

IF-SC Joinville	
BIBLIOTECA	
Nº Registr	Código Sophia
10977	144725
Data: 15-04-15	

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CAMPUS JOINVILLE  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM  
MECATRÔNICA INDUSTRIAL

BRIAN CHAGAS BUENO  
MARIO DO NASCIMENTO

PROTÓTIPO DE UMA CÉLULA FLEXÍVEL ROBOTIZADA  
DIDÁTICA INTERLIGADA EM REDE PROFIBUS.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOINVILLE, 2014

**BRIAN CHAGAS BUENO  
MARIO DO NASCIMENTO**

**PROTÓTIPO DE UMA CÉLULA FLEXÍVEL  
ROBOTIZADA DIDÁTICA INTERLIGADA EM REDE  
PROFIBUS.**

**JOINVILLE, 2014**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CAMPUS JOINVILLE  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM  
MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**BRIAN CHAGAS BUENO  
MARIO DO NASCIMENTO**

**PROTÓTIPO DE UMA CÉLULA FLEXÍVEL  
ROBOTIZADA DIDÁTICA INTERLIGADA EM REDE  
PROFIBUS.**

**Submetido ao Instituto Federal  
de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Santa Catarina  
como parte dos requisitos de  
obtenção do título de Tecnólogo  
em Mecatrônica Industrial.**

**Orientador: Leo Schirmer, M.Eng.**

**JOINVILLE, 2014**

Bueno, Brian Chagas.  
Célula Flexível. Bueno, Brian Chagas. Nascimento, Mario do-  
Joinville Instituto Federal de Santa Catarina, 2014. 148f.

Trabalho de Conclusão de Curso-Instituto Federal de Santa  
Catarina, 2014. Graduação: Curso Superior de Tecnologia em  
Mecatrônica Industrial. Modalidade: Presencial. Orientador: Léo  
Schirmer, M.Eng.

1. Célula Flexível, 2. Robotizada, 3. Elipse Scada, 4. Rede  
Profibus

I.PROTÓTIPO DE UMA CÉLULA FLEXÍVEL ROBOTIZADA,  
DIDÁTICA INTERLIGADA EM REDE PROFIBUS

**PROTÓTIPO DE UMA CÉLULA FLEXÍVEL  
ROBOTIZADA DIDÁTICA INTERLIGADA EM REDE  
PROFIBUS.**

**BRIAN CHAGAS BUENO  
MARIO DO NASCIMENTO**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Mecatrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Joinville, 16 de Dezembro de 2014.

**Banca Examinadora:**



Prof. Leo Schirmer, M.Eng.  
Orientador



Prof. Luis Eduardo Nolasco, Tecnólogo  
Avaliador



Prof. Marcos Vinicius Piccinin, Tecnólogo  
Avaliador

## DEDICATÓRIA

A Deus, que nos acompanhou durante toda a jornada, aos  
nossos familiares e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos em primeiro lugar a Deus por todos os acontecimentos em nossas vidas, pelas dificuldades que tivemos durante o desenvolvimento deste trabalho e que nos ensinaram que por mais difícil que seja uma situação, nunca deve-se desistir, devemos sempre acreditar e ir atrás de nossos objetivos.

Aos nossos pais pelo exemplo e incentivo.

Às nossas famílias pelo apoio e paciência.

Aos professores do IFSC que colaboraram com conhecimento para nossa formação, em especial aos professores Jeferson Curzel, Luis Eduardo Nolasco, Stefano Zeplin e Valter Vander de Oliveira.

Aos colegas que sempre colaboraram e foram importantes para nossa formação.

Em especial, agradecemos nosso orientador, professor Leo Schirmer, pelo engajamento, comprometimento e incentivo na realização deste trabalho.

## RESUMO

O objetivo do projeto é montar uma célula flexível robotizada composta por três esteiras controladas por 2 CLP's, interligados a um robô industrial, supervisionado pelo software Elipse Scada. O CLP mestre da rede Profibus, interconecta-se ao computador supervisor da célula através de rede ethernet. A primeira esteira transporta um engradado com seis garrafas de refrigerante até o posto carga, neste posto o robô pegará uma garrafa de cada vez e fará a verificação quanto à presença de líquido, se for aprovado será armazenada no engradado localizado na segunda esteira, quando este engradado estiver completo (seis garrafas aprovadas), a esteira irá transportar o mesmo até a área de expedição, caso contrário, se a garrafa for reprovada, o robô posicionará a garrafa na terceira esteira que irá levá-la para o descarte, finalizando o processo.

**Palavras-Chave:** Célula Flexível, Robotizada, Elipse Scada, Rede Profibus.

## ABSTRACT

The project objective is to build a flexible robotic cell that consists of three controlled 2 PLC's connected to an industrial robot mats, being supervised by Elipse Scada software. The master of the Profibus network, PLC interconnects the host computer the cell through ethernet. The first track will carry a crate with six bottles of soda to the checkpoint, put this robot pick up a bottle at a time and will check for the presence of liquid if approved will be stored in the crate located in the second treadmill, when the crate is complete (six approved bottles), the treadmill will carry the same to the despatch area, otherwise, if the bottle is rejected, the robot will place the bottle on the third track that will take it for disposal , ending the process.

**Keywords:** Cellule Flexible, Robotic, Ellipse SCADA, Profibus Network.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESTEIRAS DA CÉLULA FLEXÍVEL ROBOTIZADA.....	28
FIGURA 2 – MOTOR DC.....	29
FIGURA 3 – MOTOR DC AKIYAMA.....	29
FIGURA 4 – MODULAÇÃO PWM.....	31
FIGURA 5 – MOTOR DE PASSO INTERNO.....	32
FIGURA 6 – MOTOR DE PASSO AKIYAMA.....	32
FIGURA 7 – MOTOR DE PASSO AKIYAMA.....	33
FIGURA 8 – FONTE CHAVEADA MEAN WELL.....	34
FIGURA 9 – BOTOEIRAS TELEMECANIQUE.....	35
FIGURA 10 – AÇÃO DO CLP.....	36
FIGURA 11– CLP SIEMENS S7-200.....	37
FIGURA 12– CLP SIEMENS S7-1200.....	38
FIGURA 13– MÓDULO PROFIBUS DP EM277 SIEMENS.....	39
FIGURA 14– MICROSSISTEMA PARA CONEXÃO PROFIBUS-DP.....	39
FIGURA 15– MÓDULO PROFIBUS DP CM12435.....	40
FIGURA 16– DISJUNTOR SCHNEIDER ELECTRIC.....	41
FIGURA 17– ESQUEMÁTICO DO FUNCIONAMENTO DO DISJUNTOR.....	41
FIGURA 18– SENSOR FOTOELÉTRICO.....	42
FIGURA 19– VARREDURA DIFUSA.....	43
FIGURA 20– SENSOR FOTOELÉTRICO UTILIZADO NO PROJETO.....	44
FIGURA 21– VARREDURA POR INTERRUPTÃO DE FEIXE.....	44
FIGURA 22– SENSOR COM VARREDURA POR INTERRUPTÃO DE FEIXE.....	45
FIGURA 23– SENSOR COM VARREDURA POR INTERRUPTÃO DE FEIXE.....	45
FIGURA 24– SENSOR CAPACITIVO ATUANDO.....	46
FIGURA 25– ALTERAÇÃO NA FORMA DE ONDA.....	47
FIGURA 26– SENSORES CAPACITIVOS.....	47
FIGURA 27– SENSOR MECÂNICO FIM DE CURSO.....	48
FIGURA 28– SENSOR MECÂNICO FIM DE CURSO.....	49
FIGURA 29– LIGAÇÃO DE CONTATOR PARA MOTOR TRIFÁSICO.....	50
FIGURA 30– CONTATOR TRIFÁSICO.....	51
FIGURA 31– TIPOS DE RELÉS.....	51
FIGURA 32– RELÊ LOTI.....	52
FIGURA 33– ESQUEMA RELÊ LOTI.....	53
FIGURA 34– ROBÔ MANIPULADOR.....	53
FIGURA 35– ROBÔ ABB IRB 140.....	54
FIGURA 36– DIMENSIONAL ROBÔ.....	55
FIGURA 37– PAINEL DE ACIONAMENTO E CONTROLE.....	56
FIGURA 38– FLEX PENDANT.....	57
FIGURA 39– GARRA COM MOVIMENTO PARALELO.....	57
FIGURA 40– GARRA JÁ APLICADA.....	58
FIGURA 41– TELA ELIPSE SCADA.....	59
FIGURA 42– TELA SOFTWARE ELIPSE SCADA.....	60

FIGURA 43- TELA SOFTWARE SOLID WORKS.....	61
FIGURA 44 - TELA SOFTWARE SIMATIC STEP 7 .....	61
FIGURA 45- TELA SOFTWARE ROBOT STUDIO.....	63
FIGURA 46 - COMUNICAÇÃO MESTRE ESCRAVO .....	64
FIGURA 47 - COMUNICAÇÃO PROFIBUS .....	65
FIGURA 48 - COMUNICAÇÃO ETHERNET .....	66
FIGURA 49- PRIMEIRA CONFIGURAÇÃO.....	68
FIGURA 50- GARRAFA QUE ESTÁ DENSO TRANSPORTADA.....	69
FIGURA 51 - CONFIGURAÇÃO FINAL.....	71
FIGURA 52- LAYOUT DA CÉLULA FLEXÍVEL ROBOTIZADA.....	72
FIGURA 53 - LOCAL DE CORTE NA ESTEIRA.....	75
FIGURA 54 - GARRA NA GARRAFA DE REFRIGERANTE .....	76
FIGURA 55 - PRODUÇÃO DA GARRA.....	76
FIGURA 56 - INFORMAÇÕES PARA DETERMINAÇÃO DA GARRA.....	77
FIGURA 57- BASE DO CARRO DA ESTEIRA.....	78
FIGURA 58- CONCEITO INICIAL DO CARRO DE TRANSPORTE.....	78
FIGURA 59- CARRO DE TRANSPORTE FINALIZADO.....	79
FIGURA 60 – DIAGRAMA ELÉTRICO.....	81
FIGURA 61 – DIAGRAMA ELÉTRICO .....	82
FIGURA 62 – DIAGRAMA ELÉTRICO.....	84
FIGURA 63 – DIAGRAMA ELÉTRICO.....	84
FIGURA 64- DIAGRAMA ELÉTRICO.....	85
FIGURA 65 - CANALETAS.....	86
FIGURA 66- PAINEL ELÉTRICO INICIAL.....	87
FIGURA 67 - PAINEL ELÉTRICO 1.....	87
FIGURA 68 - PAINEL ELÉTRICO 2.....	88
FIGURA 69 - POSIÇÃO DE BITS.....	89
FIGURA 70- POSIÇÃO DE BITS.....	89
FIGURA 71- MEMÓRIA.....	90
FIGURA 72- PIRÂMIDE DA AUTOMAÇÃO.....	90
FIGURA 73- PIRÂMIDE PROFIBUS-DP.....	91
FIGURA 74 – ALIMENTAÇÃO PROFIBUS-DP.....	92
FIGURA 75 – PONTO DE CONTATO DO SHIELD.....	93
FIGURA 76 – CONEXÃO FÍSICA PROFIBUS.....	94
FIGURA 77 – ARQUIVO GSD.....	95
FIGURA 78- DRIVER SIEMENS FREEPORT.....	97
FIGURA 79 - CONVERSOR.....	98
FIGURA 80- DIAGRAMA ELETRÔNICO DO CONVERSOR.....	98
FIGURA 81 - BLOCO MAIN S7-1200.....	99
FIGURA 82 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	100
FIGURA 83 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE .....	101
FIGURA 84 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	101
FIGURA 85 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	101
FIGURA 86 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	102
FIGURA 87 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	102

FIGURA 88- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	103
FIGURA 89 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE .....	103
FIGURA 90- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	104
FIGURA 91 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE .....	104
FIGURA 92 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE .....	105
FIGURA 93 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE .....	105
FIGURA 94- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	105
FIGURA 95 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	106
FIGURA 96- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	106
FIGURA 97 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	106
FIGURA 98 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	107
FIGURA 99- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	107
FIGURA 100 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	108
FIGURA 101- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	108
FIGURA 102- CONFIGURAÇÃO ELIPSE .....	109
FIGURA 103 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	109
FIGURA 104- COMUNICAÇÃO ETHERNET .....	110
FIGURA 105- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	110
FIGURA 106- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	111
FIGURA 107- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	111
FIGURA 108- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	112
FIGURA 109 - CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	112
FIGURA 110- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	112
FIGURA 111- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	113
FIGURA 112- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	113
FIGURA 113- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	114
FIGURA 114- CONFIGURAÇÃO ELIPSE .....	114
FIGURA 115- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	114
FIGURA 116- CONFIGURAÇÃO ELIPSE .....	114
FIGURA 117- CONFIGURAÇÃO ELIPSE .....	115
FIGURA 118- CONFIGURAÇÃO ELIPSE .....	115
FIGURA 119- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	115
FIGURA 120- CONFIGURAÇÃO ELIPSE.....	116
FIGURA 121- CPU 224.....	116
FIGURA 122- PORTA COMUNICAÇÃO.....	117
FIGURA 123- MÓDULO DE REDE.....	118
FIGURA 124- ARQUIVO GSD.....	118
FIGURA 125- CONFIGURAÇÃO S7-1200.....	119
FIGURA 126- CONFIGURAÇÃO S7-1200 .....	119
FIGURA 127- CONFIGURAÇÃO S7-1200.....	120
FIGURA 128- CONFIGURAÇÃO S7-1200.....	120
FIGURA 129 - CONFIGURAÇÃO S7-1200.....	121
FIGURA 130- CONFIGURAÇÃO S7-1200.....	121
FIGURA 131- CONFIGURAÇÃO S7-1200.....	122

FIGURA 132-CONFIGURAÇÃO S7-1200.....	122
FIGURA 133- CONFIGURAÇÃO S7-1200R.....	123
FIGURA 134- CONFIGURAÇÃO S7-1200 .....	123
FIGURA 135- CONFIGURAÇÃO S7-1200DIO.....	124
FIGURA 136- CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB .....	124
FIGURA 137- CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB .....	125
FIGURA 138- CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB .....	125
FIGURA 139 CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB.....	126
FIGURA 140- CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB.....	126
FIGURA 141- CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB.....	127
FIGURA 142 CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB.....	127
FIGURA 143- CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB.....	128
FIGURA 144- CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB .....	128
FIGURA 145- CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB.....	129
FIGURA 146- CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB.....	129
FIGURA 147- CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB.....	130
FIGURA 148- CONFIGURAÇÃO ROBÔ ABB.....	130
FIGURA 149- FLUXOGRAMA ROBÔ ABB.....	131
FIGURA 150- FLUXOGRAMA ROBÔ ABB.....	132
FIGURA 151- GARRA DE PAPEL SIMULANDO A GARRA FINAL.....	142
FIGURA 152- ETAPA DE PRODUÇÃO DA GARRA.....	142
FIGURA 153- ETAPA DE DESENVOLVIMENTO DA GARRA.....	143
FIGURA 154- ETAPA DE CORTE DAS ESTEIRAS.....	144
FIGURA 155- PROJETO DA GARRA.....	144
FIGURA 156- CAIXA DE TRANSPORTE.....	145
FIGURA 157- CAIXA DE TRANSPORTE.....	145
FIGURA 158- CAIXA DE TRANSPORTE.....	146
FIGURA 159- TESTE ROBÔ ABB.....	147
FIGURA 160- TESTE ROBÔ ABB.....	147
FIGURA 161- TESTE ROBÔ ABB.....	148
FIGURA 162- TESTE ROBÔ ABB.....	148

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS MOTOR DC.....	29
TABELA 2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS MOTOR DC.....	30
TABELA 3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS MOTOR DE PASSO.....	32
TABELA 4 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS MOTOR DE PASSO.....	32
TABELA 5 - FONTE CHAVEADA MODELO S100-24.....	32
TABELA 6 - CLASSE DE ENDEREÇO.....	96

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<u>Sigla/Símbolo</u>	<u>Significado Original</u>	<u>Tradução</u>
3D	Três Dimensões	---
A	Ampere	A
CNC	Comando Numérico Computadorizado	---
CLP	Controlador Lógico Programável	---
CPU	Central Processing Unit	Unidade Central de Processamento
DC	DirectCurrent	Corrente Contínua
DP	Decentralized Peripherals	Periféricos Descentralizados
E/S	Entrada/Saída	---
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina	---
IRF	<i>International Federation of Robotics</i>	Federação internacional de Robótica
I/O	<i>Input/Output</i>	Entrada/Saída
IHM	Interface Homem-Máquina	---
IP	<i>Internet Protocol</i>	Grau de Proteção Protocolo de Internet
KB	<i>Kilo Bytes</i>	---
Kg	<i>Kilogram</i>	Quilograma
kgf.cm	Kilogram force centimeter	Quilograma força. Centímetro
kHz	<i>Kilo Hertz</i>	Quilohertz
LED	<i>Light Emitting Diode</i>	Diodo Emissor de Luz
mA	Miliampere	---
MB	Mega Byte	---
Mbps	Mega Bite por Segundo	---
Mm	Milímetro	---
N.m	Newton. Metro	---
NA	Normalmente Aberto	---
NF	Normalmente Fechado	---
Nm	Nanometro	---
Ns		Nano segundo
PWM	<i>Pulse With Modulation</i>	Modulação por Largura de Pulso
PTO	<i>Pulse Train Output</i>	Saída de pulso

RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>	Identificação por rádio frequência
Rpm	Rotação por minuto	---
OPC	OLE for a Process Control	Controle de Processo
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>	Sistema Supervisório e Aquisição de Dados
TIA	<i>Total Integrated Automation</i>	Automação integrada total
TCP	<i>Transport Control Protocol</i>	Protocolo Controle de Transporte
V	Volts	---
Vca	Volts em corrente alternada	---
Vcc	Volts em corrente contínua	---
W	Watts	---
µs		Micro segundo

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>22</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	22
1.2	OBJETIVOS.....	23
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	24
<b>2.</b>	<b>EMBASAMENTO TEÓRICO.....</b>	<b>25</b>
2.1	CÉLULAS FLEXÍVEIS ROBOTIZADAS.....	25
2.2	ROBÔS NA INDÚSTRIA.....	25
2.2.1	APLICAÇÃO NA CÉLULA FLEXÍVEL ROBOTIZADA.....	26
2.3	COMPONENTES DO PROJETO.....	27
2.3.1	ESTEIRAS.....	27
2.3.2	MOTOR DC.....	28
2.3.2.1	MODULAÇÃO POR LARGURA DE PULSO – PWM.....	30
2.3.3	MOTOR DE PASSO.....	31
2.3.4	FONTE CHAVEADA.....	34
2.3.5	BOTOEIRAS.....	35
2.3.6	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	35
2.3.6.1	CLP S7-200.....	36
2.3.6.2	CLP S7-1200.....	37
2.3.7	MÓDULO PROFIBUS DP.....	38
2.3.8	INTERRUPTORES DE CORRENTE (DISJUNTORES).....	40
2.3.8.1	DISJUNTOR MAGNÉTICO.....	40
2.3.9	SENSORES.....	40
2.3.9.1	SENSOR FOTOELÉTRICO.....	42
2.3.9.2	VARREDURA DIFUSA.....	43
2.3.9.3	VARREDURA POR INTERRUPTÃO POR FEIXE.....	44
2.3.9.4	SENSOR CAPACITIVO.....	46
2.3.9.5	SENSOR FIM DE CURSO.....	48
2.3.10	CONTATOR TRIPOLAR.....	49
2.3.11	RELÊ DE ESTADO SÓLIDO.....	51
2.3.12	ROBÔ MANIPULADOR.....	53
2.3.12.1	ABB IRB 140.....	54
2.3.12.2	PAINEL DE ACIONAMENTO E CONTROLE.....	55
2.3.12.3	GARRA DO ROBÔ.....	57
2.4	SOFTWARES.....	58
2.4.1	ELIPSE SCADA.....	58
2.4.2	EPLAN ELECTRIC.....	59
2.4.3	SOLIDWORKS.....	60
2.4.4	SIMATIC STEP 7 E TIA PORTAL.....	61
2.4.5	ROBOT STUDIO.....	62
2.5	PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO PROFIBUS.....	63
2.5.1	PROFIBUS.....	64
2.5.2	COMUNICAÇÃO ETHERNET.....	65
<b>3.</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>68</b>
3.1	CONCEITO DO PROJETO.....	68
3.1.2	FLUXO DE TRABALHO.....	73
3.2	ESTRUTURA MECÂNICA.....	75
3.3	PROJETO ELÉTRICO.....	79
3.3.1	FUNCIONAMENTO ELÉTRICO.....	80
3.3.2	MONTAGEM ELÉTRICA.....	85
3.4	COMUNICAÇÃO.....	88
3.4.1	ELIPSE SCADA.....	97
3.4.2	S7-200.....	116
3.4.3	S7-1200.....	119
3.4.4	ROBÔ ABB.....	124
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>133</b>
4.1	DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	133
4.2	RESULTADOS OBTIDOS.....	133
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>135</b>
	<b>OPORTUNIDADES DE MELHORIA.....</b>	<b>136</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>136</b>
	<b>ANEXO A.....</b>	<b>142</b>
	<b>ANEXO B.....</b>	<b>147</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Buscando a produtividade e melhoria contínua de qualidade, a indústria procura utilizar o tempo de forma mais racional possível identificando ociosidades e desperdícios, reduzindo custos dos meios de produção. Para isso, é necessária a utilização de uma tecnologia mais avançada que melhore a qualidade e aumente a produtividade associada à redução do custo do produto final.

O panorama atual do mundo dos negócios exige das empresas manterem um elevado nível de qualidade nos produtos e serviços oferecidos, garantindo dessa forma, a satisfação plena dos seus clientes. (SCUCCUGLIA et al., p.1, 2004).

Portanto é necessário ter um sistema produtivo flexível capaz de atender novas demandas de maneira rápida, eficiente e com inovação.

De acordo com Vieira (2009) entre as inovações de base técnica, destaca-se a automação flexível, baseada no tempo de otimização da máquina que comanda o ritmo de trabalho.

Neste contexto, o projeto apresenta uma célula flexível robotizada, visando demonstrar o funcionamento desta tecnologia amplamente utilizada em grandes indústrias, atendendo várias demandas de produção.

### 1.1 Justificativa

Com o mercado cada vez mais competitivo, as empresas buscam melhorias na produtividade, sem perder a relação com a redução de custos, obtendo com a célula flexível robotizada a possibilidade de atingir estes objetivos.

Womack et al. (1992) afirmam que o pensamento enxuto é enxuto por que é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos. É utilizar menos materiais, menos equipamentos e

menos mão-de-obra, entregando aos clientes o que eles desejam, exatamente nos prazos acordados.

O desenvolvimento de uma célula flexível robotizada está de acordo com a necessidade de realizar processos enxutos e eficazes, além de permitir a aplicação do conhecimento adquirido durante todo o curso superior de tecnologia em mecatrônica industrial.

### 1.2 Objetivos

O projeto tem como objetivo desenvolver uma célula flexível robotizada didática. Esta irá permitir o desenvolvimento de trabalhos e estudos referentes a área de robótica dos cursos técnicos e tecnológicos do IFSC, sendo possível reforçar o conhecimento teórico com a realização da parte prática do ensino.

De acordo com Bittencourt et al. (2004 apud ROTHE-NEVES et al., 2012), utilizar protótipos didáticos no ensino e pesquisa apresenta grande importância, tanto para estimular alunos e professores como para não limitar a educação aos métodos comuns, como: quadro, projeto e simulações, que apenas com a teoria, podem dificultar o entendimento e ocultar problemas existentes nos sistemas reais.

O desenvolvimento será realizado com componentes comuns existentes nas indústrias, sendo estes direcionados para as solicitações peculiares do projeto.

A estrutura permitirá a simulação de uma célula flexível robotizada industrial, porém em uma escala menor.

### 1.3 Objetivos específicos

O trabalho será desenvolvido conforme as seguintes etapas:

- Definição do escopo do projeto;
- Projeto e fabricação dos componentes mecânicos;
- Elaboração e execução do projeto elétrico;

- Desenvolvimento e aplicação da programação e comunicação;
- Execução de testes na célula flexível robotizada;
- Alinhamento e discussão dos resultados obtidos.

#### 1.4 Organização do trabalho

No primeiro capítulo, são descritos os objetivos e a justificativa do projeto. No segundo capítulo, é descrito o embasamento teórico utilizado neste trabalho. No terceiro capítulo será discriminado o desenvolvimento do projeto. No quarto capítulo, serão apresentados os resultados obtidos na realização do projeto. No quinto e último capítulo serão descritas a conclusão e oportunidades de melhoria do projeto.

## 2. EMBASAMENTO TEÓRICO

### 2.1 Células flexíveis robotizadas

A flexibilidade é a capacidade que um determinado sistema produtivo tem de responder a variáveis externas e internas (PAIVA et al, 2009, p.73).

Diante desta definição, as células flexíveis robotizadas trazem ao sistema produtivo a flexibilidade para o atendimento a estas variáveis, proporcionando aplicações em diversas áreas da indústria, com assertividade e eficiência da automação.

Teixeira et al. (2014) expõe o pensamento que, sendo reprogramável, a automação flexível elimina a necessidade de projetar uma linha de produção totalmente nova para cada modelo, reduzindo as despesas, possibilitando um preço menor, e assim consequentemente uma venda mais rápida.

### 2.2 Robôs na indústria

A utilização de manipulador robótico substituindo um operador humano pode-se explicar com alguns fatores, entre eles:

- Trabalho perigoso para humanos;
- Ciclo de trabalho repetitivo;
- Peças de difícil manuseio;
- Operações em múltiplos turnos.

Robôs estão sendo usados em diversas aplicações na indústria. A maioria destas aplicações está na manufatura e podem ser classificadas em uma das seguintes categorias: (1) manuseio de materiais, (2) operações de processamento ou (3) montagem e inspeção. (KUHNE, 2014a, p.2).

Ainda segundo o autor, recentemente a IFR (*International Federation of Robotics*) publicou uma lista com as dez aplicações mais comuns na indústria onde robôs manipuladores são utilizados:

1. Solda em arco;
2. Solda-ponto;
3. Manipulação e transporte;
4. Abastecimento de máquinas;
5. Pintura;
6. Empacotamento e paletização;
7. Montagem;
8. Corte e acabamento;
9. Aplicação de materiais para selagem e colagem;
10. Outros (inspeção, corte a água, soldagem...).

### 2.2.1 Aplicação na célula flexível robotizada

No exemplo do projeto da célula flexível robotizada de manipulação, o robô tem funções de manuseio e transporte de peças, realizando em conjunto a atividade de inspeção. Abaixo segue as definições da realização destas atividades:

#### Manipulação de materiais:

Em aplicações deste tipo, o robô move materiais ou peças de um lugar para outro. Para realizar a tarefa, o robô é equipado com um órgão terminal do tipo garra ou ventosa. O órgão terminal deve ser projetado para manusear a peça específica ou as peças que devem ser movidas na aplicação. (KUHNE, 2014b, p.3).

Projetou-se uma garra projetada especificamente para a manipulação das garrafas. Esta garra foi usinada no laboratório de usinagem do IFSC Joinville, durante as aulas de CNC.

#### Transferência de materiais:

Essas aplicações são aquelas em que a principal finalidade do robô é simplesmente pegar peças em uma posição e colocá-las em outra. Em muitos casos, a reorientação da peça é realizada durante a tarefa. Transferir peças de uma esteira para outra é um exemplo. (KUHNE, 2014c, p.3).

A transferência de materiais realizada neste projeto será definida somente após conclusão de inspeção da peça.

#### Inspeção:

Em sistemas de montagem e produção automatizada, frequentemente há a necessidade de inspecionar o trabalho previamente realizado. Inspeções têm as seguintes funções: (1) certificação que um determinado processo foi completado, (2) garantia de que as peças foram adicionadas a algum processo de montagem e (3) identificação de falhas em matérias primas ou em peças terminadas. (KUHNE, 2014d, p.19).

## 2.3 Componentes do projeto

### 2.3.1 Esteiras

A utilização de esteiras nas linhas de produção tem sua origem no sistema Fordismo. Segundo Nardelli et al. (2008), esse processo foi uma grande inovação, pois a implantação de esteiras na linha de produção e automação em algumas etapas constituíram um novo ritmo para o processo.

São utilizadas 3 esteiras no projeto, já existentes no laboratório de robótica do IFSC.

Na Figura 1 as esteiras estão enumeradas conforme definição do *layout* da célula flexível robotizada.

