

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE ESPECIALIZAÇÃO EM GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO

MARCIO ELIANDRO FERREIRA

**PROJETO PARA MAXIMIZAR OS ÍNDICES DE MANUTENÇÃO
DE UM EQUIPAMENTO**

MONOGRAFIA DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2016

MARCIO ELIANDRO FERREIRA

**PROJETO PARA MAXIMIZAR OS ÍNDICES DE MANUTENÇÃO
DE UM EQUIPAMENTO**

Monografia do Curso de Especialização, apresentado ao curso de Especialização em Gerência de manutenção do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (CEGEM) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gerência de manutenção.

Orientador: Prof. Me. Ubirajara Zoccoli.

CURITIBA

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

PROJETO PARA MAXIMIZAR OS ÍNDICES DE MANUTENÇÃO DE UM EQUIPAMENTO

Por

MARCIO ELIANDRO FERREIRA

Esta Monografia foi submetida em vinte e oito de março de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Gerência de Manutenção. O candidato foi avaliado pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.
Coordenador de Curso

ORIENTAÇÃO

Marcelo Rodrigues, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Orientador

Roberto Candido, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

BANCA EXAMINADORA

Francielly Elizabeth Castro Silva, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Álvaro Peixoto de Alencar Neto, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

RESUMO

Ferreira, Marcio. **Projeto para maximizar os índices de manutenção de um equipamento**, 2016, 62f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de especialização em Gerência de Manutenção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Foi desenvolvido um estudo para melhorar a automação de um processo produtivo em uma empresa do ramo de eletrodomésticos, este projeto busca de forma direta solucionar dois problemas aparentes. Primeiramente existe uma grande dificuldade com relação à manutenção corretiva já que se trata de um equipamento gargalo e sua parada representa perda de produtividade. O segundo ponto, não menos importante, é que o equipamento ao ter seu desempenho melhorado poderá entregar uma quantidade maior de produtos de que a capacidade da linha de montagem, deixando de ser gargalo e aumentando a produtividade do processo produtivo, no entanto sua viabilidade financeira é fundamental para a implantação da sugestão proposta. Este estudo inclui a criação de projeto elétrico, diagrama ladder, estimativa de mão de obra necessária além de uma lista detalhada dos componentes a serem utilizados com o custo para aquisição. A maior dificuldade encontrada foi devido ao equipamento ser específico e não haver muito material disponível sobre o assunto proposto.

Palavras chave: Manutenção corretiva, produtividade, gargalo, viabilidade financeira.

ABSTRACT

Ferreira, Marcio. **Project to maximize the maintenance rates of the equipment**, 2016, 62f. Monograph (Work completion of the specialization course in Maintenance management). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

A study was developed to improve the automation of a production process in an appliance branch of the company, this project seeks to directly solve two apparent problems. First there is a big difficulty with regard to corrective maintenance since it is a neck and a stop device is lost productivity. Second point no less important is that the equipment to have its improved performance may deliver a greater amount of products that the assembly line capacity, no longer being neck and increasing the productivity of the production process, however their financial viability is critical to the implementation of the suggestions proposed. This study includes the creation of electrical design, ladder diagram, needed manpower estimate and a detailed list of components to be used with the cost of acquisition. The greatest difficulty was due to the equipment being specific and not be much available material on the proposed subject.

