

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

EVERTON LUIS DOS ANJOS DE SOUZA

JOÃO DE OLIVEIRA JUNIOR

ESTUDO DE CASO DE AUTOMATIZAÇÃO DE CORTADOR ELÉTRICO DE PISOS

JOINVILLE

Setembro/2017

EVERTON LUIS DOS ANJOS DE SOUZA

JOÃO DE OLIVEIRA JUNIOR

ESTUDO DE CASO DE AUTOMATIZAÇÃO DE CORTADOR ELÉTRICO DE PISOS

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.

Professor orientador: Mestre Jorge Roberto
Guedes.

JOINVILLE

Setembro/2017

Souza, Everton Luis dos Anjos
Junior, João de Oliveira
Estudo de Caso de Automatização de Cortador Elétrico
de Pisos / Everton Luis dos Anjos. João de Oliveira
Junior ; Orientação de Jorge Roberto Guedes. Joinville,
SC, 2017.
151 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto
Federal de Santa Catarina, Câmpus Joinville. Superior
de Tecnologia em Mecatrônica.
Inclui Referências.

1. Mecatrônica. 2. Cortador de Pisos Cerâmicos.
3. Automatização. 4. Motor de Passo. I. Guedes, Jorge Roberto.
II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. Estudo de Caso
de Automatização de Cortador Elétrico de Pisos.

EVERTON LUIS DOS ANJOS DE SOUZA
JOÃO DE OLIVEIRA JUNIOR

ESTUDO DE CASO DE AUTOMATIZAÇÃO DE CORTADOR ELÉTRICO DE PISOS

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Joinville, 27 de Setembro de 2017

Prof. Jorge Roberto Guedes, Me.

Orientador

Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Jefferson Luiz Jeronimo, Me.

Instituto Feral de Santa Catarina

Prof. Michael Klug, Dr.

Instituto Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde e força para superar as dificuldades. A este instituto, seu corpo docente, direção e administração que nos proporcionaram toda ajuda possível. Ao nosso orientador Jorge Guedes, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos. Aos pais e namorada, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. A ajuda de todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

RESUMO

Este estudo desenvolveu o projeto de automatização de uma máquina de corte de pisos cerâmicos da marca Cortag, modelo Zapp 200. Juntamente com a automatização do processo de corte, este projeto também tem o objetivo de tornar a máquina mais segura, tanto para o operador, quanto para outros trabalhadores que possam estar próximos da zona de risco. O projeto engloba o uso de um CLP, para comandar a máquina e o movimento de corte, que utiliza um motor de passo acoplado a um fuso de esferas. O programa do CLP foi desenvolvido em linguagem Ladder, o projeto mecânico com auxílio do software Solidworks, o programa supervisório utilizando o software Elipse Scada, e o projeto elétrico foi elaborado levando em conta as especificações dos componentes utilizados. Após a conclusão do projeto, foram levantados os custos dos componentes principais utilizados no seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Mecatrônica, Cortador de Pisos Cerâmicos, Cortag Zapp 200, Automatização, Motor de Passo.

ABSTRACT

This study has developed the automation project for a tile-cutting machine of the brand Cortag, model Zapp 200. Together with the automation of the cutting process, this project also aims to make the machine safer for both the operator and the other workers who may be close to the danger zone. The design encompasses the use of a PLC for machine control and the cutting motion uses a step motor coupled to a ball screw. The PLC program was developed in Ladder language, the mechanical design was aided by solidworks software, a supervisory program was done using Elipse Scada software and electrical project was done taking into account the specifications of the components used. After completion of the project, the costs of most of the components used in its development were listed.

Keywords: Mechatronics, Tile Cutter, Cortag Zapp 200, Automatization, Step Motor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cortag Zapp 200	21
Figura 2 - Tela do Programa Solidworks	22
Figura 3 - Tela do Programa Auto Cad	23
Figura 4 - Tela do Programa Elipse Scada.....	24
Figura 5 - Tela do Programa Simatic.....	25
Figura 6 - Fuso de esferas	25
Figura 7 - Mancal	27
Figura 8 - Motor de Passo	28
Figura 9 - Driver de Motor de Passo	29
Figura 10 - Três módulos do CLP	30
Figura 11 - CLP S7-200	31
Figura 12 - Sinal PTO.....	32
Figura 13 - IHM	33
Figura 14 - Botoeira de Emergência.....	33
Figura 15 - Chave Fim de Curso	34
Figura 16 - Fonte Chaveada.....	35
Figura 17 - Fonte Chaveada.....	35
Figura 18 - Contator	36
Figura 19 - Disjuntor.....	37
Figura 20 - Pedal de Segurança.....	37
Figura 21 - Grade de Segurança.....	38
Figura 22 - Base da Máquina	41
Figura 23 - Base da Usinagem	42
Figura 24 - Máquina Original.....	42
Figura 25 - Máquina Final Adaptada	43
Figura 26 - Inserção da Grade de Segurança	44
Figura 27 - Abertura para posicionamento dos pisos	45
Figura 28 - Pedestal de Comando.....	45
Figura 29 - Pedestal de Comando.....	46
Figura 30 - Pedestal de Comando.....	46
Figura 31 - Projeto Mecânico Completo	47
Figura 32 - Gráfico de desempenho do motor de passo	59

Figura 33 - Gráfico de desempenho do motor de passo	59
Figura 34 - Conversor Serial	60
Figura 35 - Esquema elétrico de potência	62
Figura 36 - Esquema elétrico de comando.....	63
Figura 37 - Esquema elétrico de comando.....	64
Figura 38 - Driver Siemens M-Prot.....	65
Figura 39 - Aplicação Elipse Scada	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações Cortag zapp 200	20
Tabela 2 - Especificações Fuso Kalatec	26
Tabela 3 - Especificações do Motor de Passo	28
Tabela 4 - Especificações do Motor de Passo	28
Tabela 5 - Especificações Driver de Motor de Passo	30
Tabela 6 - Especificações Iniciais do Projeto	40
Tabela 7 - Cálculo de Torque	52
Tabela 8 - Cálculo de Torque	57
Tabela 9 - Orçamento sem IHM	67
Tabela 10 - Orçamento com IHM	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D – Três Dimensões

A – Ampere

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Bit – Binary Digit

CAD – Computer-aided Design

CLP – Controlador Logico Programável

CV – Cavalo-Vapor

F+N+T – Fase, Neutro e Terra

Hz - Hertz

I/O – Inputs/Outputs (Entradas/Saídas)

IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina

IHM - Interface Homem Máquina

ISO - International Organization for Standardization

kg – quilograma

kgf – quilograma força

kgf.cm – quilograma força centímetro

LED - Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)

m/min – metros por minuto

m/s – metros por segundo

m/s² - metros por segundo ao quadrado

mm - milímetros

mm/min – milímetros por minutos

N – Newton

N.m – Newton metro

NBR – Norma Brasileira aprovada pela ABNT

NR12 - Norma Regulamentadora 12

PLC – Programmable Logic Controller (Controlador Logico Programável)

PPS – Pulsos por Segundo

PTO – Pulse Train Output (Saída de Trem de Pulsos)

PWM – Pulse Width Modulation (Modulação por Largura de Pulso)

Rad/s – Radianos por segundo

Rad/s² - Radianos por segundo ao quadrado

RPM – Rotações por minuto

s – Segundos

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition (Sistema Supervisório e Aquisição de Dados)

V – Volts

Vca – Volts em corrente alternada

Vcc – Volts em corrente continua

Vdc – Volts of Direct Current (Volts em tensão continua)

W - Watts

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivo Geral.....	16
1.2	Objetivo Específicos	16
1.3	Justificativa.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	Automação.....	18
2.2	Automação x Automatização	19
2.3	Mecatrônica Industrial	19
2.4	Cortag Zapp 200	20
2.5	Softwares	21
2.5.1	Solidworks	21
2.5.2	AutoCAD	22
2.5.3	Elipse SCADA	23
2.5.4	Simatic Step 7	24
2.6	Componentes e Dispositivos	25
2.6.1	Fuso de Esferas	25
2.6.2	Mancal.....	26
2.6.3	Motor de Passo	27
2.6.4	Driver de Motor de Passo.....	29
2.6.5	Controlador Lógico Programável (CLP).....	30
2.6.6	PTO (Pulse Train Output).....	31
2.6.7	IHM (Interface Homem Máquina)	32
2.6.8	Botoeiras de emergência.....	33

2.6.9	Chave Fim de Curso.....	34
2.6.10	Fonte Chaveada.....	34
2.6.11	Contator.....	35
2.6.12	Disjuntor	36
2.6.13	Pedal de Segurança	37
2.6.14	Grade de Segurança	38
3	METODOLOGIA	39
3.1	Concepção do projeto.....	39
3.2	Diretivas e Especificações do Projeto.....	39
3.3	Alterações do Escopo.....	40
3.4	Projeto Mecânico.....	41
3.5	Pedestal de Comando	44
3.6	Funcionamento da Máquina	47
3.6.1	Condições Gerais de Operação e Setup	47
3.6.2	Ciclo de Corte.....	48
3.7	Cálculos e Dimensionamentos	49
3.7.1	Dimensionamento do Fuso de Esferas.....	49
3.7.2	Cálculos de Torque	51
3.7.3	Dimensionamento do Motor de Passo.....	58
3.8	Controlador Lógico Programável (CLP).....	60
3.8.1	Comunicação e I/O do S7200	60
3.8.2	CLP Siemens S7-200	61
3.9	Projeto Elétrico.....	61
3.10	Elipse SCADA	65
3.11	Orçamentos do Projeto.....	66

3.11.1	Orçamentos sem IHM.....	66
3.11.2	Orçamentos com IHM.....	68
4	RESULTADOS OBTIDOS	71
4.1	Dificuldades Encontradas	71
4.2	Considerações Adicionais.....	72
5	CONCLUSÕES	73
5.1	Trabalhos Futuros	73
	REFERÊNCIAS.....	75
	APÊNDICE A – PROJETO MECÂNICO	77
	APÊNDICE B – PROJETO ELÉTRICO	89
	APÊNDICE C – PROGRAMA DO CLP.....	93
	APÊNDICE D – TABELAS	122
	APÊNDICE E – UTILIZAÇÃO RECURSO PULSE OUTPUT WIZARD	123
	APÊNDICE E – CONFIGURAÇÃO ELIPSE SCADA.....	129

1 INTRODUÇÃO

A automatização de processos vem sendo inserida em nossa sociedade há diversos anos. Através dela conseguimos ganhos consideráveis em tempo, qualidade e segurança nos processos, possibilitando a remoção do operador de situações perigosas, bem como a eliminação de esforços repetitivos. Proporciona aumento no lucro para as empresas, comparado aos processos manuais dos séculos passados. A automação baseia-se em um conjunto de métodos, realizando a integração de equipamentos físicos (hardwares) e programas destinados ao controle destes equipamentos (software).

Através da automação o mundo passou a ter excelentes resultados nas linhas de produção industrial e encontrou um meio de resolver problemas de qualidade e produção. No entanto, pequenos e médios empresários, em especial no Brasil, devido às dificuldades tecnológicas e altos custos de importação, encontram-se em uma encruzilhada (ROLIM, 2017), estes itens fazem com que países de terceiro mundo como o nosso, estejam atrasados economicamente perante os outros.

Este projeto visa explicar, quantificar e projetar a automação de um cortador elétrico ZAPP 200 da marca Cortag. O mesmo mede 1,20 metros de comprimento, e está em posse de uma construtora que o utiliza para cortar as cerâmicas em suas obras.

A automação da máquina reduzirá o esforço físico do operador, o removendo de um processo onde o mesmo está exposto a movimentos repetitivos, aumentando a segurança.

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo de implementação de automatização em cortador de pisos cerâmicos, que proporcione ao usuário final e aos trabalhadores em sua volta uma plena segurança, a qual será comprovada neste projeto.

1.2 Objetivo Específicos

- Executar o projeto de automatização de um cortador elétrico de pisos cerâmicos;
- Elaborar projeto mecânico da máquina;
- Desenvolver a programação dos comandos para o CLP;
- Compor o projeto em Elipse SCADA da operação citada anteriormente;
- Levantamento de projeto e orçamentos;
- Definição dos melhores componentes, considerando a relação custo x benefício;
- Diminuir o esforço físico do operador da máquina, garantindo sua segurança.

1.3 Justificativa

O fator inspirador que motivou o desenvolvimento deste projeto foi agregar o máximo de matérias utilizadas ao longo do curso de Mecatrônica, proporcionando assim uma mescla de fatores que fazem com que este projeto cubra as áreas da mecânica, elétrica e eletrônica.

Através do estudo que será realizado neste trabalho, será obtido um maior conhecimento dessa tecnologia, visando condições melhores de trabalho ao operador, retirando-o de processos perigosos e repetitivos.

Futuramente, com maiores aperfeiçoamentos, o projeto poderá ser utilizado em maquinário maior, ou em outros tipos de máquinas de corte.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo aborda os aspectos mais relevantes a respeito do estudo desenvolvido, os resultados e análises finais de complemento para a modificação estabelecida. Também aborda o conceito de mecatrônica e as técnicas de automação voltada a um dispositivo industrial, assim como, os componentes e softwares utilizados em um cortador de pisos cerâmicos elétrico.

2.1 Automação

Automação de origem grega autómatos, significa mover-se por si ou que se move sozinho. Ela começou a se popularizar nos anos dourados, por volta da década de 50, porém o ser humano já tentava “automatizar” seus processos desde o século XVIII, quando a grande Inglaterra mostrava ao mundo os avanços no sistema agrário e artesanal.

Esta área de atuação é muito visada dentro do curso de Mecatrônica Industrial, o qual este trabalho é pré-requisito para a formação. A Automação nos dias de hoje é o que torna os processos mais ágeis, lucrativos e menos perigosos ao ser humano.

De acordo com (ROSARIO, 2009), a integração da automação industrial nasceu, na prática, com Henry Ford em meados de 1920, quando este criou a linha de montagem do modelo T com o intuito de aumentar a produtividade, reduzir custos de produção e garantir a segurança dos funcionários da fábrica.

De acordo com (ROSARIO, 2005), a automação industrial pode ser dividida em três classes: Automação fixa, utilizada quando o volume de produção é elevado, assim, a linha de produção é composta de diversas máquinas de comando numérico, chamadas estações de trabalho. À medida que as operações são terminadas, as peças são transferidas à outras estações, formando uma linha de produção fixa voltada apenas para um tipo de produto. Automação flexível, voltada para um volume de produção médio e aliada à flexibilidade, permite que sejam fabricados diversos produtos ao mesmo tempo, decorrente da interação da engenharia mecânica com tecnologias eletrônicas e sistemas de informação e a Automação programável, voltada para um volume de produção baixo e diversificada,

efetuada em pequenos lotes, dessa forma, os equipamentos devem ser reprogramados a cada novo lote.

2.2 Automação x Automatização

Conforme já dito nos parágrafos anteriores a Automação é um sistema automático de controle que mede, verifica e corrige seu próprio funcionamento, sem a necessidade de interferência humana, diferente assim do conceito de automatização, que se define como à realização de movimentos automáticos, repetitivos e mecânicos, acarretam em ação cega, sem reparações, como exemplos históricos podem-se citar as antigas rodas d'água, os pilões e os moinhos tidos como típicos sistemas automatizados (ROSÁRIO,2009), desta forma esse estudo trata sobre automatização, onde correções no processo dependem do operador.

2.3 Mecatrônica Industrial

Conforme (ROSARIO, 2009), toda empresa, como organismo vivo, segue um ciclo de nascimento, juventude, maturidade, declínio e eventualmente a morte. Para evitar o declínio, a empresa precisa buscar um novo ciclo, se atualizar, e um desses caminhos claro é a introdução da mecatrônica.

Em um conceito básico, a Mecatrônica tem o intuito de abranger um vasto campo das engenharias, mecânica, elétrica e de automação industrial. O profissional que segue este tipo de ensino tende a exercer funções no mercado de trabalho que realizam automatização de processos, assim como projetos, instalações, manutenções e integração desses processos.

Assim, a formação em mecatrônica deve se basear em (ROSARIO,2009) :

Conceitos básicos sólidos e os mais abrangentes possíveis, incluindo modelagem de sistemas, simulação, controle, cinemática e dinâmica de sistemas mecânicos e mecatrônicos. Visão multidisciplinar e sistêmica abrangendo mecânica, eletroeletrônica e informática. Aprendizado baseado na experimentação com vistas a eliminar o fosso existente entre o projeto meramente acadêmico e o mundo real, com suas limitações e compromissos entre a técnica, o custo e as idiosincrasias do mercado consumidor.

Os próximos capítulos têm como objetivo explicar os principais componentes e dispositivos no desenvolvimento do estudo deste artigo, e é de suma importância ter um conceito básico do entendimento dos principais itens que serão citados a seguir.

2.4 Cortag Zapp 200

É a máquina alvo deste estudo de automatização. O Cortag Zapp 200 é um cortador elétrico de pisos cerâmicos e porcelanatos, com sistema de limpeza embutido, possuindo bandeja removível para apoio das peças, assim como pé de apoio retrátil, facilitando assim o transporte dela para outros lugares mais rapidamente, favorecendo a operação dos seus usuários, podendo ser trasladada de obra em obra.

O motor de corte utilizado na Cortag Zapp 200 é monofásico e de potência de $\frac{3}{4}$ CV e 3500 RPM, as especificações da máquina podem ser visualizadas na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Especificações Cortag Zapp 200

Modelo	Cortador Elétrico Zapp 200
Comprimento máximo de corte	900 mm
Tamanho máximo de piso para corte diagonal	620 mm x 620 mm
Espessura máxima de corte	35 mm
Tensão	220 V
Potência	900 W
Diâmetro do disco	200 mm
Comprimento	1220 mm
Largura	450 mm
Altura	1440 mm
Peso do produto	47,5 Kg

Fonte: Os autores

A estrutura da Cortag Zapp 200 pode ser visualizada conforme figura 1 abaixo.



Figura 1 – Cortag Zapp 200

Fonte: <https://www.cortag.com.br/cortador-eletrico-zapp-200>

Acesso em 11/05/2017.

2.5 Softwares

Neste tópico serão abordados os softwares utilizados para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

2.5.1 Solidworks

Solidworks foi o software usado para elaboração do projeto mecânico da máquina, ele é um software do tipo CAD e foi através dele que criamos as adaptações necessárias para a automatização completa da máquina. O software foi utilizado na matéria de desenho técnico II, que nos deu a base para realização do projeto.

O software do tipo CAD como relata (LEÃO, 2007):

Do inglês Computer-aided design, o que significa que o sistema foi criado para ajudar o usuário a alcançar o seu objetivo da forma mais rápida possível, usando o poder dos computadores para processamento.

Na figura 2 temos um exemplo da tela do programa utilizado em sua versão 2016.

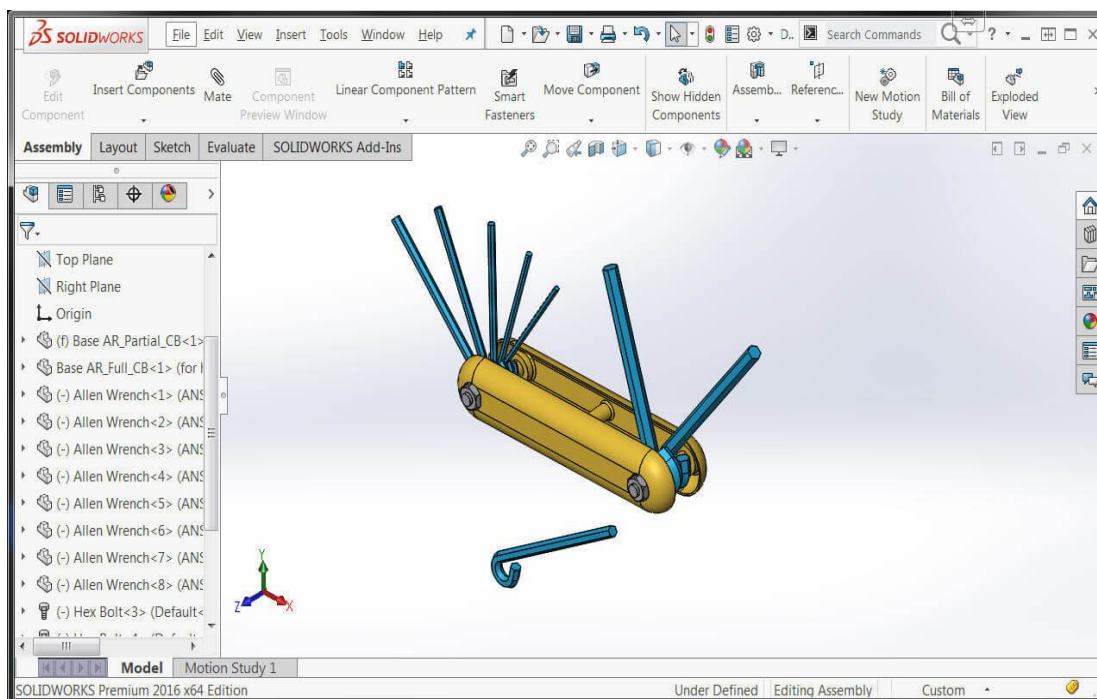


Figura 2 – Tela do Programa Solidworks

Fonte: <http://www.javelin-tech.com/blog/2016/01/solidworks-2016-component-preview-window/>
Acesso em 11/05/2017.

2.5.2 AutoCAD

O AutoCad, assim como o Solidworks, é um software de CAD. Ele foi utilizado para a realização dos desenhos em 2D, ou seja, de duas dimensões. Este software está no mercado desde 1992 e a versão utilizada neste projeto foi a de 2016.

É um software fundamental para qualquer estudante de Tecnologia ou Engenharia, que foi também apresentado nas aulas de Desenho Industrial II, e através destas aulas se obteve o conhecimento para executar as plantas.

Conforme (Baladi, 2017):

Hoje são raros os casos em que o profissional desenvolve o projeto completamente à mão. Por isso, dominar o AutoCAD é essencial para todo estudante de engenharia que quer, desde cedo, encontrar seu lugar no mercado de trabalho.

Na figura 3 temos um exemplo da tela do programa:

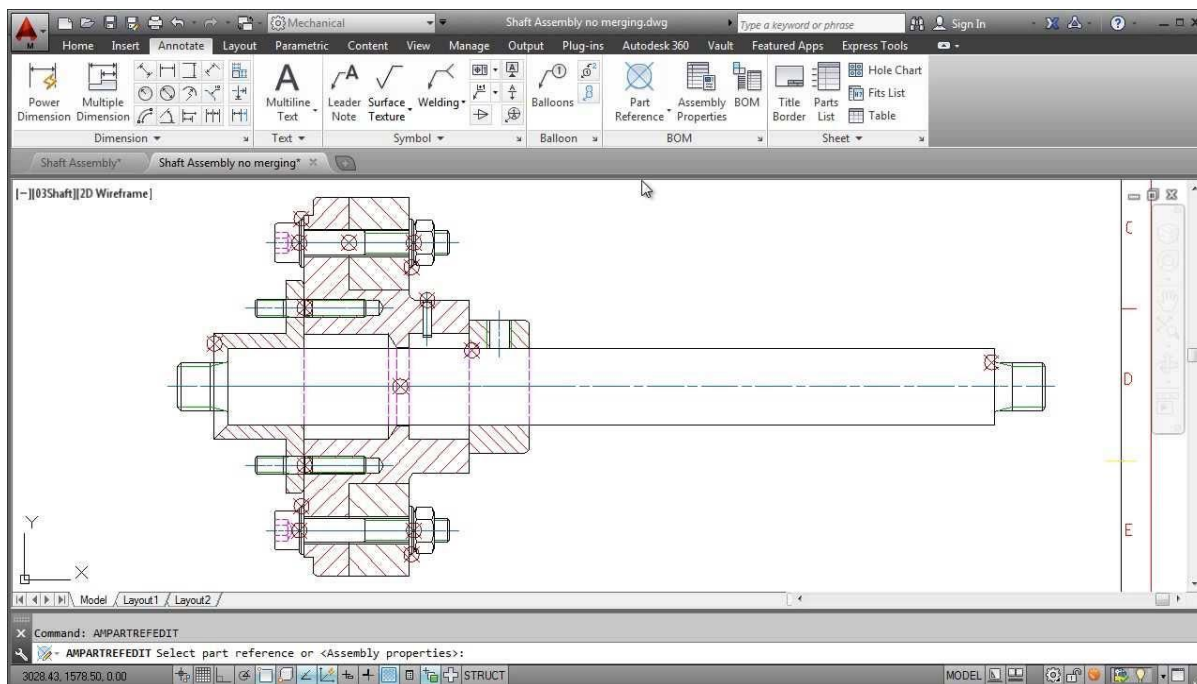


Figura 3 – Tela do Programa Auto Cad

Fonte: <http://drawautocad.blogspot.com.br/p/autocad-mechanical.html>

Acesso em 11/05/2017.

2.5.3 Elipse SCADA

O Elipse SCADA é um software de sistema supervisório. Com ele é possível monitorar o estado de sensores, máquinas, CLPs e afins, também é possível enviar comandos de controle para sistemas automatizados.

Neste projeto o SCADA foi utilizado para monitorar o estado da máquina, e enviar os comandos de controle para o CLP (Controlador Lógico Programável).

Resumindo as funções de um sistema supervisório (MOTT,2017):

Basicamente, destina-se à capturar e armazenar em um banco de dados, informações sobre um processo de produção. As informações vem de sensores que capturam dados específicos (conhecidos como variáveis de processo) da planta industrial.

O Elipse SCADA é um software completo quando leva-se em consideração supervisão (TUTORIAL ELIPSE SCADA ,2015):

Alia alto desempenho e grande versatilidade representados em seus diversos recursos que facilitam e agilizam a tarefa de desenvolvimento de sua aplicação. Totalmente configurável pelo usuário, permite a monitoração de

variáveis em tempo real, através de gráficos e objetos que estão relacionados com as variáveis físicas de campo.

Na figura 4 temos um exemplo da tela do programa utilizado em sua versão Elipse DemoV2.29.

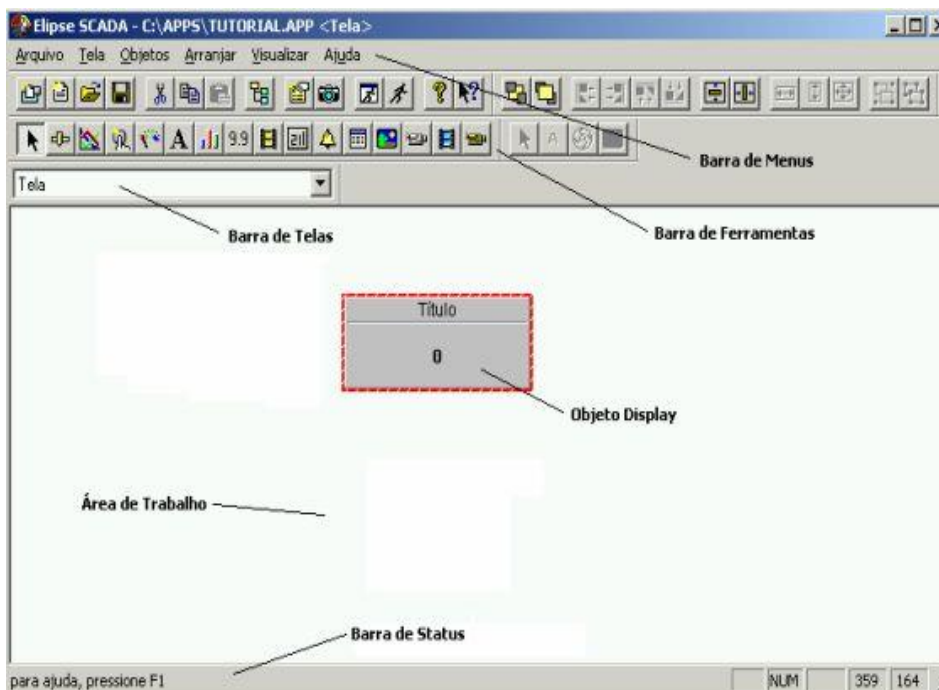


Figura 4 – Tela do Programa Elipse Scada

Fonte: <http://www.tutorzone.com.br/tutorial-elipse-scada/>

Acesso em 11/05/2017.

2.5.4 Simatic Step 7

A linguagem de programação utilizado no projeto deste artigo é Ladder, considerada de baixo nível, geralmente utilizada para programar CLPs. A versão utilizada é a STEP 7 V4.0. O software e a versão utilizada estão diretamente ligados ao CLP escolhido para a automação deste processo, informa (ROSARIO, 2009):

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.

Na figura 5 temos um exemplo da tela do programa:

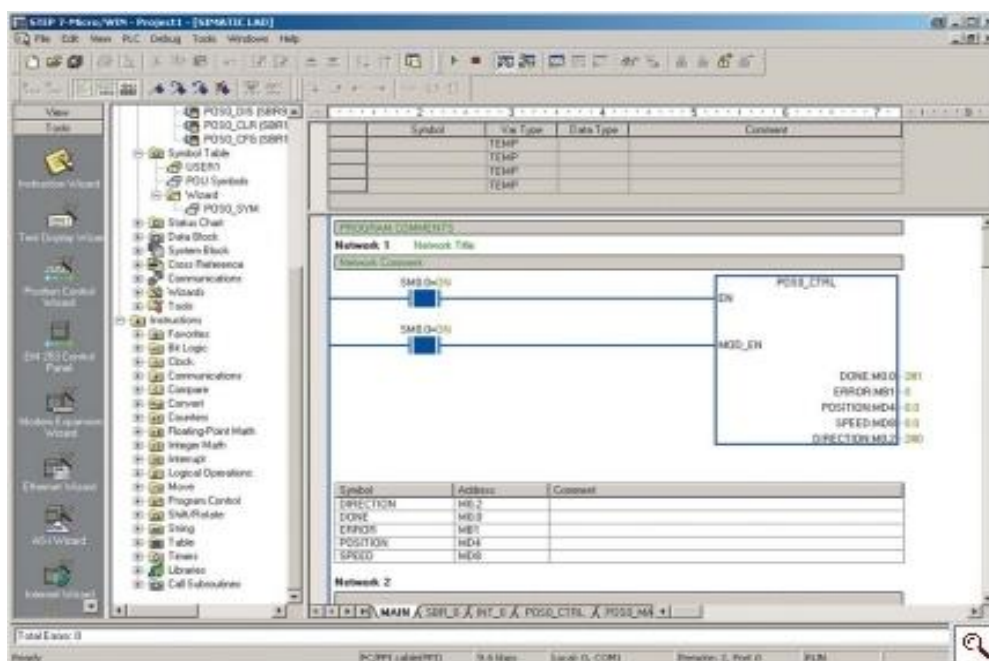


Figura 5 – Tela do Programa Simatic

Fonte: <http://www.vr-master.com/simatic-controller-siemens-automation-software.html>
Acesso em 11/05/2017.

2.6 Componentes e Dispositivos

Os componentes eletrônicos e mecânicos são essenciais para o funcionamento correto do projeto. Com o passar dos anos, e o avanço da tecnologia foram desenvolvidos componentes que possuem aplicações distintas na mecânica, elétrica e eletrônica. Neste trabalho iremos explicar como cada componente funciona e suas características básicas.

Os dispositivos são elementos estruturais ou circuitos formados por partes menores que trabalham em conjunto, como por exemplo, motores, telas LCD e módulo GSM. (BRAGA, 2016).

2.6.1 Fuso de Esferas

O fuso de esferas é o componente responsável pela movimentação do motor de corte deste projeto, ele transforma movimentos rotacionais em movimentos lineares.

O fuso pode ser considerado um eixo. Conforme (MELCONIAN, 2008) são elementos de construção mecânica, que se destinam a suportar outros elementos de construção, com a finalidade de transmitir movimento.

O fuso escolhido pelos autores foi o do tipo de esferas, por possuir um rendimento muito mais elevado do que os fusos do tipo trapezoidal. O fuso de esferas é utilizado para amenizar impactos em um sistema integrado, conforme podemos verificar na figura 6 e suas especificações na tabela 2.



Figura 6 – Fuso de esferas

Fonte: <http://www.kalatec.com.br/produtos/fusos-de-esferas>

Acesso em 16/05/2017.

Tabela 2 – Especificações Fuso Kalatec

Fuso esferas Laminado	Classe de Precisão C07
Erro máximo	0,05mm/315mm
Fuso de Esfera Diâmetro	16mm
Fuso de Esfera Passo	5,0 mm
Capacidade de carga dinâmica (Ca)	1380Kg
Capacidade de Carga Estática (C0a)	3052Kg
Rendimento	95%
Sentido da Rosca	direita
Flange	DIN 69051 FORM B

Fonte: Os autores

2.6.2 Mancal

Os mancais são elementos de sustentação, e servem de apoio para os outros componentes. No trabalho em questão, será o elemento responsável pelo apoio do fuso de esferas na estrutura da máquina.

Os mancais de extremidade para fusos são elementos mecânicos essenciais para garantir o sucesso na aplicação dos fusos de esferas, de modo a garantir a pré-carga e a precisão do sistema. (KALATEC, 2017)

Podemos verificar na figura 7 a seguir, o mancal de extremidade.



Figura 7 – Mancal

Fonte : <http://www.kalatec.com.br/mancais-de-extremidade>

Acesso em 16/05/2017.

2.6.3 Motor de Passo

O uso do motor de passo para nosso estudo deve-se ao fato de o mesmo possibilitar o controle da sua velocidade de forma precisa, mesmo num sistema de malha aberta.

O motor de passo é um motor do tipo corrente contínua. Ele transforma energia elétrica em energia mecânica. Ele está acoplado ao fuso de esferas formando o sistema de movimentação que tornam possível a automatização da máquina.

É definido conforme (UNESP,2016):

Os motores de passo giram com uma dada velocidade independentemente da carga, desde que a carga não exceda o torque do motor. Sendo assim ele possui uma excelente resposta a partida, parada e a reversão de movimento.

As especificações do motor de passo utilizado como base para o desenvolvimento do projeto podem ser visualizadas nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Especificações do Motor de Passo

Nema	Conexão		Holding torque (Kgf.cm)	Corrente de pico (A/fase)	Resistência (Ω/fase)	Indutância (mH/fase)
		Série	10	5,4	2,6	12
		Paralela	7	2	0,65	3
	Unipolar			3,7	1,3	3

Fonte: Os autores

Tabela 4 – Especificações do Motor de Passo

Item	Especificação
Ângulo do passo	1,8°
Número de passos	200
Enrolamento	Espiras bifilares
Temperatura máx. de operação	80 °C
Temperatura ambiente	-10 °C ~ 50 °C
Resistência de Isolação	100 Ω / 500 Vdc
Rigidez dielétrica	5- Vac / 1 min.
Classe de isolação	B
Quantidade de fios	8
Peso	1 Kg

Fonte: Os autores

Na figura 8 temos um motor de passo.

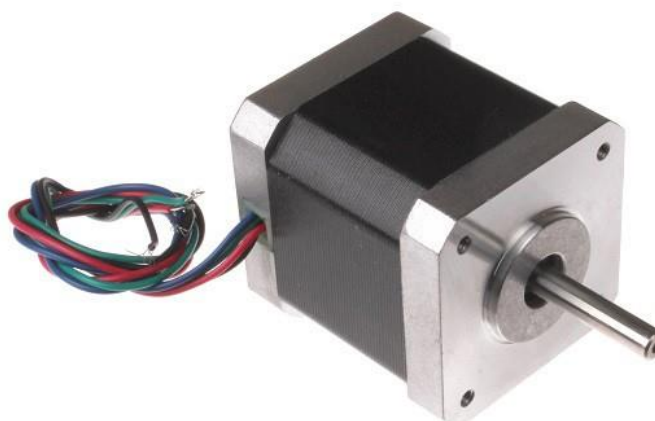


Figura 8 – Motor de Passo

Fonte: <https://www.embarcados.com.br/wp-content/uploads/2015/08/motor-de-passo-destaque-.jpg>

Acesso em 16/05/2017.

2.6.4 Driver de Motor de Passo

O driver para motor de passo é o dispositivo responsável por comandar o mesmo, controlando a corrente que alimentará as bobinas do motor. O comando ocorre de acordo com um sinal de trem de pulsos (PTO) enviado ao driver por um controlador, no caso desse projeto o sinal é enviado pelo CLP. A cada pulso recebido pelo driver, um passo é executado no motor de passo.

Esse dispositivo também permite trabalhar com micro-passos. Isso ocorre com o driver controlando a corrente que circula em cada bobina do motor de passo, de forma que o eixo do motor se mova por ângulos menores que um passo completo. Isso é utilizado para fazer com que o motor de passo tenha um movimento mais suave, reduzindo vibrações que possam afetar o sistema mecânico de máquinas.

Para execução desse projeto foi utilizado como base o driver de motor de passo AKDMP16-4.2A, do fornecedor Neoyoma, e pode ser visualizado na figura 9 a seguir.



Figura 9 – Driver de Motor de Passo

Fonte: <https://www.neyoma.com.br/>

Acesso em 29/05/17.

As especificações técnicas do driver estão disponíveis na tabela 5 abaixo.

Tabela 5 – Especificações técnicas driver de motor de passo

Símbolo	Descrição	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo	Unidade
Vin	Tensão de entrada	20	36	50	Vdc
Iout	Corrente de saída	1		4,2	A
Ilog	Corrente do sinal lógico	7	10	16	mA
Fmax	Frequência máxima	0	-	300	Khz
Tamb	Temperatura Ambiente	0	25	50	°C
Tstg	Temperatura de Armazenamento	-20	30	65	°C

Fonte: Os autores

2.6.5 Controlador Lógico Programável (CLP)

O CLP é um dispositivo para comandar e monitorar máquinas ou processos industriais e desempenha funções de controle através de softwares desenvolvidos pelo usuário.

Conforme livro habilitação técnica em eletrônica (FERES, 2014)

O CLP é basicamente um computador para aplicações industriais com três módulos básicos, bloco de memória, módulos de entrada e saída. Adicionalmente, o CLP possui os blocos: fonte de alimentação, terminal de programação, bloco de comunicações, interface homem-máquina.

Na figura 10, abaixo, retirada do livro habilitação técnica em eletrônica (FERES, 2014), explica-se o funcionamento do CLP e os seus três módulos.

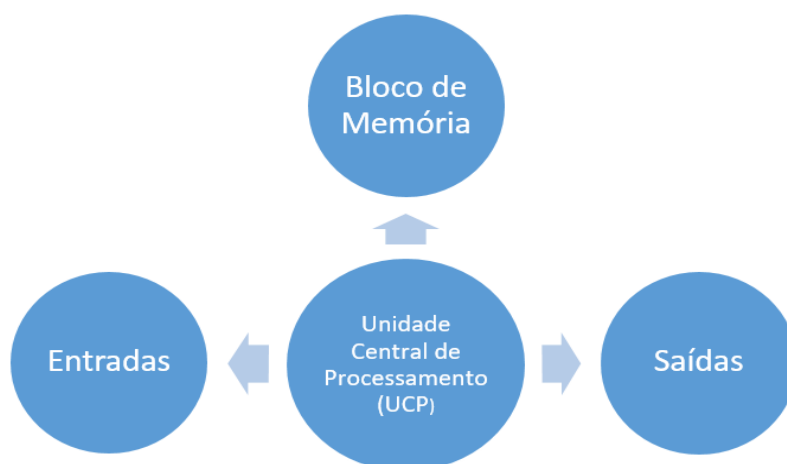


Figura 10 – Três módulos do CLP

Fonte: Livro Habilitação técnica em eletrônica (FERES, 2014)

Para a execução desse projeto foi utilizado como base o CLP S7-200 da fabricante Siemens, conforme figura 11 a seguir.



Figura 11 – CLP S7-200

Fonte: <http://www.plcacademy.com/wp-content/uploads/2015/06/cpu224-plc-module-siemens-s7-200.jpg>

Acesso em 29/05/17.

2.6.6 PTO (Pulse Train Output)

Saída de Trem de Pulso é o sinal utilizado pelo CLP para, com o auxílio do driver, comandar o motor de passo. Sempre que o sinal atingir nível lógico alto, um passo é executado, e alterando a frequência do sinal, a velocidade de rotação pode ser controlada.

O sinal PTO é um sinal similar ao PWM, porém no sinal PWM adota-se uma frequência fixa, e se controla o tempo que cada sinal fica em nível lógico alto em cada ciclo, geralmente por porcentagem do tempo de ciclo. Já o sinal PTO está sempre em nível alto por metade do ciclo, e nível baixo o restante, o controle ocorre somente na frequência do sinal.

O sinal se comporta conforme figura 12 abaixo.