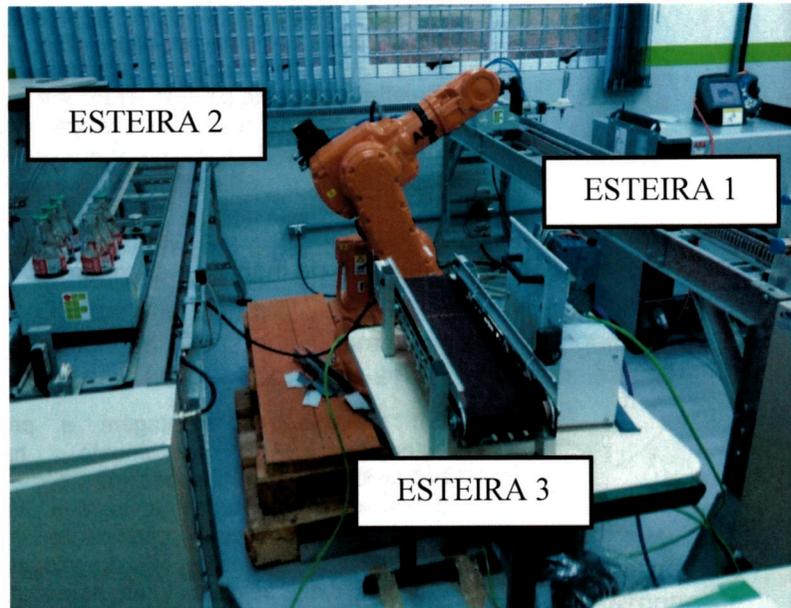


Figura 1 – Esteiras da célula flexível robotizada  
Fonte: Autores

As esteiras 2 e 3 são movimentadas pelo acionamento de motores DC, e a esteira 1 por motor de passo.

### 2.3.2 Motor DC (*Direct Current*)

Os motores de corrente contínua comuns consistem na forma mais utilizada de se converter energia elétrica em energia mecânica. (BRAGA, 2005a, p23).

De acordo com o próprio BRAGA, os motores DC (*Direct Current*), têm seu funcionamento baseado no efeito magnético que aparece em torno de um condutor percorrido por uma corrente elétrica.

Na Figura 2, a estrutura simplificada do motor DC é demonstrada

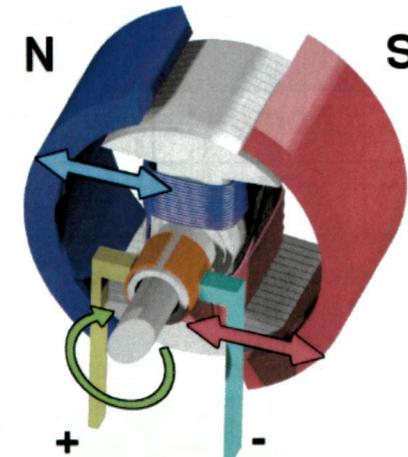


Figura 2 – Motor DC

Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/DC\\_motor](http://en.wikipedia.org/wiki/DC_motor). Acesso em 15/10/2014

São utilizados neste projeto os motores DC da figura 3.

O motor da esteira 2 possui caixa de redução, que o torna mais lento, porém com maior torque.



Figura 3 – motor DC Akiyama

Fonte: [www.neoyama.com.br](http://www.neoyama.com.br) Acesso em 15/10/2014

As tabelas 1 e 2 apresentam as especificações técnicas do motor Akiyama.

TABELA 1– Especificações técnicas motor DC

Tensão		Sem carga	
Operação	Nominal	Rotação	Corrente
22 ~ 26 V	24 V	350rpm	250 mA

Fonte: www.neoyama.com.br Acesso em 16/10/2014

TABELA 2– Especificações técnicas motor DC

Máximo Rendimento				Partida	
Rotação	Corrente	Torque	Potência	Corrente	Torque
280 rpm	1A	5 Kgf.cm	15 W	8A	8 Kgf.cm

Fonte: www.neoyama.com.br Acesso em 16/10/2014

### 2.3.2.1 PWM

Neste projeto, para o controle de velocidade do motor de Passo é aplicada a técnica PWM (*Pulse with modulation*).

A modulação por largura de pulso (PWM-*Pulse with modulation*) é usada para o controle de velocidade de motores CC usando um sinal de onda quadrada em que o seu valor médio varia através da variação do tempo que o sinal está ligado. (BOLTON, 2008a, p.399).

Em cada pulso é atingido a tensão máxima nominal. Deste modo, cada variação de sua largura, varia também a velocidade. Na figura 4 está disposto um exemplo de modulação PWM.

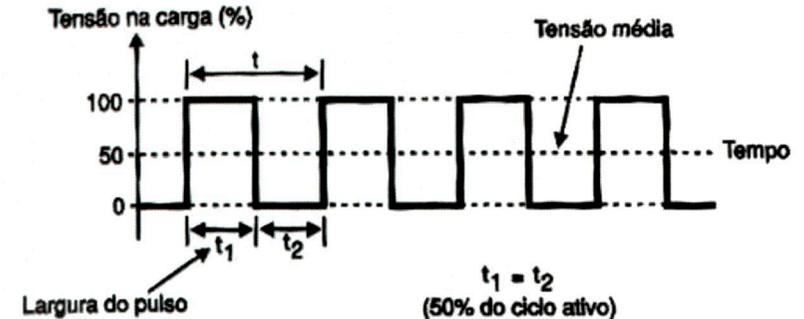


FIGURA 4 – Modulação PWM

Fonte: www.newtonbraga.com.br Acesso em 19/10/14

### 2.3.3 Motor de passo

O motor de passo em seu funcionamento não apresenta muitas diferenças para outros tipos de motores.

Os motores de passo convertem informação digital em movimento ou posição. Eles são diferentes dos motores comuns neste ponto, porque, enquanto os motores comuns são controlados pela corrente que atravessa seus enrolamentos, os motores de passo são controlados digitalmente. É o nível lógico dos sinais aplicados aos seus enrolamentos que determina o movimento ou posicionamento de seus eixos. (BRAGA, 2005b, p.89).

Na figura 5, é demonstrado a parte interna de um motor de passo bipolar.

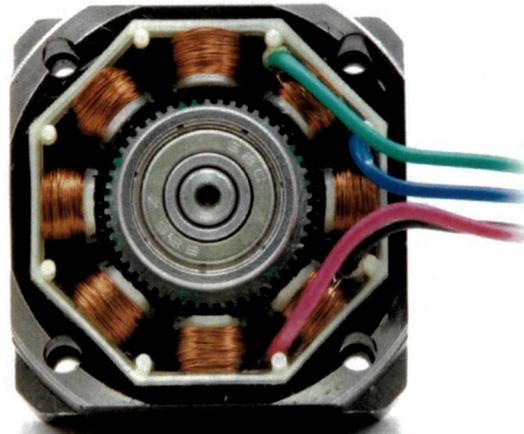


FIGURA 5 – Motor de passo interno

Fonte: <http://multilogica-shop.com/motor-de-passo-bipolar-200-passosvolta-35x28mm-10v-500ma>. Acesso em -19/10/14

É utilizado neste projeto o motor de passo da figura 6.

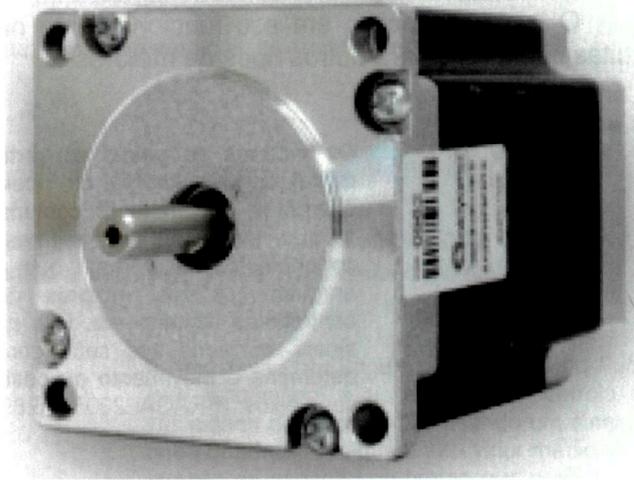


FIGURA 6 – Motor de passo Akiyama

Fonte: [www.neoyama.com.br](http://www.neoyama.com.br) Acesso em 19/10/2014

Na figura 7 observa-se o motor já instalado na esteira 1.



FIGURA 7 – Motor de passo Akiyama

Fonte: Autores

As tabelas 3 e 4 apresentam as especificações técnicas do motor de passo Akiyama.

TABELA 3 – Especificações técnicas motor de passo

NEMA	Conexão		Holding torque (kgf.cm)	Corrente (A/fase)	Tensão (V/fase)	Resistência (Ω/fase)	Indutância (mH/fase)
23	Bipolar	Série	10.0	1.0	5.4	2.6	12.0
		Paralela		2.0	2.0	0.65	3.0
	Unipolar		7.0	1.4	3.7	1.3	3.0

Fonte: [www.neoyama.com.br](http://www.neoyama.com.br) Acesso em 19/10/2014

TABELA 4 – Especificações técnicas motor de passo

Item	Especificação
Ângulo do passo	1.8°
Nº de passos	200
Enrolamento	Espiras bifilares
Temperatura máx, de operação	80 °C
Temperatura ambiente	-10°C ~ 50°C
Resistência de isolamento	100 Ω / 500 Vdc
Rigidez dielétrica	500 Vac / 1 min.
Classe de isolamento	B
Quantidade de fios	8
Peso	1.0 Kg
Sugestão de driver compatível	AKDMP16-4.2A

Fonte: [www.neoyama.com.br](http://www.neoyama.com.br) Acesso em 19/10/2014

### 2.3.4 Fonte chaveada

Braga (2014) nos leva a compreender que as fontes chaveadas possuem a finalidade de controlar a tensão numa carga abrindo e fechando um circuito comutador, desta forma, mantém pelo tempo de abertura e fechamento a tensão desejada.

As fontes chaveadas utilizadas neste projeto possuem características conforme tabela abaixo:

TABELA 5 – Fonte chaveada modelo S100-24

Fonte Chaveada MeanWell	
Tensão de saída	24VDC
Corrente	4.5A
Potência	100W

Fonte: [www.meanwell.com](http://www.meanwell.com).  
Acesso em 20/10/14

São utilizadas 2 fontes da figura 8 para a alimentação dos motores, comando e demais periféricos da célula.



FIGURA 8– Fonte chaveada meanwell  
Fonte: [www.meanwell.com](http://www.meanwell.com). Acesso 20/10/14

### 2.3.5 Botoeiras

Os dispositivos adequados de parada e partida de máquinas e equipamentos são os interruptores, botoeiras e chaves acionadoras que permitam manobras simultaneamente a operação, e devem ser instalados em posição segura de acionamento. (MORAES, 2014, p.1624).

Neste projeto são utilizadas botoeiras Telemecanique. Na figura 9 vemos a botoeira utilizada no painel elétrico1:

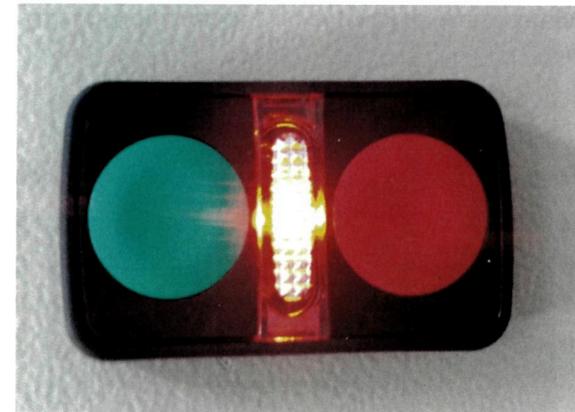


Figura 9: Botoeiras Telemecanique  
Fonte: Autores

### 2.3.6 CLP (Controlador lógico programável)

Segundo Rosário (2009), o CLP foi criado na década de 70 com a tecnologia de microprocessadores, substituindo deste modo os sistemas automáticos que utilizavam relés, temporizadores e sequenciadores mecânicos.

Segundo Petruzella (2011a), atualmente os CLP's são as melhores opções de controladores para a maioria dos processos automatizados. Como características, os CLP's ocupam menos

espaço físico, incorporam CPU's (*Central processing unit*) mais rápidas, internet, rede e várias tecnologias.

Pode-se também demonstrar como informação sobre CLP's o seguinte trecho:

"...é um controlador microprocessado, que usa uma memória programável para armazenar instruções e implementar funções de lógica, sequência, temporização e aritmética para controlar eventos e pode ser facilmente reprogramado para diversas tarefas." (BOLTON, 2008b, p.28.)

A figura 10 demonstra a ação de controle de um CLP. Este recebe os sinais de entradas, e o programa determina as saídas que ele deve acionar.



FIGURA 10 – Ação do CLP  
Fonte: BOLTON (2014, P.28)

### 2.3.6.1 CLP S7-200

Neste projeto, um CLP utilizado é o o CLP S7-200. Por ser um modelo compacto, pode ser aplicado onde o espaço é considerado pequeno e restrito. Esta série S7-200 possui capacidade de controlar grande número de dispositivos, voltados para controle e automação.

Segundo Curzel (2009), o equipamento possui as seguintes características: 10 KB para memória de dados, tensão de alimentação de 24 Vcc, 12 a 16 KB de memória de programa, quatorze entradas digitais, dez saídas digitais (transistor - 0,75 A), duas entradas e uma saída analógicas, 4 entradas rápidas de 30KHz; 2 saídas rápidas de 100KHz e uma porta de comunicação RS-485, velocidade (1000 instruções) de 0,22µs e fonte de alimentação e um potenciômetro integrado.

O CLP S7-200 está disposto na figura 11.



FIGURA 11– CLP Siemens S7-200  
Fonte: Autores

### 2.3.6.2 CLP S7-1200

Outro CLP utilizado neste projeto é o CLP SIMATIC S7-1200. Este CLP é flexível, possui alta performance em um *design* compacto, e é apropriado para as tarefas mais complexas na microautomação. (SIEMENS..., 2014a).



FIGURA 12– CLP Siemens S7-1200  
Fonte: Autores

O CLP SIMATIC S7-1200 possui as seguintes características (SIEMENS..., 2014b):

- Memória de trabalho com 75KB;
- Memória de carga com 4MB;
- Tempo de execução para operações booleanas com 85ns;
- 4 PTO's (*Pulse train Outputs*);
- Faixa de temperatura entre -20°C e 60°C;
- 14 entradas e 10 saídas;
- Módulo de comunicação Profibus e pode atuar tanto como mestre ou escravo.

### 2.3.7 Módulo de comunicação Profibus-DP (*Decentralized Peripherals*)

O Profibus-DP é a solução de alta velocidade do Profibus. Seu desenvolvimento buscou especificação para comunicações entre os sistemas de automação e equipamentos descentralizados, voltada para sistemas de controle, onde destaca-se o acesso aos dispositivos de I/O distribuídos, conforme Cassiolato et al (2014).

De acordo com Petruzella (2011b), os meios físicos de transmissão são definidos via RS-485 ou tecnologia de transmissão com fibra óptica. Esse padrão comunica em uma velocidade de até 12 Mbps, com distância de até 1.200m.

Na figura 13 está o módulo Profibus DP utilizado neste projeto com o CLP S7-200, e a figura 14 apresenta um microsistema de CLP S7-200, com conexão para uma rede Profibus-DP.



FIGURA 13 – Módulo Profibus DP EM277 Siemens  
Fonte: www.uptronic.es. Acesso em 20/10/14

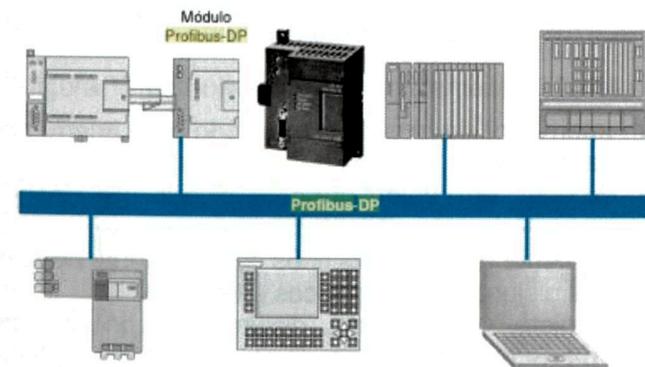


FIGURA 14 – Microsistema para conexão Profibus DP  
Fonte: PETROZELLA, Frank D. (2014, p.313).

O módulo de comunicação em rede Profibus-DP utilizado neste projeto é o CM1243-5, juntamente com o CLP S7-1200. Na figura 15 pode-se observar o modelo.



FIGURA 15 – Módulo Profibus DP CM12435  
Fonte: PETRUZELLA, Frank D. (2014, p.313)

### 2.3.8 Interruptores de corrente (Disjuntores)

Um interruptor de circuito é projetado para interromper um circuito e fazer cessar o fluxo de corrente quando o valor de corrente exceder um valor pré-determinado (BEHAR, 2002, p.342).

Basicamente existem dois tipos de disjuntores no mercado, sendo eles os disjuntores magnéticos e térmicos.

No projeto, é utilizado disjuntor magnético modelo K32A1C6, da Schneider Eletric. Para a SCHNEIDER... (2009), "este modelo trabalha com corrente nominal de 6A, e que atua entre 5 a 10xI<sub>n</sub> (corrente nominal)". A figura 16 apresenta o produto.



FIGURA 16– Disjuntor Schneider Eletric  
Fonte: <http://www.schneider-electric.com.br>. Acesso em 21/10/2013

#### 2.3.8.1 Disjuntor magnético

Os disjuntores que funcionam baseados no efeito magnético possuem uma bobina (fio enrolado) inserida no seu circuito interno. Para um certo valor de corrente, o efeito magnético da bobina é suficiente para atrair uma pequena barra de ferro móvel, cuja função é abrir e fechar o circuito. (GREF, 2005, p.308).

A figura 17 demonstra esquematicamente o funcionamento do disjuntor.

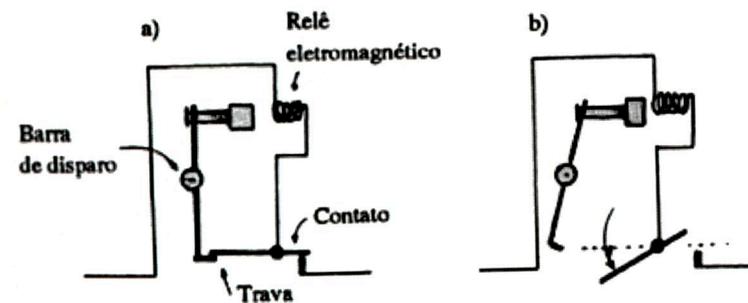


FIGURA 17 – Esquemático funcionamento do disjuntor.  
Fonte: GRAEF (2005, p.309)

### 2.3.9 Sensores

Os sensores são dispositivos usados para detectar, e muitas vezes medir, a magnitude de algo. Eles operam ao converter variações mecânicas, magnéticas, térmicas, ópticas e químicas em tensões e correntes elétricas. (PETRUZELLA, 2013a, p.93).

Os tipos mais comuns encontrados nas literaturas técnicas são os sensores ópticos, *encoders*, posição eletromecânicos, indutivos, capacitivos, fotoelétricos e magnéticos.

Serão descritos na sequência os sensores utilizados neste projeto.

#### 2.3.9.1 Sensor fotoelétrico

Um sensor fotoelétrico é um dispositivo óptico de controle que opera pela detecção de um feixe visível ou invisível de luz, e que responde a uma variação de intensidade de luz recebida, de acordo com Petruzella (2013b).

Ainda segundo o autor, eles são formados por dois tipos básicos de componentes: um transmissor (fonte de luz) e um receptor (sensor).

A figura 18 demonstra o funcionamento simplificado do sensor fotoelétrico.

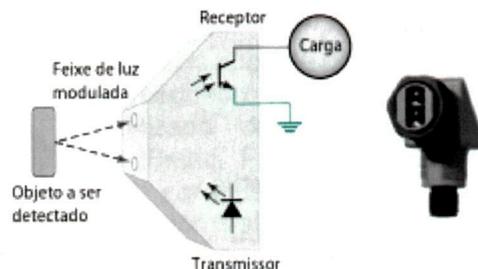


FIGURA 18: Sensor fotoelétrico  
Fonte: PETRUZELLA (2013, p.96)

O método dos sensores fotoelétricos para detectarem objetos chama-se varredura. Serão explanados os dois métodos que os sensores fotoelétricos deste projeto possuem.

#### 2.3.9.2 Varredura difusa

Esse tipo de varredura ocorre quando o emissor e o receptor estão alojados no mesmo encapsulamento.

“... eles não dependem de qualquer tipo de refletor para retornar o sinal de luz para o receptor”. (PETRUZELLA, 2013c, p. 97).

Na figura 19 pode-se observar o funcionamento deste tipo de varredura.

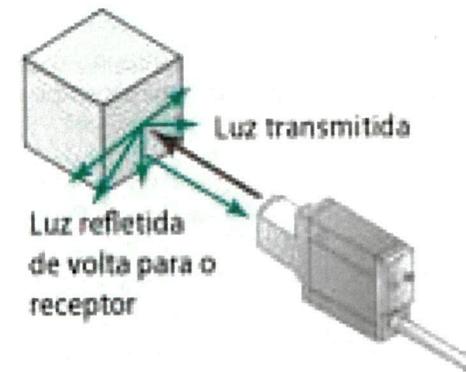


FIGURA 19: Varredura difusa  
Fonte: PETRUZELLA (2013, p.97).

São utilizados 2 sensores fotoelétricos com varredura por difusão, sendo os dois instalados na esteira 1.

Na figura 20 pode-se observar este sensor fotoelétrico utilizado no projeto.



FIGURA 20: Sensor fotoelétrico utilizado no projeto  
Fonte: Autores

### 2.3.9.3 Varredura por interrupção por feixe

Este tipo de varredura ocorre quando é colocado de frente para o outro um transmissor e um receptor de feixe de luz, conforme figura 21.

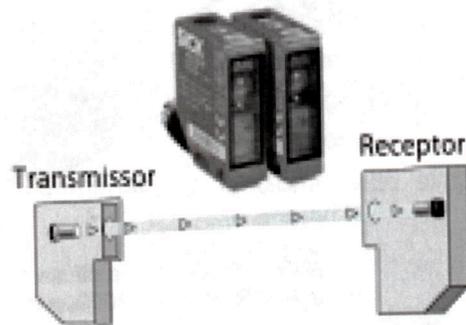


FIGURA 21: Varredura por interrupção de feixe  
Fonte: PETRUZELLA (2011, p.976)

Quando um objeto bloqueia este feixe de luz, o receptor muda de estado.

Confirmando PETRUZELLA (2011c, pag.103), isso deve-se ao fato do feixe de luz viajar em um sentido apenas.

A varredura por feixe de luz proporciona uma sensibilidade de longo alcance.

Foram utilizados 3 sensores fotoelétricos com varredura por interrupção de feixe, sendo 2 na esteira 2, e 1 sensor na esteira 3.

Na figura 22 pode-se observar o sensor fotoelétrico utilizado no projeto na esteira 3.

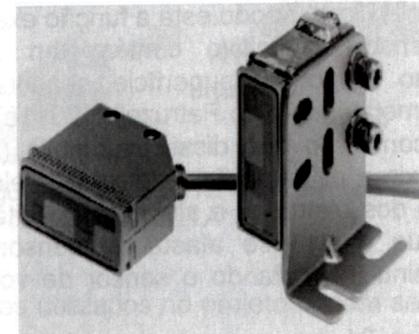


FIGURA 22: Sensor com varredura por interrupção de feixe  
Fonte: [www.panasonic-electric-works.com](http://www.panasonic-electric-works.com). Acesso em 24/10/14

Na figura 23 apresenta-se o sensor utilizado na esteira 2.

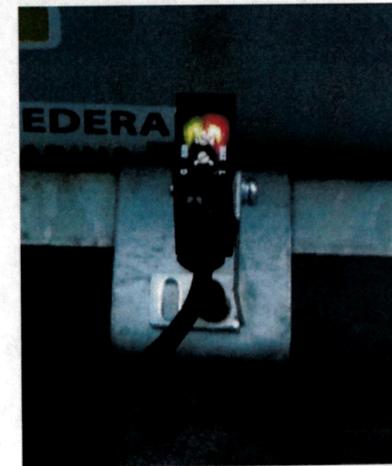


FIGURA 23: Sensor com varredura por interrupção de feixe  
Fonte: Autores.

### 2.3.9.4 Sensor capacitivo

O sensor capacitivo é um tipo de sensor de proximidade. De acordo com Petruzella (2011d), os sensores de proximidade são dispositivos pilotos que detectam a presença de objetos, sem que haja o contato físico.

Uma das aplicações comuns para este sensor é detectar objetos não metálicos, sendo esta a função exercida no projeto.

Um sensor capacitivo contém um oscilador de alta frequência ao longo da superfície sensora formado por 2 eletrodos de metal, segundo Petruzella (2011e).

Ao encontro do que disse Petruzella (2013d), quando o alvo se aproxima da superfície do sensor ele entra no campo eletrostático dos eletrodos e altera a capacitância do oscilador. A medida que o alvo se afasta do sensor, a amplitude do oscilador diminui, comutando o sensor de volta ao seu estado original.

Na figura 24, mostra-se o exemplo do sensor capacitivo atuando na detecção de líquidos.

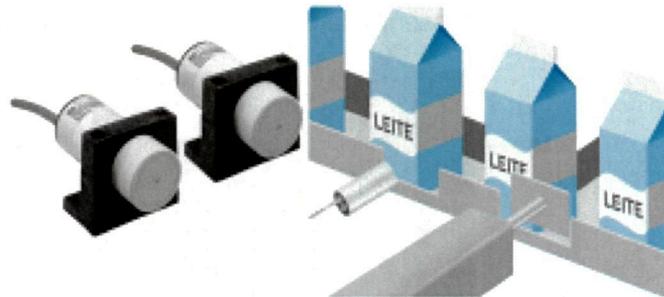


Figura 24: Sensor capacitivo atuando  
Fonte: PETRUZELLA (2013, pag.102).

A alteração na forma de onda é possível de ser percebida na figura 25.

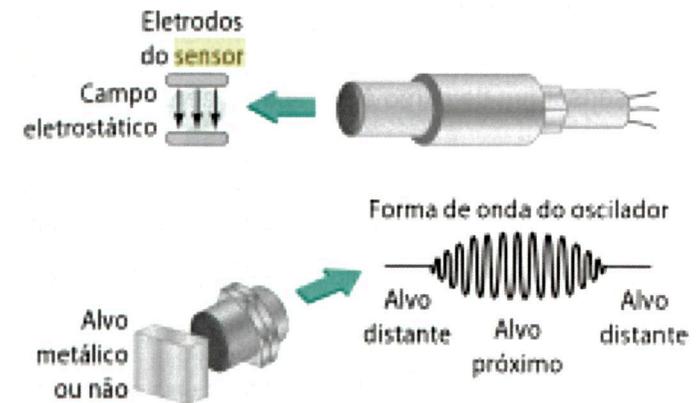


Figura 25: Alteração na forma de onda  
Fonte: PETRUZELLA (2011, p.92).

Os 2 sensores utilizados no projeto podem ser observados na figura 26.



Figura 26: Sensores capacitivos  
Fonte: Autores

### 2.3.9.5 Sensor fim-de-curso

Um sensor fim de curso é um tipo de sensor mecânico.

Para SABER ELETRÔNICA...(2006), "Os sensores mecânicos são interruptores ou mesmo chaves comutadoras que atuam sobre um circuito no modo liga/desliga quando uma ação mecânica acontece no seu elemento atuador. Uma variação desse tipo de sensor é o sensor de "fim-de-curso" que, conforme o nome indica, detecta quando uma parte mecânica de um dispositivo atinge seu deslocamento máximo."

De acordo com Petruzella (2013e), esses dispositivos têm a função de um operador humano, e são sempre utilizados nos circuitos de controle dos processos da máquina, para estabelecer uma partida, parada ou inversão de um motor.

Na figura 27 é exibido um modo simplificado de funcionamento de um sensor mecânico fim de curso.

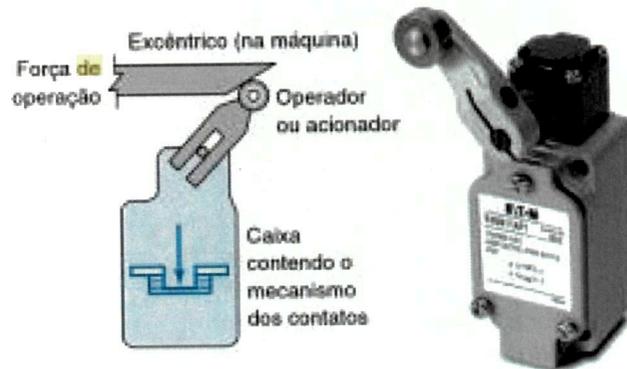


Figura 27: Sensor mecânico fim de curso  
Fonte: PETRUZELLA, (2013, pag.99).

Na célula são utilizados 4 sensores conforme modelo mostrado na figura 28. Dois destes sensores encontram-se

instalados nas extremidades da esteira 1 e mais 2 sensores instalados nas extremidades da esteira 2, e atuam como chaves de final de curso para os dois carros transportadores.