Keywords: corrective maintenance, productivity, neck, financial viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Carro de carga e descarga em operação.	12
Figura 02: Máscaras.	12
Figura 03: Máscara aberta recebendo o gabinete do refrigerador.....	13
Figura 04: Cabeçote de injeção.....	14
Figura 05: Motor responsável pela movimentação do cabeçote.....	14
Figura 06: Motores de indução.	19
Figura 07: Servo - motores.....	20
Figura 08: Drive de potência com unidade central de processamento e módulo de controle .	21
Figura 09: Engrenagens.....	22
Figura 10: Encoder para Motores Tradicionais	23
Figura 11: Encoder acoplado à um Servo - motor.....	23
Figura 12: Automação Industrial em Níveis de Abstração	24
Figura 13: Automação Industrial - Topologia	24
Figura 14: Sensores Diversos	25
Figura 15: Sensor Fim de Curso	26
Figura 16: Diagrama de Blocos de um controlador lógico programável	27
Figura 17: Gráfico de perdas por manutenção em função do tempo	32
Figura 18: Gráfico de perdas monetárias em função do tempo.....	32
Figura 19: Componentes com maior custo de aquisição.....	33
Figura 20: Alimentação geral	35
Figura 21: Alimentação de monitoramento.....	36
Figura 22: Alimentação de comando	37

Figura 23: Módulo de potência.....	38
Figura 24: Módulo de acionamento dos motores	39
Figura 25: Módulo de controle	40
Figura 26: Contatores de segurança.....	40
Figura 27: Configuração do motor.....	41
Figura 28: Configuração de espaço a ser percorrido por volta no eixo	42
Figura 29: Topologia de rede	43
Figura 30: Lista de parâmetros	44
Figura 31: Monitoramento de variáveis	45
Figura 32: Configuração da memória interna no <i>drive</i>	46
Figura 33: Configuração da memória interna no controlador lógico programável	46
Figura 34: Configuração da tecnologia utilizada para comunicação	47
Figura 35: Lógica de programação do controlador lógico programável.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP – Controlador Lógico Programável

CPU – Unidade Central de Processamento

DDS – Compartilhamento Dinâmico de Unidades (Dynamic Drive Sharing)

IHM – Interface Homem Máquina

NBR – Norma Brasileira

TMEF – Tempo Médio Entre Falhas

TMPR – Tempo Médio Para Reparos

DSR – Descanso Semanal Remunerado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 TEMA.....	10
1.1.1 Funcionamento do Equipamento.....	11
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
1.3 PROBLEMA E PREMISSA.....	15
1.4 OBJETIVOS	16
1.4.1 Objetivo Geral.....	16
1.4.2 Objetivos Específicos.....	16
1.5 JUSTIFICATIVA.....	17
1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	17
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 MOTORES E ACIONAMENTOS	19
2.1.1 Servo motor.....	20
2.1.2 Drive de Comando	20
2.1.3 Transmissões Mecânicas	21
2.1.4 Sensor de Posição e Velocidade.....	22
2.2 AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS.....	24
2.2.1 Linha de Montagem.....	25
2.2.2 Sensores.....	25
2.2.2.1 Sensor de Fim de Curso.....	26
2.2.3 Controlador Lógico Programável.....	26
2.4 MANUTENÇÃO	28
2.4.1 Manutenção Corretiva	28
2.4.2 Manutenção Preventiva	28
2.4.3 Manutenção Preditiva.....	29
2.4.4 Manutenção Detectiva.....	29
2.5 ÍNDICES DE MANUTENÇÃO	29
2.5.1 Tempo Médio Entre Falhas.....	29
2.5.2 Tempo Médio Para Reparos	30
2.5.3 Disponibilidade de um equipamento.....	30
3. DESENVOLVIMENTO.....	31
3.1 VIABILIDADE ECONÔMICA	31

