

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

CHARLES WEISS
DEIZI DAIANE GASPARIN
EDER PERIN SCHLING

**AUTOMAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE ELEVADOR INDUSTRIAL
DIDÁTICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA
2011

CHARLES WEISS
DEIZI DAIANE GASPARIN
EDER PERIN SCHLING

AUTOMAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE ELEVADOR INDUSTRIAL DIDÁTICO

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

Orientador: Prof. Giovano Mayer

MEDIANEIRA
2011



TERMO DE APROVAÇÃO

AUTOMAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE ELEVADOR INDUSTRIAL DIDÁTICO

Por:

Charles Weiss

Deizi Daiane Gasparin

Eder Perin Schling

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 20:20 horas do dia 02 de Dezembro de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. Os acadêmicos foram argüidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Esp. Giovano Mayer
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Orientador)

Prof. Me. Yuri Feruzzi
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Dirceu de Melo
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Esp. Giovano Mayer
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus que nos acompanha lado a lado e que nos dá suporte em nossas vidas.

A todos os professores que dedicam seu precioso tempo com o objetivo de passar adiante o conhecimento na área, principalmente ao nosso orientador, Giovano Mayer, pela valiosa ajuda pelas suas correções e incentivos. A todos os professores que nos orientaram e se dispuseram a auxiliar e tirar dúvidas durante o desenvolvimento deste projeto.

Aos amigos que fizemos na UTFPR, que foram sinceros, pelo carinho, apoio e dedicação, por acompanharem nossas trajetórias acadêmicas e que estiveram sempre presentes.

“Uma máquina pode fazer o trabalho de cinquenta pessoas comuns.
Máquina alguma pode fazer o trabalho de um homem incomum.”

Elbert Hubbard

RESUMO

WEISS, Charles; GASPARIN, Deizi Daiane; SCHILING, Eder Perin. Automação de um Protótipo de Elevador Industrial Didático. 2011. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira 2011.

Este trabalho apresenta o projeto e a execução de um protótipo de um elevador industrial. Tal protótipo é constituído por uma estrutura metálica composta por tubos 20x30 e cantoneiras de 1', que servem de apoio para o elevador e simulam quatro andares. O habitáculo do elevador é constituído por cantoneiras de $\frac{3}{4}$ ' e é tracionado por um motor de $\frac{1}{4}$ CV de potencia, acoplado a uma caixa redutora com saída de 90RPM. Cada andar possui quatro botões que são utilizados para possibilitar a chamada do elevador. Para a identificação da posição do elevador, foram utilizados sensores indutivos de modelo M18x1. Para o controle do elevador foi utilizado o CLP da Moeller do modelo XC-100, que possui oito entradas digitais e oito saídas digitais. O protótipo mostrou-se eficiente, pois possibilita a aplicação de várias lógicas de controle e pode ser utilizado nas aulas práticas de automação no laboratório de automação industrial da UTFPR – Câmpus Medianeira.

Palavras-chave: Elevador. CLP. Automação.

ABSTRACT

WEISS, Charles; GASPARIN, Deizi Daiane; SCHILING, Eder Perin. Automação De Um Protótipo De Elevador Industrial Didático. 2011. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso. - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira 2011.

This work presents the project and the execution of an archetype of an industrial elevator's prototype. This prototype is constituted by a composed metallic structure composed by pipes 20x30 and angle-irons of 1', that serve like a support for the elevator and simulate four floors. The elevator's structure is constituted by angle-irons of 3/4' and is empowered by an engine of 1/4 CV's power, connected to a reducing box with way out of 90 RPM. Each floor possesses four buttons that are used to make possible the call of the elevator. Inductives sensors of M18x1 model was used to know the elevator's position. Moeller's CLP of XC-100's model was used, to the control of the elevator, which one possesses eight digital entrances and eight digital exits. The prototype revealed efficient for the application in the practical automation's lessons in the industrial automation laboratory of UTFPR - Câmpus Medianeira.

Key-words: Elevator. CLP. Automation.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Ampéres
CPU	Unidade Central de Processamento
CI	Circuitos Integrados
CLP	Controlador Lógico Programável
FBD	<i>Function Block Diagram</i>
Hz	Hertz
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IL	<i>Instruction List</i>
LD	Diagrama Ladder
mA	miliamperes
mV	milivolts
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
NF	Normal Fechado
NA	Normal Aberto
PC	Computador Pessoal
PLC	<i>Programmable logic controller</i>
SFC	<i>Sequential Function Chart</i>
ST	<i>Structured Text</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Vcc	Tensão contínua
Vca	Tensão alternada
RPM	Rotações por Minuto

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de processamento.....	13
Figura 2 - CLP compacto da Moeller.....	14
Figura 3 - CLP modular da Moeller.....	15
Figura 4 - Localização dos sensores em um processo.....	20
Figura 5 - Configurações elétricas dos sensores de proximidade.....	21
Figura 6 - Princípio de funcionamento do sensor indutivo.....	22
Figura 7 - Diagrama esquemático de um relé.....	23
Figura 8 - (a) Esquema de uma botoeira – (b) Exemplos de botoeiras comerciais ...	23
Figura 9 - Esquema de funcionamento de um contator.....	24
Figura 10 - Estrutura do Elevador.....	27
Figura 11 - Rodízios para o deslocamento.....	27
Figura 12 - Habitáculo do Elevador.....	28
Figura 13 - Rolamento guias.....	28
Figura 14 - Fixação do moto redutor.....	29
Figura 15 - Tambor de <i>nylon</i> e cabo de aço.....	29
Figura 16 - Arruelas de fixação.....	30
Figura 17 - Montagem do quarto e quinto sensores.....	31
Figura 18 - Botões de acionamento.....	32
Figura 19 - Bornes de ligação e conexão para o CLP.....	32
Figura 20 - Chapa de montagem.....	33
Figura 21 - Teste em laboratório.....	34
Figura 22 - Fluxograma de funcionamento.....	36
Figura 23 - Parte da Programação em linguagem Ladder.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do motoredutor de indução utilizado.....	20
Tabela 2 - Materiais utilizados.....	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Entradas e saídas utilizadas no CLP.....	35
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 ELEVADORES DE CARGA	12
2.2 AUTOMAÇÃO	12
2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	13
2.3.2 Linguagem de programação	15
2.4 MOTORES DE INDUÇÃO MONOFÁSICOS	17
2.5 SENSORES E RELÉS UTILIZADOS	20
2.5.1 Sensor de proximidade	20
2.5.1.1 Sensor de proximidade Indutivo	21
2.5.2 Relés	22
2.6 BOTOEIRAS OU BOTÕES DE COMANDO	23
2.7 CONTADORES E DISJUNTOR MOTOR	24
3 PROJETO DO ELEVADOR	26
3.1 PROJETO E EXECUÇÃO MECÂNICA	26
3.2 PROJETO E EXECUÇÃO ELÉTRICA	30
3.2.1 Instalação dos sensores indutivos	30
3.2.2 Instalação das botoeiras	31
3.2.3 Instalação das ligações elétricas de comutação	32
4 PROGRAMAÇÃO DO CLP XC100	34
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

No mundo moderno, em que se procura rapidez e qualidade para a maioria dos processos industriais, a atividade de transporte aparece como uma grande oportunidade para empresas se destacarem diante das concorrentes. Neste sentido, apesar de se tratar de um equipamento com pouco mais de dois séculos de existência, muitos avanços têm sido apresentados aos elevadores, sejam eles como meio de locomoção de pessoas, seja de transporte de cargas.

A área de automação e mecânica, da mesma forma, apresentam um desenvolvimento considerável, pois utilizam tecnologias modernas e a cada dia mais avançadas. Trata-se de uma área do conhecimento que procura oferecer ao ser humano, um conjunto de soluções para os seus problemas, geralmente ligados ao bem estar e a produtividade. O CLP (Controlador Lógico Programável) é usado na área da automação como um marco na apresentação de soluções mais confiáveis, rápidas e adaptáveis aos problemas na área elétrica e mecânica.

Este trabalho propõe apresentar um estudo sobre a automação aplicada em equipamentos do tipo elevador de carga com o uso de CLPs, por meio do desenvolvimento de um protótipo. O trabalho consiste no projeto e na execução do protótipo propriamente dito que é formado basicamente por uma estrutura metálica de 0.28m de comprimento por 0.33m de largura, com 1.50m de altura que simula um elevador de carga. A forma de chamada do elevador foi desenvolvida com o auxílio de 4 botões por andar, que quando pressionados possibilitam o deslocamento do habitáculo do elevador para o andar desejado. Foram utilizados sensores indutivos para identificação dos andares e das portas de cada andar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ELEVADORES DE CARGA

Em 1918, iniciou-se a construção elevadores no Brasil. Os primeiros foram movidos a “cabineiros”, que giravam uma manivela para fazer subir e descer o elevador. Com a construção de edifícios mais altos, o sistema a manivela foi substituído por sistemas elétricos, com a utilização de botões para acionar o elevador. Depois dos botões vieram os relés, os circuitos elétricos e finalmente os Controladores Lógicos Programáveis.

Com a associação da informática, a satisfação dos usuários aumentou. O atendimento aos andares passou a ser controlado de forma lógica, priorizando certas atividades. (TUDO SOBRE IMÓVEL, 2000).

2.2 AUTOMAÇÃO

A automação teve início nas linhas de montagem automotiva na década de 20. A partir desta, época os avanços nesta área cresceram o que proporcionou um aumento na qualidade e quantidade de produção e redução de mão de obra e custos.

Segundo Silveira, P.R (2010), o avanço da automação está ligado à microeletrônica, à pneumática e à hidráulica, onde surgiram os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), que substituíram dispositivos mecânicos e contadores, diminuindo o consumo de energia, facilitando sua manutenção e instalação nos painéis de comando. A automação ocorre quando, um conceito e um conjunto de técnicas são unidas e constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficiência ótima em determinados processos. Nestes processos, as informações provenientes do próprio sistema servem como parâmetros para efetuar o controle.