Figura 28: Sensor mecânico fim de curso  
Fonte:www.jbv.com.br/produto/fim-de-curso-fm..Acesso em 25/10/14

### 2.3.10 Contator tripolar

Segundo Cunha (2009a), como um dispositivo mecânico de manobra, o contator pode estabelecer, conduzir e interromper correntes elétricas em condições normais de cargas como motores, banco de capacitores, iluminação, resistências e circuitos auxiliares.

Uma bobina, operada por uma baixa tensão contínua ou alternada, move um conjunto de contatos mecânicos que têm as características exigidas para o controle de correntes intensas. (BRAGA, 2014a).

O funcionamento padrão dos contadores dá-se da seguinte forma: quando a bobina eletromagnética é energizada, forma-se um

campo magnético que se concentra na parte fixa do dispositivo e atrai o núcleo móvel, onde estão localizados os contatos móveis, que, por consequência, também são deslocados. O comando da bobina é feito por meio de uma botoeira com duas posições, que tem seus elementos ligados à bobina. A velocidade de fechamento dos contatos é uma junção da força proveniente da bobina e da força mecânica das molas de separação que atuam em sentido contrário. As molas de compressão são também as responsáveis pela velocidade de abertura do circuito, quando a alimentação da bobina cessa. (CUNHA, 2009b).

Os contatores são usados da mesma forma que os interruptores comuns: são ligados em série com os circuitos que devem controlar, de acordo com Braga (2014b).

Na figura 29, pode-se observar como usar um contator para um sistema de partida direta de um motor trifásico.

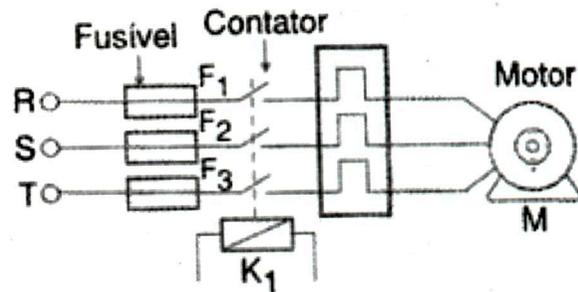


Figura 29: Ligação de contator para motor trifásico

Fonte: [www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/3854-el040](http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/3854-el040). Acesso em 25/10/14

No projeto é utilizado o contator trifásico da figura 30, instalado no painel localizado na esteira 1, e atua como interruptor principal do circuito de alimentação.



Figura 30: Contator trifásico

Fonte: [www.amazon.com/CJXC-0910-Motor-Control-Contactor-Volts/dp/B008FY7S3U#productDetails](http://www.amazon.com/CJXC-0910-Motor-Control-Contactor-Volts/dp/B008FY7S3U#productDetails). Acesso em 25/10/14

### 2.3.11 Relês de estado sólido

Os relês de estado sólido são dispositivos semicondutores que possuem as mesmas funções dos relês mecânicos convencionais: comutar circuitos de potências elevadas a partir de sinais de pequenas intensidades, conforme Braga (2014a).

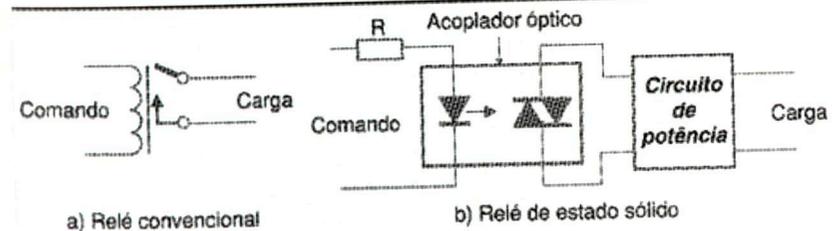


Figura 31: Tipos de relês

Fonte: [www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/1436-art210](http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/1436-art210). Acesso em 04/11/14

Os relês de estado sólido derivam dos conhecidos opto-acopladores ou "opto-

*couplers*” que consistem num emissor de luz (normalmente um *LED* infravermelho) e um foto sensor que pode ser um foto-transistor, foto-diac, foto-diodo, ou qualquer outro dispositivos sensível à luz.

Originalmente usados para transferir sinais, os opto-acopladores podem também ser usados para comutar cargas e daí temos o que se denomina de relé de estado sólido.

No tipo comum de relé de estado sólido a bobina é substituída por um foto-emissor, normalmente um *LED* infravermelho e os contatos são substituídos por um dispositivo semiconductor sensível à luz como um foto-transistor, foto-diodo, foto-diac, etc. (BRAGA 2014b).

O relé utilizado no projeto é de fabricação da empresa LOTI, e tem a função de comandar o motor da esteira 2.

Na figura 32 está disposto o relé, assim como as características do produto.



Figura 32: Relé Loti  
Fonte: Autores

A figura 33 apresenta o esquema básico deste relé DC/DC com corrente nominal de 10A.

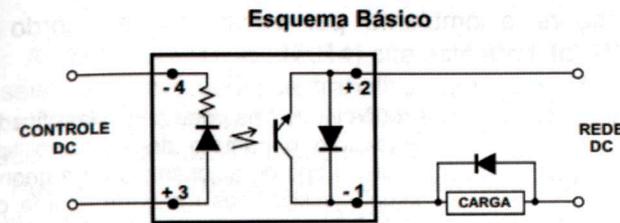


Figura 33: Esquema Relé Loti  
Fonte: [www.lot.com.br/dyn\\_images/RELE%20DCDC.pdf](http://www.lot.com.br/dyn_images/RELE%20DCDC.pdf). Acesso em 04/11/2015.

### 2.3.12 Robô manipulador

Um robô consiste em um braço mecânico motorizado, programável, que apresenta algumas características antropomórficas e um cérebro em forma de computador que controla seus movimentos. (ROSÁRIO, 2010a, p.40).

Na figura 34 é possível verificar os conceitos básico de um robô manipulador.

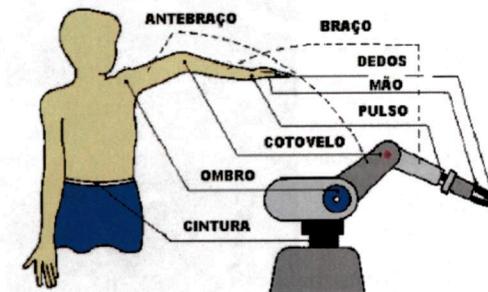


Figura 34: Robô manipulador  
Fonte: ROSÁRIO (2010, p. 40).

O braço do robô executa movimentos no espaço, transferindo objetos e ferramentas instruído pelo controlador e

informado sobre o ambiente por sensores, de acordo com Rosário (2010b).

Os robôs industriais podem ser classificados de acordo com o número de juntas, o tipo de controle, o tipo de acionamento e a geometria. É usual classificar os robôs de acordo com o tipo de junta, ou, mais exatamente, pelas três juntas mais próximas da base do robô. Também podem ser classificados em relação ao espaço de trabalho (*workspace*), ao grau de rigidez, à extensão de controle sobre o curso do movimento e de acordo com as aplicações adequadas ou inadequadas a eles. (ROSÁRIO, 2010c, p.58).

### 2.3.12.1 ABB IRB 140

O robô manipulador utilizado é o modelo IRB 140 da ABB Robotics, disponível no laboratório de robótica do IFSC Joinville, e que atende as exigências do projeto.

A figura 35 demonstra o robô utilizado.



Figura 35: Robô ABB IRB 140  
Fonte: Autores

A ABB ROBOTICS...(2014) cita este modelo como "...robô com seis eixos multiuso que trabalha com carga de 6 kg, com longo alcance (810 mm). O IRB 140 pode ser montado no chão, invertido ou na parede em qualquer ângulo..."

Por ser um modelo compacto de robô manipulador, foi possível utilizá-lo no projeto da célula flexível robotizada com poucas adaptações. O alcance também foi o suficiente para trabalhar com as esteiras dispostas no laboratório.

A figura 36 demonstra as dimensões do robô e do seu espaço de trabalho (*workspace*).

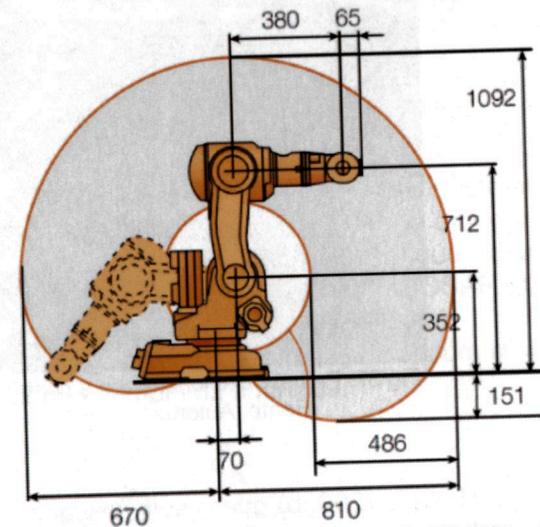


Figura 36: Dimensional robô ABB IRB140

Fonte: <http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-140/irb-140-data>. Acesso em 03/11/14.

### 2.3.12.2 Painel de controle e acionamento

O painel de acionamento e controle é uma interface homem-máquina que, na literatura, é nomeada de diversas maneiras, de acordo com o fabricante do robô, como o Teach-in-Pendant. (ROSÁRIO, 2005a, pag. 180).

O controlador do robô do projeto é o IRC5 M2004, juntamente com o *Flex-Pendant*, que é a denominação para o fabricante ABB. Na figura 37 pode-se verificar o painel completo.

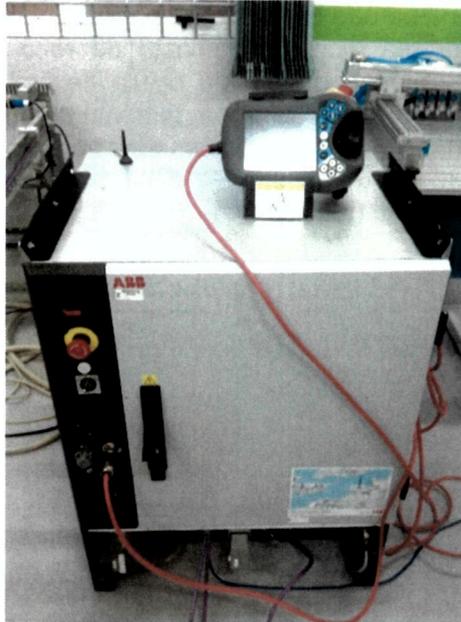


Fig 37: Painel de acionamento e controle  
Fonte: Autores

Afirma Rosário (2005b) que o software que controla o robô pode ser digitado diretamente no teclado do módulo de controle (*Teach-in-Pendant*), por intermédio de uma das inúmeras linguagens de programação de robôs.

A figura 38 apresenta uma visualização mais focada do *flex-pendant*.



Fig 38: Flex-Pendant  
Fonte: Autores

### 2.3.12.3 Garra do robô

Utilizou-se garras como atuadores do robô neste projeto.

A garra é comparável à mão humana. No entanto, ela não é capaz de simular seus movimentos, fato que resulta seus movimentos a uma faixa de operações. (ROSARIO, 2005c, p.170).

O modelo das garras será de dois dedos, com movimentos paralelos, conforme exemplo da figura 39.

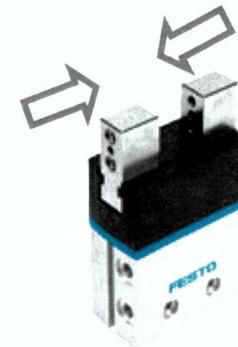


Fig 39: Garra com movimento paralelo  
Fonte: [http://www.festo.com/cat/pt-br\\_br/products\\_\\_69071](http://www.festo.com/cat/pt-br_br/products__69071). Acesso em 10/12/14

A figura 40 apresenta a garra e os dedos utilizados no projeto e já acopladas no robô manipulador.

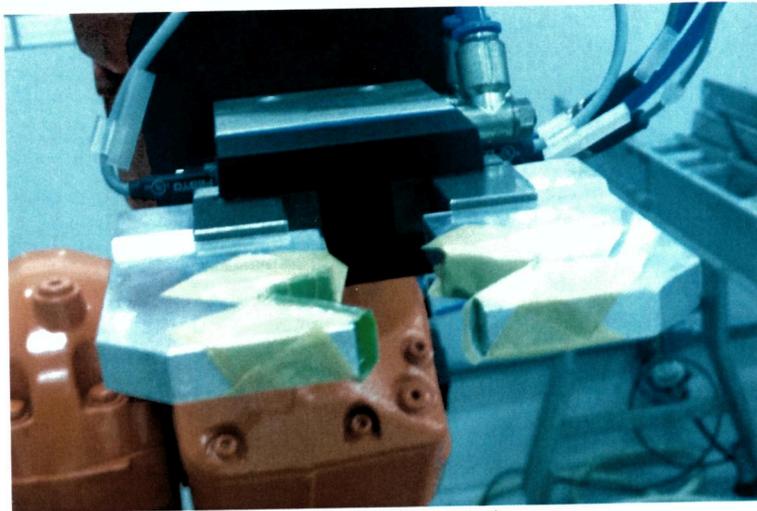


Fig 40: Garras já acopladas  
Fonte: Autores

## 2.4 Softwares

### 2.4.1 ELIPSE SCADA (*Supervisory Control and Data Aquisition*)

O Software Elipse Scada é um software de monitoramento e controle, denominado como software supervisório.

“...um sistema supervisório é responsável pelo monitoramento de variáveis de controle do sistema em que seu principal objetivo é fornecer subsídios ao operador (homem-máquina) para controlar ou para monitorar um processo automatizado mais rapidamente, permitindo a leitura das variáveis em tempo real e o gerenciamento e o controle do processo automatizado.” (ROSARIO, 2009b, p.199)

ROSARIO (2009c) afirma que esses sistemas melhoram a eficiência do processo de monitoração e controle, disponibilizando em tempo útil o estado atual do sistema por meio de um conjunto de previsões, de gráficos e de relatórios.

No projeto será utilizado este supervisório para monitorar a célula flexível robotizada.

Na figura 41 é demonstrado um exemplo de uma tela de supervisão de um sistema de dosagem com o software Elipse Scada.

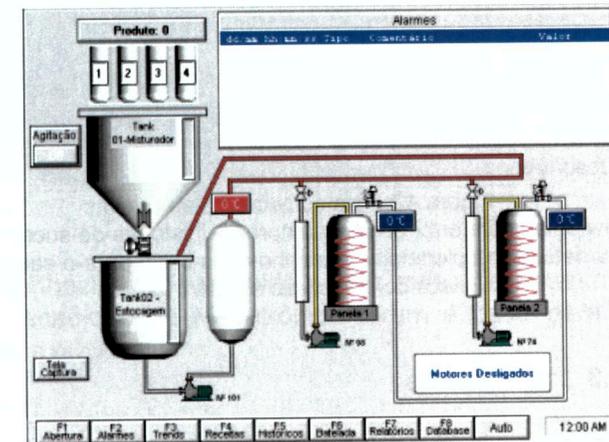


Figura 41: Tela Elipse Scada

Fonte: [http://downloads.elipse.com.br/port/download/scada/v2.29/b141/scadatutorial\\_br.pdf](http://downloads.elipse.com.br/port/download/scada/v2.29/b141/scadatutorial_br.pdf). Acesso em 03/11/14.

Foi possível utilizar o conhecimento adquirido nas aulas de informática industrial para a programação e aplicação do software Elipse Scada.

A versão do software é o Elipse Demo V2.29.

### 2.4.2 Eplan Electric

Na elaboração do projeto elétrico, foi utilizado o software Eplan electric P8-Enterprise, versão 1.8.6.2432.

A figura 42 demonstra um exemplo da tela do programa do software EPLAN ELECTRIC.

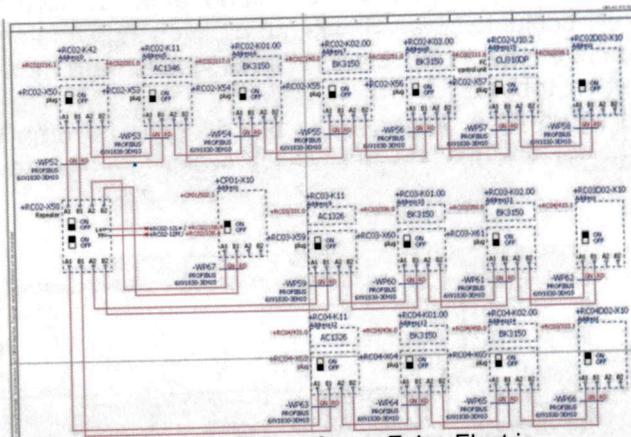


Figura 42: Tela software Eplan Electric  
[www.eplan.com.br/br/empresa/imprensa/historias-de-sucesso-de-clientes/detail/exampldetail/o-caminho-mais-curto-para-o-seu-esquema-electrico-1](http://www.eplan.com.br/br/empresa/imprensa/historias-de-sucesso-de-clientes/detail/exampldetail/o-caminho-mais-curto-para-o-seu-esquema-electrico-1). Acesso em 04/11/2015

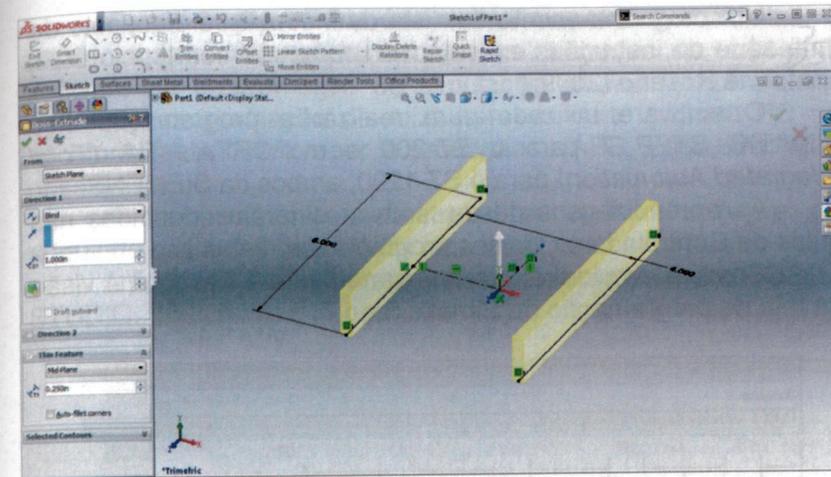
### 2.4.3 Solidworks

Para o desenvolvimento do projeto dos dedos da garra do robô manipulador, utilizou-se o software de desenho mecânico 3D Solidworks.

“...esse software básico 3D é intuitivo, de modo a permitir que todo engenheiro ou projetista possa aprendê-lo com extrema facilidade. Com ele tornou-se possível avaliar mais alternativas de projeto, reduzir erros, aumentar a qualidade do produto, fazer modelagem sólida e realizar os mais diversos tipos de trabalho. (SIQUEIRA 2008, p.87).

Na figura 43 é exibido o exemplo de uma tela do software Solidworks.

A versão utilizada é Solid Works 2013.



Fonte: [www.rickyjordan.com/2012/09/solidworks-2013-announced.html](http://www.rickyjordan.com/2012/09/solidworks-2013-announced.html). Acesso 04/11/14.

Os conhecimentos adquiridos nas aulas de desenho II do curso de Tecnólogo de Mecatrônica foram a base para serem realizados os projetos.

### 2.4.4 Simatic Step 7 e TIA Portal

O software de programação é o elemento central de um sistema automatizado. Ao implementar um software, o programador define uma sequência lógica de operações que levam a realizar determinada tarefa. O conceito de sequenciamento da execução do programa é muito importante para a visualização do programa e para poder ser observado. (ROSÁRIO, 2009d, p.82).

A linguagem de programação utilizada no projeto é a *ladder* (escada).

Um programa escrito em lista de instrução é composto de uma série de instruções executadas sequencialmente pelo CLP, conforme Rosário (2009e).

O software utilizado para realizar a programação é o SIMATIC STEP 7 para o S7-200 e o PORTAL TIA (Total Integrated Automation) para o S7-1200, ambos da SIEMENS.

As aprendizagens destes softwares foram adquiridas nas aulas de Controladores lógicos programáveis.

Como exemplo dos softwares, na figura 41 está uma visão da tela de programação do Simatic Step 7.

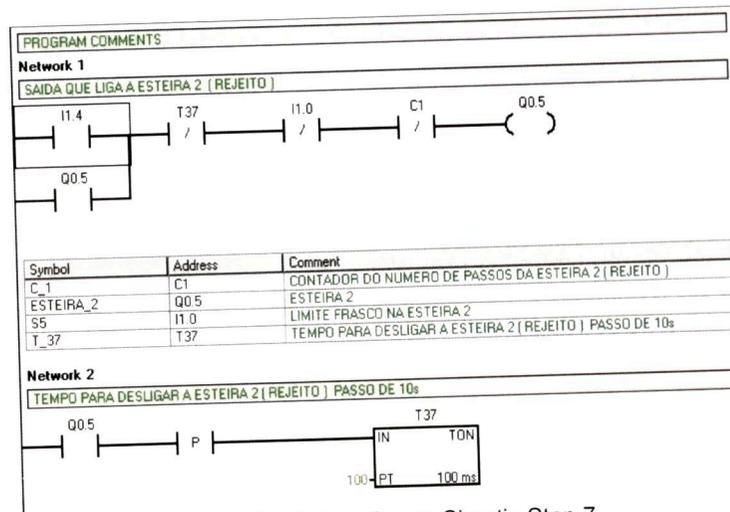


Figura 44: Tela software Simatic Step 7

Fonte: Autores

A versão utilizada neste projeto é SIMATIC STEP 7 V4.0 e o PORTAL TIA V12.

#### 2.4.5 Robot Studio

Para a programação do robô IRB 140, utiliza-se o software Robot Studio, também da ABB, sendo realizada programação off-line.

Programação *off-line* é a melhor maneira de maximizar o retorno sobre o investimento para os sistemas de robôs. O software de programação de simulação *off-line* Robot Studio, permite a programação de robô para ser feito em um PC no escritório, sem interromper a produção. (ABB, 2014, tradução nossa).

O conhecimento para trabalhar com o software foi adquirido nas aulas de robótica industrial.

A figura 45 ilustra um exemplo de tela do software ROBOT STUDIO.

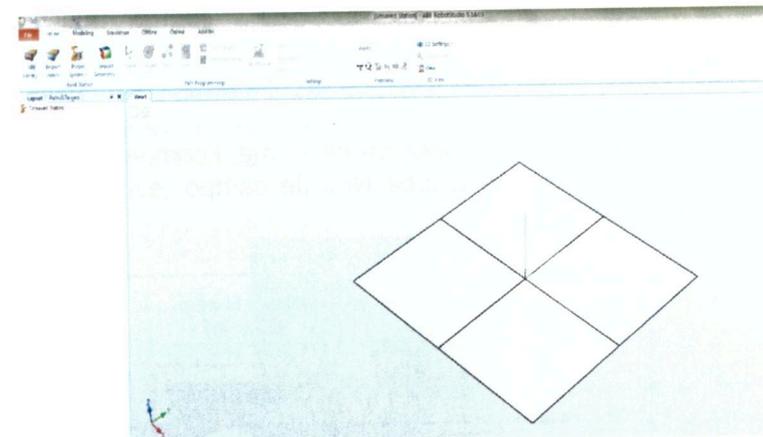


Figura 45: Tela software Robot Studio

Fonte: Autores

A versão utilizada é a 5.14.03.

A linguagem de programação utilizada é a RAPID, cuja aprendizagem foi adquirida nas aulas de robótica industrial.

#### 2.5 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

De acordo com o MONTEBELLER (2014a), os protocolos de comunicação podem ser comparados com uma linguagem que diferentes equipamentos devem utilizar para que haja a comunicação entre eles.

### 2.5.1 Profibus

O PROFIBUS é um padrão de rede de campo aberto e independente de fornecedores, onde a interface entre eles permite uma ampla aplicação em processos e manufatura. (Mecatrônica Atual..., 2014a).

O protocolo profibus utiliza o par trançado (RS485), com uma taxa de até 1,5 Mbits/s e o comprimento dos cabos pode chegar em até 1200 metros. O profibus permite que até 32 elementos estejam conectados à rede. (MONTEBELLER, 2014b, p.52).

Na figura 46 observa-se uma comunicação entre controlador (mestre) e dispositivos de campo (escravos) com a plataforma profibus.

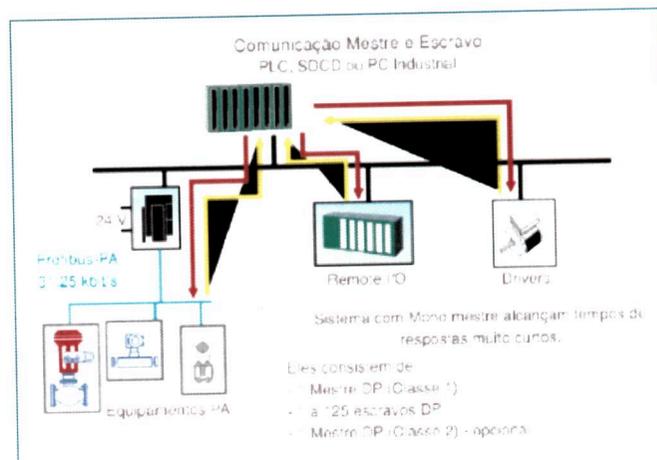


Figura 46: Comunicação mestre escravo

Fonte: <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1866-caracteristicas-do-protocolo-profibus-e-sua-utilizao-em-reas-classificadas>. Acesso 05/11/14.

A arquitetura e a filosofia do protocolo PROFIBUS asseguram a cada estação envolvida nas trocas de dados cíclicos, um tempo suficiente para a execução de sua tarefa de comunicação dentro de um intervalo de tempo configurável. (Mecatrônica Atual..., 2014b).

A RS 485 é a tecnologia de transmissão mais utilizada no PROFIBUS, e também está sendo utilizada neste projeto.

Normalmente se aplica em áreas envolvendo alta taxa de transmissão, instalação simples com um custo baixo. Atualmente, 90% das aplicações envolvendo escravos Profibus utilizam-se do PROFIBUS DP, de acordo com a PROFIBUS..., (2014).

Na figura 47 apresenta-se a conexão do cabo RS-485 da rede Profibus no módulo EM277 Siemens no painel elétrico da esteira 1.



Figura 47: Comunicação Profibus  
Fonte: Autores

### 2.5.2 Comunicação Ethernet

Para SIEMON..., (2014a), "O meio físico da Ethernet, cabos e conectores que interligam os PCs, impressoras, e outros

periféricos lidam com uma série de protocolos de comunicação tais como IP (*Internet Protocol*), TCP (*Transport Control Protocol*) e vários outros protocolos de comunicação em redes”.

A comunicação Ethernet é comumente utilizada em ambientes residenciais ou de escritório.

Porém, de acordo com SIEMON (2014b), a Ethernet está ganhando aceitação na área industrial. Computadores pessoais, impressoras e outros periféricos com interfaces prontas para Ethernet estão migrando para a área industrial e, quando usado com switches inteligentes e roteadores este padrão de rede ganha ainda maior aceitação no "chão-de-fábrica".

No projeto, é utilizado o meio físico Ethernet com o protocolo TCP/IP.

A figura 48 ilustra o cabo ethernet utilizado.

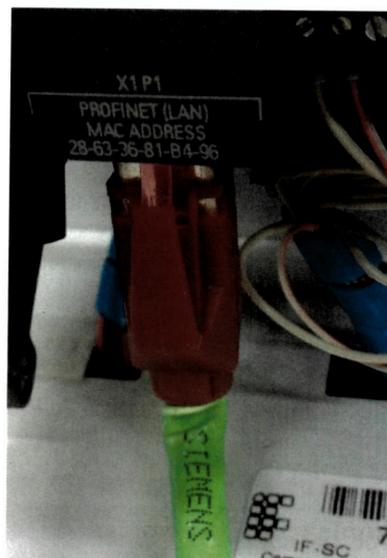


Figura 48: Comunicação ETHERNET  
Fonte: Autores

“...O TCP/IP, o protocolo mais usado em redes locais. Uma destas razões deve-se a arquitetura aberta que possibilita qualquer fabricante adotar sua própria versão do TCP/IP em seu sistema operacional, sem a necessidade de pagamento de direitos autorais.” (SESTITO, 2011, pag.27).

### 3. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo são descritas as etapas do desenvolvimento do protótipo da célula flexível robotizada, para uso didático interligada em rede profibus. Será abordado o conceito do projeto, a estrutura elétrica e mecânica, as programações e comunicações realizadas, o software supervisor, assim como as dificuldades encontradas e os resultados obtidos.

#### 3.1 Conceito do Projeto

No início do desenvolvimento do projeto, a intenção era realizar uma interação simples do robô ABB IRB 140 com as esteiras de transporte e o CLP Bosch.

A ideia inicial era desenvolver em laboratório uma atividade prática especificando, montando e configurando uma rede de comunicação utilizando o protocolo Profibus-DP compreendida entre o CLP Bosch (Mestre) e o Robô ABB (Escravo).

Na figura 49 é demonstrada esta configuração.