3.1.1 Perdas Por Parada de Um Cabeçote	31
3.2 VIABILIDADE TÉCNICA	33
3.2.1 Orçamento de Materiais	33
3.2.2 Custo Previsto de Mão de Obra	34
3.2.3 Custo Total	34
3.3 PROJETO ELÉTRICO	35
3.3.1 Alimentação Geral do Pannel	35
3.3.2 Alimentação Para Monitoramento	36
3.3.3 Alimentação e Distribuição da Tensão de Comando	37
3.3.4 Módulo de Alimentação do Drive	38
3.3.5 Módulo de Alimentação dos Motores	39
3.3.6 Módulo de Controle	39
3.3.7 Sistema de Segurança	40
3.4 PROGRAMAÇÃO E COMUNICAÇÃO COM CLP	41
3.4.1 Configuração do Servo-motor	41
3.4.2 Configuração Mecânica	41
3.4.3 Topologia de Rede	42
3.4.4 Lista de Parâmetros	43
3.4.5 Monitoramento de Variáveis	44
3.4.6 Comunicação Entre o Servo e o C L P	45
3.4.7 Configuração de Rede Para Transmissão de Dados	47
3.4.8 Lógica do Controlador Lógico Programável	47
4. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
4.1 TRABALHOS FUTUROS	49
REFERÊNCIAS	51
ANEXO 01 (Lista e Orçamento de Componentes)	53
ANEXO 02 (Projeto Elétrico)	56

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Segundo Ribeiro et al. (2009), uma reforma ou modernização de um equipamento, também chamada de *retrofitting*, é muitas vezes a solução para empresas que desejam dar uma sobrevida para máquinas antigas e obsoletas, mantendo suas características periféricas com perfeito estado de conservação mecânica. Essa necessidade tem sido crescente uma vez que a eletrônica das máquinas, equipamentos e sistemas evoluíram muito nos últimos anos e continuam em rápida evolução.

Em um *retrofitting*, é realizada a atualização das partes, como a adaptação do equipamento à nova tecnologia de controle e acionamento de seus dispositivos, tornando-os mais confiáveis. No *retrofitting* pode-se também executar a restauração de máquinas, ou parte destas, que operam em ambientes agressivos. Como resultado, tem-se a recuperação das condições originais da máquina que foram alteradas pelo desgaste com o tempo (RIBEIRO, et AL. , 2009).

O número de computadores vem aumentando muito nas últimas décadas, causando reflexos na indústria, mudando a forma de trabalho e exigindo maior conhecimento, capacitação e qualificação por parte dos trabalhadores (MORAES, 2001).

Segundo Silveira e Santos (1999), a automação industrial está em crescente expansão em todo o mundo, utilizando os conceitos da informática. A constante evolução da tecnologia permite que os equipamentos de automação e controle integrem os avanços obtidos nesse ramo de atuação rapidamente, sendo cada vez mais sofisticados e com maiores capacidades no mercado.

Produzir no menor tempo possível e com qualidade é vital para a sobrevivência das empresas no mercado, visto que a concorrência é baseada na alta tecnologia de seus equipamentos (SILVEIRA e SANTOS, 1999).

Assim sendo, os investimentos em automatização dos sistemas produtivos devem ser constantes, pois se tornam parte de uma vantagem competitiva no mercado já que grande parte dos projetos de automação visam a produtividade, confiabilidade, redução de desperdícios, segurança aos envolvidos dentre outros aspectos e pode haver

a combinação de alguns itens anteriormente citados. Em uma fábrica que produz produtos da linha branca e com produção próxima de 250.000 produtos ao mês, esses distribuídos em cinco linhas de produção com seus respectivos *mix*, necessita de uma grande confiabilidade de seus equipamentos, pois uma hora de manutenção corretiva pode representar a não produção de mais de 100 produtos e para atender aos contratos se obriga produzir em regime de horas extras com margem de lucro ainda mais reduzida.

A máquina foco deste estudo recebe o nome de Cannon, nome de acordo com a marca do fabricante italiano. Esta máquina tem por finalidade fazer o preenchimento dos gabinetes de refrigeradores com uma mistura de dois materiais, o Polioli e o Isocianato, tendo como resultado dessa reação química o poliuretano, material isolante muito utilizado na fabricação desse tipo de eletrodoméstico.