A partir dos anos 80, a evolução tecnológica dos PLCs, que atingiram um alto grau de integração, tanto no número de pontos como no tamanho físico, possibilitou o fornecimento de minis e micros PLCs, Georgini, M. (2006).

2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Os controladores lógicos programáveis são equipamentos eletrônicos bastante utilizados em automação, formado por circuitos capazes de realizar funções lógicas e aritméticas com os sinais de entrada, gerando sinais de saídas, de acordo com a lógica pré definida. O princípio de funcionamento dos CLP's baseia-se na sua programação, uma sequência de comandos organizada de forma lógica que define as ações a serem realizadas conforme o algoritmo criado previamente. Ao se mudar ou incrementar a programação, obtém-se novas respostas (saídas) às entradas aplicadas. A figura 1 mostra o funcionamento de um CLP.



Figura 1 - Ciclo de processamento
Fonte: Silva, (2007).

Pode-se dividir o ciclo de funcionamento de um CLP em três partes: entradas, programa e saídas.

Segundo Natale F. (1998), as entradas de um CLP são as que levarão sinais do sistema a qual se deseja controlar. As informações destas variáveis são levadas através de sensores: indutivos, fotoelétrico, mecânicos, que fornecem dois níveis lógicos: um ou zero, que corresponde a +Vcc e zero Volts respectivamente e níveis analógicos de tensão (0 a 10Vcc) ou corrente (4 a 20mA). As saídas apresentam as mesmas características apresentadas pelas entradas, enviando sinais para o sistema a ser controlado.

Paulo, R. S.(2010), descreve que um programa é uma seqüência de instruções através de um conjunto de opções oferecidas pelo CLP em uso, efetuando as ações de controle desejadas. A Unidade Central de Processamento responsável pela execução do programa pode ser encarada como o cérebro que controla todas as ações construídas.

2.3.1 Tipos de CLP

São classificados como compactos ou modulares, dependendo dos seus elementos constituintes.

Os CLPs compactos têm incorporadores em uma única unidade: CPU e os módulos de E/S, sendo estes últimos os únicos disponíveis ao usuário. Esta estrutura é empregada para CLPs de pequeno porte. Suportam entradas e saídas analógicas, contadores rápidos, módulos de comunicação, interfaces homem/máquina (IHM), expansões de I/O. A figura 2 mostra um CLP compacto da Moeller.



Figura 2 - CLP compacto da Moeller
Fonte: Control Chip (2011).

Os CLPs modulares executam uma determinada função em cada módulo. Há possibilidade de ter um processador e memória em um único módulo com fonte separada, ou então, as três partes juntas. As entradas e saídas são separadas em módulos de acordo com suas características, que são colocadas em certas posições (*racks* – unidade física dotada de barramento de alimentação e comunicação onde

são conectados os módulos de um CLP), formando uma configuração de médio e grande porte. São constituídos de *rack*, fonte de alimentação, CPU e módulos de E/S. Segundo Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A., (2008), estes CLPs vão desde os denominados MicroCLPs, que suportam pequenas quantidade de E/S até os CLPs de grande porte, que tratam até milhares de pontos de E/S. A figura 3 mostra um CLP modular da marca Moeller.



Figura 3 - CLP modular da Moeller
Fonte: *Applied Automation* (2011).

2.3.2 Linguagem de programação

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

O fato de não existirem normas regulamentadoras de programação de CLPs, fez com que surgissem várias linguagens de programação ao longo do tempo. Isso gerou um problema, pois toda vez que uma empresa precisava trocar um determinado equipamento, era necessário adquirir e desenvolver novos *softwares* e *hardwares* e fazer treinamento da equipe envolvida na implantação e manutenção.

Segundo Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A., (2008), a necessidade de estabelecer um padrão aberto para os CLPs criou um grupo de trabalho no IEC (*International Electrotechnical Commission*) para estabelecer normas em todo o ciclo

de desenvolvimento dos CLPs, incluindo o projeto de *hardware*, instalação, testes, documentação, programação e comunicação. No início dos anos 1990, o IEC publicou a norma IEC 1131, considerada um marco histórico para os CLPs. Essa norma foi revisada alguns anos depois, recebendo o número IEC 61131 e a sua terceira parte (IEC 61131-3) trata das linguagens de programação. Basicamente, ela é dividida em três seções: generalidades, elementos comuns e linguagens de programação.

Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A., (2008), afirmam que quanto às linguagens de programação, a norma IEC 61131-3 definiu cinco tipos de linguagens: Diagrama de Blocos de Funções (FBD – *Function Block Diagram*), Linguagem Ladder (LD – *Ladder Diagram*), Seqüenciamento Gráfico de Funções (SFC – *Sequential Function Chart*), Lista de Instruções (IL – *Instruction List*) e Texto Estruturado (ST – *Structured Text*).

No Diagrama de Blocos de Funções, os elementos são expressos por blocos interligados, parecidos com os usados em eletrônica digital. Esta linguagem permite desenvolver o *software* de forma hierárquica e modular, pois podem ser construídos blocos de funções mais complexos a partir de menores e mais simples. É considerada poderosa e versátil, com uso indicado para processos químicos em geral e processamento descentralizado ou distribuído Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A., (2008).

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

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

Esta linguagem é mais usada para CLPs de grande porte, ideal para processos seqüenciais.

A Lista de Instruções é inspirada na linguagem *Assembly* e é seqüencial. Funciona por meio de instruções que possuem operadores e dependendo do tipo de operação, podem incluir um ou mais operandos. É indicada para CLPs de pequeno porte ou para processos simples. Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A., (2008).

Franchi, C. M.; Camargo, V. L. A., (2008), definem que a linguagem Texto Estruturado, é um algoritmo textual de nível alto, inspirada na linguagem Pascal (instruções condicionais – IF / THEN / ELSE e CASE OF – e instruções de interações – FOR, WHILE e REPEAT). É feita para o desenvolvimento de programação estruturada, excelente para a definição de blocos funcionais complexos, que podem ser utilizados em qualquer linguagem IEC. É a mais recomendada para aplicações complexas que envolvam a descrição de comportamento seqüencial.

2.4 MOTORES DE INDUÇÃO MONOFÁSICOS

Franchi, C. M. (1977), define o motor elétrico como um dispositivo responsável por transformar energia elétrica em energia mecânica, mais especificamente, em energia cinética. A presença de corrente elétrica em um motor, contínua ou alternada, garante movimento em um eixo, que é aproveitado de diversas formas, dependendo da aplicação do motor.

Os motores monofásicos, para Franchi, C. M. (1977), são assim chamados devido a seus enrolamentos de campo serem ligados diretamente a uma fonte monofásica. Os motores de indução monofásicos podem ser aplicados nos locais onde não se dispõe de alimentação trifásica, sendo empregados com frequência em residências, escritórios, oficinas e em zonas rurais, em aplicações como: bombas d'água, ventiladores e meio de acionamento para pequenas máquinas.

O que caracteriza o motor de indução é que somente o estator é ligado na rede de alimentação, o rotor não é alimentado internamente, pois as correntes que

circulam nele são induzidas eletromagneticamente pelo estator. Isto facilita sua manutenção pelo fato de não existirem escovas no rotor.

O motor de indução é constituído pelos seguintes elementos:

- a) *Circuito magnético estático*: é composto por chapas ferromagnéticas empilhadas e isoladas, denominado estator. O estator é preso na carcaça que tem a função de dar suporte ao conjunto e é constituída por ferro fundido, aço ou alumínio injetado (materiais resistentes à corrosão).
- b) *Bobinas*: existem de acordo com o número de grupos que caracterizam o motor monofásico ou polifásico. Ficam localizadas em cavas abertas no estator e são alimentadas pela rede de corrente alternada.
- c) *Rotor*: é constituído por um núcleo ferromagnético laminado, onde há um enrolamento ou um conjunto de condutores paralelos, onde são induzidas correntes provocadas pelas bobinas estatóricas. É apoiado em uma cavidade que transmite para a carga a energia mecânica produzida.

Conforme Fevereiro, J. L. (2011), para se chegar ao valor referente ao dimensionamento do motoredutor utilizado para tracionar o elevador, é utilizada a seguinte fórmula.

(Equação 1)

$$M = \frac{G \cdot R}{1000 \cdot 2} = Kgf\cdot m$$

$$M = \frac{20 \cdot (25 + \frac{1}{4} \cdot 15)}{1000 \cdot 2} = Kgf\cdot m$$

$$M = 0,2875 \text{ kgf}\cdot m$$

Onde,

M = momento de torção máxima requerida pelo eixo do tambor

G = peso da carga mais habitáculo (Kg)

R = raio do tambor (mm) + diâmetro do cabo de aço x número de voltas (quantidade de voltas do cabo recomendadas para atingir o ponto mais alto).

Cálculo das RPM no eixo do tambor para elevador de cabo duplo.

(Equação 2)

$$n = \frac{2.1000.v}{\pi.D} = RPM$$

$$n = \frac{2.1000.7}{\pi.50 + \frac{1}{4} * 15} = RPM$$

$$n = 87,09RPM$$

Onde,

v = velocidade de subida em m/min

D = diâmetro do tambor em (mm) + diâmetro do cabo de aço x número de voltas
(quantidade de voltas do cabo recomendadas para atingir o ponto mais alto).

O cálculo de potencia necessária de acionamento deve considerar quanto há um maior numero de voltas do cabo em volta do tambor.

(Equação 3)

$$P = \frac{M.n}{716,2.\eta} = CV$$

$$P = \frac{0,2875 . 87,09}{716,2 . 0,7} = CV$$

$$P = 0,0499CV$$

Onde:

P = Potência necessária de acionamento

M = momento de torção máxima requerida pelo eixo do tambor

n = RPM do eixo do tambor de acionamento

η = rendimento do motoredutor.

