDE AGREG1 <= BALANÇA AGREG < QTDE AGREG1)
  do B11:0 = 5
```

```
while (QTDE AGREG1 <= BALANÇA AGREG < 80% DO RESULTADO DA SOMA DE
AGREG1 COM do AGREG2)
  do B11:0 = 24
```

```
while (80% DO RESULTADO DA SOMA DE AGREG1 COM AGREG2 <= BALANÇA
AGREG < RESULTADO DA SOMA AGREG1 COM AGREG2)
  Do B11:0 = 40
```

```
while (RESULTADO DA SOMA AGREG1 COM AGREG2 <= BALANÇA AGREG < 80%
DO RESULTADO DA SOMA DE AGREG1 COM AGREG2 COM AGREG3)
  Do B11:0 = 192
```

```
while (80% DO RESULTADO DA SOMA DE AGREG1 COM AGREG2 COM AGREG3
<= BALANÇA AGREG < RESULTADO DA SOMA AGREG1 COM AGREG2 COM
AGREG3)
  do b11:0 = 320
```

```
while (BALANÇA AGREG >= RESULTADO DA SOMA AGREG1 COM AGREG2 COM
AGREG3)
  do B11:0 = 512
  **trava o processo de pesagem esperando uma nova
batelada**
```

APÊNDICE B – LÓGICA PARA MISTURA

```
while (TEMPO DE MISTURA > SET POINT)
  Do B11:3 = 2
while TEMPO DE ELETROVALVULA ABERTA > 20
  Do B11:3 = 4
  Do TEMPO TOTAL DE TRANSP = 0
```

APÊNDICE C – TELAS DA IHM

- Tela Inicial



Figura 1 – Tela Inicial da IHM

- Tela Agregado1



Figura 2 – Tela Agregado1 da IHM

- Tela Agregado2



AGREGADO 2	
Registra Valores	
Quantidade Agregado 2	0000.00