Esta pesquisa analisa o investimento quanto à substituição de motores simples por motores síncronos de alto rendimento com torque e velocidades variadas além de grande precisão nas paradas. Com esta modificação o equipamento passará a ser mais confiável, deixará de ser o gargalo da linha de produção e possibilitará a área de manutenção intervir no equipamento seja de forma corretiva ou até mesmo preventivamente sem que afete a produtividade do equipamento em questão.

1.1.1 FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO

Por se tratar de um equipamento com grandes dimensões, o detalhamento é feito por partes para facilitar o entendimento do processo. Uma das partes chamada de bombeamento, também dividida em duas sub-partes: Bombeamento hidráulico, responsável pelos movimentos de abertura e fechamento dos cabeçotes e bombeamento de material, esta responsável pelo envio da matéria prima ao seu destino final. O bombeamento embora muito importante no processo produtivo não será estudado a fundo, pois a alteração relevante se dará na parte de movimentação.

A movimentação pode ser explicada em três partes: A primeira é o carro responsável por entregar o produto pré-montado ao acúmulo, que a partir de agora chamaremos de máscara. A retirada do produto já processado também se dá através do mesmo carro que por esse motivo recebe o nome de carro de carga e descarga. Através da figura 1 se pode compreender melhor o funcionamento do mesmo.



Figura 01: Carro de carga e descarga em operação.

Fonte: O autor (2016).

Na segunda parte da movimentação temos as máscaras, que são onze acúmulos, dispostas uma ao lado da outra e com bases fixas, tendo apenas movimento vertical para abertura e fechamento (figuras 2 e 3).

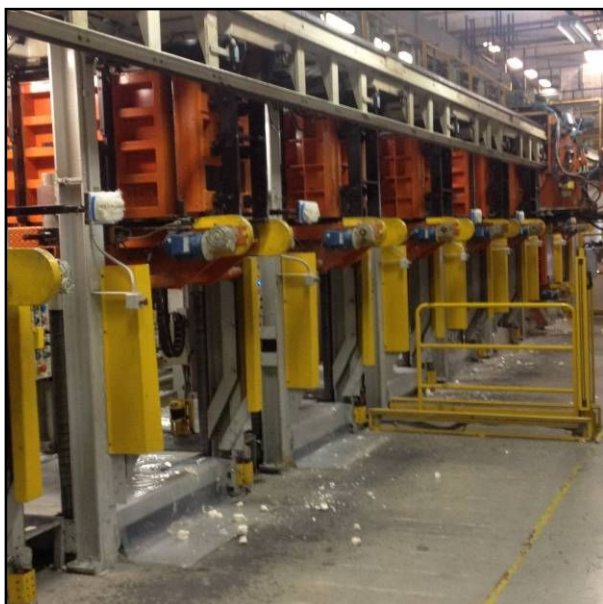


Figura 02: Máscaras.

Fonte: O autor (2016).