No trabalho foi utilizado um motoredutor, com as características técnicas apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Características do motoredutor de indução utilizado

Dados de placa	
Freqüência (Hz)	60
Velocidade de entrada (RPM)	1440
Velocidade de saída (RPM)	90
Tensão de alimentação (Vca)	220
Corrente nominal (A)	2,0
Potência (CV)	¼

Fonte - Dados obtidos na placa do equipamento usado no protótipo.

Pode-se observar que a potência do motor utilizado, é superior a calculada anteriormente.

2.5 SENSORES E RELÉS UTILIZADOS

Atualmente a maioria dos sensores utilizados são elétricos ou eletrônicos. Os sensores são largamente usados na medicina, automação, controle de processos industriais e robótica.

Segundo Bonacorso, N. G. (2004), os sensores elétricos são componentes que captam as informações necessárias no decorrer do processo e as enviam ao circuito elétrico de controle, conforme mostra a figura 4.

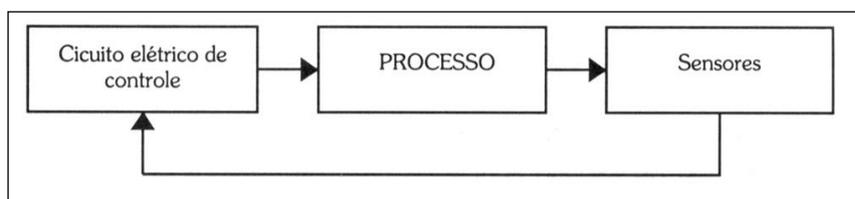


Figura 4 - Localização dos sensores em um processo
Fonte: Bonacorso (2004).

2.5.1 Sensor de proximidade

Segundo Bonacorso, N. G. (2004), o sensor de proximidade é um circuito eletrônico capaz de detectar a aproximação de peças, fluidos, componentes e elementos de máquinas. O acionamento ocorre sem que haja o contato físico entre o acionador e o sensor, aumentando com isso a vida útil do sensor. O estágio de saída deste tipo de sensor é um transistor PNP ou NPN, podendo ter ainda as seguintes configurações elétricas:

- a) Função NA (3 terminais)
- b) Função NF (3 terminais)
- c) Saída complementar (4 terminais acessíveis).

Estas configurações são apresentadas na figura 5.

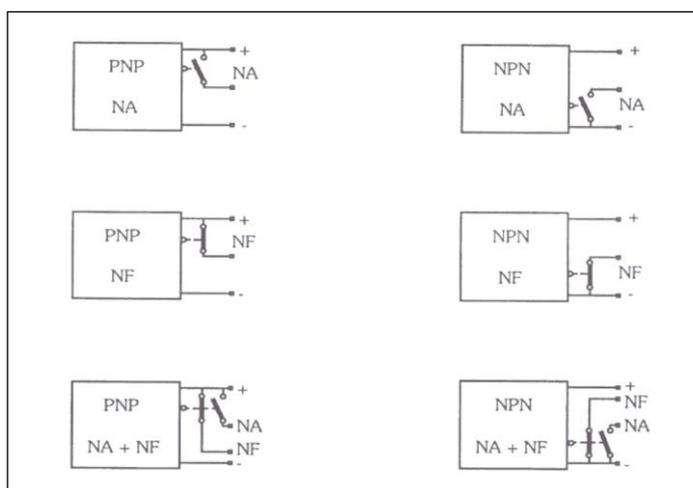


Figura 5 - Configurações elétricas dos sensores de proximidade
Fonte: Bonacorso (2004).

Na saída com transistor PNP, a carga a ser acionada pelo sensor deve ser conectada entre o terminal negativo e o terminal NA ou NF. Já na saída com transistor NPN, a carga deve ser conectada entre o terminal positivo e o terminal NA ou NF, conforme a lógica de controle utilizada. O sensor de proximidade pode ser indutivo ou capacitivo

2.5.1.1 Sensor de proximidade Indutivo

Segundo Bonacorso, N. G. (2004), este sensor detecta a aproximação de metais e o seu princípio de funcionamento baseia-se na detecção da variação do campo magnético de alta frequência devido à aproximação de um objeto metálico, conforme mostra a figura 6.

2.5.2 Relés

Os relés segundo Silva, M. E. (2007), são os elementos fundamentais de manobra de cargas elétricas, pois permitem a combinação de lógicas no comando, bem como a separação dos circuitos de potência e comando. Os mais simples constituem-se de uma carcaça com cinco terminais. A figura 7 mostra os terminais (1) e (2) correspondentes a bobina de excitação. O terminal (3) é o de entrada e os terminais (4) e (5) correspondem aos contatos normalmente fechado (NF) e normalmente aberto (NA), respectivamente.

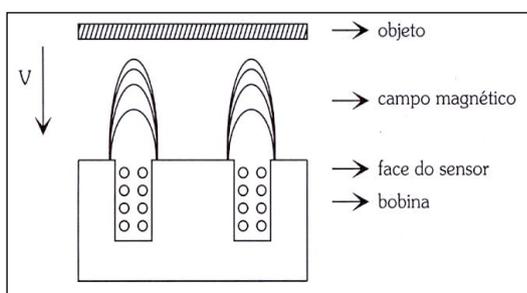


Figura 6 - Princípio de funcionamento do sensor indutivo
Fonte: Bonacorso (2004).

Uma característica importante dos relés, como pode ser observado na figura 7, é que a tensão nos terminais (1) e (2) pode ser 5Vcc, 12Vcc ou 24Vcc, enquanto simultaneamente os terminais (3), (4) e (5) podem trabalhar com 127Vca ou 220Vca.

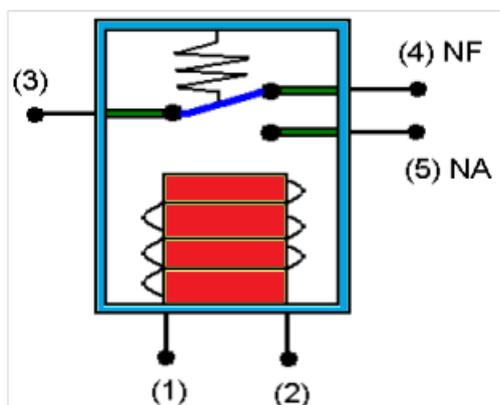


Figura 7 - Diagrama esquemático de um relé
Fonte: Silva (2007).

2.6 BOTOEIRAS OU BOTÕES DE COMANDO

Quando se fala em ligar um motor, o primeiro elemento que vem a mente é o de uma chave. Entretanto, no caso de comandos elétricos os botões que ligam os motores são diferentes de um interruptor, utilizadas para ligar uma lâmpada. A principal diferença está no fato de que ao movimentar a chave residencial ela vai para uma posição e permanece nela, mesmo quando se retira a pressão do dedo. Na “chave industrial” ou botoeira há o retorno para a posição de repouso através de uma mola segundo Silva, M. E. (2007), podendo ser observado na figura 8(a).

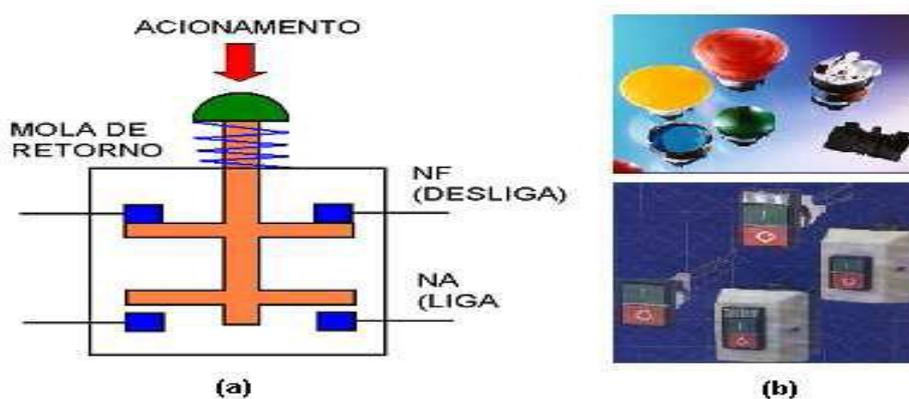


Figura 8 - (a) Esquema de uma botoeira. (b) Exemplos de botoeiras comerciais
Fonte: SILVA (2007).

A botoeira faz parte da classe de componentes denominada elementos de sinais. Estes são dispositivos pilotos e nunca são aplicados no acionamento direto

de motores. Existem botoeiras com apenas um contato podendo ser do tipo NA ou NF.

2.7 CONTADORES E DISJUNTOR MOTOR

Os contatores são dispositivos eletromagnéticos construídos para uma elevada frequência de operação, servem para ligar e desligar um motor, por exemplo, e são utilizados geralmente para comandos elétricos automáticos à distância. É constituído por uma bobina que quando alimentada cria um campo magnético que atrai o núcleo móvel fechando o circuito. Cessando a alimentação da bobina, o campo deixa de existir, provocando o retorno do núcleo através de molas, conforme mostra a figura 9.

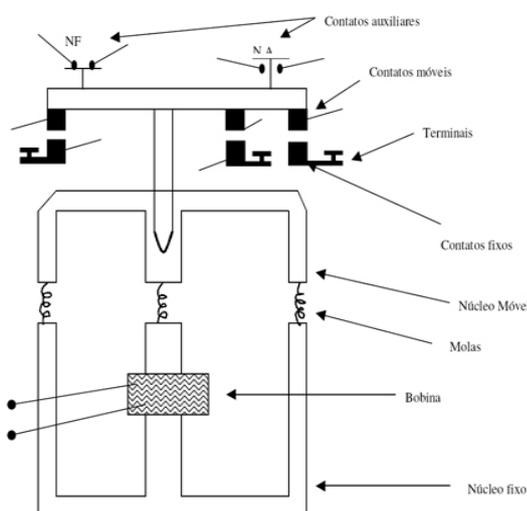


Figura 9 - Esquema de funcionamento de um contator
Fonte: REFRIGERAÇÃO (2011).