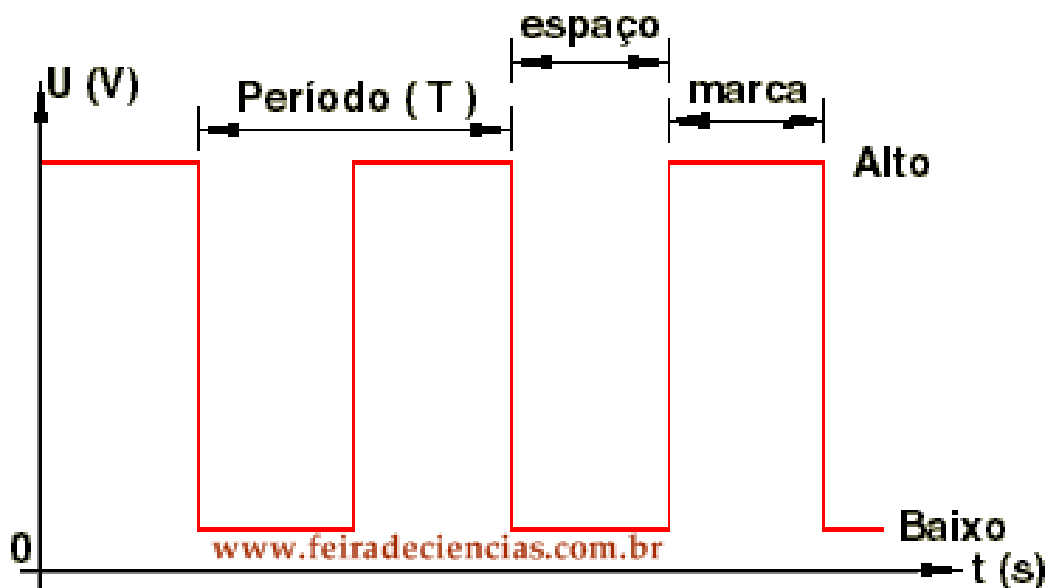


Figura 12 – Sinal PTO

Fonte: http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/image15/15_07_22.gif

Acesso em 29/05/2017.

2.6.7 IHM (Interface Homem Máquina)

A IHM é um dispositivo que possui um visor ou tela que faz o trabalho de comunicação entre a máquina e o trabalhador.

Conforme (AJ Automação, 2017):

Para entender do que se trata essa interação, é só pensar na forma como você se comunica com o seu computador. Se você quiser mandar imprimir uma folha, você visualiza um botão na tela do seu computador, clica e manda imprimir. A tela do seu computador é, neste caso, a IHM.

A IHM é importante neste trabalho, pois ela consegue auxiliar o operador e mantê-lo informado, mesmo ele não tendo capacidade de execução da máquina. Ela retratará todo o funcionamento, comando, e acompanhará todo o processo, auxiliando o operador a manter a ordem de execução, impossibilitando o mesmo a realizar alguma função que prejudique o processo ou a máquina.

Na figura 13 temos um exemplo de uma IHM.



Figura 13 – IHM

Fonte: <http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/ihm-automacao>

Acesso em 25/05/17.

2.6.8 Botoeiras de emergência

As botoeiras de emergência são dispositivos acionadores, sempre vermelhos do tipo cogumelo, que tem como finalidade parar o funcionamento da máquina, desabilitando seu comando. São monitoradas por CLP e relés de segurança e tem uma função de segurança muito importante, podendo prevenir diversos acidentes dentro das fábricas. Devem ficar acessíveis ao operador para que possam acionar rapidamente a parada. A seguir figura 14 que mostra exemplo de uma botoeira de emergência.



Figura 14 – Botoeiras de Emergência

Fonte: http://matelbastos.com.br/imagens.php?product_id=304

Acesso em 16/05/17.

2.6.9 Chave Fim de Curso

Segundo o site da fornecedora de chaves (SCHMERSAL, 2017):

Uma chave fim de curso é um termo genérico usado para referir-se a um comutador elétrico que é capaz de ser atuado por uma força física. Ela é muito comum devido ao seu pequeno custo e extrema durabilidade.

Pode ser considerada como um interruptor, sendo muito versátil, devido a isso é encontrado tanto em residências quanto na indústria. Sua função principal é avisar o comando, que determinada situação foi alcançada. Abaixo na figura 15 temos um exemplo de chave fim de curso.



Figura 15 – Chave Fim de Curso

<https://www.eletopecas.com/Produto/chave-fim-de-curso-metaltex-fm-7141>

Acesso em 25/05/17

2.6.10 Fonte Chaveada

Para energizar as cargas e dispositivos que necessitem de tensão contínua a fonte chaveada é o componente mais utilizado. Isso ocorre, pois possui rendimento superior, com menores dimensões, comparando-as as fontes lineares. A regulação do nível de tensão é feita através de um circuito comutador, que abre e fecha várias vezes por segundo, alterando a tensão média na carga, conforme figura 16 abaixo.

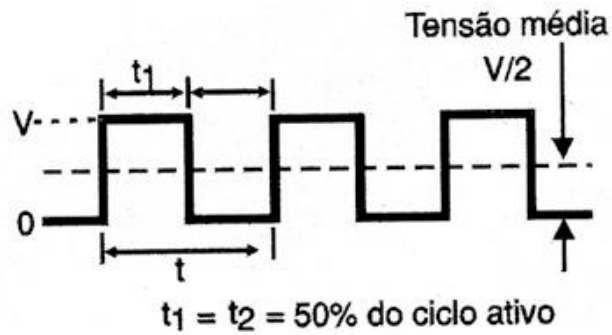


Figura 16 – Fonte Chaveada

Fonte: <http://www.newtoncbraga.com.br>

Acesso em 16/05/17..

Um circuito sensor é utilizado para monitorar a tensão de saída e regular o chaveamento conforme necessário. Isso manterá a tensão estável mesmo com alterações na carga. Mostra-se na figura 17 a fonte chaveada.



Figura 17 – Fonte Chaveada

Fonte: [http:// http://www.eletródex.com.br](http://www.eletródex.com.br)

Acesso em 16/05/17.

2.6.11 Contator

A função de um contator é chavear cargas, ligando ou desligando máquinas ou dispositivos. Com ele é possível controlar estas cargas através da energização de sua bobina. Quando a bobina é energizada, a mesma desloca os contatos elétricos, ocasionando o fechamento dos contatos. Quando a bobina é desenergizada, retorna

para sua posição original e desliga a carga. Na Figura 18 abaixo temos um exemplo de contator.



Figura 18 – Contator

Fonte: <http://www.lojaeletrica.com.br/contatores,dept,1003.aspx>

Acesso em 16/05/17

2.6.12 Disjuntor

O Disjuntor é um dispositivo eletromecânico que funciona como um interruptor automático, tendo como função proteger um circuito ou instalação, e assim preservando todo o esquema elétrico de danos ou de sobrecargas. Ele interrompe imediatamente a circulação de corrente para maior segurança.

Há alguns tipos de disjuntores, entre eles o térmico, magnético e termomagnético. Neste trabalho serão utilizados os disjuntores termomagnéticos que tem a junção de proteção tanto térmica quanto magnética. Esses equipamentos podem ser utilizados para ligar e desligar circuitos, além de protegê-los de superaquecimentos e curto circuitos. Os disjuntores são divididos comercialmente por sua faixa de corrente e polaridade. A seguir a figura 19 mostra um exemplo de disjuntor.



Figura 19 – Disjuntor

Fonte: http://www.lojaeletrica.com.br/images/product/F6BF8130403170219_zo.jpg

Acesso em 25/05/17.

2.6.13 Pedal de Segurança

O Pedal de Segurança é utilizado em acionamentos de máquinas nos quais a operação com as mãos não é possível, ou quando se deseja delimitar a posição do operador durante o funcionamento da máquina.

O pedal possui capa de proteção para evitar acionamentos involuntários. A Figura 20 abaixo mostra um exemplo de pedal de segurança.



Figura 20 – Pedal de Segurança

Fonte: <http://www.unisafety.com.br/wp-content/uploads/2016/05/pedaleira-de-comando-unisafety.jpg>

Acesso em 29/05/17.

2.6.14 Grade de Segurança

A grade de segurança tem a função de proteger o usuário que irá utilizar a máquina. Após a implementação da NR12 houve um aumento no uso de grades de segurança nas indústrias.

Há inúmeras regras para adaptação de grades em máquinas dentro da NR 12, divididas em tamanhos, posicionamentos, altura e definições de segurança. Neste artigo foi utilizada uma grade para proteção do usuário como forma segurança para que o mesmo não tenha acesso ao disco de corte, diminuindo assim a chance de acidentes.

Abaixo figura 21, exemplo de grade de segurança.

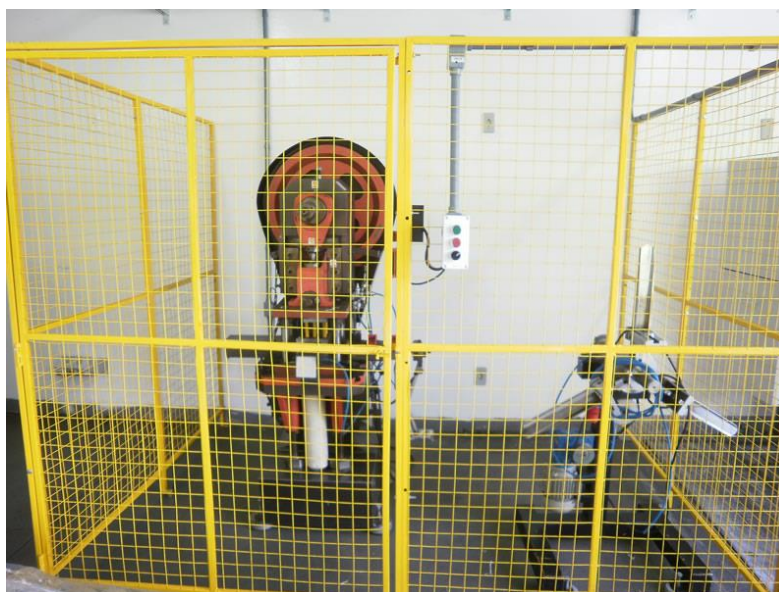


Figura 21 – Grade de Segurança

Fonte : <https://www.institutosc.com.br/web/blog/seguranca-do-trabalho-uso-de-epis-conforme-nr-06-e-nr-12-para-acougues>

Acesso em 25/05/17.

3 METODOLOGIA

Neste tópico será detalhado todo o desenvolvimento do projeto de automatização da máquina, abordando o conceito do projeto, a estrutura elétrica e mecânica, as programações e comunicações realizadas e o software supervisor.

As peças que fazem parte deste projeto, assim como, sua estrutura, foram desenvolvidas com o auxílio do software CAD Solidworks, os arquivos do programa estão inseridos na mídia digital que acompanham este trabalho, assim como, estará o programa do CLP, do supervisor, do projeto elétrico e orçamentos realizados.

3.1 Concepção do projeto

No início do desenvolvimento do projeto a ideia era simplesmente automatizar o processo de corte da Cortag Zapp 200, mantendo uma velocidade de avanço fixa sem adicionar recursos à máquina.

Durante o *brainstorm* (tempestade de ideias) inicial, foi decidido incluir a possibilidade de alteração na velocidade de avanço, redução da área efetiva de corte (visando acelerar o processo de corte de peças menores) e movimento da máquina para uma posição onde seja possível a troca do disco de corte. Tudo isso seria possível com o auxílio de um CLP, controlado e monitorado via o software Elipse SCADA.

3.2 Diretivas e Especificações do Projeto

Durante o desenvolvimento do projeto foram definidas as diretivas para o projeto, considerando o local de armazenagem e de uso da máquina, bem como os objetivos dos autores. Estas são listadas abaixo.

- Não aumentar demasiadamente o volume da máquina, pois seu armazenamento é feito em containers juntamente com outros equipamentos quando não está em uso;
- Não aumentar abusivamente o peso da máquina, de forma a não atrapalhar sua locomoção;
- Garantir a segurança do operador e de outros trabalhadores a sua volta;

- Utilizar um sistema de movimentação que propicie precisão no controle da velocidade de avanço;
- Minimizar alterações na estrutura da máquina;
- Atender as Normas Regulamentadoras vigentes;

Baseado nas diretrizes definidas foi decidido que o projeto incluirá um sistema de movimentação linear composto por um motor de passo e um fuso de esferas, buscando precisão no controle de velocidade, mesmo em malha aberta, e alto rendimento. A utilização desses componentes não fara com que a máquina sofra grandes alterações, além de dispensar a utilização de redutores.

Após a definição do sistema de movimentação, foram especificadas as condições que o sistema deverá operar. Essas condições estão listadas na tabela abaixo. Essas informações foram utilizadas posteriormente para o dimensionamento do fuso de esferas e do motor de passo a serem utilizados.

Tabela 6 – Especificações iniciais do projeto

Velocidade de avanço durante o corte	0,75 até 1,25 m/min
Velocidade de avanço fora do corte (avanço rápido)	2,5 m/min
Velocidade máxima do motor de passo	500 RPM
Velocidade Inicial do motor de passo	50 RPM

Fonte: Autores

A velocidade máxima do motor de passo foi definida com base em gráficos de desempenho, tópico que será abordado no decorrer deste documento. A velocidade inicial do motor de passo é arbitrária, porém quanto menor a velocidade inicial, maior a intensidade das vibrações geradas pelo motor, o que pode ser prejudicial para estrutura da máquina.

3.3 Alterações do Escopo

Inicialmente, com o objetivo de estimar o custo do projeto, foi feito um orçamento de uma IHM e um CLP que atendessem as necessidades do mesmo.

Devido ao elevado custo desses dois componentes (cerca de 90% do valor da máquina), foi decidido executar, juntamente com o projeto original, um projeto adicional sem o uso da IHM, com o comando via botoeiras e comutadores, mantendo todos os recursos do projeto inicial e assim comparando as diferenças no custo entre os projetos.

3.4 Projeto Mecânico

O primeiro passo do projeto mecânico foi à criação da base da máquina, começando com os pés e as suas estruturas iniciais, segue abaixo conforme figura 22.

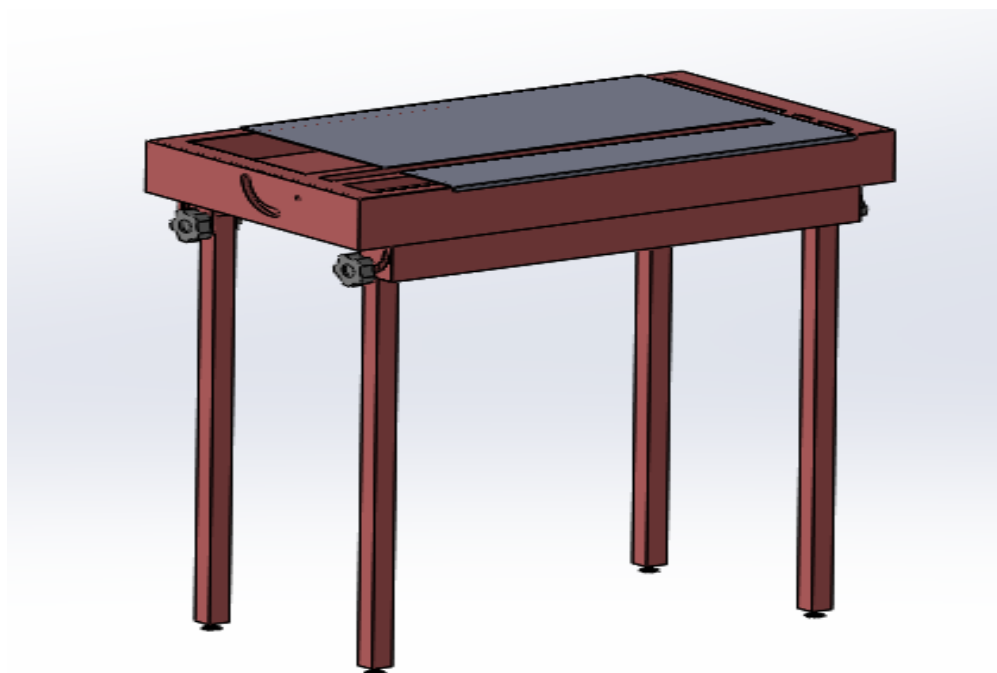


Figura 22 – Base da Máquina

Fonte: Autores

Após isso a peça que serve para a inclusão das cerâmicas foi projetada. A seguir foram desenhadas as peças que servem como sustentação da guia linear, demonstradas na figura 23.

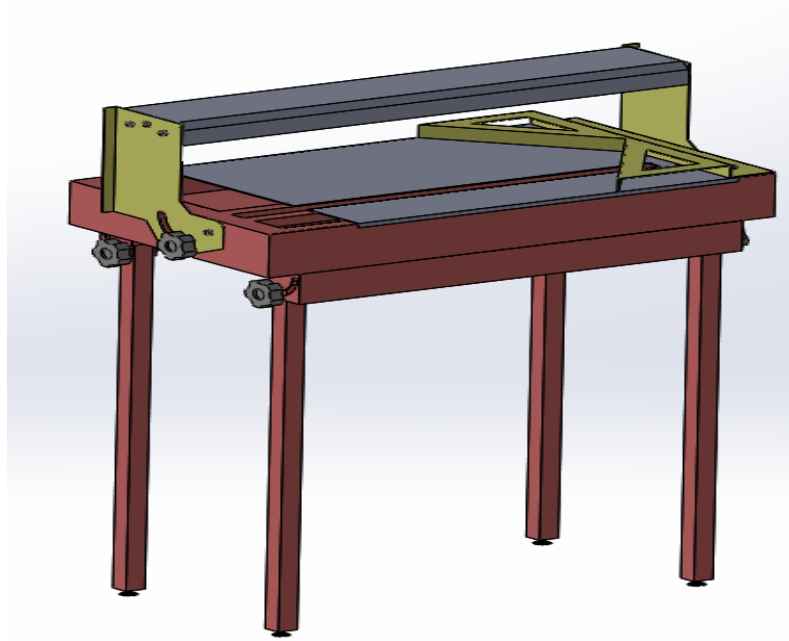


Figura 23– Base de Usinagem

Fonte: Os Autores

Conforme figura 2 anteriormente citada, temos o exemplo da máquina original sem as alterações. Na Figura 24, é possível verificar como ficou o projeto mecânico no programa Solidworks.

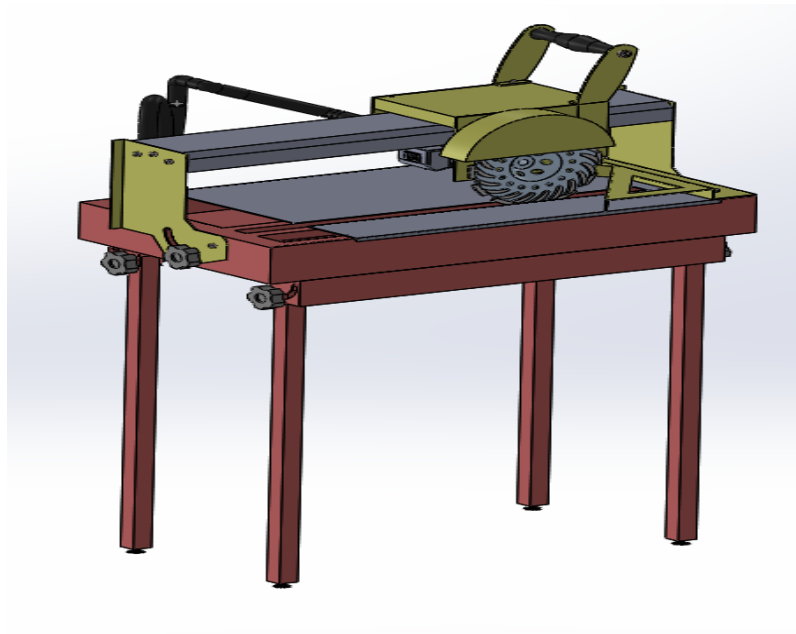


Figura 24 – Máquina Original

Fonte: Autores

Após o término da modelagem 3D da máquina original, foi executado a inclusão do sistema de movimentação linear que tem como objetivo automatizar o processo de corte. O mesmo é composto por um motor de passo acoplado em um fuso de esferas recirculantes. Também foram feitas alterações na estrutura da máquina para adaptar a inclusão dos componentes citados, como por exemplo, o aumento da dimensão do apoio lateral (peça onde o motor de passo está acoplado) e aumento do suporte do disco de corte. Foi retirado da máquina apenas o guia de mão, conforme figura 25 abaixo. As posições dos fins de cursos que auxiliaram na automatização da máquina também estão indicadas na figura citada anteriormente.

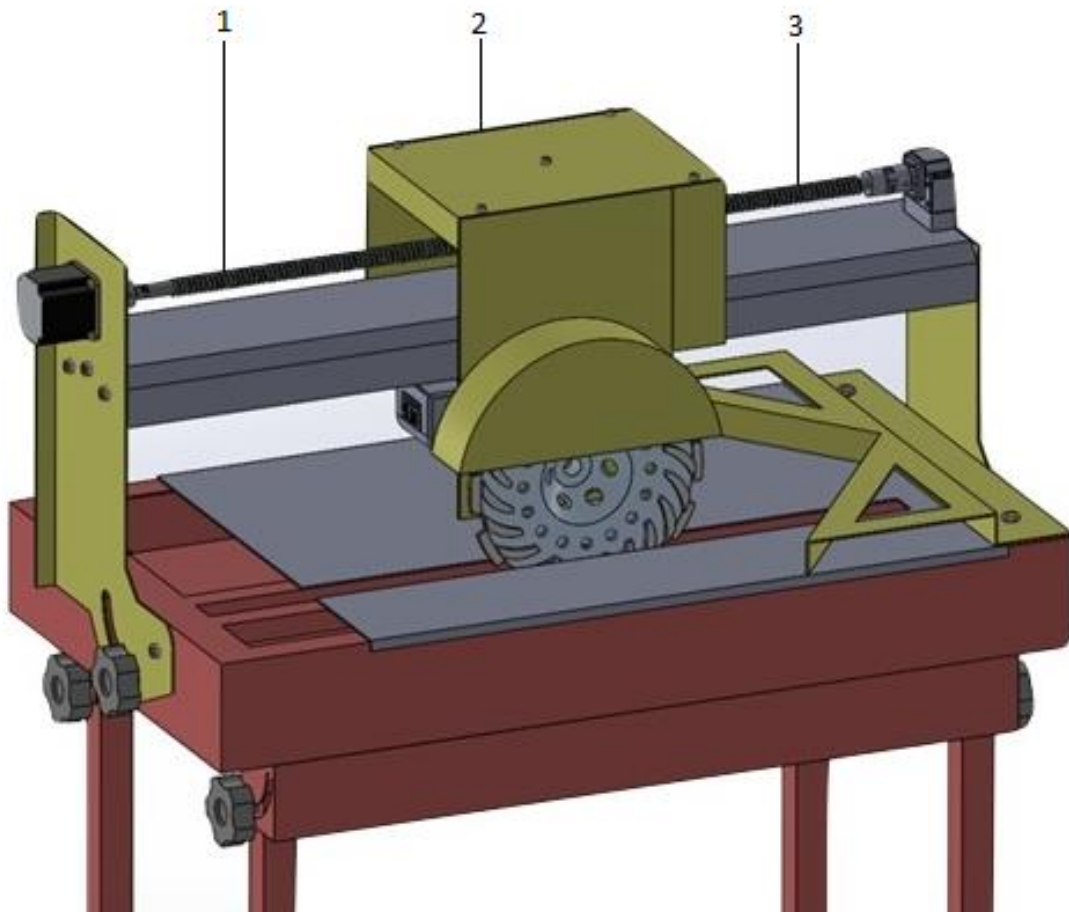


Figura 25– Máquina Final Adaptada

Fonte: Autores

Com o objetivo de aumentar a segurança na utilização da máquina para o operador, bem como para os outros trabalhadores que estejam próximos, foi projetada a isolação da área de corte da máquina, o tamanho das aberturas é de 25 mm por 50 mm, não é possível remover a grade de proteção da estrutura da máquina. Para acessos internos a mesma possui uma porta de acesso monitorada por um fim de curso de segurança que interromperá o funcionamento caso a porta seja aberta. Segue ilustrado conforme figura 26 abaixo,

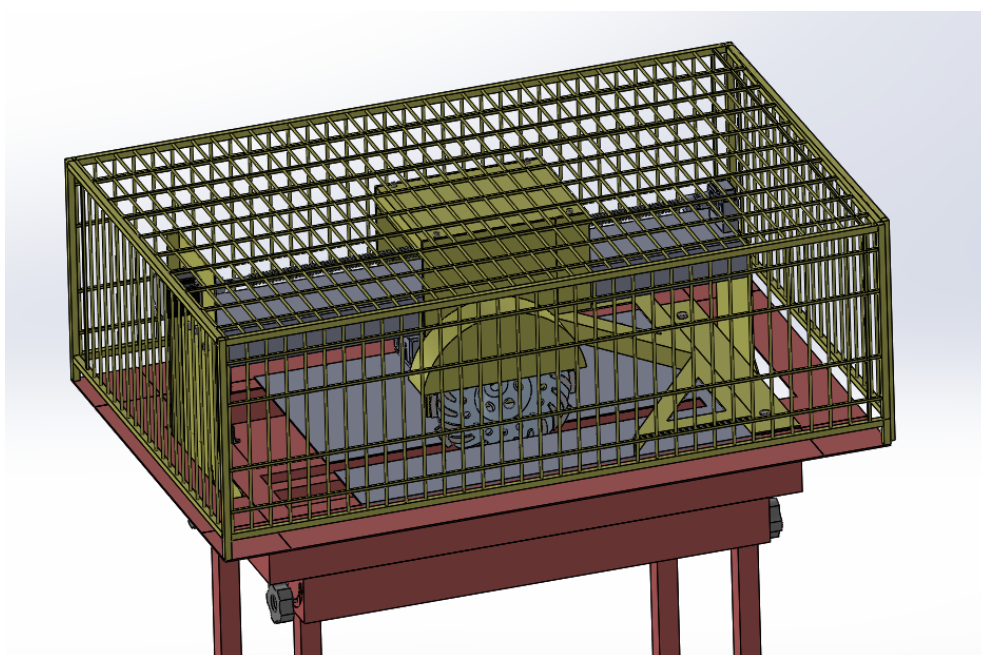


Figura 26 – Inserção de Grade de Segurança

Fonte: Autores

3.5 Pedestal de Comando

Durante o desenvolvimento do projeto mecânico foi verificado que o isolamento projetado para a máquina não atenderia os requisitos da norma NBR NM ISO 13852, devido à máquina necessitar de uma abertura para posicionamento do piso com dimensões elevadas. A tabela da norma que especifica as dimensões da distância de segurança está no apêndice deste trabalho. A abertura de 30 mm pode ser verificada na figura 27 abaixo,

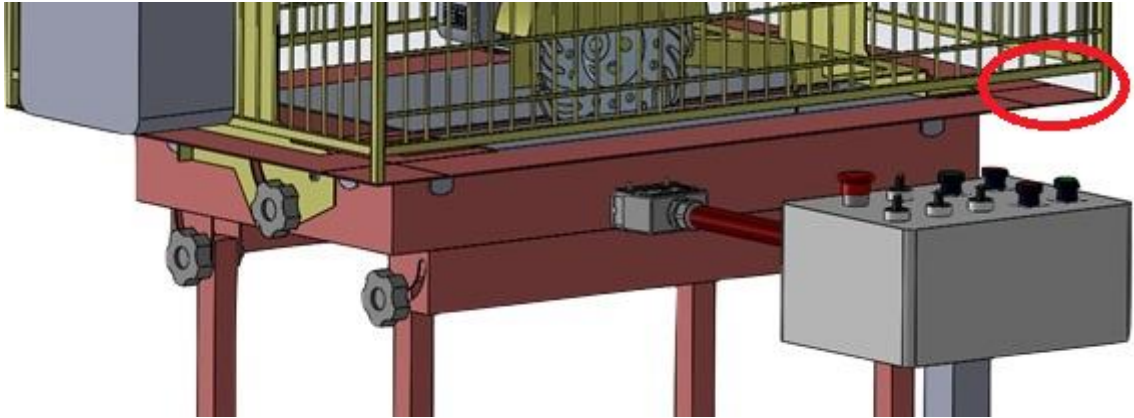


Figura 27 – Abertura para posicionamento dos pisos

Fonte: Autores

Durante discussões no levantamento do projeto, foi verificada a possibilidade de a máquina ser utilizada de forma indevida, sem levantar os pés da mesma, podendo causar vários problemas ergonômicos ao operador ao posicionar as peças na máquina numa posição não ideal.

Diante das questões abordadas anteriormente, foi decidido projetar um pedestal de comando que possa ser desacoplado da máquina devido suas dimensões. O acoplamento ao equipamento só é possível quando este está com os pés levantados. A máquina só é energizada ao receber o sinal do pedestal de comando, e qualquer operação só ocorre caso o operador esteja pressionando o pedal de segurança, ou seja, afastado da área de perigo. As figuras 28 e 29 mostram o pedestal de comando.

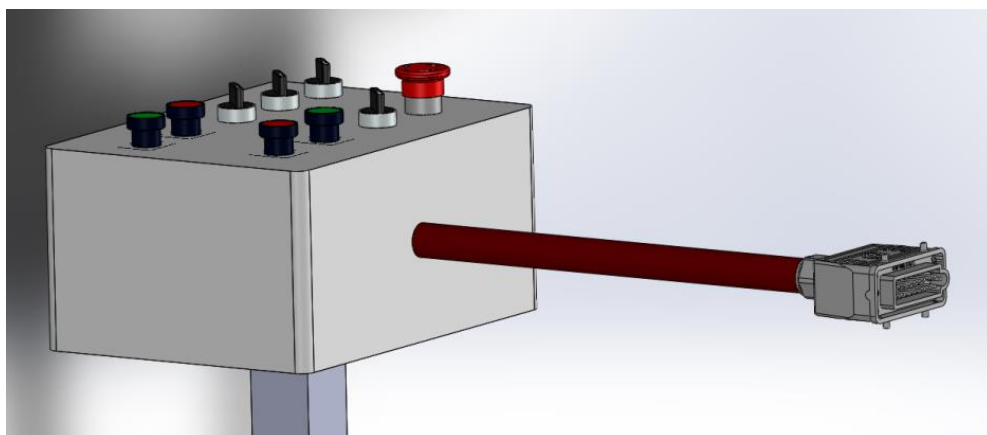


Figura 28 – Pedestal de Comando

Fonte: Autores

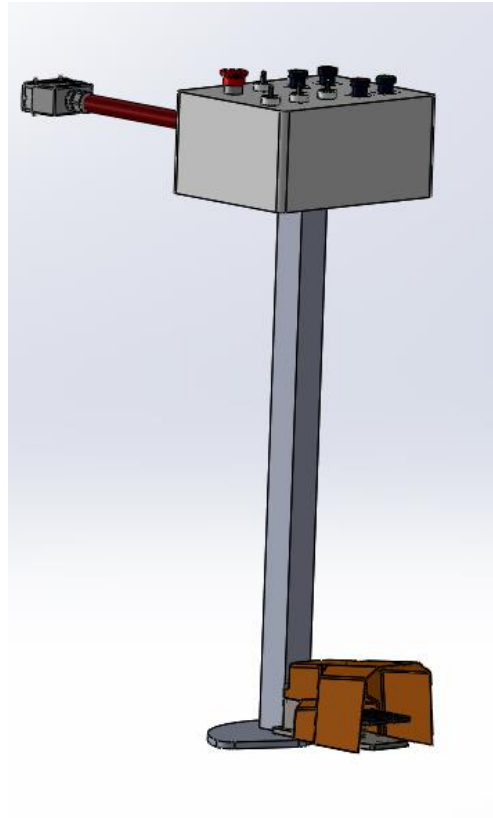


Figura 29 – Pedestal de Comando

Fonte: Autores

Para conectar o pedestal de comando à máquina, é utilizada uma tomada múltipla de 16 polos, conforme figura 30.

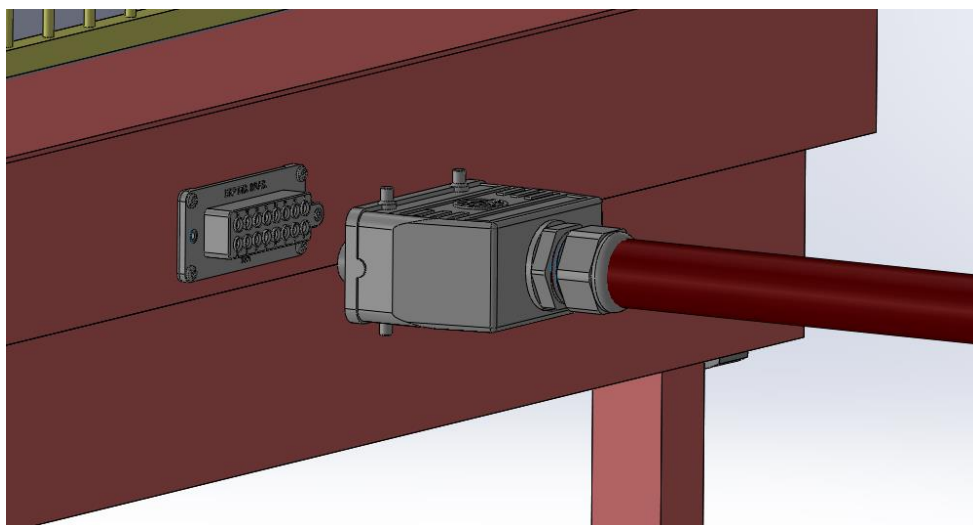


Figura 30 – Pedestal de Comando

Fonte: Autores

A máquina com o pedestal de comando acoplado, assim como a visão que o operador terá do processo é ilustrada na figura 31 abaixo.

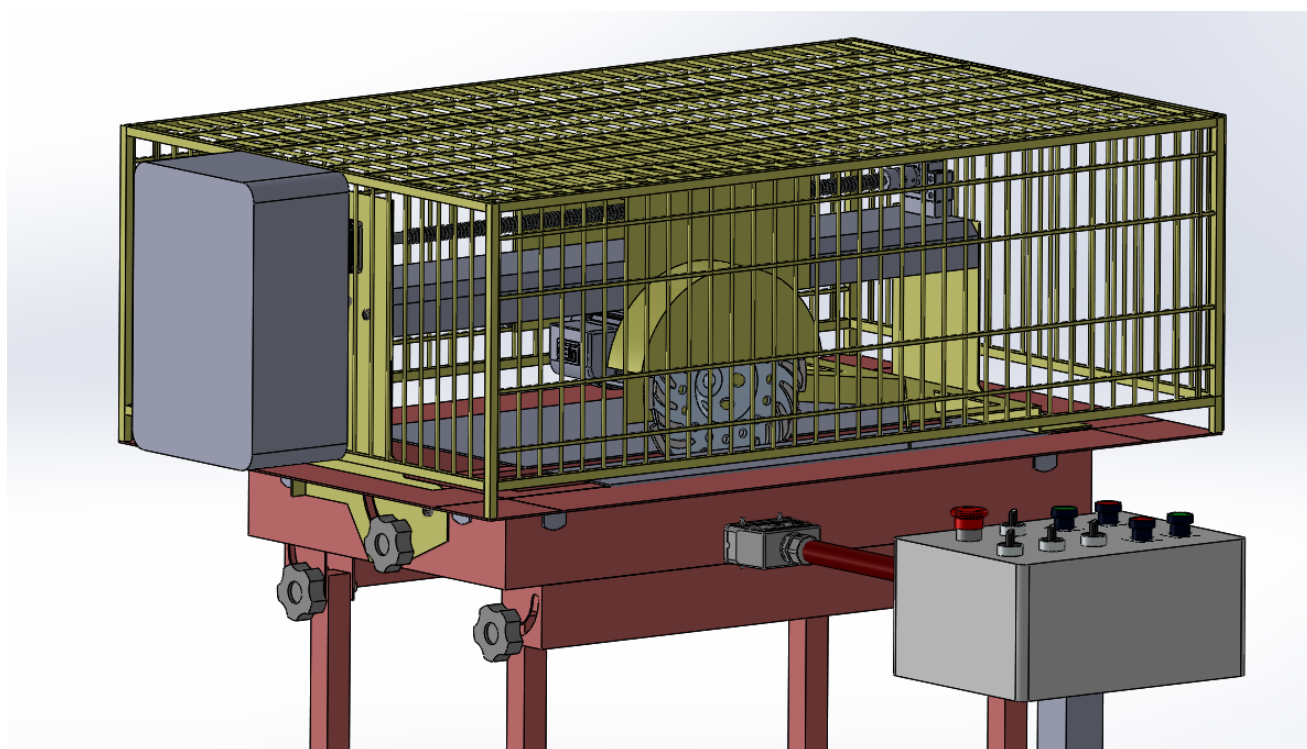


Figura 31 – Projeto Mecânico Completo
Fonte: Autores

3.6 Funcionamento da Máquina

Neste tópico será abordado o funcionamento da máquina, relatando como ela se comporta e realiza seus trabalhos.

3.6.1 Condições Gerais de Operação e Setup

A seguir a explanação sobre as condições para operação da máquina, e alterações no processo que podem ser feitas pelo operador.

- A máquina deverá estar com os pés levantados, e o pedestal de comando deve estar conectado à máquina;
- O operador deve ligar a máquina via o comutador geral (CG) no pedestal de comando;
- A máquina só irá operar caso as seguintes condições sejam válidas:

- Botão de emergência não está acionado.
 - Porta de acesso à máquina está fechada.
 - Pedal de segurança está acionado.
- Ao ligar a máquina, (considerando que as condições para operação estejam de acordo), a mesma mover-se-à para o fim de curso inicial (F1);
- Após o ciclo inicial, o operador, via o comutador C1, pode optar por reduzir a zona de corte da máquina de 90 cm para 60 cm, fazendo com que o corte de peças menores seja mais rápido;
- O operador pode acionar o comutador C2 para mover a máquina para o último fim de curso (F3), para trocar o disco de corte. A máquina só irá retornar quando C2 voltar para posição inicial;
- O operador pode alterar entre as três velocidades de avanço de corte pré-definidas via o comutador de 3 posições (C3/C4). Cada posição do comutador corresponde a uma velocidade de avanço. A velocidade de avanço não é alterada caso um ciclo de corte já esteja em andamento.

3.6.2 Ciclo de Corte

Segue a explicação sobre o funcionamento do ciclo de corte da máquina.

- Após o operador posicionar a peça para o corte, o processo pode ser iniciado via pulsador P1;
- Durante o ciclo de corte, o processo pode ser pausado via pulsador P2;
- Quando o processo está pausado, o mesmo pode ser reiniciado via pulsador P1, ou cancelado, mantendo o pulsador P2 pressionado por 5 segundos.
- Caso uma das condições para a operação da máquina mude (botão de emergência acionado; porta de acesso aberta; pedal de segurança não acionado) é considerado que o programa foi pausado. Sendo que após essas condições retornarem ao estado normal, o processo deverá ser reiniciado via pulsador P1, ou cancelado via pulsador P2.

3.7 Cálculos e Dimensionamentos

Neste tópico é abordado todos os cálculos e dimensionamentos que foram utilizados neste trabalho de conclusão de curso.

3.7.1 Dimensionamento do Fuso de Esferas

Uma das peças chaves deste projeto é o fuso de esferas. Ele foi projetado através de cálculos pelos elaboradores deste trabalho.

Com base no documento do fabricante de fusos OBR Equipamentos Industriais Ltda é possível calcular o diâmetro do mesmo conforme a equação 1 abaixo:

$$n = f \times (dr/L^2) \times 10^7 \times 0,8 \text{ rpm} \quad (1)$$

Onde:

n = rotação máxima (rpm)

dr = diâmetro mínimo do fuso para rotação máxima (mm)

L = distância entre os mancais em milímetros (mm)

f = Coeficiente dependendo do tipo de montagem, sendo ele “apoiado-apoiado” $f = 9,7$, “fixo-apoiado” $f = 15,1$, fixo-fixo $f = 21,9$ e “fixo-livre” $f = 3,4$.

Como já foi especificado o motor de passo que será usado na máquina, já se tem a rotação máxima por minuto que é de 500 rpm, ficando assim:

$$500 = 21,9 \times (dr/900^2) \times 10^7 \times 0,8 \text{ rpm}$$

Sendo assim, “ dr ” fica no valor de 2,3116 mm. Após o cálculo do diâmetro, realiza-se o de passo, conforme equação 2.

$$\text{Passo} = \frac{\text{Velocidade máxima do sistema}}{\text{Rotação do sistema}} \quad (2)$$

Onde:

Passo = Passo do fuso (mm/revolução do fuso)

Velocidade Máxima do sistema = Velocidade Máxima do sistema (mm/min)

Rotação do Sistema = Rotação do sistema (rpm)

Ficando,

$$Passo = \frac{2500}{500}$$

O Passo pela fórmula é de 5 mm. Além destas informações temos também que a força axial do sistema é de cerca de Vinte e Cinco quilos, e a rotação do Trabalho é de 500 RPM conforme foi estipulada anteriormente.