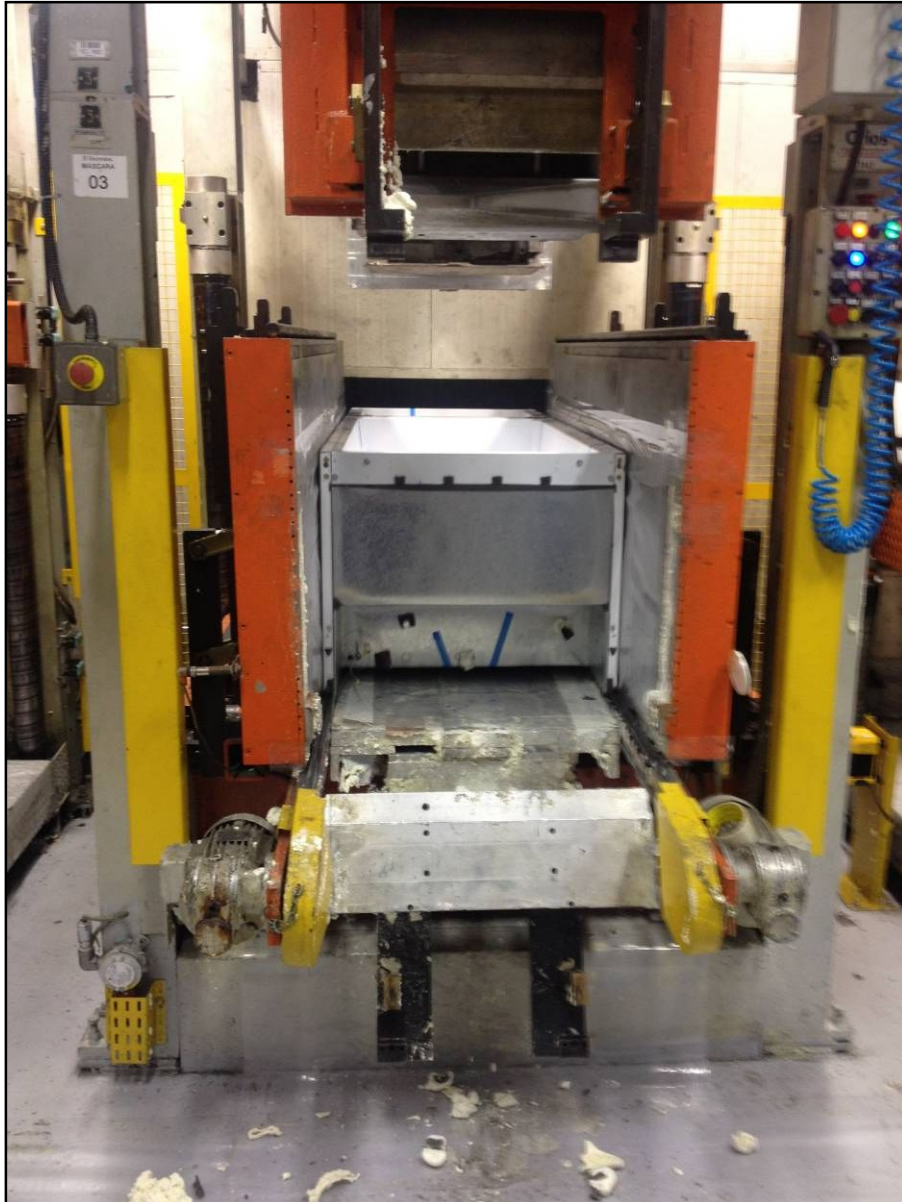


Figura 03: Máscaras aberta recebendo o gabinete do refrigerador.

Fonte: O autor (2016).

O sistema de movimentação se completa com os cabeçotes de injeção de material, são dois cabeçotes, dispostos em frente às máscaras e ambos sobre o mesmo trilho por onde, através de uma engrenagem, o redutor e o motor se movimentam para atender às dez máscaras fixas (figura 4). Nota-se que ambos os cabeçotes, trabalhando em conjunto, conseguem atender a produção de forma plena, porém se em alguma emergência precisar excluir um cabeçote e trabalhar com o outro tem-se uma perda de produção e o restante do processo fica limitado por ele.



Figura 04: Cabeçote de injeção.

Fonte: O autor (2016).

O motor responsável pela movimentação do cabeçote se trata de um motor simples com rotor gaiola de esquilo (figura 5). Este motor permite pouca alteração de velocidade sendo controlado por um inversor de frequência, porém não permite torque e velocidades altas com grande precisão nas paradas.