O disjuntor-motor é um dispositivo composto por disparadores térmicos e magnéticos que atua na partida do motor elétrico, assegurando o comando e a proteção do motor nos seguintes casos: queima causada por variação de tensão e corrente na rede, elevação de temperatura do motor e condutores e contra sobrecargas. Para essa proteção o disjuntor-motor deve exercer 4 funções básicas:

- a) Seccionamento: Sua função é isolar da rede os condutores ativos quando o motor está desligado e protege quanto há falta de fase;
- b) Proteção contra curto-circuito: Essa função detém e interrompe o mais rápido possível, correntes elevadas de curtos-circuitos para impedir a deterioração da instalação;
- c) Proteção contra Sobrecargas: tem como função deter correntes de sobrecarga e interromper a partida, antes que a temperatura do motor e dos condutores fique muito elevada o que pode ocasionar a queima do material (verniz);
- d) Comutação: sua função é ligar e desligar o motor, podendo ser manual ou automático.

3 PROJETO DO ELEVADOR

Para fazer a montagem do protótipo foram utilizados os materiais apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Materiais utilizados

Quantidade	Descrição	Valor
9	Sensor Indutivo Schmersal	585,00
16	Botão de pressão	56,00
1	Motor 220Vca	70,00
1	Mancal	10,00
1	Disjuntor Motor Simens	123,50
2	Contatora Simens	85,00
2	Relés 24 Vcc	80,00
6	Cantoneira ¾"	27,00
6	Cantoneira 1"	36,00
6	Tubo 20/30	32,00
1	Capacitor 20 µF	20,00
35	Cabo 1x0,30 mm ²	17,00
6	Cabo 1x4,0mm ²	4,00
27	Borne SAK 2,5mm ²	75,00
Total		1.220,50

3.1 PROJETO E EXECUÇÃO MECÂNICA

O protótipo do elevador é um modelo reduzido de um elevador de carga industrial conforme mostra o Apêndice A. O elevador possui 4 andares, conforme ilustrado na figura 10. Possui estrutura com dimensões de 1.50m de altura por 0.28m de largura e 0.33m de comprimento. Suas laterais foram executadas com tubo 20x30mm sendo fixados em cantoneiras de 1". Para a realização da montagem foi utilizada solda MIG.



Figura 10 - Estrutura do Elevador.

Para que o protótipo tivesse melhor deslocamento dentro do laboratório, foram instalados dois rodízios giratórios e dois rodízios fixos ilustrados na figura 11.



Figura 11 - Rodízios para o deslocamento.

O transporte da carga é feito pelo habitáculo montado por cantoneiras $\frac{3}{4}$ com 0.25m de comprimento, 0.30m de largura e 0.25m de altura. Junto a ele, foram instalados 4 rolamentos 6201 embutidos em parafusos que servem de guias de

deslocamento através de um perfil tipo U que foi soldado na estrutura. Esta regulagem é feita através de quatro porcas M12 soldadas na parte superior e inferior do habitáculo conforme mostram as figuras 12 e 13.

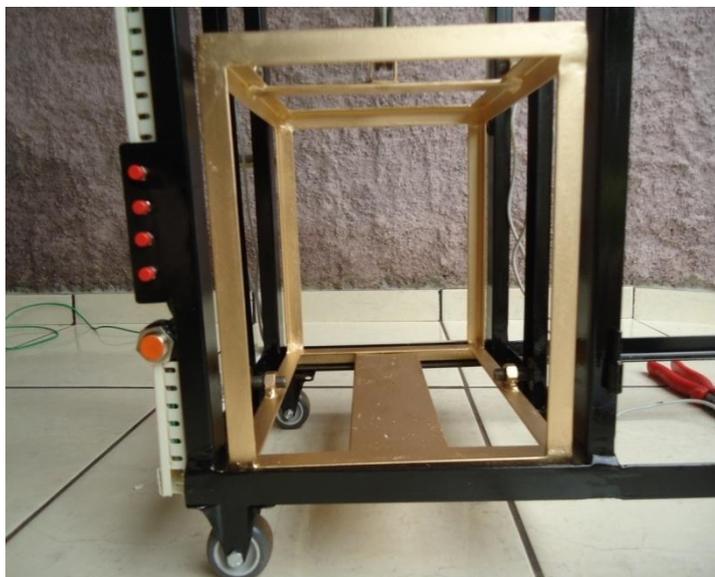


Figura 12 - Habitáculo do Elevador.



Figura 13 - Rolamento guias.

Após toda a montagem da estrutura iniciou-se a fixação do motoredutor na estrutura conforme mostra a figura 14. O esquema de ligação elétrica do motor está representado no Apêndice B.



Figura 14 - Fixação do moto redutor.

Posteriormente foi realizado o alinhamento do motoredutor com o eixo de tração superior. Junto ao eixo, foi fixado um tambor de *nylon* para que fosse possível fazer o enrolamento do cabo de aço utilizado para tracionar o habitáculo. A figura 15 mostra o eixo superior, o moto redutor e o tambor de *nylon*.



Figura 15 - Tambor de *nylon* e cabo de aço.

3.2 PROJETO E EXECUÇÃO ELÉTRICA

Os botões de acionamento e os sensores foram instalados conforme mostra o Apêndice A. Os Apêndices B e C mostram o diagrama de comando.

3.2.1 Instalação dos sensores indutivos

Os sensores indutivos foram fixados em arruelas de inox soldadas na lateral da estrutura fixa. Desta forma os sensores podem ser acionados no fechamento das portas de cada andar. A figura 16 mostra as arruelas de montagem devidamente soldadas à estrutura.



Figura 16 - Arruelas de fixação.

Os sensores de identificação dos andares foram instalados na parte posterior da estrutura fixa do elevador. A instalação destes sensores foi realizada seguindo alguns critérios listados a seguir. Para cada andar, um sensor indutivo foi colocado na estrutura fixa optando-se sempre pela lateral esquerda coincidindo com a posição em que foi aparafusada uma placa metálica no habitáculo. Para garantir a

segurança do sistema foi inserido também um quinto sensor localizado acima do quarto sensor (a aproximadamente 5cm). A principal função deste último sensor é possibilitar a criação de uma emergência, caso o elevador continue subindo devido algum erro de programação, o que acarretaria na danificação do protótipo.

Para a montagem do circuito e instalação física dos sensores e da placa metálica foram efetuados testes de forma a garantir que houvesse distância suficiente para manter a integridade dos sensores e ao mesmo tempo em que estes fossem devidamente atuados pela placa metálica. A fixação dos sensores pode ser melhor visualizada na figura 17.

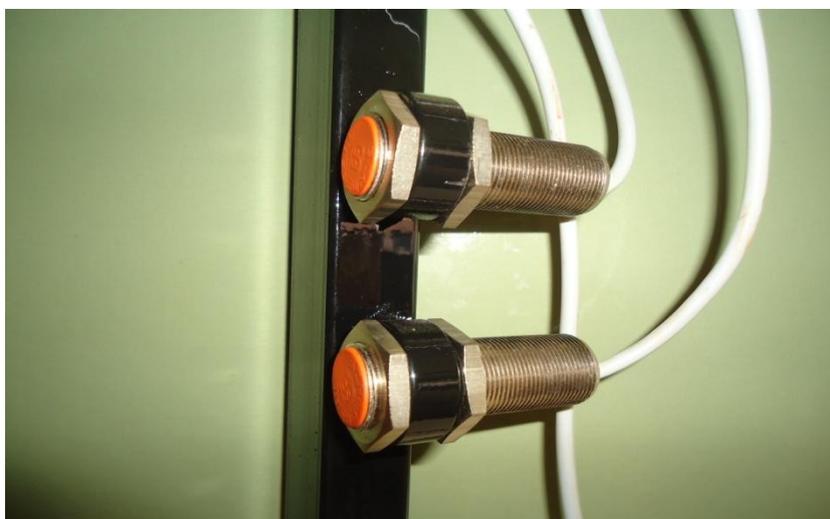


Figura 17 - Montagem do quarto e quinto sensores.

3.2.2 Instalação das botoeiras

Os botões de acionamento do elevador, utilizados para chamar o elevador a fim de deslocá-lo de um andar para outro, foram instalados na parte lateral de cada andar (figura 18) e são do tipo *push-botton*.

Existem 4 botões por andar, onde o sistema de comutação “contato normalmente aberto” das botoeiras é operado em 24Vcc, evitando assim, o risco de choque elétrico.

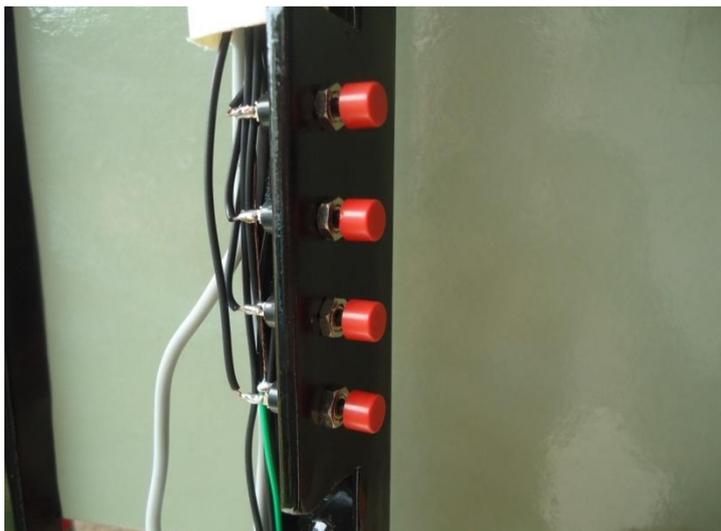


Figura 18 - Botões de acionamento.