A próxima etapa é definir a Carga dinâmica, obtendo através da fórmula 3 que segue:

$$Ca = (60 \times n \times Lh)^{1/3} \times Fa \times Fw \times 10^{-2} \quad (3)$$

Onde:

Lh = Vida útil (horas)

Fa = força axial (kg)

Fw = fator de operação

$$Ca = (60 \times 500 \times 25000)^{1/3} \times 25 \times 1,2 \times 10^{-2}$$

$$Ca = 908,56 \text{ Kgf}$$

Definindo assim a Carga Axial parte-se para a próxima etapa, por fim, o dimensionamento do diâmetro do Fuso, conforme equação 4:

$$Df = ((n \times L^2)/f) \times 10^{-7} \quad (4)$$

Onde:

Df = diâmetro do fuso (mm)

N = RPM do sistema (rpm)

L = comprimentos entre mancais (mm)

F = coeficiente dependendo do tipo de montagem

$$Df = ((500 \times 900^2)/21,9) \times 10^{-7}$$

$$Df = 1,8493 \text{ mm}$$

Sendo assim calculado, deverá ser utilizado um fuso com no mínimo 2,3116 mm de diâmetros. Foi escolhido um fuso de 16 mm, pois é preciso um passo de 5 mm para atingir a velocidade de avanço desejada, o menor fuso disponível comercialmente com o passo de 5 mm para essa finalidade é o de diâmetro de 16 mm.

3.7.2 Cálculos de Torque

Em conjunto com o dimensionamento do fuso, foram realizados os cálculos de torque para definição do motor de passo. Primeiramente são definidas as variáveis de entrada já conhecidas do sistema, conforme Tabela 7. O valor de rendimento do fuso é de 0,95 de acordo com o fabricante, utilizamos 0,9 considerando baixa manutenção do sistema. Foi utilizado um valor baixo de rendimento da guia (0,3), pois no projeto é utilizada a guia já presente na máquina e como não há dados concretos sobre a mesma, este valor foi utilizado por margem de segurança.

Tabela 7 – Cálculo de Torque

Variável de Entrada	Valor
Massa	25 Kg
Velocidade Linear	2,5 m/min
Tempo Aceleração	1 s
Ângulo da Carga em Graus	180 graus
Força de Contrária:	0 N
Passo do Fuso:	5 mm
Diâmetro do Fuso	16 mm
Comprimento do Fuso	1200 mm
Rendimento Fuso:	0,9
Rendimento Guia:	0,3
Margem de segurança:	50%

Fonte: Autores

Neste primeiro caso, leva-se em consideração a máquina no momento em que ela está trocando de posição, conseqüentemente na sua velocidade máxima. Sendo assim são realizados os cálculos para definir os parâmetros mínimos para que o sistema funcione perfeitamente.

- O primeiro cálculo a ser realizado é o da aceleração, utiliza-se a equação 5:

$$a = v/t \quad (5)$$

Onde:

a = aceleração (m/s²)

Velocidade Linear = Velocidade Linear (m/s)

t = Tempo de Aceleração (s)

$$a = 0,0416667/1$$

$$a = 0,04 \text{ m/s}^2$$

- O segundo cálculo é o de velocidade do motor de passo, conforme equação 6:

$$V = \frac{v \times 1000}{p} \quad (6)$$

Onde:

V = Velocidade do motor de passo (rpm)

v = Velocidade Linear (m/min)

p = Passo do fuso (mm/revolução do fuso)

$$V = \frac{2,5 \times 1000}{5} \times (1^{-1})$$

$$V = 500 \text{ Rpm}$$

- Após a definição da velocidade, encontra-se a Velocidade Angular, conforme equação 7:

$$\omega = \frac{V}{60} \times 2\pi \quad (7)$$

Onde:

w = Velocidade angular (rad/s)

V = Velocidade do motor de passo (rpm)

$$\omega = \frac{500}{60} \times 2\pi$$

$$\omega = 52,36 \text{ rad/s}$$

- Após a definição da velocidade Angular, encontra-se a Aceleração Angular, conforme equação 8:

$$\alpha = \frac{\omega}{\Delta t} \quad (8)$$

Onde:

a = Aceleração angular (rad/s²)

Δt = Variação de tempo (s)

$$\alpha = \frac{52,36}{1}$$

$$\alpha = 52,36 \text{ rad/s}^2$$

- O quarto passo é realizar o dimensionamento da Força Peso, mas como o ângulo da carga em graus é 180° ele será automaticamente 0, conforme vemos na equação 9:

$$P = \sin(180\pi \times m \times 9,81) \quad (9)$$

Onde:

P = Força Peso (N)

m = massa do sistema (kg)

$$P = \sin(180\pi \times 25 \times 9,81)$$

$$P = \sin(0) = 0 \text{ N}$$

- Após a definição que a força peso é nula, faz-se necessário descobrir a Força de arraste do Guia Linear, através da equação 10.

$$F = m \times 9,81 \times 0,1 \tag{10}$$

Onde:

f = Força de arraste (N)

m = massa do sistema (kg)

$$F = 25 \times 9,81 \times 0,1$$

$$F = 24,53 \text{ N}$$

- Assim, a próxima etapa é realizar o cálculo de carga de trabalho do sistema, usa-se a equação 11:

$$T = (a \times m) + F + F_c + P \tag{11}$$

Onde:

T = Carga de Trabalho (N)

m = massa do sistema (kg)

a = aceleração (m/s²)

F_c = Força contrária (N)

F = Força de Arraste (N)

$P = \text{Força Peso (N)}$

- Sendo F_c , a força contrária, que é nula pois neste caso a máquina não está em operação de corte.

$$T = (0,04 \times 25) + 24,53 + 0 + 0$$

$$T = 25,57 \text{ N}$$

- Por último, conseguimos definir o torque necessário do motor, conforme equação 12:

$$\text{Torque} = T \times \frac{\text{Passo}}{R_f \times R_g} \quad (12)$$

Onde:

Torque = Torque do sistema (N.m)

Passo = Passo do fuso (mm/revolução do fuso)

R_f = rendimento do fuso

R_g = rendimento da guia

$$\text{Torque} = 25,57 \times \frac{5}{0,9 \times 0,3}$$

$$\text{Torque} = 0,0753530 \text{ N.m}$$

- Ao incluir a margem de segurança adotada tem-se a equação 13:

$$\text{Motor} = \text{Torque} + (\text{Torque} * \text{Margem de Segurança}) \quad (13)$$

Onde:

Torque = Torque do sistema (N.m)

Motor = Torque do Motor (N.m)

$$\text{Motor} = 0,0753530 + (0,0753530 * 0,5)$$

$$\text{Motor} = 0,11 \text{ N.m}$$

- Com isso, conclui-se que o motor a ser utilizado tem que gerar um torque mínimo de 0,11 N.m a 500 RPM.

No segundo caso, leva-se em consideração a máquina no momento do corte da cerâmica, sendo assim são realizados os cálculos para definir os parâmetros mínimos para que o sistema funcionasse perfeitamente. Abaixo na tabela 8, os dados de entrada para estes casos. Devido à resistência do material a passar pelo processo de corte, é utilizado uma margem de segurança maior.

Tabela 8 – Cálculo de Torque

Variável de Entrada	Valor
Massa	25 kg
Velocidade Linear	1,5 m/min
Tempo Aceleração	1 s
Ângulo da Carga em Graus	180 graus
Força de Contrária:	0 N
Passo do Fuso:	5 mm
Diâmetro do Fuso	16 mm
Comprimento do Fuso	1200 mm

Rendimento Fuso:	0,9
Rendimento Guia:	0,3
Margem de segurança:	80%

Fonte: Autores

Os cálculos são realizados conforme fórmulas acima, a força contrária foi desconsiderada, no entanto, foi considerada uma margem de segurança maior, seguem resultados do segundo caso.

$$a = 0,02 \text{ m/s}$$

$$V = 250 \text{ Rpm}$$

$$\omega = 26,18 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = 26,18 \text{ rad/s}^2$$

$$P = \sin(0) = 0 \text{ N}$$

$$F = 24,53 \text{ N}$$

$$T = 25,05 \text{ N}$$

$$\text{Motor} = 0,13 \text{ N.m}$$

Conforme cálculos acima explanados, o motor responsável pela movimentação da máquina deverá gerar um torque mínimo de 0,13 N.m a 250 RPM e 0,11 N.m a 500 RPM.

3.7.3 Dimensionamento do Motor de Passo

Devido ao torque de motores de passo não ser constante ao longo de sua faixa de rotação útil, é necessário estimar seu desempenho nas velocidades em que o mesmo será utilizado. Para isso utilizamos o gráfico de desempenho (figura 32) do motor de passo AK23/10F8FN1.8 disponibilizado pelo fabricante do mesmo.

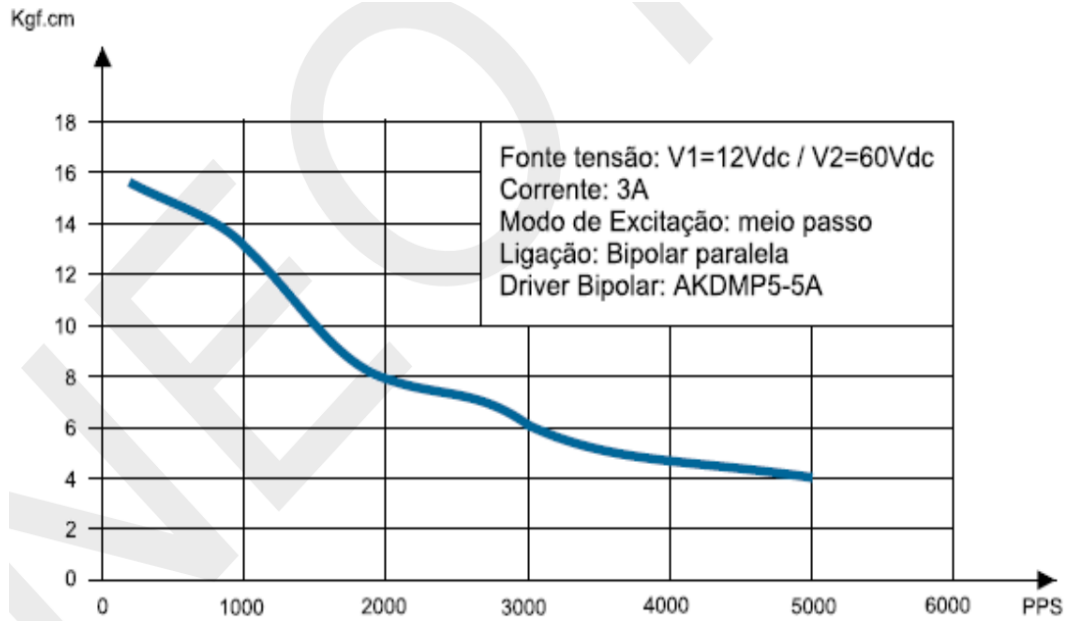


Figura 32- Gráfico de desempenho do motor de passo

Fonte: Neoyama.com.br

Acesso em 27/07/17

O gráfico de desempenho disponibilizado pelo fabricante utiliza escala no eixo X em PPS (pulsos por segundos), e modo de excitação de meio passo, onde 400 pulsos equivalem a uma rotação completa. Para facilitar a compreensão do gráfico, a escala do eixo X foi alterada para RPM, segue figura 33.

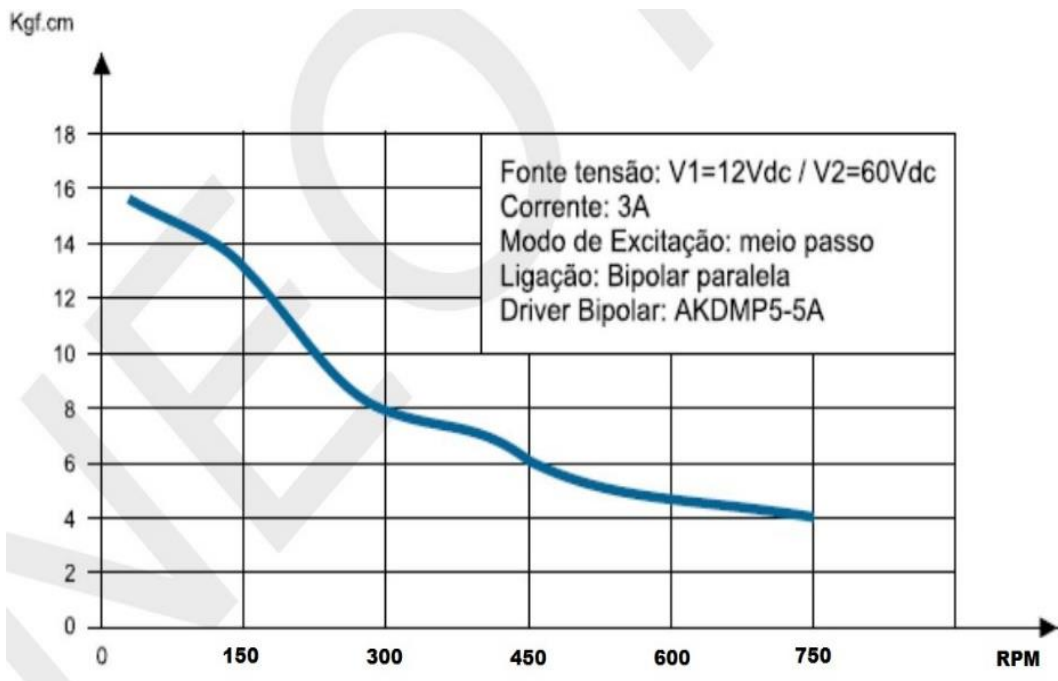


Figura 33 – Gráfico de desempenho do motor de passo.

Fonte: Autores

O gráfico de desempenho do fabricante só pode ser utilizado para estimar o desempenho do motor, já que o desempenho dos motores de passo varia com alterações no driver utilizado, alteração na tensão de alimentação, caso seja utilizado excitação de passo inteiro, ou micro passos, entre outros fatores. O Driver de motor de passo AKDMP5-5A indicado no gráfico não é mais comercializado pelo fabricante, sendo que o mesmo foi substituído pelo modelo utilizado nesse projeto, que utiliza uma tensão de alimentação menor, fazendo com que o gráfico não seja completamente válido, e somente uma estimativa de desempenho para este projeto.

Ao analisar o gráfico, observa-se aproximadamente 0,8 N.m (8,2 kgf.cm) a 250 RPM e 0,51 N.m (5,2 kgf.cm) a 500 RPM. Como esses valores são mais de quatro vezes maiores que os valores de torque calculados para o projeto, considera-se que esse motor é adequado, mesmo levando em conta que o projeto foi desenvolvido com outro modelo de driver para motor de passo.

3.8 Controlador Lógico Programável (CLP)

3.8.1 Comunicação e I/O do S7200

A comunicação entre o computador e o CLP é feita usando protocolo de comunicação Serial. Devido ao computador utilizado ser do padrão serial RS-232, e o CLP Siemens S7-200 ser do padrão RS-485, é necessário um conversor (figura 34) para a comunicação ser bem-sucedida.



Figura 34: Conversor

Fonte: Autores

Para facilitar a compreensão da comunicação entre o supervisor e o CLP e da conexão das entradas e saídas do CLP com o esquema elétrico torna-se necessário descrever alguns conceitos utilizados neste projeto.

- Bit (Binary digit): tipo de dado em que os valores possíveis são sempre 0 ou 1;

- Byte: tipo de dado formado por 8 bits, quando um byte é acessado, é feita a leitura ou escrita de 8 bits.

Cada entrada e saída do CLP equivalem a um bit do programa, porém como estão ligadas ao esquema elétrico, dizemos que quando em zero, estão em nível lógico baixo, e quando em um, estão em nível lógico alto.

3.8.2 CLP Siemens S7-200

A programação do CLP foi desenvolvida em linguagem Ladder, sendo que para este projeto foi desenvolvido dois programas com funcionamento similar. Um para comando da máquina via entradas do CLP, para executar os acionamentos com botoeiras e comutadores de comando e outro para comando da máquina via supervisor, sendo que neste último, a quantidade de entradas necessárias no CLP é reduzida de dez para quatro.

Para o envio de pulsos do CLP para o driver de motor de passo, foi utilizado o recurso Pulse Output Wizard do programa STEP 7 – MicroWin. A utilização desse recurso é demonstrada no apêndice E.

A programação em ladder do CLP está disponível no apêndice deste trabalho e no CD que acompanha este projeto.

3.9 Projeto Elétrico

O projeto elétrico deste trabalho não foi submetido a nenhum teste, porém foi desenvolvido de acordo com as informações técnicas dos componentes utilizados.

Para facilitar o entendimento de como o projeto foi desenvolvido, foi dividido os esquemas, entre o elétrico e potência (figura 35) e o esquema elétrico de comando (figura 36 e 37).

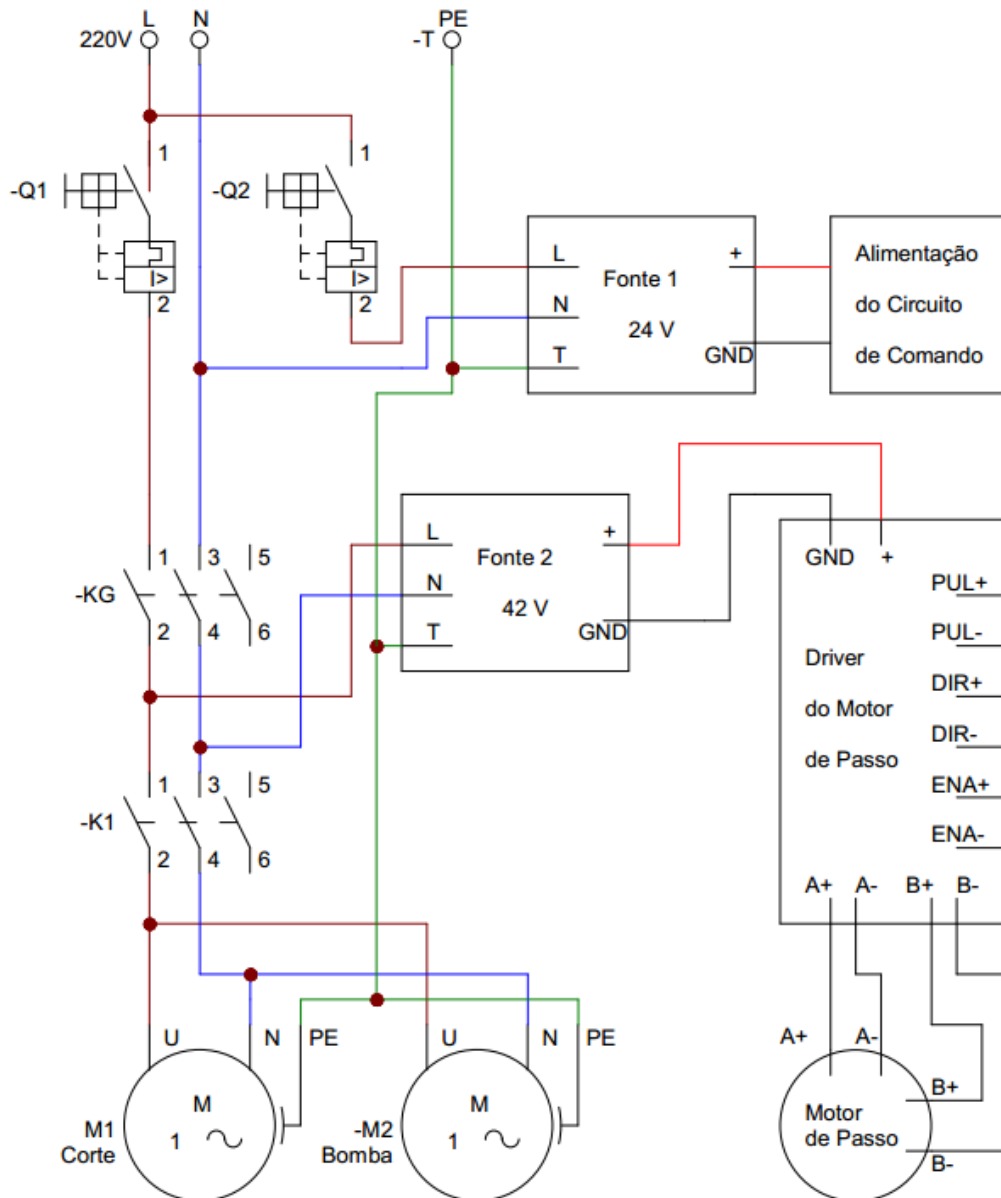


Figura 35: Esquema elétrico de potência.

Fonte: Autores

- A alimentação do circuito deve ser com tensão 220 VCA / 60HZ F+N+T;
- O Disjuntor Q1 tem a função de proteger os componentes do circuito de potência, os cabos e o operador em caso de sobrecarga ou curto-circuito;

- O Disjuntor Q2 tem a função de proteger os componentes do circuito de comando;
- O Contator KG é o componente que atua como chave geral do circuito, com seu estado sendo alterado no esquema de comando;
- O Contator K1 é o contator que aciona a bomba d'água e o motor de corte;
- A Fonte 1 é responsável por alimentar o circuito de comando;
- A Fonte 2 é responsável por alimentar o driver de motor de passo;

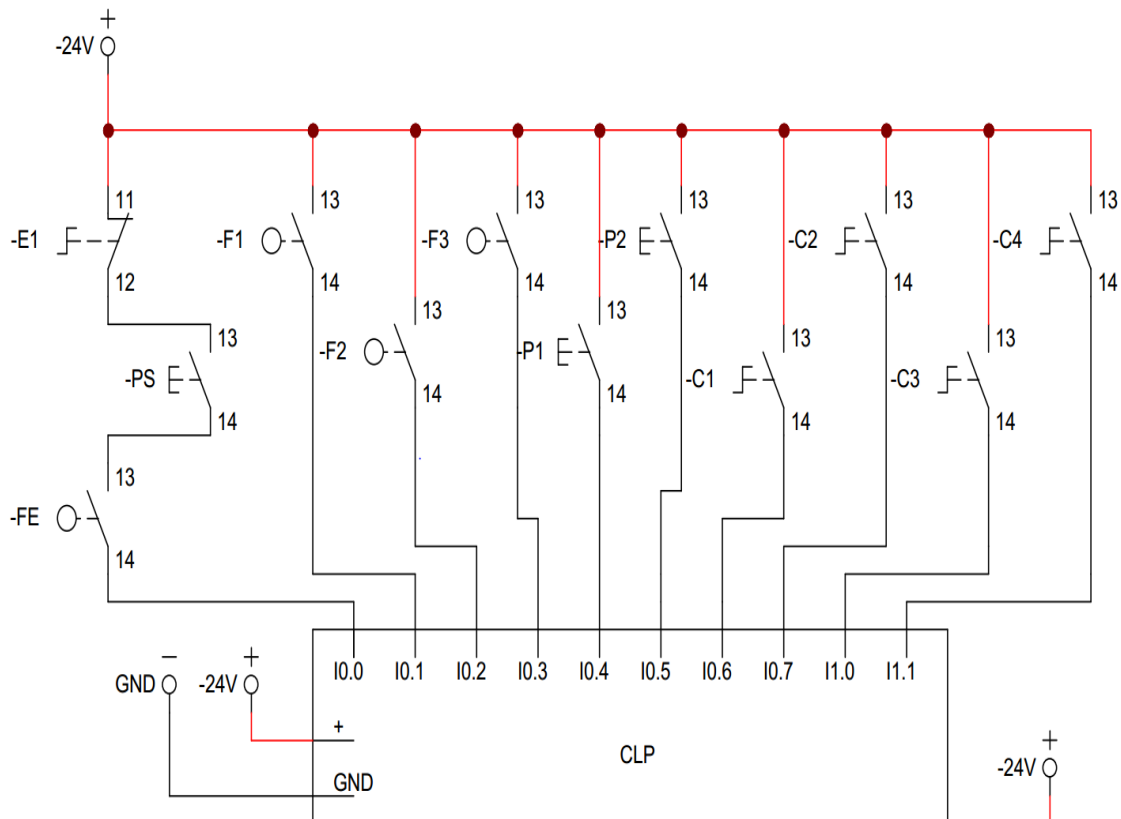


Figura 36: Esquema elétrico de comando

Fonte: Autores

- O botão de emergência E1, o pedal de segurança PS e o fim de curso da porta de acesso da máquina FE, estão ligados à mesma entrada do CLP, sendo que todos estarão fechados. Esta é uma das condições para a máquina entrar em funcionamento;

- Os fins de cursos F1, F2 e F3 estão conectados em entradas distintas do CLP e atuam como fim de curso inicial, intermediário e final do curso da máquina;
- O pulsador P1 é responsável pelo comando do início ou reinício do ciclo corte;
- O pulsador P2 é responsável pela pausa e cancelamento do ciclo de corte;
- O comutador de 2 posições C1, define se a máquina vai operar com zona de corte total ou reduzida;
- O comutador de 2 posições C2, liga o ciclo de troca de ferramenta.
- O comutador de 3 posições C3-C4 (uma posição é C3, a outra C4) alteram a velocidade de avanço do ciclo de corte.

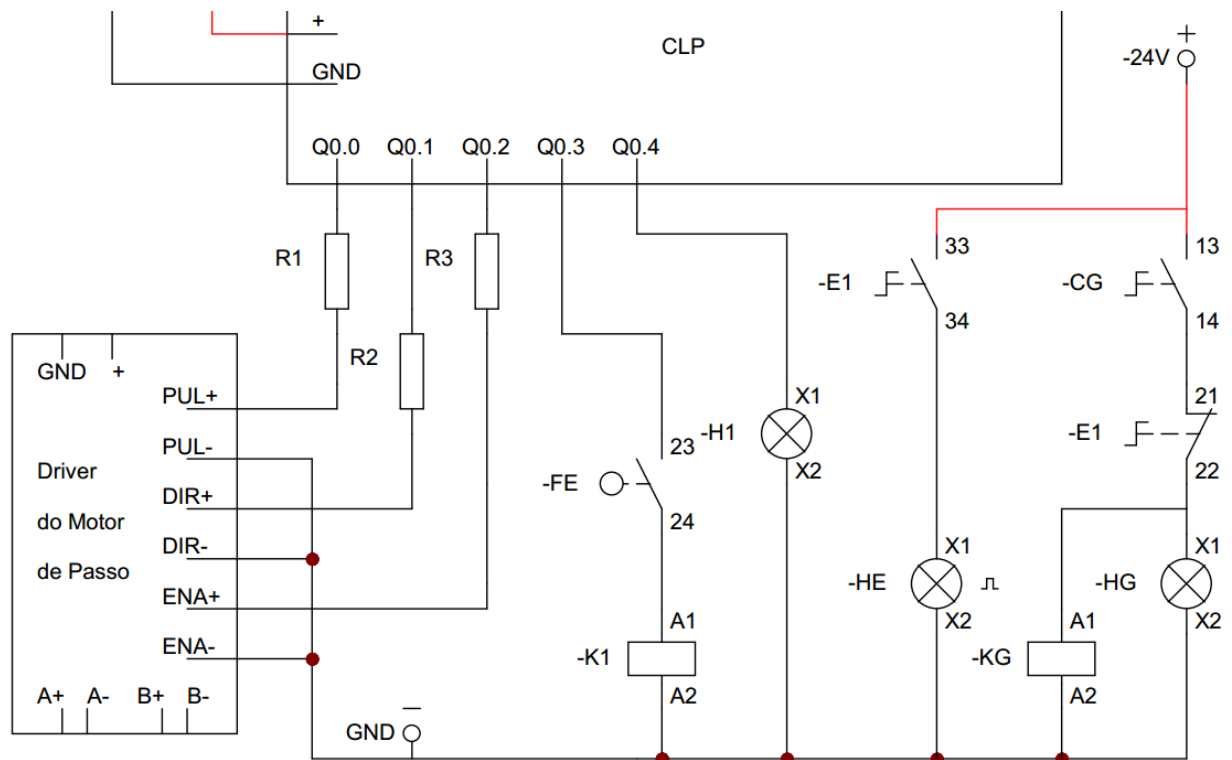


Figura 37: Esquema elétrico de comando

Fonte: Autores

- Os resistores R1, R2 e R3 adequam a saída de tensão do CLP (24VCC) para a tensão de operação do driver de motor de passo (5 VCC);

- A saída Q0.3 do CLP é responsável por acionar o contator K1 do esquema elétrico de potência, o acionamento é impossibilitado caso a porta de acesso a máquina esteja aberta;

- A saída Q0.4 do CLP aciona o sinalizador H1, que indica que o ciclo de corte está em andamento;

- O comutador de 2 posições CG, aciona o contator KG do circuito de potência e o sinalizador HG que indica que a máquina está energizada. Este acionamento pode ser interrompido pelo botão de emergência E1;

- O botão de emergência E1 aciona o sinalizador HE;

Os esquemas elétricos completos estão disponíveis no apêndice deste trabalho e no CD que acompanha este projeto.

3.10 Elipse SCADA

A comunicação entre o supervisor Elipse SCADA e o CLP é executada com o auxílio de um *driver* fornecido pela Elipse. O *driver* M-Prot (figura 38) está disponível no site de Elipse. Nenhuma mudança na programação do S7-200 é necessária para essa comunicação.

Driver Siemens M-Prot (PPI, MPI, ISOTCP) MProt.dll	3.77 MB	v4.0.12
Fabricantes: Siemens		
Protocolos: ISOTCP, MPI, MPI encapsulado em Ethernet, PPI		

Figura 38: Driver Siemens M-Prot

Fonte: <https://www.elipse.com.br/en/downloads/?cat=48&key=&language=enus>.

Acesso em 08/06/17

Para a comunicação entre o CLP Siemens S7-200 e o supervisor é necessário alguns procedimentos para configuração do Elipse SCADA, esses procedimentos estão no apêndice F.

- A aplicação desenvolvida no Elipse Scada (figura 39) está disponível no CD que acompanha este projeto;



Figura 39: Aplicação Elipse Scada

Fonte: Autores

3.11 Orçamentos do Projeto

Para concepção do projeto foram realizados orçamentos, para verificar o quando o cliente precisaria desembolsar para ver a automação funcionando. Para dados de estudos foi cotado somente num fornecedor.

3.11.1 Orçamentos sem IHM

Neste primeiro caso encontra-se o orçamento do projeto com controle via botoeiras e comutadoras, sem utilização da IHM, conforme tabela 9 abaixo.

Tabela 9: Orçamento sem IHM

Item	Qtde	Descrição	Preço Unitário	Fornecedor	Preço Total
1	1	Fuso de Esferas Castanha Simples SFUR-1605 - 1,5 m	R\$ 333,60	Kalatec	R\$ 333,60
2	2	Mancal de Extremidade para Fusos de Esferas BK-BF12	R\$ 138,05	Kalatec	R\$ 276,10
3	1	Botão de Emergência	R\$ 67,98	JAV	R\$ 67,98
4	3	Fim de Curso Rolete	R\$ 173,68	JAV	R\$ 521,04
5	1	Fim de Curso Atuador para Porta	R\$ 173,68	JAV	R\$ 173,68
6	2	Contator - 9A - 24 VCC - 100-KR09ZJ10	R\$ 109,65	JAV	R\$ 219,30
7	2	Pulsador 22mm - 1 NA	R\$ 25,37	JAV	R\$ 50,74
8	1	Comutador 3 Posições com Trava - 2 NA	R\$ 21,02	JAV	R\$ 21,02
9	3	Comutador 2 Posições com Trava - 1 NA	R\$ 21,02	JAV	R\$ 63,06
10	3	Sinalizador Led 22mm - 24 VCC	R\$ 7,11	JAV	R\$ 21,33
11	1	Sinalizador Emergência tipo Torre- 24 VCC	R\$ 297,75	JAV	R\$ 297,75
12	1	Disjuntor Monofasico 10A	R\$ 6,85	JAV	R\$ 6,85
13	1	Trilho Din	R\$ 6,68	JAV	R\$ 6,68

14	1	Quadro de Comando 300x300x200	R\$ 87,90	JAV	R\$ 87,90
15	1	CLP Rockwell - 2080LC3024QBB	R\$ 978,69	JAV	R\$ 978,69
16	1	Motor de Passo Nema 23	R\$ 36,91	Neyoama	R\$ 36,91
17	1	Driver para Motor de Passo	R\$ 84,65	Neyoama	R\$ 84,65
18	1	Fonte Chaveada - 42V	R\$ 82,47	Neyoama	R\$ 82,47
19	1	Fonte Chaveada - 24V	R\$ 40,31	Neyoama	R\$ 40,31
					R\$ 3.370,06

Fonte: Autores

Orçamento total de R\$ 3.370,06 (Três mil, trezentos e setenta reais, e seis centavos).

3.11.2 Orçamentos com IHM

No segundo caso temos o orçamento com a inclusão da IHM, conforme tabela 10 abaixo.

Tabela 10: Orçamento com IHM

Item	Qtde	Descrição	Preço Unitário	Fornecedor	Preço Total
1	1	Fuso de Esferas Castanha Simples SFUR-1605 - 1,5 m	R\$ 333,60	Kalatec	R\$ 333,60
2	2	Mancal de Extremidade para Fusos de Esferas BK-BF12	R\$ 138,05	Kalatec	R\$ 276,10
3	1	Botão de Emergência	R\$ 67,98	JAV	R\$ 67,98

4	3	Fim de Curso Rolete	R\$ 173,68	JAV	R\$ 521,04
5	1	Fim de Curso Atuador para Porta	R\$ 173,68	JAV	R\$ 173,68
6	3	Comutador 2 Posições com Trava - 1 NA	R\$ 21,02	JAV	R\$ 63,06
7	1	Sinalizador Emergência tipo Torre- 24 VCC	R\$ 297,75	JAV	R\$ 297,75
8	1	IHM Painelview 800 4,3"	R\$ 1.870,19	JAV	R\$ 1.870,19
9	1	Cabo de Comunicação CLP-IHM	R\$ 370,98	JAV	R\$ 370,98
10	1	CLP Rockwell - 2080LC3024QBB	R\$ 978,69	JAV	R\$ 978,69
11	1	Disjuntor Monofasico 10A	R\$ 6,85	JAV	R\$ 6,85
12	1	Trilho Din	R\$ 6,68	JAV	R\$ 6,68
13	1	Quadro de Comando 300x300x200	R\$ 87,90	JAV	R\$ 87,90
14	1	Motor de Passo Nema 23	R\$ 36,91	Neyoama	R\$ 36,91
15	1	Driver para Motor de Passo	R\$ 84,65	Neyoama	R\$ 84,65
16	1	Fonte Chaveada - 42V	R\$ 82,47	Neyoama	R\$ 82,47
17	1	Fonte Chaveada - 24V	R\$ 40,31	Neyoama	R\$ 40,31
					R\$ 5.298,84

Orçamento total de R\$ 5.298,84 (Cinco mil, duzentos e noventa e oito reais e oitenta e quatro centavos).

Como o projeto visa o campo educacional, foi realizado somente um orçamento para os componentes, pode ser possível encontrar os componentes aqui citados, com um preço menor. Alguns dos itens não foram possíveis orçamentos, tais como a grade de segurança, painel de comando, cabeamento elétrico, além de peças que devem ser fabricadas especificamente para este projeto.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Com o projeto mecânico definido após todas as suas modificações, deu-se início a programação do CLP, criando assim, o corpo do projeto. Foi realizado a programação do supervisor e constatado que o que foi estabelecido como meta do projeto, realizou-se com sucesso, abrangendo todas as solicitações pré-definidas pelos autores do trabalho, como por exemplo, a segurança do usuário, a redução de esforço para operar a máquina, e agora, o total controle do operador sobre o cortador elétrico de pisos cerâmicos.

A máquina foi projetada para que a segurança fosse o elemento principal. Foi atingido esse patamar com a inclusão da grade de segurança, pedestal de comando e pedal. Todo o projeto elétrico foi visado e projetado em cima da Norma Regulamentadora 12, fazendo assim que a segurança do operador se tornasse prioridade.

Na Cortag Zapp 200 o operador está suscetível a grandes problemas ergonômicos e de segurança, além de estar realizando um trabalho repetitivo. Na execução deste projeto foram retirados os elementos de risco, e aperfeiçoou-se a ergonomia do processo, ocasionando um ganho de segurança ao operador.

O próximo capítulo finaliza o trabalho, apresentando as conclusões obtidas após todas as etapas abordadas anteriormente, e sugestões de futuras melhorias que poderiam ser implementadas neste projeto.

4.1 Dificuldades Encontradas

No projeto mecânico, houve dúvidas na confecção de alguns componentes, pois, partes deles não foram possíveis de serem mensurados na máquina. Assim sendo, foram coletados dados através de catálogos e especificações da Cortag Zapp 200, ou dos fornecedores de componentes e dispositivos. Por fim, no momento da criação da estrutura física, algumas peças tiveram que ser modificadas para que ficasse coeso e estruturalmente possível, as mesmas estão no apêndice A deste trabalho.

Durante o estudo do manual do CLP Siemens S7 200, foi verificada a ausência de qualquer exemplo ou explicação sobre as sub-rotinas geradas pelo Pulse Output Wizard. Devido à programação dessas sub-rotinas não poderem ser

visualizadas, foram necessários vários testes para identificar como as mesmas se comportam em cada situação, fato que atrasou a conclusão da programação do CLP.

O limite de 20 tags da versão de demonstração do software Elipse Scada dificultou o desenvolvimento do programa supervisor, obrigando os autores a encontrar formas de alterar certos parâmetros no software que não foram abordadas na disciplina de Informática Industrial. As quantidades de variáveis do CLP a serem monitoradas também foram afetadas pelo limite citado.

4.2 Considerações Adicionais

Caso este projeto venha a ser executado, é necessário observar se a estrutura da máquina suportará as vibrações geradas pelo sistema de transmissão, bem como se as frequências de passo utilizadas no projeto não estão em ressonância com a mesma.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido um estudo de automatização de um cortador elétrico de pisos cerâmicos, apresentando detalhadamente a sua estrutura e programação para a futura execução do projeto.

De acordo com os resultados obtidos, os autores consideram que o projeto foi um sucesso, e abrangeu todos os conceitos que foram pré-estabelecidos, agregando uma gama enorme de conteúdos do curso de Mecatrônica Industrial, e mantendo assim a segurança do operador como seu principal objetivo.

O projeto atingiu o objetivo geral e seus objetivos específicos. A automatização foi realizada através do sistema de movimentação composto por fuso e motor de passo, o projeto mecânico finalizado no Solidworks, o CLP realiza o controle e é monitorado via programa supervisorio, ocasionando a conclusão do objetivo do trabalho.

A realização deste projeto agregou na absorção de novos conhecimentos no ramo da mecânica, elétrica e eletrônica para os autores, assim como, o que é visto em sala de aula pode sair do papel e torna-se um projeto fora do âmbito educacional.

Para que a máquina seja automatizada, é necessário um alto investimento, porém o mesmo é justificável, pois tira o operador de situações em que o mesmo está em risco de desenvolver lesões por esforço repetitivo, além de aumentar a segurança e a confiabilidade do processo.

5.1 Trabalhos Futuros

- Para reduzir o número de entradas do CLP, é possível utilizar os fins de cursos das extremidades (fim de cursos 1 e 3), na mesma entrada, desde que o programa seja adaptado para isso.

- O fim de curso na porta de acesso da máquina pode ser substituído por uma fechadura magnética, assim a porta só poderá ser aberta nas condições seguras definidas no programa. Essa alteração necessita de uma saída adicional no CLP.

- Com as alterações no programa supervisorio é possível aumentar as possibilidades de regulagem na velocidade de avanço da máquina. Caso o CLP

possua apenas uma entrada analógica, é possível realizar o processo sem o supervisão, utilizando a entrada analógica para o controle do avanço.

- O projeto pode ser adaptado para corte de outros materiais, porém, deve-se levar em conta o material que a usinagem retira, pois, o acúmulo no fuso pode fazer com que o mesmo não funcione perfeitamente.

- O pedestal de comando deve possibilitar a regulação de altura para que em pisos onde não há nivelamento a máquina possa operar normalmente. A conexão do pedestal com a máquina deverá utilizar um eletroduto flexível em sua extremidade para evitar danos no plugue de contato.

-Para adicionar mais segurança ao projeto e evitar que o operador burle o sistema, é possível fazer com que o acionamento da máquina seja temporizado com o acionamento do pedal de segurança. De forma que após acionar o pedal de segurança o operador tenha um curto espaço de tempo para iniciar o corte. Outra opção seria a alterar para um sistema de acionamento com comando bi manual.

-Para evitar danos no disco de corte e na peça a ser usinada, pode ser incluído um sensor que identifique o início da peça. E com o auxílio deste sensor o contato inicial do disco de corte com a peça pode ser feito em uma velocidade de avanço menor.

REFERÊNCIAS

BRAGA, N. C. **Curso de eletrônica: eletrônica automotiva**. 1° Ed. São Paulo: NCB, 2016. v. 6.

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

BRAGA, N. C. **Fontes de alimentação**. 1° Ed. São Paulo: NCB, 2017.v. 1.

ROSÁRIO, J. M. **Automação industrial**. 1° Ed. São Paulo: Baraúna, 2009.

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

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

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

ALCIATORE, D. G.; HISTAND M. B. **Introdução à mecatrônica e aos sistemas de medições**. 4° Ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

MELCONIAN, SARKIS. **Elementos de Máquinas**. 9° Ed. São Paulo: ABDR, 2008

PAREDE, ISMAEL. **Habilitação Técnica em Eletrônica**. 1° Ed. São Paulo: FPA, 2016

ROLIM, LUCAS. **O que é Automação Industrial**. Disponível em:
(<http://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/tecnologia-informacao/o-que-e-automacao-industrial/>>) - Acesso em: 20 Março 2017.