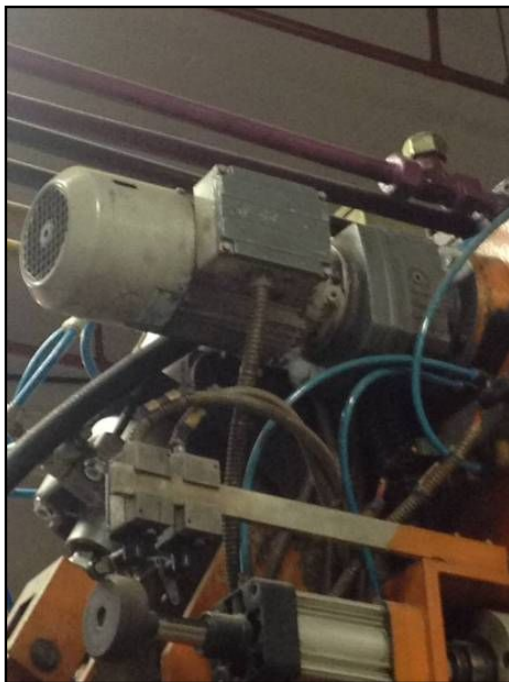


Figura 05: Motor responsável pela movimentação do cabeçote.

Fonte: O autor (2016).

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A evolução constante dos equipamentos automatizados nos permite tirar o máximo possível de uma máquina e neste estudo em que se pretende substituir motores de baixo rendimento por motores de alta performance se busca dar uma maior autonomia ao equipamento já que atualmente não disponibiliza tempo para intervenções de manutenção e eventualmente ocorre quebras que por sua vez ocasiona queda considerável no volume de produção diária e nos índices de manutenção.

1.3 PROBLEMA E PREMISSA

Esse projeto foi elaborado devido à uma readequação no parque industrial já que se trata de uma instalação antiga e alguns equipamentos operam da mesma maneira desde sua concepção, porém atualmente o volume produtivo é muito superior do que na década de 90, quando se produzia aproximadamente 80.000 produtos ao mês e atualmente esse número supera a casa dos 200.000 produtos mês.

A empresa tem investido continuamente em compra de novos equipamentos e também na adequação dos maquinários que já fazem parte do parque industrial, porém devido à quantidade de equipamentos não é possível adequar todos simultaneamente assim, as intervenções ocorrem de acordo com a necessidade e criticidade do equipamento.

Por se tratar de linha de produção, se busca tirar o máximo de cada equipamento para uma melhor performance do conjunto, dessa maneira pode se ver facilmente pontos onde a produção é retida por motivos variados, esses pontos são comumente chamados de gargalos e carecem de maior atenção e investimentos.

O equipamento abordado no presente estudo, atualmente se comporta como um gargalo de uma das 05 linhas de produção, limitando a produtividade e impossibilitando paradas para intervenções de manutenção.

Com o estudo realizado sobre este tema surge a seguinte questão: **Como proporcionar a revitalização do equipamento de forma a atender as necessidades atuais?**

Acredita-se que com o uso de motores com maior eficiência, controladores lógicos programáveis, linguagens de programação, sensores de campo e atuadores, em

conjunto com os conhecimentos de manutenção, seja possível adequar o equipamento às necessidades atuais da empresa.

1.4 OBJETIVOS

Nesta seção são enumerados os objetivos que se pretendem atingir com a elaboração deste projeto.

1.4.1 Objetivo Geral.

Estudar a possibilidade de melhoria dos índices de manutenção através da automação em um equipamento gargalo em uma linha de produção, melhorando seus índices de tempo médio entre falhas e tempo médio para reparos além de atender a demanda atual.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Referencial teórico.
- Levantar na empresa as necessidades essenciais e as justificativas para elaboração do projeto;
- Definir os equipamentos e dispositivos que serão necessários no caso de execução do projeto e que atendam aos requisitos necessários para um correto funcionamento do sistema;
- Elaborar desenhos dos diagramas elétricos;
- Elaborar uma lista detalhada de materiais complementares para o projeto (motores, *drives*, redutores, interface homem máquina (IHM), cabos, conectores e outros);
- Desenvolver um programa lógico de diagrama Ladder para o Controlador Lógico Programável (PLC) a ser utilizado no projeto de automação que faça a troca de informações com os *drives*.
- Estimar resultados futuros com a implantação de um projeto de automação.