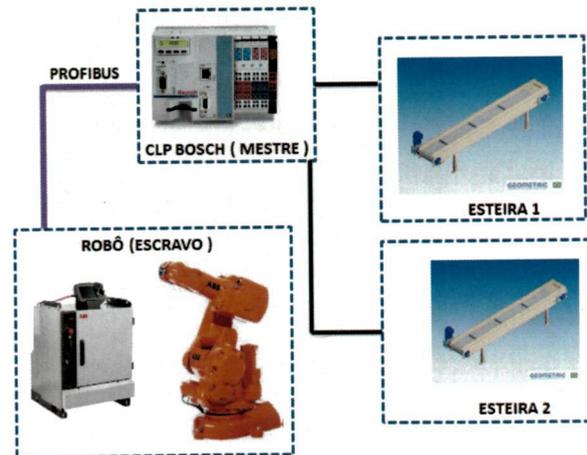


Figura 49: Primeira Configuração  
Fonte: Autores

No primeiro *brainstorming* (tempestade de ideias) realizado, no mês de maio de 2014, os integrantes da equipe definiram que o robô ABB IRB 140 iria deslocar uma peça ainda não definida de uma esteira para a outra, sendo somente realizada a atividade de movimentação de peças, utilizando as configurações mostradas anteriormente.

No início do segundo semestre de 2014, ocorreu uma segunda reunião, motivada por discussões realizadas pelos componentes da equipe, que concluíram que a aplicação do robô apresentava-se muito simples, e considerando que os conhecimentos adquiridos durante o curso nos abalizavam para elaborar um projeto com abrangência técnica maior, foi decidido tornar o sistema automatizado, que pudesse efetuar atividades de controle, manipulação de peças e inspeção, com possibilidade de ajuste de velocidade e posicionamento.

Deste modo, definimos que o objeto a ser manipulado pelo robô seria uma garrafa de refrigerante de vidro com 237 ml. A partir desta definição, desenvolveu-se toda a lógica de funcionamento da célula flexível robotizada.

A figura 50 ilustra o item a ser manipulado.



Figura 50: Garrafa que será transportada  
Fonte: Autores

Antes de mostrar o *layout* de funcionamento, é importante elencar algumas considerações:

- Projetou-se um carro de transporte, semelhante a um “engradado”, que possibilita a movimentação segura das garrafas nas esteiras.

Os dois carros de transporte utilizados no projeto possuem as mesmas dimensões.

- Estudos foram feitos no sentido de estabelecer a troca de informações entre o CLP Bosch L20 disponibilizado como mestre na rede Profibus e o Robô ABB IRB 140.

Com o auxílio do software *Indrawoks* foi possível acessar o CLP Bosch e efetuar a configuração das entradas e saídas para a comunicação em rede Profibus.

A configuração para o robô ABB foi realizada diretamente no *FlexPendant* (terminal de programação manual) do próprio robô ABB IRB 140.

Após a realização de testes funcionais, a efetividade da comunicação em rede entre o CLP Bosch e o robô ABB foi confirmada.

Para o controle de velocidade e posicionamento do carro 1 da esteira 1, verificou-se a necessidade de saídas rápidas configuradas para PWM, como o CLP Bosch não possui estas saídas, incorporou-se ao sistema um CLP S7-200 Siemens (Escravo) que possui as saídas em questão.

- Durante o desenvolvimento da etapa de comunicação Profibus, constatou-se que o CLP Bosch L20 não possui driver compatível com o programa supervisor da célula, o que inviabiliza sua utilização como elemento principal da sub-rede Profibus na comunicação com o computador supervisor.

Em razão destas duas limitações, o CLP Bosch L20 foi substituído pelo CLP Siemens S7-1200, que possui estas compatibilidades funcionais.

- Para prover uma solução do descarte das garrafas, adicionou-se uma terceira esteira acionada por um motor-reductor de 24Vcc, denominada de esteira 3.

A figura 51 mostra a configuração da célula flexível robotizada. A configuração final da célula ficou desta forma:

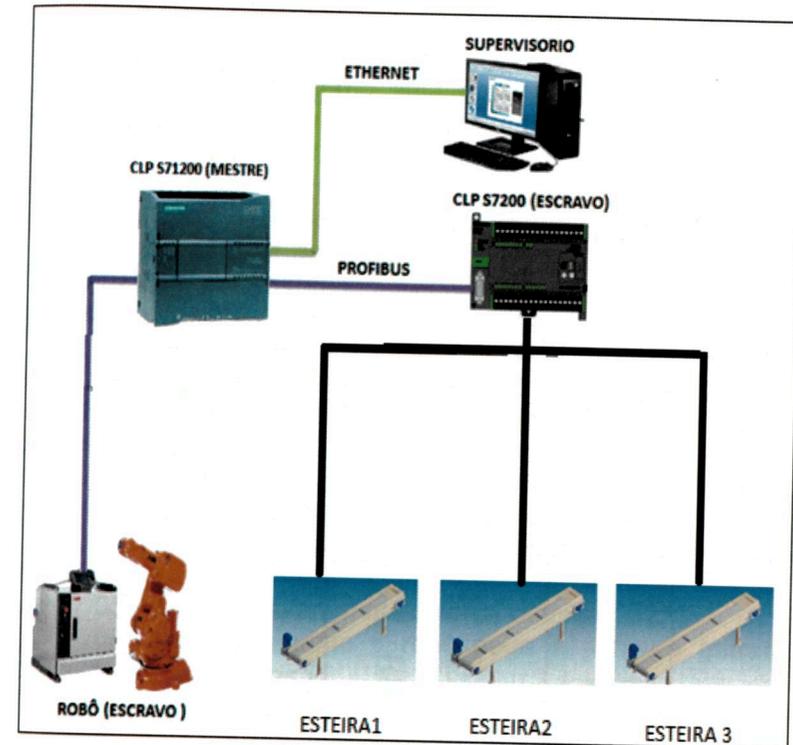


Figura 51: Configuração final  
Fonte: Autores

Na figura 52 vemos o layout da célula flexível robotizada.

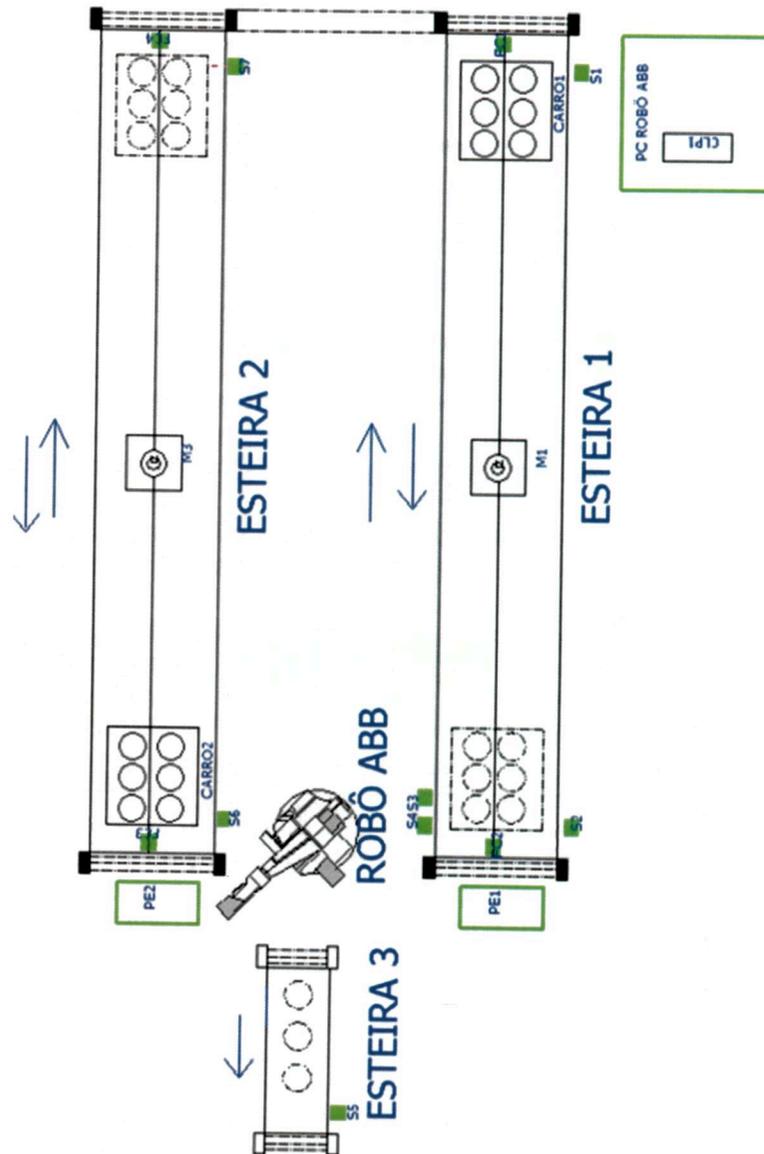


Figura 52: Layout da célula flexível robotizada  
Fonte: Autores

### 3.1.2 Fluxo de trabalho

A seguir uma explanação sobre o fluxo de trabalho:

Condições iniciais:

Para que o sistema seja habilitado, deve-se acionar o botão ligar de cor verde na tela do supervisor, e seguir os passos para desabilitar.

- 01) O carro transportador 1 da esteira 1 deve estar recuado (sensor S1 acionado);
- 02) O carro transportador 2 da esteira 2 deve estar recuado (sensor S6 acionado);

Se os carros não estiverem nestas posições, a chave CH1 (lado pulso) localizada no frontal do CLP mestre deve ser acionada, fazendo com que os carros retornem para a posição inicial..

- 03) As garrafas são alimentadas manualmente pelo operador sobre o carro transportador 1;
- 04) Concluída a alimentação, é acionado o botão pulsador (BAC1);
- 05) O carro 1 avança até acionar o sensor S2;
- 06) Neste momento o robô pega a primeira garrafa do carro 1;
- 07) Posiciona a garrafa no sensor S3 que confirma ou não a presença de garrafa na garra do robô;
- 08) Se não houver garrafa na garra, o robô retorna ao carro 1 e pega a próxima garrafa e assim sucessivamente;
- 09) Quando o robô pegar a última garrafa do carro 1, o carro retorna a posição inicial para que seja feita nova alimentação de garrafas;
- 10) Se houver garrafa na garra, o robô posiciona a garrafa no sensor S4 que verifica se a garrafa contém líquido e se o nível está dentro do padrão para aprovação;
- 11) Se a garrafa for descartada, o robô a levará para a esteira de descarte;
- 12) Quando o limite de garrafas na esteira de descarte for atingido ao ser acionado o sensor S5, a esteira de descarte é desligada, aguardando que o operador retire as garrafas que

foram descartadas. Enquanto o operador não retirar as garrafas da esteira, o robô não posicionará uma próxima garrafa no descarte, ficando em posição de espera;

13) Se a garrafa for aprovada, o robô levará para alimentar o carro 2;

14) Após o carro 2 ser alimentado pelo robô com a última garrafa, o carro 2 avança até acionar o sensor S7;

15) As garrafas são retiradas do carro 2 manualmente pelo operador;

16) Concluída a descarga do carro 2, é acionado o botão pulsador (BRC2);

17) O carro 2 recua até a posição inicial, aguardando o término de nova carga de garrafas aprovadas, finalizando o ciclo.

Da mesma forma ao acionar o botão desligar de cor vermelha no mesmo local, o sistema será desabilitado.

Abaixo a simbologia e descrição dos elementos físicos que compõem o fluxo de trabalho da célula descrita anteriormente:

- B1 - Botão liga alimentação geral da célula;
- B0 - Botão desliga alimentação geral da célula;
- BAC1- Botão avança carro 1;
- BRC2- Botão recua carro 2;
- CH1- Chave reset geral;
- FC1- Sensor limite carro transportador 1 recuado;
- FC2- Sensor limite carro transportador 1 avançado;
- FC3- Sensor limite carro transportador 2 recuado;
- FC4- Sensor limite carro transportador 2 avançado;
- S1- Sensor carro 1 recuado;
- S2- Sensor carro 1 avançado;
- S3- Sensor presença de frasco na garra do robô;
- S4- Sensor controle de nível de líquido na garrafa;
- S5- Sensor limite de garrafas descartadas;
- S6- Sensor carro transportador 2 recuado;
- S7- Sensor carro transportador 2 avançado.

### 3.2 Estrutura Mecânica

Inicialmente realizaram-se modificações na estrutura mecânica da célula flexível robotizada.

O robô ABB e as esteiras localizadas no laboratório de robótica foram posicionados conforme figura 52.

Na sequência foi reduzida a altura das esteiras 1 e 2, pois estas eram elevadas em demasia em relação à altura do robô, impedindo seu alcance.

Em destaque na figura 53 visualiza-se o ponto que a base das esteiras foi cortada.



Figura 53: Local de corte na esteira  
Fonte: Autores

Para manipular objetos, o robô necessita de atuadores, sendo que no nosso projeto a utilização de garras mostrou-se a mais eficaz.

Os dedos das garras foram projetadas para pegar a garrafa de refrigerante na parte superior (gargalo), conforme figura 54.



Figura 54: Garra na garrafa de refrigerante  
Fonte: Autores

O material escolhido dos dedos da garra é o Alumínio, e foram usinadas no laboratório de Usinagem do IFSC Joinville. A figura 55 demonstra a usinagem.



Figura 55: Usinagem da garra  
Fonte: Autores

Para determinar a carga máxima de trabalho, efetuou-se um cálculo que resulta no valor máximo que a garra do robô

pode suportar, considerando a pressão de trabalho, e as informações contidas na figura 56:

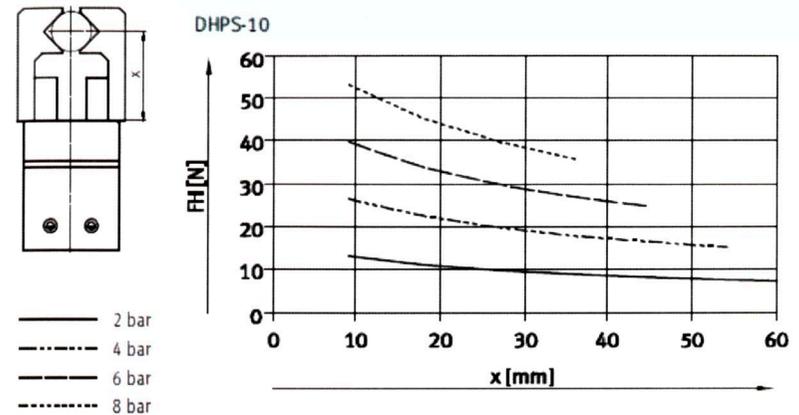


Figura 56: Informações para determinação da carga máxima da garra  
Fonte: Autores

A distância X dos dedos da garra tem 60mm, a pressão de trabalho é de 4bar (segunda curva de baixo para cima no gráfico). Efetuando o cruzamento das informações no gráfico da figura 55 teremos uma força resultante da pressão de trabalho de: FH=15N.

Sabendo-se que esta força deverá ser igual ao peso máximo suportado pela garra, tem-se:

$$M_{\text{máximo}} \times G = FH$$

Onde:

G= Força da gravidade 9,81m/s<sup>2</sup>

FH= 15N

$$M_{\text{máximo}} \times 9,81 = 15 \Rightarrow M_{\text{máximo}} = 1,530\text{Kg.}$$

Portanto a carga máxima de levantamento para uma pressão de trabalho de 4bar será de 1,530Kg, valor este que atende plenamente o projeto, pois a carga considerada no projeto é de 0,2Kg.

No CD que acompanha o trabalho encontra-se disponível um tutorial da produção da garra do robô, assim como o seu projeto mecânico.

Para o transporte das garrafas de refrigerante, a base dos carros não permitiam que as garrafas ficassem dispostas em posições fixas para a pega do robô, além da possibilidade de colisões e quedas, devido ao deslocamento do carro que é necessário para o transporte de peças na célula.

A figura 57 mostra a base do carro da esteira.

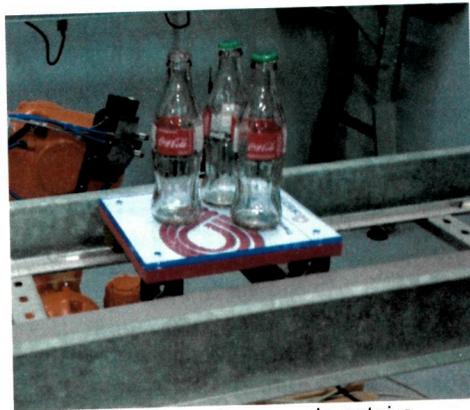


Figura 57: Base do carro da esteira  
Fonte: Autores.

Deste modo, projetou-se um gradil para manter as garrafas na base do carro, evitando colisões e quedas.

O conceito inicial de carro de transporte projetado para as garrafas é exibido no croqui 58.

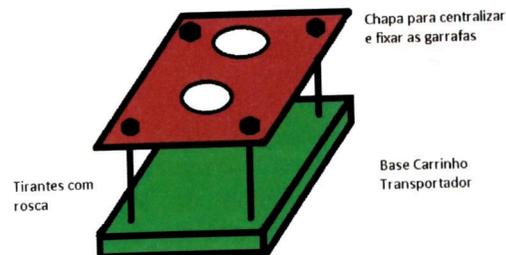


Figura 58: Conceito inicial do carro de transporte  
Fonte: Autores.

Para garantir a posição fixa das garrafas, evitando colisões e queda a concepção do projeto foi alterada, passando a ser um engradado para comportar 6 garrafas, potencializando o fluxo de trabalho.

Foram definidas as dimensões necessárias do engradado, bem como o tipo de material. Optou-se por madeira, por ser um material de fácil aquisição e principalmente por ser leve.

A imagem 59 apresenta o carro de transporte já instalado nas esteiras e estilizado (pintura e adesivagem) para a célula flexível robotizada.



Figura 59: Carro de transporte finalizado  
Fonte: Autores.

No anexo A estão expostas mais imagens do desenvolvimento da parte mecânica.

### 3.3 Projeto elétrico

Visando a execução da montagem elétrica, definimos que o primeiro passo é a elaboração do projeto, feito no software Eplan Electric.

No intuito de gerar o mínimo possível de retrabalho, todas as etapas de movimentação, manipulação, controle e monitoração da célula foram exaustivamente discutidos, analisados, reavaliados, tendo como base o fluxo de trabalho que a célula deve executar e que foi descrito no item 3.1.2 .

### 3.3.1 Funcionamento elétrico

A fim de tornar mais claro o entendimento, a explanação será em tópicos do funcionamento do circuito elétrico da célula flexível robotizada. As figuras fragmentadas do diagrama elétrico intercalam os tópicos. O diagrama elétrico completo está disponível no CD que acompanha este trabalho.

- A entrada com tensão 220VCA / 60HZ F+N+T é feita através de um plug padrão de 3 pinos.
- O disjuntor DJ1 tem a função de proteger os painéis elétricos 1 e 2 e o disjuntor DJ2 protege o painel elétrico 2.
- Acionando o botão B1 (verde) localizado na porta do painel elétrico 1, o contator geral C1 liga e a lâmpada H1 sinaliza que foi a alimentação dos painéis elétricos 1 e 2.
- Para desligar a alimentação aciona-se o botão B0 (vermelho), também localizado na porta do painel elétrico 1.
- As fontes FT1 e FT2 são alimentadas em 220Vca e fornecem 24Vcc para o circuito de comando, CLP's, drive e demais periféricos.
- Como a fonte FT1 está localizada no painel elétrico 1 e a fonte FT2 no painel elétrico 2, os sinais dos sensores são enviados para as entradas do CLP em modo comum. Fez-se necessário tornar o ponto 0Vcc comum entre as fontes, garantindo confiabilidade e estabilidade do sinal.

As figuras 60 e 61 demonstram partes do diagrama elétrico dos tópicos até aqui expostos.

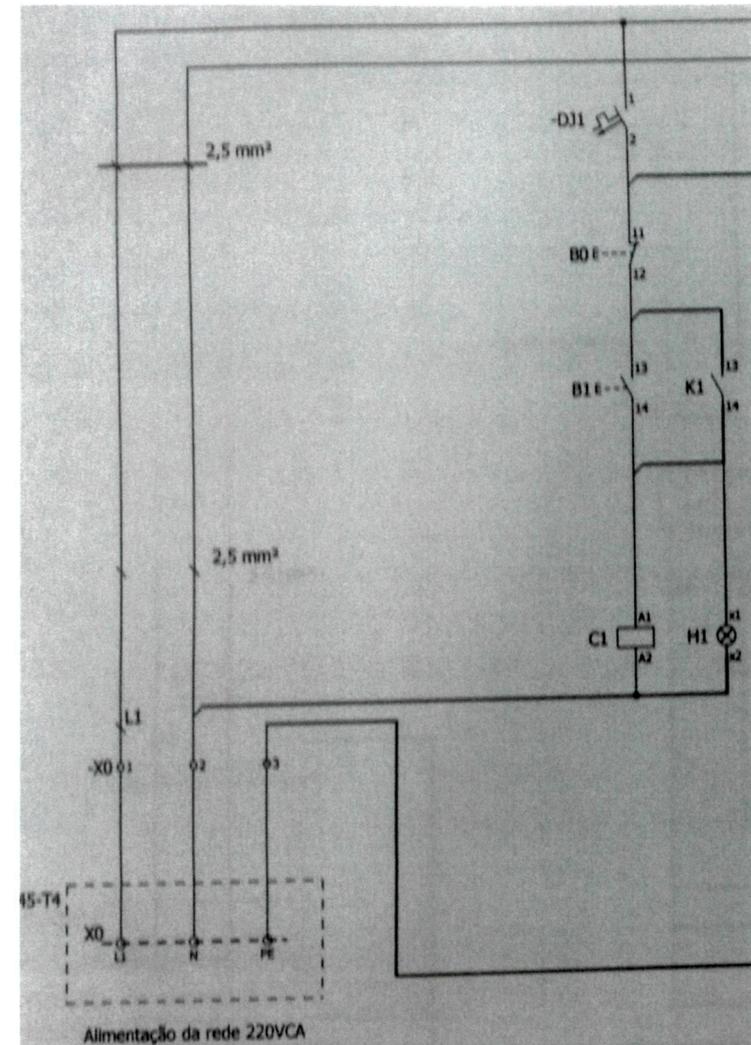


Figura 60: Diagrama elétrico  
Fonte: Autores.

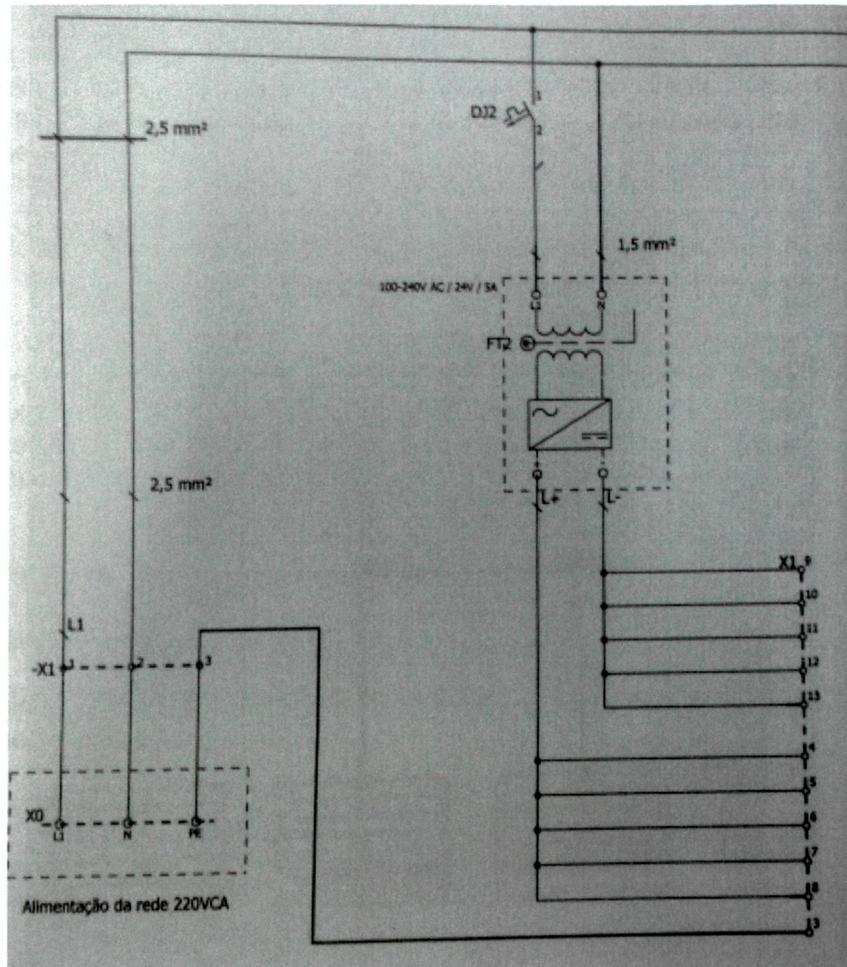


Figura 61: Diagrama elétrico  
Fonte: Autores

- Os sensores mecânicos fim de curso FC1, FC2, FC3 e FC4 são os elementos de limite de movimentação de avanço e recuo dos carros 1 e 2.

- Os sensores S1 e S2 desligam o motor de passo do carro 1 quando acionados, indicando que a posição de avanço ou de recuo foi alcançada.

- Da mesma forma os sensores S6 e S7 desligam o motor DC do carro 2 quando acionados, indicando que a posição de avanço ou de recuo foi alcançada.

- A chave CH1 localizada no frontal do CLP mestre (entrada física I0.0) quando acionada, reseta o sistema de posicionamento dos carros 1 e 2 que, após receberem este sinal retornam para a posição de início de ciclo.

- O botão pulsador BAC1 é responsável pelo avanço carro 1, quando acionado pelo operador, após ter sido alimentado de garrafas (fica próximo ao sensor S1).

- O botão pulsador BRC2 é responsável pelo recuo do carro 2, quando acionado pelo operador, após ter sido descarregado (fica próximo ao sensor S7).

- Na tela do supervisor existem 2 botões: Ligar e Desligar que tem a finalidade de liberar ou não, todo o sistema de funcionamento da célula.

- Um local destinado para inserir o número de pulsos para o deslocamento do motor de passo do carro 1, que também fica na tela do supervisor.

- O sensor S3 indica a existência de peça na garra do robô, permitindo a sequência das operações.

- O sensor S4 indica nível de líquido no frasco, habilitando à operação seguinte.

- O sensor S5 indica que o limite de frascos na esteira de descarte foi atingido, nesta situação o motor DC da esteira é desligado sendo posteriormente desabilitado o próximo movimento do robô para posicionar o frasco na esteira de descarte.

- Os sinais dos sensores descritos acima são aplicados às entradas do CLP S7200 (escravo) e são processados conforme programa de nossa autoria e que fornecem os seguintes sinais de saída:

Q0.0 - Saída rápida de geração de pulso (PTO) para o drive, que gera saída em PWM para o motor de passo do carro1.

Q0.2 - Sentido de giro do motor de passo do carro1.

Q0.3 - Habilitação do motor de passo carro1.

As figuras 62 e 63 demonstram parte do diagrama elétrico dos sensores previamente descritos.

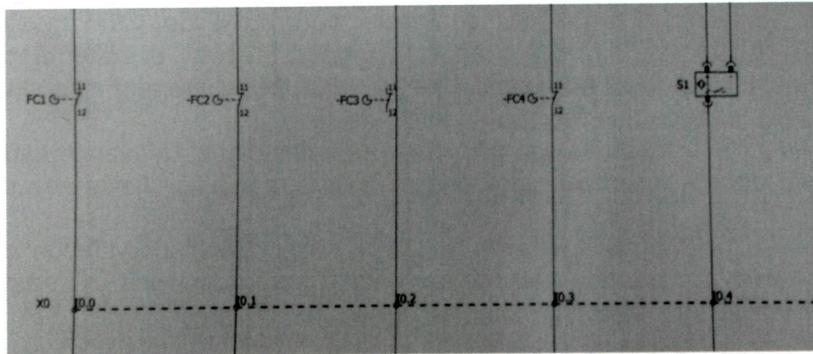


Figura 62: Diagrama elétrico  
Fonte: Autores

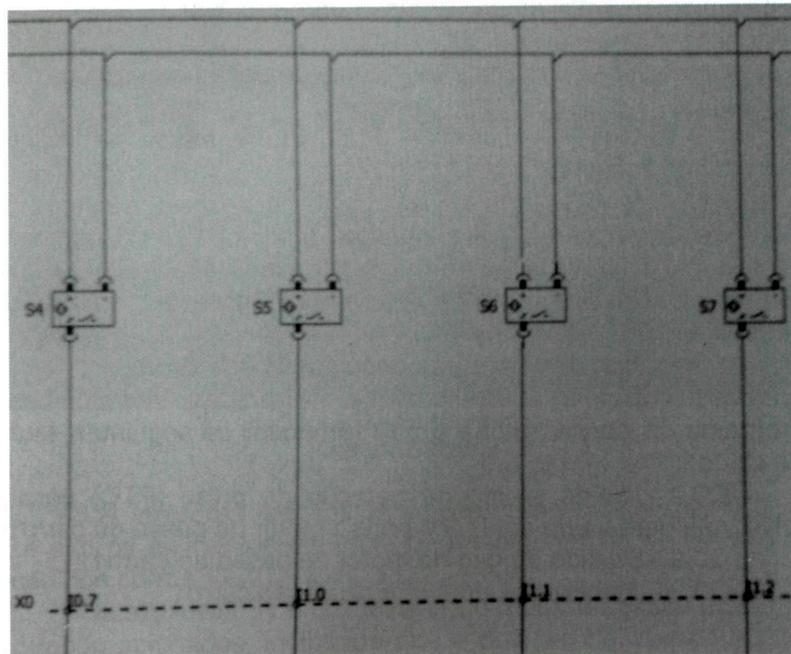


Figura 63: Diagrama elétrico  
Fonte: Autores.