3.2.3 Instalação das ligações elétricas de comutação

Um MDF foi montado na lateral direita da estrutura com um ângulo de inclinação para facilitar as ligações dos cabos tipo pino banana ao CLP.

Os furos dos bornes foram realizados com broca diferentes sendo: o furo de centro com uma broca 6mm transpassando o MDF e uma broca de 10mm para a execução de um furo com uma profundidade de 7.5mm para encaixe dos bornes.

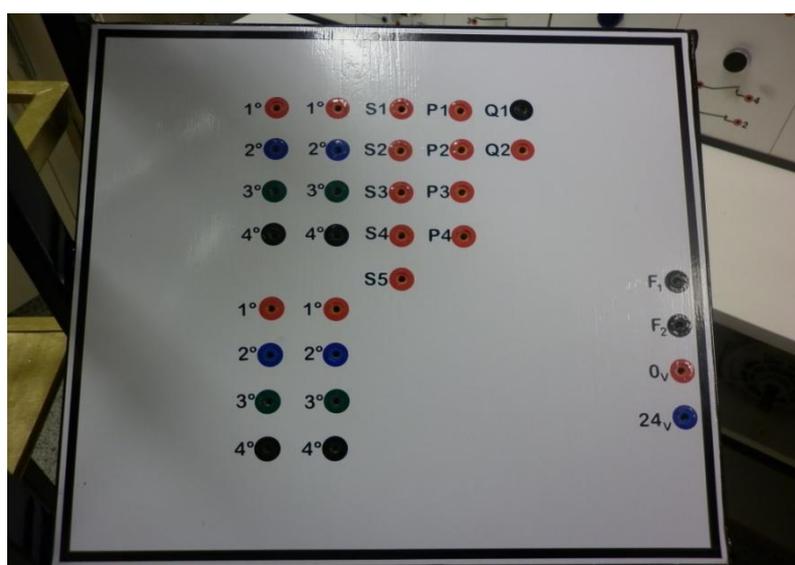


Figura 19 - Bornes de ligação e conexão para o CLP.

A parte de força foi alocada na parte posterior, onde os componentes foram fixados em trilhos DIN, conforme mostra figura 20.

Os sensores indutivos e os botões tipo *push-button*, foram ligados aos bornes do tipo SAK, nos quais foi possível fazer as derivações para os pinos dos bornes através de ligações individuais utilizando-se cabos de 1 x 0.30mm².

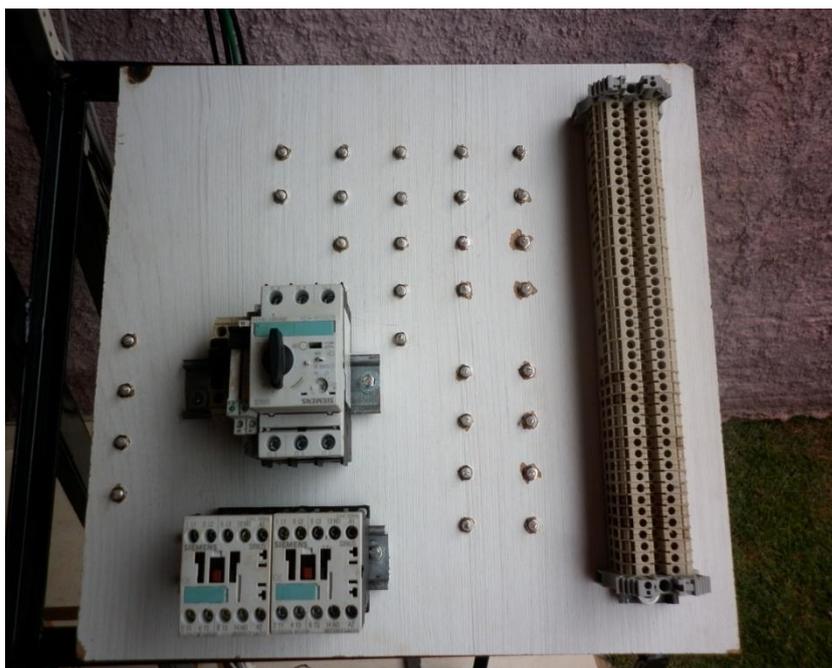


Figura 20 - Chapa de montagem.

4 PROGRAMAÇÃO DO CLP XC100

O CLP escolhido para realização da programação do elevador foi o CLP modular da série XC100 da Moeller. A escolha deste CLP foi por atender a quantidade de entradas e saídas necessárias para a automação do elevador.

O CLP não foi instalado junto com o protótipo para não inibir sua utilidade no laboratório, podendo assim ser utilizado para outras finalidades. Desta forma quando o aluno realizar a programação, o elevador pode ser deslocado para próximo da bancada que possui o CLP em questão. A figura 21 mostra a mobilidade oferecida pelo protótipo e a ligação do painel do protótipo com o CLP.



Figura 21 - Teste em laboratório.

A Quadro 1 descreve as 23 entradas e saídas físicas utilizadas na programação:

ENTRADA	DESCRIÇÃO
AT#%IX0.0	B 1 PRIMEIRO ANDAR
AT#%IX0.1	B 2 PRIMEIRO ANDAR
AT#%IX0.2	B 3 PRIMEIRO ANDAR
AT#%IX0.3	B 4 PRIMEIRO ANDAR
AT#%IX04	B 1 SEGUNDO ANDAR
AT#%IX0.5	B 2 SEGUNDO ANDAR
AT#%IX0.6	B 3 SEGUNDO ANDAR
AT#%IX0.7	B 4 SEGUNDO ANDAR
AT#%IX2.0	B 1 TERCEIRO ANDAR
AT#%IX2.1	B 2 TERCEIRO ANDAR
AT#%IX2.2	B 3 TERCEIRO ANDAR
AT#%IX2.3	B 4 TERCEIRO ANDAR
AT#%IX2.4	B 1 QUARTO ANDAR
AT#%IX2.5	B 2 QUARTO ANDAR
AT#%IX2.6	B 3 QUARTO ANDAR
AT#%IX2.7	B 4 QUARTO ANDAR
AT#%IX3.0	S1 PRIMEIRO ANDAR
AT#%IX3.1	S2 SEGUNDO ANDAR
AT#%IX3.2	S3 TERCEIRO ANDAR
AT#%IX3.3	S4 QUARTO ANDAR
AT#%IX3.4	S5 SEGURANÇA
AT#%IX3.5	SENSORES PORTAS
SAIDAS	DESCRIÇÃO
AT#%QX0.0	SOBE
AT#%QX0.1	DESCE

Quadro 1 - Entradas e Saídas utilizadas no CLP.

Para melhor entendimento, foi criado um fluxograma que mostra o ciclo no caso do operador solicitar o elevador no 4º andar. Tal fluxograma pode ser observado na figura 22.

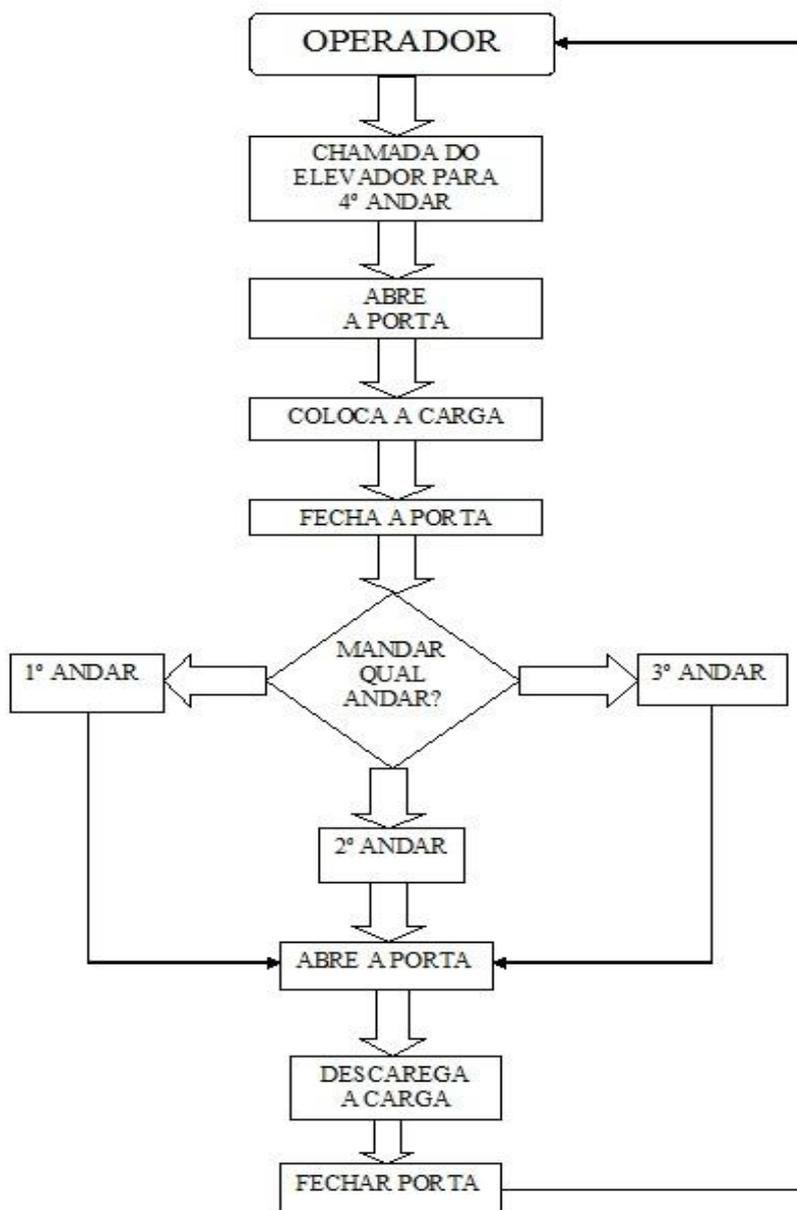


Figura 22 - Fluxograma de funcionamento.