Voo Agregado 2	0000.00
Pulso Agregado 2	0000
Limite Superior	0000
Limite Inferior	0000

Figura 3 – Tela Agregado2 da IHM

- Tela Agregado3



AGREGADO 3	
Registra Valores	
Quantidade Agregado 3	0000.00
Voo Agregado 3	0000.00
Pulso Agregado 3	0000
Limite Superior	0000
Limite Inferior	0000

Figura 4 – Tela Agregado3 da IHM

- **Tela Aditivo**

AGUA - ADITIVO

Registra Valores

Quantidade Agua	0000.00
Quantidade Aditivo	0000.00

Figura 5 – Tela Aditivo da IHM

- **Tela Alarm Banner**

0

Ack Clear Close

Figura 6 – Tela Alarm banner da IHM

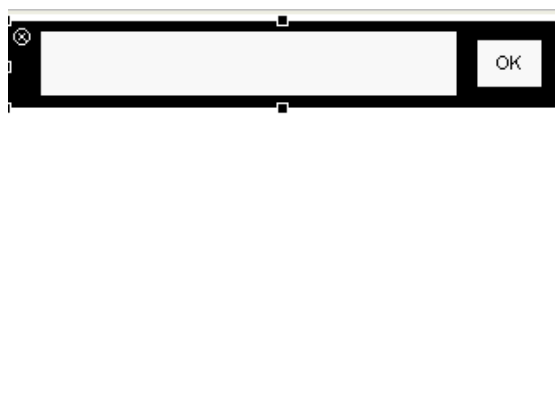
- **Tela Cimento**



CIMENTO	
Registra Valores	
Quantidade Cimento	0000.00
Voo Cimento	0000.00
Pulso Cimento	0000
Limite Superior	0000
Limite Inferior	0000

Figura 7 – Tela Cimento da IHM

- **Tela Diagnostics**



OK

Figura 8 – Tela Diagnostics da IHM

- **Tela Misturador**



MISTURADOR

Registra Valores

Tempo de Mistura 0000 0

Tempo de Boca Aberta 0000

Figura 9 – Tela Misturador da IHM

- **Tela Bateladas**



BATELADAS

Registra Valores

Número de Bateladas 0

Restart

Figura 10– Tela Bateladas da IHM

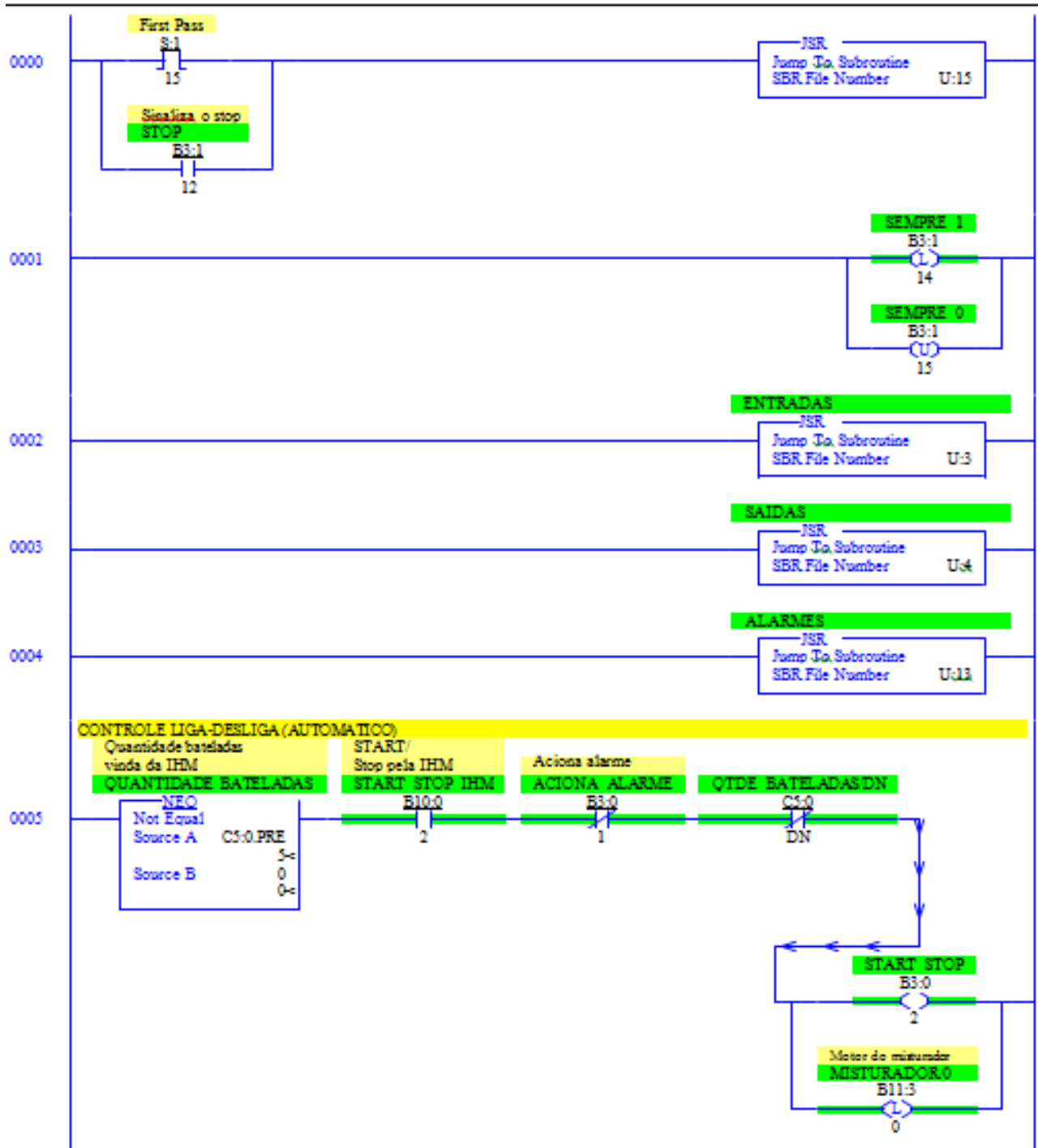