- Como o sinal de saída do CLP é 24Vcc e o sinal para o *drive* do motor de passo é 5Vcc, foi utilizada uma placa de interface com isoladores óticos para efetuar esta conversão.

- A placa de interface tem a finalidade de isolar o circuito, bem como migrar os sinais de 24Vcc do CLP para 5Vcc no *drive*.

- Na saída do *drive* são conectados nos bornes A+, A-, B+ e B- os condutores de alimentação do motor de passo do carro1.

- Q0.1 envia sinal para habilitar o relê de estado sólido RL2, que irá alimentar o contato comum do relê RL3. Esta situação fará com que o motor DC do carro 2 seja acionado em um determinado sentido de giro.

- Q0.4 quando em nível alto liga os reles RL3 e RL4 que juntos efetuam a inversão do sentido de giro do motor do carro 2.

- Q0.5 quando em nível alto liga o relê RL1 que aciona o motor DC da esteira de descarte.

A figura 64 demonstra o diagrama elétrico do driver.

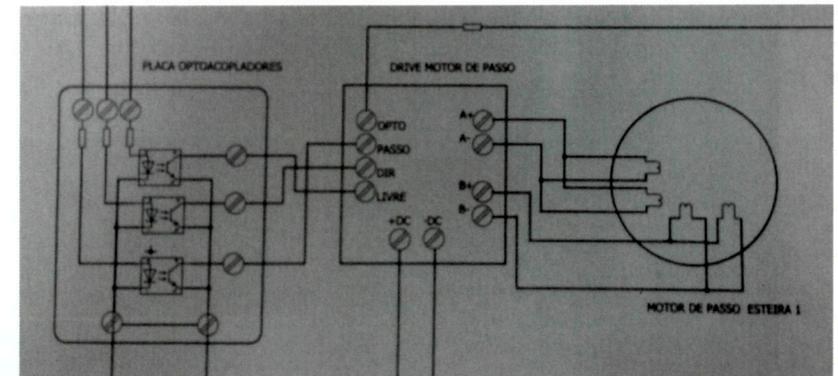


Figura 64: Diagrama elétrico  
Fonte: Autores.

### 3.3.2 Montagem elétrica

Após a etapa de projeto estar finalizada, iniciou-se a montagem da estrutura elétrica.

Todos os sensores foram instalados em suas respectivas posições, de acordo com o projeto.

O cabeamento elétrico foi instalado com os cuidados necessários para que não houvesse retrabalho, bem alinhados, conectados e sem possíveis pontos de quebra nas articulações.

Com auxílio das canaletas de plástico os condutores foram armazenados e guiados por toda a célula. Tomou-se cuidado de realizar as montagens de maneira não somente funcional, mas que esteticamente ficasse agradável ao olhar do observador, e principalmente dentro das normas de segurança, visto que a célula flexível robotizada possui cunho didático, e que será utilizada para o desenvolvimento educacional, necessitando portanto transmitir aparência condizente e segura.

Os trabalhos de acabamento, crimpagem, furação, corte e montagem da estrutura elétrica foram realizados utilizando recursos (ferramentas e laboratórios) disponíveis no IFSC.

A imagem 65 apresenta o cabeamento já instalado no projeto, assim como o acabamento nas canaletas de passagem.



Figura 65: Canaletas  
Fonte: Autores

Nos painéis elétricos instalados nas esteiras 1 e 2, foram implementadas ou refeitas todas as ligações elétricas.

A figura 66 apresenta como os painéis estavam dispostos no início do projeto.

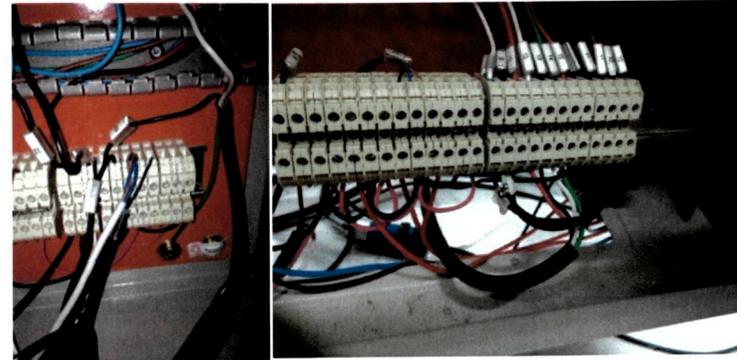


Figura 66: Painel elétrico no início  
Fonte: Autores

Realizou-se a montagem dos painéis elétricos, utilizando anilhas para identificar todos os condutores da instalação.

A imagem 67 apresenta o painel Elétrico 1, já com a instalação elétrica concluída.



Figura 67: Painel elétrico 1  
Fonte: Autores

Neste ponto, destaca-se a importância da realização de um projeto elétrico condizente, pois com a quantidade de elementos

dispostos na célula ficaria difícil efetuar as interligações de forma assertiva e segura.

A imagem 68 mostra o painel elétrico 2 já instalado após a finalização da montagem.



Figura 68: Painel elétrico 2  
Fonte: Autores

### 3.4 Comunicação

Com o intuito de facilitar a compreensão quanto a funcionalidade do sistema de comunicação em rede, é pertinente descrever definições e conceitos básicos que utilizamos para o desenvolvimento deste projeto.

- Bit (*Binary digit*): Cujos valores possíveis são sempre 0 ou 1 que representam o elemento básico da informação;
- Byte: 8 bits processados em paralelo (ao mesmo tempo);
- Word (Palavra): 2 bytes = 16 bits;
- Double Word: 2 words = 4 bytes = 32 bits;
- Nibble: 4 bits;

Nas figuras 69 e 70 demonstram-se estas definições:

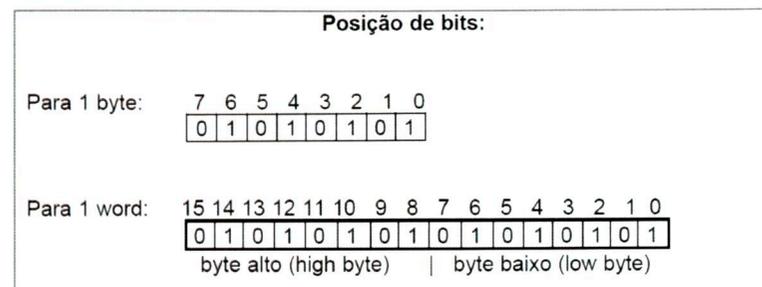


Figura 69: Posição de bits  
Fonte: Autores

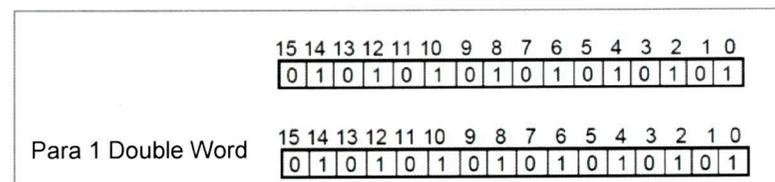


Figura 70: Posição de bits  
Fonte: Autores

Tem-se também os Bytes da palavra baixa, que estão descritos abaixo:

- Words são armazenados em bytes consecutivos em memórias de 8 bits;
- Byte baixo: byte inferior ou byte de menor ordem - endereço N;
- Byte alto: byte superior ou byte de maior ordem - endereço N+1.

A memória é o local do computador (*hardware*) onde armazenamos temporária ou definitivamente dados (números, caracteres e instruções).

Posição de memória ou endereço é a localidade física da memória onde encontramos os dados.

A figura 71 ilustra a organização da memória.

Endereço	Conteúdo
...	...
4MB	10110101
...	...
1048576	01001010
...	...
1765	01001101
...	...
4	01010000
3	11111111
2	11101001
1	11011010
0	01100100

Figura 71: Memória  
Fonte: Autores

A seguir, na figura 72, observa-se em qual nível estão e a quem pertencem os diversos dispositivos utilizados na manufatura e que compõem a pirâmide da automação.

### A Pirâmide da Automação

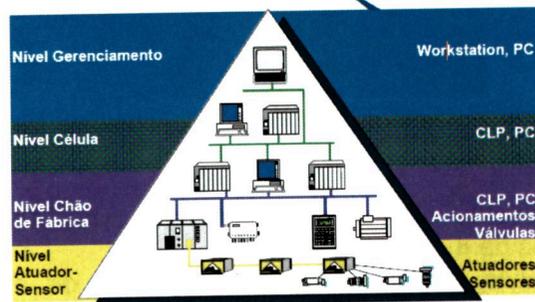


Figura 72: Pirâmide da Automação  
Fonte: <http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/ele00012/profibus.pdf>. Acesso em 15/11/14

Os protocolos de comunicação dividem-se em três categorias:

Nível mais baixo – Redes de dispositivos simples tais como: sensores/atuadores em nível de bit (do tipo entrada/saída on/off). Exemplo: SeriPLEX, Interbus-S, Profibus-PA.

Nível médio – Redes de controladores (comunicação serial entre dispositivos) de campo. Ex: CAN, LonWORKS, DeviceNET, Profibus-DP.

Alto nível – Redes de controladores (mestres) para controles, instrumentação mais sofisticada (inteligentes).

Ex: SP50-H2, Ethernet industrial, Profibus-FMS.

Na figura 73, observamos a pirâmide que demonstra como o protocolo Profibus-DP é posicionado:

### PROFIBUS - da Manufatura à Instrumentação

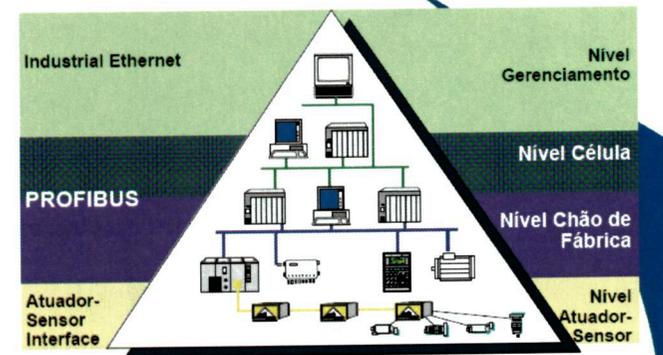


Figura 73: Pirâmide Profibus-DP  
Fonte: <http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/ele00012/profibus.pdf>. Acesso em 15/11/14

O Profibus-DP utiliza o padrão RS485 como tecnologia para transmissão de dados. Um par trançado de cobre blindado (*Shield*) com um único par condutor é o suficiente neste caso. A topologia por sua vez, permite a adição e remoção de estações sem afetar outras estações.

As taxas de transmissão entre 9,6kbit/sec. e 12Mbit/sec podem ser selecionadas, porém uma única taxa de transmissão é selecionada para todos os dispositivos do barramento, quando inicializamos o sistema. A rede Profibus-DP exige terminadores, que melhoram a margem de ruído estático, e que caso estejam

ausentes, geram desbalanceamento, provocando atraso de propagação e oscilações ressonantes amortecidas, que tem como consequência a transposição dos níveis lógicos (*thresholds*). No Profibus-DP os terminadores são ativos, isto é, são alimentados conforme mostrado na figura 74.

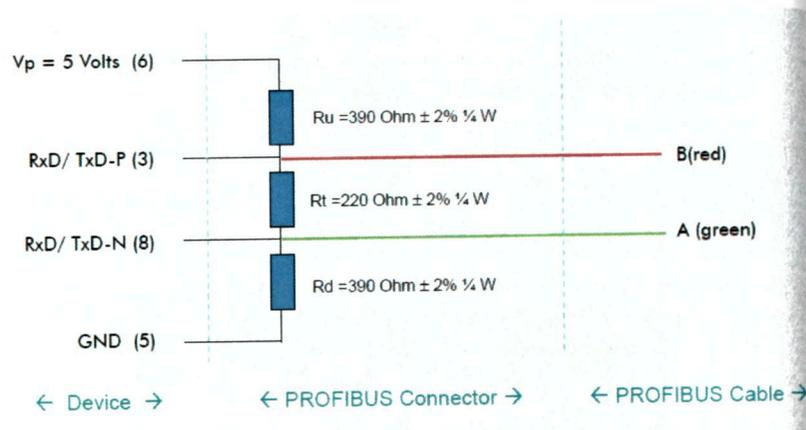


Figura 74: Alimentação ProfibusDP

Fonte: <http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/ele00012/profibus.pdf>. Acesso em 15/11/14

Em termos de cabo, não existe nenhuma nomenclatura padrão, mas na prática tem-se adotado:

- Para condutores: verde (A);
- Para as linhas de dados: vermelho (B), sendo o B positivo e o A negativo.

É conveniente que se utilize as linhas A e B de forma continuada ao longo de todo barramento, evitando inversões e cruzamentos dos cabos. Se não for possível evitar o cruzamento de cabos, aconselha-se realizar cruzamentos perpendiculares.

O *shield* (a malha, assim como a lâmina de alumínio) deve ser conectado ao terra funcional do sistema em ambas as extremidades do cabo, de tal forma a proporcionar uma ampla

área de conexão com a superfície condutiva aterrada. Ao passar o cabo, devemos ter o cuidado de que somente o *shield* esteja aterrado nestes dois pontos. A máxima proteção se dá com os dois pontos aterrados, onde se proporciona um caminho de baixa impedância aos sinais de alta frequência. Quando se tem o aterramento nas duas extremidades, a proteção é mais efetiva para uma ampla faixa de frequência, ao contrário do aterramento em uma só extremidade, onde é mais eficaz para as baixas frequências. Na figura 75 é mostrada como é feita a conexão dos conectores DB9 em rede Profibus-DP.

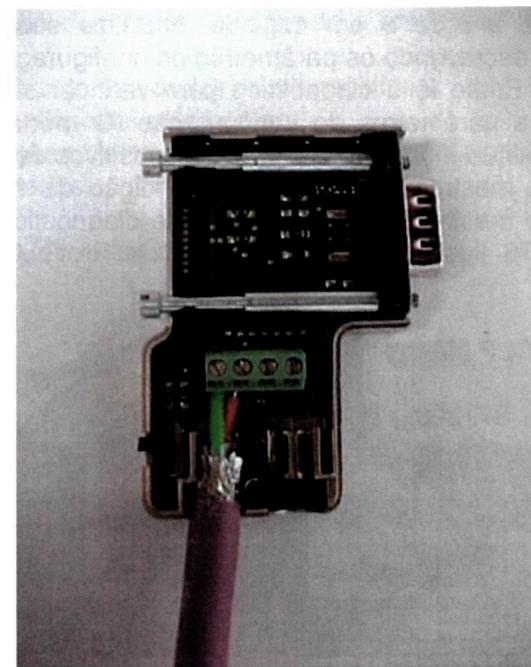


Figura 75: Ponto de contato do shield  
Fonte: Autores

O profibus diferencia seus dispositivos entre mestre e escravos. Somente uma estação tem o direito de requisitar a transmissão de dados. Esta estação é chamada de mestre. O direito de acesso ao meio físico é distribuído por um tempo limitado pelo mestre às outras estações, denominadas escravos, ou ainda estações passivas. Neste método é o mestre que

sempre toma a iniciativa da comunicação e os escravos apenas aguardam uma requisição para responder, e eles não têm direito de acesso ao barramento. Toda a troca de dados ocorre apenas entre o mestre e seus escravos e não há troca de informação diretamente entre os escravos. Cabe ao mestre também armazenar todas as configurações necessárias à comunicação.

Configuramos o mestre para identificar os endereços, tipos de dispositivos e qualquer parâmetro de atribuição que os escravos exigirem. É especificado ao mestre também onde escrever os dados que são lidos dos escravos (entradas) e onde obter os dados para enviar aos escravos (saídas). O mestre estabelece a rede e em seguida, inicializa seus dispositivos escravos, escrevendo os parâmetros de configuração de E/S nos escravos. Então lê o diagnóstico para verificar se os escravos aceitam os parâmetros de configuração. O modo de troca de dados continua indefinidamente. Os dispositivos escravos podem notificar o mestre se houver uma condição de exceção e em seguida, o mestre lê as informações de diagnóstico do escravo. A figura 76 ilustra a conexão física do Profibus utilizada no projeto:

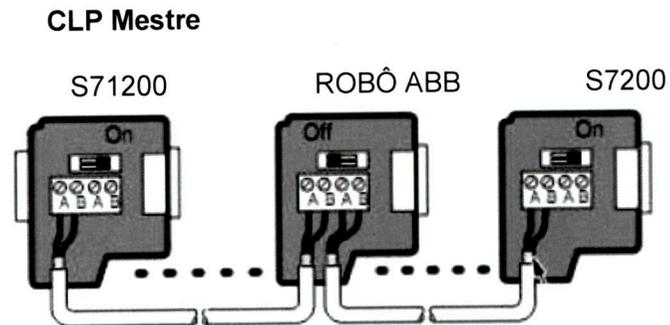


Figura 76: Conexão física Profibus  
Fonte: Autores

As características de comunicação de um dispositivo profibus são definidas na forma de um arquivo de texto ASCII chamado GSD, que é de autoria do fabricante do dispositivo e que fornece uma descrição clara e precisa das características do mesmo em um formato padronizado tornando possível a

utilização automática das suas informações no momento da configuração do sistema e comissionamento dos equipamentos de rede, que são lidos pelo mestre que identifica o dispositivo escravo verificando seus parâmetros ajustáveis, tipos de dados correspondentes e seus valores limites de configuração. Ao final da configuração esses dados são transferidos ao mestre, tornando a integração de dispositivos de diversos fabricantes em um sistema profibus simples e amigável. Essencialmente, as seguintes informações estão contidas em um arquivo GSD:

- Taxas de transmissão suportadas;
- Tamanho dos dados de entrada e saída que podem ser trocados;
- O significado dos dados de diagnóstico;
- Tipo de dispositivo de campo;
- Atribuições de textos para configuração simbólica e os serviços suportados.

A figura 77 ilustra os arquivos GSD.

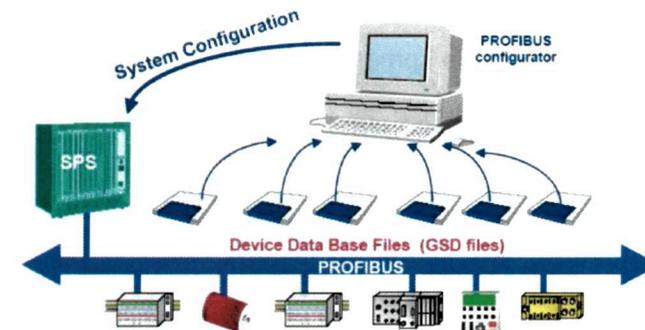


Figura 77: Arquivos GSD

Fonte: <http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/ele00012/profibus.pdf>. Acesso em 15/11/14

Sobre endereçamento IP (Internet Protocol), em uma rede TCP/IP cada dispositivo conectado em rede necessita usar pelo menos um único endereço IP. Este endereço permite identificar o dispositivo e a rede na qual ele pertence. O endereço IP é um número de 32 bits, representado em decimal

em formato de quatro números de 8 bits separados por um ponto no formato a.b.c. Assim o menor endereço IP possível é 0.0.0.0 e o maior é 255.255.255.255.

Por isso, não se pode simplesmente usar na rede qualquer endereço de IP. Tem-se que utilizar obrigatoriamente endereços que não estejam sendo usados por nenhum outro computador da rede. Para facilitar a distribuição dos endereços, foram especificadas cinco classes de endereço IP. Há alguns bits fixos no início de cada endereço. Isto faz com que cada classe de endereços seja dividida, conforme tabela 6.

TABELA 6 – Classe de endereço

Classe	Endereço mais baixo	Endereço mais alto
A	1.0.0.0	126.0.0.0
B	128.1.0.0	191.255.0.0
C	192.0.1.0	223.255.255.0
D	224.0.0.0	239.255.255.255
E	240.0.0.0	255.255.255.254

Fonte: [www.pt.slideshare.net/alexandreduarte7777/1-apostila-redes-conceitos-16237407](http://www.pt.slideshare.net/alexandreduarte7777/1-apostila-redes-conceitos-16237407). Acesso em 15/11/14.

Em redes, usa-se somente os endereços IP das classes A, B e C.

Classe A: O primeiro número identifica a rede e os demais três números indicam a máquina. Cada endereço classe A consegue endereçar até 16.777.216 máquinas.

Classe B: Os dois primeiros números identificam a rede e os dois demais indicam a máquina. Esse tipo de endereço consegue endereçar até 65.536 máquinas.

Classe C: Os três primeiros números identificam a rede e o último número indica a máquina. Com isso, consegue endereçar até 256 máquinas.

Ou seja, a escolha do tipo de classe de endereçamento (A, B ou C) é feita com base no tamanho da sua rede.

As redes locais em sua grande maioria utilizam os endereços de classe C, no nosso caso o endereço IP utilizado no CLP mestre 172.19.102.241 classe B.

### 3.4.1 ELIPSE SCADA

Para a comunicação entre o supervisor Elipse Scada e o CLP S7-200 é necessário um *driver* (arquivo de configuração) que possibilite a comunicação entre eles. Este driver de nome *Freeport* é baixado via internet (figura 78) diretamente do site da Elipse.

#### DRIVER SIEMENS FREEPORT



Nome do arquivo:	Freeport.DLL
Fabricante:	Siemens
Equipamentos:	S7-200 series
Protocolo:	Freeport
Versão:	2.03
Última atualização:	DRV 21/06/2007 – DOC 21/06/2007
Plataforma:	Win32
Dependências:	IOKit 1.06 ou superior

Figura 78: Driver Siemens Freeport

Fonte: [http://www.elipse.com.br/port/download\\_e3.aspx](http://www.elipse.com.br/port/download_e3.aspx). Acesso em 16/11/14

Para o perfeito funcionamento do *driver* (fornecidas pela Elipse) é necessário a inclusão de algumas rotinas em Step7, que determinam o protocolo de comunicação, estas rotinas estão inclusas nos arquivos Comunica v301(9600bps) porta0.mwp, e Comunica v302 (9600 bps) porta1.mwp. Utilizando o software Step 7 Microwin deve-se abrir o projeto comunica.mwp (para versões 3 e acima) com as seguintes observações:

- Definir um caminho para o projeto;
- O programa principal (antes do comando *END*) deve estar no início (precedendo todos os outros programas);
- Todas as rotinas abaixo do comando *END* devem ser alocadas no fim (após os outros programas);
- A taxa de comunicação (*baud rate*) é definido internamente no programa como 9600bps;

Se estiver manuseando um PC (*personal computer*) comum, não esquecer de utilizar para a comunicação entre o

supervisório e o CLP um conversor de sinal RS232/485, como o mostrado na figura 79.

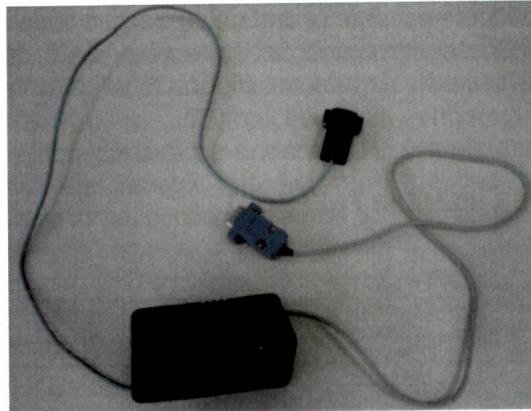


Figura 79: Conversor  
Fonte: Autores

A figura 80 demonstra seu respectivo diagrama eletrônico.

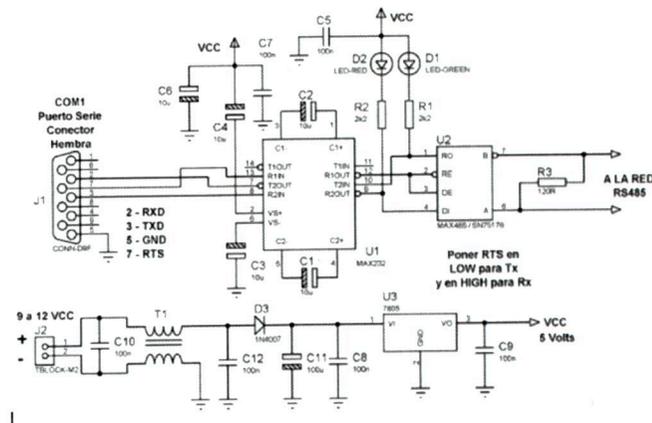


Figura 80: Diagrama eletrônico do conversor  
Fonte: <http://sloth.0fees.net/index.php?topic=1667.0>. Acesso em 16/11/14

No manual da Elipse é feita a observação a seguir:

Obs: Não utilize VW0 (VB0, VB1), o *Timer 32* e o *Timer 37* pois eles são usados internamente, bem como a área de memória compreendida entre VW300 e VW 600.

No entanto convém ressaltar que após a instalação do *driver freeport* no CLP, observamos que no bloco principal (*main*) do S7-200 é utilizada na Network 3 a entrada física IO.0, mostrada na figura 81.

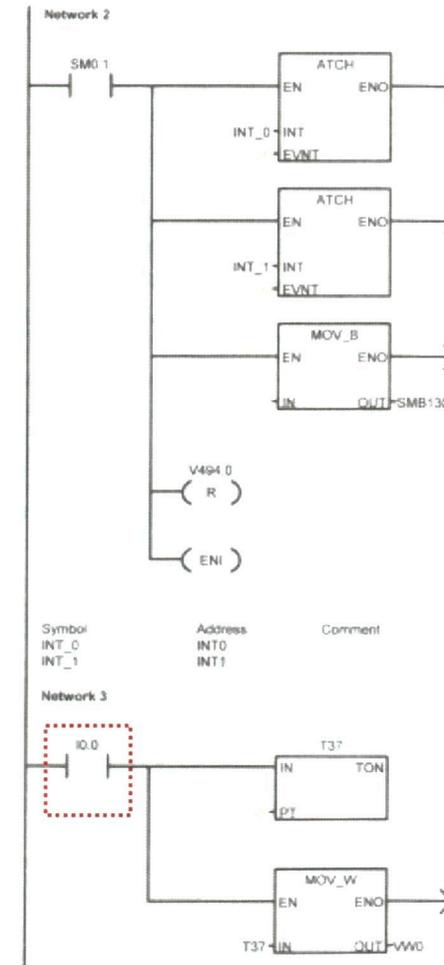


Figura 81: Bloco main S7-200  
Fonte: Autores

Desta forma, alerta-se para que esta entrada não seja utilizada na lógica de programação e também fisicamente como sinal de entrada do CLP.

Se for utilizada, existe a possibilidade do programa gerar conflitos, comprometendo os resultados esperados na funcionalidade dos sistemas.

Após as configurações do S7-200 estarem concluídas, o próximo passo é a configuração do driver no Elipse Scada. Uma vez concluída esta configuração, escreveu-se um programa de teste que comprovou o funcionamento da comunicação entre o S7-200 e o supervisório. Este teste tinha como base a sinalização no supervisório de que um determinado sensor de uma das esteiras havia sido acionado. Durante esta etapa do projeto, chegou ao laboratório de robótica do IFSC um CLP Mestre S7-1200 da SIEMENS, que veio para substituir o CLP Bosch. Por este motivo a etapa final da atividade de pesquisa e *startup* de comunicação com o *driver freeport* foi abortada. Como o CLP mestre passou a ser o S71200 iniciou-se atividades no tocante a comunicação entre ele e o supervisório. O driver utilizado passou a ser o MPROT e a comunicação ocorre via rede Ethernet, não sendo necessário a utilização do conversor RS232/485.

Da mesma forma que o *Freeport* teve de ser configurado no Elipse, o Mprot não foge à regra, sendo mostrada a seguir as telas de configuração juntamente com as indicações.