Quanto ao funcionamento do elevador, em um primeiro momento, considerando o elevador parado em um dos andares, sua posição é informada ao controlador através dos sensores de posicionamento.

Para que o elevador possa executar os descolamentos, algumas condições devem ser satisfeitas. Todas as portas em todos os andares devem estar fechadas, caso qualquer uma esteja aberta, o equipamento não consegue ser acionado ou, se no caso do elevador já estiver desempenhando algum descolamento e uma das portas for aberta, o equipamento interrompe sua trajetória imediatamente até que

sejam repostas suas condições de operação, continuando o movimento interrompido.

No caso da não atuação do sensor do 4º andar, quando for solicitado descolamento para este, o sensor de segurança está regulado para atuar logo em seguida e estando acionado, todas as funções do elevador são bloqueadas.

A programação foi desenvolvida através da linguagem Ladder e foi programada no *software* CodeSys do próprio CLP. A figura 23 mostra parte do diagrama Ladder utilizado para o controle do elevador.

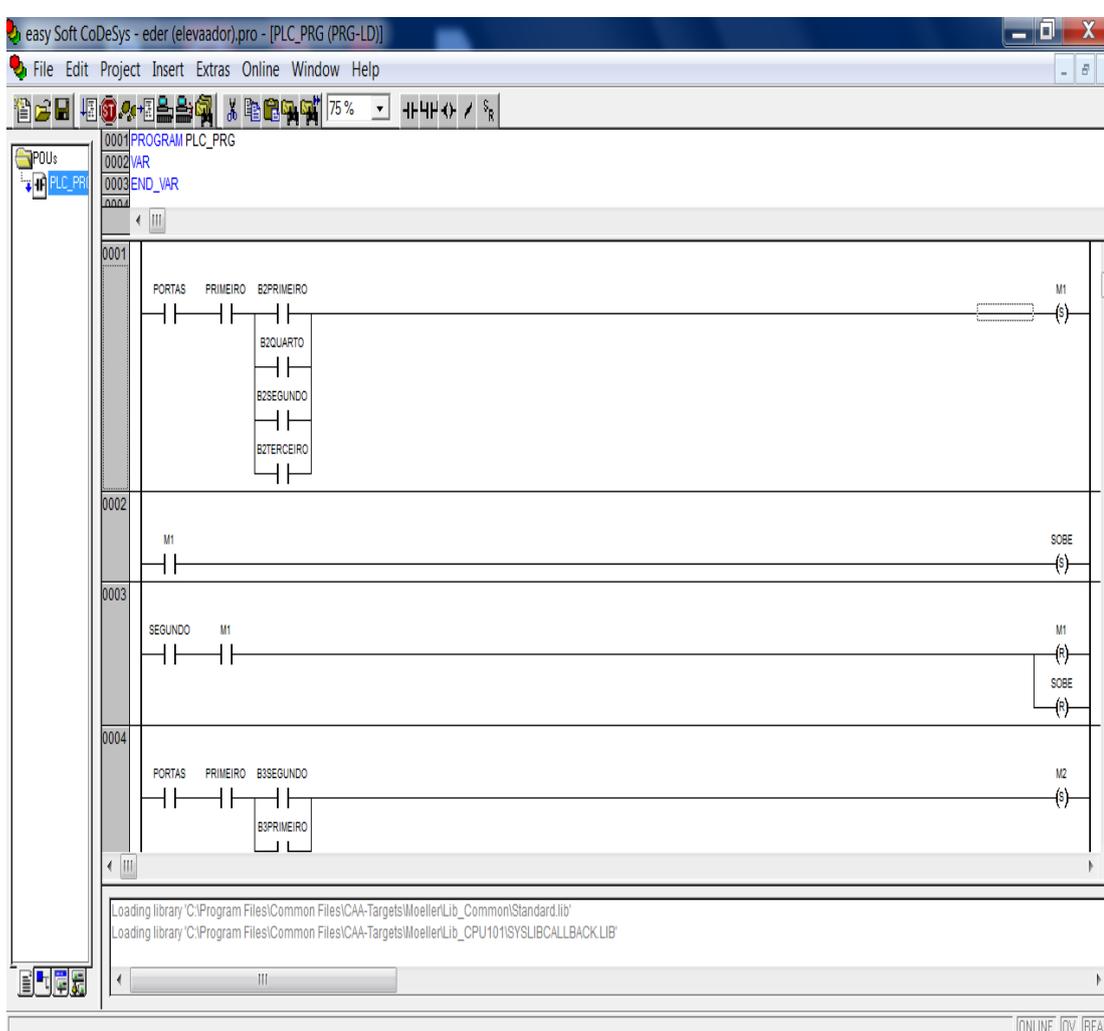


Figura 23 - Parte da Programação em linguagem Ladder.

Uma vez que a programação foi concluída, a mesma foi transferida para o CLP através de um cabo de rede e da porta serial RS232.

Após o término da programação para os experimentos, foram elaboradas condições hipotéticas por meio das quais poderão ser realizados testes e simulações para ensino prático de programação de CLPs em laboratório. Com base em algumas situações imaginadas para os testes, foram elaborados exemplos/condições de simulações, para que futuros alunos do curso de Tecnologia de Manutenção Industrial possam desenvolver em sala de aula. Estes exemplos/condições podem ser vistas no Apêndice D.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao concluir este trabalho, é possível identificar alguns aspectos positivos, tais como o aprendizado acadêmico obtido, o alcance dos objetivos propostos e as aplicações futuras para os conceitos e experimentos aqui apresentados.

Os testes planejados e realizados neste trabalho apontaram para uma grande possibilidade de condições que podem ser propostas em uma aula prática de CLP, como programação, lógica e utilização de sensores.

Considera-se, portanto que a proposta de montagem de um elevador, usando para o seu controle a tecnologia com base em CLP, foi em sua totalidade alcançada. A partir de testes realizados, nota-se facilidade na compreensão do funcionamento assim como seu manuseio e aplicação.

Este modelo apresenta uma excelente demonstração de um elevador de carga e pode ser aproveitado tanto para demonstrações em sala de aula quanto para auxiliar no desenvolvimento de elevadores de carga industrial.

Também pode-se considerar os benefícios esperados com o planejamento e a montagem do equipamento ao se oferecer opções para o ensino de programação em CLP's, possibilitando a outros acadêmicos criar novas lógicas para a programação, incluindo-se as propostas no Apêndice D, considerando-se as variáveis existentes para o sistema (porta aberta ou fechada, falta de energia, sequência de andares e outros). Para isto preocupou-se em disponibilizar acessos facilitados aos terminais de entrada e saída, tornado mais funcional o uso deste dispositivo de ensino no laboratório.

REFERÊNCIAS

APPLIED AUTOMATION. **Imagem de um CLP Modular marca Moeller**. Disponível em <http://www.applied-automation.com/products/moeller/xc.shtml>, acessado em 10/Nov/2011.

BONACORSO, Nelso Gauze. **Automação Eletropneumática**. 11° Ed. Editora Érica Ltda. 2004.

CONTROL CHIP. **Imagens de um CLP Compacto marca Moeller**. Disponível em http://www.controlchip.com.br/produtos_d.asp?id=76&busca=produtos_ec4p, acessado em 10/Nov/2011a.

DE NEGRI, Victor Juliano. **Sistema hidráulicos e pneumáticos para automação e controle**: Parte I – Princípios gerais da hidráulica e pneumática. Disponível em: <<http://www.laship.ufsc.br/PDF/ApostilaPDF/SistHPContAutP1.pdf>> Acesso em 20 de Nov. 2011.

FEVEREIRO, J. L. **Assessoria Técnica de Acionamento**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/65794159/10/elevadores-de-carga>> acessado em :2 Set. 2011

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos Elétricos**. São Paulo: Editora Érica, 2008.