LEÃO, LUCA. **Engenharia Elétrica Moderna**. Disponível em: (<http://www.cim-team.com.br/blog-engenharia-eletrica-moderna/cad-cae-e-cam-qual-a-diferenca>) - Acesso em: 5 Maio 2017.

MOTTI, ANDERSON. **O que são sistemas supervisórios**. Disponível em:
(<http://www.automacaoindustrial.info/o-que-sao-sistemas-supervisorios/>) - Acesso em: 5 Maio 2017.

EMPRESA KALATEC. **Mancais de Extremidade**. Disponível em:
(<http://www.kalatec.com.br/mancais-de-extremidade>) - Acesso em: 15 Maio 2017.

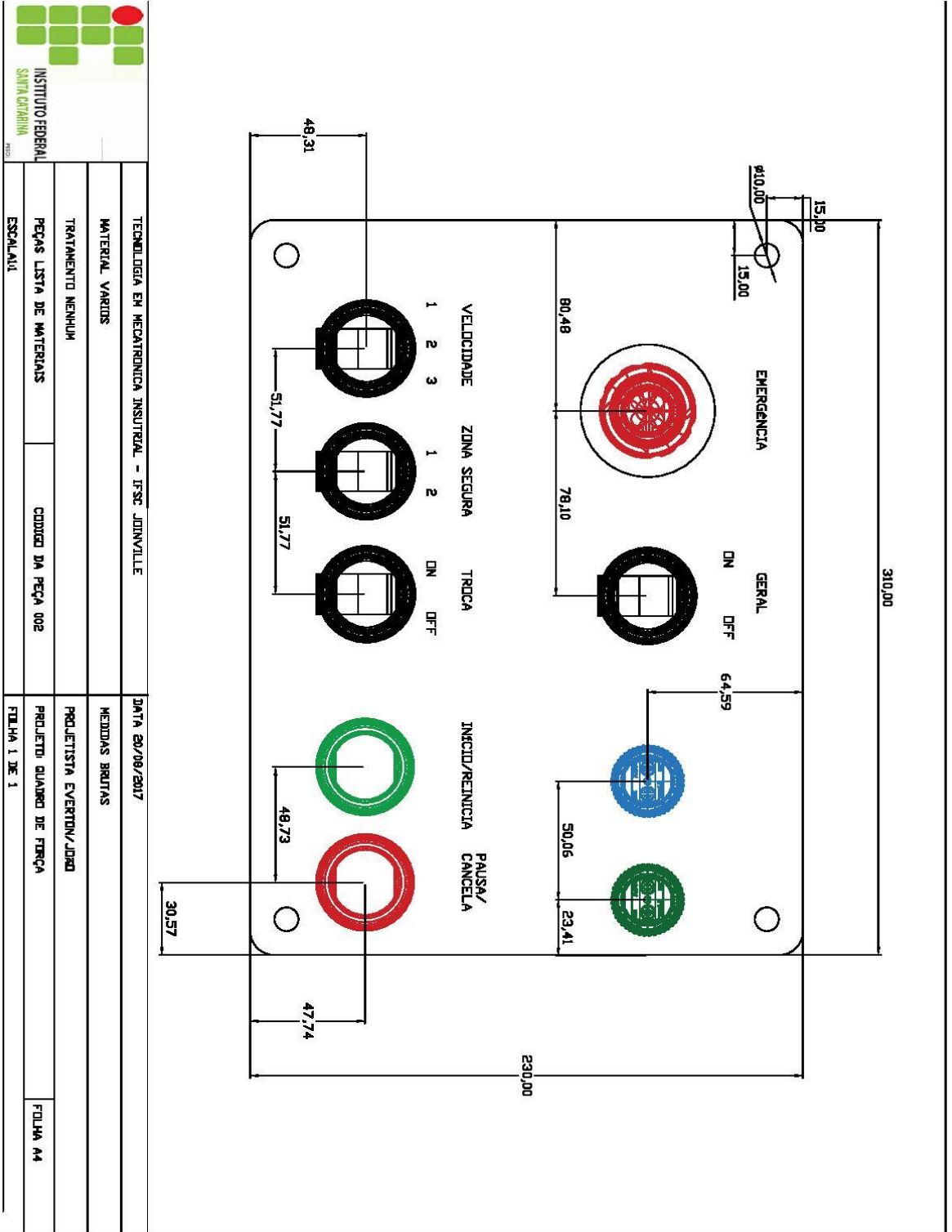
ATOS, JADSON. **Botoeiras, tipos e aplicações.** Disponível em:
(<http://athoselectronics.com/botoeiras-tipos-e-aplicacoes/>) - Acesso em: 17 Maio 2017.


BRAGA, NEWTON. **Como funciona os contadores.** Disponível em:(<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3854-el040>) Acesso em: 17 Maio 2017.

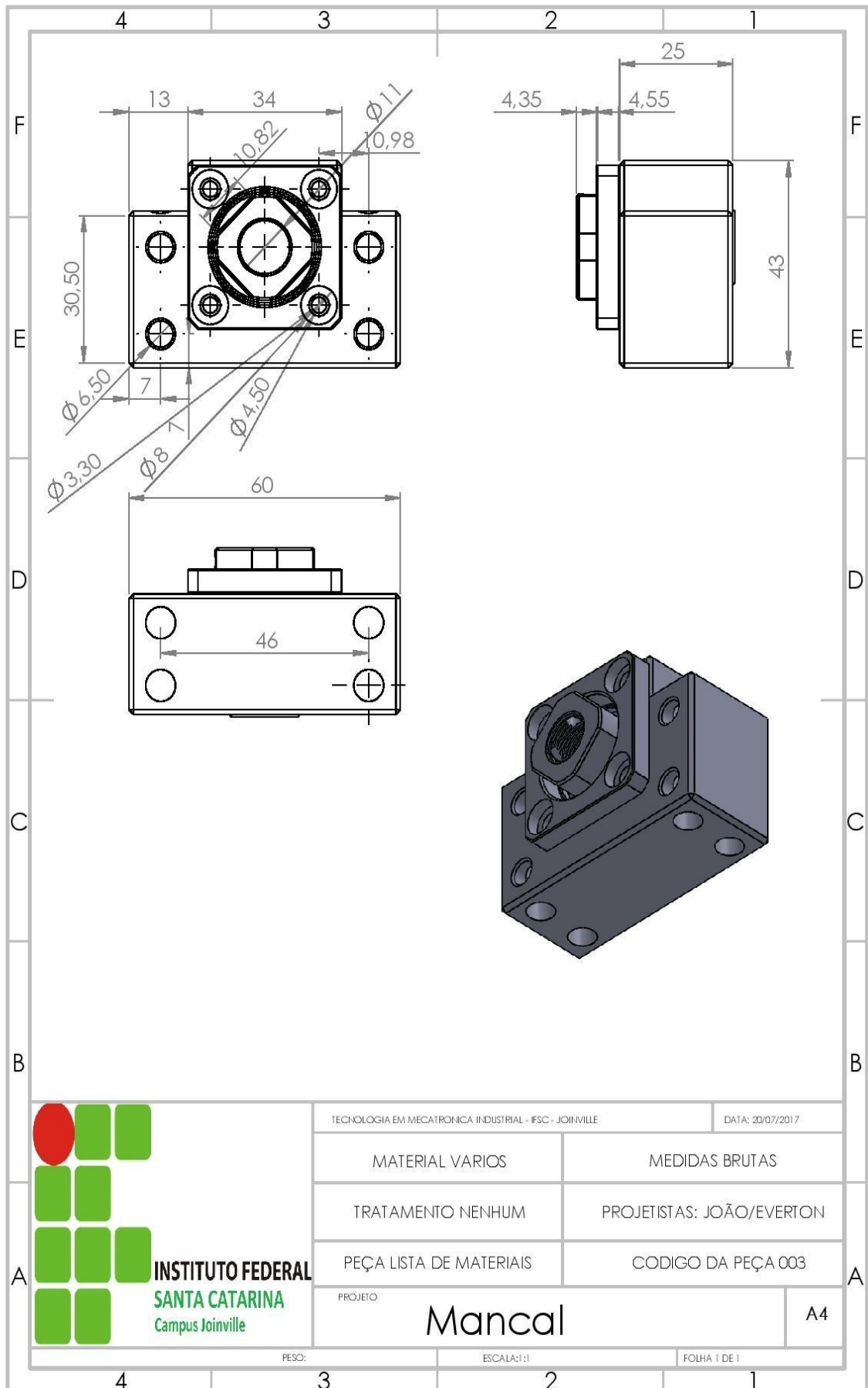
SILVA, JOÃO. **O que é IHM.** Disponível em: (<http://www.ajautomacao.com/o-que-e-ihm/>) - Acesso em: 20 Março 2017

EMPRESA SCHMERSAL. **Chaves fim de curso.** Disponível em:
(<http://www.schmersal.com.br/produtos/automacao/chaves-fim-de-curso/>) - Acesso em: 25 Maio 2017.

APÊNDICE A – PROJETO MECÂNICO



TECNOLOGIA EM MECATRONICA INSUTRIZAL - IFSC JOINVILLE		DATA 20/09/2017
MATERIAL VARIOS		MEDIDAS BRUTAS
TRATAMENTO NENHUM		PROJETISTA EVERTON/JORD
PEÇAS LISTA DE MATERIAS	CODIGO DA PEÇA 002	PROJETO QUADRO DE FORÇA
ESCALA 1:1		FOLHA 1 DE 1
 INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA		FOLHA A4

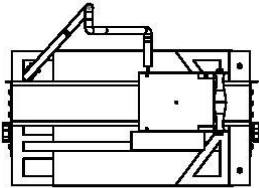
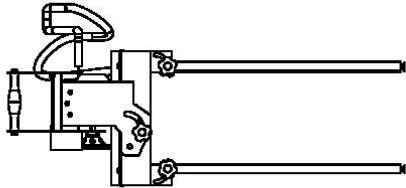
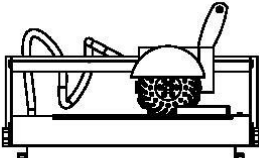
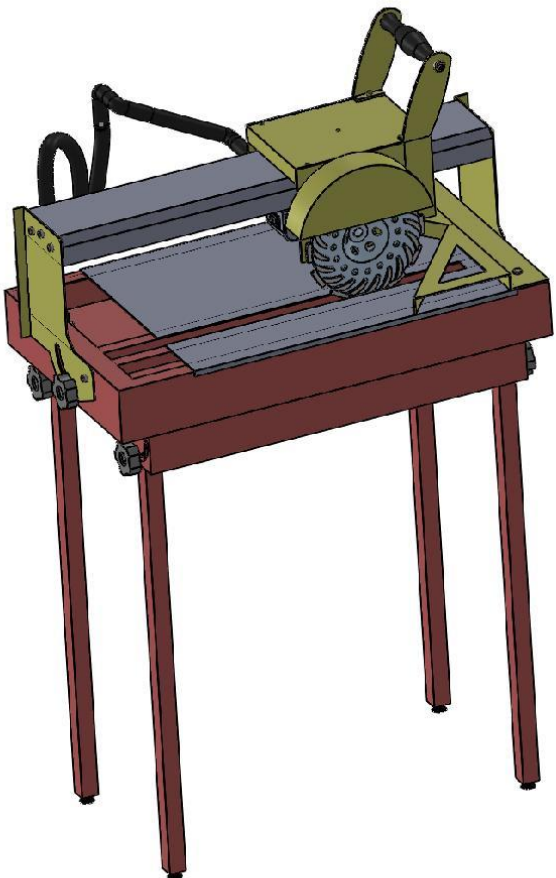



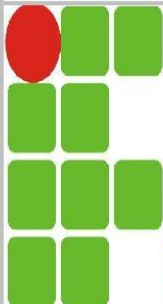
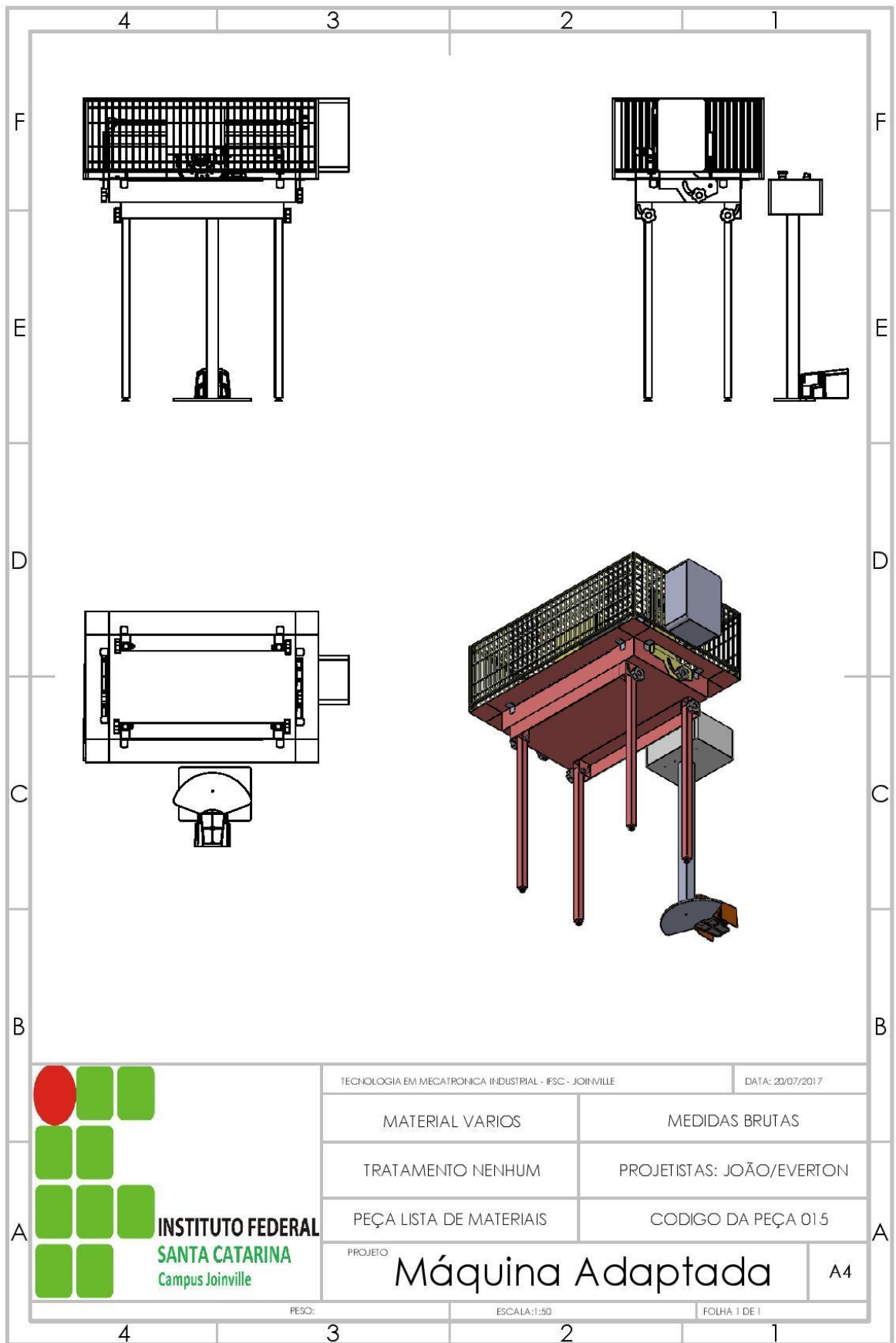
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
 Campus Joinville

TECNOLOGIA EM MECATRONICA INDUSTRIAL - IFSC - JOINVILLE DATA: 20/07/2017

MATERIAL VARIOS	MEDIDAS BRUTAS
TRATAMENTO NENHUM	PROJETISTAS: JOÃO/EVERTON
PEÇA LISTA DE MATERIAIS	CODIGO DA PEÇA 003

PROJETO **Mancal** A4

	4	3	2	1
F				
E				
D				
C				
B				
A	 <p>INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA Campus Joinville</p>		<p>TECNOLOGIA EM MECATRONICA INDUSTRIAL - IFSC - JOINVILLE</p> <p>DATA: 20/07/2017</p>	
	MATERIAL VARIOS		MEDIDAS BRUTAS	
	TRATAMENTO NENHUM		PROJETISTAS: JOÃO/EVERTON	
	PEÇA LISTA DE MATERIAIS		CODIGO DA PEÇA 014.	
	PROJETO		<h1>Máquina Original</h1>	
			A4	
	4	3	2	1
	PESO:		ESCALA: 1:20	
			FOLHA 1 DE 1	



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
 Campus Joinville

TECNOLOGIA EM MECATRONICA INDUSTRIAL - IFSC - JOINVILLE

DATA: 20/07/2017

MATERIAL VARIOS

MEDIDAS BRUTAS

TRATAMENTO NENHUM

PROJETISTAS: JOÃO/EVERTON

PEÇA LISTA DE MATERIAIS

CODIGO DA PEÇA 015

PROJETO

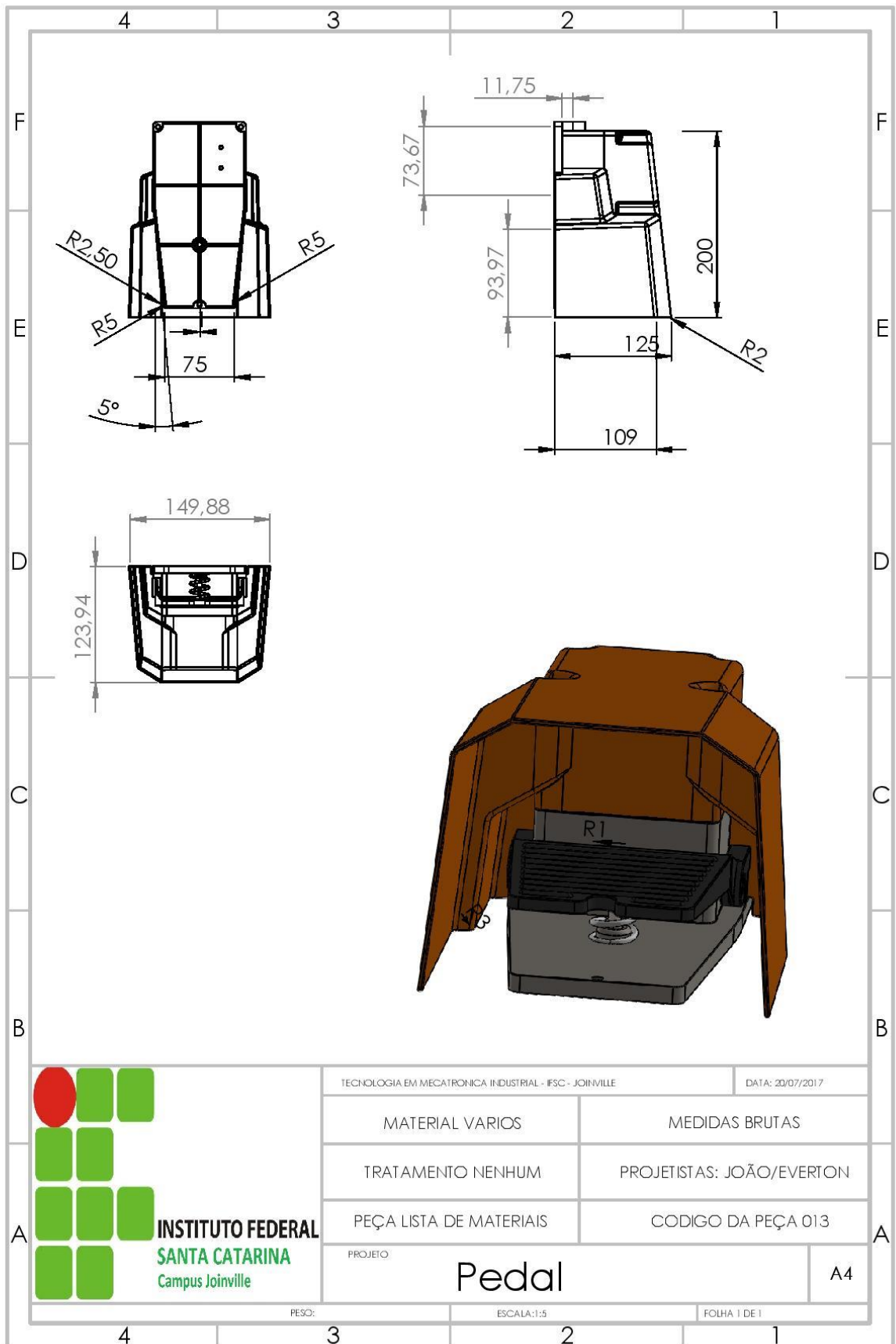
Máquina Adaptada

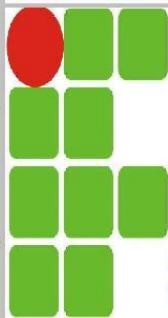
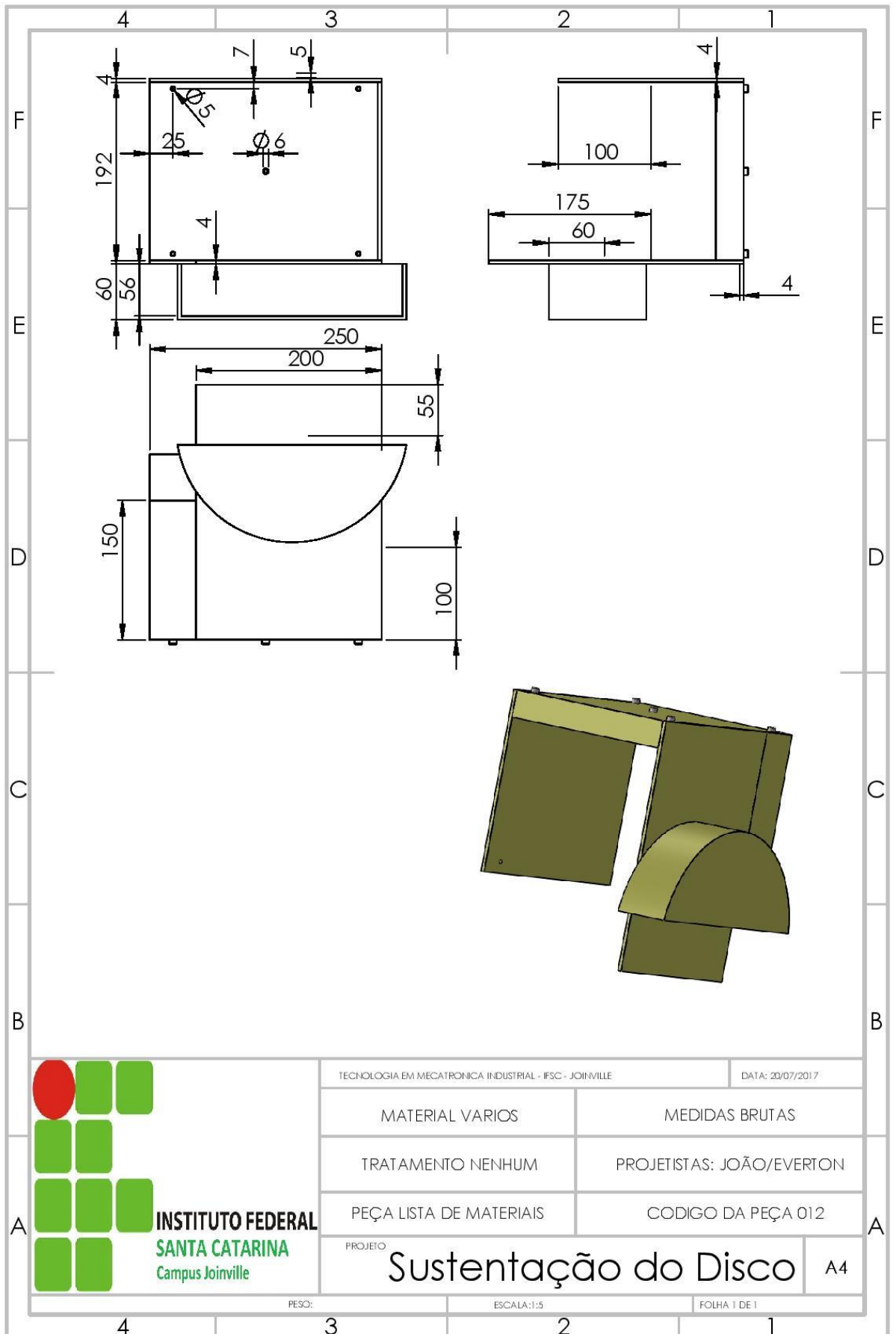
A4

PESO:

ESCALA:1:50

FOLHA 1 DE 1





INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
Campus Joinville

TECNOLOGIA EM MECATRONICA INDUSTRIAL - IFSC - JOINVILLE

DATA: 20/07/2017

MATERIAL VARIOS

MEDIDAS BRUTAS

TRATAMENTO NENHUM

PROJETISTAS: JOÃO/EVERTON

PEÇA LISTA DE MATERIAIS

CODIGO DA PEÇA 012

PROJETO

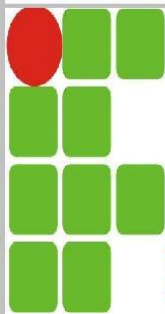
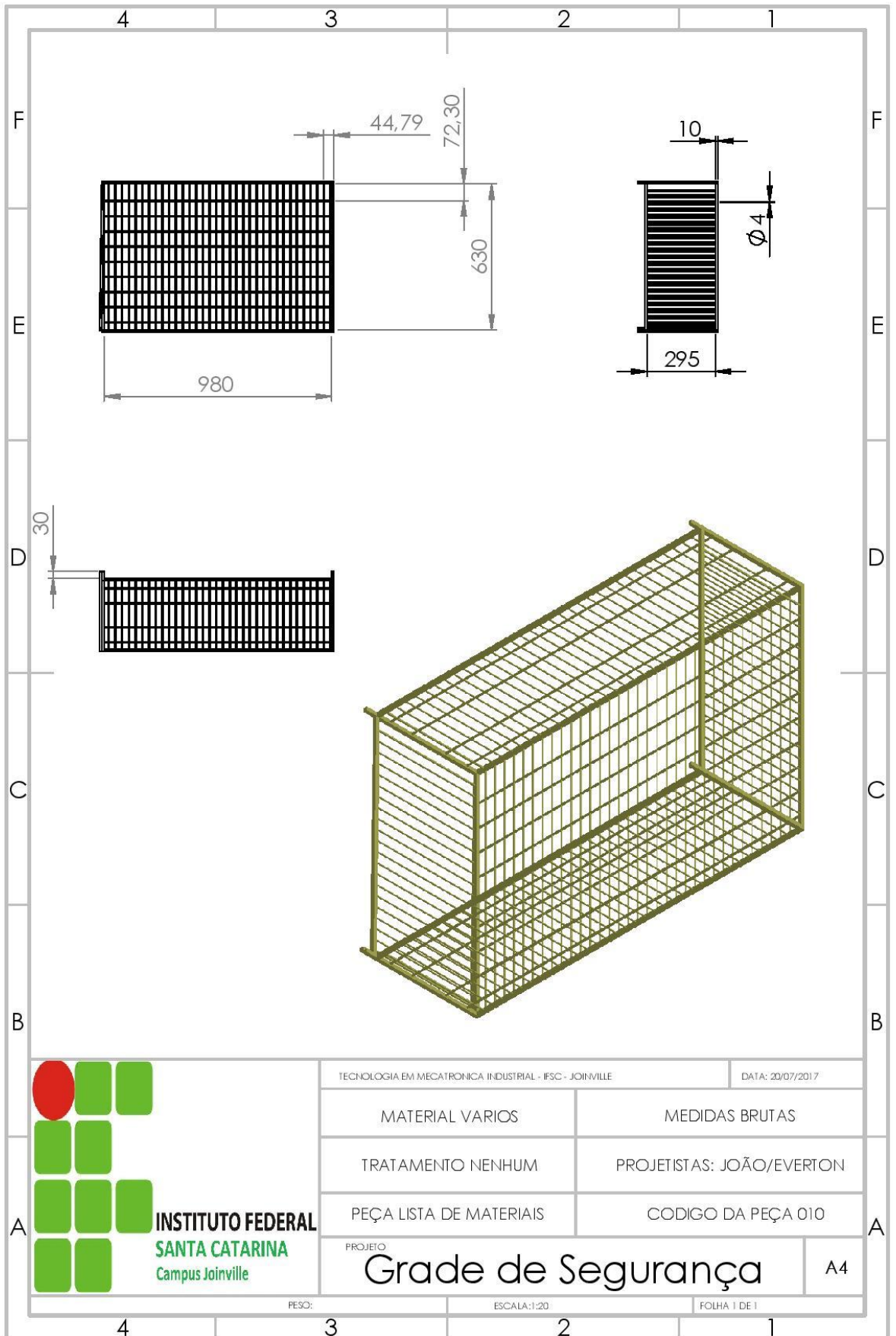
Sustentação do Disco

A4

PESO:

ESCALA:1:5

FOLHA 1 DE 1



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
 Campus Joinville

TECNOLOGIA EM MECATRONICA INDUSTRIAL - IFSC - JOINVILLE

DATA: 20/07/2017

MATERIAL VARIOS

MEDIDAS BRUTAS

TRATAMENTO NENHUM

PROJETISTAS: JOÃO/EVERTON

PEÇA LISTA DE MATERIAIS

CODIGO DA PEÇA 010

PROJEIO

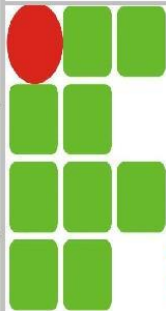
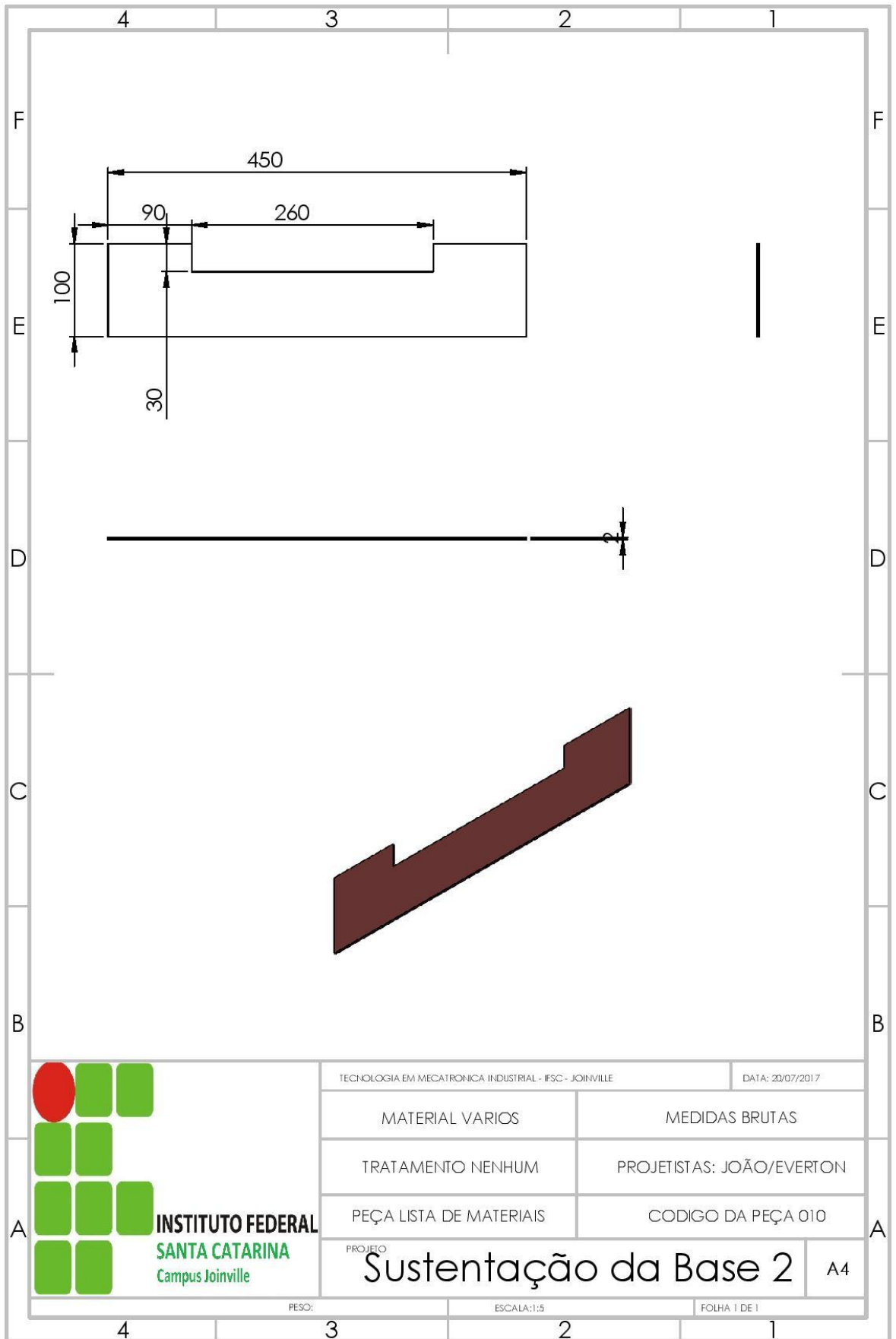
Grade de Segurança

A4

PESO:

ESCALA: 1:20

FOLHA 1 DE 1



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
 Campus Joinville

TECNOLOGIA EM MECATRONICA INDUSTRIAL - IFSC - JOINVILLE

DATA: 20/07/2017

MATERIAL VARIOS

MEDIDAS BRUTAS

TRATAMENTO NENHUM

PROJETISTAS: JOÃO/EVERTON

PEÇA LISTA DE MATERIAIS

CODIGO DA PEÇA 010

PROJETO

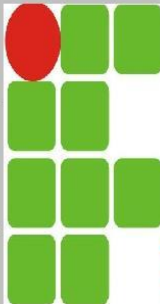
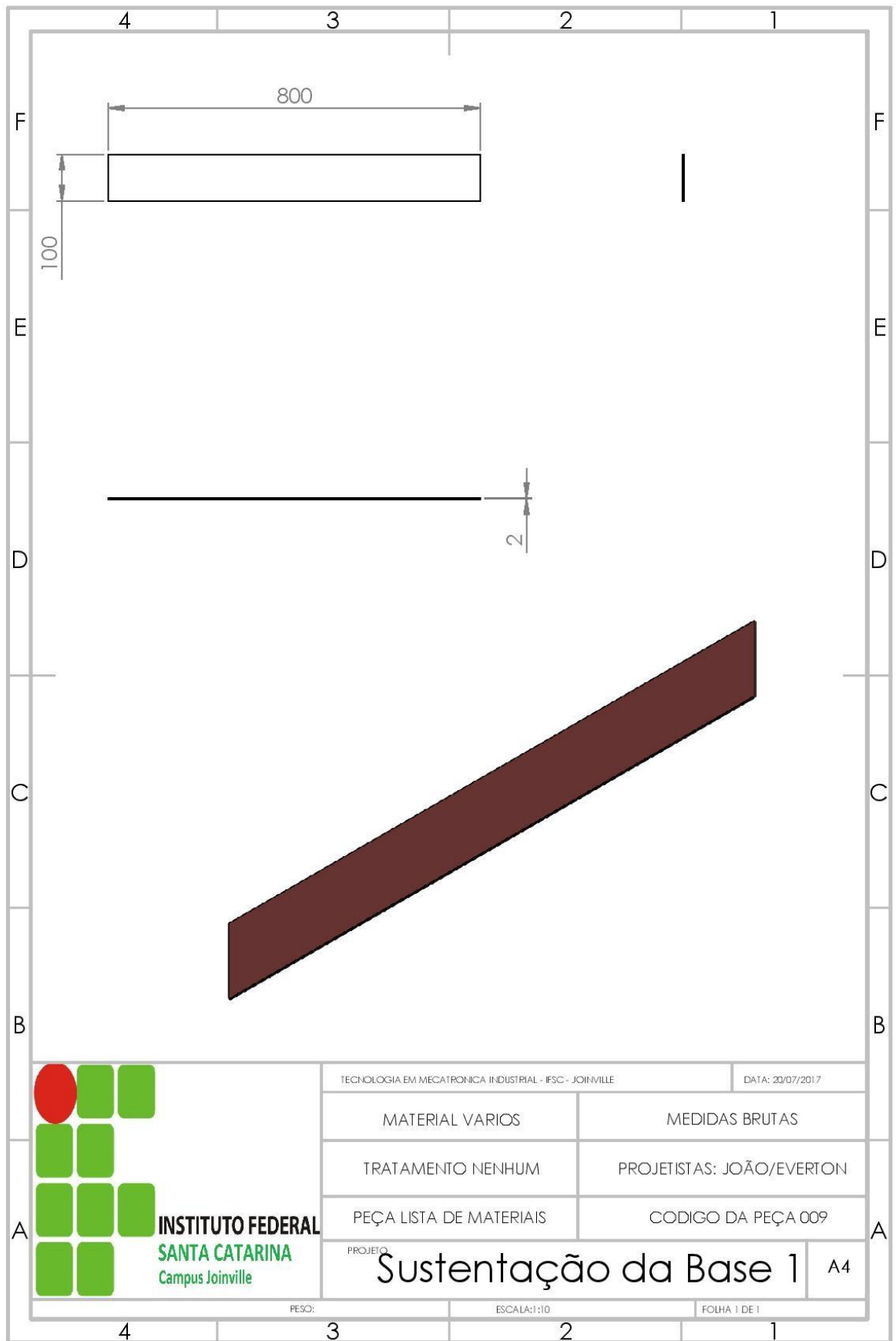
Sustentação da Base 2

A4

PESO:

ESCALA:1:5

FOLHA 1 DE 1



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
 Campus Joinville

TECNOLOGIA EM MECATRONICA INDUSTRIAL - IFSC - JOINVILLE

DATA: 20/07/2017

MATERIAL VARIOS

MEDIDAS BRUTAS

TRATAMENTO NENHUM

PROJETISTAS: JOÃO/EVERTON

PEÇA LISTA DE MATERIAIS

CODIGO DA PEÇA 009

PROJETO

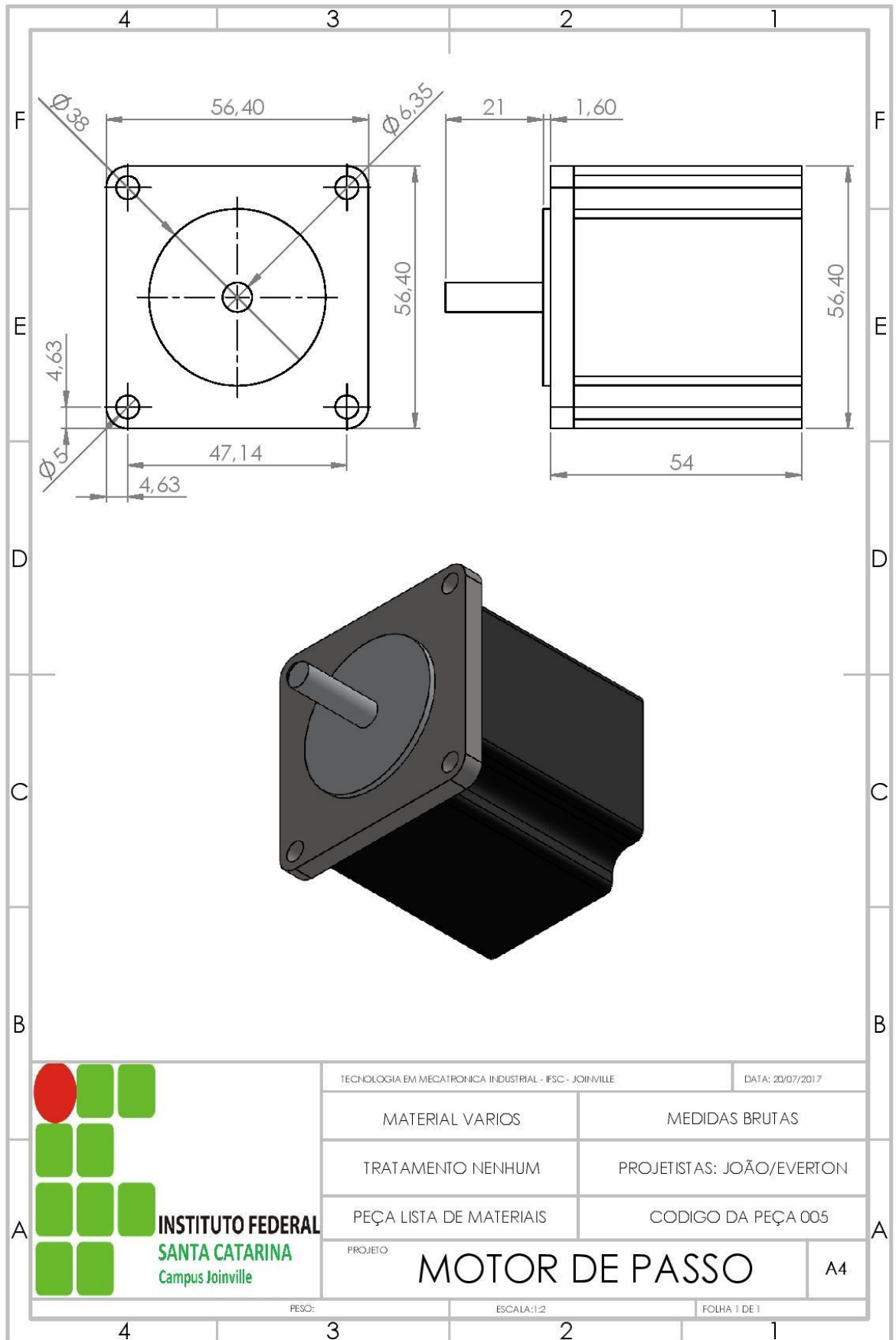
Sustentação da Base 1

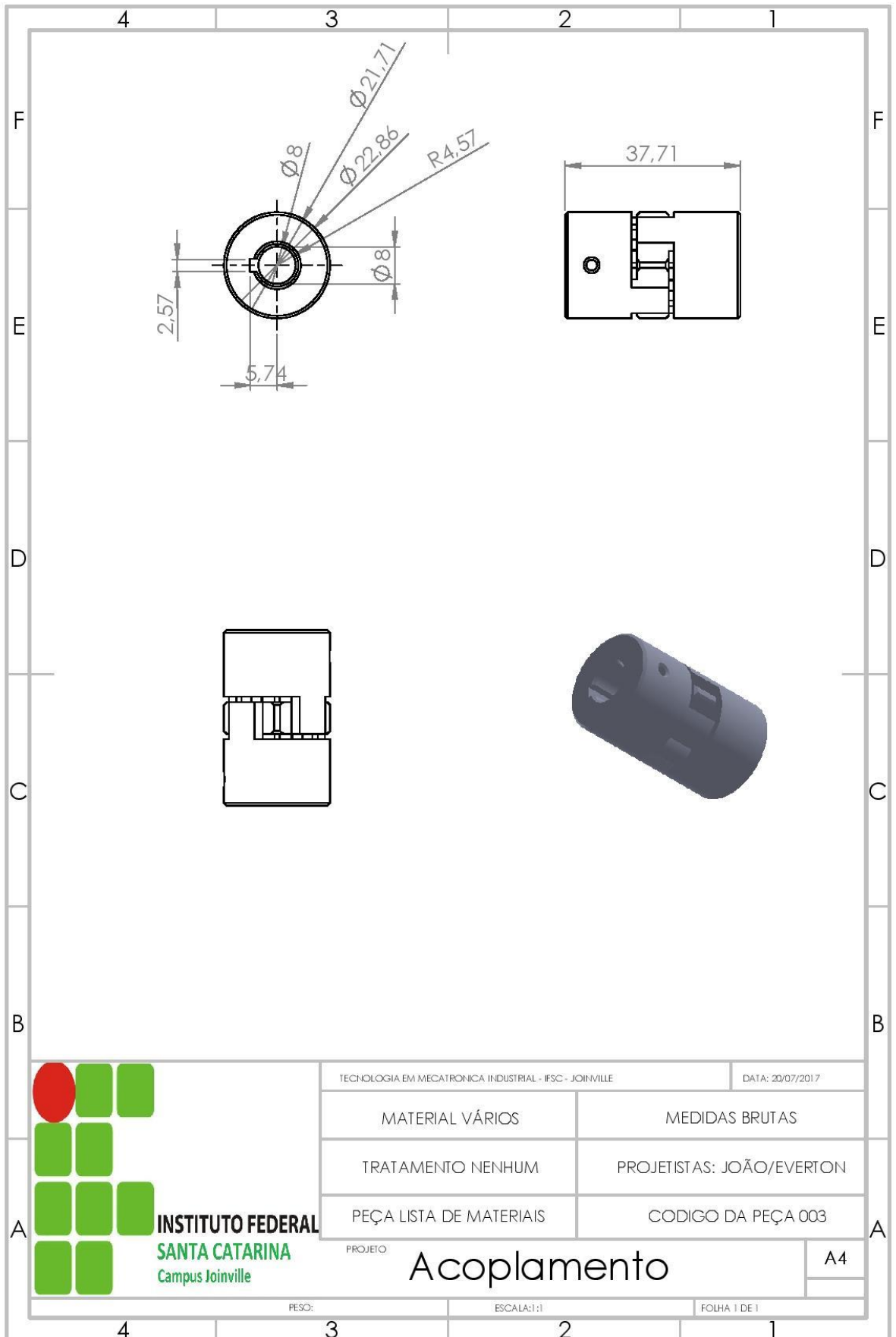
A4

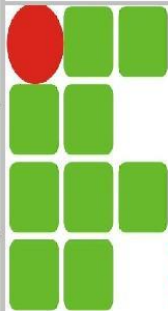
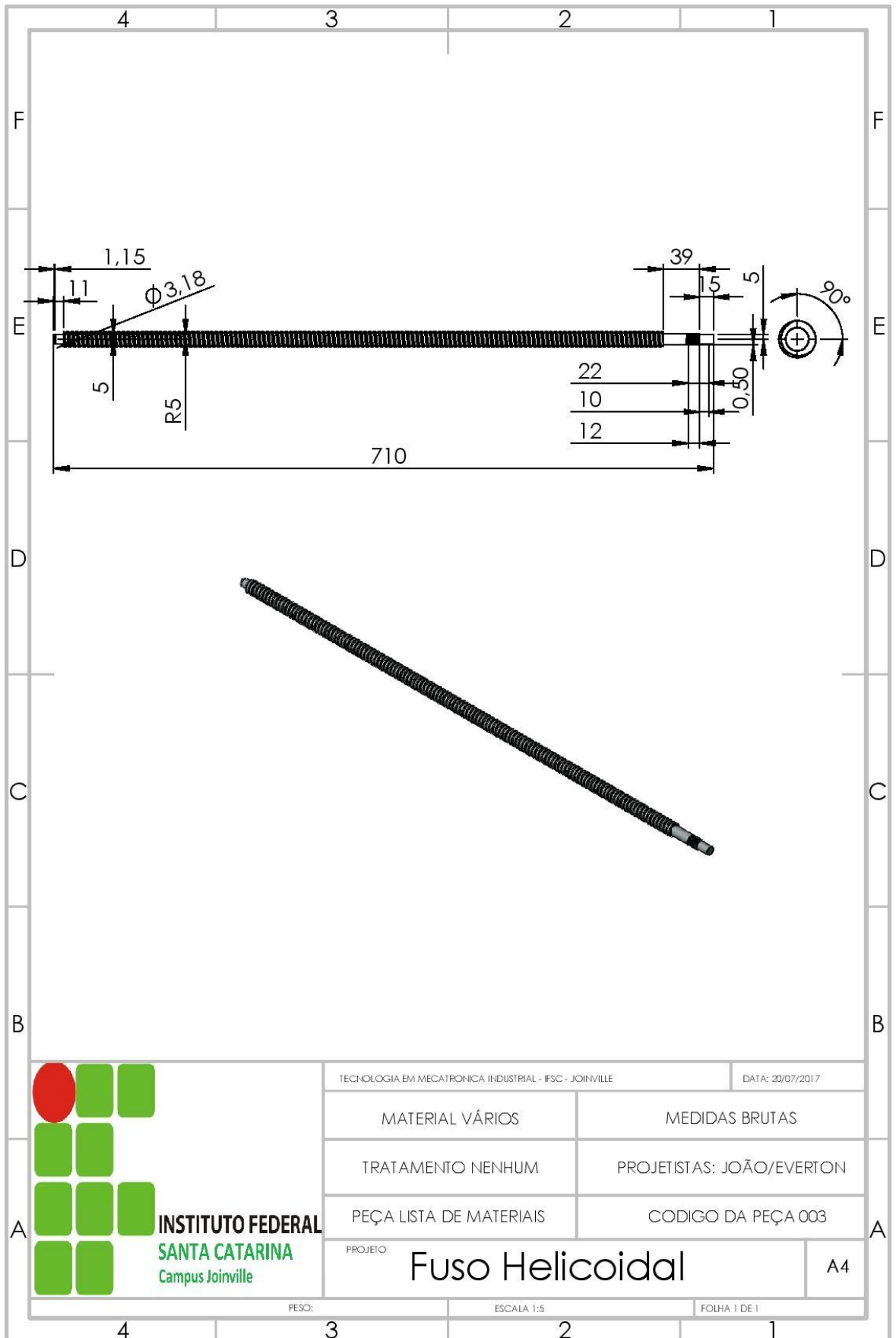
PESO:

ESCALA:1:10

FOLHA 1 DE 1







INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
 Campus Joinville

TECNOLOGIA EM MECATRONICA INDUSTRIAL - IFSC - JOINVILLE

DATA: 20/07/2017

MATERIAL VÁRIOS

MEDIDAS BRUTAS

TRATAMENTO NENHUM

PROJETISTAS: JOÃO/EVERTON

PEÇA LISTA DE MATERIAIS

CODIGO DA PEÇA 003

PROJETO

Fuso Helicoidal

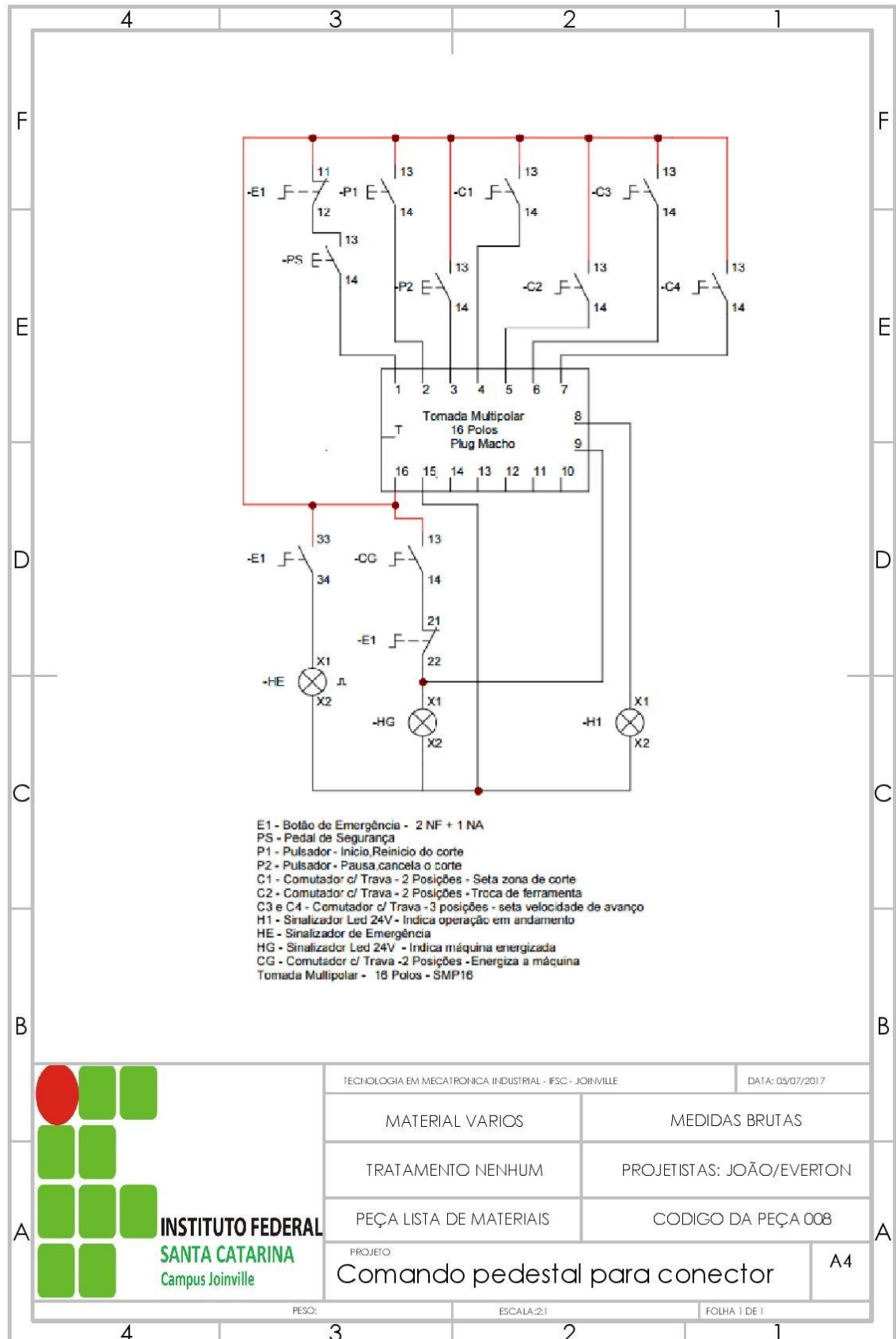
A4

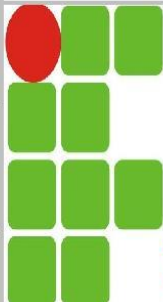
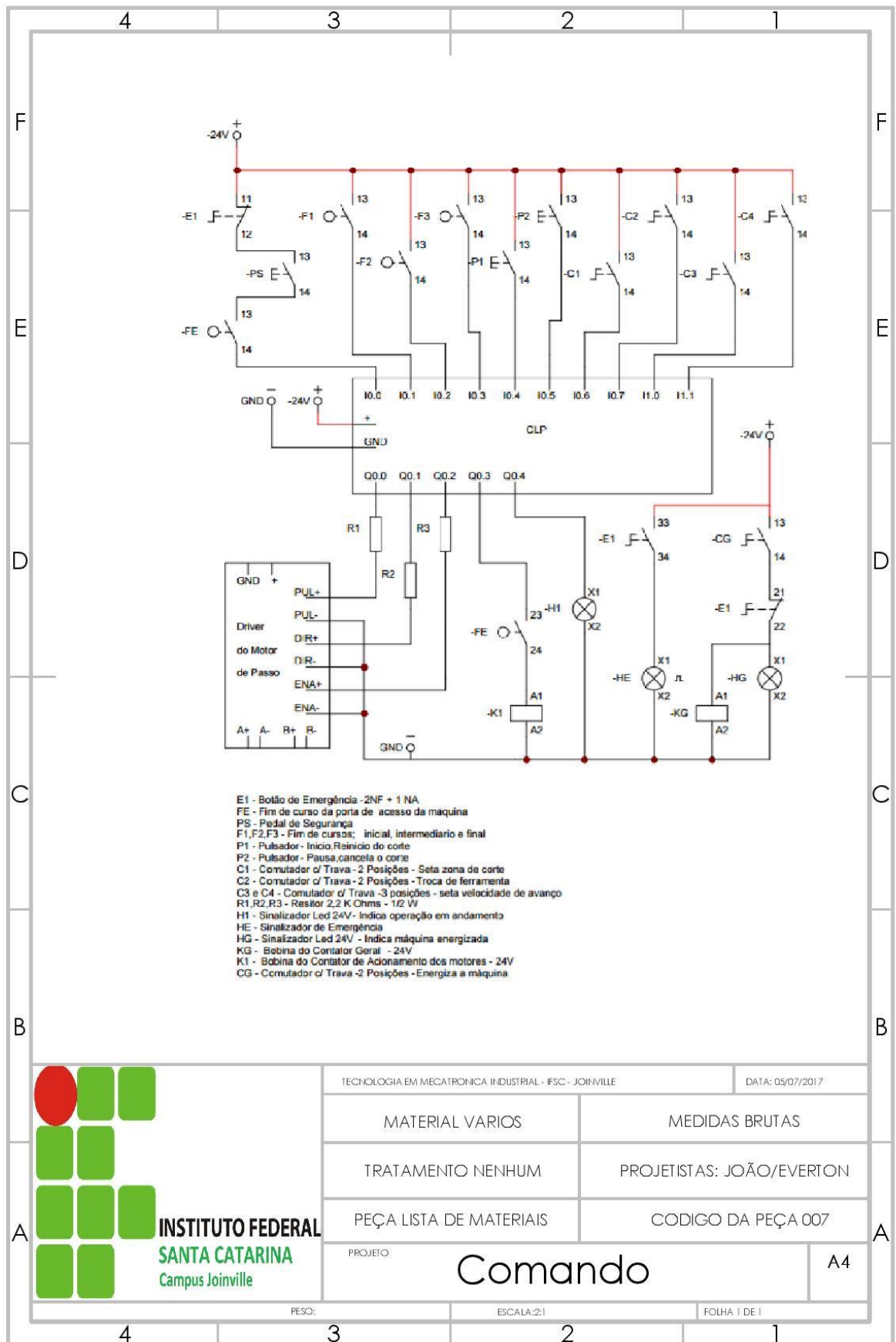
PESO:

ESCALA 1:5

FOLHA 1 DE 1

APÊNDICE B – PROJETO ELÉTRICO





INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
 Campus Joinville

TECNOLOGIA EM MECATRONICA INDUSTRIAL - IFSC - JOINVILLE

DATA: 09/07/2017

MATERIAL VARIOS

MEDIDAS BRUTAS

TRATAMENTO NENHUM

PROJETISTAS: JOÃO/EVERTON

PEÇA LISTA DE MATERIAIS

CODIGO DA PEÇA 007

PROJETO

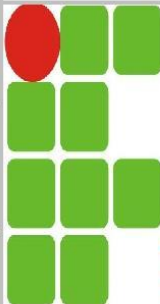
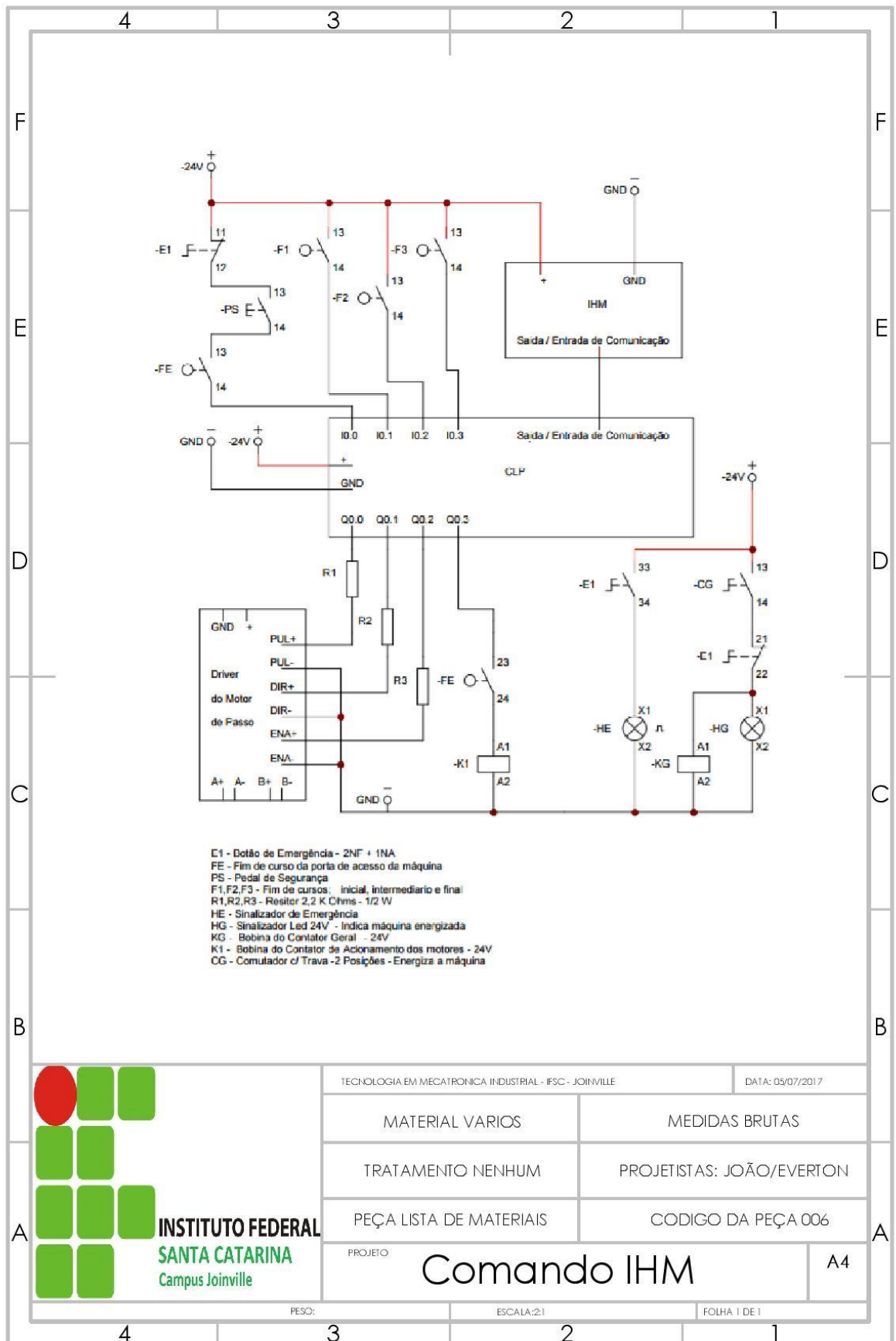
Comando

A4

PESO:

ESCALA:2:1

FOLHA 1 DE 1



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
 Campus Joinville

TECNOLOGIA EM MECATRONICA INDUSTRIAL - FSC - JOINVILLE

DATA: 05/07/2017

MATERIAL VARIOS

MEDIDAS BRUTAS

TRATAMENTO NENHUM

PROJETISTAS: JOÃO/EVERTON

PEÇA LISTA DE MATERIAIS

CODIGO DA PEÇA 006

PROJETO

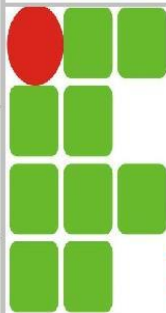
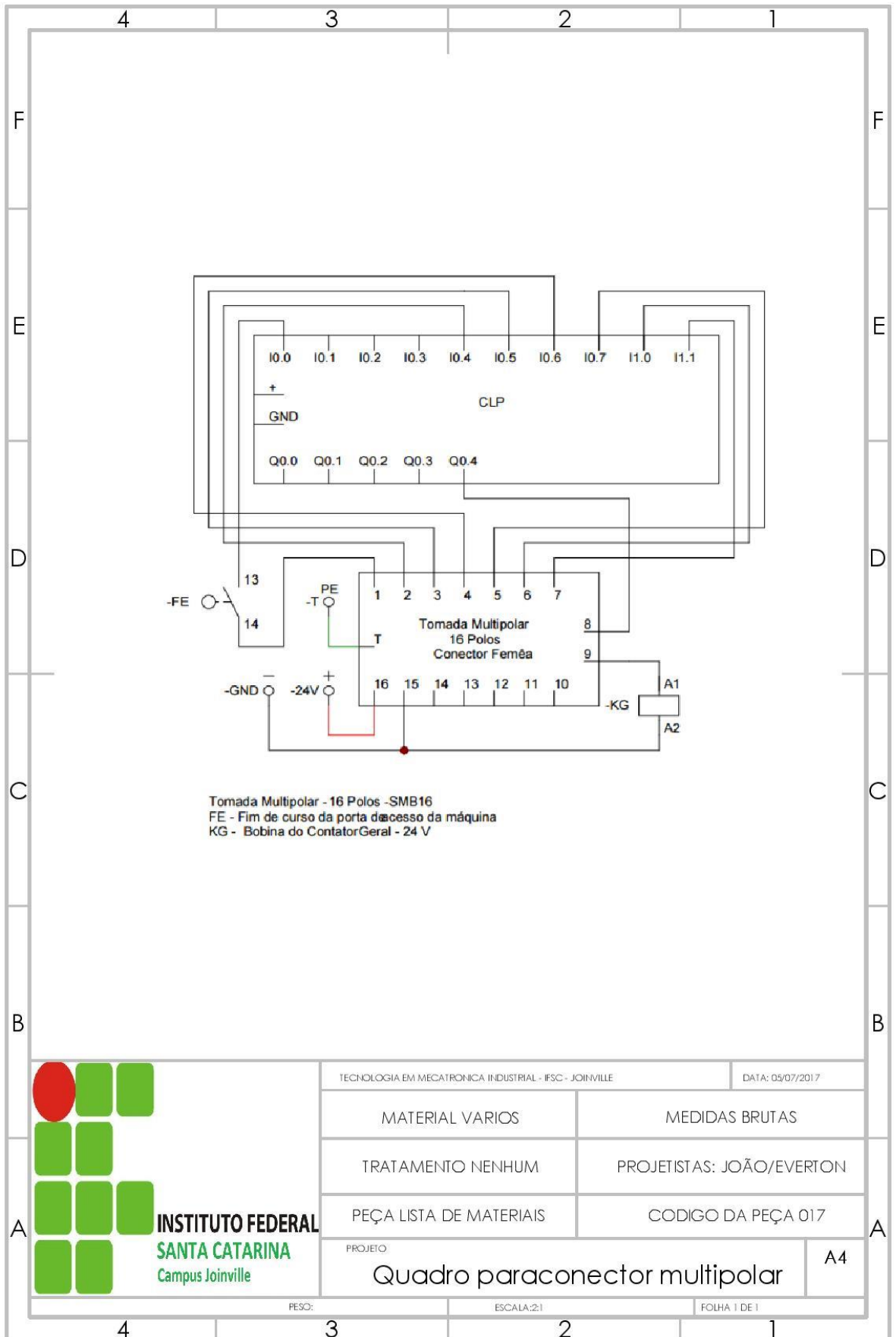
Comando IHM

A4

PESO:

ESCALA:2:1

FOLHA 1 DE 1



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
 Campus Joinville

TECNOLOGIA EM MECATRONICA INDUSTRIAL - IFSC - JOINVILLE

DATA: 05/07/2017

MATERIAL VARIOS

MEDIDAS BRUTAS

TRATAMENTO NENHUM

PROJETISTAS: JOÃO/EVERTON

PEÇA LISTA DE MATERIAIS

CODIGO DA PEÇA 017

PROJETO

Quadro para conector multipolar

A4

PESO:

ESCALA:2:1

FOLHA 1 DE 1

APÊNDICE C – PROGRAMA DO CLP

Máquina de corte para cerâmicas / Máquina de Corte (OB1)

- Rotina Principal

As sub-rotinas bloqueadas, "PTO0_CRTL" (SBR0) e PTO0_MAN(SBR1) não permite visualização de sua programação Ladder. As mesmas foram geradas com o wizard presente no software STEP 7 da Siemens.

"PTO0_CRTL"(SBR0), configura a saída do trem de pulsos p/ saída Q0.0.

O manual do S7-200 indica que o SM0.0 deve sempre ser utilizado no EN dessa rotina. Que a mesma deve ser chamada somente uma vez durante o programa, e ser executada em todo scan.

SM0.0 está sempre ativo.

A mesma pode ser utilizada p/ pausar qualquer rotina de movimentação iniciada pela rotina PTO0_MAN(SBR1), utilizado nesse programa nos casos de emergência.

"PTO0_MAN" (SBR1), inicia envio de trem de pulsos na saída Q0.0, quando a entrada RUN estiver em nível alto, pausa quando estiver em nível baixo. A frequência do trem pulsos é definida ao chamar a subrotina. São respeitadas as rampas de aceleração e desaceleração definidas do Wizard PTO do software STEP 7- MicroWin da Siemens.

Para esse programa foi utilizado rotação mínima de 50 RPM, e tempo de aceleração/desaceleração de 1 segundo. Esses valores deverão ser alterados numa eventual execução desse projeto, para atender a situação do sistema mecânico e motor utilizados.

Lista de entradas e relação com esquema elétrico.

-----Entradas / Inputs-----

emergencia: I0.0 > E1,FE e PS do esquema elétrico de comando

fim_curso_1: I0.1 > F1 do esquema elétrico de comando

fim_curso_2: I0.2 > F2 do esquema elétrico de comando

fim_curso_3: I0.3 > F3 do esquema elétrico de comando

inicio: I0.4 > P1 do esquema elétrico de comando

pausa: I0.5 > P2 do esquema elétrico de comando

safezone: I0.6 > C1 do esquema elétrico de comando

troca_ferram: I0.7 > C2 do esquema elétrico de comando

veloc_1 I1.0 > C3 do esquema elétrico de comando

veloc_2: I1.1 > C4 do esquema elétrico do comando

-----Saídas / Outputs-----

pulse: Q0.0 > PUL+ do esquema elétrico de comando

direcao: Q0.1 > DIR+ do esquema elétrico de comando

enable: Q0.2 > ENA+ do esquema elétrico de comando

motores: Q0.3 > Bobina do K1 do esquema elétrico de comando

andamento: Q0.4 > H1 do esquema elétrico de comando

OBS: Dois programas similares estão inclusos no CD que acompanha este projeto.

Esse programa é para o comando da máquina via botoeiras e comutadores utilizando as entradas do CLP

O outro programa é para o comando da máquina via IHM com o software Elipse Scada, utilizando a saída de comunicação do CLP.

As diferenças entre um programa é outro são somente que os endereços físicos de algumas entrada do CLP são substituídos por endereços de memórias.

Comando via botões >>>> IHM

I0.4 >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> M2.0

I0.5 >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> M2.1

I0.6 >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> M2.2

I0.7 >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> M2.3

I1.0 >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> M2.4

I1.1 >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> M2.5

Essas mudanças podem ser feitas diretamente na Symbol Table do programa utilizando o software STEP 7 Micro/Win da Siemens.

Máquina de corte para cerâmicas / Máquina de Corte (OB1)

Lembrando que os CLPs do laboratório da Sala 421 do IFSC não possuem as entradas I1.0 e I1.1. As mesmas podem ser setadas ao monitorar o programa com o software STEP 7 Micro/Win.

-----Funcionamento Básico do Programa-----

Qualquer movimento, seja do motor de passo, ou do motor do disco de corte só é ativado caso o botão de emergência não esteja acionado, a porta de acesso esteja fechada, e o operador esteja acionando o pedal de segurança.

Ao iniciar, retorna-se o motor de corte a posição inicial (fim de curso 1), pela sub-rotina "retorno".

Após a sub-rotina retorno, a única sub-rotina rodando é a sub-rotina setup, que atualiza o valor da velocidade de avanço no programa via um comutador de 3 posições (ou via IHM).

Nesse momento o operador pode fazer iniciar uma de 3 operações.

- Alterar a zona de corte
- Iniciar o ciclo de corte
- Setar a chave p/ troca de disco

Caso qualquer uma das operações seja acionada, qualquer outra é bloqueada até que a mesma termine.

-----Alterar zona de corte.

Caso altere da zona de corte maior p/ menor (fim de curso 2), a sub-rotina "setup" faz o movimento do motor de passo, Caso altere da zona de corte menor p/ maior (fim de curso 1), a sub-rotina "setup" reseta memória M0, p/ sub-rotina "retorno" ser executada novamente.

O movimento de alteração da zona de corte não pode ser interrompido. Por exemplo : O operador muda p/ zona de corte menor, mas logo após já retorna para zona de corte maior. O movimento até o fim de curso 2 vai ser executado por completo, após terminar a máquina retornará para o fim de curso 1.

Caso a chave de alteração de zona de corte já esteja na posição de zona de corte menor ao iniciar o programa, a máquina vai primeiro se movimentar até o fim de curso 1, p/ após se movimentar até o fim de curso 2.

No retorno das sub-rotinas "ferramenta" e "corte", a máquina já irá parar na zona de corte definida pelo operador, caso a mesma tenha sido alterada durante a execução dessas sub-rotinas.

----- Iniciar o ciclo de corte

Sub-rotina iniciada por um pulsador, inicia o motor do disco de corte, a bomba da água e move até o fim de curso 3.

Essa sub-rotina pode ser pausada, vai botão pausa. Cancelada, mantendo-se o botão pausa pressionado por 5 segundos. Caso pausada, pode ser reiniciada via o botão início.

-----Setar a chave p/ troca de disco

Sub-rotina iniciada por uma chave comutadora. Quando iniciada move o motor de corte até o fim de curso 3.

Retorna ao fim de curso 1 ou 2 (dependendo da zona de corte definida) quando a chave comutadora retornar a posição inicial.

Essa sub-rotina pode ser interrompida pelo operador. Por exemplo: o operador seta a chave comutadora p/ iniciar a sub-rotina, a máquina inicia o movimento. Logo após o operador volta a chave comutadora p/ posição inicial. Se isso ocorrer a máquina interrompe o movimento até o fim de curso 3 e inicia o retorno p/ zona de corte setada.

Network 1

SM0.1 está ativo somente no primeiro Scan do programa.

Máquina de corte para cerâmicas / Máquina de Corte (OB1)

É movido valores para as variáveis de tempo e avanço, de forma que caso seja necessário alterar esses valores é necessário somente alterar essa Network.

Os temporizadores utilizados nesse programa são de escala de 100 ms.

tempo1 = 500 ms, tempo para iniciar o movimento do motor de passo após a magnetização do eixo.

tempo2 = 1500 ms, esse tempo deve ser maior que o tempo da rampa de aceleração/desaceleração, definido como 1000 ms no Wizard PTO.

tempo3 = 2000 ms, utilizado para aguardar o motor de corte atingir rotação total antes de iniciar o movimento do motor de passo.

tempo4 = 3000 ms, utilizado para aguardar o motor de corte parar antes de iniciar o movimento do motor de passo.

tempo5 = 5000 ms, tempo p/ reset total do programa quando os botões início e pausa ficarem pressionados. (Usado somente p/ testes)

tempo6 = 5000 ms, tempo p/ cancelar a rotina de corte, botão pausa deve ficar pressionador por esse tempo.

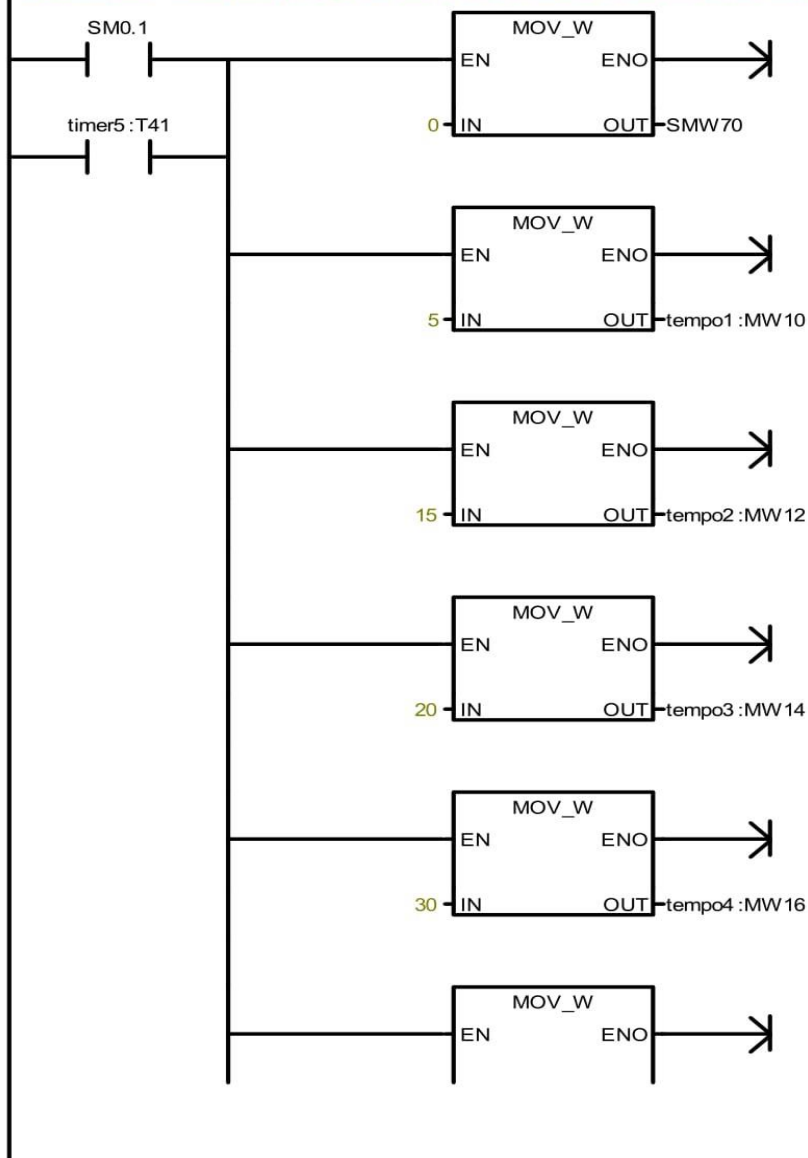
Avanços - Driver de Motor de passo configurado p/ 4000 pulsos por revolução. Fuso com passo de 5 mm por revolução.

avancobaixo = 10000 pulso p/ segundo, 150 RPM no motor de passo, 0,75 metros/minuto de avanço

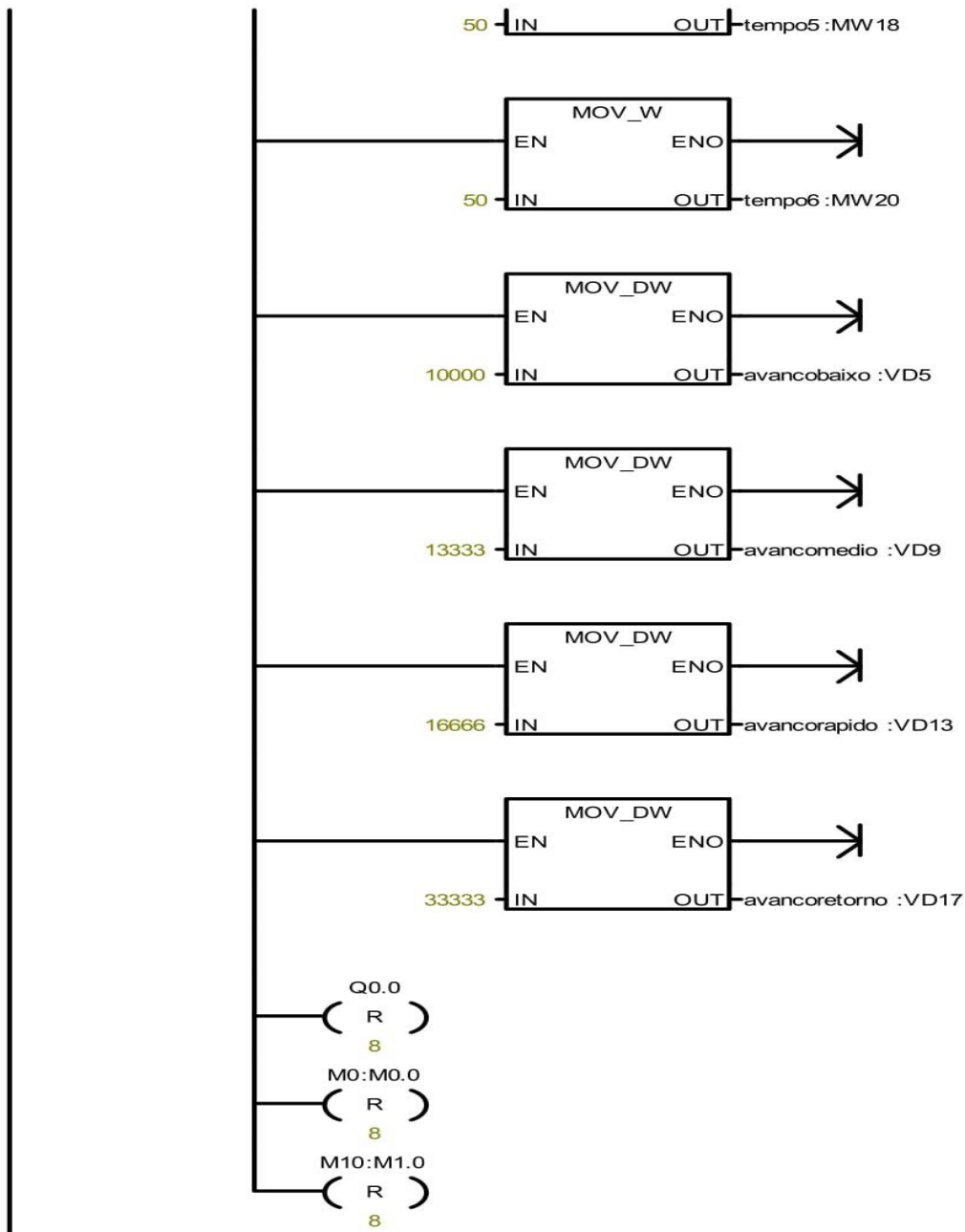
avancomedio = 13333 pulso p/ segundo, 200 RPM no motor de passo, 1,0 metros/minuto de avanço

avancorapido = 16666 pulso p/ segundo, 250 RPM no motor de passo 1,25 metros/minuto de avanço

avancorapido = 33333 pulso p/ segundo, 500 RPM no motor de passo 2,5 metros/minuto de avanço



Máquina de corte para cerâmicas / Máquina de Corte (OB1)



Symbol
 avancobaixo
 avancomedio
 avancorapido
 avancoretorno
 M0
 M10
 tempo1
 tempo2
 tempo3
 tempo4

Address
 VD5
 VD9
 VD13
 VD17
 M0:0
 M0:1
 M10:10
 M10:11
 MW10
 MW12
 MW14
 MW16

Comment
 variavel para salvar a velocidade de avanço
 variavel para salvar a velocidade de avanço
 variavel para salvar a velocidade de avanço
 variavel para salvar a velocidade de avanço
 identifica se o ciclo de retorno foi executado
 aciona motor de passo na subrotina retorno
 variavel utilizada com o temporizador timer1
 variavel utilizada com o temporizador timer2
 variavel utilizada com o temporizador timer3
 variavel utilizada com o temporizador timer4

Máquina de corte para cerâmicas / Máquina de Corte (OB1)

tempo5 MW18 variavel utilizada com o temporizador timer5
tempo6 MW20 variavel utilizada com o temporizador timer6
timer5 T41 Temporizador, utilizado com variavel tempo5

Network 2

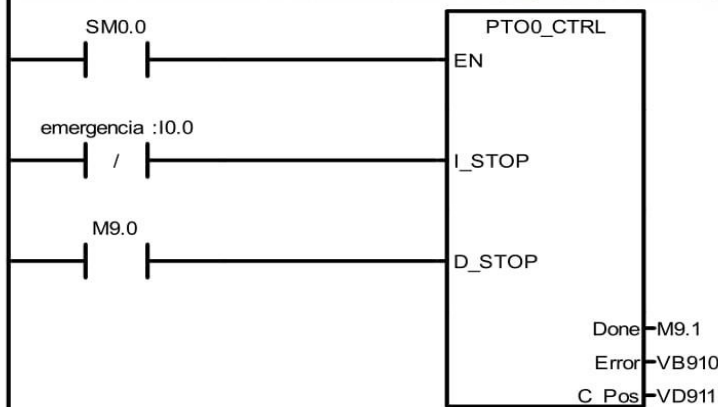
Chama a rotina PTO0_CTRL, que configura a saída de trem de pulsos p/ Q0.0.