- Clicar no ícone da figura 82;



Figura 82: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Aparece a informação de que o *Hard-Key* não foi encontrado. Rodar como demo, clicando em sim (figura 83);

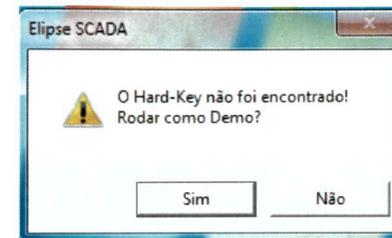


Figura 83: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Após abrir o projeto, clicar em *organizer* (figura 84);



Figura 84: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Surgirá a tela a seguir, clicar em *drivers* (figura 85);

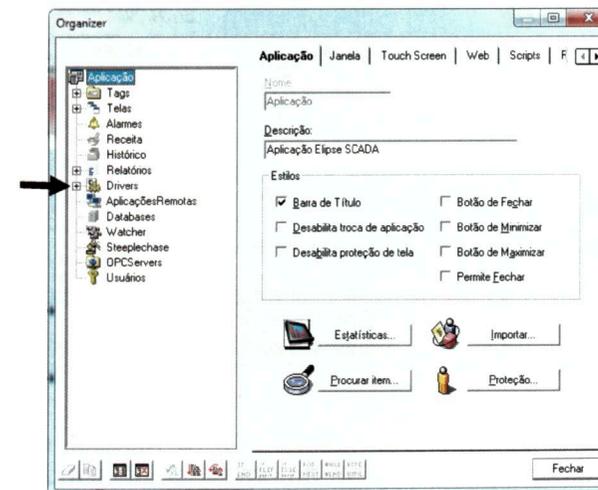


Figura 85: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Na sequência a tela a seguir, clicar em novo (figura 86);

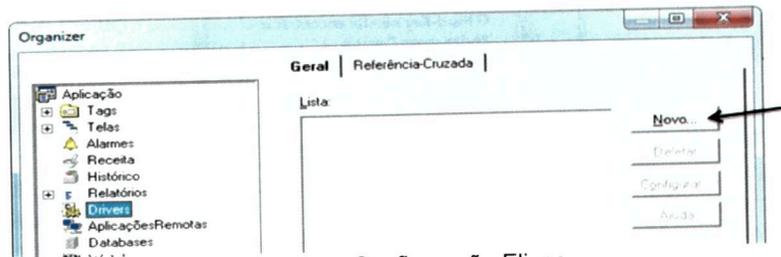


Figura 86: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Surge esta tela indicando que o arquivo do *driver* Mprot com extensão dll foi localizado, clicar em abrir (figura 87);

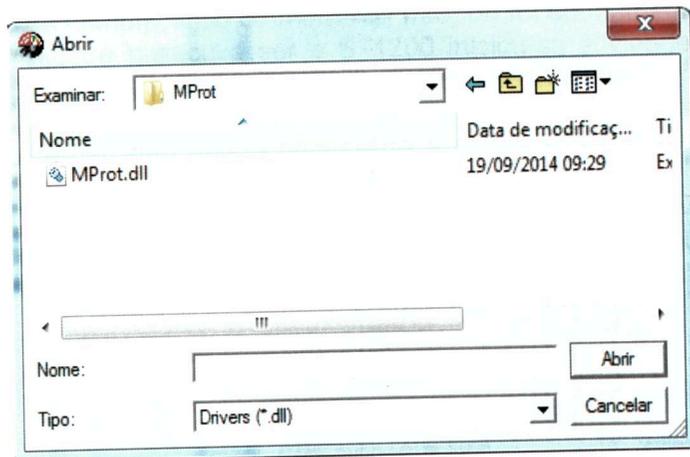


Figura 87: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- A tela do *organizer* (figura 88) irá mostrar no espaço superior a direita que o arquivo do *driver* foi instalado no Elipse Driver1-Driver SIEMENS Mprot (MPI/PPI/ISO TCP);

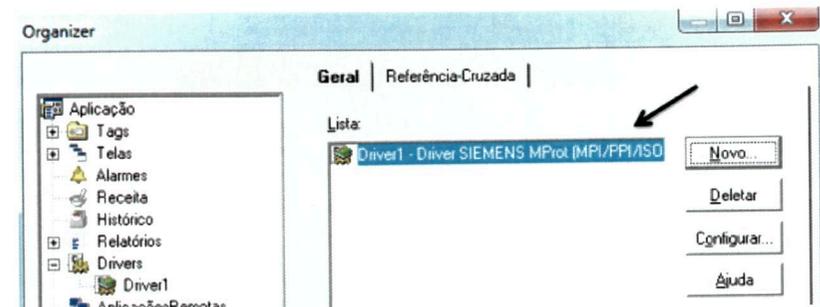


Figura 88: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Nesta tela (figura 89) vemos a configuração do *driver*, sendo que os parâmetros [P] de configuração *driver* não devem ser alterados, clicar em Extras;

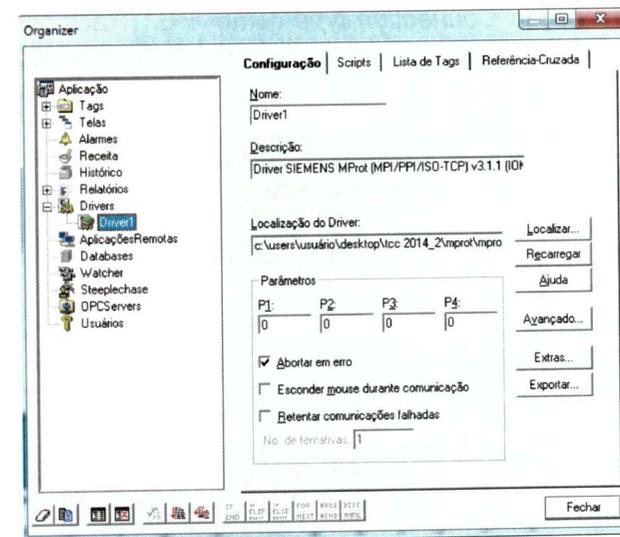


Figura 89: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Todas as configurações são executadas na janela de configurações do *driver* que é mostrada na figura 90. Deve-se abrir *Network* que default está configurado PPI e selecionar ISOTCP;

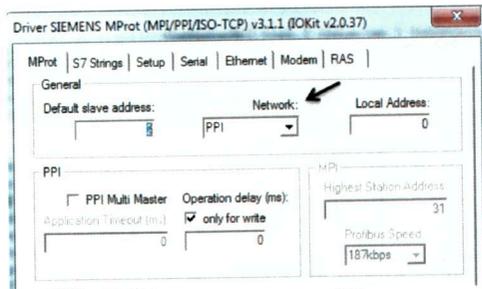


Figura 90: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Para que a comunicação deste *driver* funcione com o S7-1200, é necessário desmarcar a opção *Use default TSAPs*, configurar a propriedade *source TSAP* (hex) para o valor "0100" e definir a opção *Connection type* como "PG" Rack com valor 0 (zero) e *Slot* com o valor 1 (um). Após estas configurações a tela ficará conforme figura 91. Deve-se então clicar em *Setup*;

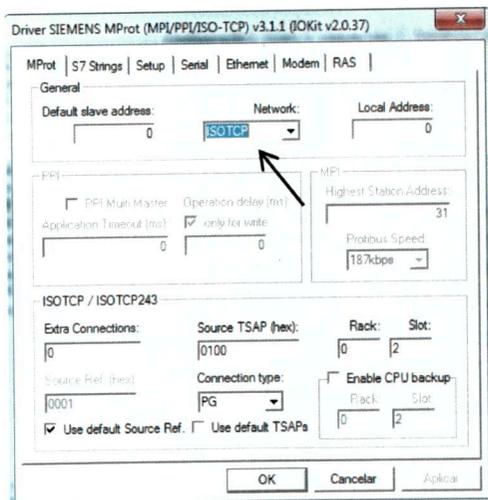


Figura 91: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Vai surgir a tela mostrada na figura 92. Abrir em *Physical Layer* que *default* está configurado *Serial* e seleccione *Ethernet*;

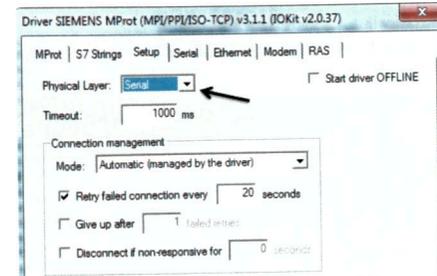


Figura 92: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- A tela ficará assim (figura 93), clicar em *Ethernet*;

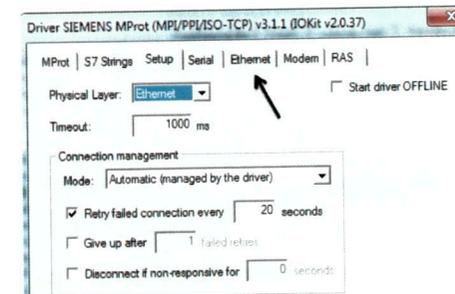


Figura 93: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Surgirá a tela mostrada na figura 94. Inserir em *Connect to* endereço IP (*Internet protocol*) do CLP mestre que no nosso caso é: 172.19.102.241 mantendo a porta em 102 que é padrão;

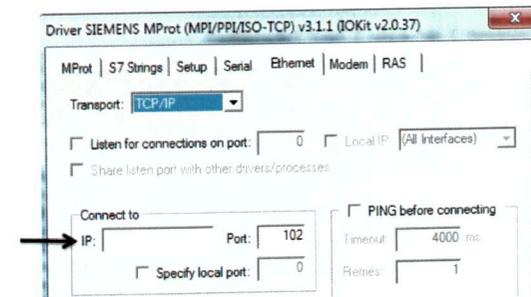


Figura 94: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- A tela ficará conforme figura 95;

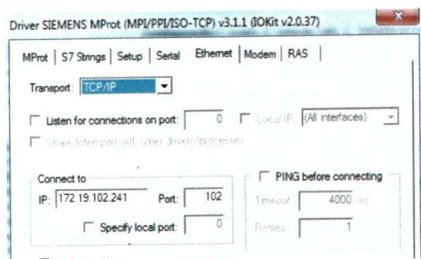


Figura 95: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Vamos mostrar agora qual o procedimento para realizar a configuração de comunicação das TAGS PLC utilizadas no programa Elipse. Retornar a tela principal do *organizer* mostrada na figura 96 e selecionar Tags;

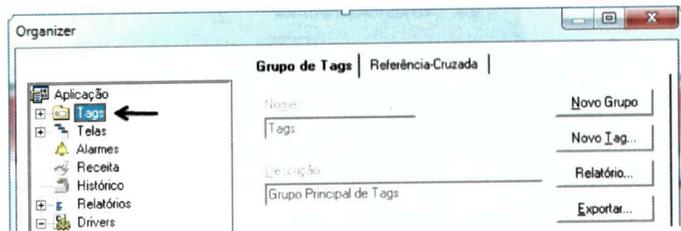


Figura 96: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Podemos visualizar as Tags criadas no programa, clicar na Tag ENTRADAS (figura 97);

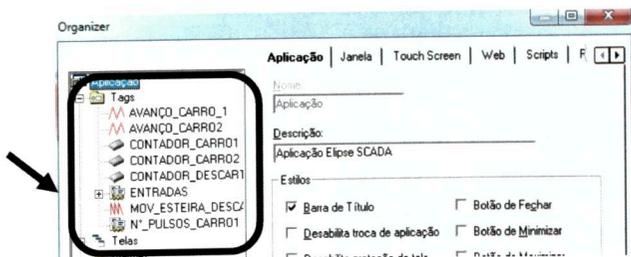


Figura 97: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Surgirá as Tags bit que foram definidas no programa do Elipse (figura 98);

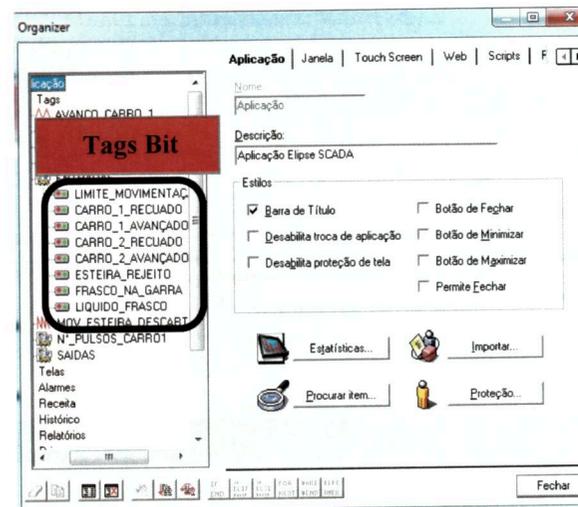


Figura 98: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- No sentido de compreender o endereçamento das tags PLC vamos retornar um pouco na programação do Elipse, partindo da criação da tag PLC. Selecionar Tags e clicar em Novo\_Tag (figura 99);

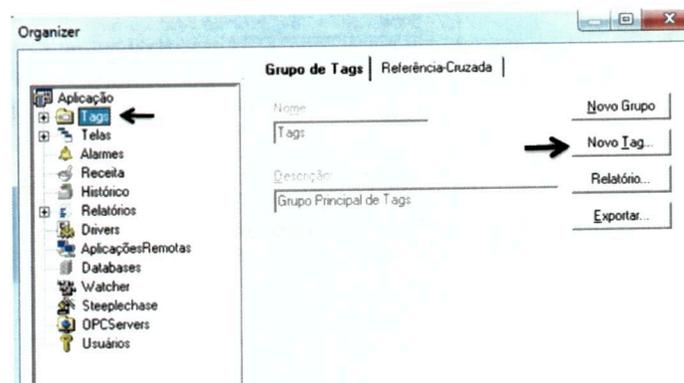


Figura 99: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Selecionar Tag PLC e clicar em OK (figura 100);

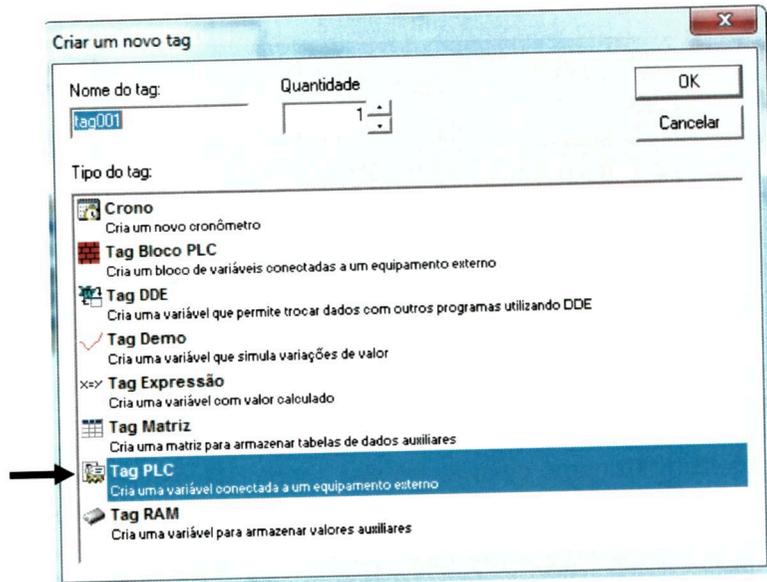


Figura 100: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Selecionar o Tag criado e clicar em Acessar bits (figura 101);

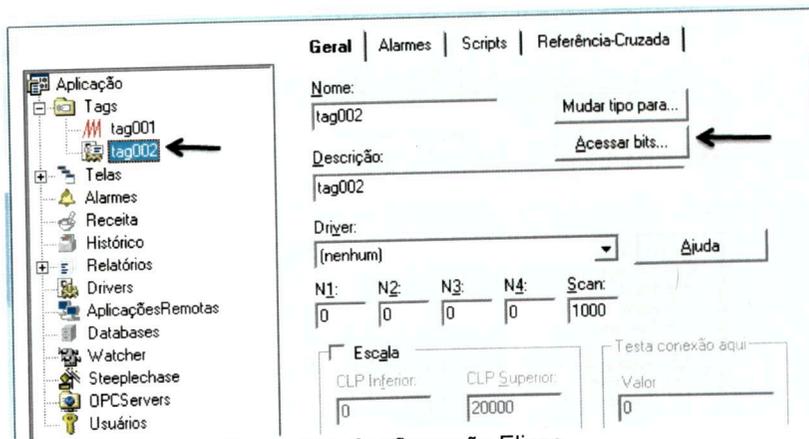


Figura 101: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Esta tela é para configurar os parâmetros dos Bit's do Byte a ser usado. Cuidar com as observações da figura 102;

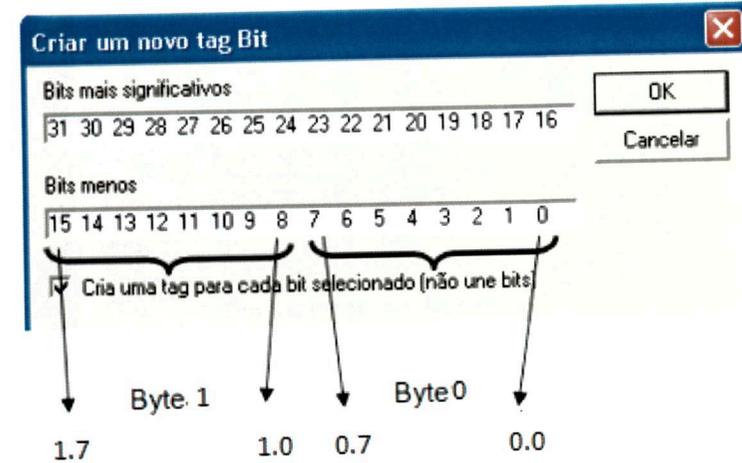


Figura 102: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Uma vez selecionado o bit a configuração é concluído (figura 103);

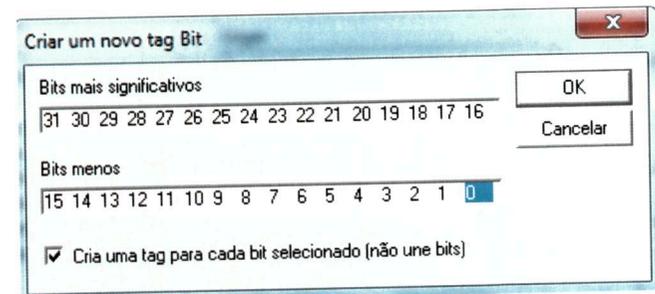


Figura 103: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Na tela a seguir (figura 104) vemos o tag bit que foi criado, inicialmente por não ter nome ainda vem com a descrição padrão (campoBit1). Podemos observar que o bit criado não foi associado ao driver, para que isto ocorra abrir em driver que padrão

está na opção nenhum, selecionar [Driver1-Driver SIEMENS Mprot (MPI/PPI/ISO TCP)] e clicar sobre o drive selecionado;

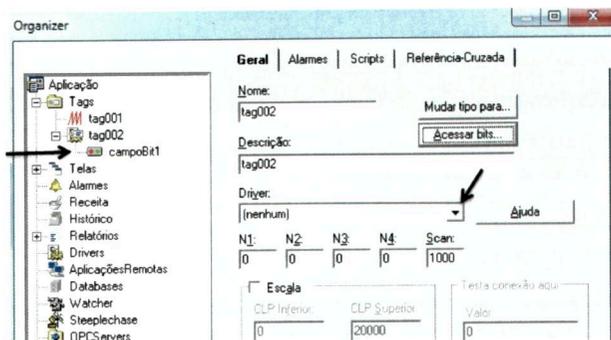


Figura 104: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- A tela ficará da forma mostrada a seguir (figura 105), lembrando que toda vez que for criada uma tag PLC, o driver obrigatoriamente deve ser selecionado garantindo a associação entre o Tag e o driver. O próximo passo então é a definição dos parâmetros de endereçamento dos Tags PLC, que são os parâmetros N;

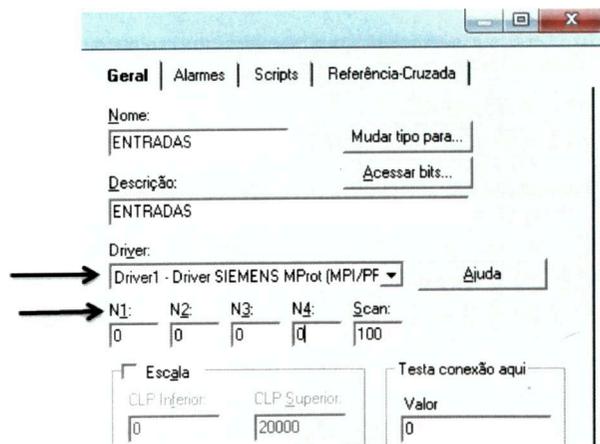


Figura 105: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Enfatiza-se que a configuração do drive descrita neste trabalho foi embasada no manual que acompanha o driver Mprot baixado via Internet do site da própria Elipse (figura 106);

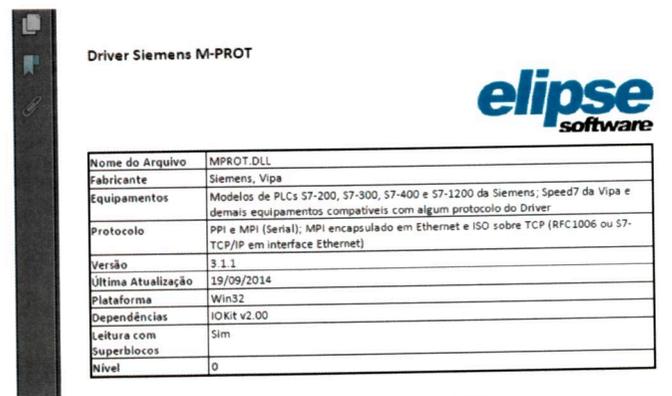


Figura 106: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- A seguir (figura 107, 108 e 109) a descrição da sintaxe padrão contida no manual Elipse para todos os Tags e blocos;

**Endereçamento Padrão (Parâmetros N/B)**

Use a sintaxe padrão descrita na tabela a seguir para todos os Tags e Blocos.

Sintaxe padrão para Tags e Blocos

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO
N1/B1	Endereço do PLC. Se for igual a 0 (zero) e protocolo diferente de ISOTCP ou ISOTCP243, é substituído pelo Default Slave Address. Se for protocolo ISOTCP ou ISOTCP243, este valor deve ser deixado em 0 (zero).
N2/B2	Tipo de dado e Área (veja as tabelas a seguir). O valor deve ser composto pelo tipo de dado multiplicado por 100 mais a área (a fórmula é N2/B2 = TipoData x 100 + Área).
N3/B3	Se a área selecionada for V (DB), preencha com o número do bloco DB. Caso contrário, deixe em 0 (zero). Caso a memória contenha um bloco DB único ou não especificado, preencha com o valor 1 (um).
N4/B4	Endereço na área ou offset do bloco DB. Para usar tipos de dados que ocupam mais de um byte, devem ser colocados endereços múltiplos de dois para tipos de dois bytes (16 bits com e sem sinal) e múltiplos de quatro para tipos de quatro bytes (32 bits com e sem sinal e ponto flutuante de 32 bits).

Figura 107: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

Opções disponíveis para Tipos de dados

TIPO	SIGNIFICADO
0	Padrão da Área
1	BOOL (Booleano)
2	BYTE (oito bits sem sinal)
3	WORD (16 bits sem sinal)
4	INT (16 bits com sinal)
5	DWORD (32 bits com sinal)
6	DINT (32 bits com sinal)
7	REAL (32 bits de ponto flutuante - IEEE 754)
8	STRING (ver nota a seguir)
12	SSTIME (tempo em segundos, 32 bits de ponto flutuante - IEEE 754, ver nota a seguir)

Figura 108: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

Opções disponíveis para Áreas

ÁREA	SIGNIFICADO
0	S
1	SM
2	AI (Analog Input)
3	AQ (Analog Output)
4	C (Counter)
5	T (Timer)
6	I (Digital Input)
7	Q (Digital Output)
8	M (Memory)
9	V (DB)
10	HC (High Speed Counter)

Figura 109: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Seguindo o manual, conforme nota com relação ao parâmetro N1 descrita abaixo (figura 110), considerando que estamos utilizando o protocolo ISOTCP, a configuração ficou em 0 (zero);

**NOTAS:**

- Ao selecionar os protocolos ISOTCP ou ISOTCP243, todos os Tags que estiverem no objeto Driver devem ter o parâmetro N1 (ou B1) em 0 (zero) e o parâmetro Default Slave Address também em 0 (zero).

Figura 110: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Após exaustivos testes sem sucesso, como resultado de pesquisa concluímos que este parâmetro deve ficar "setado" em 1 (um) e não em zero como descrito no manual do fabricante. Retornando a configuração dos parâmetros N, vamos definir o

parâmetro N2 que é o tipo de dado e área para a Tag PLC de nome ENTRADAS (figura 111);

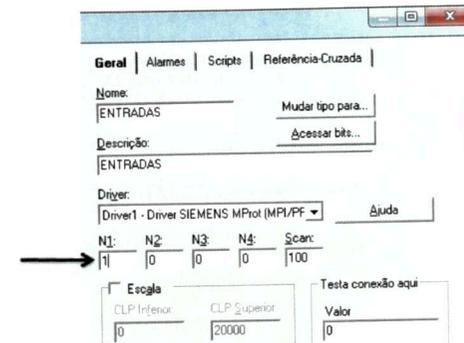


Figura 111: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Utilizando a fórmula da figura 112, preenchemos no N2 o resultado obtido (figura 113);

$$N2 = (\text{Tipo de dado}) \times 100 + \text{Área}$$

Tipo de dado = Byte ( 8 bits ) = 2      Área = Entrada digital ( 1 ) = 6

$$N2 = ( 2 \times 100 ) + 6 \Rightarrow N2 = 206$$

Figura 112: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

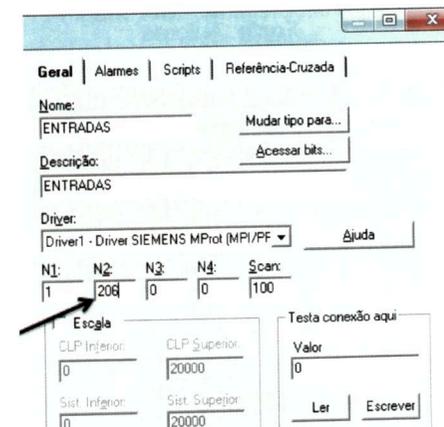


Figura 113: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Já o N3 se mantém em 0 (zero) e o parâmetro N4 que é o endereço na área, será 84 (figura 114);

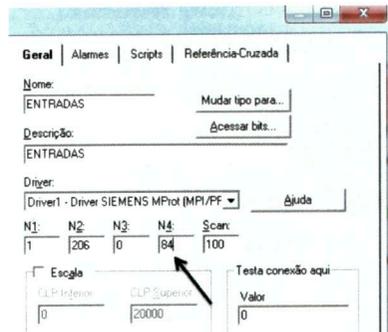


Figura 114: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Definiu-se o parâmetro N2 que é o tipo de dado e área para a Tag PLC de nome SAÍDAS. Utilizando a fórmula da figura 115. Com o resultado, preenchemos o N2 (figura 116).

Utilizando a formula:  $N2 = ( \text{Tipo de dado} ) \times 100 + \text{Área}$

Tipo de dado = Byte ( 8 bits ) = 2      Área = Saída digital (Q) = 8

$N2 = ( 2 \times 100 ) + 8 \Rightarrow N2 = 208$

Figura 115: Configuração Elipse  
Fonte: Autores



Figura 116: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Já o N3 se mantém em 0 (zero) e o parâmetro N4 que é o endereço na área, será 7 (figura 117);

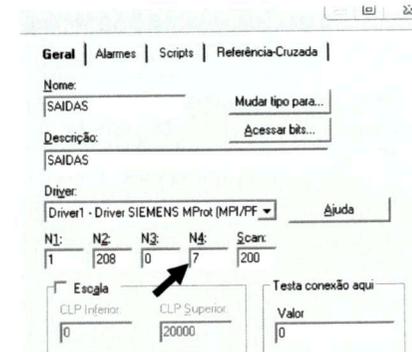


Figura 117: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Definiu-se o parâmetro N2 que é o tipo de dado e área para a Tag PLC de nome: N° PULSOS\_CARRO1. Utilizando a fórmula da figura 118. O resultado colocamos em N2 (figura 119);

Utilizando a formula:  $N2 = ( \text{Tipo de dado} ) \times 100 + \text{Área}$

Tipo de dado = INT (16 bits com sinal) = 4      Área = Saída digital (Q) = 8

$N2 = ( 4 \times 100 ) + 8 \Rightarrow N2 = 408$

Figura 118: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

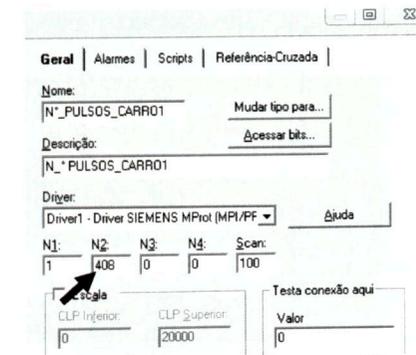


Figura 119: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- Já o N3 se mantém em 0 (zero) e o parâmetro N4 que é o endereço na Área, será 4. A figura 120 é o último passo para a configuração do Elipse;

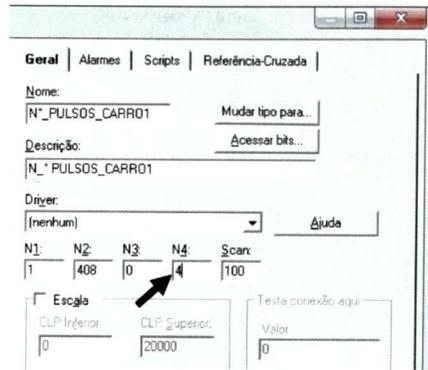


Figura 120: Configuração Elipse  
Fonte: Autores

- O programa do supervisor Elipse Scada está disponível para consulta no CD que acompanha o trabalho;

### 3.4.2 CLP S7-200

A configuração da comunicação do CLP S7-200/CPU224 é mostrado na figura 121 e é quem efetua o acionamento das esteiras da célula flexível robotizada.