1.5 JUSTIFICATIVA

A proposta onde se visa melhora no rendimento do equipamento e com isso um espaço maior de tempo para a aplicação de técnicas de manutenção e gerenciamento do equipamento é um tema de relevância nos processos produtivos das indústrias e na acadêmica.

Pretende-se com este trabalho somar a experiência na área de manutenção com a área de gerenciamento, pois é necessário gerenciar pessoas, projetos e materiais.

A implantação do projeto pode solucionar um problema aparente derrubando os índices de manutenção da planta.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento da pesquisa se dá com o levantamento de dados em campo, revisão bibliográfica além do projeto que visa sanar uma dificuldade aparente.

Uma análise é realizada em diversas áreas da empresa, com objetivo de obter informações necessárias para que se possa realizar o projeto de acordo com as normas e legislações praticadas pela mesma.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho consiste em demonstrar previamente os tópicos e capítulos a serem descritos neste projeto:

- Capítulo 1 – Introdução. Neste capítulo consta a apresentação do tema, a delimitação do mesmo, o problema e premissa, os objetivos (principal e específicos), a metodologia da pesquisa aplicada e a justificativa do trabalho.
- Capítulo 2 – Referencial teórico sobre linha de montagem, servo-motores e acionamentos, e automação (linguagens de programação, controladores lógico programáveis, sensores, atuadores entre outros).
- Capítulo 3 – Desenvolvimento do projeto. Um memorial descritivo descrevendo as instalações atuais da planta e o que necessita ser realizado.
- Capítulo 4 – Conclusões e considerações finais.
- Referências.

- Anexos: Projeto elétrico e lista de materiais necessários para a possível realização deste projeto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção é relatado o embasamento dos conceitos teóricos, fontes de pesquisa e dados necessários para a elaboração deste projeto.

2.1 MOTORES E ACIONAMENTOS

O aperfeiçoamento das máquinas a vapor, pelo cientista inglês Watt, ao término do século XVIII permitiu que o homem deixasse de executar alguns trabalhos que eram feitos de forma braçal, mesmo com o rendimento destas máquinas na ordem de 30%, já muito superior ao rendimento humano. Os motores elétricos começaram a ser empregados no final do século XIX, sendo um grande avanço tecnológico para a época. No final do século XX houve grande avanço nas áreas de materiais elétricos, magnéticos e semicondutores colocando os motores elétricos em uma posição de destaque para aplicações industriais, comerciais e residenciais (STEPHAN, 2013).

O motor elétrico é a máquina mais utilizada nas indústrias, no comércio, residências e em meio rural, tornando-se um dos mais notáveis inventos do homem em seu desenvolvimento tecnológico, por serem máquinas simples com baixo custo e não poluentes (FILHO,2002), conforme figura 06.



Figura 06: Motores de indução.

Fonte: O autor (2016).

2.1.1 Servo-motor.

O servo motor é uma máquina projetada para atender necessidades especiais que uma máquina convencional não atenderia como controle de velocidade e posição (CARVALHO, 2007), ver exemplo na figura 07.



Figura 07: Servo-motores.

Fonte: O autor (2016).

O servomotor de corrente alternada possui um enrolamento estático que não foi concebido para ligá-lo diretamente a rede trifásica convencional, ele é projetado com características especiais de velocidade, torque e posição (CARVALHO, 2007).

2.1.2 Drive de Comando

Durante muito tempo a tecnologia analógica dominou os acionamentos elétricos, porém a tecnologia digital vem de forma gradual substituindo a analógica nas funções de controle (STEPHAN, 2013), observar figura 08.



Figura 08: Drive de Potência com CPU e Módulo de Controle.

Fonte: O autor (2016).

De acordo com o autor acima citado Stephan (2013, p.75), o conversor controla a potência de alimentação do motor, chaveando os sinais de acordo com os pulsos de acionamento gerados pelo controlador.