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

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

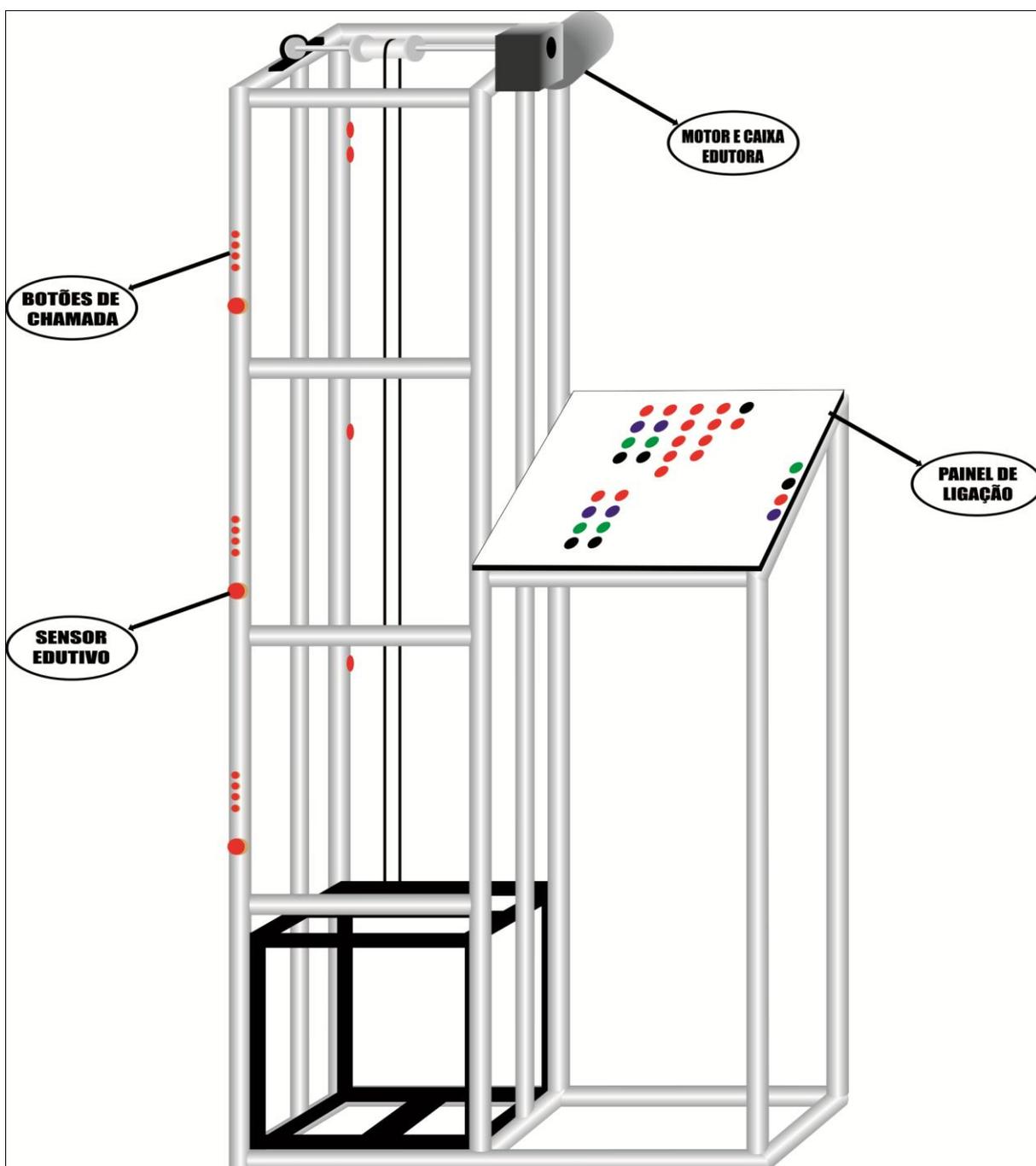
NETALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. 3° Ed. São Paulo: Editora Érica, 1998.

SILVA, Marcelo Eurípedes. **Apostila de Automação Industrial**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAepsIAK/apostila-automacao-industrial>>. Acessado em: 2 Set. 2011.

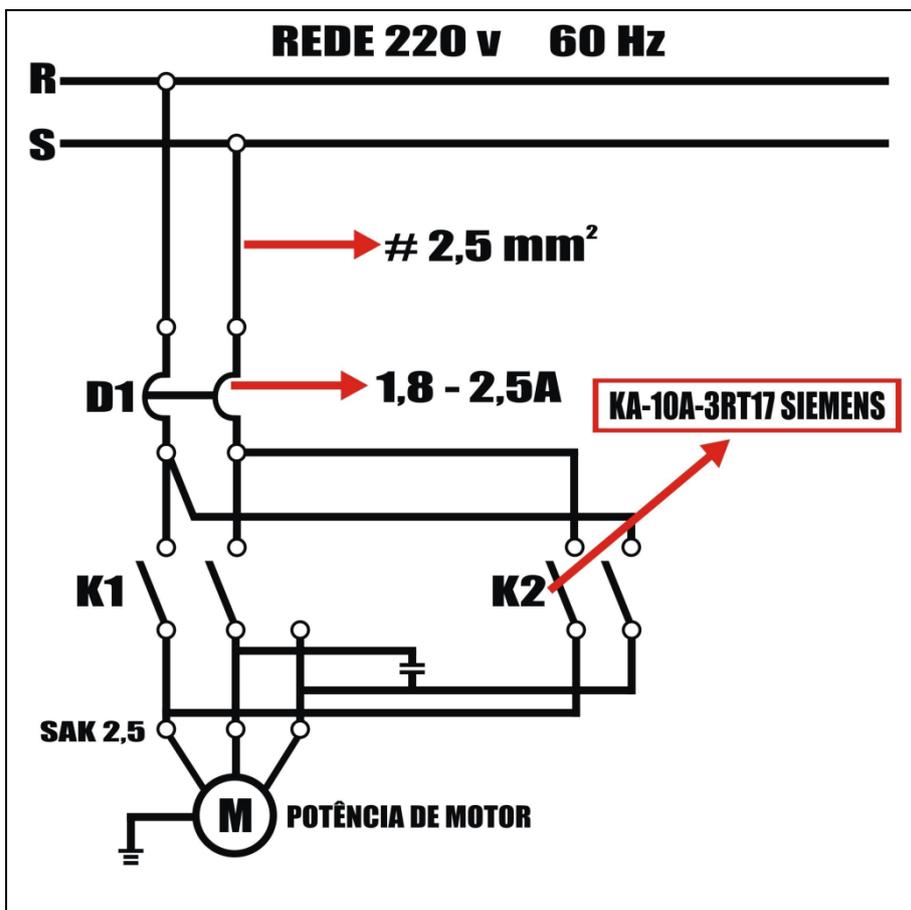
SILVEIRA, Paulo R. da; SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto**. São Paulo: Editora Érica, 2010.

TUDO SOBRE IMOVEIS. **A História do Elevador**. Disponível em:
<<http://www.tudosobreimoveis.com.br/conteudo.asp?t=1&id=501&sid=9&subid=>>
Acesso em 6 de Dez. 2011.

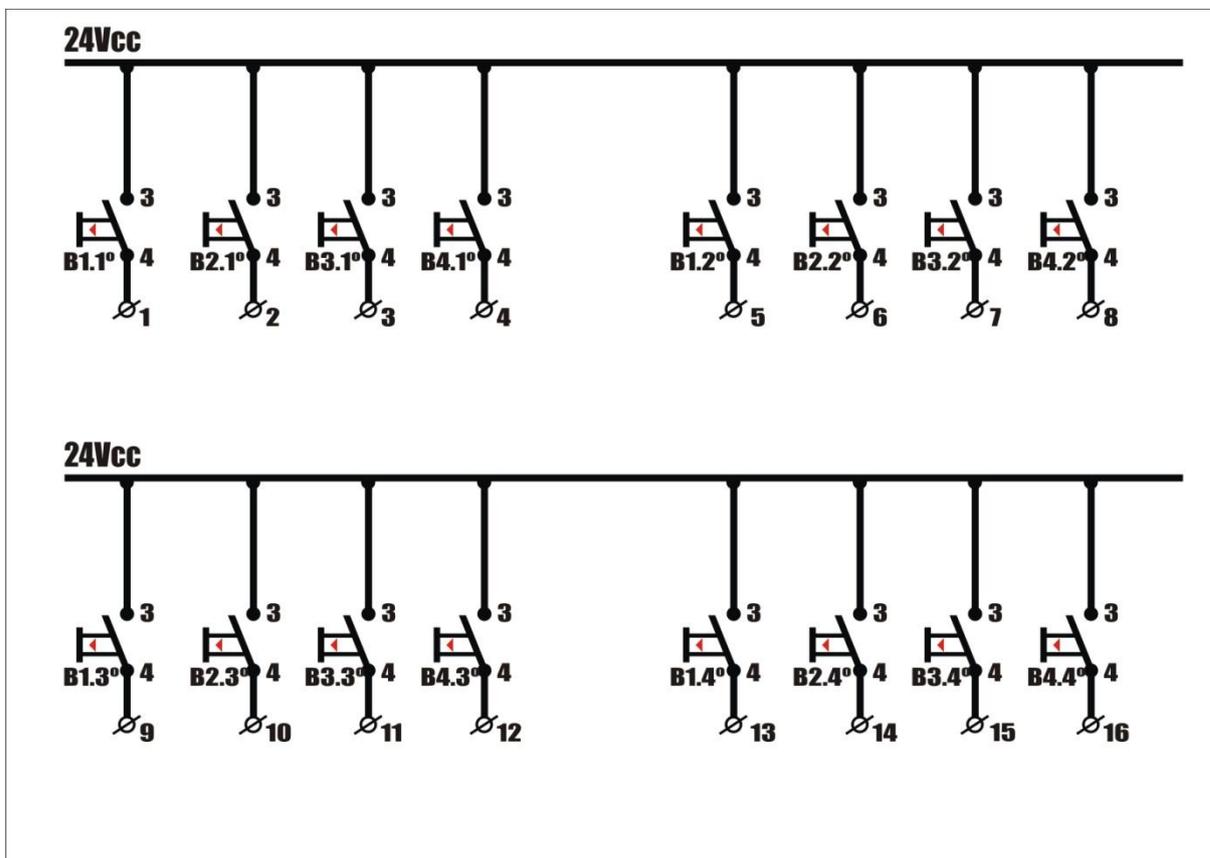
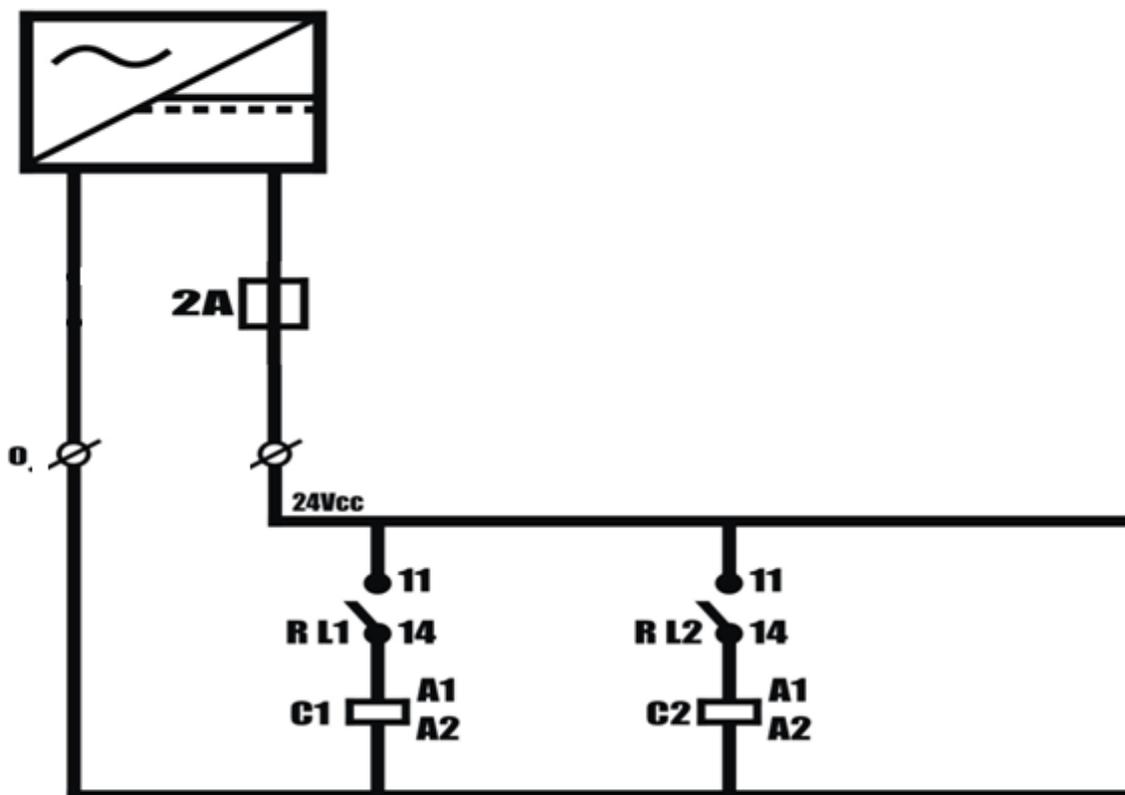
APÊNDICE - A