I_STOP, para qualquer envio de pulsos em andamento de forma imediata, utilizado nos casos de emergencia.

D_STOP, para o envio de pulsos respeitando a curva de desaceleração definida no wizard, não utilizado nesse programa

Caso I_STOP ou D_STOP estejam com nivel logico alto, não é possível iniciar qualquer envio de pulsos via Subrotina PTO0_MAN.

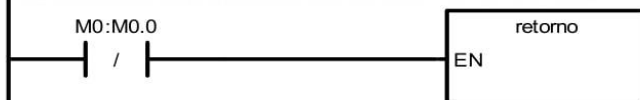
M10.0, M10.1, VB910 e VD911 não são utilizados no programa, porem não é possível deixar esses locais vazios.



Symbol	Address	Comment
emergencia	I0.0	Botão de emergencia, fim de curso do portão de segurança, NF

Network 3

Volta maquina pra posição inicial (Fim de curso 1), utilizada no primeiro ciclo e caso a zona de corte mude do fim de curso 2 p/ fim de curso 1. (M0.0 setado no fim de sub-rotina "retorno")

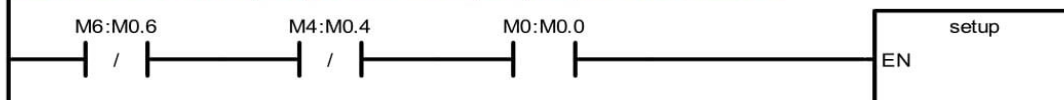


Symbol	Address	Comment
M0	M0.0	identifica se o ciclo de retorno foi executado

Network 4

Setup de velocidade de avanço e zona de corte. Move o motor de corte para posição do Fim de curso 2, caso a zona de corte seja alterada do fim de curso 1 p/ fim de curso 2.

Roda somente caso a subrotina "retorno" tenha sido executada ao menos uma vez (M0.0), e é impossibilitado de rodar caso a sub-rotina "corte" (M0.4) ou "ferramenta" (M0.6) estejam sendo executadas.



Symbol	Address	Comment
M0	M0.0	identifica se o ciclo de retorno foi executado
M4	M0.4	identifica subrotina de corte em andamento
M6	M0.6	identifica subrotina ferramenta em andamento

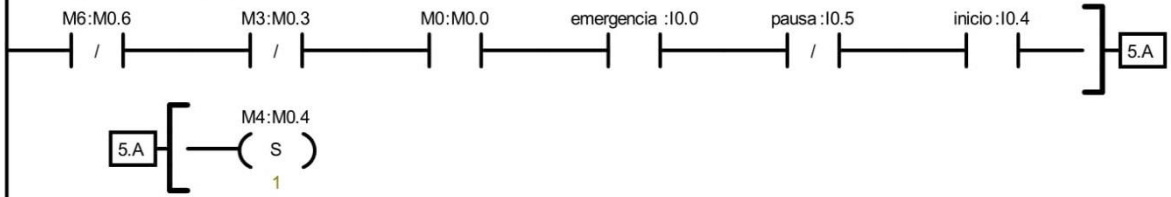
Máquina de corte para cerâmicas / Máquina de Corte (OB1)

Network 5

Seta memoria M4 p/ iniciar a subrotina "corte".

Impossibilitado de ser executado caso:

- A sub-rotina "ferramenta" esteja em andamento (M0.6)
- Troca de zona de corte em andamento (M0.3)
- Sub-rotina "retorno" não foi executada (M0.0)
- Emergencia Acionada (I0.0)



Symbol	Address	Comment
emergencia	I0.0	Botão de emergencia, fim de curso do portão de segurança, NF
inicio	I0.4	botao pulso de inicio ou reinicio do processo, NA
M0	M0.0	identifica se o ciclo de retorno foi executado
M3	M0.3	identifica troca de zona segura em andamento
M4	M0.4	identifica subrotina de corte em andamento
M6	M0.6	identifica subrotina ferramenta em andamento
pausa	I0.5	botao pulso de pausa ou cancelamento do processo, NA

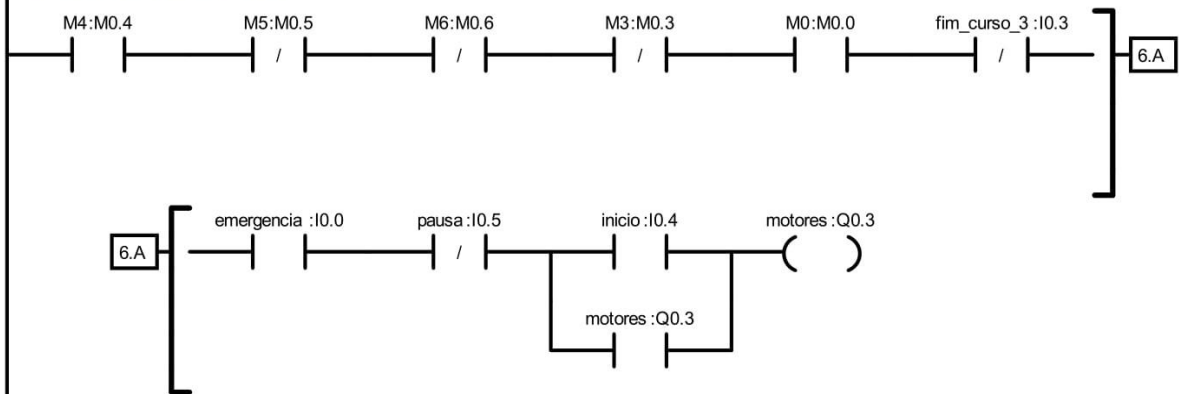
Máquina de corte para cerâmicas / Máquina de Corte (OB1)

Network 6

Aciona o motor do disco de corte, e a bomba do fluido de corte.

Impossibilitado de ser executado caso ou desligado caso

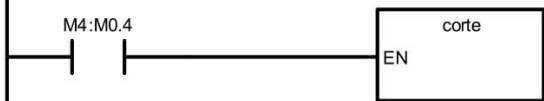
- A sub-rotina "ferramenta" esteja em andamento (M0.6)
- Troca de zona de corte em andamento (M0.3)
- Sub-rotina "retorno" não foi executada (M0.0)
- Emergencia Acionada (I0.0)
- Fim de curso final acionado (I0.3)
- Botão de Pausa pressionado (I0.5)



Symbol	Address	Comment
emergencia	I0.0	Botão de emergencia, fim de curso do portão de segurança, NF
fim_curso_3	I0.3	Fim de Curso Final
inicio	I0.4	botao pulso de inicio ou reinicio do processo, NA
M0	M0.0	identifica se o ciclo de retorno foi executado
M3	M0.3	identifica troca de zona segura em andamento
M4	M0.4	identifica subrotina de corte em andamento
M5	M0.5	identifica subrotina de corte_retorno em andamento
M6	M0.6	identifica subrotina ferramenta em andamento
motores	Q0.3	liga o motor e o fluido de corte
pausa	I0.5	botao pulso de pausa ou cancelamento do processo, NA

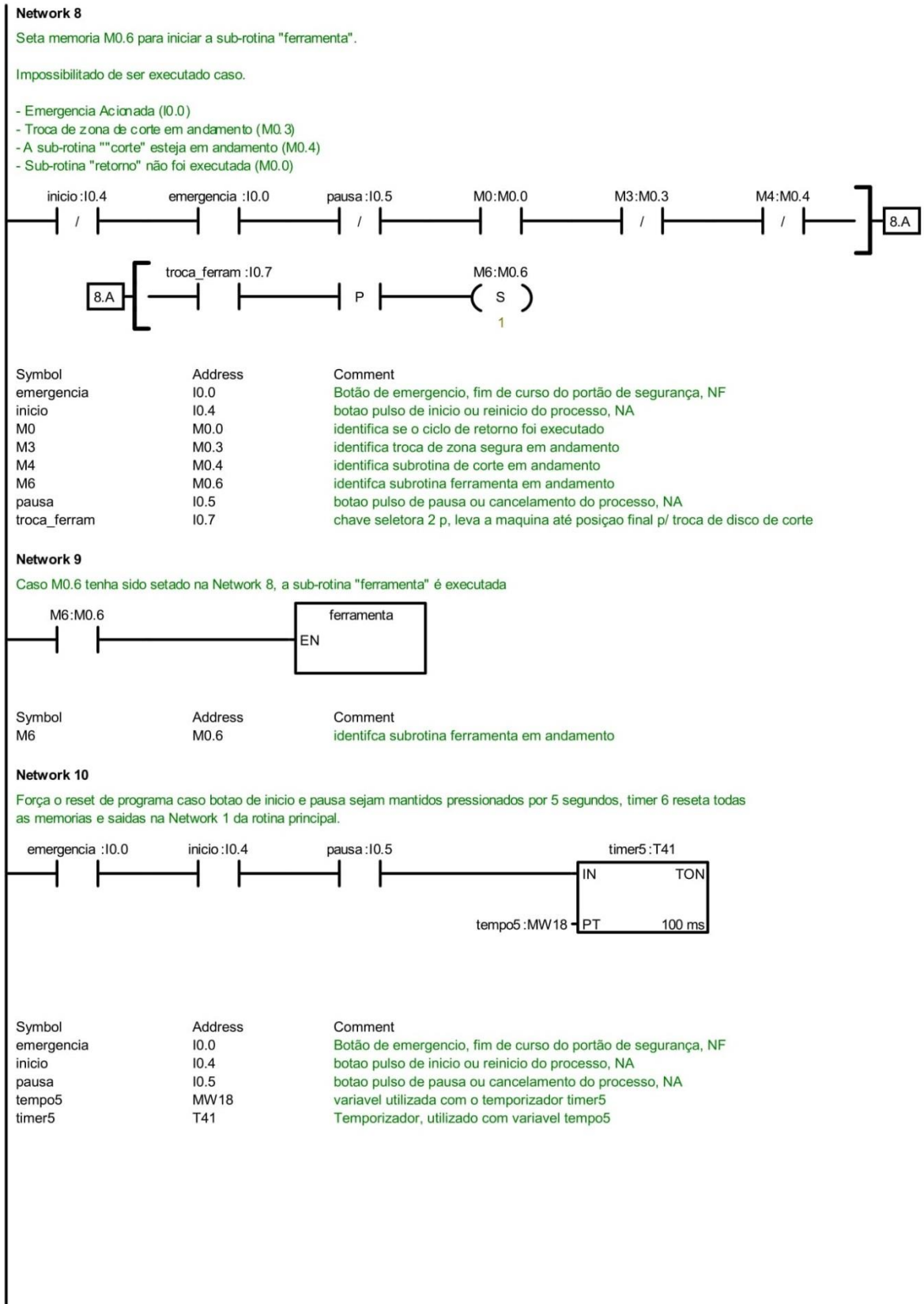
Network 7

Caso M0.4 tenha sido setado na Network 5, a sub-rotina "corte" é executada



Symbol	Address	Comment
M4	M0.4	identifica subrotina de corte em andamento

Máquina de corte para cerâmicas / Máquina de Corte (OB1)



Máquina de corte para cerâmicas / retorno (SBR2)

Ciclo de retorno a posição inicial.

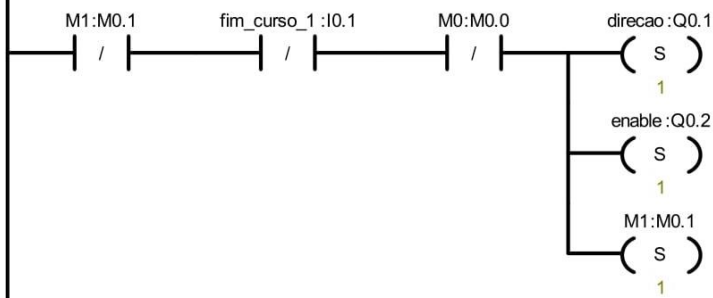
Executado quando a máquina é ligada e quando se troca da posição segura intermediária p/ posição segura inicial.

Caso a máquina já esteja na posição inicial somente as Network 6 e 7 serão executadas.

Network 1

Caso não esteja na posição, seta rotação antihorária e habilita eixo do motor.

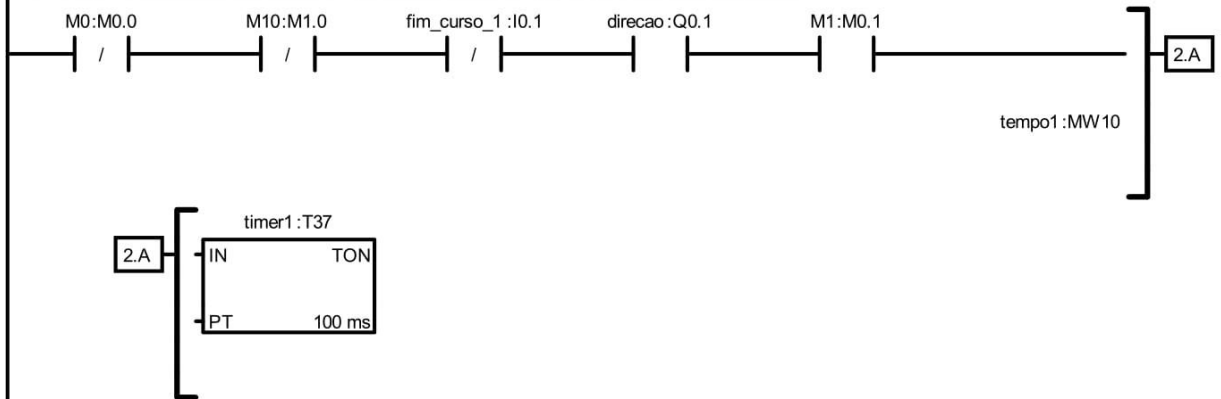
Seta flag M1 que identifica que o ciclo de retorno foi ativado.



Symbol	Address	Comment
direcao	Q0.1	direção do motor de passo
enable	Q0.2	habilita o eixo do motor de passo
fim_curso_1	I0.1	Fim de curso inicial
M0	M0.0	identifica se o ciclo de retorno foi executado
M1	M0.1	identifica se o ciclo de retorno esta em andamento

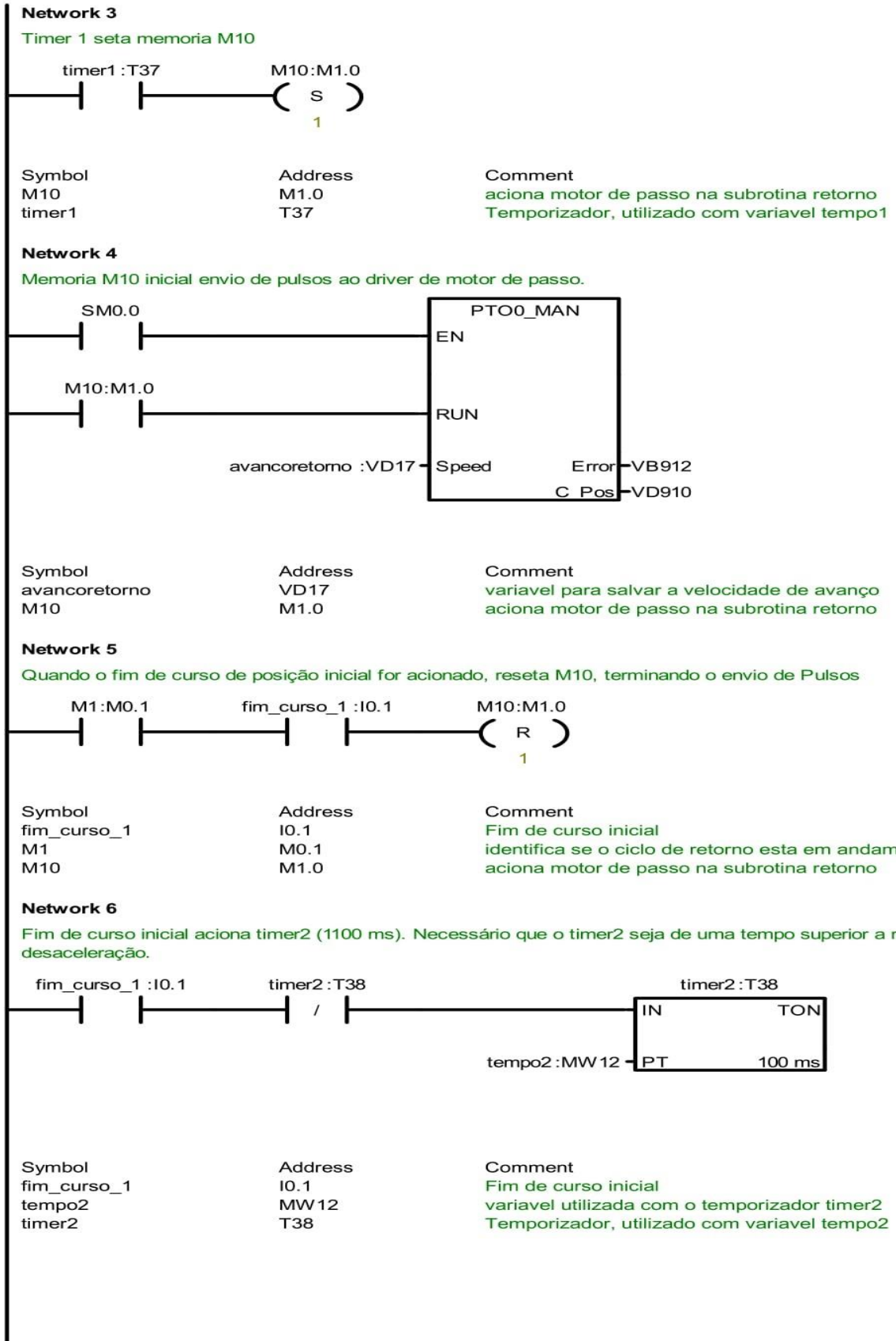
Network 2

Inicia-se timer1 para iniciar o movimento 1000ms após o eixo do motor de passo ter sido habilitado.



Symbol	Address	Comment
direcao	Q0.1	direção do motor de passo
fim_curso_1	I0.1	Fim de curso inicial
M0	M0.0	identifica se o ciclo de retorno foi executado
M1	M0.1	identifica se o ciclo de retorno esta em andamento
M10	M1.0	aciona motor de passo na subrotina retorno
tempo1	MW10	variavel utilizada com o temporizador timer1
timer1	T37	Temporizador, utilizado com variavel tempo1

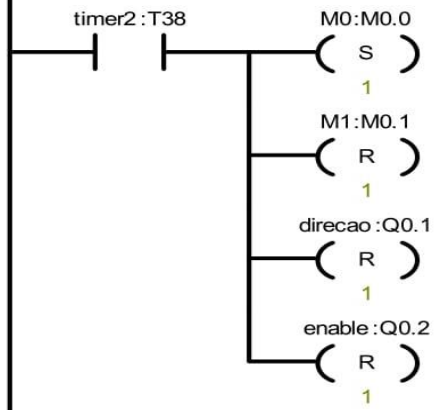
Máquina de corte para cerâmicas / retorno (SBR2)



Máquina de corte para cerâmicas / retorno (SBR2)

Network 7

Timer 2 reseta as memórias M1, e seta M0 para identificar que a subrotina foi executada.



Symbol
direcao
enable
M0
M1
timer2

Address
Q0.1
Q0.2
M0.0
M0.1
T38

Comment
direção do motor de passo
habilita o eixo do motor de passo
identifica se o ciclo de retorno foi executado
identifica se o ciclo de retorno esta em andamento
Temporizador, utilizado com variavel tempo2

Máquina de corte para cerâmicas / setup (SBR3)

Define a velocidade de avanço a ser utilizada na rotina de corte e lida com mudanças do tamanho da area de corte.

Network 1

Envia valor da variavel avancobaixo p/ variavel avanço, caso a chave comutadora de 3 posições esteja na posição 1.



Symbol	Address	Comment
avanco	VD1	variavel para salvar a velocidade de avanço
avancobaixo	VD5	variavel para salvar a velocidade de avanço
veloc_1	I1.0	chave seletora 3 posições p/ definir velocidade de avanço
veloc_2	I1.1	chave seletora 3 posições p/ definir velocidade de avanço

Network 2

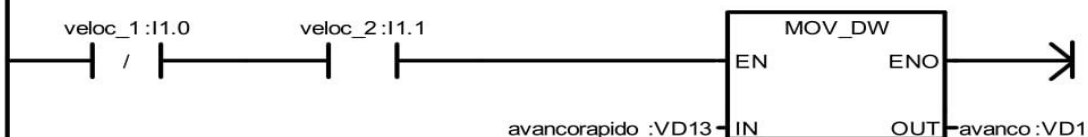
Envia valor da variavel avancomedio p/ variavel avanço, caso a chave comutadora de 3 posições esteja na posição 2.



Symbol	Address	Comment
avanco	VD1	variavel para salvar a velocidade de avanço
avancomedio	VD9	variavel para salvar a velocidade de avanço
veloc_1	I1.0	chave seletora 3 posições p/ definir velocidade de avanço
veloc_2	I1.1	chave seletora 3 posições p/ definir velocidade de avanço

Network 3

Envia valor da variavel avancorapido p/ variavel avanço, caso a chave comutadora de 3 posições esteja na posição 3.

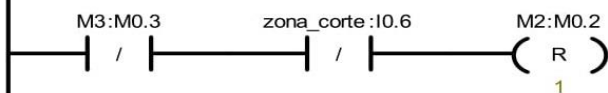


Symbol	Address	Comment
avanco	VD1	variavel para salvar a velocidade de avanço
avancorapido	VD13	variavel para salvar a velocidade de avanço
veloc_1	I1.0	chave seletora 3 posições p/ definir velocidade de avanço
veloc_2	I1.1	chave seletora 3 posições p/ definir velocidade de avanço

Máquina de corte para cerâmicas / setup (SBR3)

Network 4

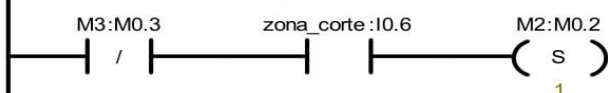
Caso a comutadora de 2 posições que lida com a zona de corte esteja na posição 1 (zona de corte inteira, do fim de curso 1 até o fim de curso 3), reseta a memória M2.



Symbol	Address	Comment
M2	M0.2	identifica zona segura, e troca da mesma
M3	M0.3	identifica troca de zona segura em andamento
zona_corte	I0.6	chave seletora 2 posições p/ definir area de corte

Network 5

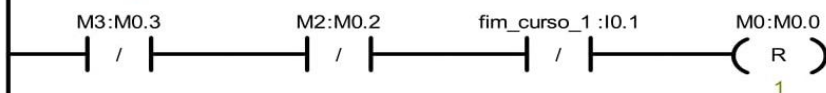
Caso a comutadora de 2 posições que lida com a zona de corte esteja na posição 2 (zona de corte reduzida, do fim de curso 2 até o fim de curso 3), seta a memória M2.



Symbol	Address	Comment
M2	M0.2	identifica zona segura, e troca da mesma
M3	M0.3	identifica troca de zona segura em andamento
zona_corte	I0.6	chave seletora 2 posições p/ definir area de corte

Network 6

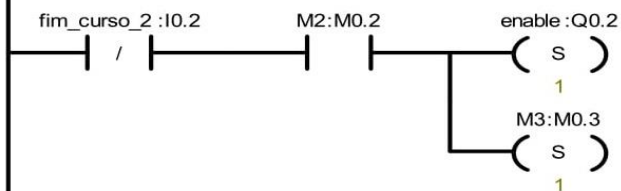
Caso M2 esteja em nível baixo e o fim de curso 1 não esteja acionado, reseta memória M0, fazendo com que a sub-rotina "retorno" seja executada novamente.



Symbol	Address	Comment
fim_curso_1	I0.1	Fim de curso inicial
M0	M0.0	identifica se o ciclo de retorno foi executado
M2	M0.2	identifica zona segura, e troca da mesma
M3	M0.3	identifica troca de zona segura em andamento

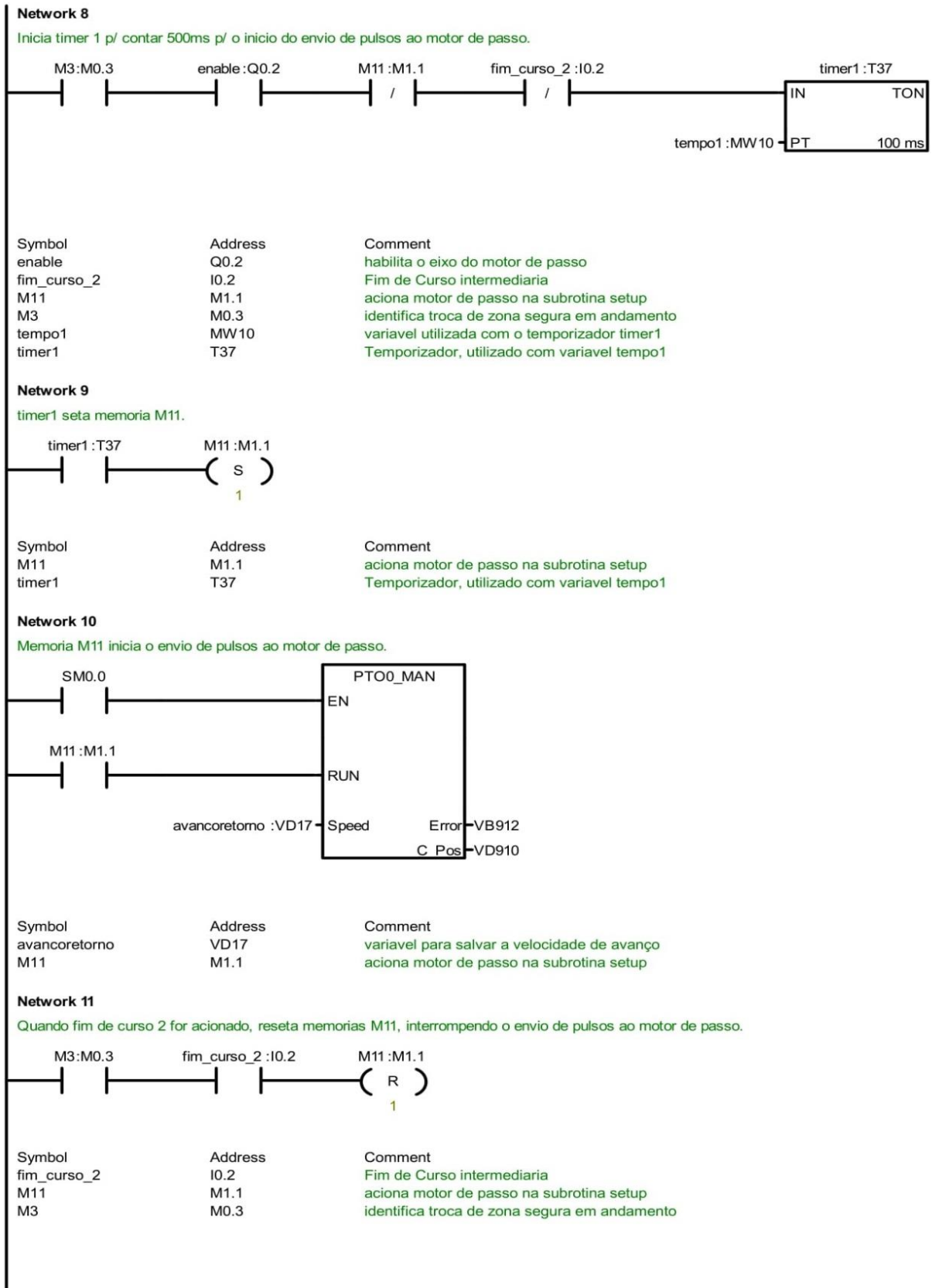
Network 7

Caso a M2 esteja em nível alto, e o fim de curso 2 não esteja acionado, habilita-se o eixo do motor de passo e seta memória M3.



Symbol	Address	Comment
enable	Q0.2	habilita o eixo do motor de passo
fim_curso_2	I0.2	Fim de Curso intermediária
M2	M0.2	identifica zona segura, e troca da mesma
M3	M0.3	identifica troca de zona segura em andamento

Máquina de corte para cerâmicas / setup (SBR3)



Máquina de corte para cerâmicas / setup (SBR3)

Network 12

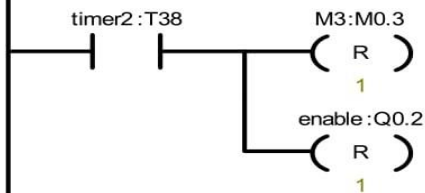
Quando atingir o fim de curso 2, inicia-se timer2.



Symbol	Address	Comment
enable	Q0.2	habilita o eixo do motor de passo
fim_curso_2	I0.2	Fim de Curso intermediaria
M3	M0.3	identifica troca de zona segura em andamento
tempo2	MW12	variavel utilizada com o temporizador timer2
timer2	T38	Temporizador, utilizado com variavel tempo2

Network 13

timer2 reseta M3 e desabilita o motor de passo (Q0.2)



Symbol	Address	Comment
enable	Q0.2	habilita o eixo do motor de passo
M3	M0.3	identifica troca de zona segura em andamento
timer2	T38	Temporizador, utilizado com variavel tempo2

Máquina de corte para cerâmicas / PTO0_MAN (SBR1)



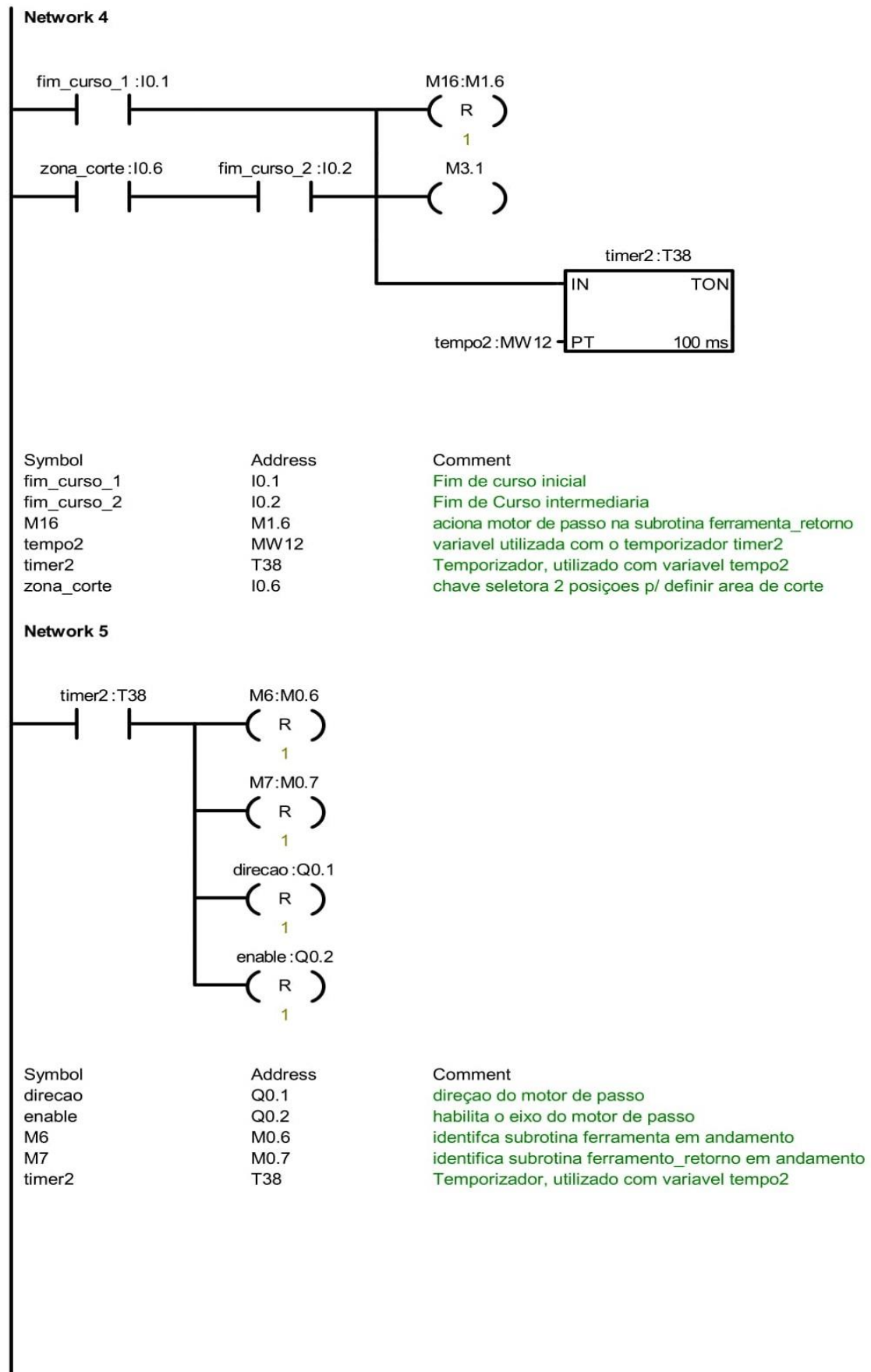
This instruction was generated by the PTO/PWM wizard for use with output Q0.0. The PTOx_MAN (Manual Mode) instruction is used to control the linear PTO in manual mode. In manual mode, PTO can be commanded at different speeds. While the PTOx_MAN instruction is enabled, only the PTOx_CTRL instructions are allowed.

Máquina de corte para cerâmicas / PTO0_CTRL (SBR0)



This instruction was generated by the PTO/PWM wizard for use with output Q0.0.

Máquina de corte para cerâmicas / ferramenta_retorno (SBR9)

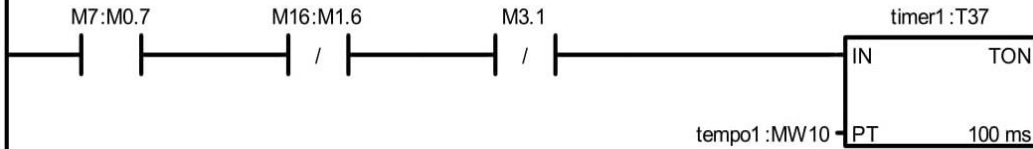


Máquina de corte para cerâmicas / ferramenta_retorno (SBR9)

SUBROUTINE COMMENTS

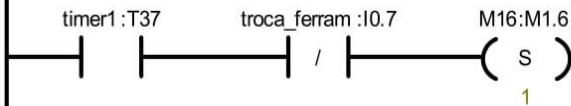
Network 1

Network Comment



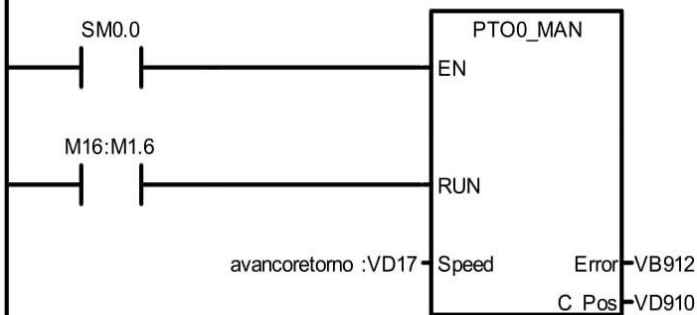
Symbol	Address	Comment
M16	M1.6	aciona motor de passo na subrotina ferramenta_retorno
M7	M0.7	identifica subrotina ferramenta_retorno em andamento
tempo1	MW10	variavel utilizada com o temporizador timer1
timer1	T37	Temporizador, utilizado com variavel tempo1

Network 2



Symbol	Address	Comment
M16	M1.6	aciona motor de passo na subrotina ferramenta_retorno
timer1	T37	Temporizador, utilizado com variavel tempo1
troca_ferram	I0.7	chave seletora 2 p, leva a maquina até posição final p/ troca de disco de corte

Network 3

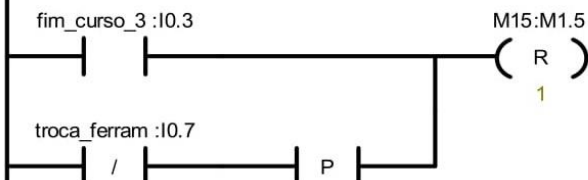


Symbol	Address	Comment
avancoretorno	VD17	variavel para salvar a velocidade de avanço
M16	M1.6	aciona motor de passo na subrotina ferramenta_retorno

Máquina de corte para cerâmicas / ferramenta_ida (SBR8)

Network 4

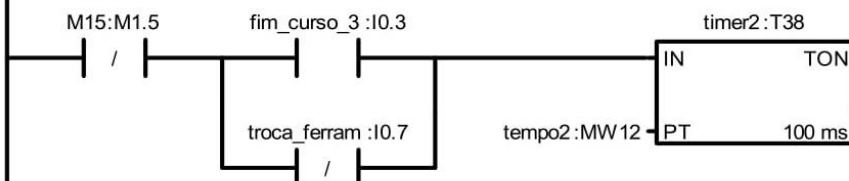
Reseta M15 caso o fim de curso 3 seja atingido, ou caso a chave de troca de ferramenta retorne a posição inicial. Isso pausa o envio de pulsos ao motor de passo.



Symbol	Address	Comment
fim_curso_3	I0.3	Fim de Curso Final
M15	M1.5	aciona motor de passo na subrotina ferramenta_ida
troca_ferram	I0.7	chave seletora 2 p, leva a maquina até posição final p/ troca de disco de corte

Network 5

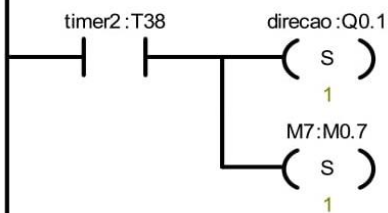
Fim de curso 3 ou retorno da chave comutador a posição inicial inicia timer2.



Symbol	Address	Comment
fim_curso_3	I0.3	Fim de Curso Final
M15	M1.5	aciona motor de passo na subrotina ferramenta_ida
tempo2	MW12	variavel utilizada com o temporizador timer2
timer2	T38	Temporizador, utilizado com variavel tempo2
troca_ferram	I0.7	chave seletora 2 p, leva a maquina até posição final p/ troca de disco de corte

Network 6

Timer 2 seta Q0.1, preparando o motor de passo p/ o retorno e M7. Finalizando a sub-rotina "ferramenta_ida" e iniciando a sub-rotina "ferramenta_retorno".



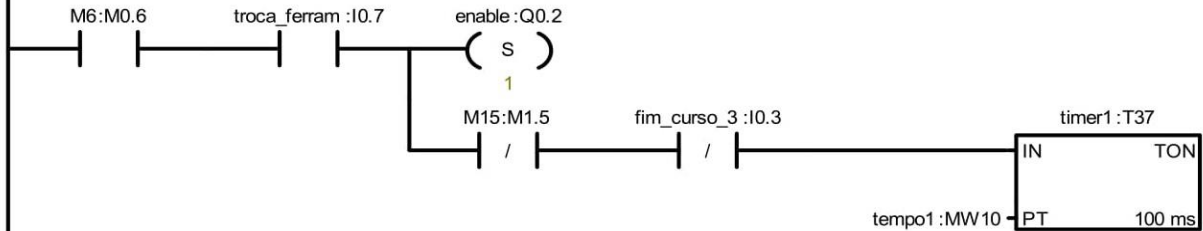
Symbol	Address	Comment
direcao	Q0.1	direção do motor de passo
M7	M0.7	identifica subrotina ferramenta_retorno em andamento
timer2	T38	Temporizador, utilizado com variavel tempo2

Máquina de corte para cerâmicas / ferramenta_ida (SBR8)

Movimenta o motor de corte até o fim de curso 3, sem acionar o motor de corte ou a bomba da água. Para uma eventual troca do disco de corte.