APÊNDICE D - PROGRAMA LADDER

Máquina Misturadora para Produção de Telhas de Concreto



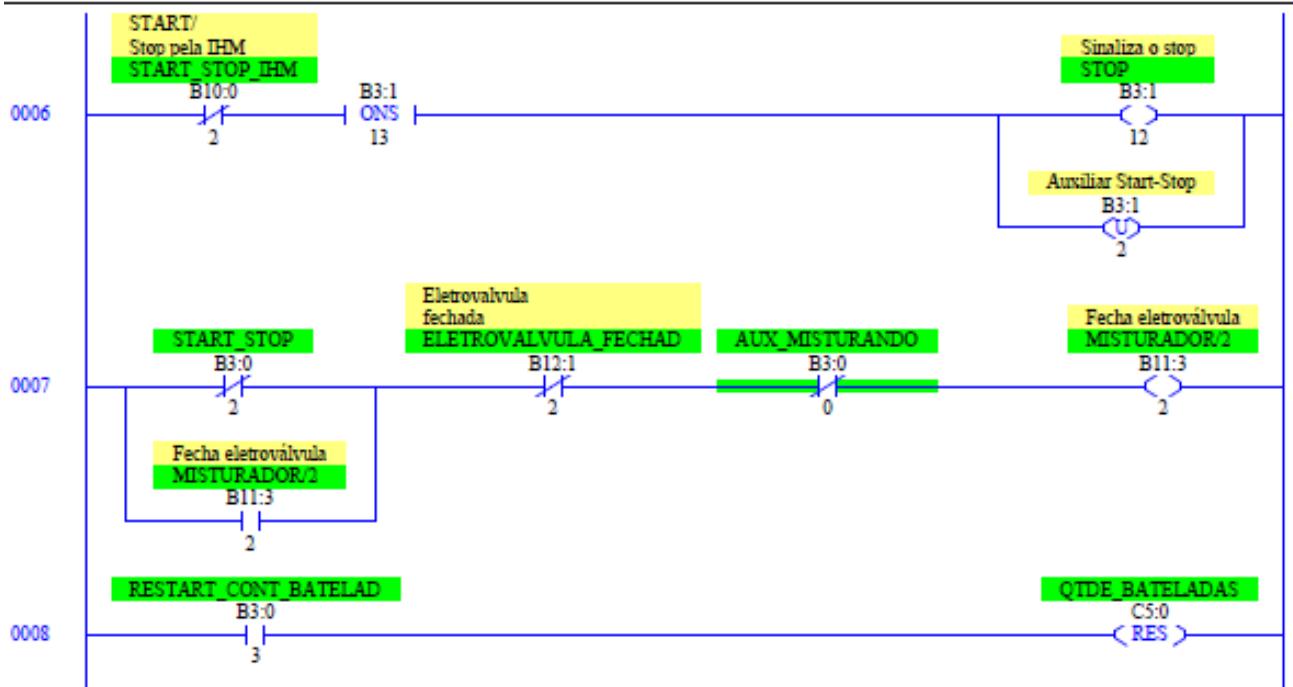
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File - 27



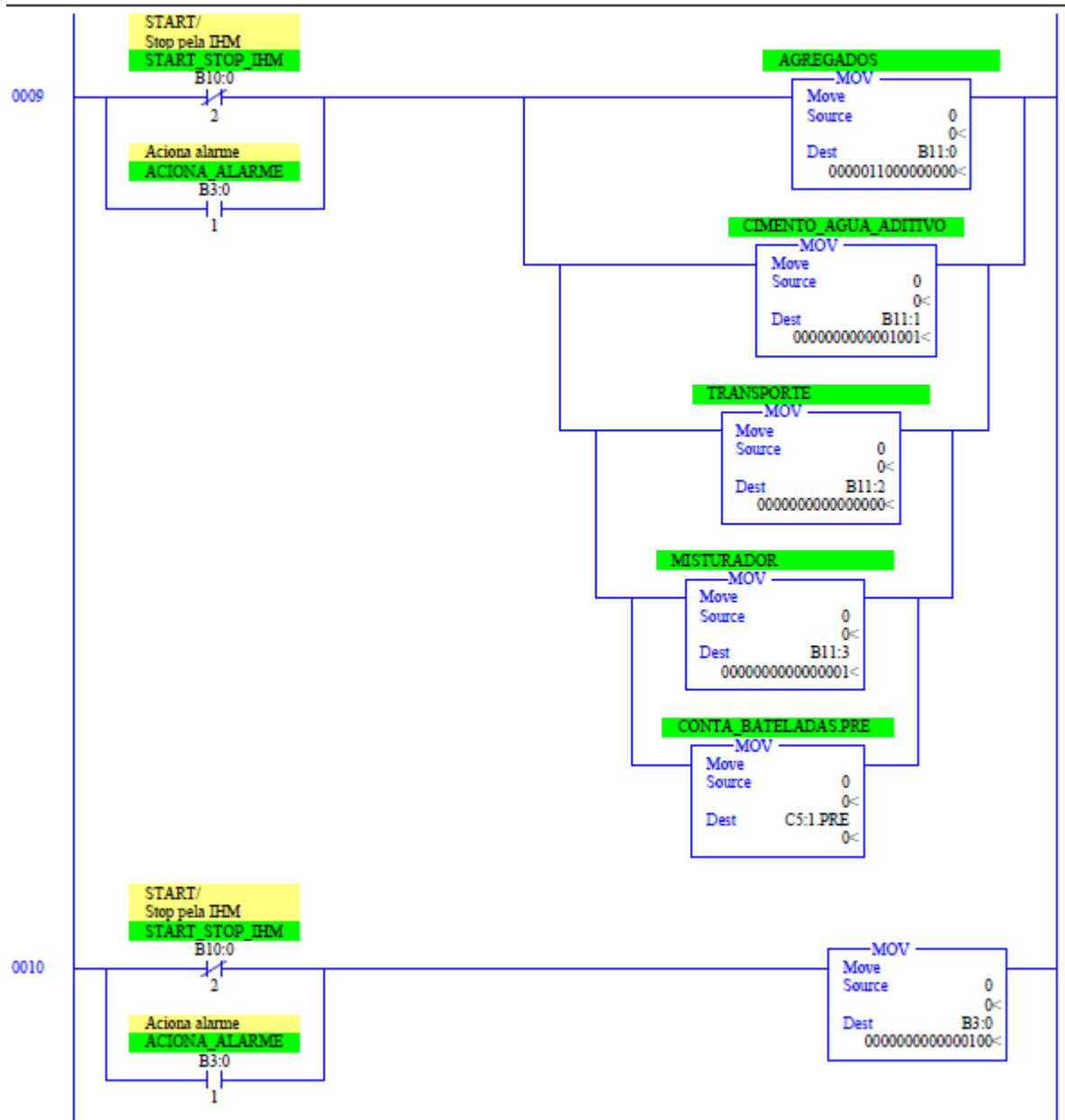
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 27



Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 27



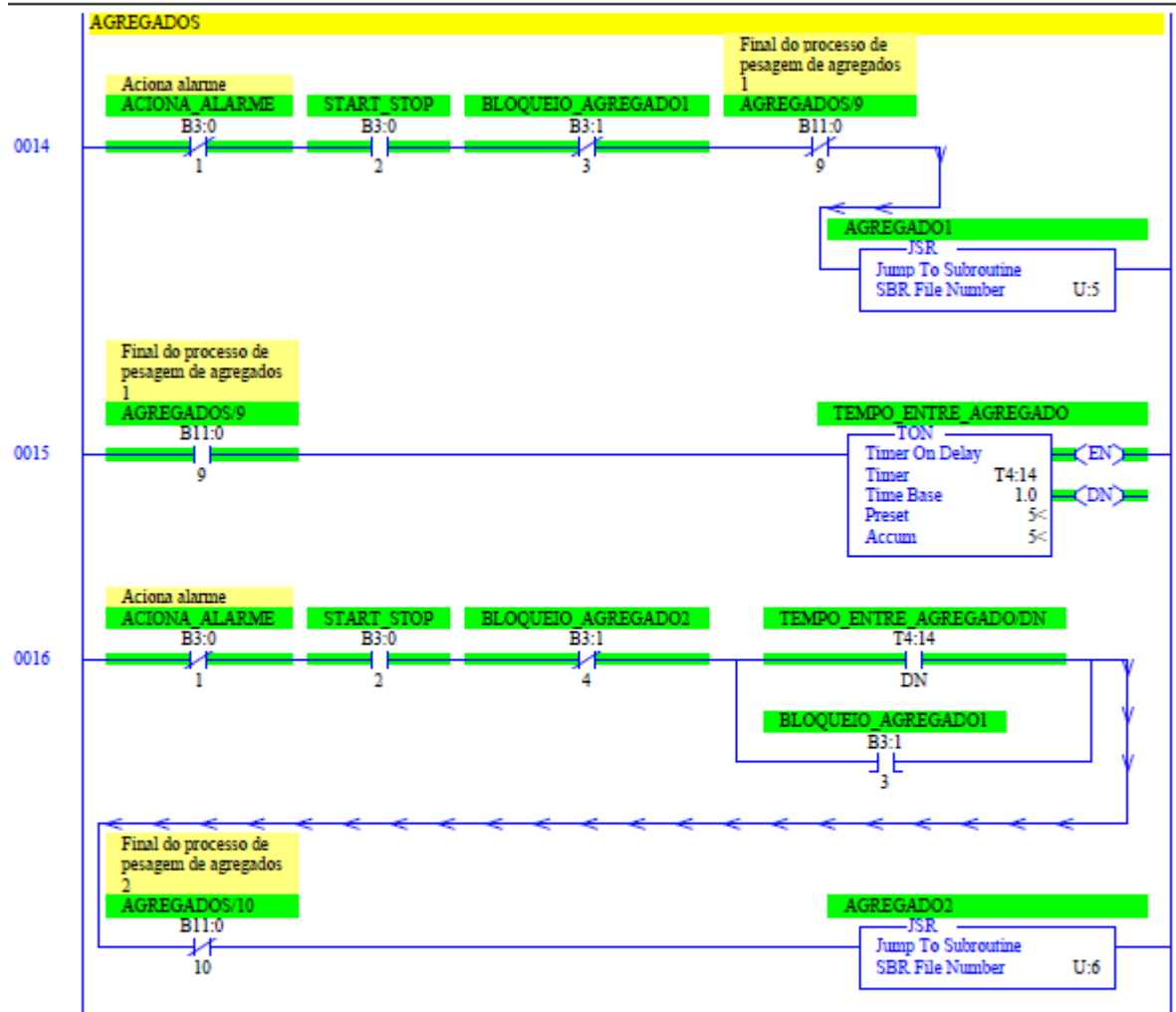
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 27

CONVERSOES DE ESCALA DAS BALANCAS	
0011	Balança cimento BALANCA_CIMENTO SCP Scale w/Parameters Input 1:2.0 6490< Input Min. 6236.0 6236.0< Input Max. 31250.0 31250.0< Scaled Min. 0.0 0.0< Scaled Max. 10030.0 10030.0< Output F15:1 101.8478<
0012	Balança de água e aditivo BALANCA_AGUA_ADITIVO SCP Scale w/Parameters Input 1:2.1 6328< Input Min. 6236.0 6236.0< Input Max. 31240.0 31240.0< Scaled Min. 0.0 0.0< Scaled Max. 10050.0 10050.0< Output F15:2 37.78196<
0013	Balança agregados BALANCA_AGREGADOS SCP Scale w/Parameters Input 1:2.2 12955< Input Min. 6232.0 6232.0< Input Max. 15702.0 15702.0< Scaled Min. 0.0 0.0< Scaled Max. 500.0 500.0< Output F15:0 200.0<

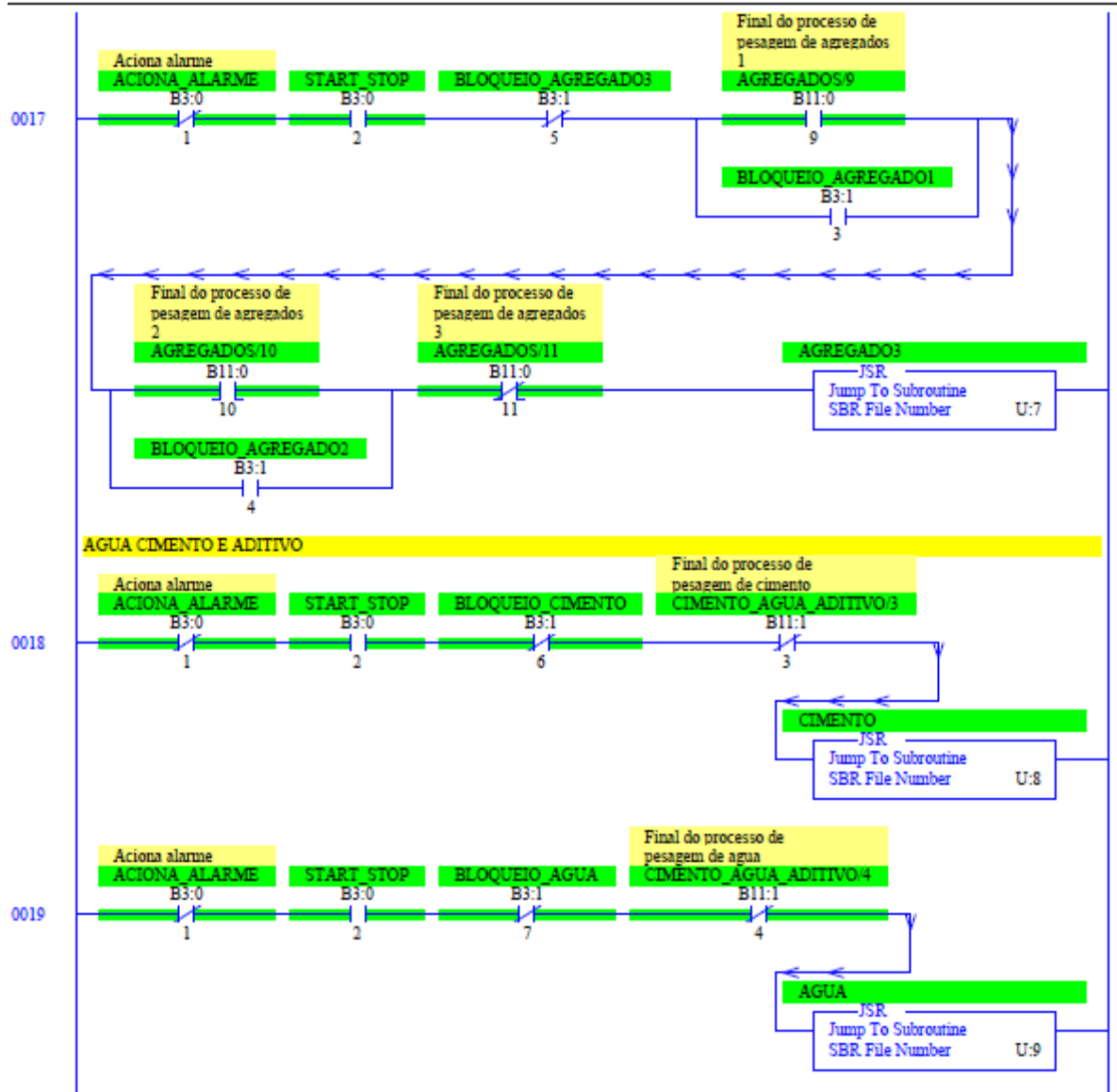