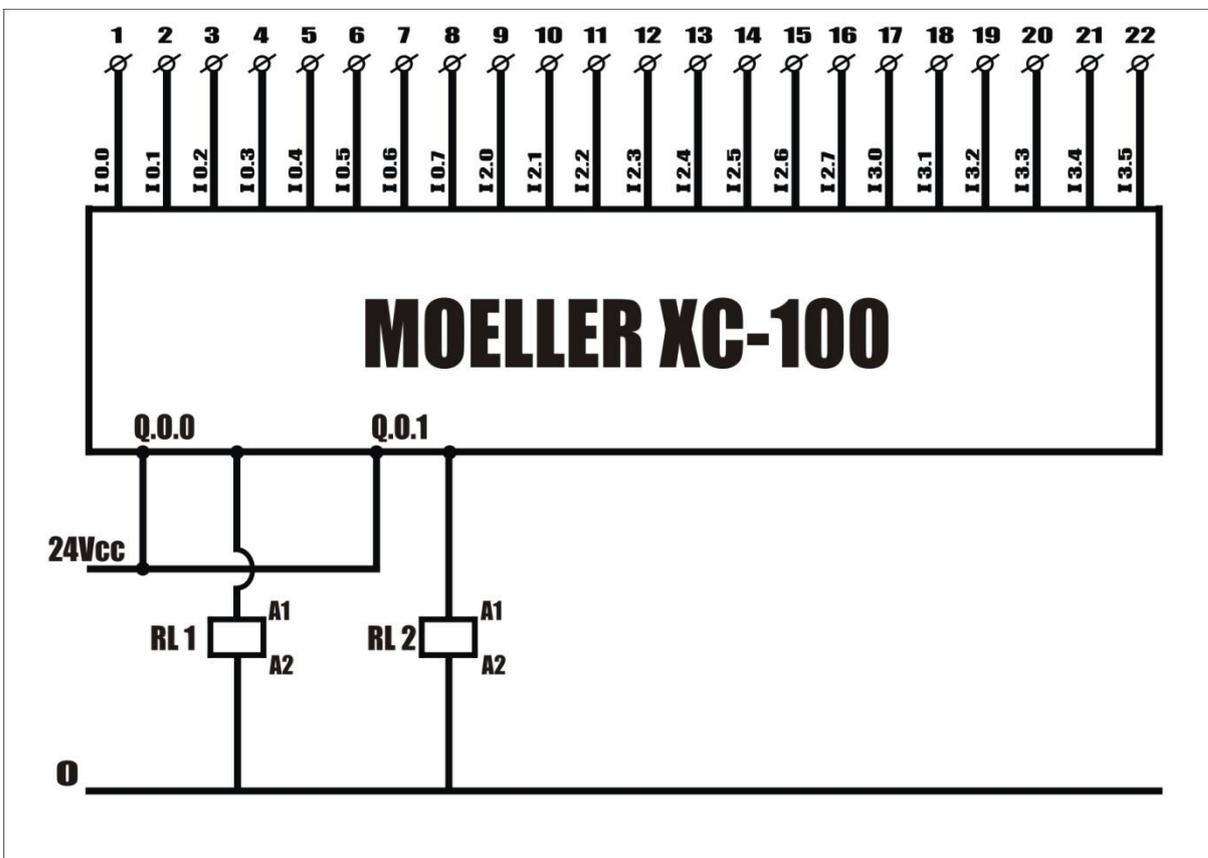
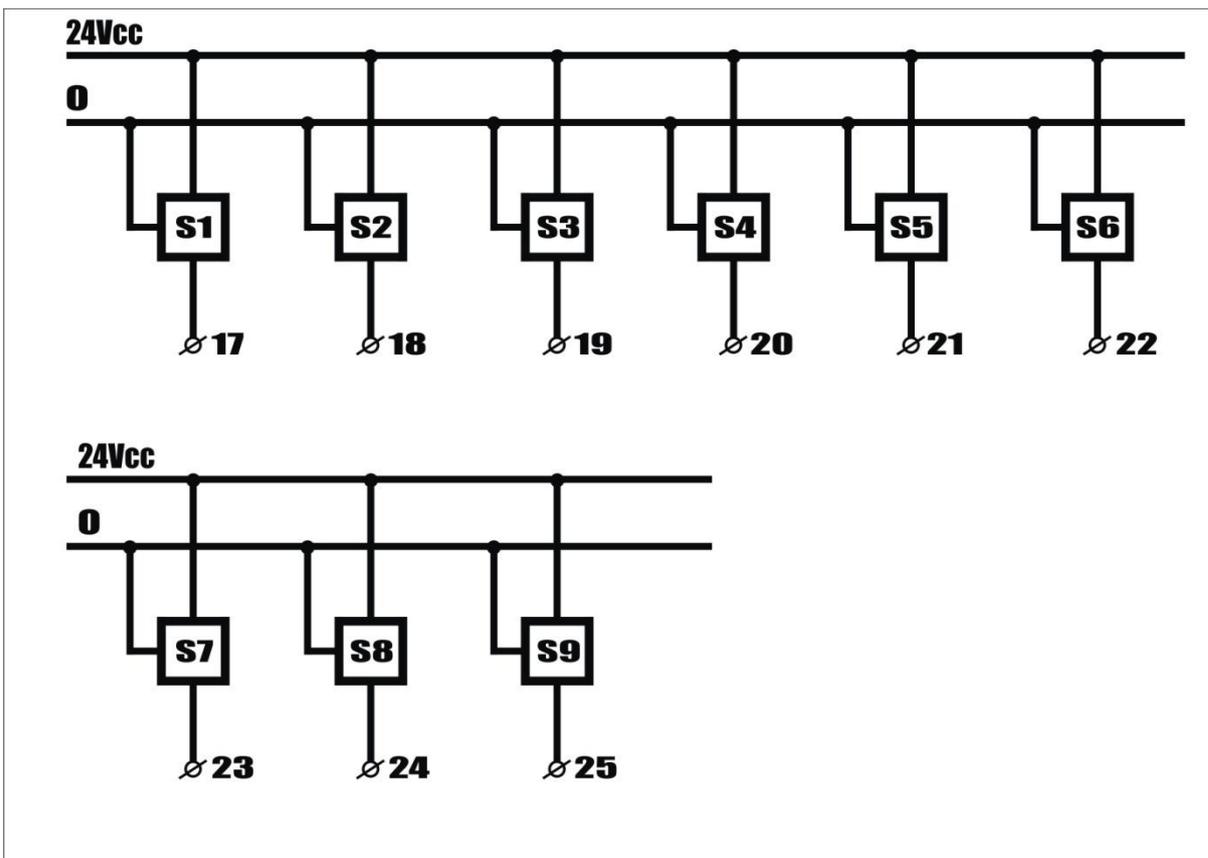


APÊNDICE B – Diagrama multifilar



APÊNDICE C – Diagrama de Comando





APÊNDICE D – Proposta de desenvolvimento de novas lógicas de programação

Desenvolva as programações sugeridas seguindo os seguintes passos:

- a) Linguagem de programação em Ladder;
Utilizando quatro andares:
Os botões de chamada devem ser individuais para cada andar num total de 16 botões;
O sensor de segurança deve bloquear qualquer acesso;
Os sensores das portas quando não acionados devem parar o funcionamento e quando acionados retorna ao funcionamento;
- b) Repita o mesmo exercício anterior porem descreva este processo através do gráfico sequencial de funções - SFC (*Grafcet*).
- c) Elabore um programa em linguagem *Ladder* seguindo os passos do exercício (a), porém quando o CLP for desligado o programa deve fazer com que o elevador retorne sempre para o primeiro andar.
- d) Siga os passos do exercício (a), porém ligue fisicamente os botões de chamada do elevador em paralelo, diminuindo assim o número de entradas.