Network 1

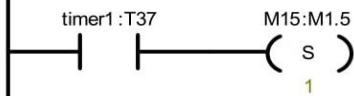
Ao iniciar a sub-rotina, habilita-se o motor de passo (Q0.2), e inicia timer1



Symbol	Address	Comment
enable	Q0.2	habilita o eixo do motor de passo
fim_curso_3	I0.3	Fim de Curso Final
M15	M1.5	aciona motor de passo na subrotina ferramenta_ida
M6	M0.6	identifca subrotina ferramenta em andamento
tempo1	MW10	variavel utilizada com o temporizador timer1
timer1	T37	Temporizador, utilizado com variavel tempo1
troca_ferram	I0.7	chave seletora 2 p, leva a maquina até posicao final p/ troca de disco de corte

Network 2

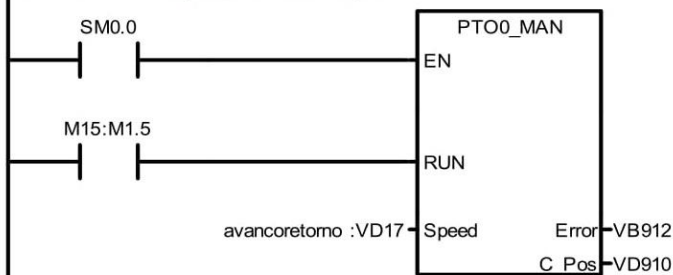
O timer1 seta M15.



Symbol	Address	Comment
M15	M1.5	aciona motor de passo na subrotina ferramenta_ida
timer1	T37	Temporizador, utilizado com variavel tempo1

Network 3

M15 inicio envio de pulsos ao motor de passo.



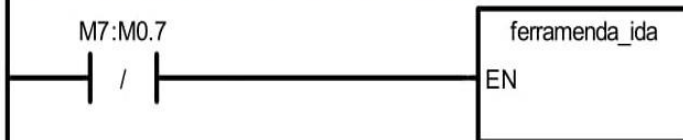
Symbol	Address	Comment
avancoretorno	VD17	variavel para salvar a velocidade de avanço
M15	M1.5	aciona motor de passo na subrotina ferramenta_ida

Máquina de corte para cerâmicas / ferramenta (SBR7)

Chama as sub-rotinas "ferramenta_ida" e "ferramenta_retorno".

Network 1

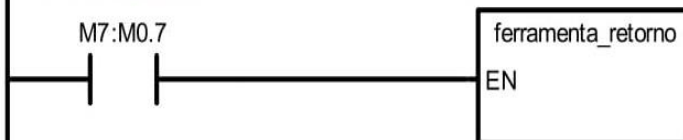
Caso M0.7 esteja em nível baixo a sub-rotina "ferramenta_ida" é executada (M0.7 é setado na sub-rotina "ferramenta_ida").



Symbol	Address	Comment
M7	M0.7	identifica subrotina ferramento_retorno em andamento

Network 2

Caso M0.7 esteja em nível alto a sub-rotina "ferramenta_retorno" é executada (M0.7 é setado na sub-rotina "ferramenta_ida").

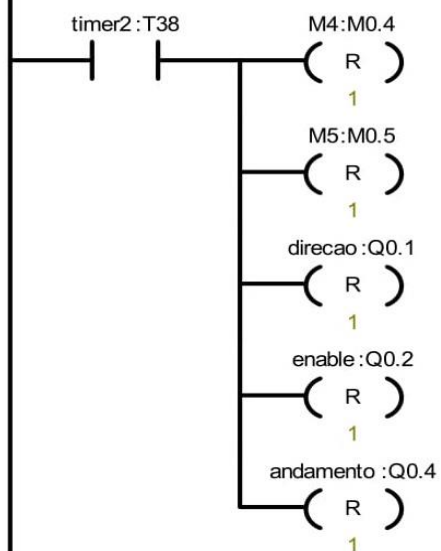


Symbol	Address	Comment
M7	M0.7	identifica subrotina ferramento_retorno em andamento

Máquina de corte para cerâmicas / corte_retorno (SBR6)

Network 4

Timer 2 finaliza sub-rotina "corte_retorno" e "corte". Resetando todas as memórias e saídas setadas na execução dessas subrotinas.



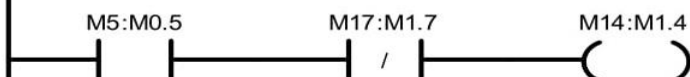
Symbol	Address	Comment
andamento	Q0.4	sinaliza que a subrotina de corte está em andamento
direcao	Q0.1	direção do motor de passo
enable	Q0.2	habilita o eixo do motor de passo
M4	M0.4	identifica subrotina de corte em andamento
M5	M0.5	identifica subrotina de corte_retorno em andamento
timer2	T38	Temporizador, utilizado com variavel tempo2

Máquina de corte para cerâmicas / corte_retorno (SBR6)

Retorna o motor de corte p/ o fim de curso 1 ou 2 (dependendo da zona de corte definida)

Network 1

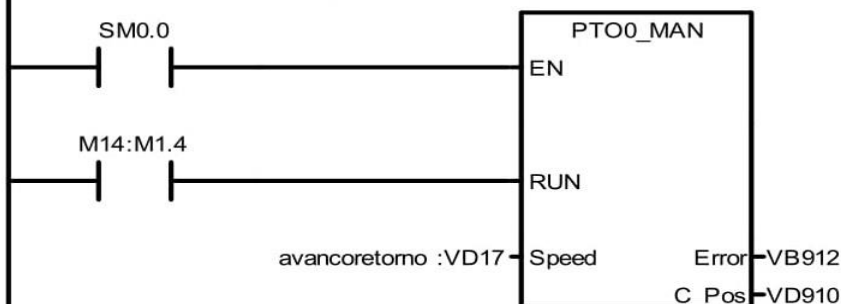
Ao iniciar a sub-rotina, aciona-se memória M14



Symbol	Address	Comment
M14	M1.4	aciona motor de passo na subrotina corte_retorno
M17	M1.7	para motor de passo na subrotina corte_retorno
M5	M0.5	identifica subrotina de corte_retorno em andamento

Network 2

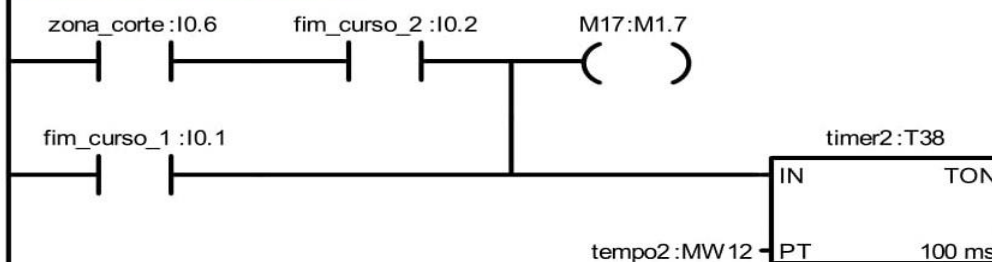
Memória M14 inicia envio de pulsos ao motor de passo.



Symbol	Address	Comment
avancoretorno	VD17	variavel para salvar a velocidade de avanço
M14	M1.4	aciona motor de passo na subrotina corte_retorno

Network 3

Ao atingir o fim de curso da zona de corte, liga-se M17, que para o movimento do motor de passo. E inicia-se contagem do timer2.

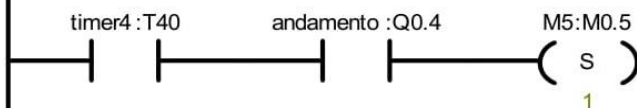


Symbol	Address	Comment
fim_curso_1	I0.1	Fim de curso inicial
fim_curso_2	I0.2	Fim de Curso intermediaria
M17	M1.7	para motor de passo na subrotina corte_retorno
tempo2	MW12	variavel utilizada com o temporizador timer2
timer2	T38	Temporizador, utilizado com variavel tempo2
zona_corte	I0.6	chave seletora 2 posições p/ definir area de corte

Máquina de corte para cerâmicas / corte_ida (SBR5)

Network 9

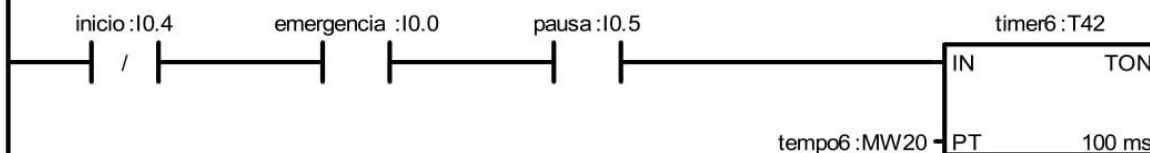
Timer4 seta M5, finalizando a sub-rotina corte_ida, e iniciando a sub-rotina corte_retorno.



Symbol	Address	Comment
andamento	Q0.4	sinaliza que a subrotina de corte está em andamento
M5	M0.5	identifica subrotina de corte_retorno em andamento
timer4	T40	Temporizador, utilizado com variavel tempo4

Network 10

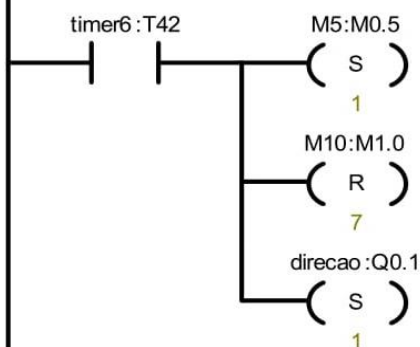
Manter o botão de pausa pressionado por 5 segundos, seta timer 6 na network 11



Symbol	Address	Comment
emergencia	I0.0	Botão de emergencia, fim de curso do portão de segurança, NF
inicio	I0.4	botao pulso de inicio ou reinicio do processo, NA
pausa	I0.5	botao pulso de pausa ou cancelamento do processo, NA
tempo6	MW20	variavel utilizada com o temporizador timer6
timer6	T42	Temporizador p/ reset do programa, 5 segundos

Network 11

Timer 6 finaliza sub-rotina "corte_ida" e inicia sub-rotina "corte_retorno".



Symbol	Address	Comment
direcao	Q0.1	direção do motor de passo
M10	M1.0	aciona motor de passo na subrotina retorno
M5	M0.5	identifica subrotina de corte_retorno em andamento
timer6	T42	Temporizador p/ reset do programa, 5 segundos

Máquina de corte para cerâmicas / corte_ida (SBR5)

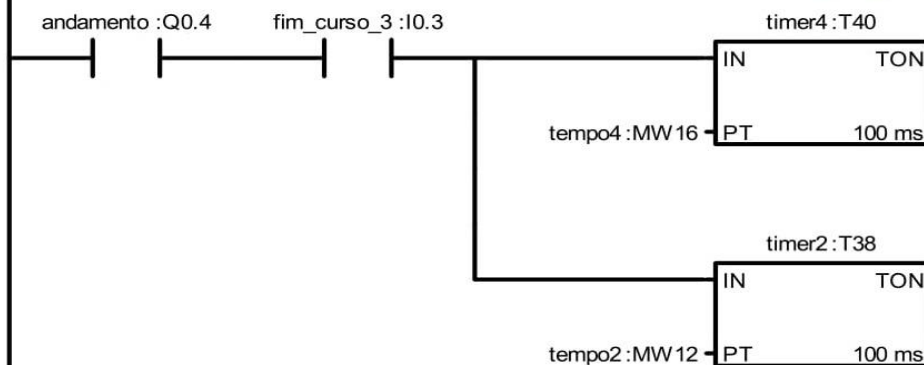
Network 6

Ao atingir o fim de curso 3, inicia-se 2 temporizadores,

O timer4 (2000ms), é para aguardar o motor de corte parar, para após terminar a sub-rotina corte_ida, e iniciar a sub-rotina corte_retorno.

O timer2 (1100ms), é para aguardar a desaceleração do motor de passo, para habilitar a mudança de direção do mesmo.

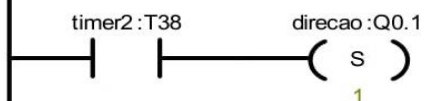
O fim de curso 3 também desativa o motor de corte e a bomba do fluido de corte (Q0.3), na rotina principal, network 6.



Symbol	Address	Comment
andamento	Q0.4	sinaliza que a subrotina de corte está em andamento
fim_curso_3	I0.3	Fim de Curso Final
tempo2	MW 12	variavel utilizada com o temporizador timer2
tempo4	MW 16	variavel utilizada com o temporizador timer4
timer2	T38	Temporizador, utilizado com variavel tempo2
timer4	T40	Temporizador, utilizado com variavel tempo4

Network 7

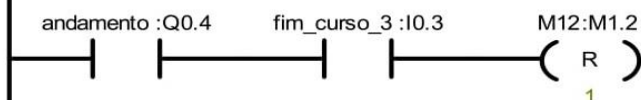
O timer2 seta Q0.1 p/ mudar o sentido de rotação do motor de passo. (Ou timer 6, no caso de cancelamento do corte - Network10)



Symbol	Address	Comment
direcao	Q0.1	direção do motor de passo
timer2	T38	Temporizador, utilizado com variavel tempo2

Network 8

Fim de curso 3 reseta M12.

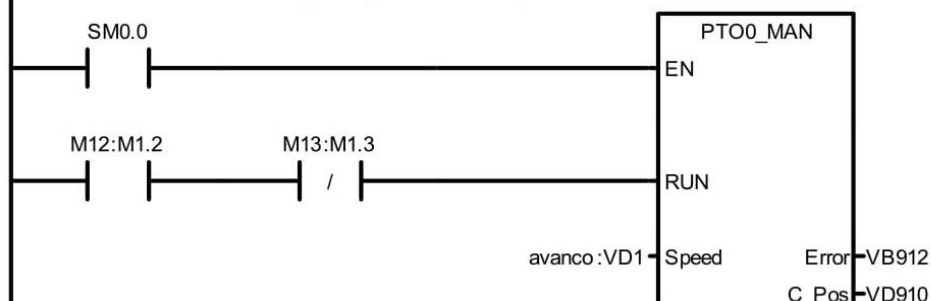


Symbol	Address	Comment
andamento	Q0.4	sinaliza que a subrotina de corte está em andamento
fim_curso_3	I0.3	Fim de Curso Final
M12	M1.2	aciona motor de passo na subrotina corte_ida

Máquina de corte para cerâmicas / corte_ida (SBR5)

Network 4

Memoria M12 inicia o envio de pulsos para o motor de passo.



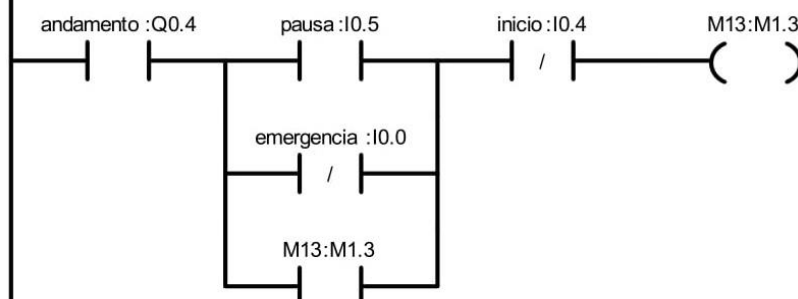
Symbol	Address	Comment
avanco	VD1	varialvel para salvar a velocidade de avanço
M12	M1.2	aciona motor de passo na subrotina corte_ida
M13	M1.3	impede reacionamento de rotina de corte caso a mesma tenha sido pausada.

Network 5

Caso o operador deseje pausar a sub-rotina de corte utilizando o botão de pausa, ou seja acionada e emergencia, aciona-se a memoria M13, para pausar o enveio de pulsos sem resetar M12.

Após a pausa é possível retomar o processo com o botão inicio, desativando a memoria M13.

Tanto o botão de pausa, quanto o acionamento da emergencia desligar o motor de corte e a bomba de fluide de corte (Q0.3), na rotina principal, Network 6.



Symbol	Address	Comment
andamento	Q0.4	sinaliza que a subrotina de corte está em andamento
emergencia	I0.0	Botão de emergencia, fim de curso do portão de segurança, NF
inicio	I0.4	botao pulso de inicio ou reinicio do processo, NA
M13	M1.3	impede reacionamento de rotina de corte caso a mesma tenha sido pausada.
pausa	I0.5	botao pulso de pausa ou cancelamento do processo, NA

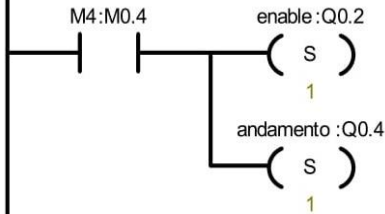
Máquina de corte para cerâmicas / corte_ida (SBR5)

Responsável por movimentar o motor de corte até o fim de curso 3, respeitando a velocidade de avanço setada na rotina setup.

Também lida com possíveis pausas e cancelamento do corte, ou pausa e reinício do corte.

Network 1

Ao iniciar a subrotina, habilita-se o eixo do motor de passo e seta saída Q0.5, p/ identificar que o ciclo de corte está em execução.

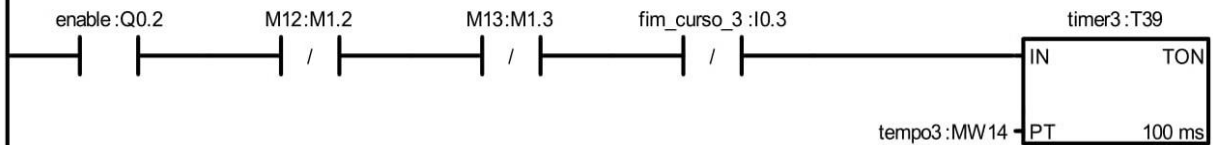


Symbol	Address	Comment
andamento	Q0.4	sinaliza que a subrotina de corte está em andamento
enable	Q0.2	habilita o eixo do motor de passo
M4	M0.4	identifica subrotina de corte em andamento

Network 2

Inicia-se timer3 (1500ms), p/ após iniciar o movimento do motor de passo. Tempo estimado para aceleração do motor de corte.

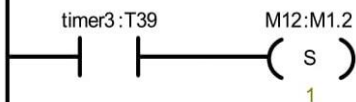
O motor de corte e a bomba de fluido de corte foram acionados na rotina principal, network 6.



Symbol	Address	Comment
enable	Q0.2	habilita o eixo do motor de passo
fim_curso_3	I0.3	Fim de Curso Final
M12	M1.2	aciona motor de passo na subrotina corte_ida
M13	M1.3	impede reacionamento de rotina de corte caso a mesma tenha sido pausada.
tempo3	MW14	variavel utilizada com o temporizador timer3
timer3	T39	Temporizador, utilizado com variavel tempo3

Network 3

timer3 seta memoria M12.



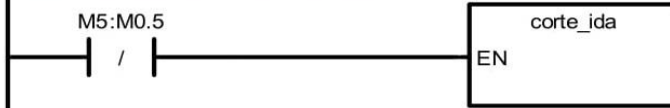
Symbol	Address	Comment
M12	M1.2	aciona motor de passo na subrotina corte_ida
timer3	T39	Temporizador, utilizado com variavel tempo3

Máquina de corte para cerâmicas / corte (SBR4)

Chama as sub-rotinas "corte_ida" e "corte_retorno".

Network 1

Caso M0.5 esteja em nível baixo a sub-rotina "corte_ida" é executada (M0.5 é setado na sub-rotina "corte_ida").



Symbol

M5

Address

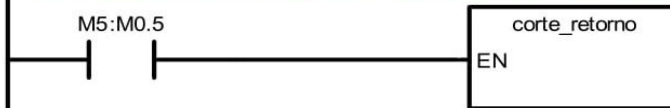
M0.5

Comment

identifica subrotina de corte_retorno em andamento

Network 2

Caso M0.5 esteja em nível alto a sub-rotina "corte_retorno" é executada (M0.5 é setado na sub-rotina "corte_ida").



Symbol

M5


Address

M0.5

Comment

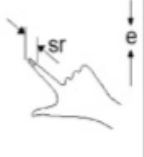
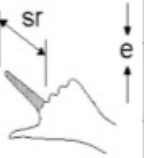
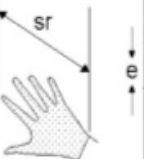
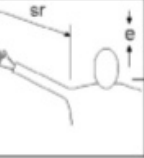
identifica subrotina de corte_retorno em andamento

Máquina de corte para cerâmicas / Symbols

 Symbol	Address	Comment
emergencia	I0.0	Botão de emergencia, fim de curso do portão de segurança, NF
fim_curso_1	I0.1	Fim de curso inicial
fim_curso_2	I0.2	Fim de Curso intermediaria
fim_curso_3	I0.3	Fim de Curso Final
inicio	I0.4	botao pulso de inicio ou reinicio do processo, NA
pausa	I0.5	botao pulso de pausa ou cancelamento do processo, NA
zona_corte	I0.6	chave seletora 2 posicoes p/ definir area de corte
troca_ferram	I0.7	chave seletora 2 p, leva a maquina até posição final p/ troca de disco de corte
veloc_1	I1.0	chave seletora 3 posicoes p/ definir velocidade de avanço
veloc_2	I1.1	chave seletora 3 posicoes p/ definir velocidade de avanço
M0	M0.0	identifica se o ciclo de retorno foi executado
M1	M0.1	identifica se o ciclo de retorno esta em andamento
M2	M0.2	identifica zona segura, e troca da mesma
M3	M0.3	identifica troca de zona segura em andamento
M4	M0.4	identifica subrotina de corte em andamento
M5	M0.5	identifica subrotina de corte_retorno em andamento
M6	M0.6	identifica subrotina ferramenta em andamento
M7	M0.7	identifica subrotina ferramenta_retorno em andamento
M10	M1.0	aciona motor de passo na subrotina retorno
M11	M1.1	aciona motor de passo na subrotina setup
M12	M1.2	aciona motor de passo na subrotina corte_ida
M13	M1.3	impede reacionamento de rotina de corte caso a mesma tenha sido pausada.
M14	M1.4	aciona motor de passo na subrotina corte_retorno
M15	M1.5	aciona motor de passo na subrotina ferramenta_ida
M16	M1.6	aciona motor de passo na subrotina ferramenta_retorno
M17	M1.7	para motor de passo na subrotina corte_retorno
direcao	Q0.1	direção do motor de passo
enable	Q0.2	habilita o eixo do motor de passo
motores	Q0.3	liga o motor e o fluido de corte
andamento	Q0.4	sinaliza que a subrotina de corte está em andamento
avanco	VD1	variavel para salvar a velocidade de avanço
avancobaixo	VD5	variavel para salvar a velocidade de avanço
avancomedio	VD9	variavel para salvar a velocidade de avanço
avancorapido	VD13	variavel para salvar a velocidade de avanço
avancoretorno	VD17	variavel para salvar a velocidade de avanço
timer1	T37	Temporizador, utilizado com variavel tempo1
timer2	T38	Temporizador, utilizado com variavel tempo2
timer3	T39	Temporizador, utilizado com variavel tempo3
timer4	T40	Temporizador, utilizado com variavel tempo4
timer5	T41	Temporizador, utilizado com variavel tempo5
timer6	T42	Temporizador p/ reset do programa, 5 segundos
tempo1	MW10	variavel utilizada com o temporizador timer1
tempo2	MW12	variavel utilizada com o temporizador timer2
tempo3	MW14	variavel utilizada com o temporizador timer3
tempo4	MW16	variavel utilizada com o temporizador timer4
tempo5	MW18	variavel utilizada com o temporizador timer5
tempo6	MW20	variavel utilizada com o temporizador timer6

APÊNDICE D – TABELAS

Tabela 4 da NBR NM ISO 13852

Parte do Corpo	Ilustração	Abertura	Dimensões em mm		
			Distância de segurança sr		
			fenda	quadrado	circular
Ponta do dedo		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Dedo até articulação com a mão		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
ou mão		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	≥ 850 ¹⁾	≥ 120	≥ 120
Braço até junção com o ombro		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

¹⁾ Se o comprimento da abertura em forma de fenda é ≤ 65 mm, o polegar atuará como um limitador e a distância de segurança poderá ser reduzida para 200 mm.

Fonte: ABNT NBRNM-ISO 13852 - Segurança de Máquinas - Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores.

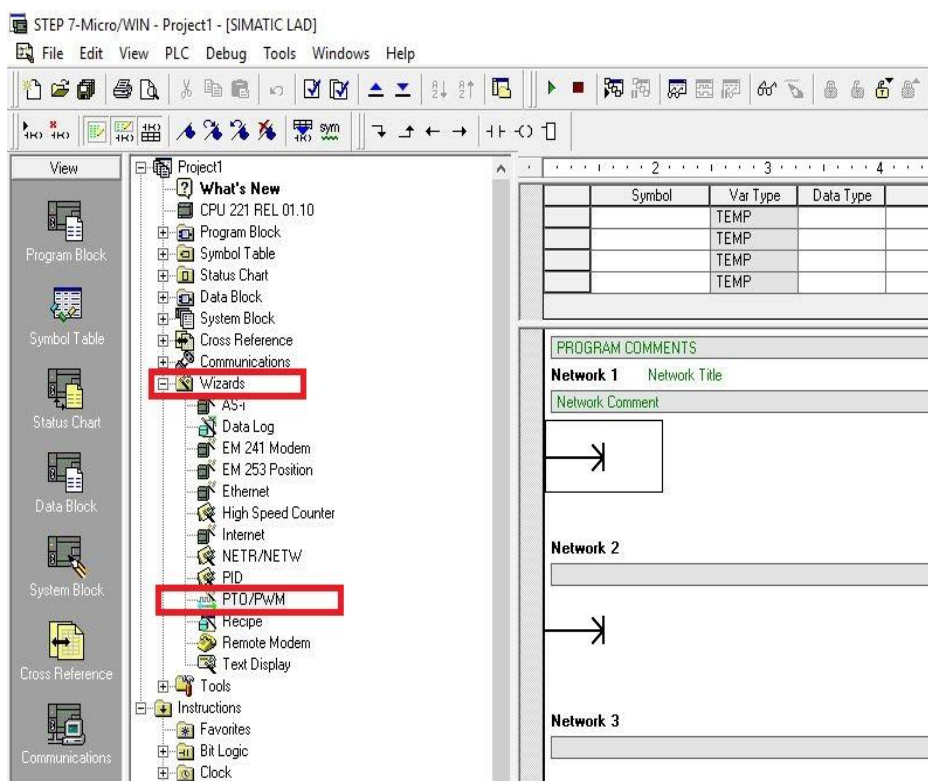
APÊNDICE E – UTILIZAÇÃO DO RECURSO PULSE OUTPUT WIZARD

- Iniciar o programa STEP 7 – MicroWin via o ícone da figura abaixo;



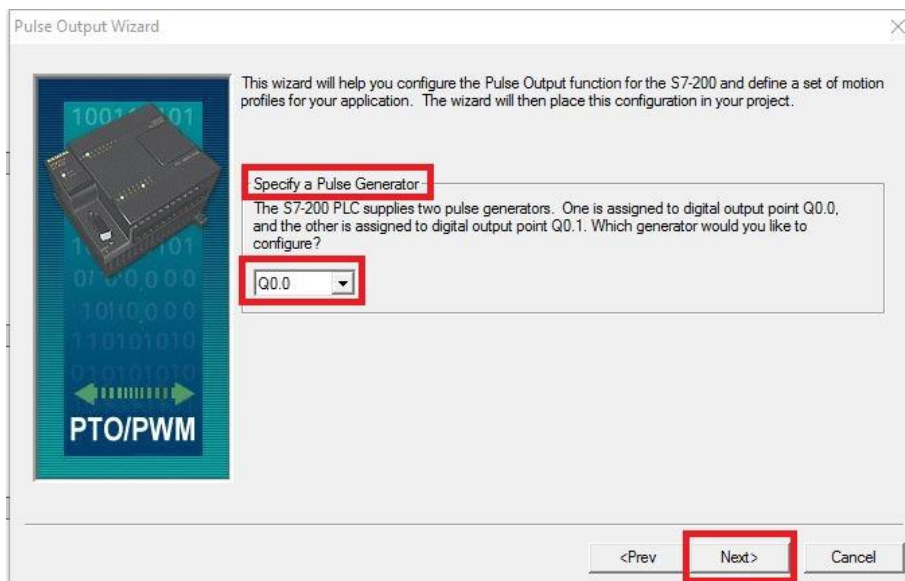
Fonte: Autores

- Clicar em Wizards, e em seguida em PTO/PWM, conforme figura abaixo;



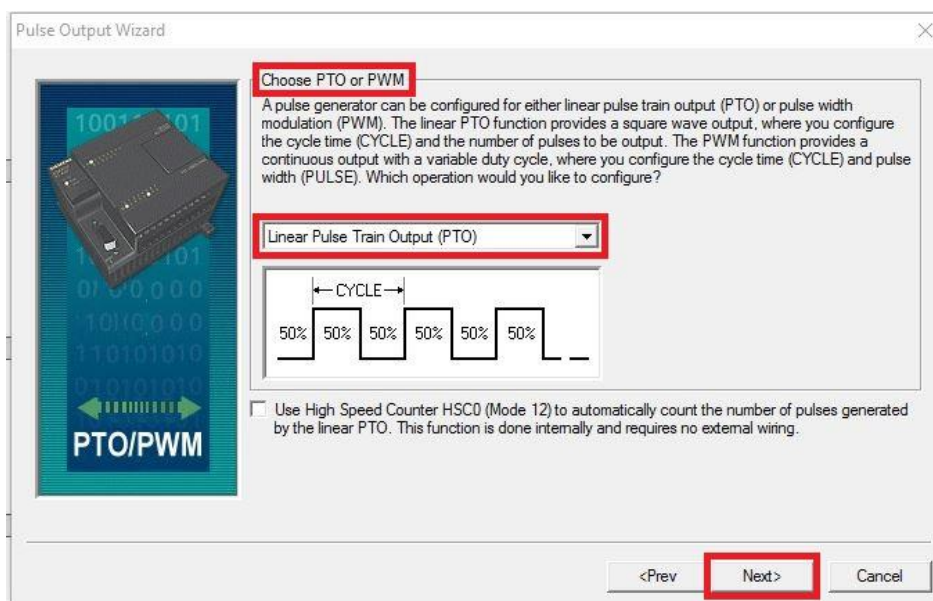
Fonte: Autores

- A tela a seguir (figura abaixo) inicia a configuração do Pulse Output Wizard. Em Specify a Pulse Generator, manter Q0.0, clicar em Next;



Fonte: Autores

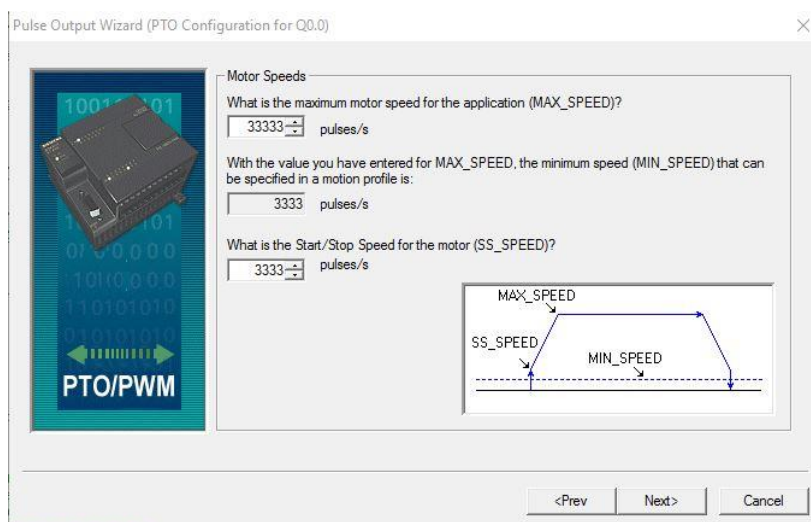
- Na tela seguinte (figura abaixo), em Choose PTO or PWM, manter em PTO, clicar em next;



Fonte: Autores

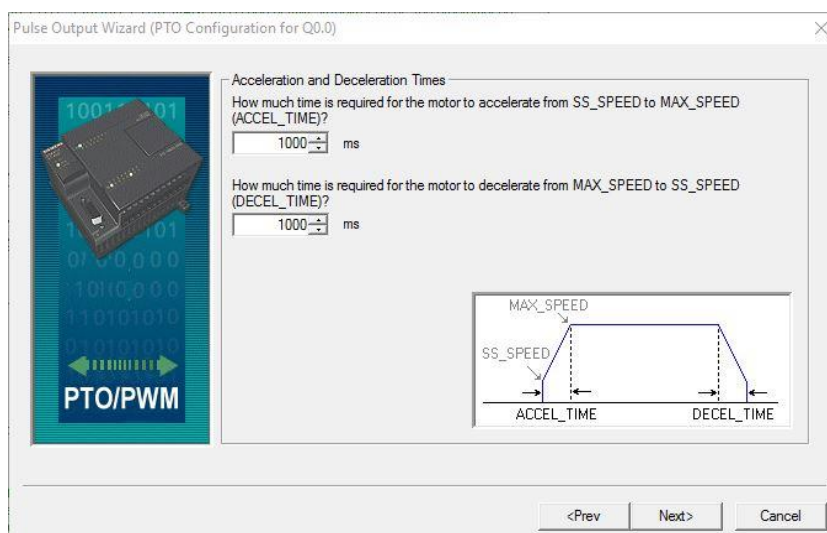
- Na tela a seguir (figura abaixo), devemos definir a velocidade máxima e velocidade de partida e parada do motor. Essas definições são feitas em pulsos por segundos, a velocidade real do motor depende de como está configurado o driver de motor de passo, já que o mesmo pode operar com micropassos. Para este projeto

configuramos esses parâmetros conforme a figura abaixo, porem caso seja alterado a configuração do driver de motor de passo, ou o passo do fuso, podem ser necessárias alterações nesses valores. Clicar em next;



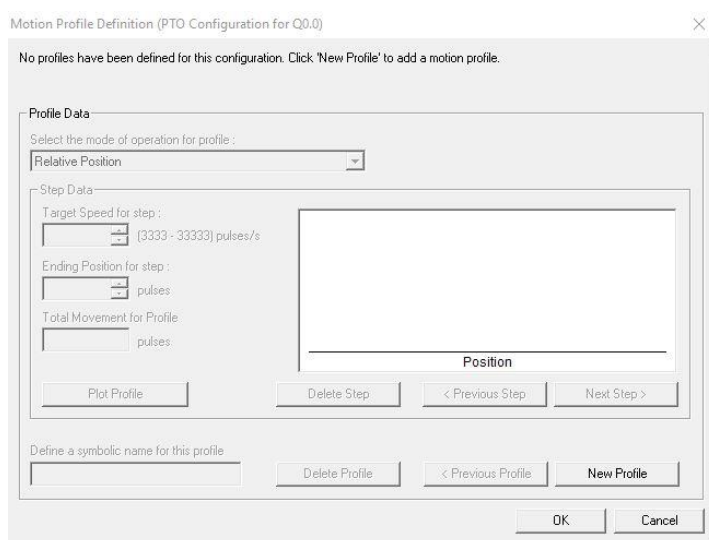
Fonte: Autores

- A próxima tela (figura abaixo), define os tempos de aceleração e desaceleração na rotação do motor, manter os valores padrões nesses campos. Clicar em next;



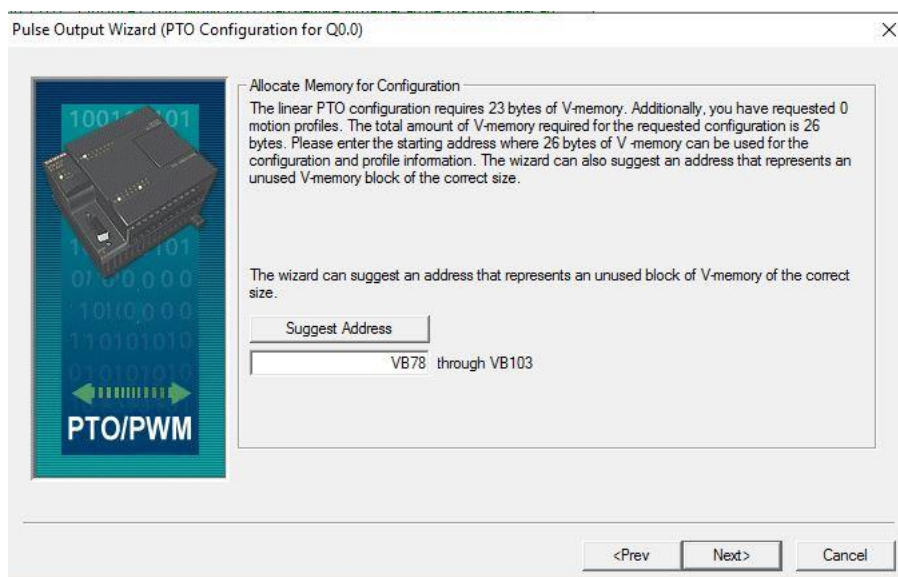
Fonte: Autores

- Surge a tela para criar perfis de movimento para o motor (figura abaixo), essa função não é utilizada neste projeto. Clicar em OK;



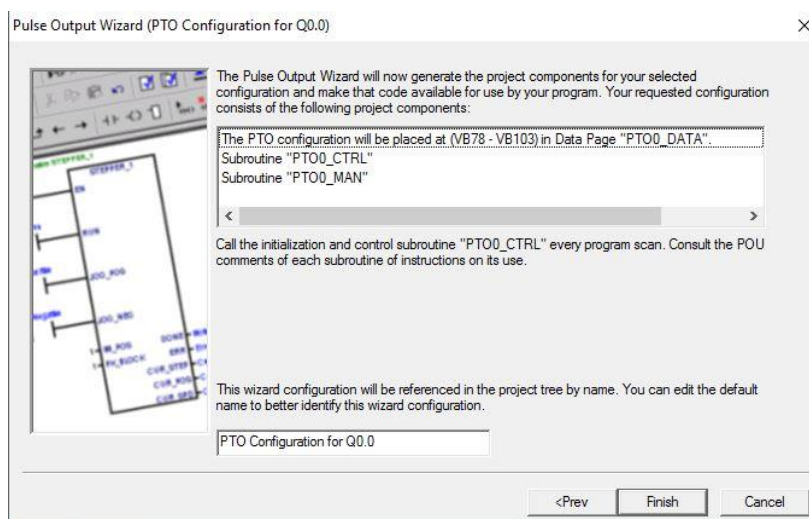
Fonte: Autores

- Na próxima tela (figura abaixo), define-se em quais endereços de memórias serão armazenadas as configurações do wizard, clicando em Suggest Address, o próprio programa sugere endereços de memórias que estão livres. Clicar em next;



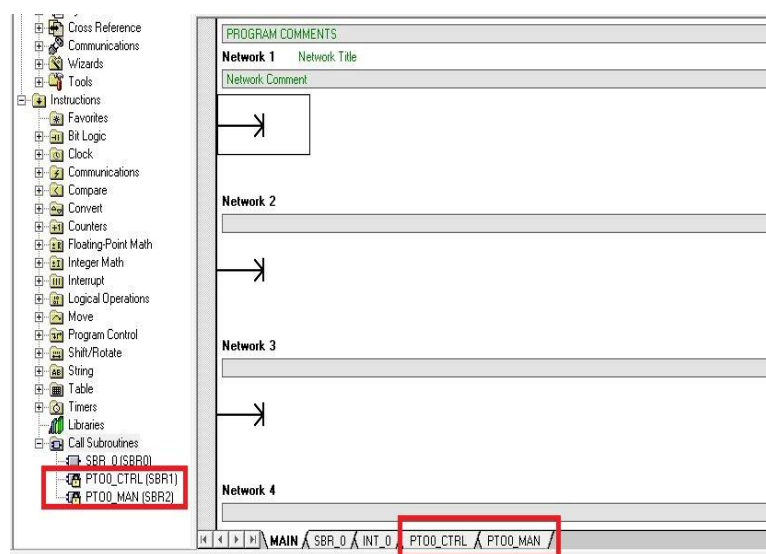
Fonte: Autores

- A tela da figura abaixo conclui o Pulse Output Wizard, clicar em finish;



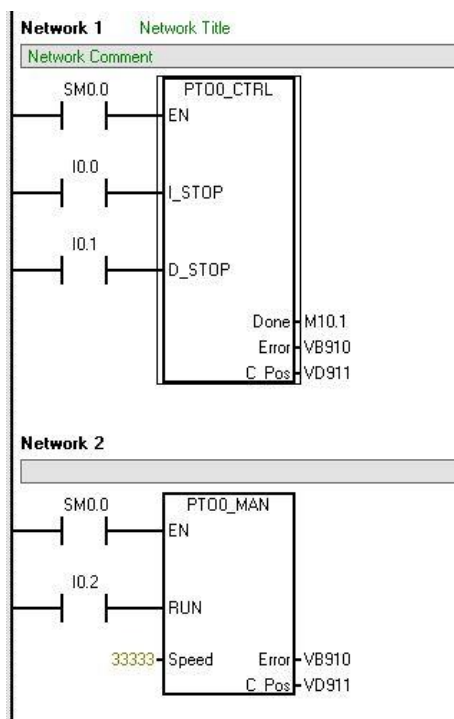
Fonte: Autores

- Após concluir o wizard, podemos verificar (figura abaixo) que duas sub-rotinas foram criadas no programa do CLP. Elas são chamadas de PTO0_CTRL e PTO0_MAN e não podem ser renomeadas e alteradas.