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 27



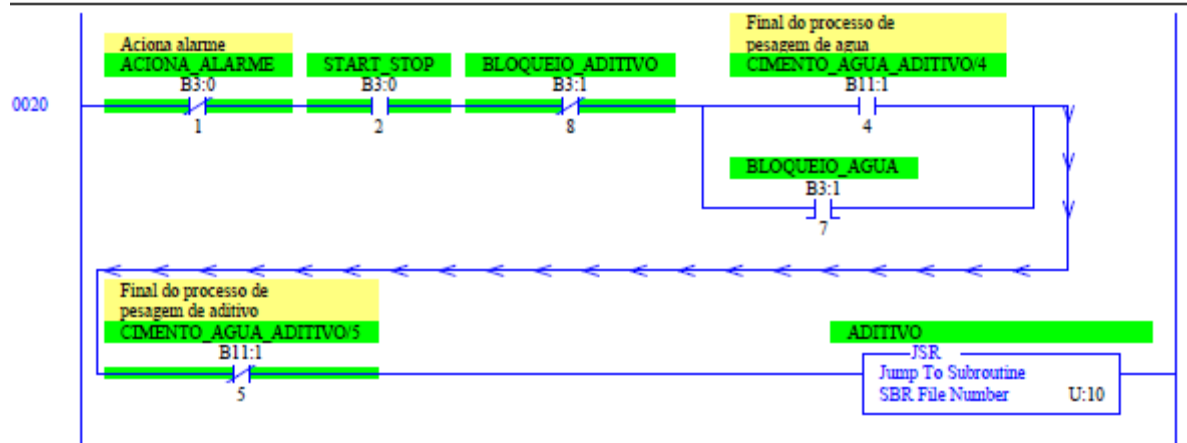
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 27



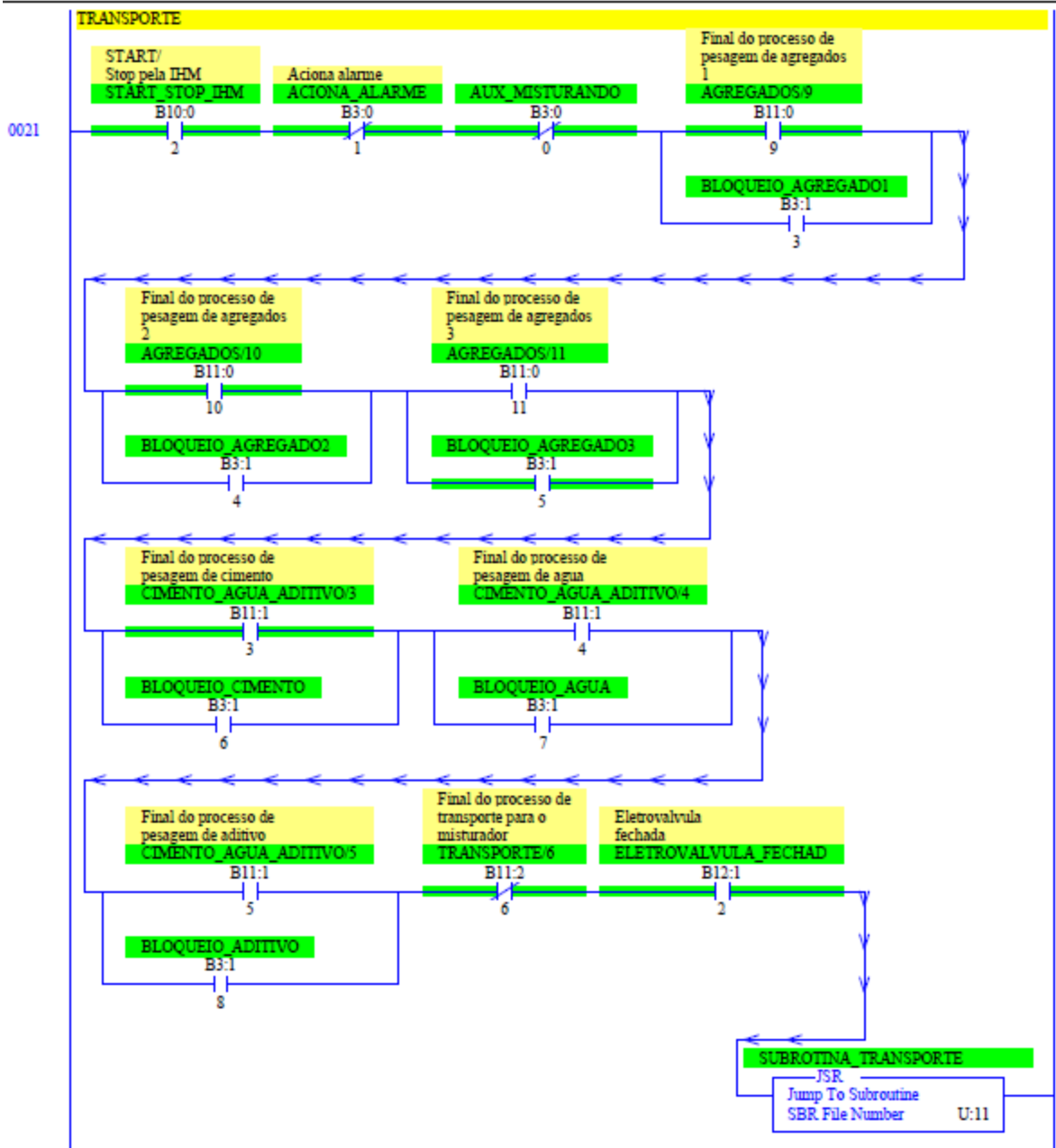
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 27



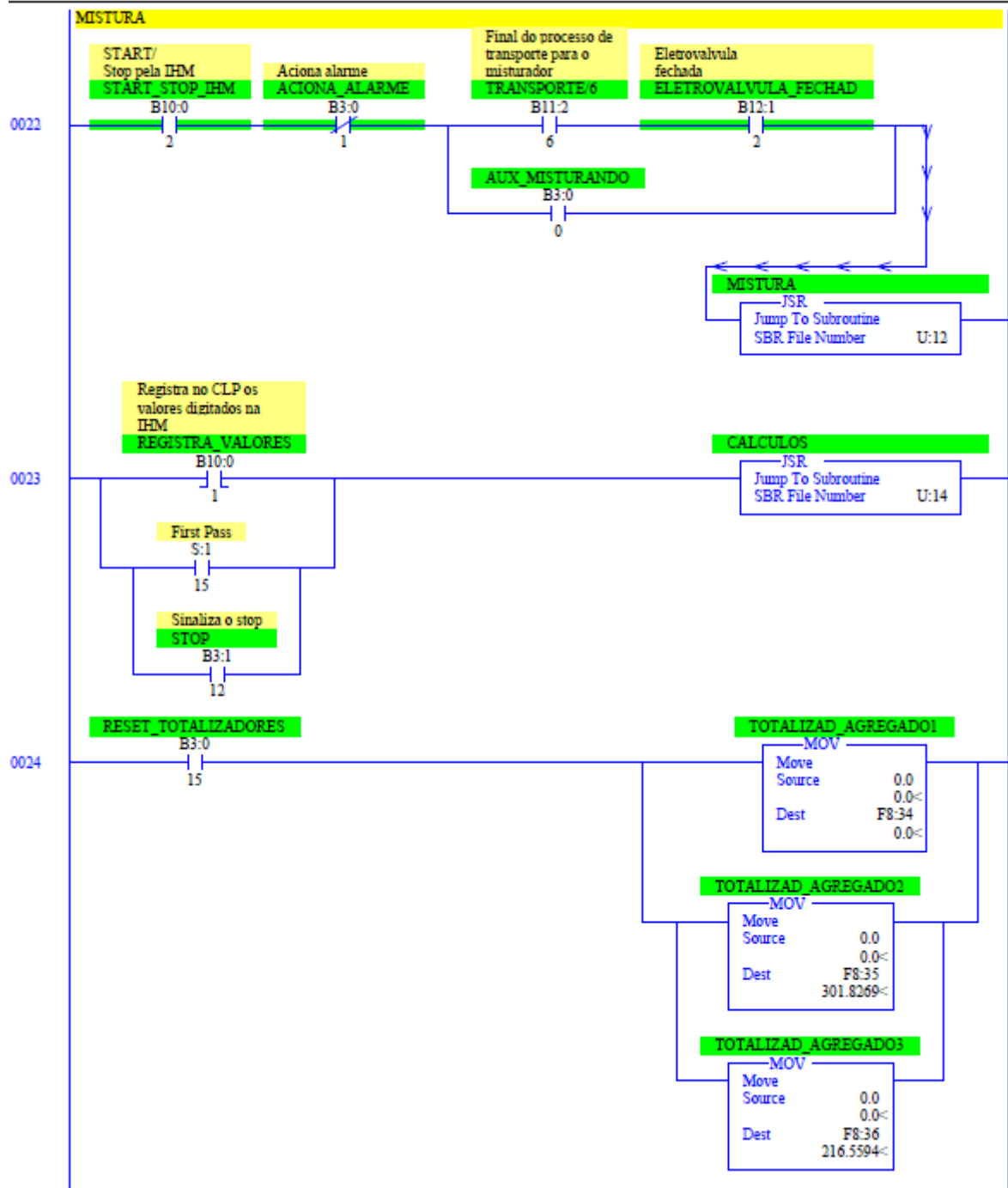
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 27



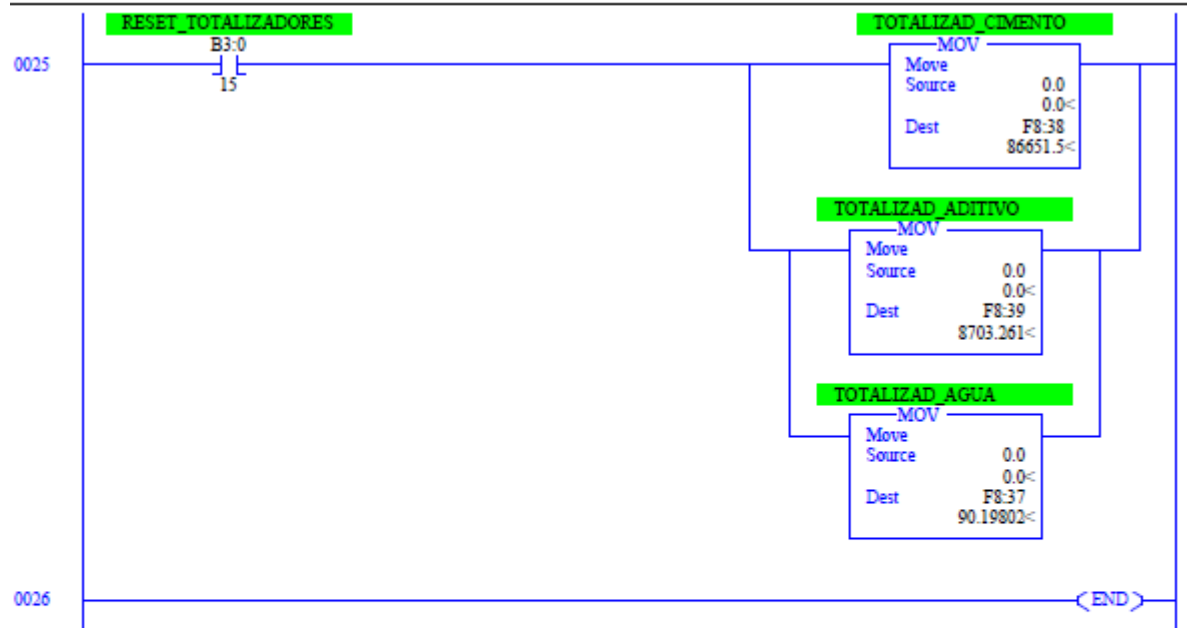
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 27



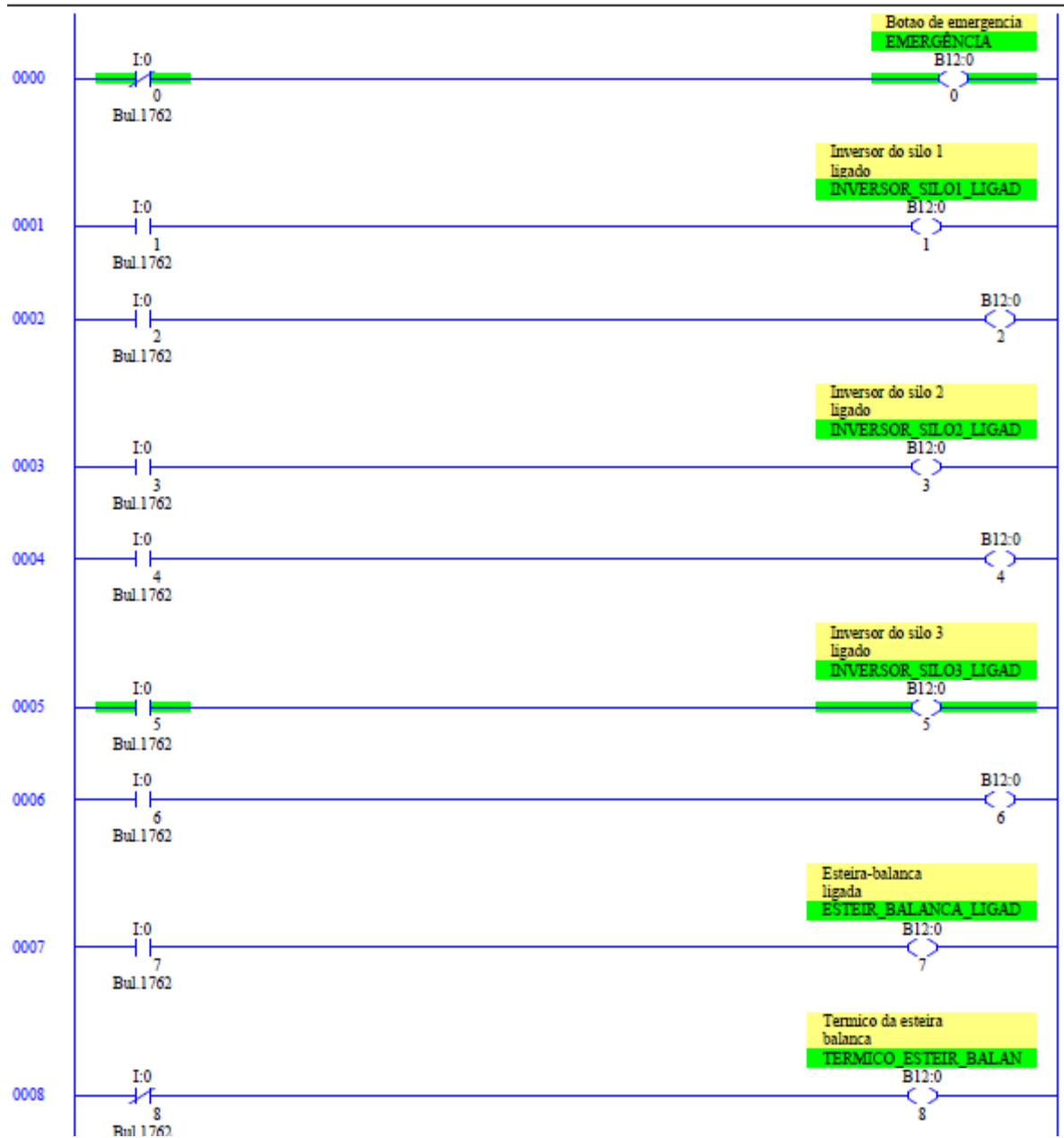
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 27



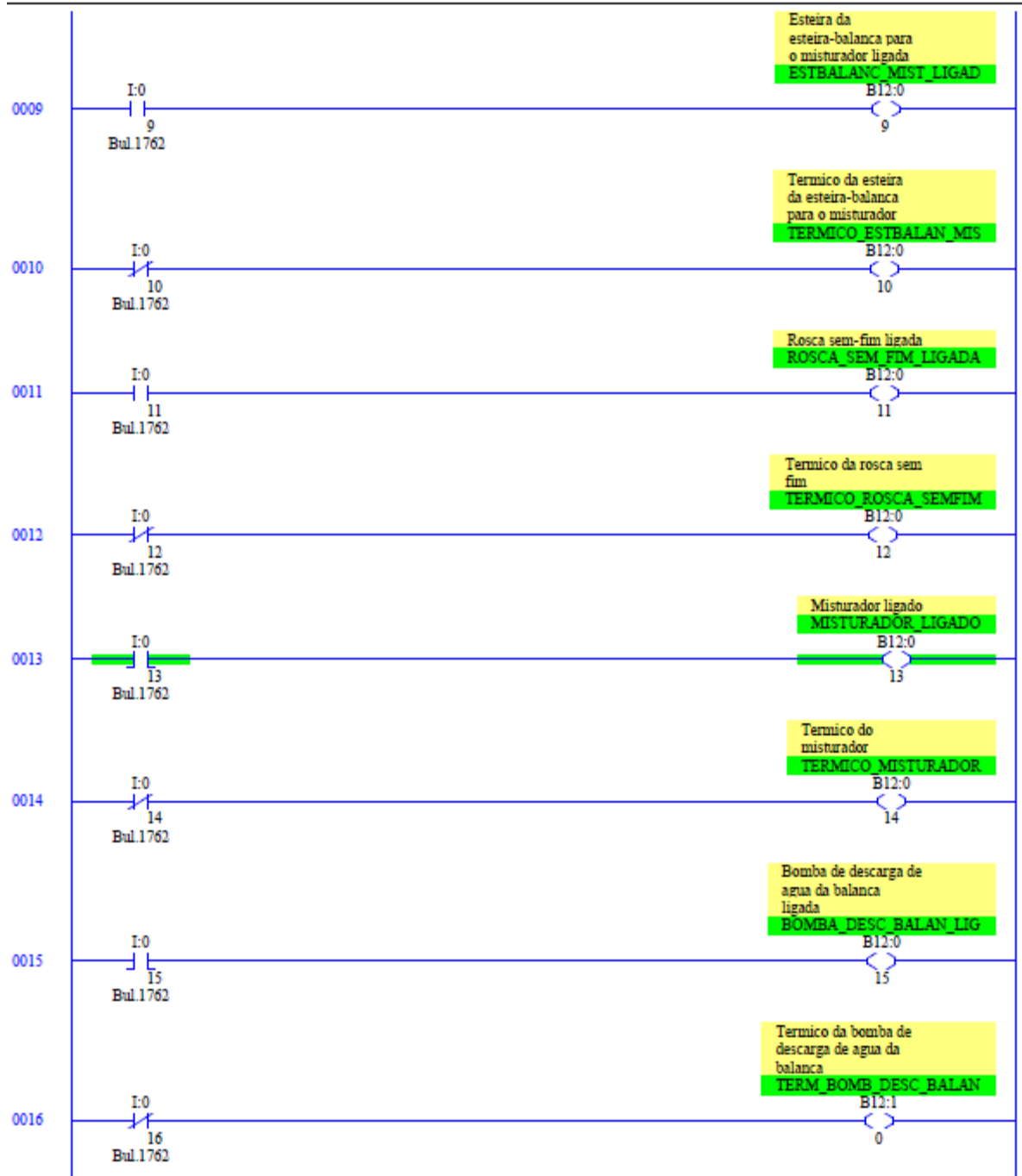
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 3 - ENTRADAS --- Total Rungs in File = 22



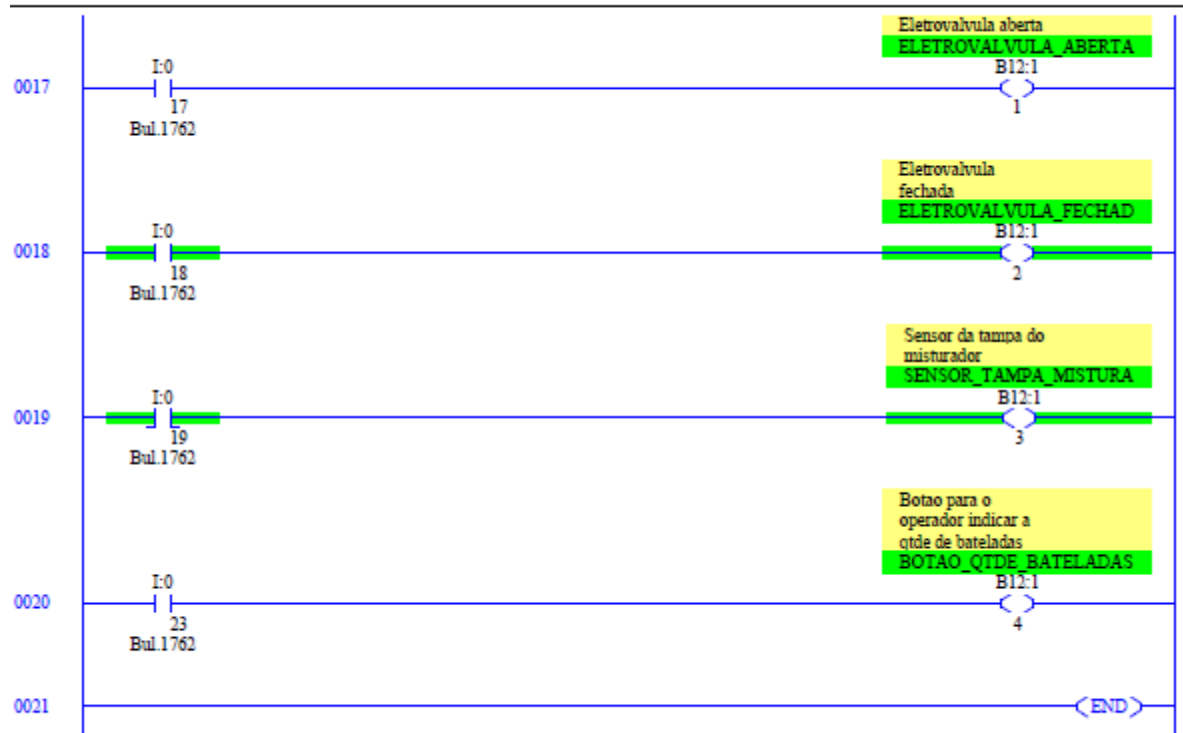
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 3 - ENTRADAS --- Total Rungs in File = 22



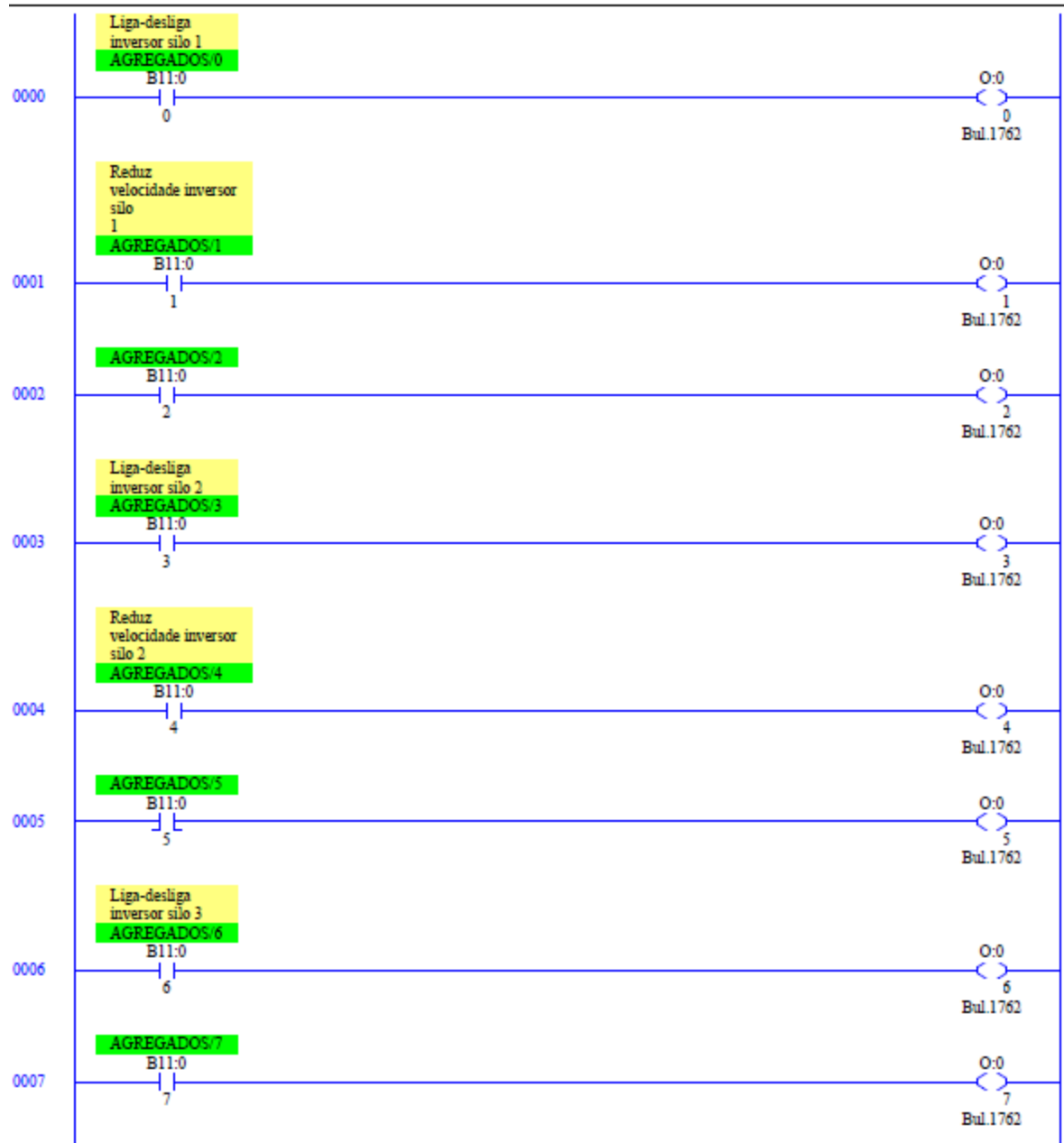
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 3 - ENTRADAS --- Total Rungs in File = 22



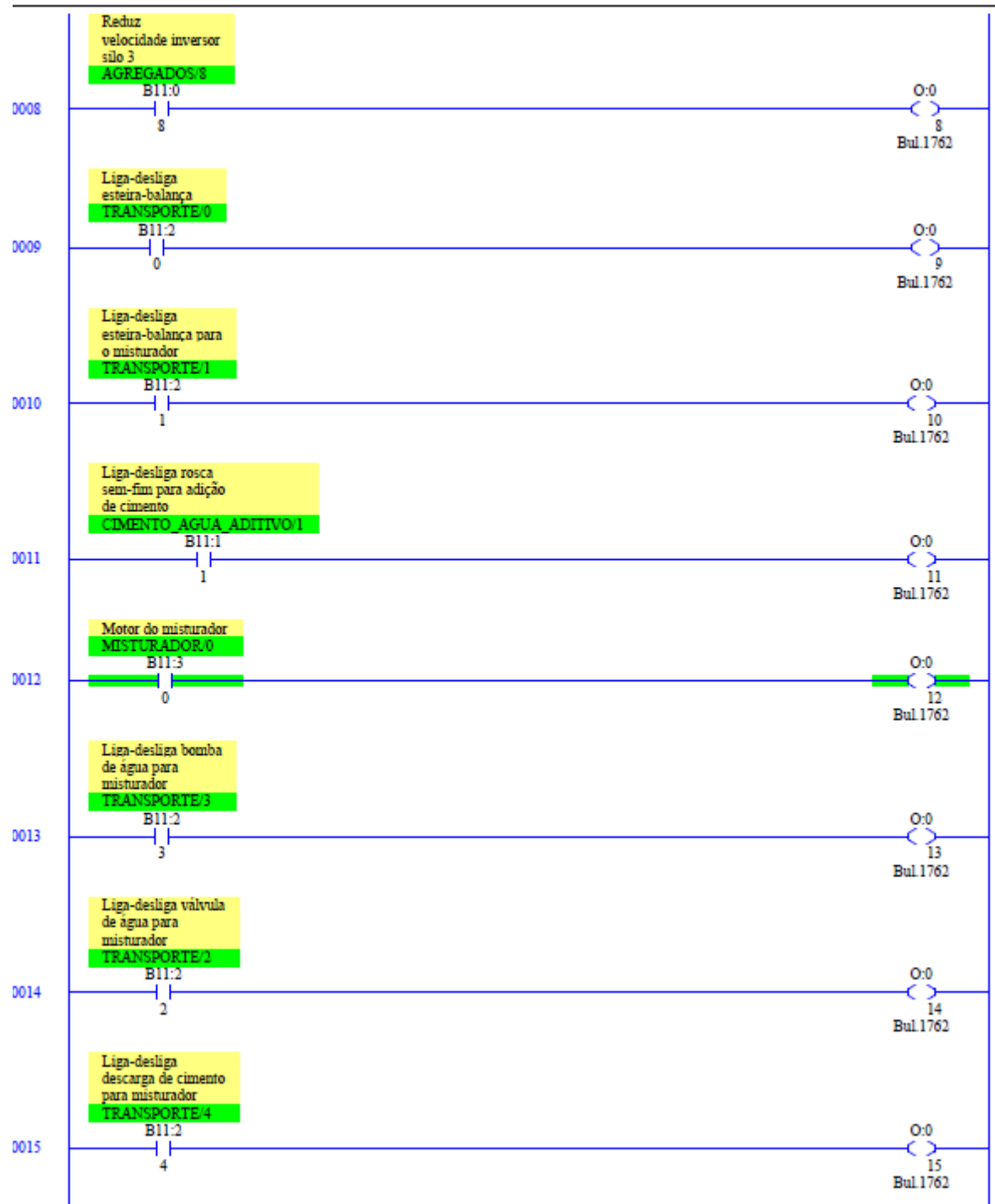
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 4 - SAIDAS --- Total Rungs in File = 21