Figura 121: CPU 224  
Fonte: SIEMENS (2014, pág. 04).

Esta CPU é incorporada a rede profibus-DP através do módulo de expansão escravo EM277 profibus. Este módulo é conectado a CPU do S7-200 através de cabo *flat* no bus de I/O serial. Por sua vez o módulo EM 277 é conectado à rede profibus pela porta de comunicação DP, mostrados na figura 122.

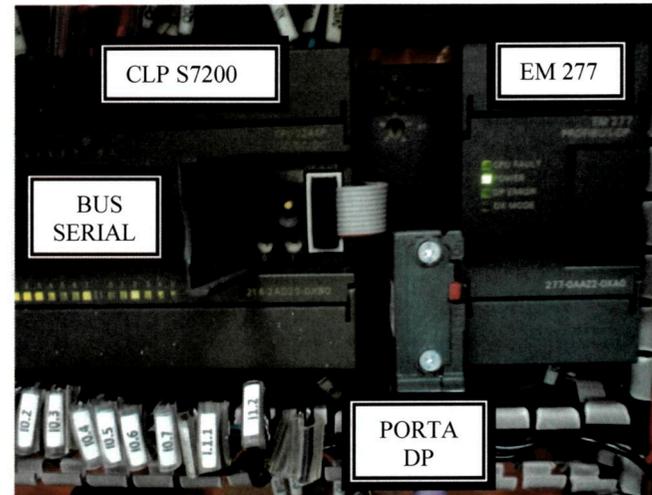


Figura 122: Porta comunicação DP  
Fonte: Autores

O módulo EM277 não transfere somente dados de I/O, mas move dados de/ou para um bloco de variável de memória na CPU do S7200, permitindo a troca de qualquer dado com o mestre, como entradas, valores de contadores, temporizadores, valores calculados, tanto enviados como recebidos.

Após a conexão do módulo EM277 ao CLP, este deve ser alimentado e endereçado à porta DP de acordo com a configuração feita no CLP Mestre.

As chaves de endereçamento e os *leds* de status estão localizados na frente do módulo mostrado na figura 123.

Quanto as chaves de endereçamento do módulo na rede, a mais acima indicada pela seta, ajusta o dígito mais significativo do endereço, ou seja a dezena, já a inferior ajusta o dígito menos significativo que é a unidade.

No projeto, o endereço é 4, portanto a configuração das chaves ficará em "0" (zero) na dezena e "4" (quatro) na unidade.

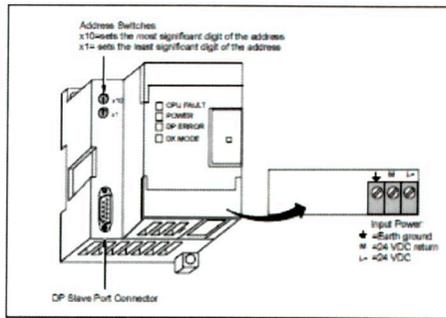


Figure A-26 Front View of the EM 277 PROFIBUS-DP Module

Figura 123: Módulo da rede  
Fonte: SIEMENS (2014, pág. 02).

Como o CLP S7200 é um escravo na rede, se faz necessário o arquivo GSD, que é mostrado em uma parte, na linguagem Ladder na figura 124. O manual do arquivo GSD em sua totalidade está disponível no CD que acompanha o trabalho.

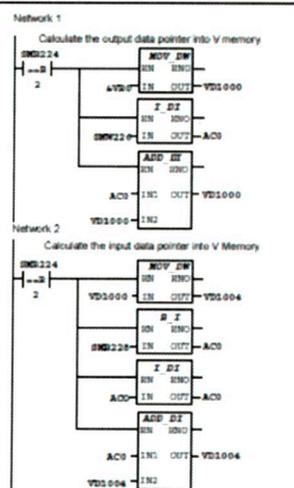


Figura 124: Arquivo GSD  
Fonte: SIEMENS (2014, pág. 17).

A programação do CLP S7-200 está exposto para visualização no CD que acompanha o projeto.

### 3.4.3 S7-1200

A descrição de configuração da comunicação Profibus para o CLP S7-1200 no portal TIA é apresentada na sequência.

- Clica-se em adicionar novo dispositivo (*Add new device*), conforme figura 125.

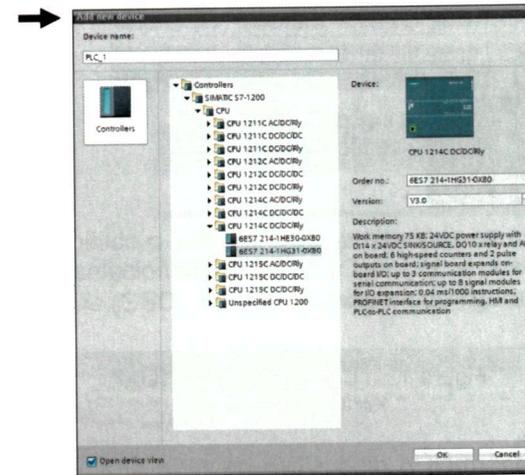


Figura 125: Configuração S7-1200  
Fonte: Autores

- Seleciona-se o dispositivo como demonstrado na figura 126.

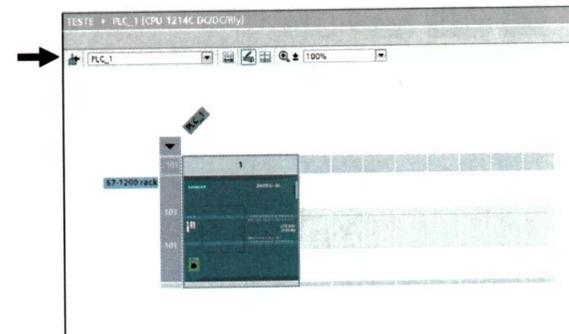


Figura 126: Configuração S7-1200  
Fonte: Autores

- Para adicionar o módulo de comunicação PB, deve-se selecionar o módulo de comunicação e arrastá-lo até o rack na posição 101 conforme disposto na figura 127.

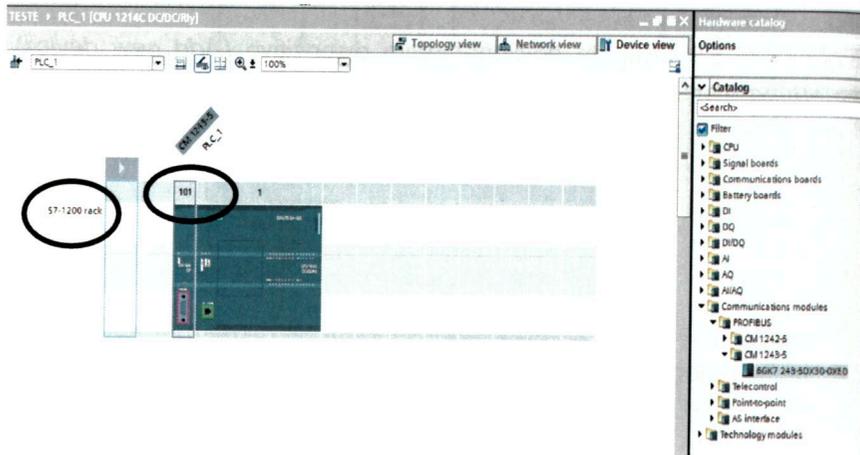


Figura 127: Configuração S7-1200  
Fonte: Autores

- Para adicionarmos o dispositivo de rede profibus referente ao robô é necessário instalar o arquivo GSD. A seleção deste arquivo deve estar de acordo com o dispositivo instalado no robô (figura 128) e o manual do fabricante (figura 129).

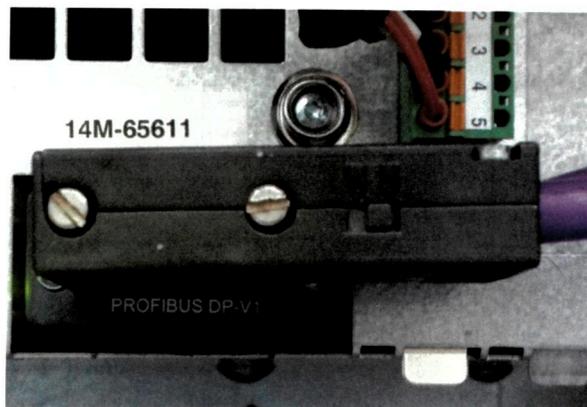


Figura 128: Configuração S7-1200  
Fonte: Autores

### 3 PROFIBUS-DP Master/Slave configuration

#### 3.1.1 Software overview

Continued

The directory contains the following files:

GSD-file	Description
softb203.gsd	Softing DP-Master PROFIBoard (DSQC 637) and PBpro (DSQC 687)
softb205.gsd	Softing DP-Slave PROFIBoard (DSQC 637)
soft0b35.gsd	Softing DP-Slave PBpro (DSQC 687)
DSQC352A.gsd	DeviceNet to PROFIBUS DP gateway (DSQC 352A)
DSQC352B.gsd	DeviceNet to PROFIBUS DP gateway (DSQC 352B)
HMS_1811.gsd	PROFIBUS Fieldbus Adapter (DSQC 667)

Figura 129: Configuração S7-1200  
Fonte: Profibus (2014)

- Escolhido o arquivo GSD, prossegue-se com a instalação no portal TIA, selecionando opção (Options), e *Install general station description file (GSD)*, conforme imagem da figura 130.

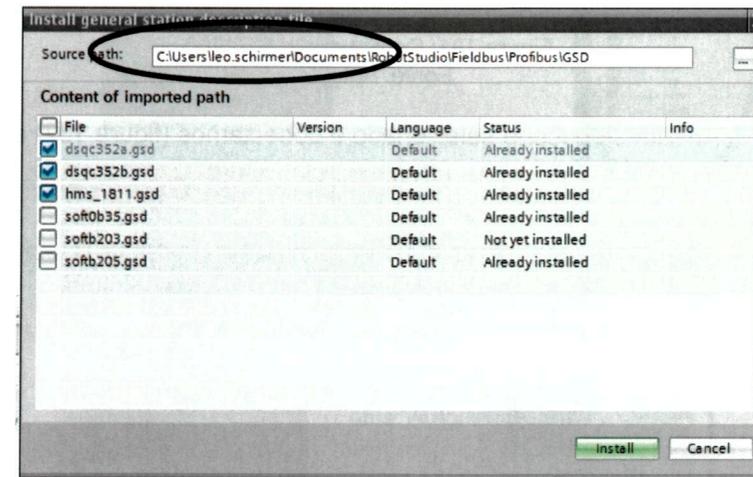


Figura 130: Configuração S7-1200  
Fonte: Autores

- Após a instalação dos arquivos GSD, devemos selecionar o dispositivo para ser inserido na rede profibus, de acordo com a figura 131.

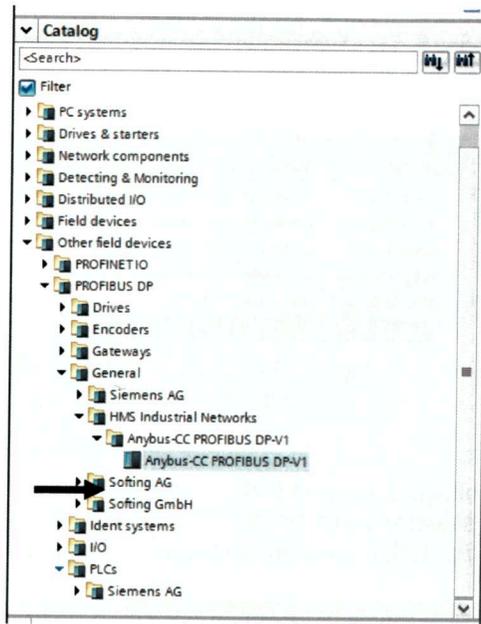


Figura 131: Configuração S7-1200  
Fonte: Autores

- Arrasta-se o ícone selecionado e conectamos (figura 132) ao dispositivo mestre.

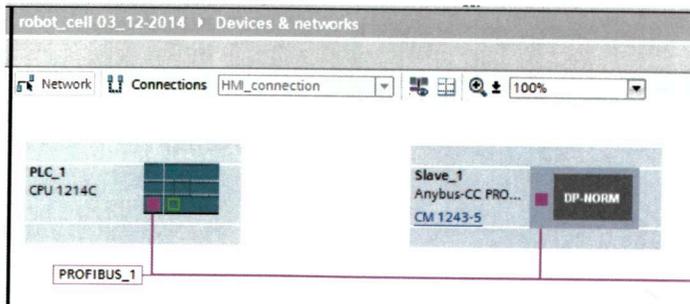


Figura 132: Configuração S7-1200  
Fonte: Autores

- Utilizando um procedimento semelhante (figura 133), devemos inseri-se o outro escravo na rede.

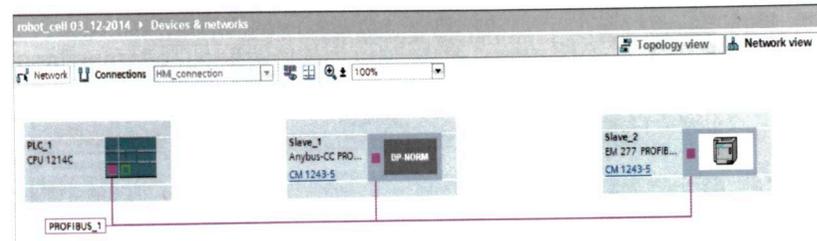


Figura 133: Configuração S7-1200  
Fonte: Autores

- Configura-se o primeiro escravo com o número de entradas e saídas desejadas, de acordo com a figura 134.

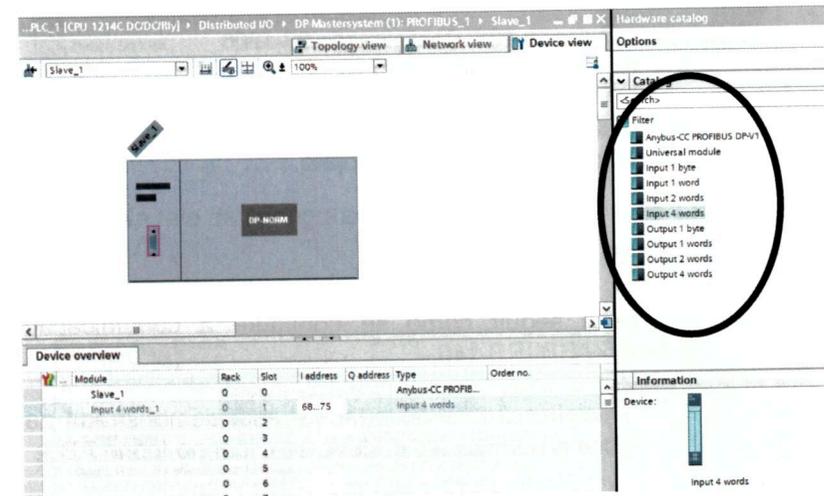


Figura 134: Configuração S7-1200  
Fonte: Autores

- Por fim, adota-se este procedimento semelhante para o outro escravo, conforme figura 135.

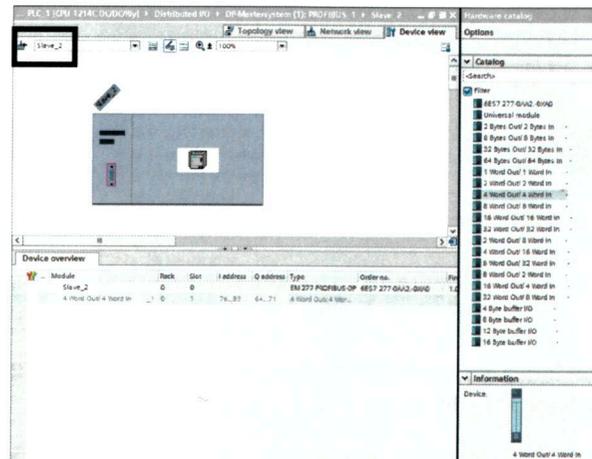


Figura 135: Configuração S7-1200  
Fonte: Autores

A programação do CLP S7-200 está exposto para visualização no CD que acompanha o projeto.

### 3.4.4 Robô ABB

Descreve-se a seguir como se configura a comunicação profibus para o robô ABB IRB 140.

- A tela de inicialização do *flexpendant* está demonstrada na figura 136. Para iniciar a configuração, deve-se clicar no ícone ABB;

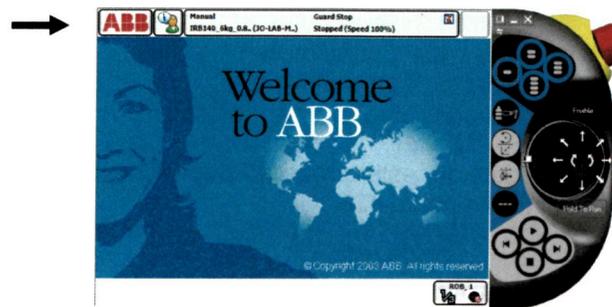


Figura 136: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- No painel de controle (*control panel*), deve-se clicar em configuração (*configuration*) conforme figura 137;

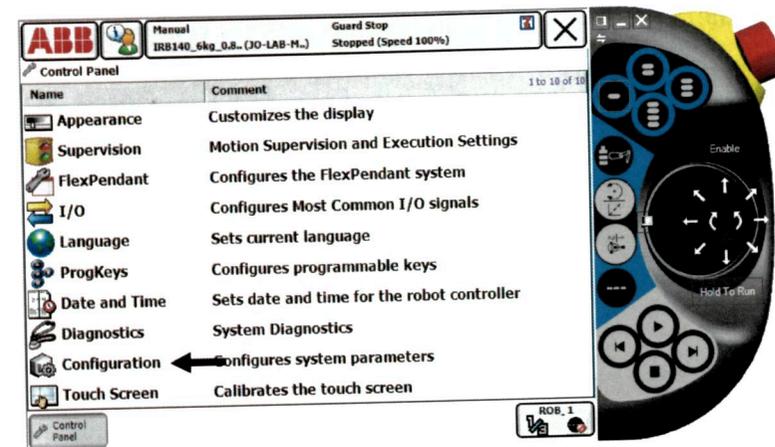


Figura 137: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Na tela da configuração do barramento (figura 138), clicar na opção *BUS*;

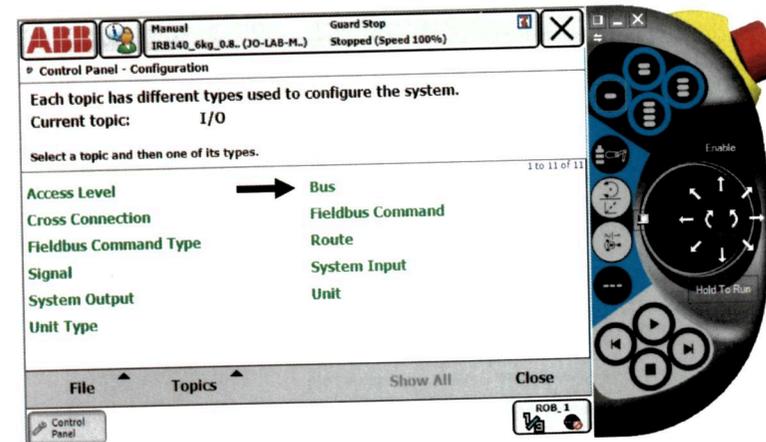


Figura 138: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Na tela aberta, deve-se clicar em adicionar barramento (Add), e configurar o barramento Profibus com os valores (Value) da figura 139;

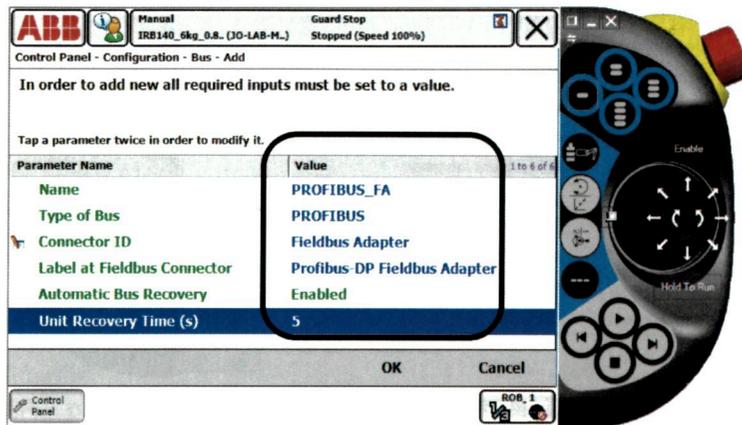


Figura 139: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Após adicionar os valores, clicar em OK. Surgirá uma tela pedindo a reinicialização (Restart), deve-se então clicar em sim (Yes), conforme a figura 140;

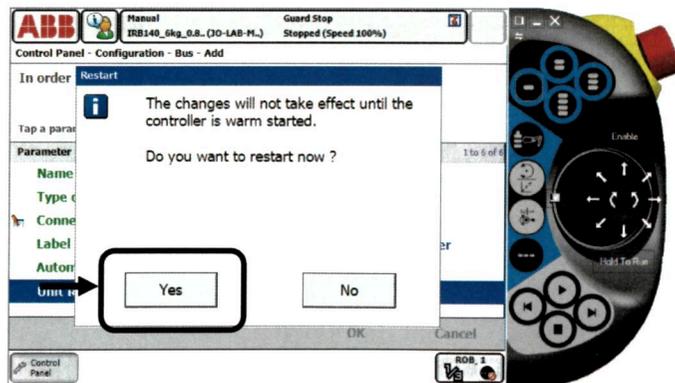


Figura 140: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Após o reinício, a tela ficará conforme a figura 141. Clica-se então no ícone voltar (Back);

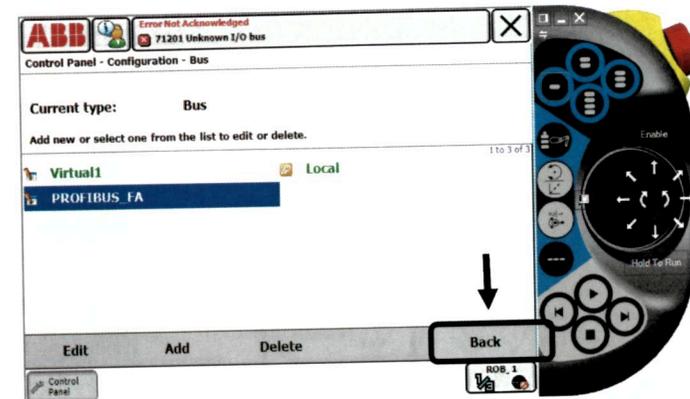


Figura 141: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Clicando em voltar (Back), surgirá nova tela de configuração (Configuration). Deve-se então selecionar a opção tipo de unidade (Unit Type), conforme figura 142;

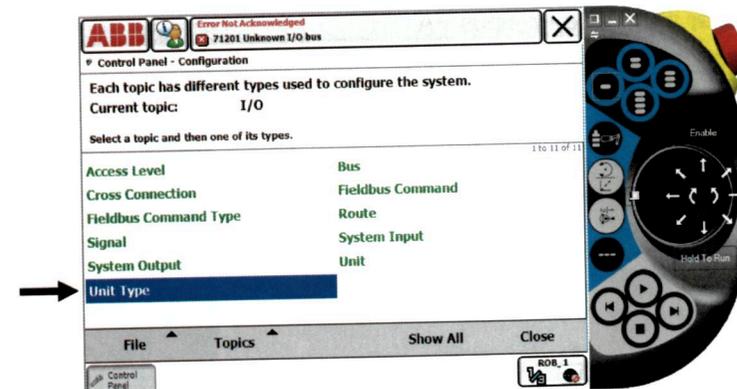


Figura 142: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Clicar em *Add* para adicionar novo tipo de unidade. Configurar conforme os valores (*Value*) da figura 143. Selecionar ainda 8 bytes de entrada e 8 bytes de saída. Após configuração, clicar em *OK* e reiniciar o controlador do robô;

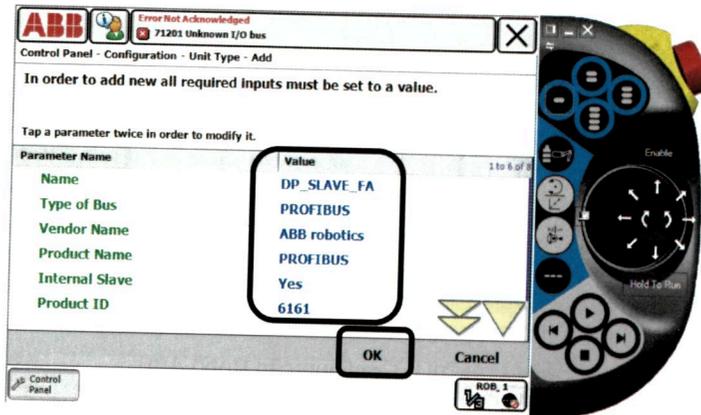


Figura 143: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Após reinício, clicar em Painel de controle (*Control Panel*), depois em configuração (*Configuration*) e depois em unidade (*Unit*). Irá surgir a tela da figura 144, deve-se então clicar em *Add* para criar a unidade Profibus FA;

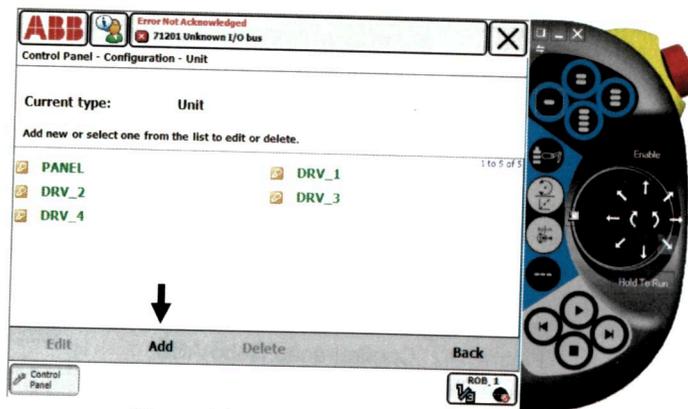


Figura 144: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Configurar a unidade da rede Profibus conforme os valores (*Value*) da figura 145. Após configuração, clicar em *OK* e reiniciar o controlador do robô;

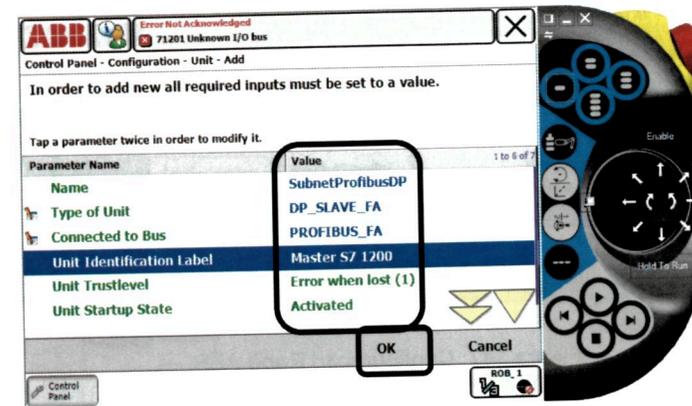


Figura 145: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Após reinício, clicar em painel de controle (*Control Panel*), depois em configuração (*Configuration*) e em Sinal (*Signal*), para realizar a configuração dos sinais, que é a última ação para a configuração do robô (figura 146);

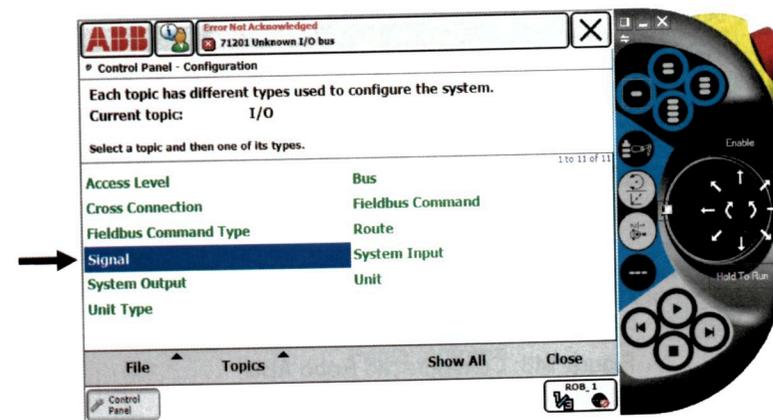


Figura 146: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Configurar os sinais conforme os valores (Value) da figura 147. Após configuração, clicar em OK e reiniciar o controlador do robô;

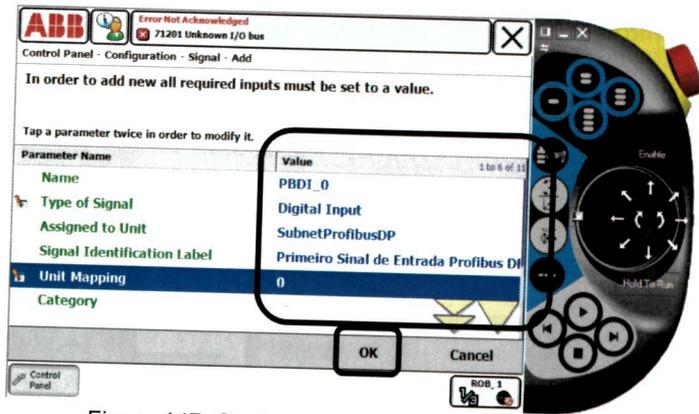


Figura 147: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Após reinício, para examinar os sinais de entrada ou saída da rede Profibus, clicar no ícone ABB, depois em entradas e saídas (Inputs and outputs), selecionar exibir Unidades de I/O, conforme figura 148.