Fonte: Autores

A partir desse ponto será demonstrado como utilizar as sub-rotinas recém-criadas para controlar a saída de pulsos do CLP Siemens S7-200. Para isso vamos partir de um programa fictício, conforme figura abaixo.



Fonte: Autores

De acordo com o manual do do CLP Siemens S7-200, SM0.0, que é um bit que está sempre ativo, deve ser utilizado no EN (enable) dessas sub-rotinas. A sub-rotina PTO0_CTRL deve ser chamada somente uma vez no programa e deve rodar a cada scan do programa. PTO0_MAN pode ser chamado quantas vezes forem necessárias.

No programa da figura 52, caso I0.2 mude para nível lógico alto, inicia-se o envio de pulsos, respeitando a rampa de aceleração configurada no wizard, até alcançar a velocidade configurada em Speed. Quando I0.2 mudar para nível lógico baixo, o envio de pulsos começa a ser desacelerado, respeitando a rampa de desaceleração configurada no wizard até parar completamente.

Caso I0.0 ou I0.1 estejam em nível lógico alto, o início do envio de pulsos é impossibilitado. Caso o envio de pulsos já tenha iniciado quando I0.0 ou I0.1 alterarem para nível lógico alto, I0.0 interromperá o envio de pulsos imediatamente e I0.1 interromperá o envio de pulsos respeitando a curva de desaceleração configurada.

APÊNDICE E – CONFIGURAÇÃO DA COMUNICAÇÃO E TAGS PLC NO ELIPSE SCADA

- Iniciar o programa Elipse SCADA via ícone da figura abaixo;



Fonte: Autores

- Uma janela informando que o *Hard-Key* não foi encontrado aparecerá. Rodar como demo, clicando em sim (figura abaixo);



Fonte: Autores

- Criar uma nova aplicação clicando no ícone da figura abaixo, ou abrir uma aplicação existente utilizando o ícone da figura abaixo;



Fonte: Autores



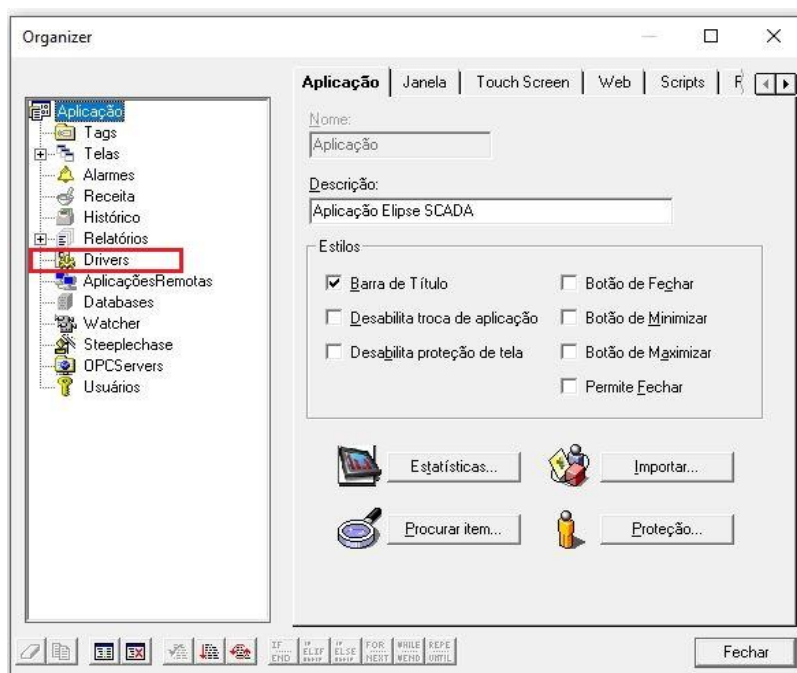
Fonte: Autores

- Após criar ou abrir a aplicação clicar no ícone *organizer* (figura abaixo);



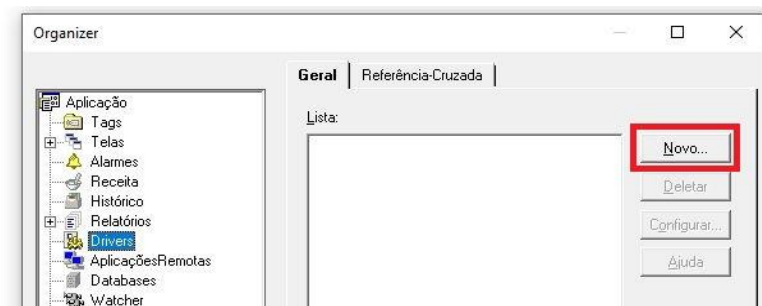
Fonte: Autores

- A tela a seguir aparecerá, clicar em *drivers*;



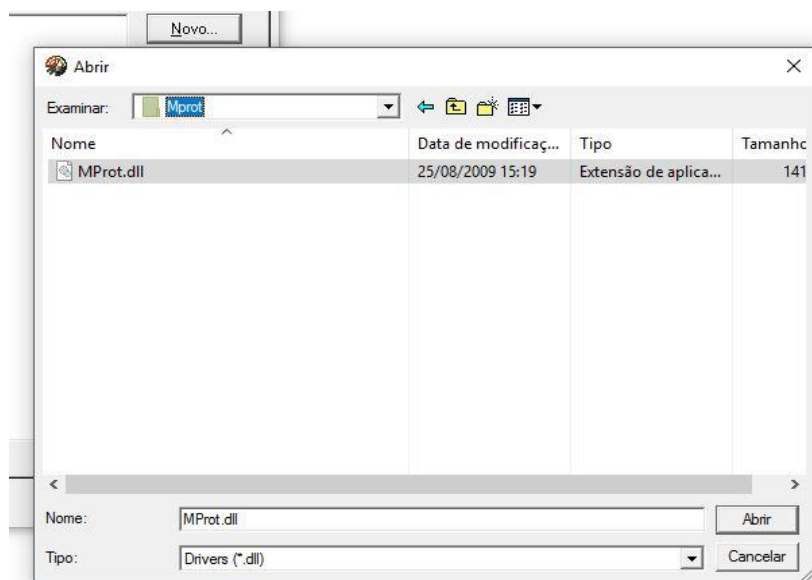
Fonte: Autores

- Na próxima tela, clicar em novo;



Fonte: Autores

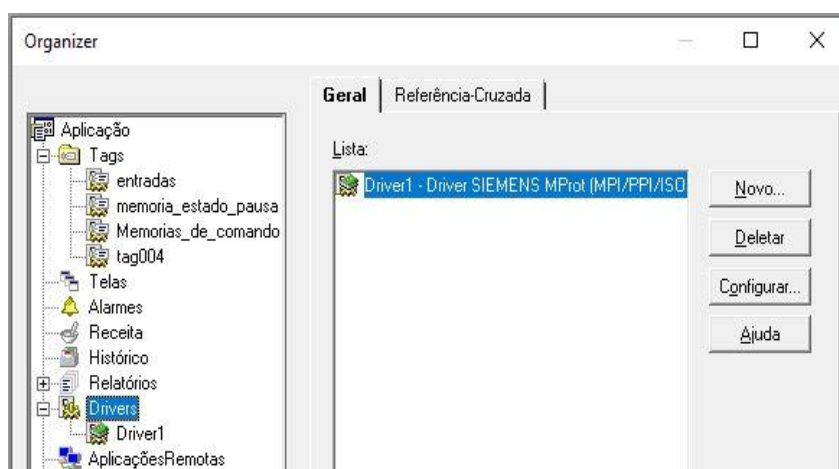
- A próxima tela aparece para selecionar o driver a ser incluído na aplicação (figura abaixo), no nosso caso, o driver Mprot, que foi baixado anteriormente no site da Elipse. É aconselhável que o driver fique na mesma pasta da aplicação do Elipse SCADA, para esses passos de configuração não precisarem ser repetidos caso o a aplicação seja movida para outro computador;



Fonte: Autores

-A janela do *organizer* (abaixo) mostrará que o driver foi incluído na aplicação, Driver1 – Elipse Driver Siemens MProt (MPI/PPI/ISSO TCP);

- Para acessar as configurações do *driver* devemos clicar em Configurar na tela da figura abaixo;



Fonte: Autores

- Surgirá a tela de propriedades do driver (figura abaixo), nessa não é necessária nenhuma alteração, clicar em Extras;

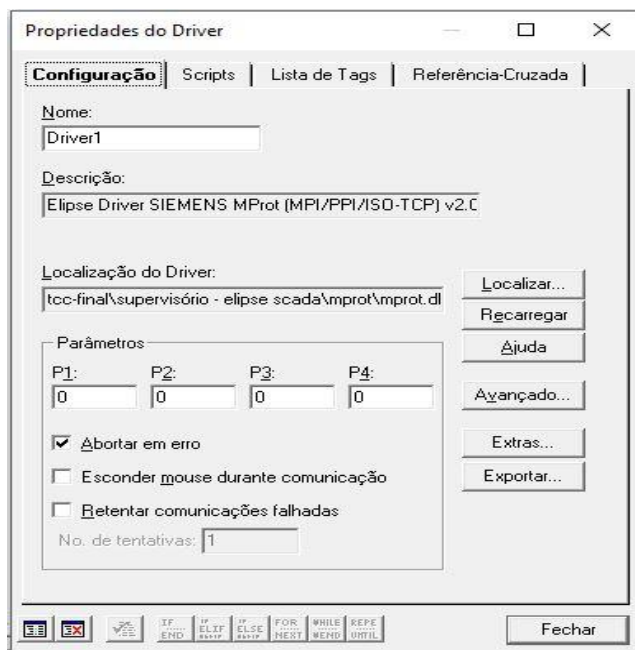
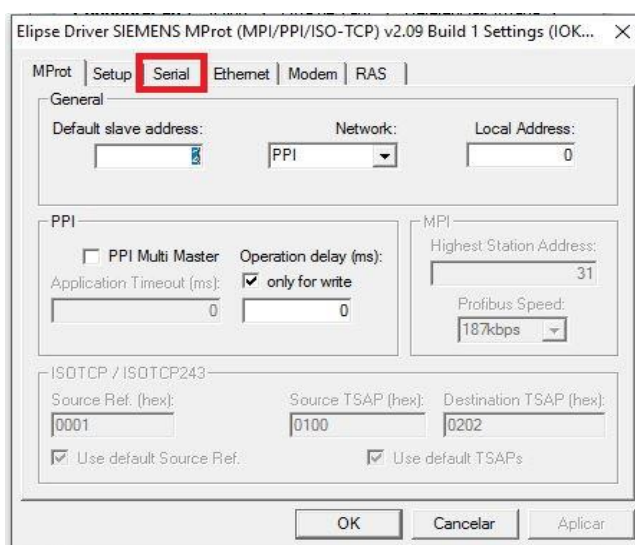


Figura 65: Configuração Elipse SCADA

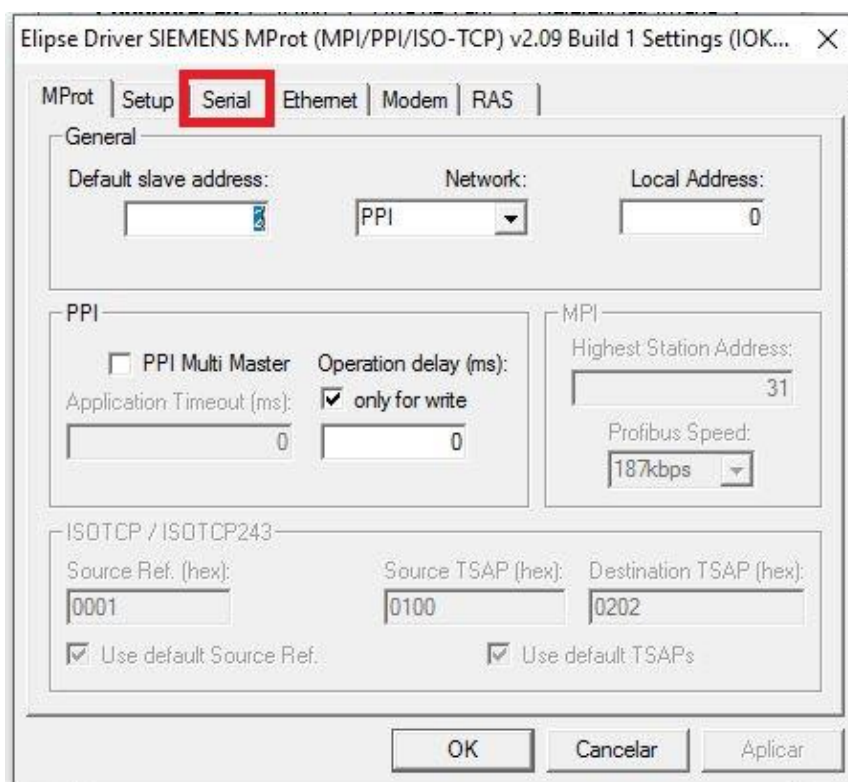
Fonte: Autores

- Nesta tela (figura abaixo), devemos manter as configurações padrão para comunicação com o S7-200, clicar em Serial;



Fonte: Autores

- Na próxima tela (figura abaixo), em *Port*, devemos selecionar a porta em que o S7-200 está conectado ao computador. No caso dos computadores da sala 421 do IFSC Joinville, onde foram efetuados os testes é a porta COM1, clicar em OK;

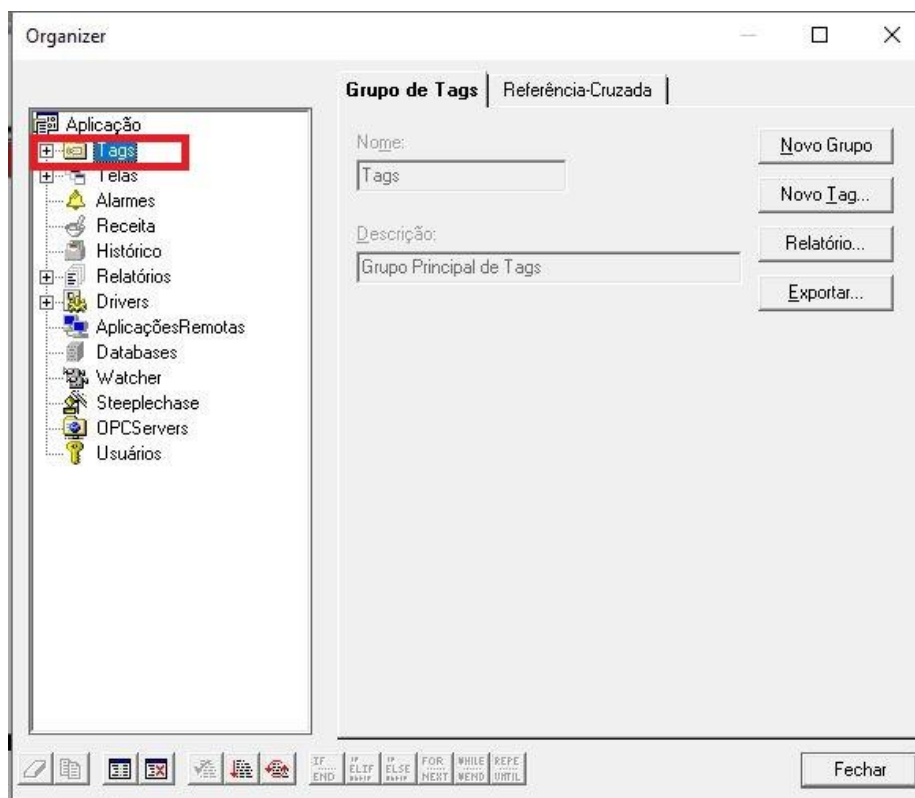


Fonte: Autores

Após executados os passos descritos, foram efetuados testes de comunicação entre o S7-200 e o supervisor. Foi observado um atraso de 0,5 até 1 segundo para o supervisor atualizar as mudanças ocorridas no programa do CLP.

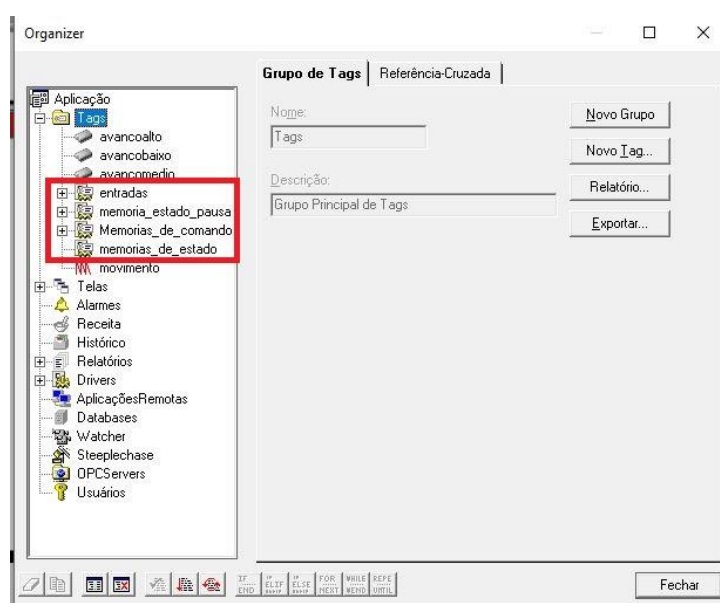
Devido a limitações da comunicação serial, somente um programa pode comunicar com o S7-200 por vez. A comunicação com o supervisor só é possível caso o programa Step 7 Microwin esteja fechado.

- A seguir mostraremos os TAGs PLC utilizadas no programa Elipse SCADA. Abrir a tela principal do *organizer* e selecionar Tags (figura abaixo);



Fonte: Autores

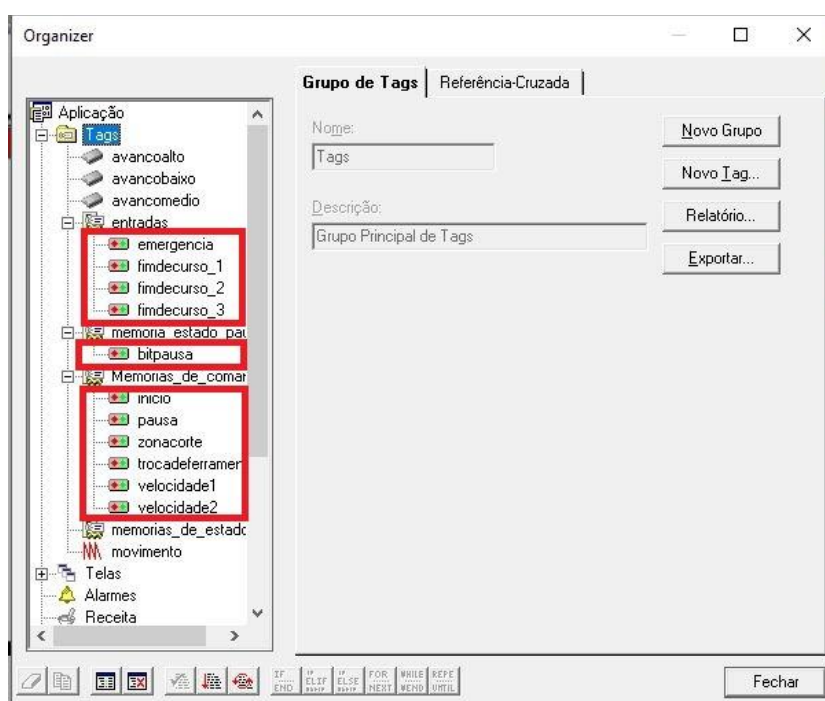
- A tela a seguir (figura abaixo), mostrará as TAGs utilizadas no programa. As TAGs em destaque são TAGs PLC, cada uma destas é responsável pela escrita ou leitura de um bloco de dados de 1 byte no S7-200;



Fonte: Autores

- Ao expandir as TAGs PLC é possível visualizar as TAGs bit definidas para a aplicação (figura abaixo). Não é permitido criar somente uma TAG bit, é necessário criar uma TAG para acessar o byte completo, para então definir o bit que deseja acessar;

A versão de demonstração do programa Elipse SCADA não permite salvar uma aplicação com mais de 20 TAGs, por esse motivo não foi criado TAGs bit em todas as TAGs PLC. Dessa forma para algumas TAGs foi necessário considerar o valor inteiro do byte, ao invés de somente verificar se um bit está em nível lógico alto ou baixo.



Fonte: Autores

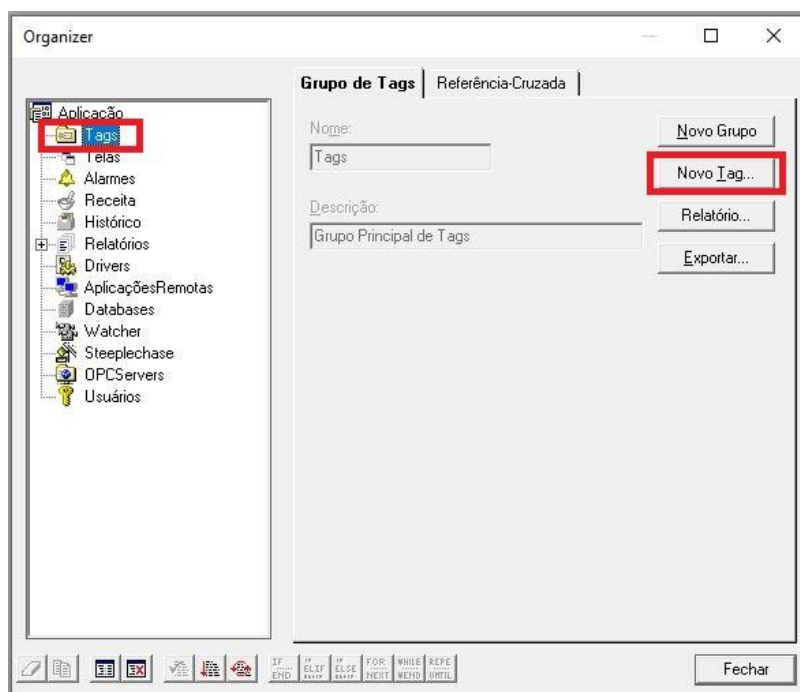
- A tabela a seguir relaciona as TAGs utilizadas na aplicação do Elipse Scada com os endereços das mesmas no programa do CLP S7-200.;

Nome da TAG PLC		Endereço da TAG no CLP	
	Nome da TAG Bit		Endereço do bit no CLP
entradas		I0	
	emergencia		I0.0
	fimdercurso_1		I0.1
	fimdercurso_2		I0.2
	fimdercurso_3		I0.3
memoria_estado_pausa		M1	
	bit pausa		M1.3
Memorias_de_comando		M2	
	inicio		M2.0
	pausa		M2.1
	zonacorte		M2.2
	trocadeferramenta		M2.3
	velocidade1		M2.4
	velocidade2		M2.5
memorias_de_estado		M0	

Fonte: Autores

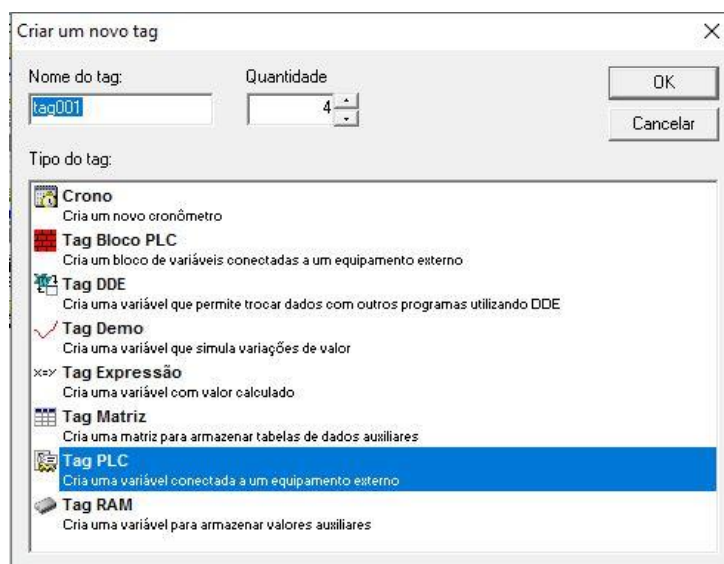
Para maior compreensão de como configurar as TAGs CLP para acessar o endereço correto no S7-200, vamos demonstrar todo o processo, desde a criação da TAG;

- Na Tela principal do Organizer, selecionar Tags e clicar em Novo Tag;



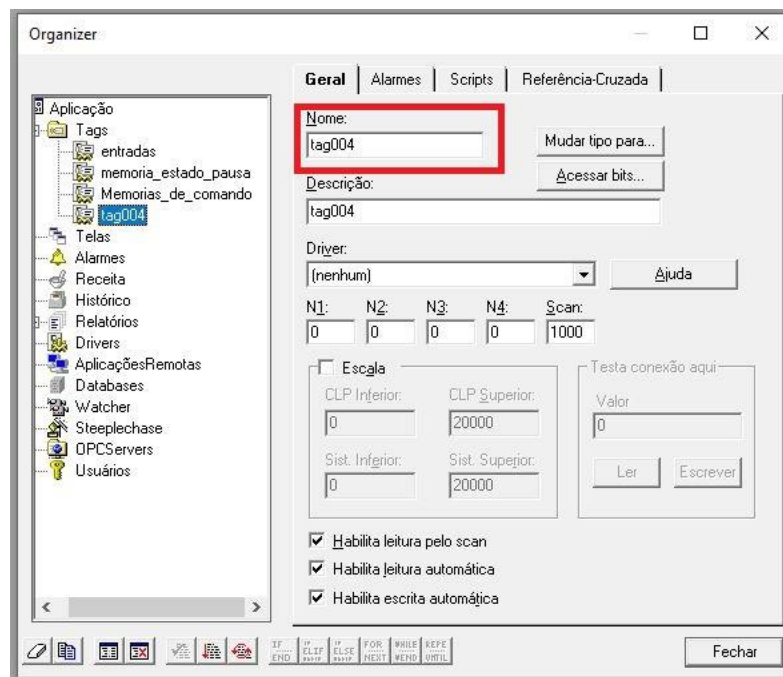
Fonte: Autores

- Especificar a quantidade de TAGs que desejamos criar, 4 no nosso caso, selecionar TAG PLC e clicar em OK;



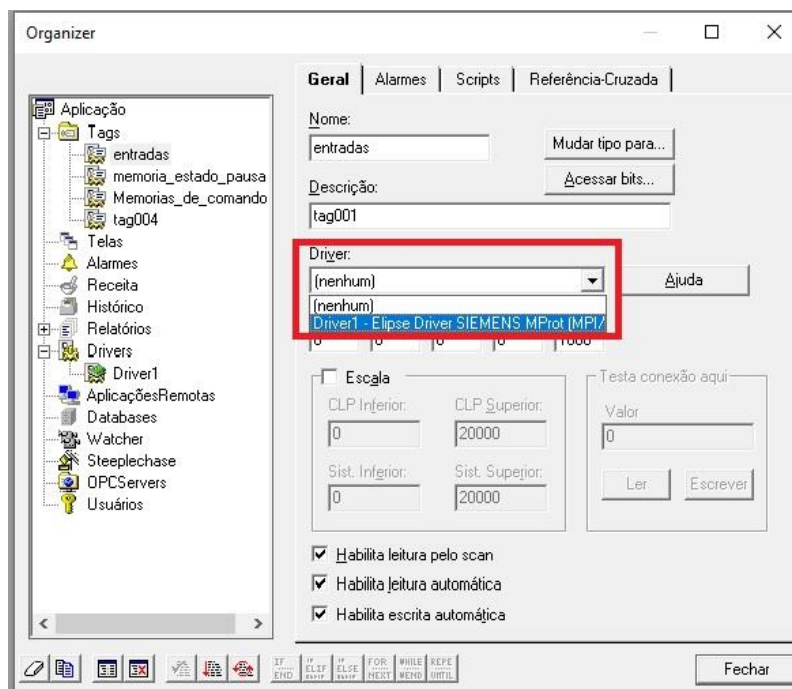
Fonte: Autores

- Selecionar as tags criadas e nomeá-los para facilitar sua identificação;



Fonte: Autores

- Para cada um dos TAGs criados, devemos definir o driver Mprot, incluso na aplicação anteriormente, conforme figura abaixo;



Fonte: Autores

- O próximo passo é a configurar os parâmetros N1 até N4, para definir qual endereço de memória do CLP está vinculado com as TAGs criadas. Esse passo é

embasado no manual do driver Mprot, disponível no site da Elipse. Abaixo (figuras abaixo) segue a descrição retirada do manual citado, sobre cada um dos parâmetros;

Configuração por Parâmetros Numéricos (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 × 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 <i>offset</i> 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).

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)

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)

Fonte: Autores

- O parâmetro N1 e N3 de todas as Tags devem permanecer zero, sendo necessário alterar somente N2 e N4. O parâmetro N2 segue a seguinte equação:

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

Onde:

N2 = Parâmetro N2

Tipo de Dado = Valor retirado da figura citada anteriormente

Área = Valor retirado da figura citada anteriormente

- Todas as Tags criadas são do tipo de dado *byte*, sendo que a área varia entre I (*Digital Input*) e M (*Memory*). Dessa forma, o parâmetro N2 fica da seguinte forma, calculado na equação citada anteriormente.

Para tags I (*Digital Input*)

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

Para tags M (*Memory*)

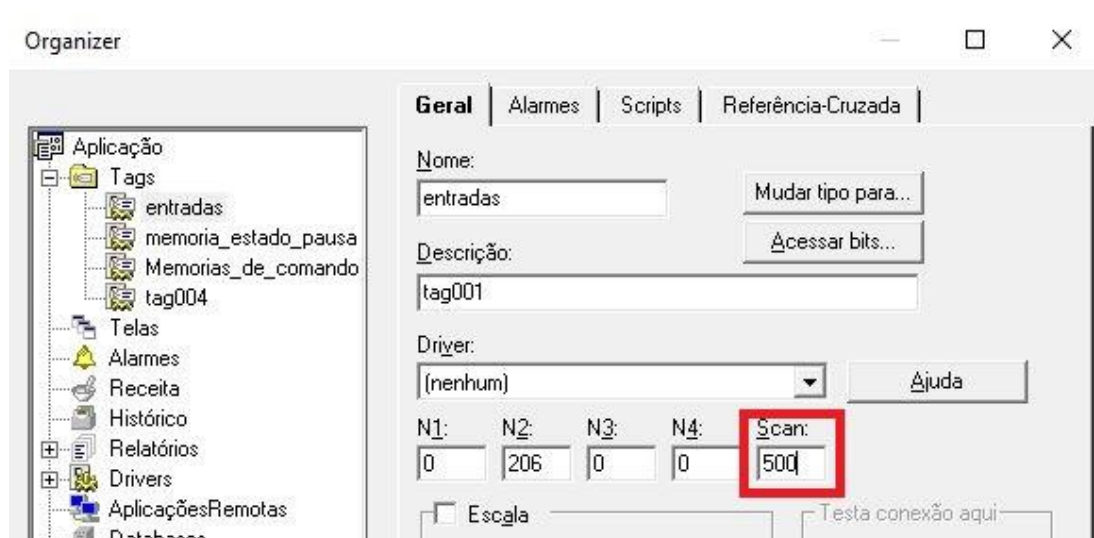
$$N2 = (100 \times 2) + 8 = 208$$

- O parâmetro N4 é o endereço do byte no CLP. Dessa forma os parâmetros N para cada TAG devem ficar conforme a tabela abaixo;

TAG	Endereço no CLP	N1	N2	N3	N4
entradas	I0	0	206	0	0
memoria_estado_pausa	M1	0	208	0	1
Memorias_de_comando	M2	0	208	0	2
memorias_de_estado	M0	0	208	0	0

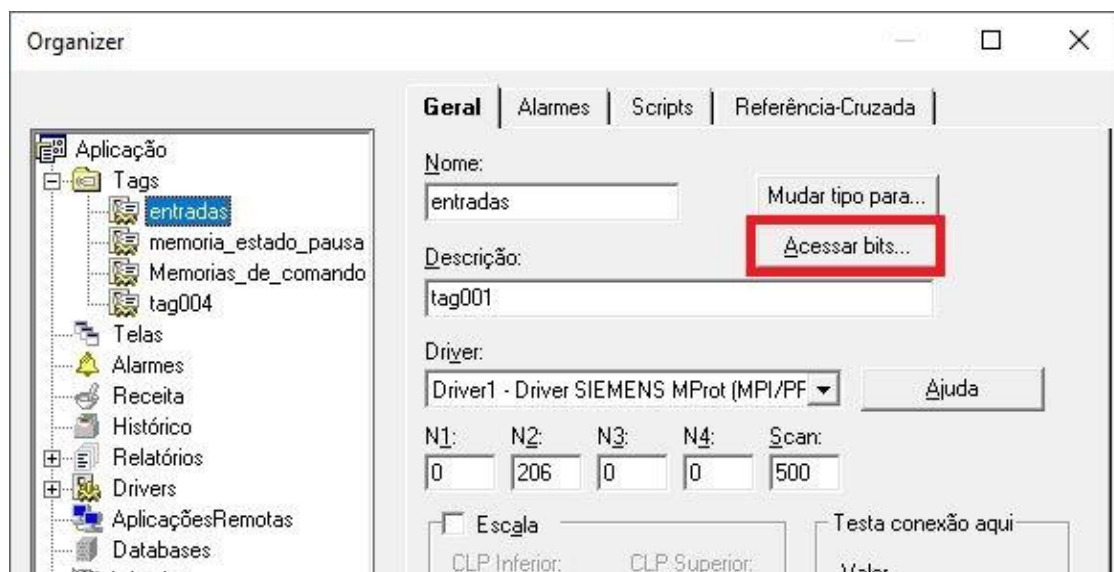
Fonte: Autores

- O parâmetro *Scan* (figura abaixo) define o tempo de atualização para os valores das TAGs (em milissegundos). Nos testes realizados, valores menores que 500ms reduziam a velocidade de execução da aplicação e não reduziam o atraso entre a resposta do supervisor para as alterações no CLP;



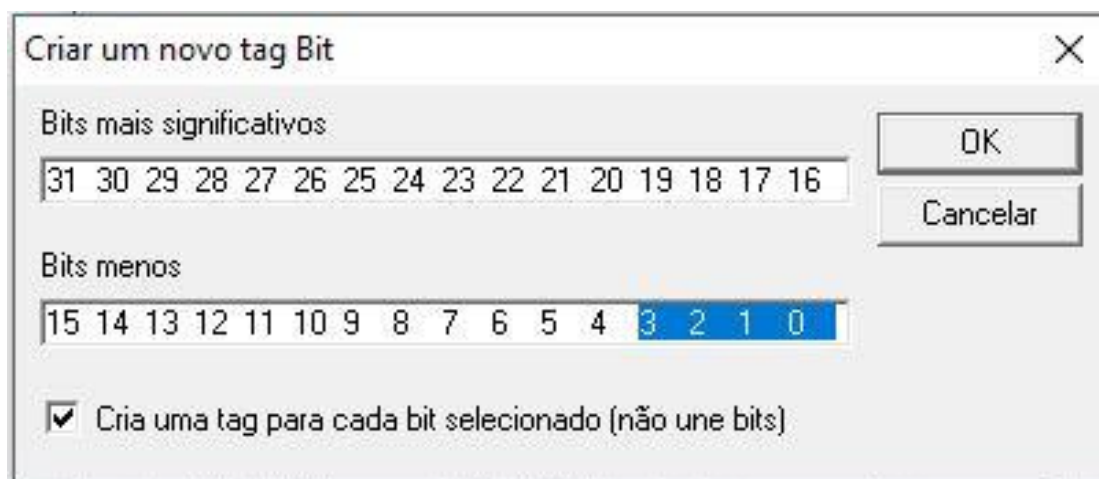
Fonte: Autores

- Após a criação das TAGs PLC e a definição dos parâmetros, a única etapa restante é a habilitação do acesso aos bits. Será usada a TAG entradas para demonstração do acesso aos bits, o procedimento é o mesmo para todas as TAGs. Clicar em acessar bits (Figura abaixo);



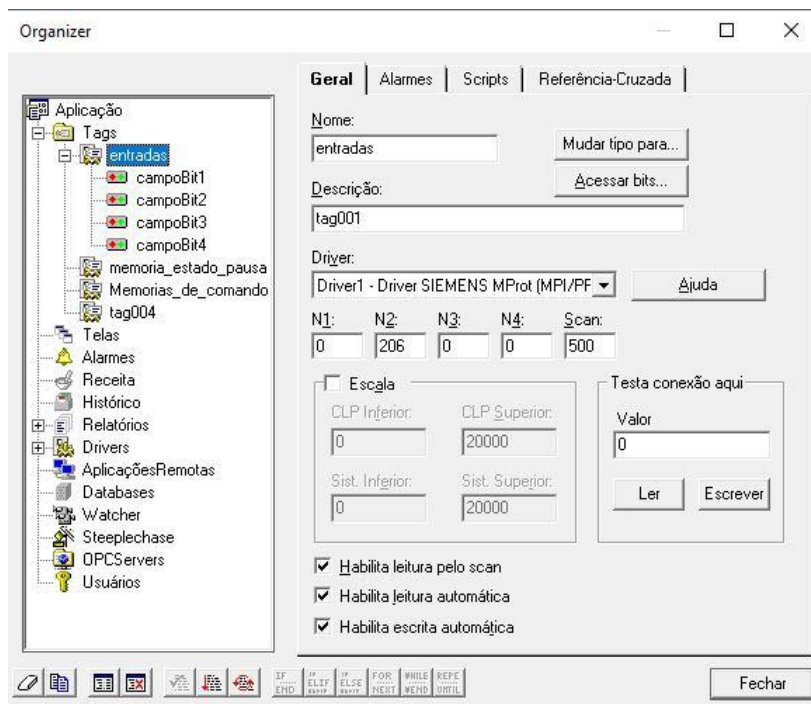
Fonte: Autores

- Na tela da figura abaixo, devemos selecionar os bits que se deseja acessar, conforme tabela 9, para Tag entradas são os bits 0,1,2 e 3. Clicar em *Ok*;



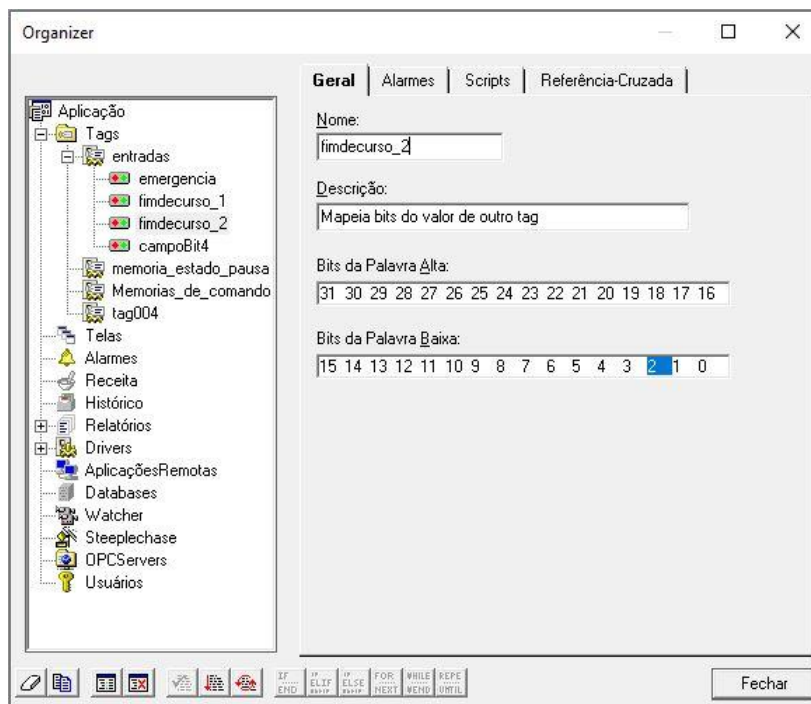
Fonte: Autores

- A tela a seguir, mostra que as TAGs bit foram criadas dentro da TAG entradas;



Fonte: Autores

- Ao selecionar cada uma das TAGs bit criadas é possível nomeá-las (figura abaixo) para facilitar sua identificação na aplicação, sendo esse o último passo na criação das TAGs;



Fonte: Autores