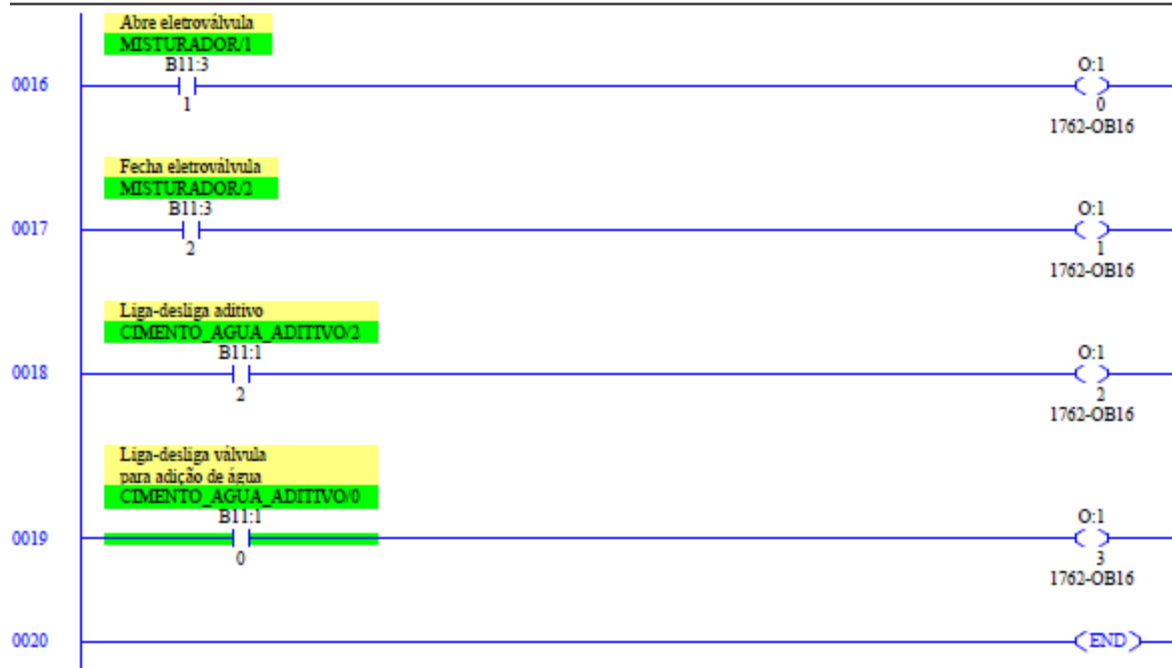
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 4 - SAIDAS --- Total Rungs in File = 21



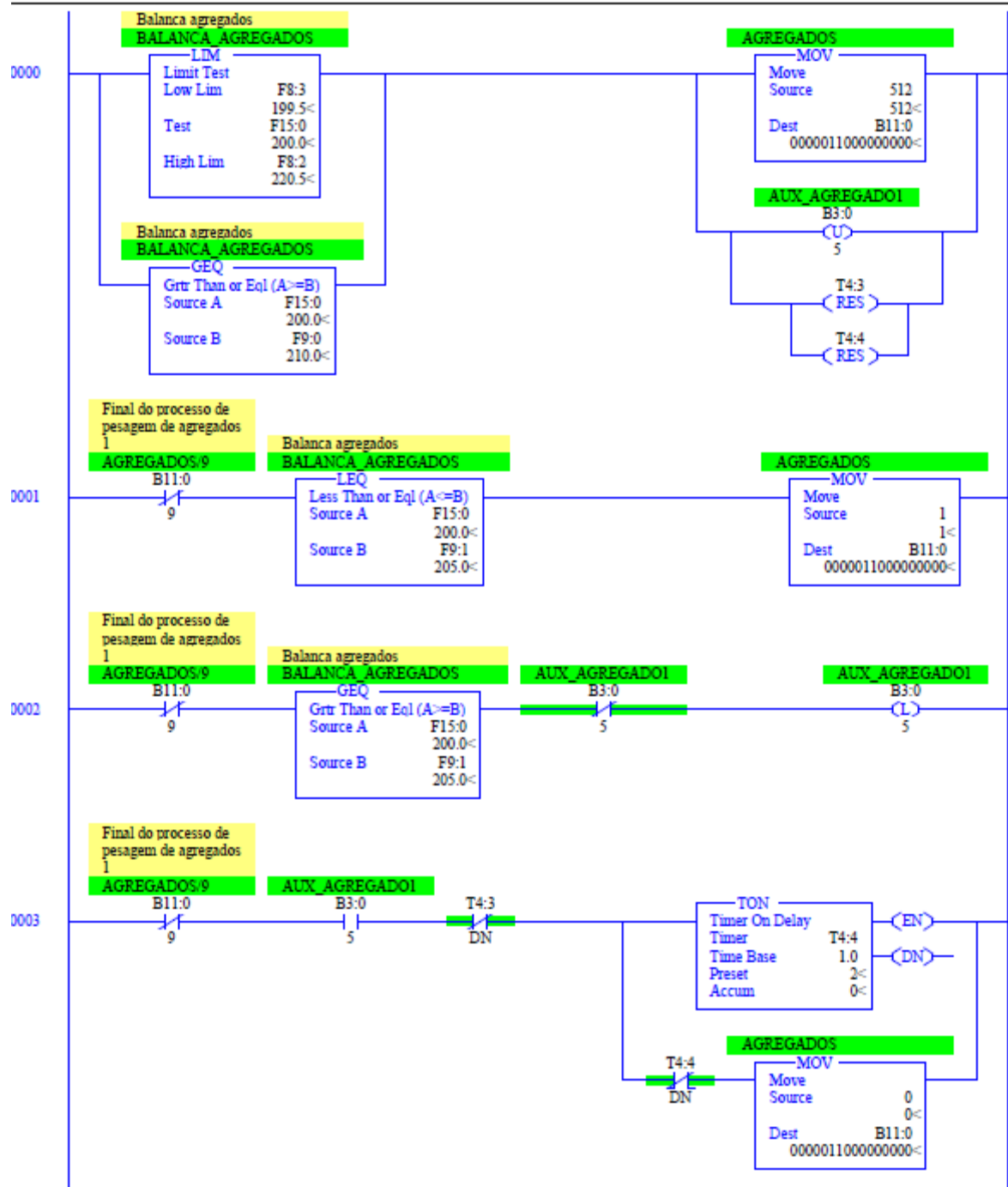
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 4 - SAIDAS --- Total Rungs in File = 21



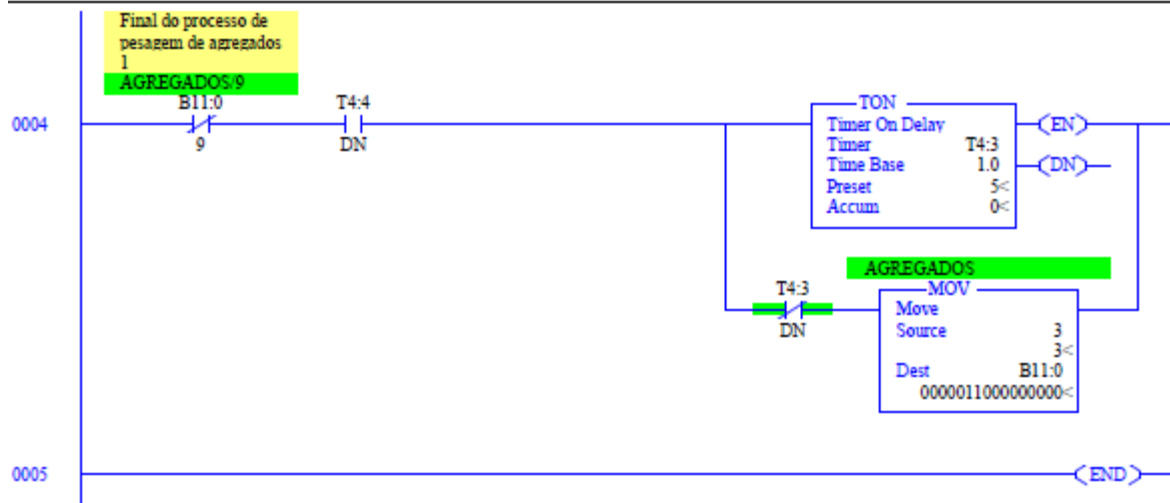
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 5 - AGREGADO1 --- Total Rungs in File = 6



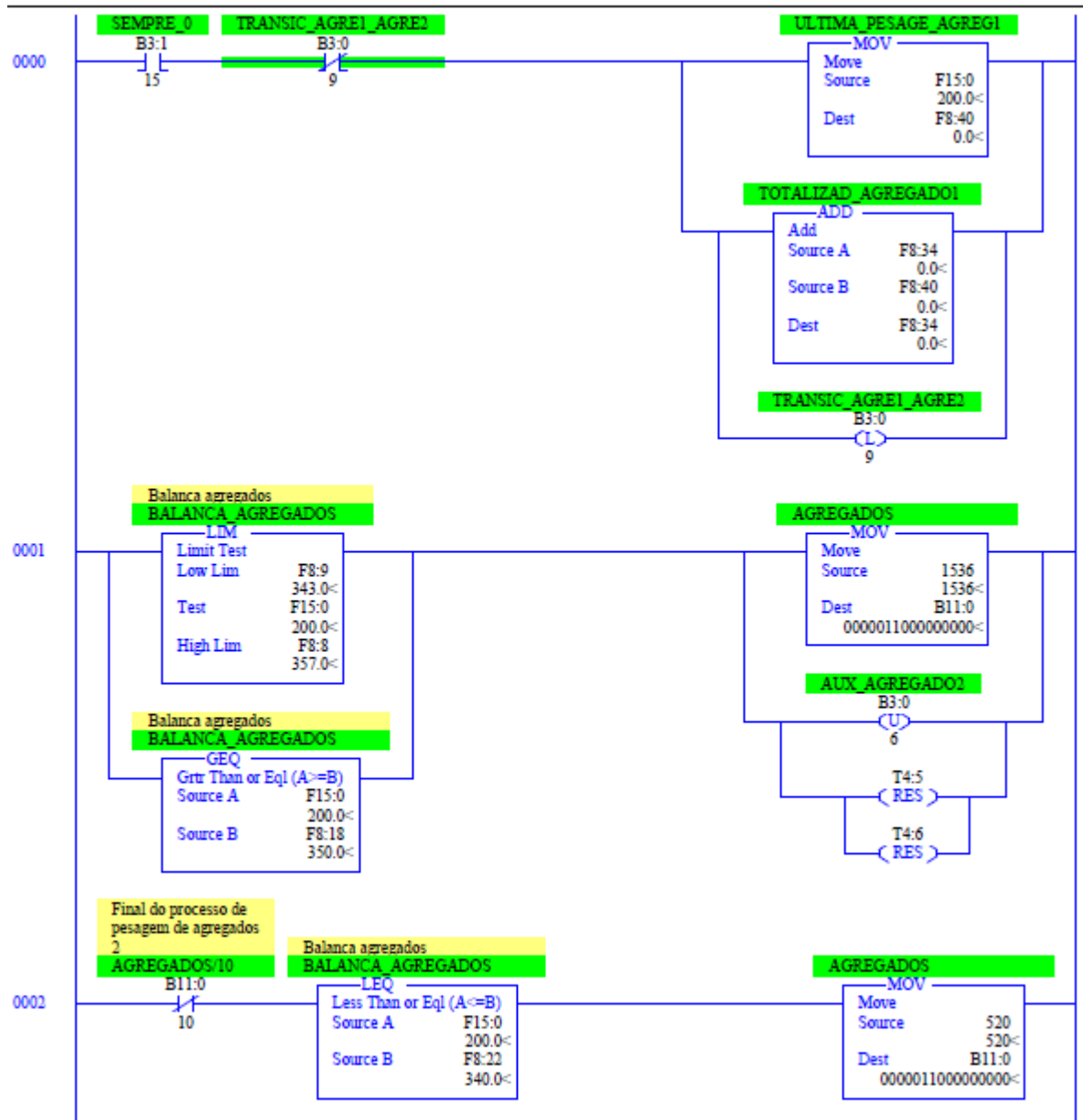
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 5 - AGREGADO1 --- Total Rungs in File = 6



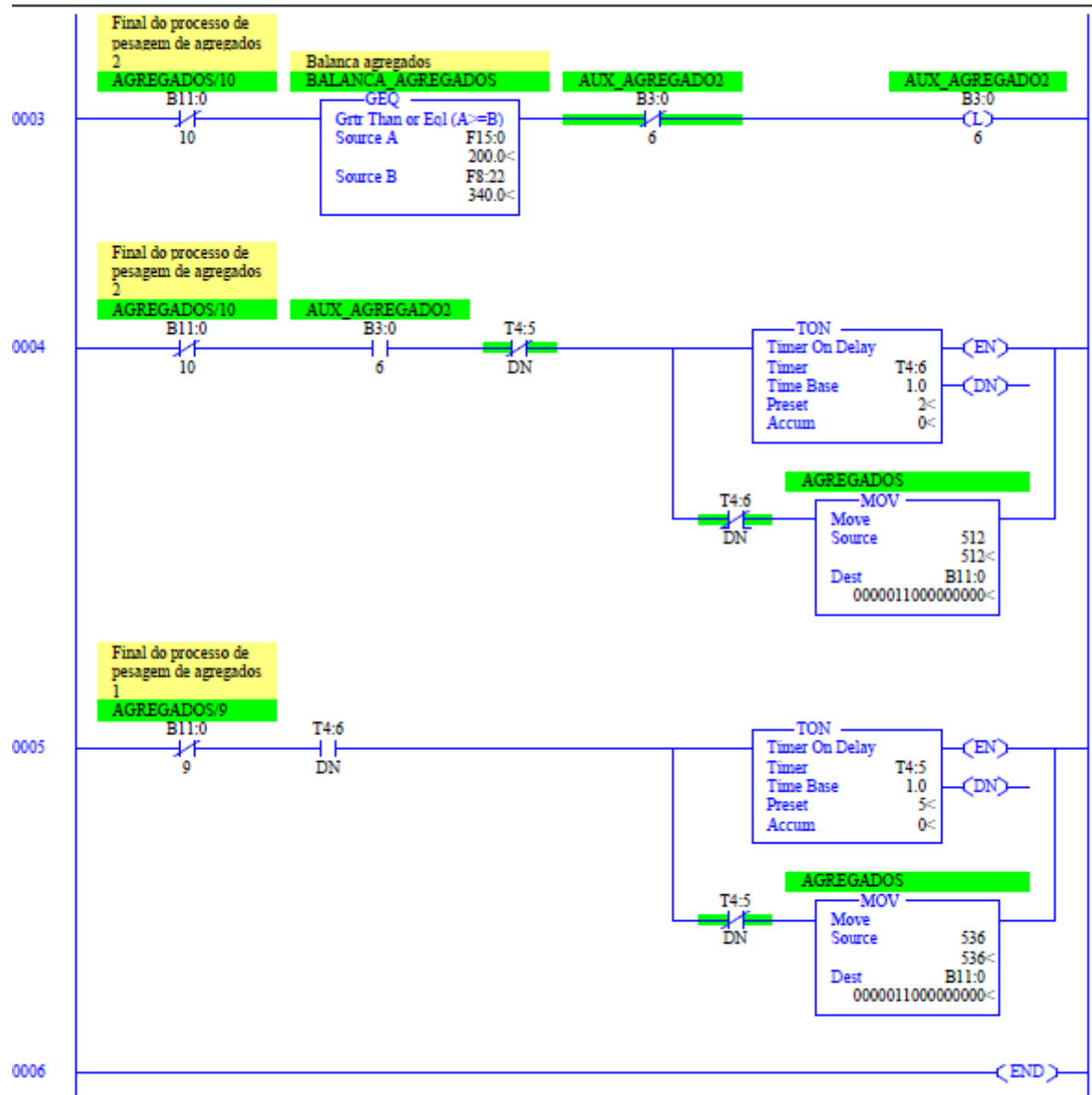
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 6 - AGREGADO2 --- Total Rungs in File = 7



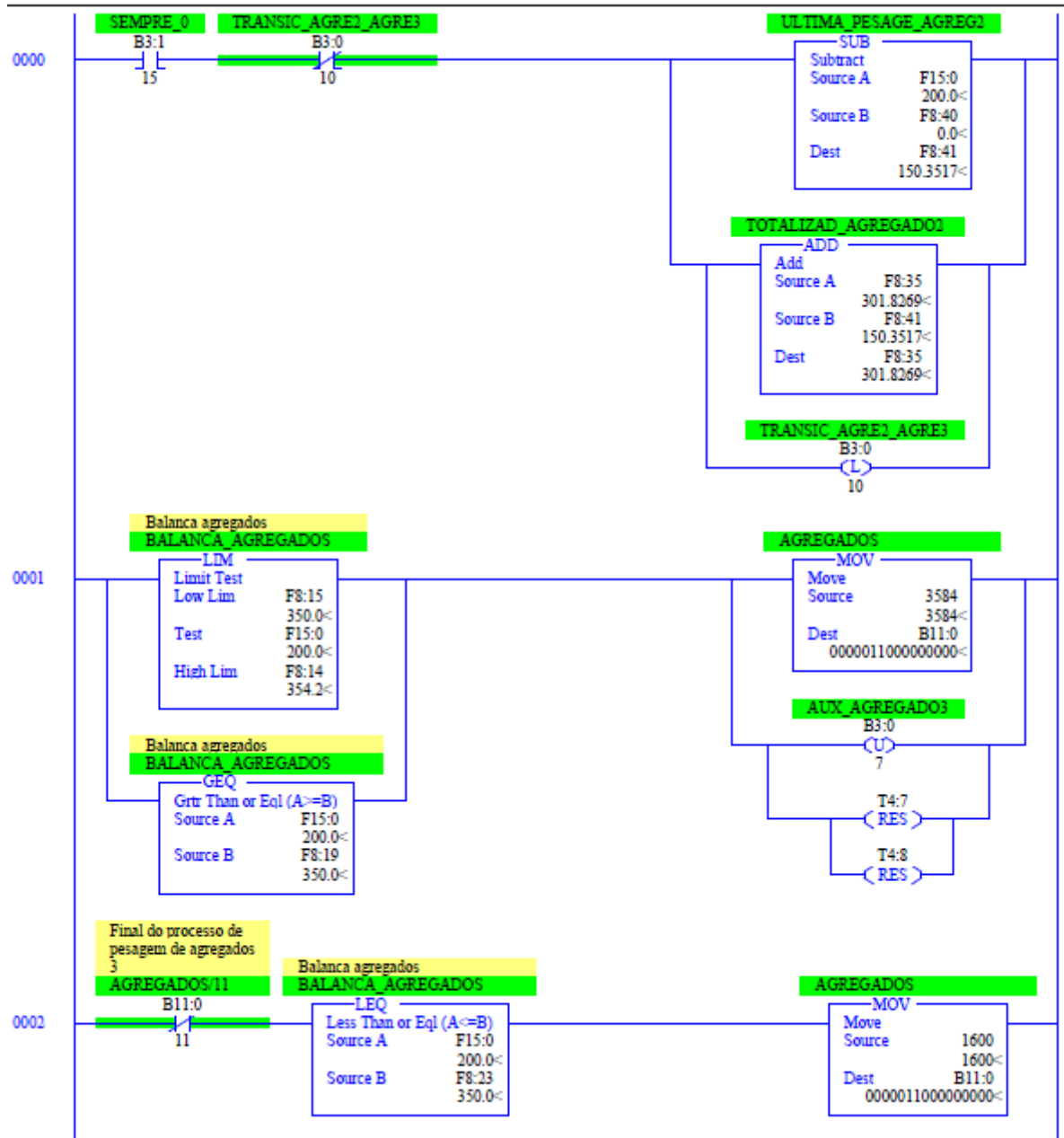
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 6 - AGREGADO2 --- Total Rungs in File = 7



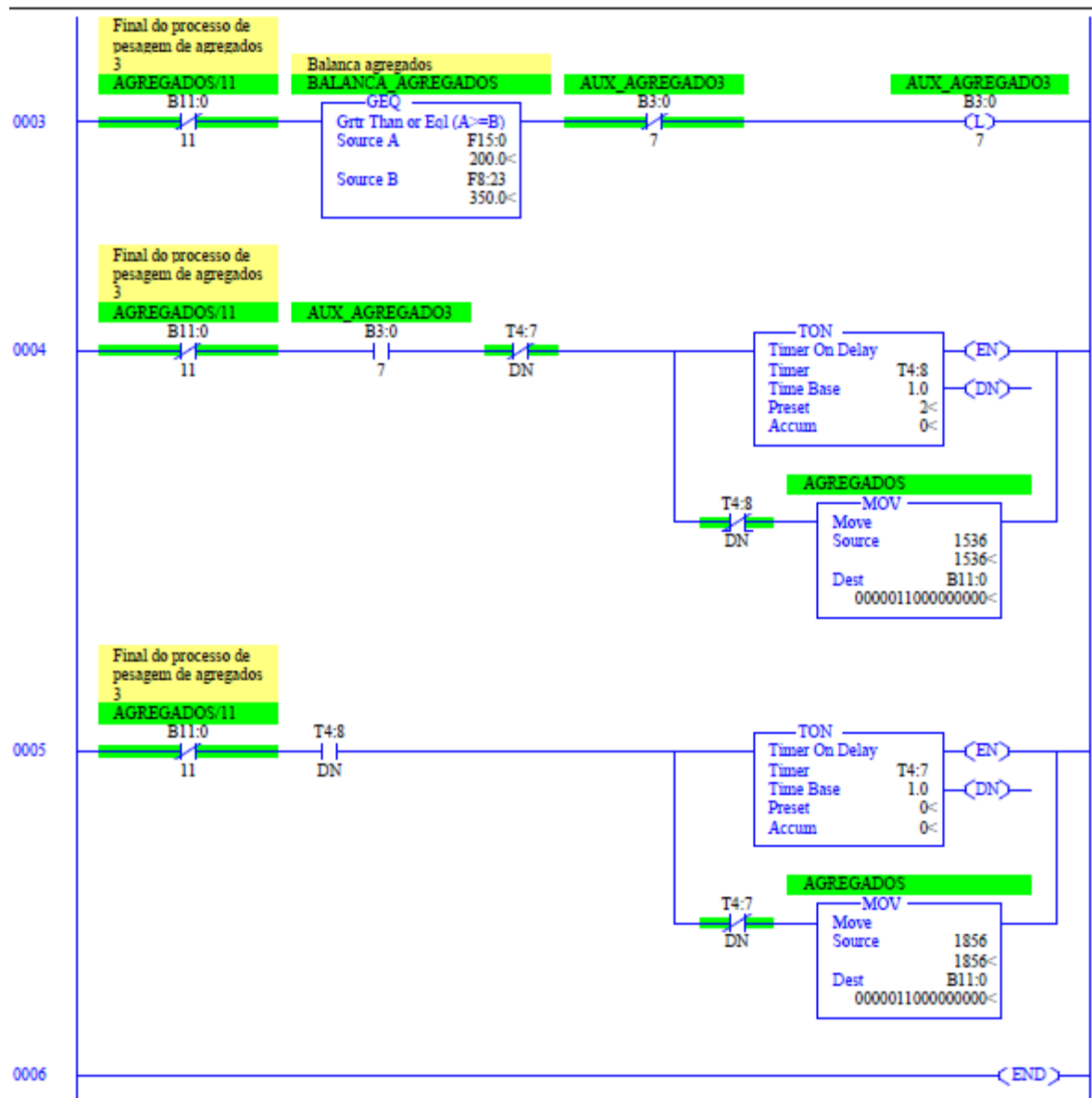
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 7 - AGREGADO3 --- Total Rungs in File = 7



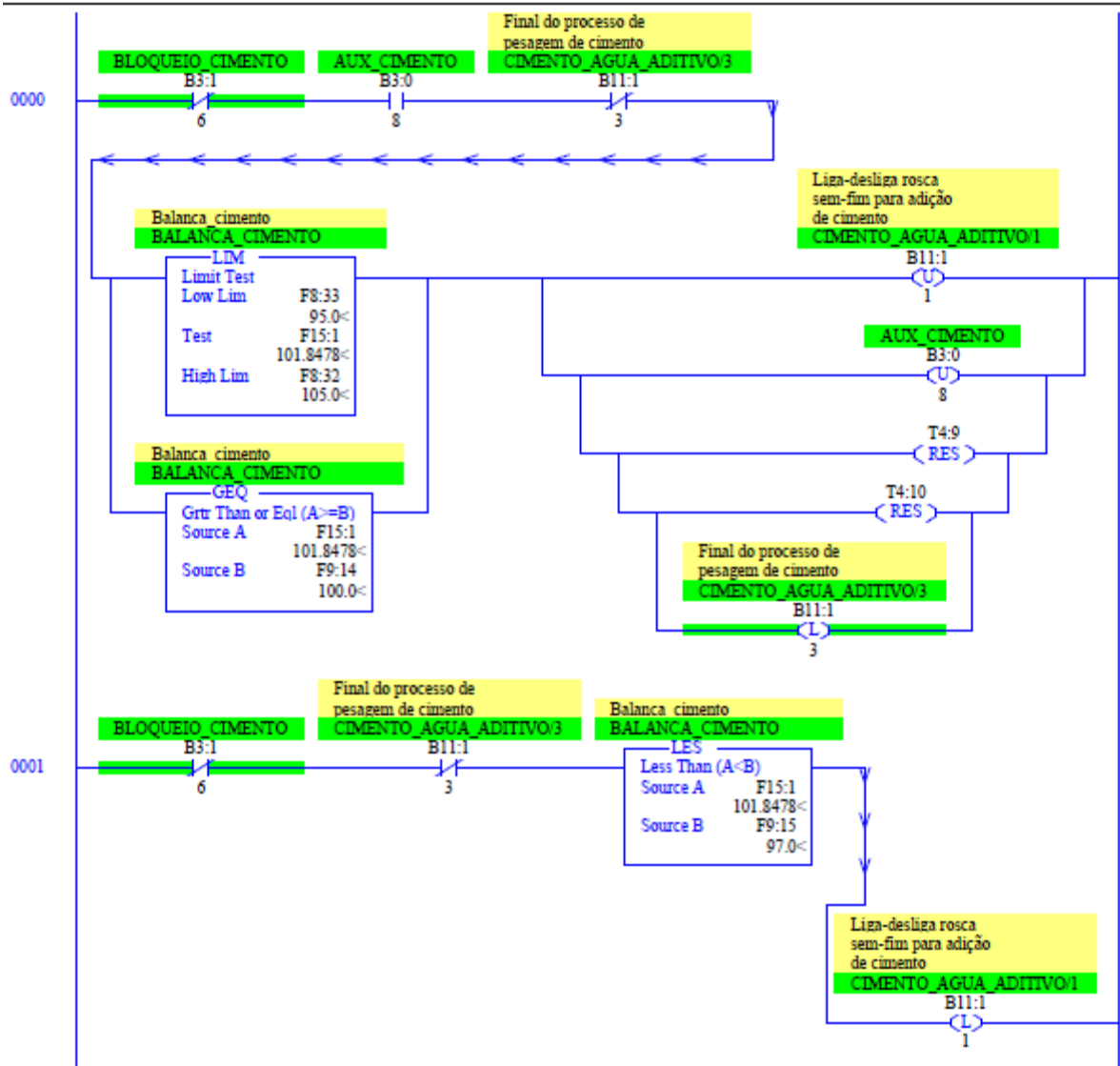
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 7 - AGREGADO3 --- Total Rungs in File = 7



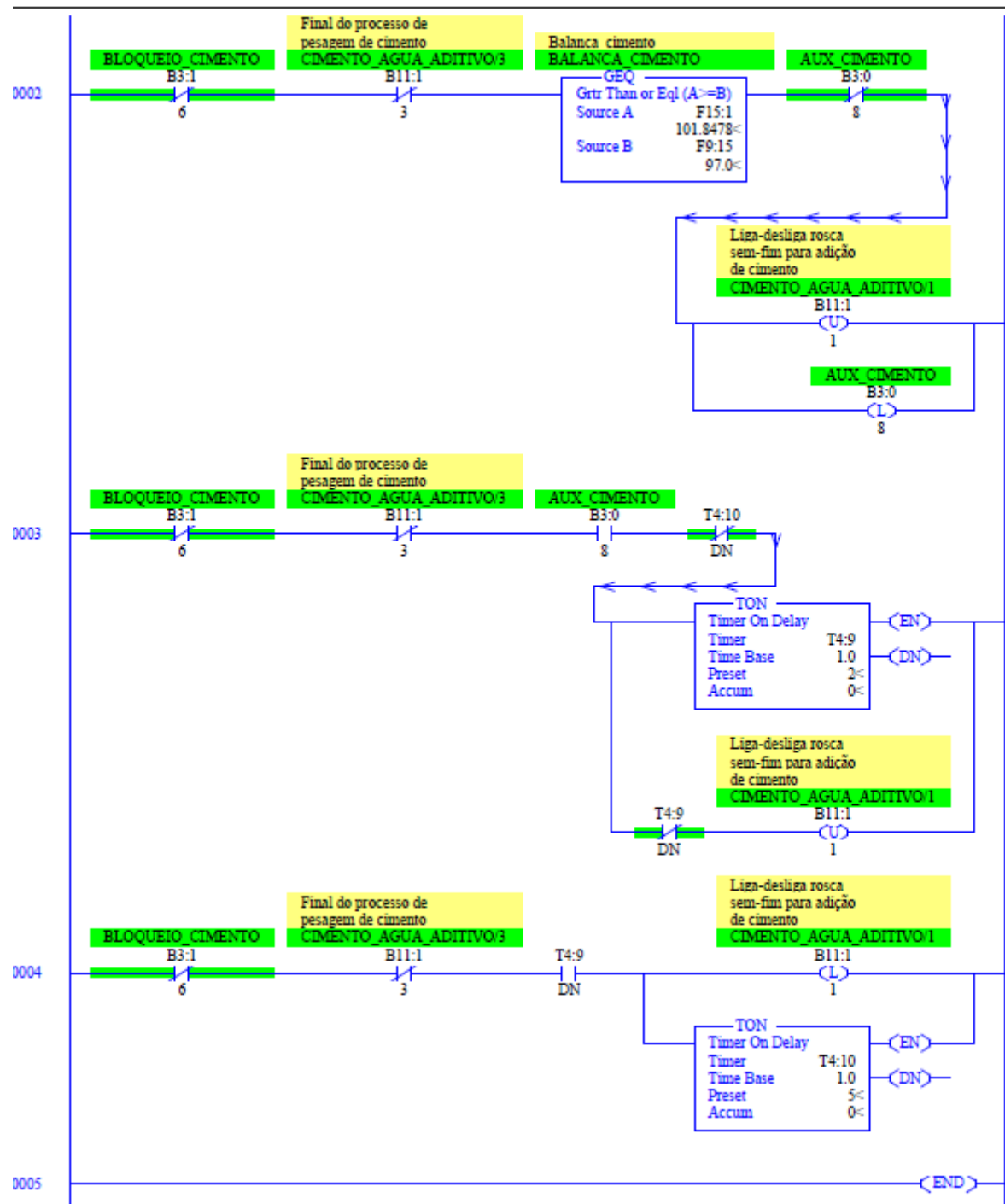