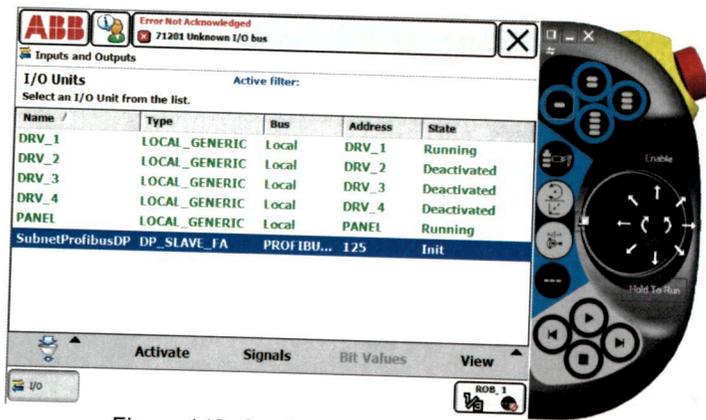


Figura 148: Configuração Robô ABB  
Fonte: Autores

- Selecionar sinais e escolher o sinal desejado para verificação do seu estado.

A programação do robô ABB IRB 140 está disponível para consulta no CD que acompanha o trabalho.

Nas figuras 149 e 150 estão dispostos fragmentos do fluxograma feito para a programação. O fluxograma completo está disponível no CD que acompanha o projeto.

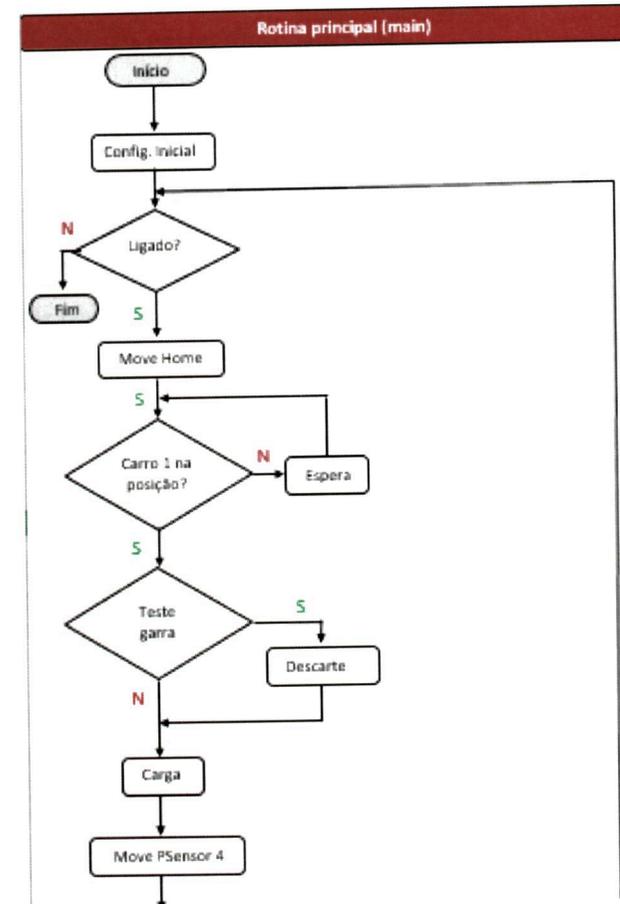


Figura 149: Fluxograma programação robô ABB  
Fonte: Autores

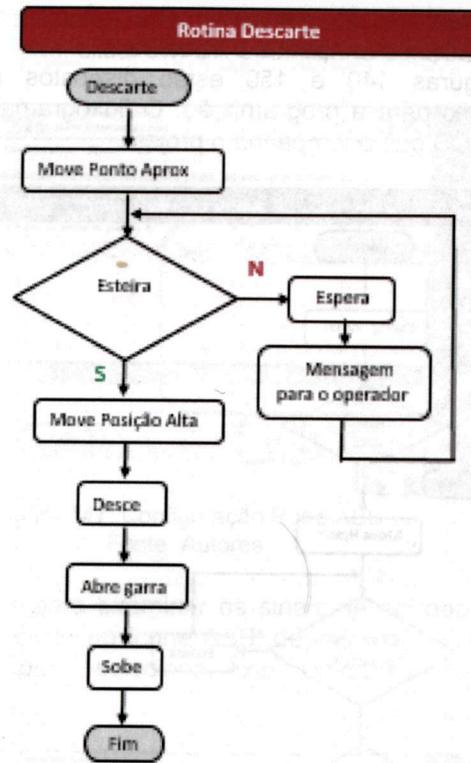


Figura 150: Fluxograma programação robô ABB  
Fonte: Autores

No anexo B estão expostas imagens dos testes realizados com o robô ABB.

No CD que acompanha o projeto estará disposto para consulta a relação de entradas, saídas e memórias do *Robot Cell* (célula robotizada).

## 4. CONCLUSÃO

Neste tópico, são descritos os resultados obtidos, assim como os testes realizados após conclusão da célula flexível robotizada. Também são expostas as dificuldades encontradas durante a realização do projeto.

### 4.1 Dificuldades encontradas

Estão dispostas a seguir as dificuldades que encontramos durante o desenvolvimento do projeto.

Painéis elétricos das esteiras 1 e 2:

- A fiação elétrica não possuía identificação;
- As cores dos fios utilizados não tinham qualquer padrão;
- Não existia diagrama elétrico de nenhum dos painéis;
- A alimentação de 220Vac dos painéis era feita pelo borne de saída do disjuntor de proteção. Esta ação é totalmente contrária às normas, podendo provocar acidentes;
- A posição dos painéis localizava-se em locais totalmente inadequados (embaixo das esteiras), o que dificultava o acesso, podendo causar problemas ergonômicos;
- Por não existir diagrama elétrico dos painéis e periféricos, foi necessário checar todas as ligações e retirar o esquema elétrico em punho, efetuando posteriormente a análise para a compreensão do funcionamento do mesmo;
- Para elaborar o projeto elétrico da célula flexível robotizada, inicialmente optamos por utilizar o software Caddy ++ Electrical. Após três dias de trabalho, provavelmente por falta de conhecimento no manuseio do sistema, o mesmo travou impossibilitando o resgate do trabalho desenvolvido até aquele momento. Iniciamos do zero, obtendo êxito ao utilizar o software Eplan Electric.

Robô ABB

- O sistema não concluía a inicialização, ficando inoperante. Na tela do Flexpendant mostrava somente a indicação da falha:

Mensagem do evento: 10354. A restauração foi abortada porque os dados do sistema foram perdidos.

A descrição segundo o manual: O sistema usa um *backup* dos dados porque esses dados não foram salvos adequadamente na última vez em que foi desligado. Por isso tentou-se novamente uma recuperação solicitada a partir do diretório com o endereço /hdoa/temp/TempBACKUP, mas foi abortado. Após 3 (três) dias de insistência o sistema foi restabelecido.

Para evitar a ocorrência desta falha novamente, o robô passou a não ser desligado mais;

- Em torno de dois meses após ocorrer o problema citado no tópico anterior, houve uma queda de energia na rede elétrica da concessionária, que culminou com a volta do problema descrito anteriormente. Para solucionar a questão de forma definitiva, o que levou mais duas semanas de equipamento parado, foi reprogramada a memória *flash* do robô na ABB na cidade de São Paulo;

- Na etapa de iniciar as configurações e a programação do robô, o *flexpendant* congelou a imagem, o que impossibilitou qualquer ação neste sentido. Em contato telefônico com a ABB em São Paulo, após alguns procedimentos passados pelos técnicos e que não surtiram efeito, o diagnóstico não apresentou-se animador. O *flexpendant* deveria ser enviado para reparo, cujo custo em média ficaria em R\$8.000,00. Diante deste cenário, com o tempo para conclusão do trabalho escasso, mas considerando o conhecimento técnico que dispomos na área de manutenção, decidimos verificar e encontramos um mau contato na conexão entre o cabo do *flexpendant* e a placa eletrônica do mesmo. Após reaperto das conexões o problema foi sanado, o que possibilitou a continuação do projeto.

#### Comunicação:

- A comunicação entre PC e CLP mestre via cabo ethernet ocorria normalmente, porém quando o CLP era inserido na rede ethernet, não era localizado por nenhum PC. A topologia utilizada nesta rede é em estrela, sendo que todos os equipamentos estão ligados através de um *hub*. Decorrido um tempo considerável, a causa do problema foi identificada: o endereço IP utilizado pelo CLP mestre era 192.168.0.50 que se enquadra na classe C, que é compreendida entre o endereço 192.0.1.0 e 223.255.255.0. Foi constatado que os demais dispositivos da rede estavam operando na classe B, que é compreendida entre o endereço 128.1.0.0 e

191.255.0.0, o que originou o problema e que foi solucionado ao mudar o endereço IP do CLP Mestre para 172.19.102.241, agora na classe B como os demais dispositivos da rede;

#### Elétrica:

- O motor de passo não estava movimentando, mesmo com todos os sinais presentes no driver PWM. Foram observados erros na identificação dos cabos das bobinas do motor de passo. Realizada as conexões de forma correta, solucionou-se o problema;

- Em determinado momento a esteira 2 parou de funcionar. Constatamos problema na fonte de alimentação (FT2). Realizada a substituição por outra fonte que tínhamos disponível no laboratório e que é fisicamente maior, foi necessário retirar o espelho, recortar as canaletas e proteções, cortar trilhos, refazer fiação elétrica e furações para o sistema de fixação, e por fim trocar a posição do feixe da porta do painel. Somente após estas adequações, a esteira voltou a funcionar normalmente.

#### 4.2 Resultados obtidos

Os resultados atingidos foram muito além do que se definiu como meta para o projeto. Pois inicialmente o objetivo era somente estabelecer a comunicação profibus entre o CLP mestre e o robô ABB.

Pode-se afirmar ao término desta etapa do projeto, que além de alcançarmos o objetivo inicial, implantamos o projeto de uma célula flexível robotizada de caráter didático que contempla as atividades de inspeção e manipulação de peças, com supervisão do software Eclipse Scada.

As melhorias em relação a estrutura elétrica e mecânica apresentaram resultados que atenderam as necessidades do projeto, dando total suporte para a realização da comunicação e programação.

Testes foram realizados com relação a comunicação em rede profibus entre o CLP mestre e os escravos, cujos resultados foram de uma forma integrada, amigável e muito confiável.

Do mesmo modo a comunicação entre o CLP mestre com o supervisor em rede ethernet não fugiu à regra.

Deste modo, os elementos constituintes da célula flexível robotizada atenderam as necessidades solicitadas, assegurando a plena funcionalidade do projeto implantado.

### Considerações finais

Considera-se que a implantação deste projeto foi de grande importância para a aplicação, desenvolvimento e aprimoramento dos conhecimentos adquiridos durante todo o curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial.

A elaboração de um cronograma para realização das atividades, e o principal, o cumprimento dos prazos determinados neste cronograma, mostraram-se de fundamental importância para a entrega deste projeto dentro do prazo estabelecido.

O comprometimento da equipe ficou evidenciado em todas as etapas do projeto. O trabalho realizado diariamente na faculdade, durante e após o horário letivo, além de finais de semana dedicados também para o projeto, foram primordiais para a finalização do mesmo em tempo hábil.

Todo este tempo disposto foi necessário devido ao grau de complexidade que o desenvolvimento e implantação da célula flexível robotizada exigiu.

### Oportunidades de melhoria

Listam-se a seguir algumas sugestões quanto a possibilidade da realização de trabalhos acadêmicos que podem ser desenvolvidos pelas próximas turmas, visto que o projeto que desenvolvemos deve ser encarado como o início de um trabalho possibilitando a oportunidade futura de implementações, novas linhas de pesquisa, novas aplicações, considerando que esta célula como comentado anteriormente é para uso didático.

- Substituição do supervisório Elipse Scada pelo Labview, pois a versão que utilizamos é *demo*, baixado diretamente no *site* do Elipse e que limita o número de Tags disponíveis em 20.

Já o Labview é um *software* comprado pela entidade, não apresentando este tipo de problema;

- Utilizar a plataforma OPC (*OLE for Process Control*) para comunicação em rede;
- Criar junto ao supervisório um banco de dados de todo o processo da célula, armazenando informações referentes aos históricos, fórmulas e alarmes, podendo obter a qualquer momento relatórios dos mesmos;
- Efetuar programação, configuração e posterior utilização física das saídas rápidas do CLP mestre S7-1200 (PWM e PTO) para controle de velocidade e posicionamento dos carros 1 e 2;
- Possibilidade de eliminar o CLP S7-200 escravo que aciona as esteiras da célula, passando esta função para o CLP mestre S7-1200 (efetuar nova programação no mestre).
- Inserir na célula um sistema de visão que possa identificar as peças a serem manipuladas pelo robô, tornando o processo mais rápido.

## REFERÊNCIAS

ABB Robot Studio. Disponível em:  
<<http://new.abb.com/products/robotics/robotstudio>>. Acesso em: 03/11/14.

ABB ROBOTICS. Produtos Robótica. Disponível em:  
<<http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/ir140/irb-140-data>> Acesso em 03 Nov 2014.

BEHAR, Maxim. **Curso Completo de Eletricidade Básica**. 1Ed. Curitiba: Hemus, 2002.

BITTENCOUT, Andrea; MEDEIROS, Justino, RODRIGUES, Renato A. B. **Desenvolvimento de uma esteira transportadora didática**. Disponível em:  
<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3430/2460>. Acesso em 14 Out 2014.

BOLTON, William. **Mecatrônica: Uma Abordagem Multidisciplinar**. 4 Ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BRAGA, Newton C. **Como funcionam os Contatores**. Artigo Internet. Disponível em:  
<<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/comofunciona/3854-ei040>> Acesso em 25 Out 2014.

BRAGA, Newton C. Como funcionam os Contatores. Artigo Internet. Disponível em:  
<<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/comofunciona/1436-art210>>. Acesso em 04 Nov 2014.

BRAGA, Newton C. **Eletrônica Básica para Mecatrônica**. 1 Ed. São Paulo: Editora Saber, 2005.

BRAGA, Newton C. **Como funcionam as Fontes Chaveadas**. Artigo Internet. Disponível em:  
<<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/comofunciona/8397-como-funcionam-as-fontes-chaveadas-art1448>>. Acesso em 20 Out 2014.

CASSIOLATO, César; DELLATORRE, Ana C. **Uma visão de Profibus, desde a instalação até a configuração básica – Parte 3**. Artigo Internet. Disponível em:  
<<http://www.profibus.org.br/news/outubro2008/news.php?dentro=2>>. Acesso em: 20 Out 2014.

CUNHA, Lívia. **Relés e Contatores**. Artigo Internet. Disponível em:  
<<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/169-reles-e-contatores.html>>. Acesso em: 25 Out 2014.

CURZEL, Jeferson L. **Controlador Lógico Programável - CLP S7 200**. Slides. Disponível em:  
<[http://www.joinville.ifsc.edu.br/~jlcuzel/CLP/3%20%20CLP%20S7\\_200/PARTE%201%20-%20CLP%20S7200%20IFSC.pdf](http://www.joinville.ifsc.edu.br/~jlcuzel/CLP/3%20%20CLP%20S7_200/PARTE%201%20-%20CLP%20S7200%20IFSC.pdf)>. Acesso em: 19 Out 2014.

GRAF. **Física 3 Eletromagnetismo**. 5 Ed. São Paulo: Edusp, 2005.

KUHN, Felipe. **Aplicação de Sistemas Robotizados em Processos Industriais**. Disponível em:  
<[http://www.feng.pucrs.br/~fkuhne/files/sistrob\\_em/notasdeaula/4\\_aplics\\_doc](http://www.feng.pucrs.br/~fkuhne/files/sistrob_em/notasdeaula/4_aplics_doc)>. Acesso em 15 Out 2014.

LIMA, Paulo Correa; Scuccuglia, Marcelo. **Aplicação da Metodologia Lean Manufacturing na Área Administrativa**. Disponível em:  
<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENGE2004\\_Eng0704\\_2113.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENGE2004_Eng0704_2113.pdf)>. Acesso em 14 Out 2014.

MECATRÔNICA ATUAL. **Características do Protocolo Profibus e sua Utilização em Áreas Classificadas**. Artigo Internet. Disponível em:  
<<http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1866caracteristicas-do-protocolo-profibus-e-sua-utilizacao-em-reas-classificadas>>. Acesso em 03 Out 14

MONTEBELLER, Sidney J. **Sensores sem fios**. 1 Ed. São Paulo: Biblioteca24horas, 2011.

MORAES, Giovani. **Normas Regulamentadoras Comentadas e Ilustradas**. 8 Ed. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde, 2014.

NARDELLI, Thaise; ZANON, Simone L.M; OLIVEIRA, Heloisa C.; MORAES, Deusdeid C. **Elaboração de Projetos Inovadores na Educação Profissional**. 2 Ed. Curitiba: Senai/PR, 2008.

PAIVA, Laureano E.; FENSTERSEIFER, Jaime E.; CARVALHO, José M. **Estratégia de Produção e de Operações**. 2 Ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

PETRUZELLA, Frank D. **Motores Elétricos e Acionamentos**. 1 Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PETRUZELLA, Frank D. **Controladores Lógicos Programáveis**. 3 Ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

PROFIBUS, Artigo Técnico. Disponível em: <<http://www.profibus.org.br/images/arquivo/artigo-tecnico-integra-543ecc27691aa.pdf>>. Acesso em: 04 Out 14.

ROSÁRIO, João M. **Automação Industrial**. 1 Ed. São Paulo: Baraúna, 2009.

ROSÁRIO, João M. **Robótica Industrial I**. 1Ed. São Paulo: Editora Baraúna, 2010.

ROSÁRIO, João M. **Princípios da Mecatrônica**. 1 Ed. São Paulo: Pearson, 2005.

SABER ELETRÔNICA, **Todos os Tipos de Sensores**. Artigo Internet. Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br/artigos/1532-todos-os-tipos-de-sensores>>. Acesso em: 25 Out 2014.

SCHNEIDER, **Manual e Catálogo do Eletricista**. Disponível em: <[http://www.profibus.org.br/news/outubro2008/newhttp://www.schneiderelectric.com.br/documents/electricians/manual\\_industrial\\_e\\_infra-estrutura.pdf](http://www.profibus.org.br/news/outubro2008/newhttp://www.schneiderelectric.com.br/documents/electricians/manual_industrial_e_infra-estrutura.pdf)>. Acesso em: 20 Out 2014.

SESTITO, Guilherme S. **Uso de Internet na Automação Industrial**. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce28032012-093322/?&lang=br>>. Acesso em 05 Out 14.

SIEMENS simatic s7-1200 para micro automação: compacto e potente. Disponível em: <<http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/s7-cm/s7-1200/pages/default.aspx>>. Acesso em 19 Out 2014.

SIEMON, Ethernet IP. Artigo Internet. Disponível em: <<http://www.siemon.com/br/whitepapers/ethernet-ip.asp>>. Acesso em 04 Out 14.

SIQUEIRA, Ethevaldo. **Para Compreender o Mundo Digital**. 1Ed. São Paulo: Globo, 2008.

TEIXEIRA, Rafael; LACERDA, Daniel P.; ANTUNES, Junico; VEIT, Douglas. **Estratégia de Produção**. 1 Ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

VIEIRA, Zânia Maria Rios Aguiar. **Metamorfose no Trabalho Industrial**. Rio de Janeiro: E-Papers, 2009.

WOMACK, J.P; Jones, D.T; Roos, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Editora Campus, 1992, ISBN 85-7001-742-1.

**ANEXO A – Fotos do desenvolvimento da estrutura mecânica**

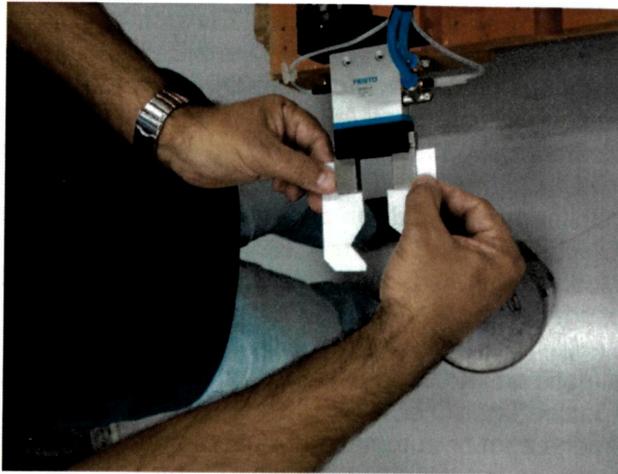


Figura 151: Garra de papel simulando a garra final  
Fonte: Autores

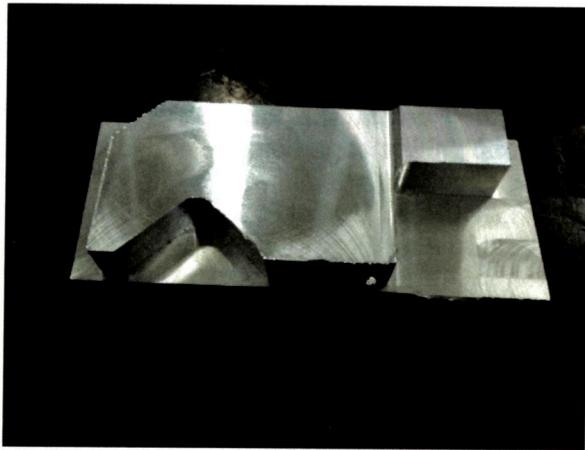


Figura 152: Etapa de produção da garra mecânica  
Fonte: Autores



Figura 153: Etapa de desenvolvimento da garra mecânica  
Fonte: Autores

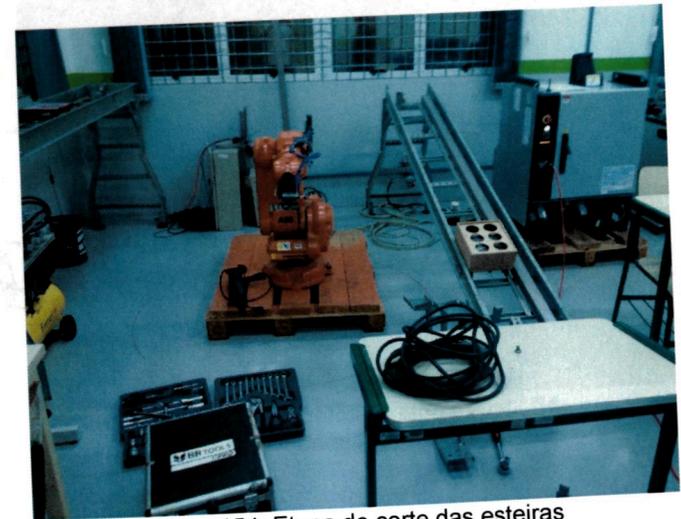


Figura 154: Etapa de corte das esteiras  
Fonte: Autores

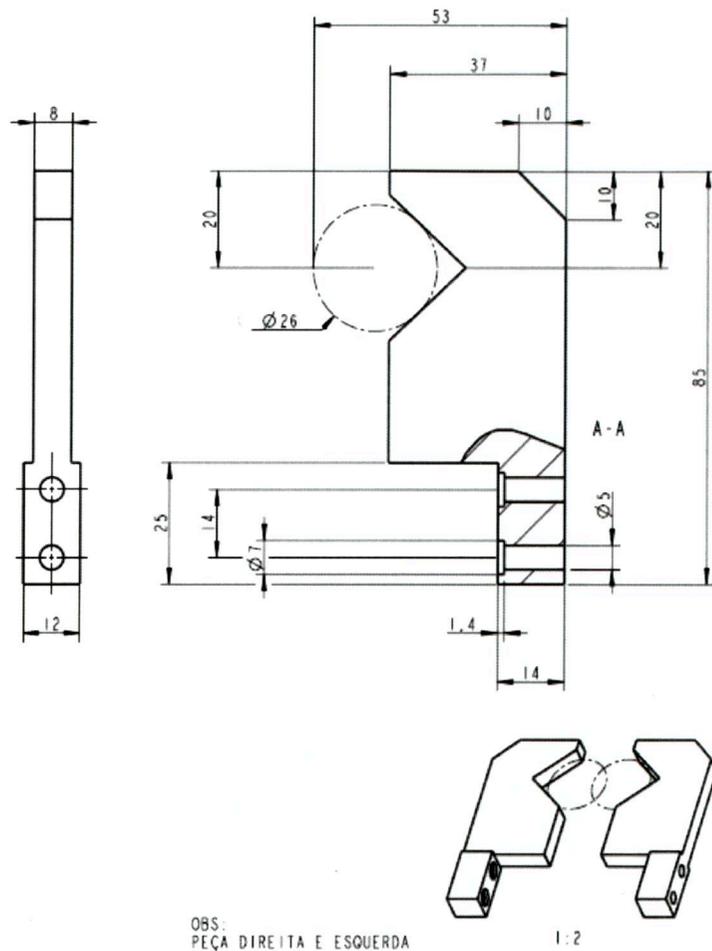


Figura 155: Projeto da garra  
Fonte: Autores



Figura 156: Caixa de transporte  
Fonte: Autores

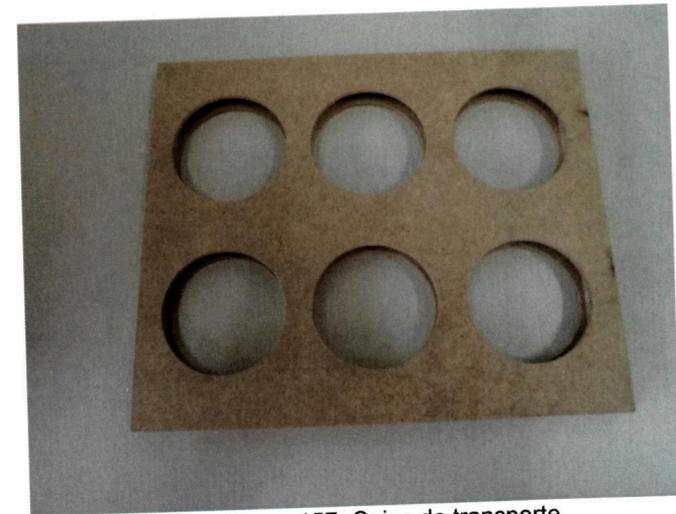


Figura 157: Caixa de transporte  
Fonte: Autores



Figura158: Caixa de transporte  
Fonte: Autores

ANEXO B – Fotos dos testes com o robô ABB.



Figura159: Teste robô ABB  
Fonte: Autores

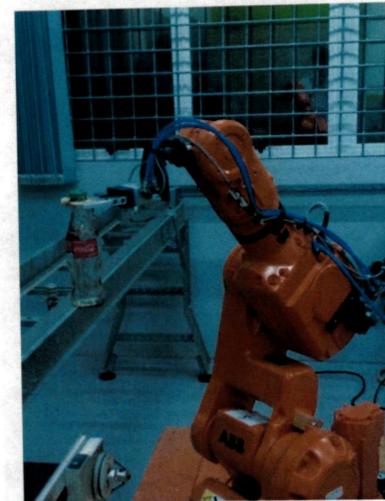


Figura160: Teste robô ABB  
Fonte: Autores



Figura161: Teste robô ABB  
Fonte: Autores



Figura162: Teste robô ABB  
Fonte: Autores

GRUPO EDITORIAL  
LIVRARIA SARAIVA  
RÔNICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CAMPUS JOINVILLE  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM  
ENGENHARIA INDUSTRIAL

BRIAN CHAGAS BUENO  
MATEO DE MASCARENHO

PROTÓTIPO DE UMA CÉLULA FLEXÍVEL ROBOTIZADA  
DIDÁTICA INTEGRADA EM UM MICRO-ROBÔ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

29.8

Bueno, Brian Chagas  
Protótipo de uma célula flexível  
144721



JOINVILLE 2014