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 8 - CIMENTO --- Total Rungs in File = 6



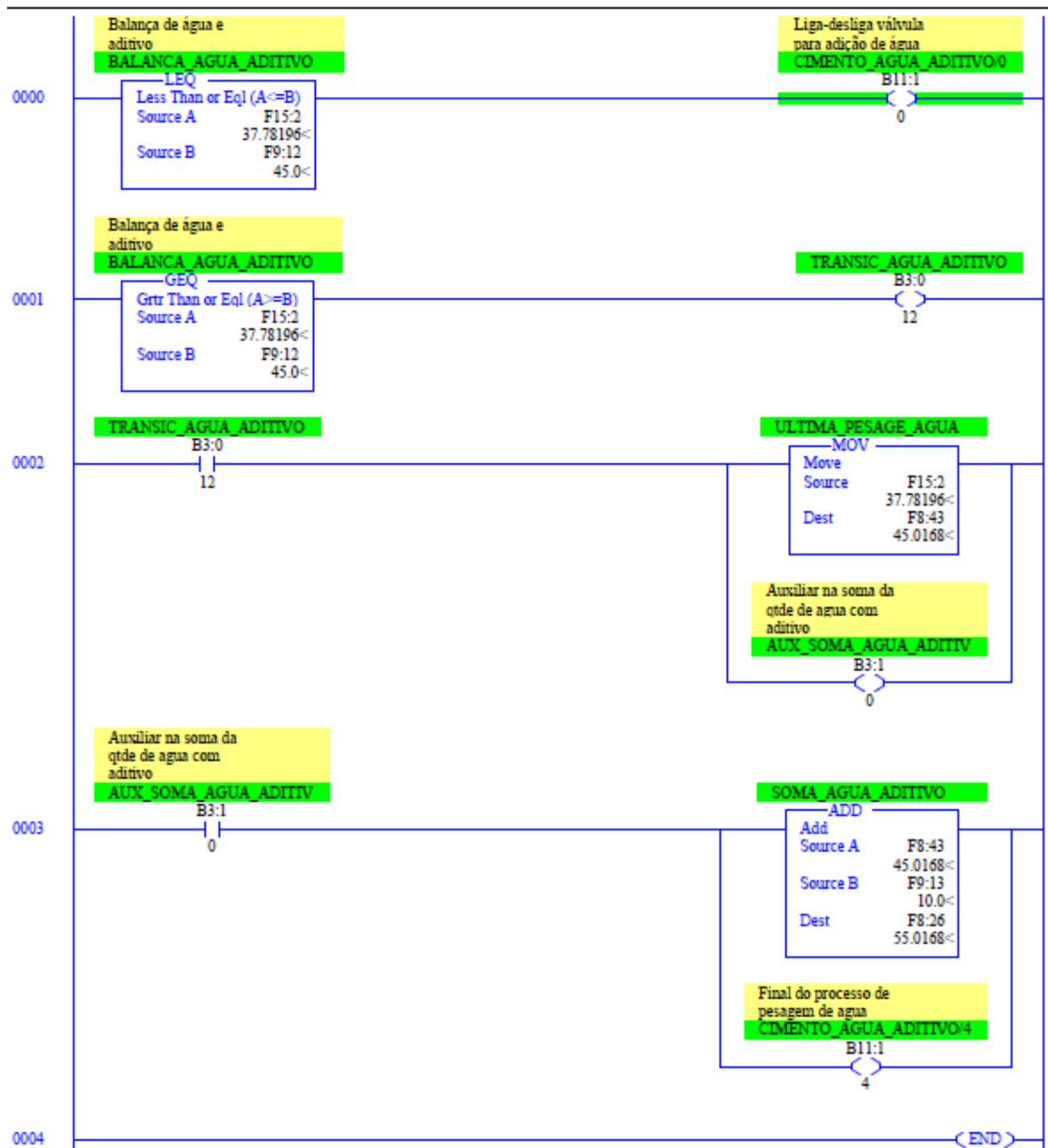
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 8 - CIMENTO --- Total Rungs in File = 6



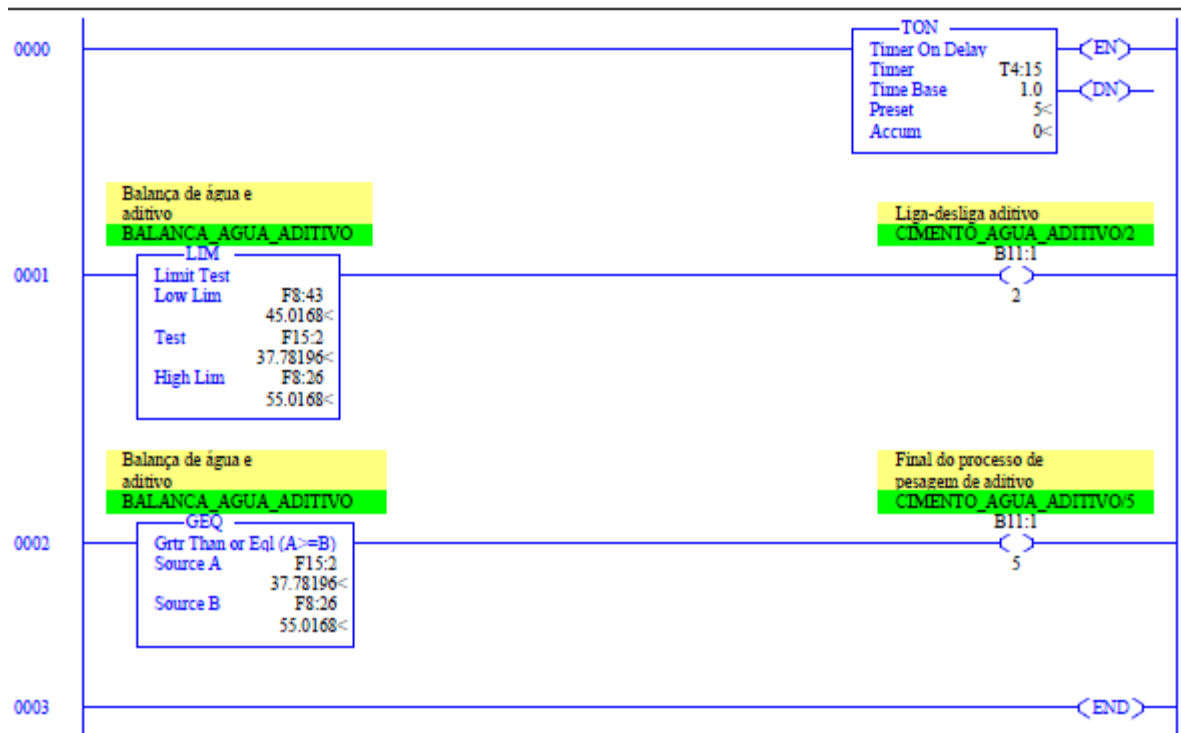
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 9 - AGUA --- Total Rungs in File = 5



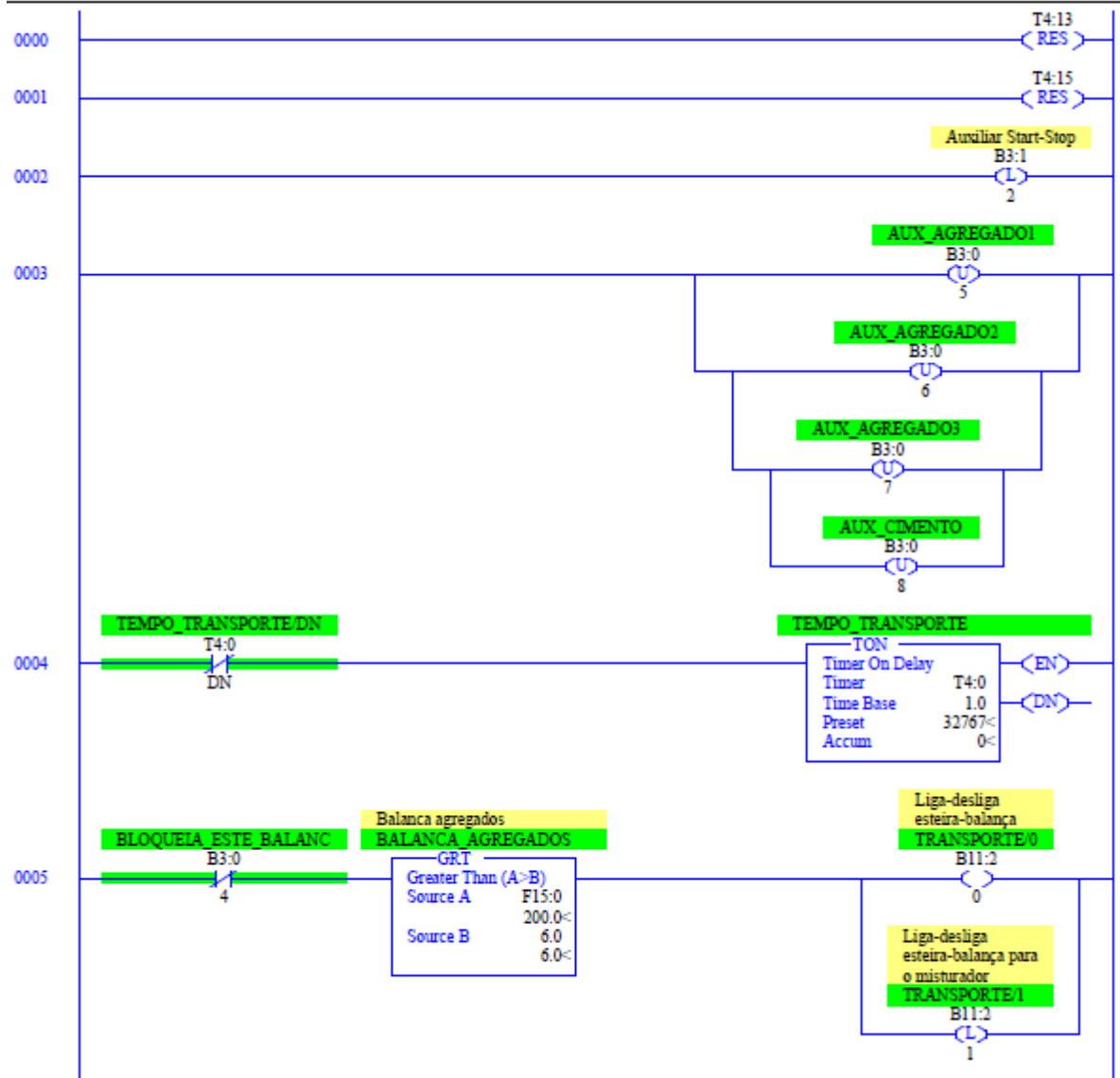
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 10 - ADITIVO --- Total Rungs in File = 4



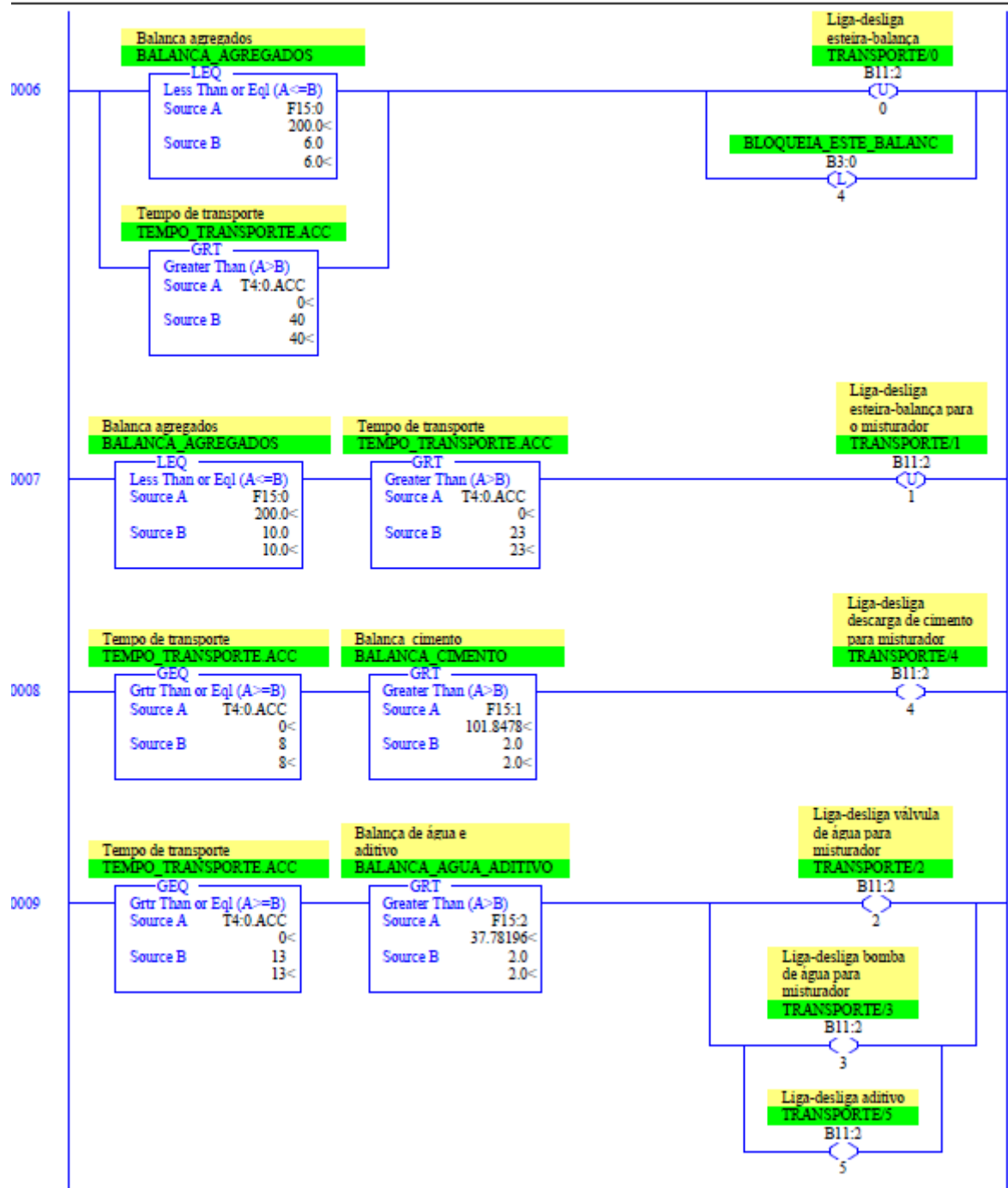
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 11 - TRANSPORTE --- Total Rungs in File = 19



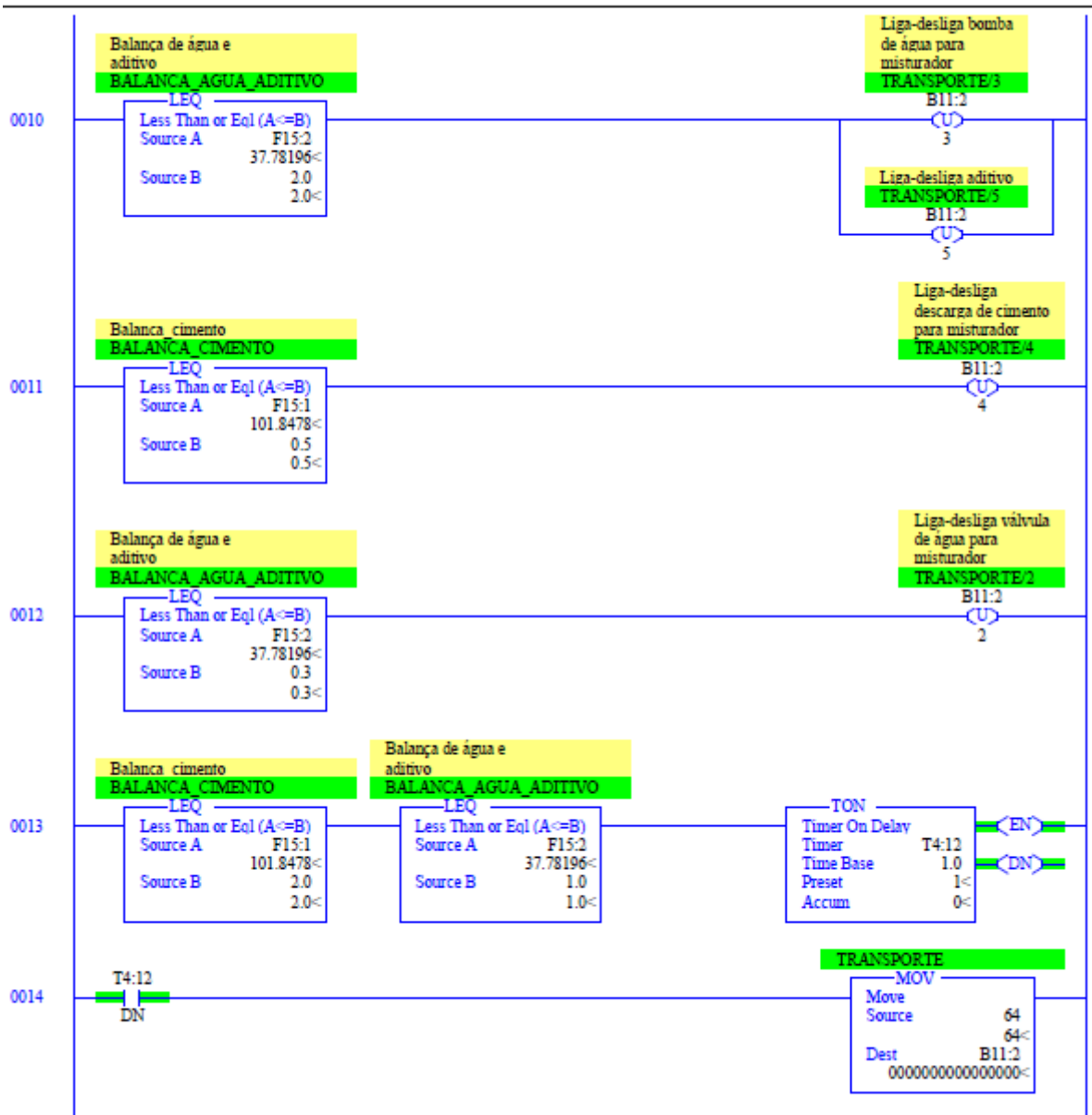
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 11 - TRANSPORTE --- Total Rungs in File = 19

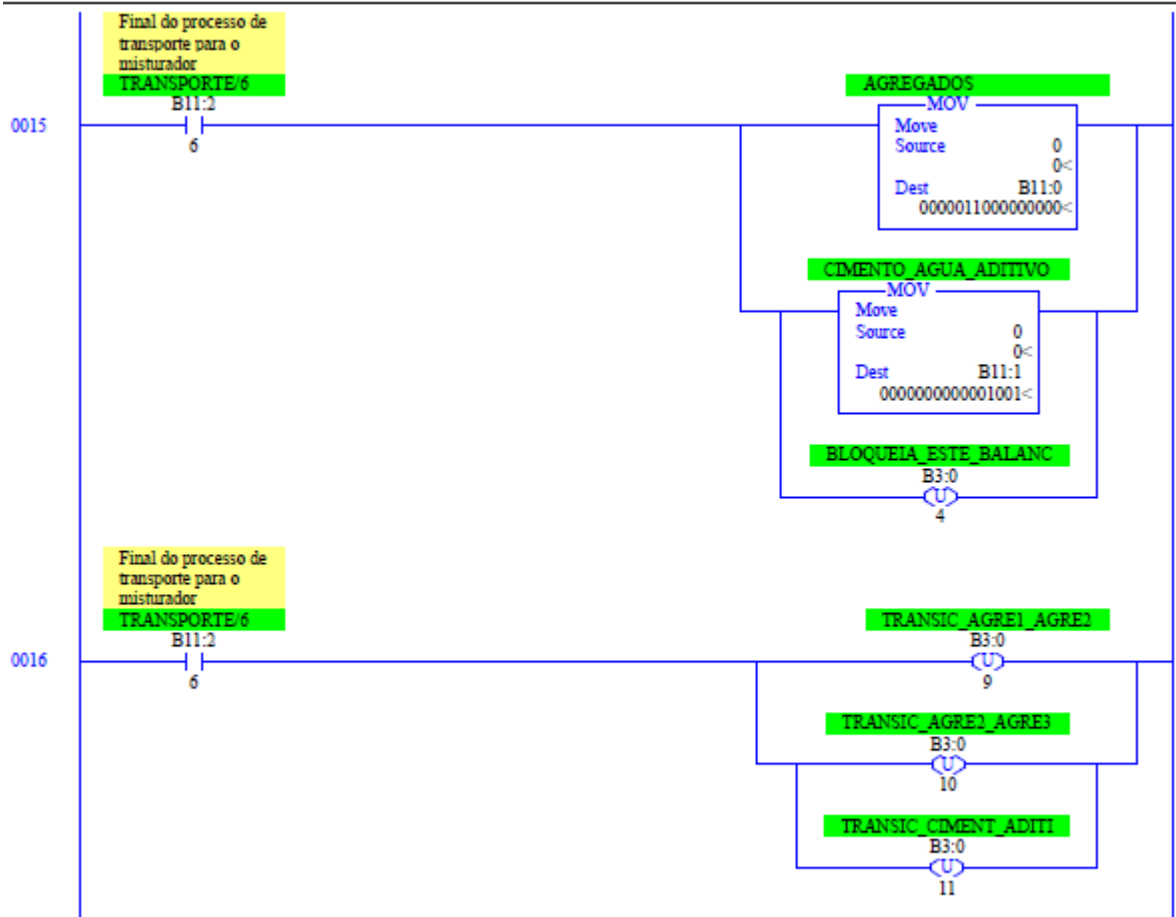


Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 11 - TRANSPORTE --- Total Rungs in File = 19

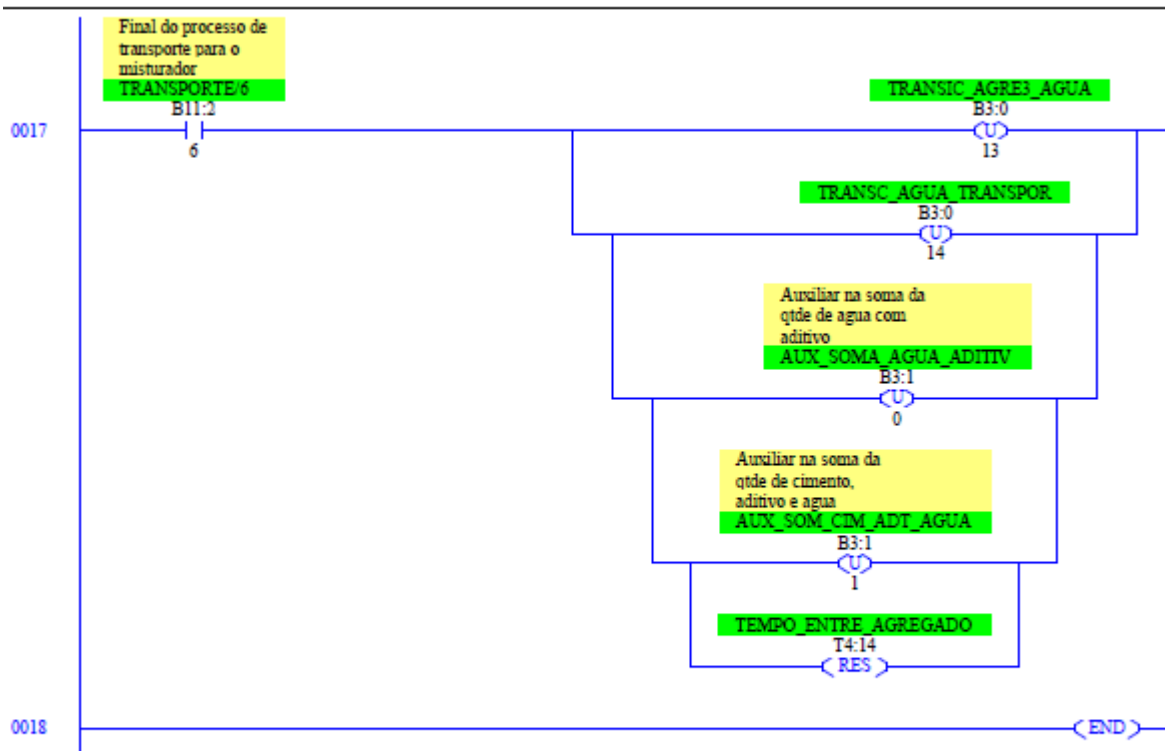


LAD 11 - TRANSPORTE --- Total Rungs in File = 19



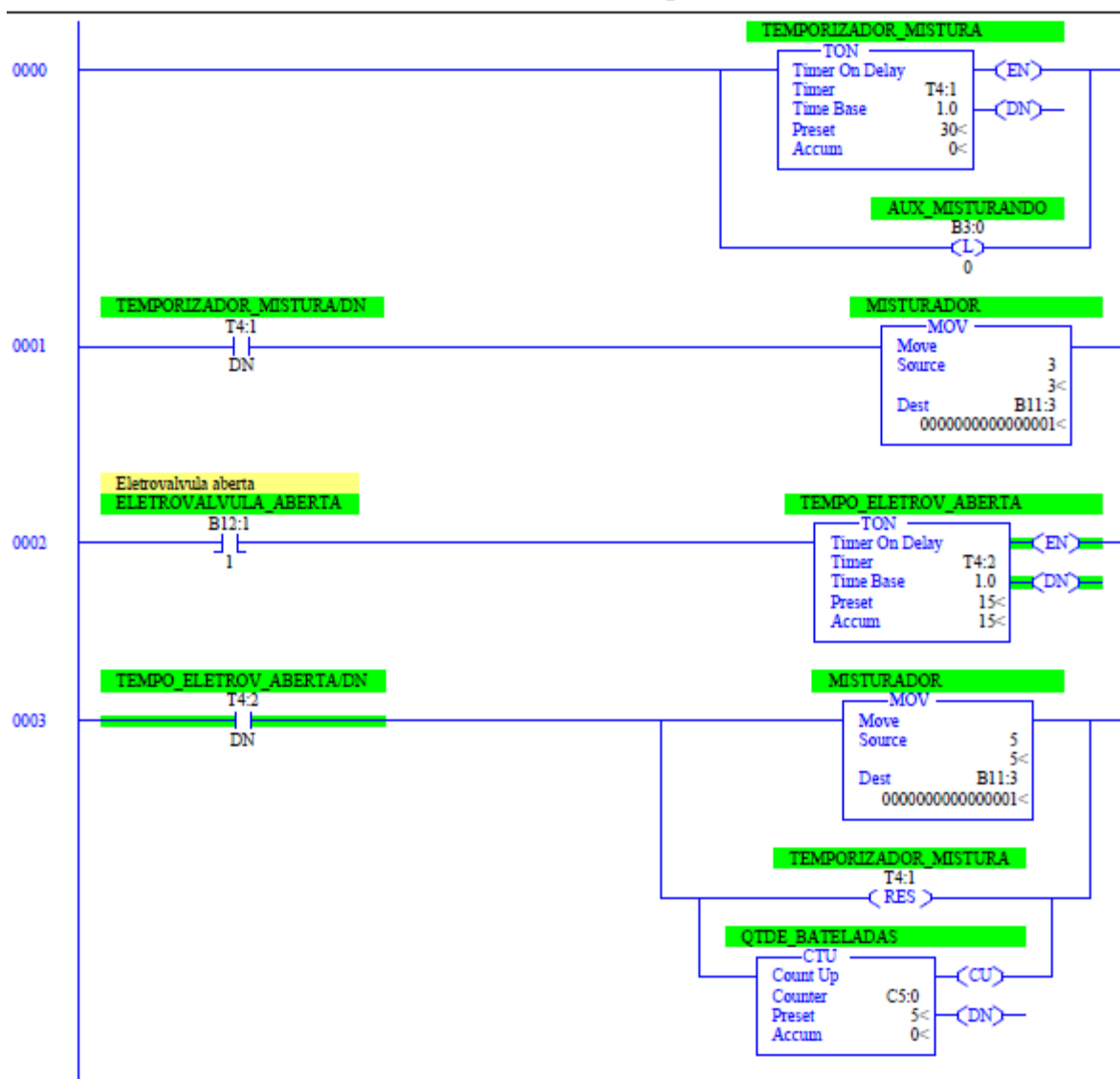
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

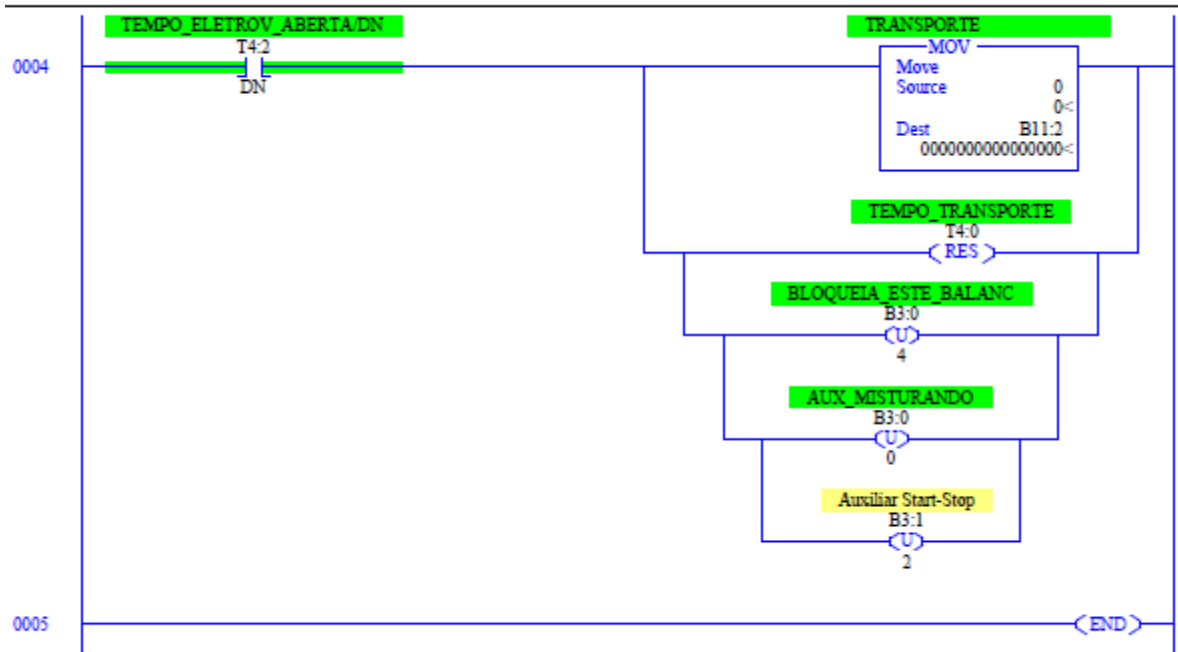
LAD 11 - TRANSPORTE --- Total Rungs in File = 19



Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

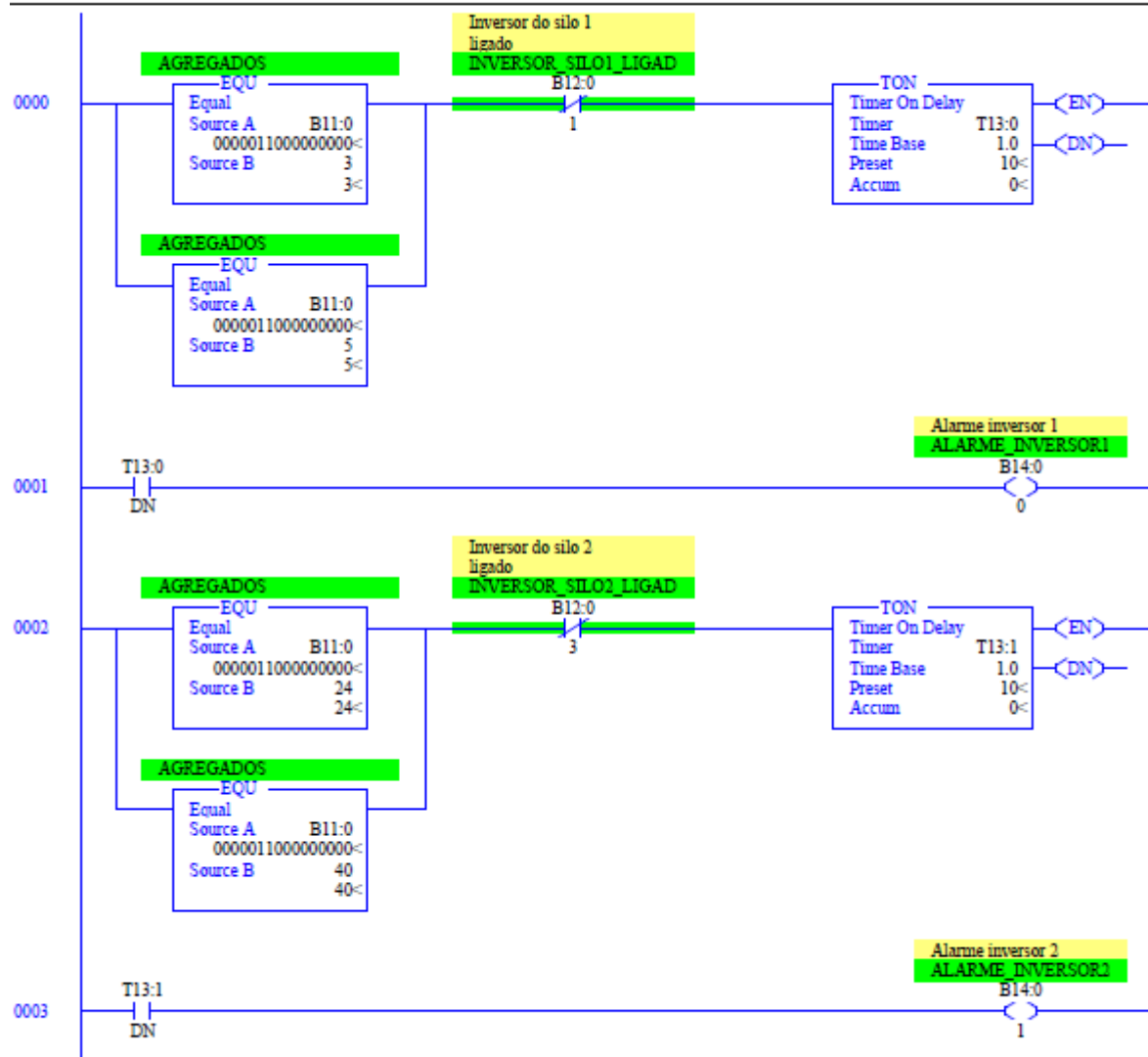
LAD 12 - MISTURA --- Total Rungs in File = 6





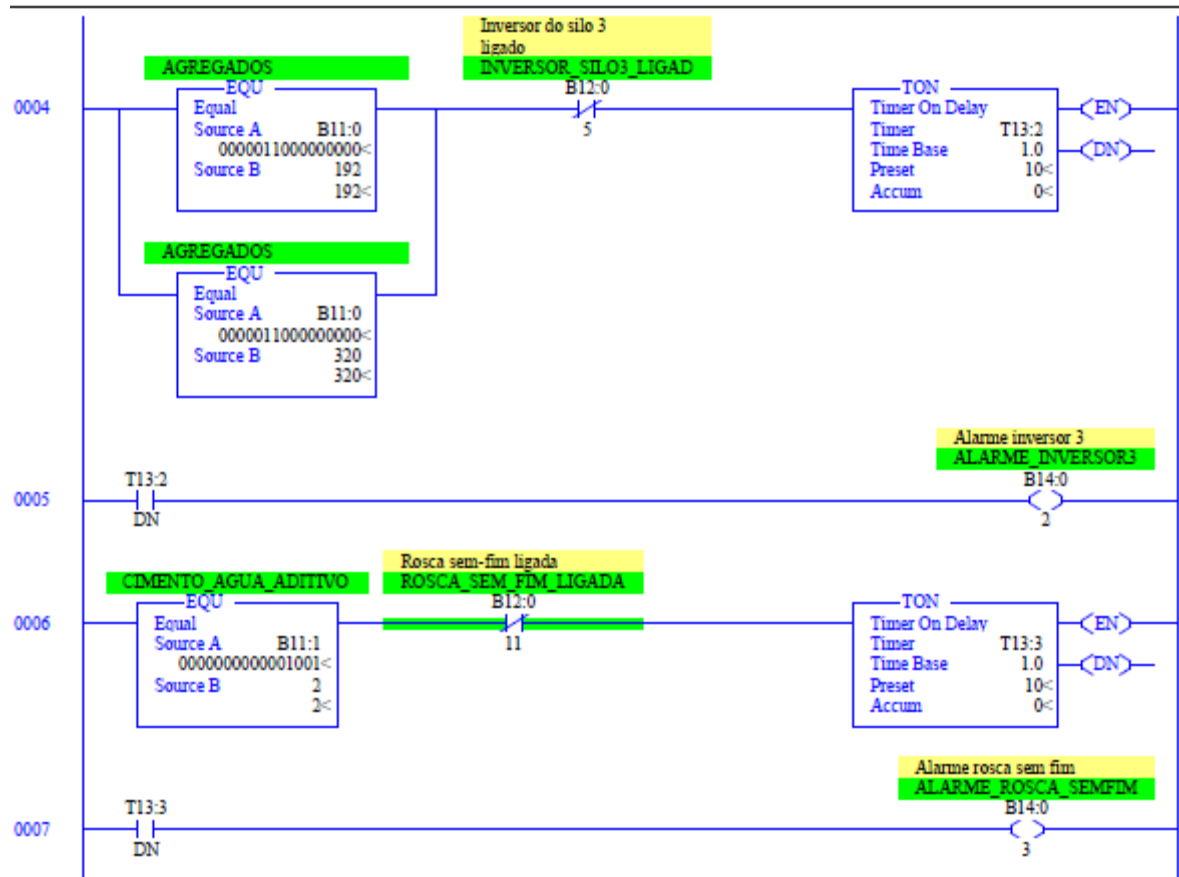
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 13 - ALARMES --- Total Rungs in File = 19



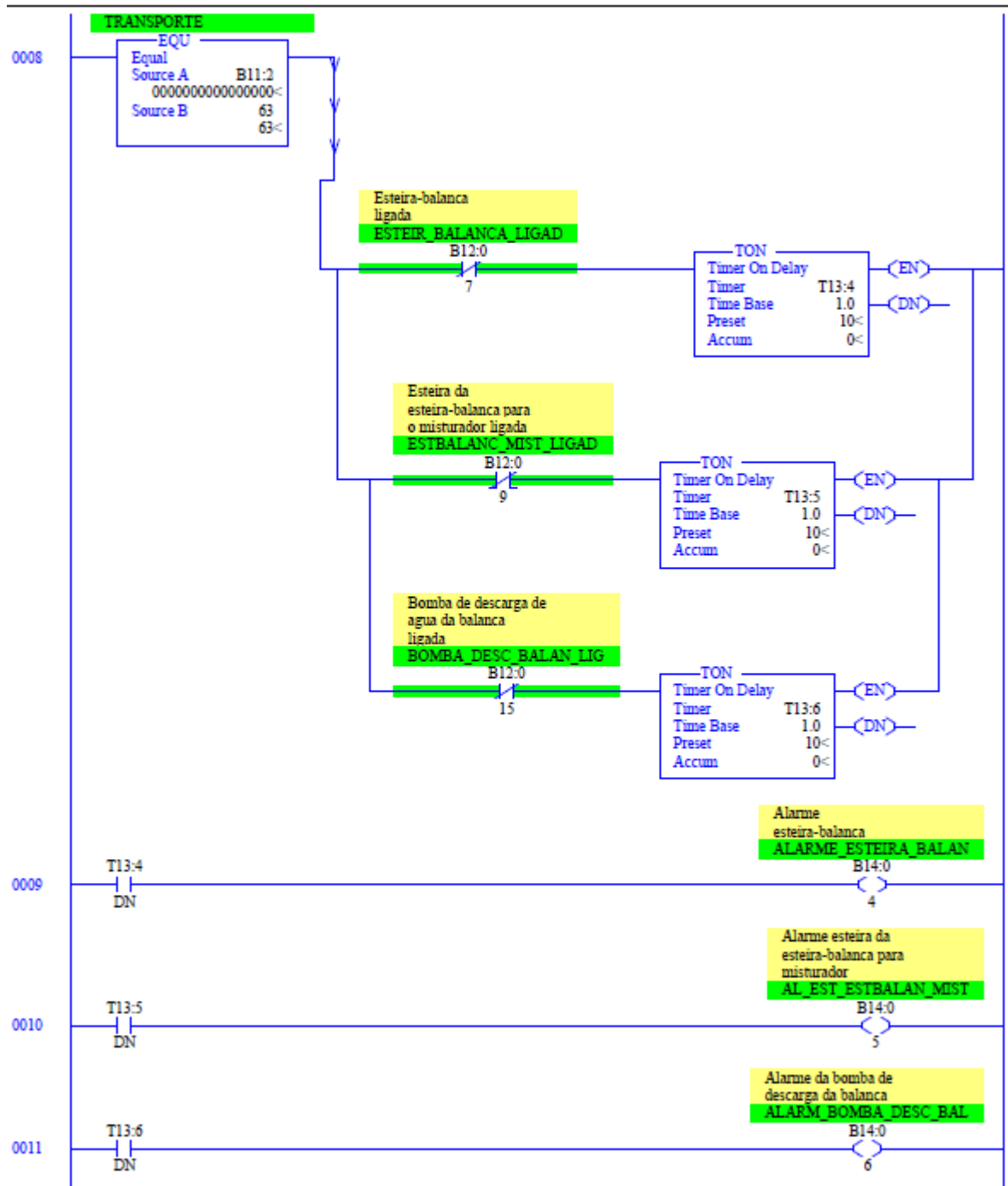
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 13 - ALARMES --- Total Rungs in File = 19



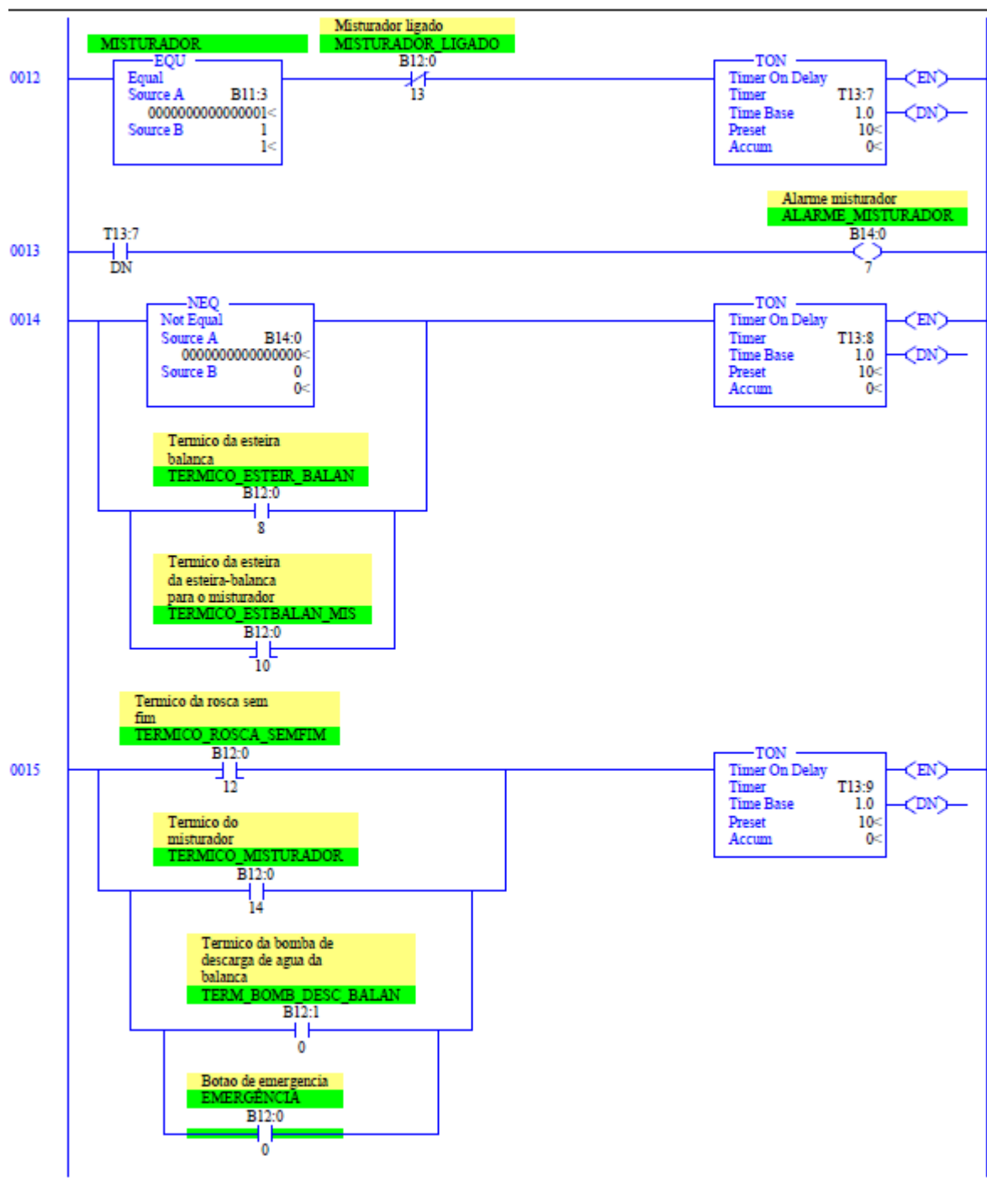
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 13 - ALARMES --- Total Rungs in File - 19



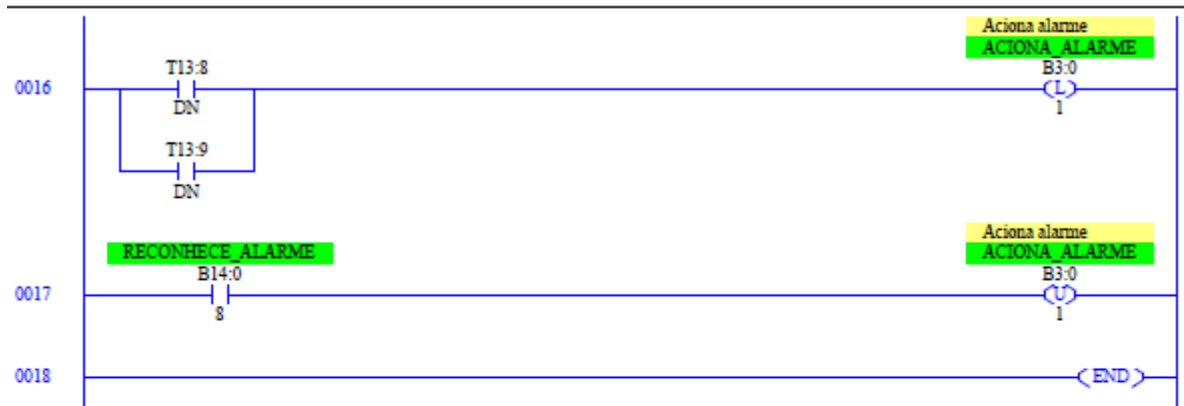
trabalho de conclusão de curso - murilo franco de campos

LAD 13 - ALARMES --- Total Rungs in File = 19



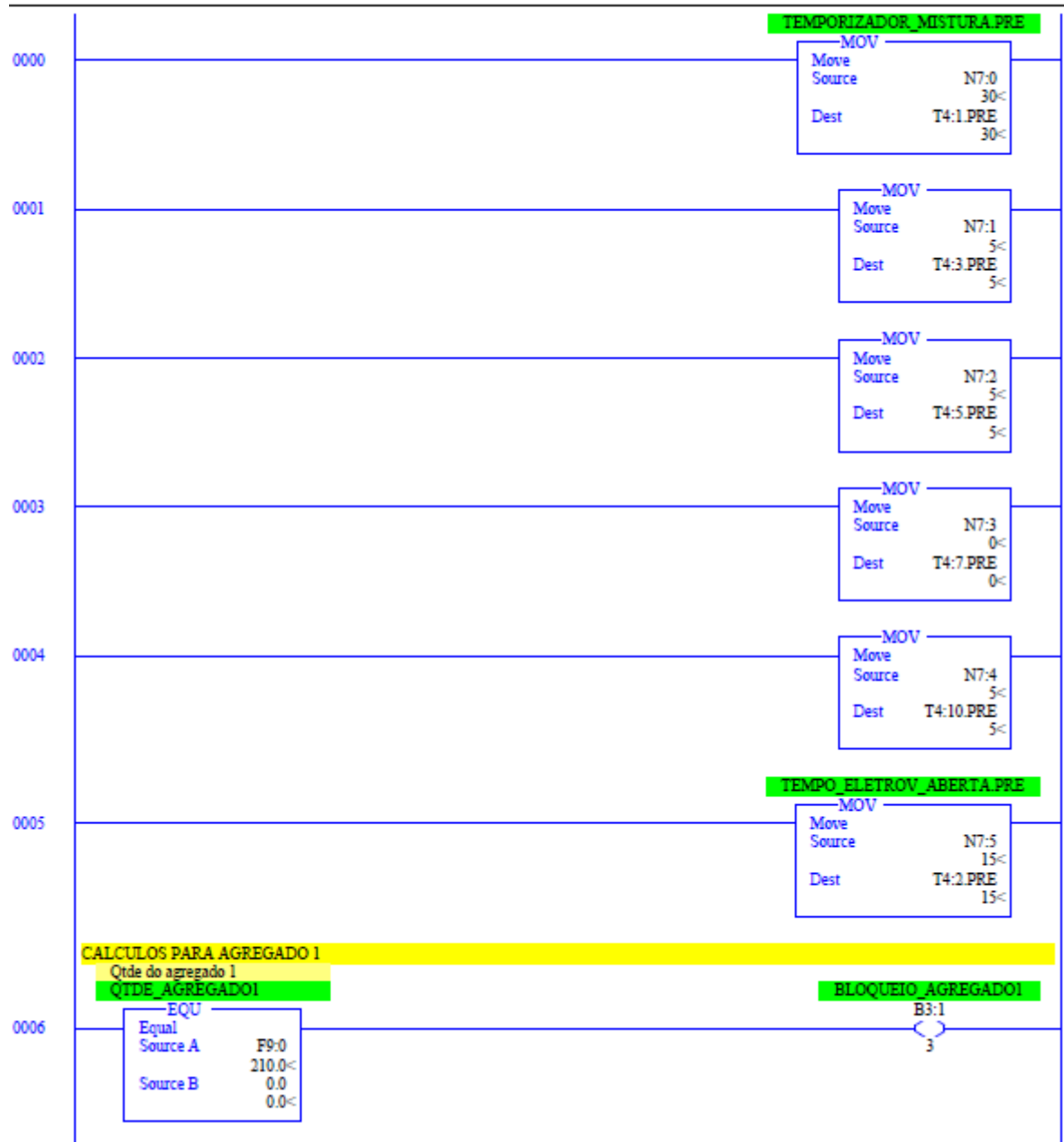
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 13 - ALARMES --- Total Rungs in File = 19



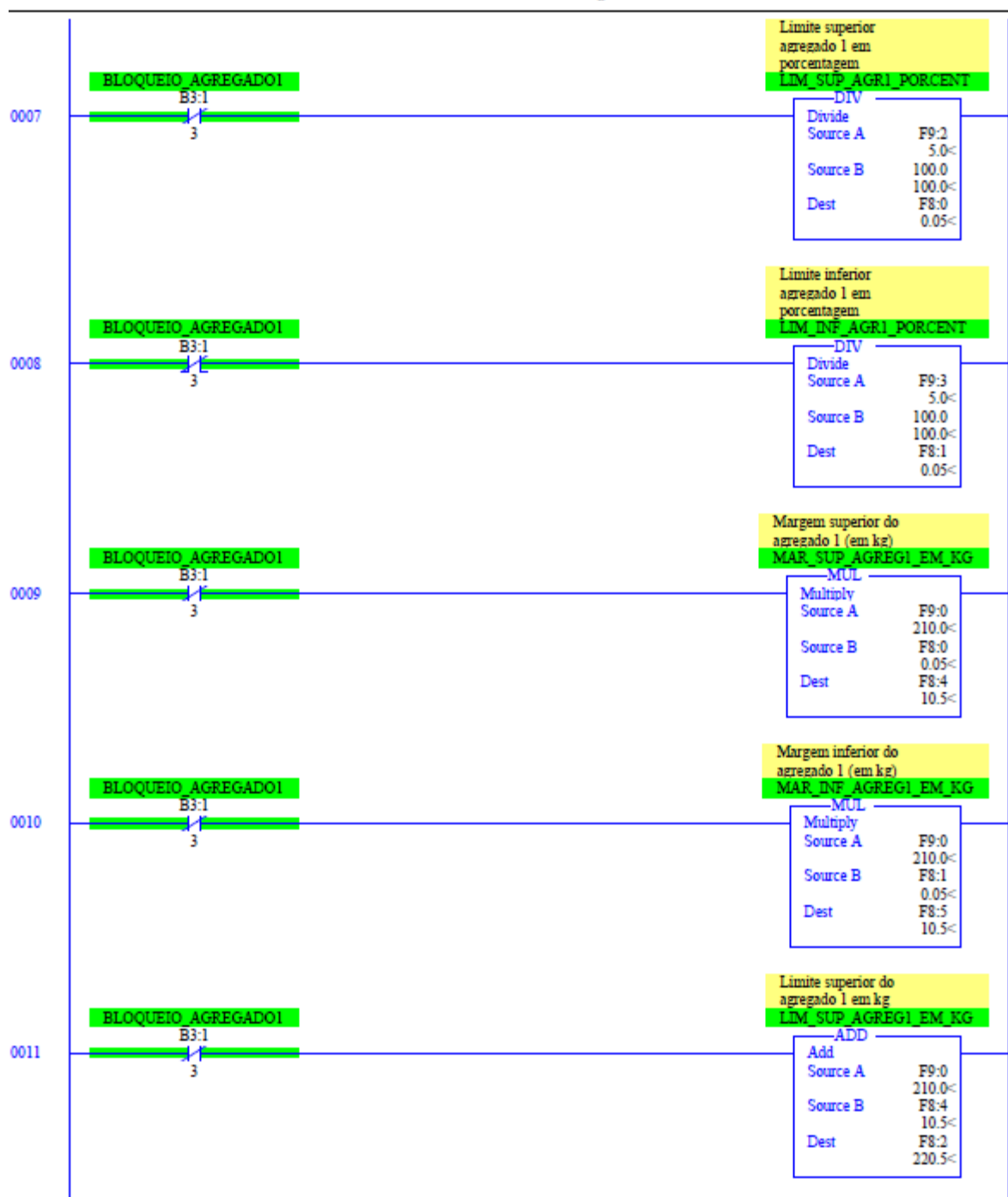
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 14 - CALCULOS --- Total Rungs in File = 46



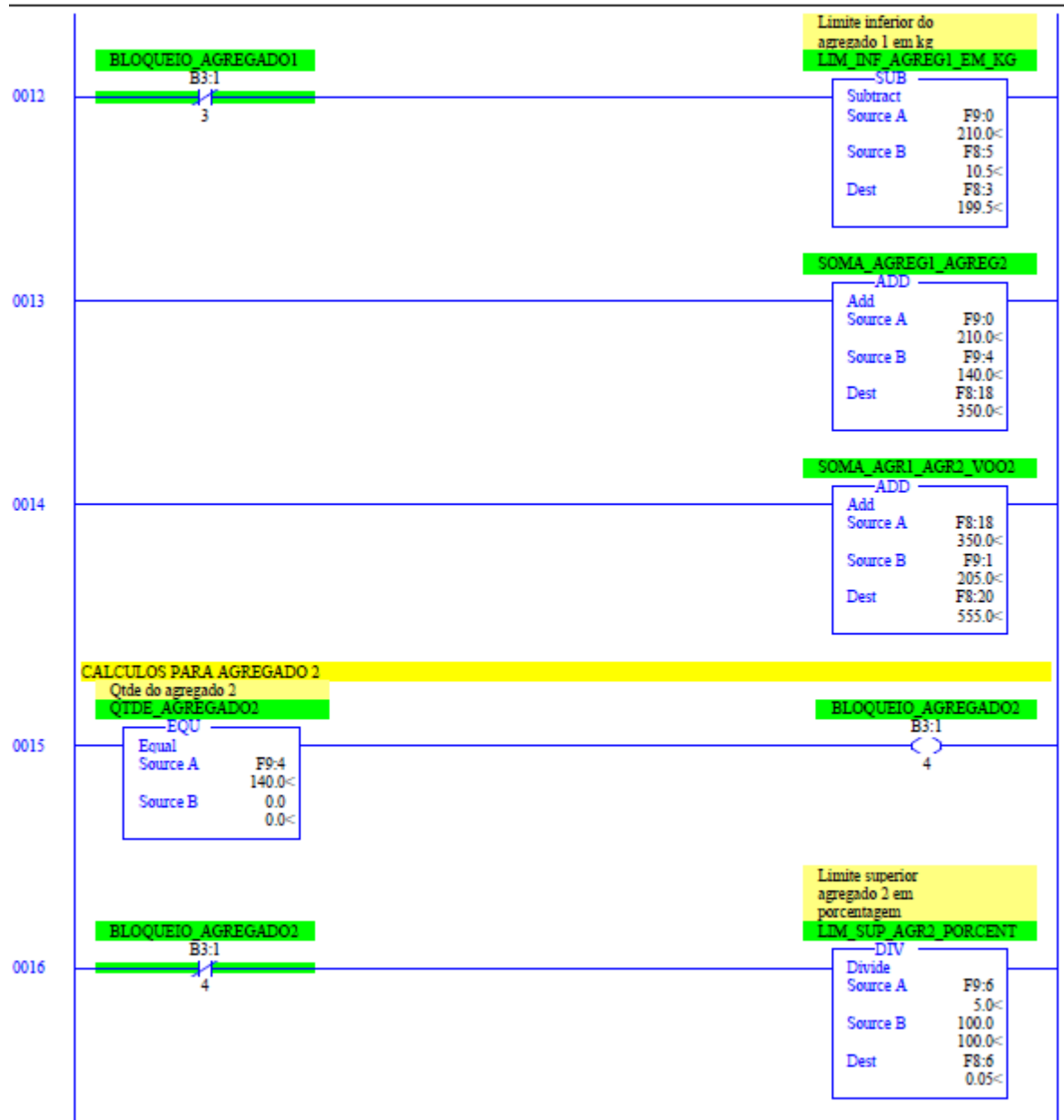
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 14 - CALCULOS --- Total Rungs in File = 46



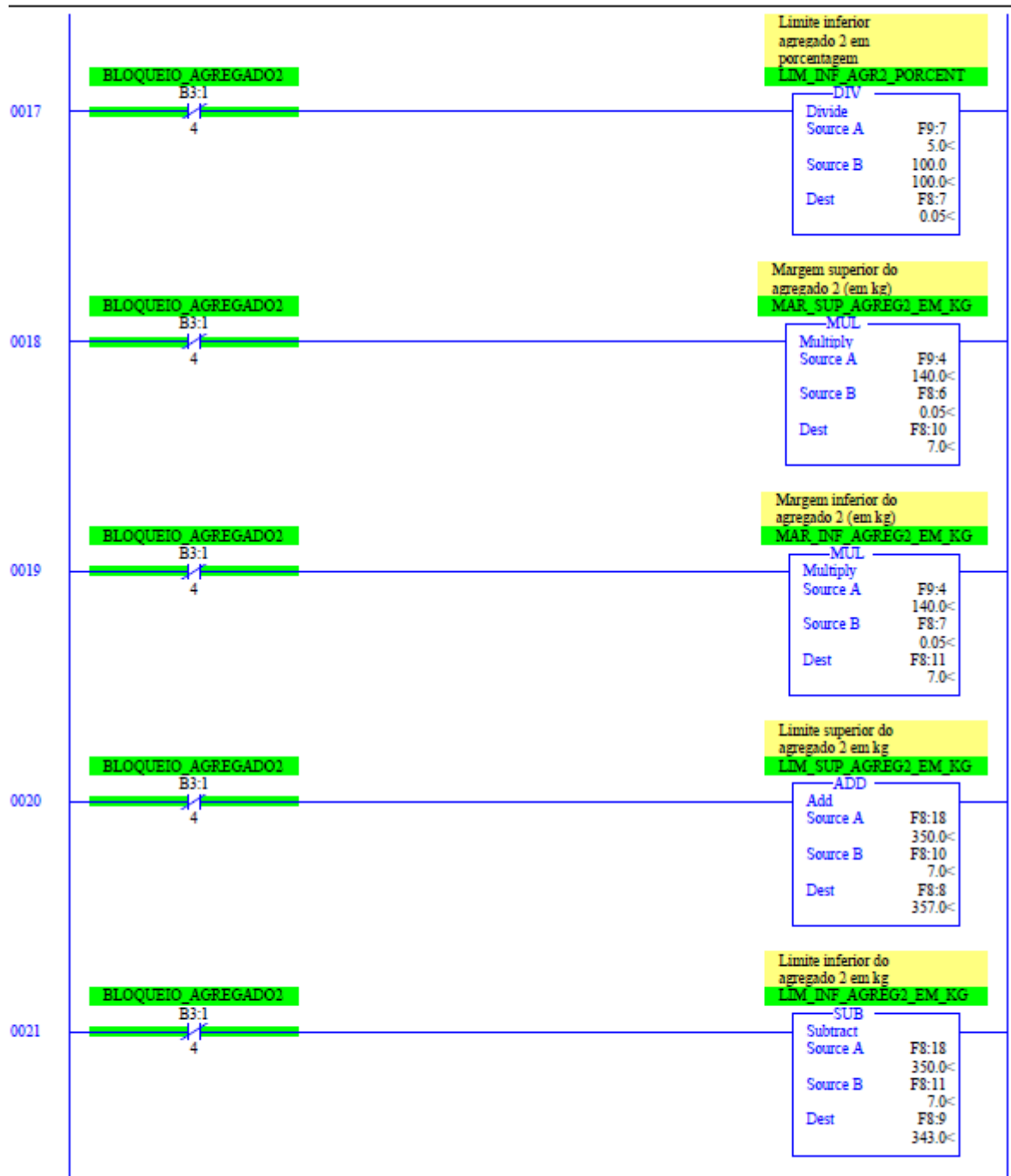
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 14 - CALCULOS --- Total Rungs in File = 46



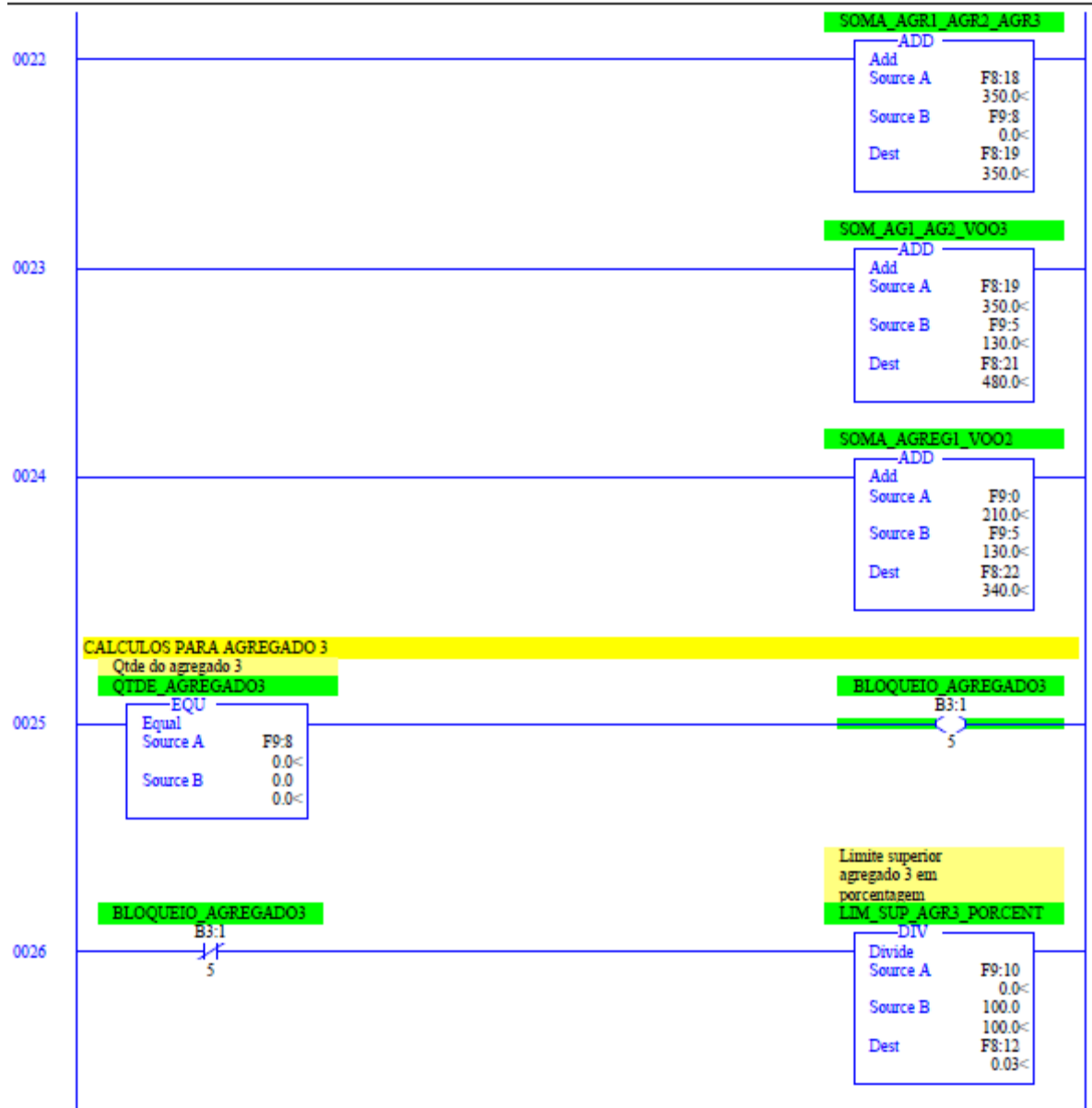
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 14 - CALCULOS --- Total Rungs in File = 46



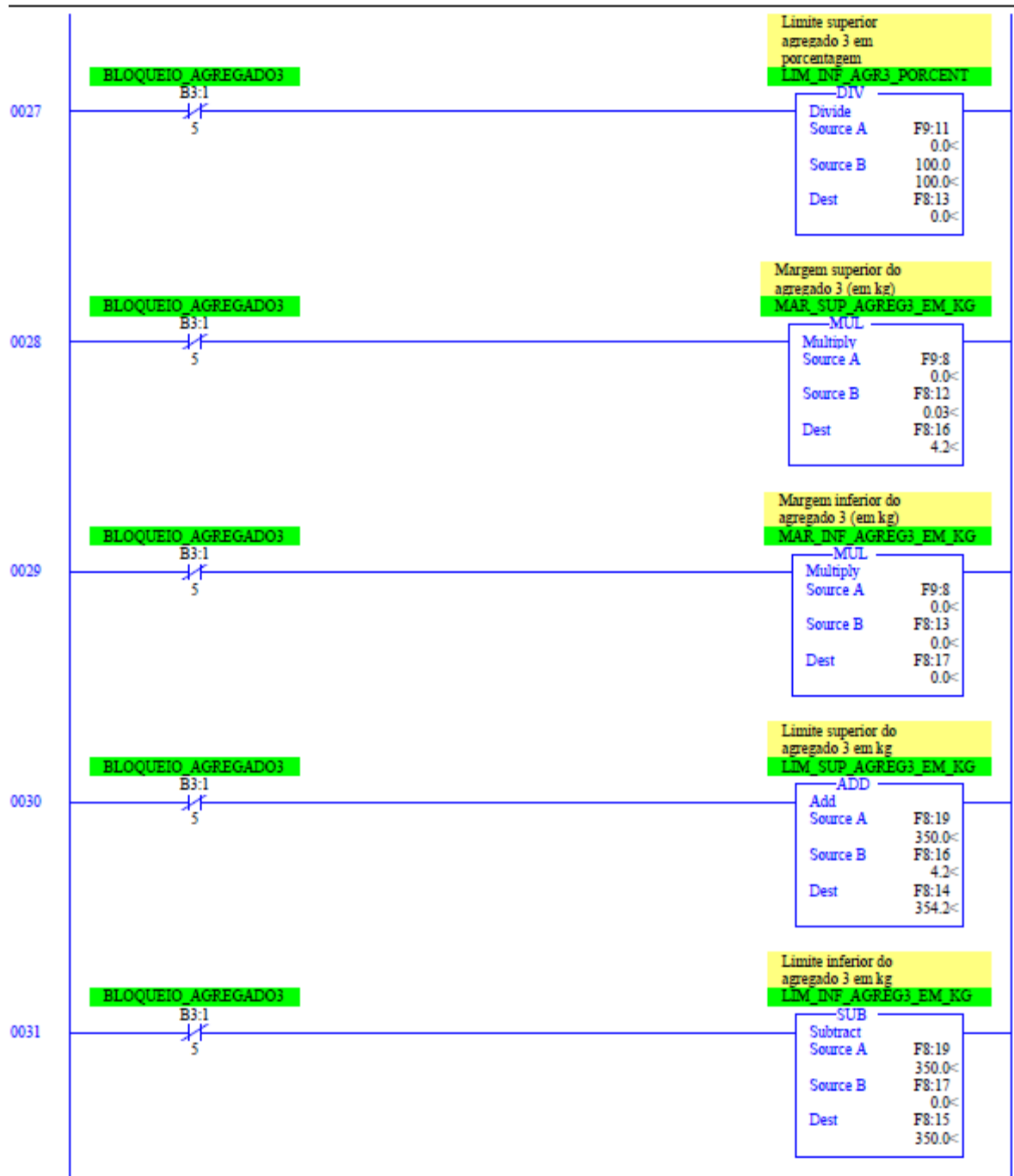
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 14 - CALCULOS --- Total Rungs in File = 46



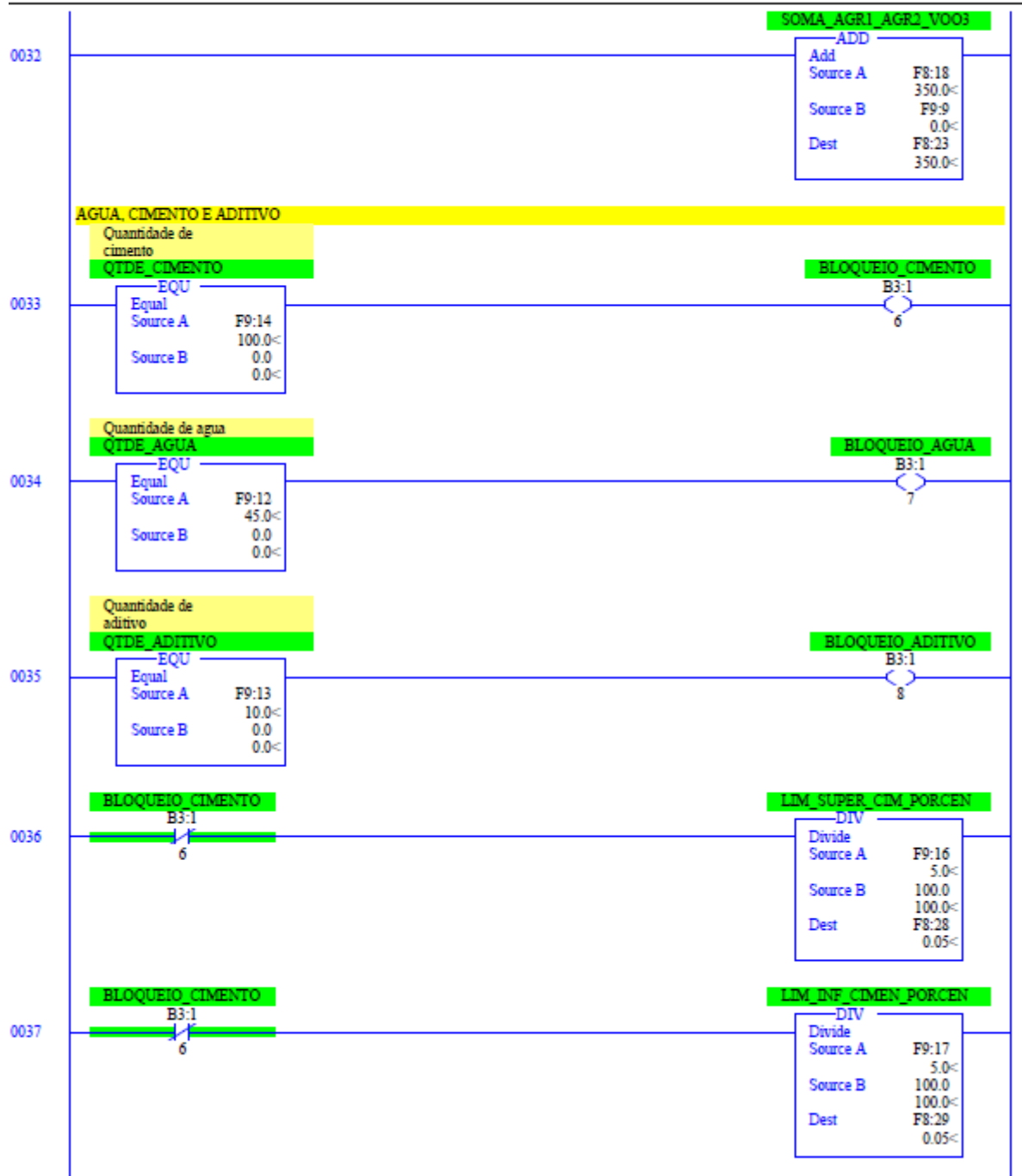
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 14 - CALCULOS --- Total Rungs in File = 46



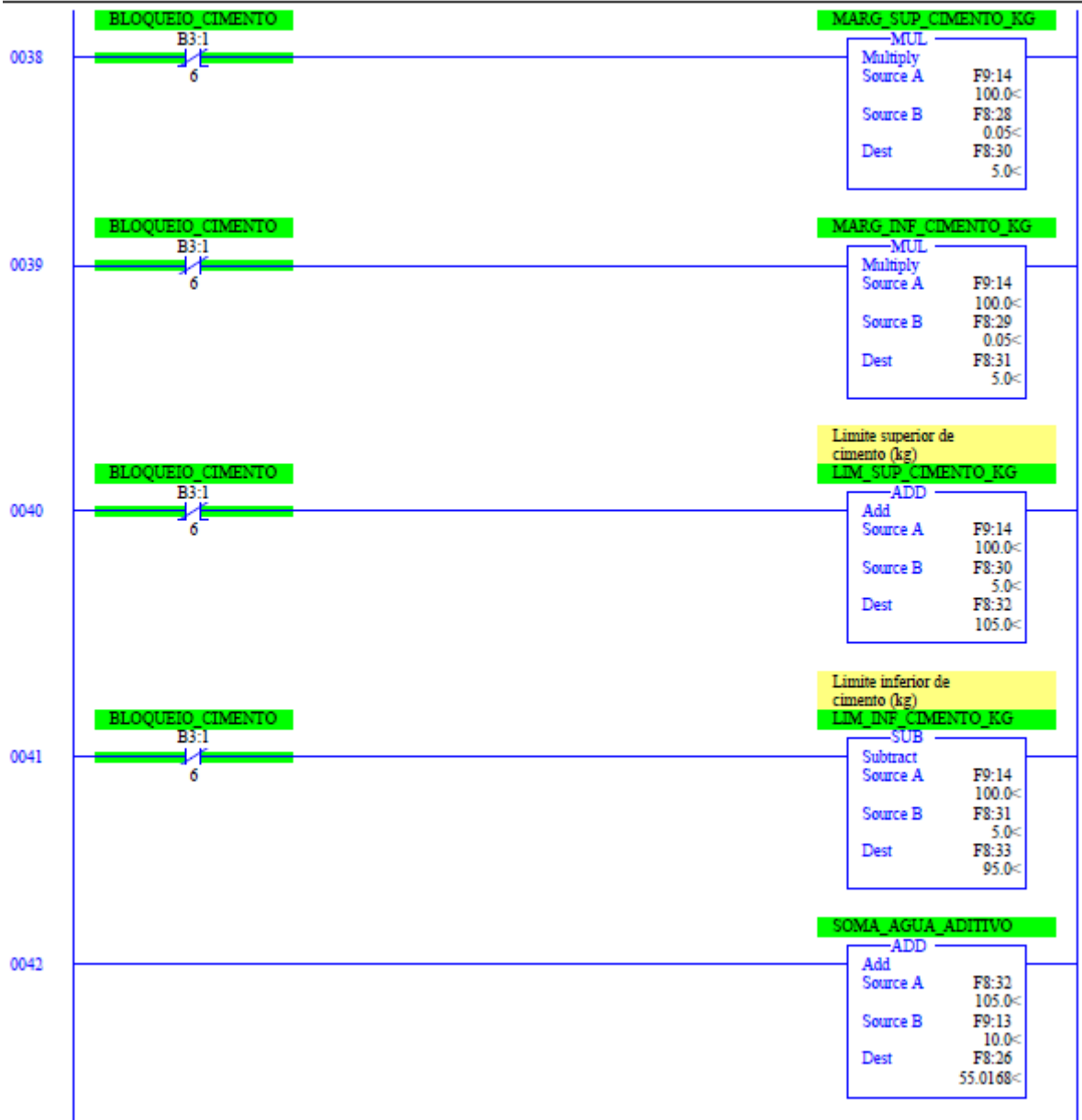
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 14 - CALCULOS --- Total Rungs in File = 46



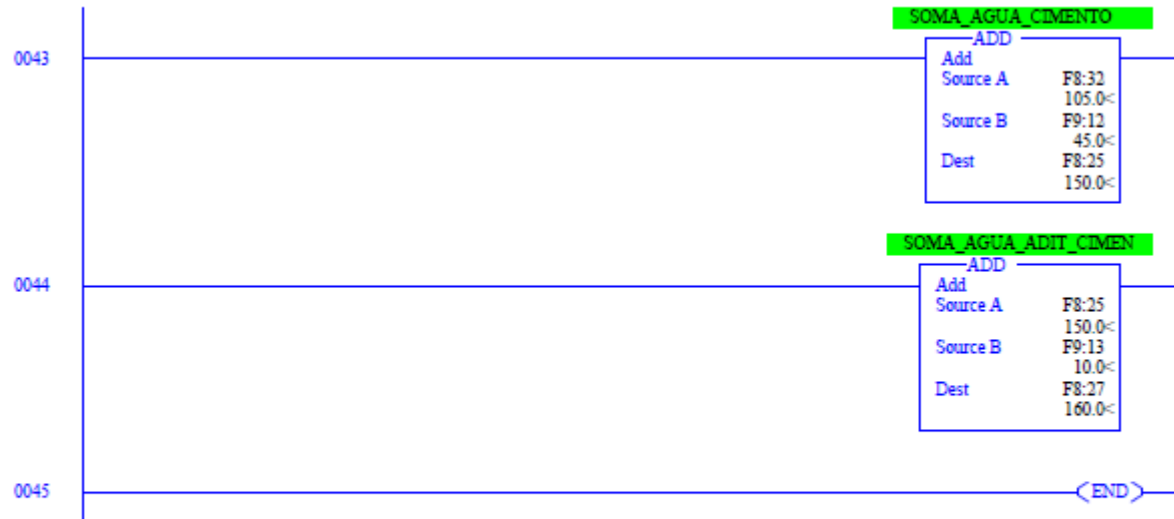
Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 14 - CALCULOS --- Total Rungs in File = 46



Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 14 - CALCULOS --- Total Rungs in File = 46



Trabalho de Conclusão de Curso - Murilo Franco de Campos

LAD 15 - FIRST_PASS --- Total Rungs in File = 21



ANEXO A

DESENHOS DAS BORNEIRAS DO CLP