Para o acionamento de um servomotor se faz necessário um equipamento eletrônico denominado como servocontrolador ou servoconversor que possui uma IHM para ajuste das variáveis (CARVALHO, 2007).

2.1.3 Transmissões Mecânicas

A transformação da energia em trabalho frequentemente ocorre com o auxílio de transmissões mecânicas tais como polias, engrenagens e fusos. Para Stephan (2013, p.07) a função básica de uma transmissão mecânica é alterar os parâmetros de operação do motor como: Torque, posição, velocidade, aceleração e desaceleração. As

transmissões mais utilizadas em conjunto com motores são redutores de velocidade com engrenagens, polias e correias, correntes e rodas dentadas, fusos, cabos e polias.

As principais falhas que ocorrem nas transmissões mecânicas são folga existente entre os dentes de engrenagens e partes móveis de uma transmissão, possível de ocorrer deformação no momento da aplicação de uma força, vibração resultante de desbalanceamento no conjunto ou falha na montagem e frequência de ressonância ocasionando vibrações no conjunto (STEPHAN, 2013), componente observado na figura 09.



Figura 09: Engrenagens.

Fonte: O autor (2016).

2.1.4 Sensor de posição e velocidade

Os sensores de monitoramento de posição e velocidade normalmente são *encoders*, tacogeradores ou *resolver*. Nessa aplicação se fará o uso de um sensor denominado como *encoder*, onde por sua vez o este pode ser incremental ou absoluto. Para essa aplicação considera-se o *encoder* incremental.

O *encoder* incremental tem uma construção mais simples comparada ao absoluto, onde são gerados pulsos provenientes de duas marcações radiais igualmente

espaçadas, permitindo monitorar a posição pela contagem de pulsos e do sentido de rotação (STEPHAN, 2013), exemplos de *encoder* nas figuras 10 e 11.

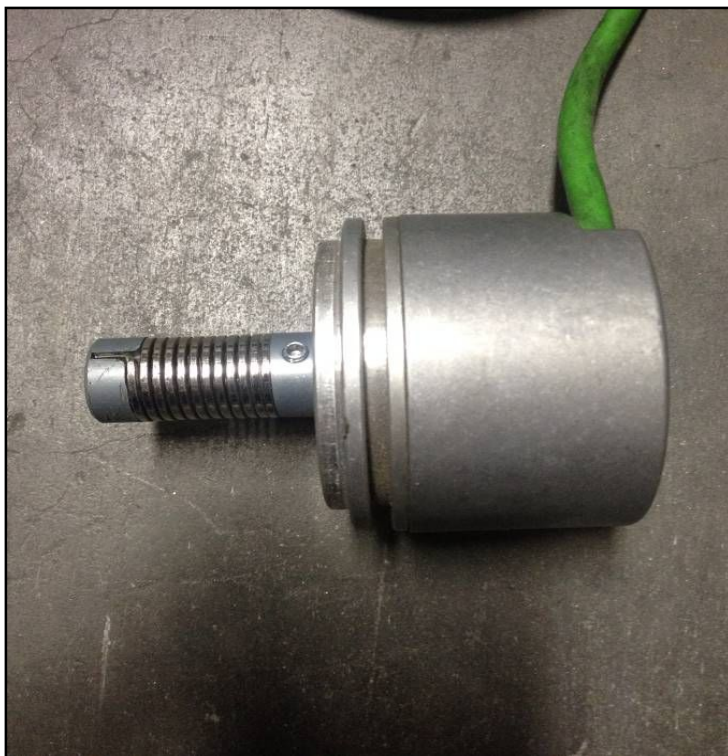


Figura 10: Encoder Para Motores Tradicionais.

Fonte: O autor (2016).



Figura 11: Encoder Acoplado a um Servomotor.

Fonte: O autor (2016).

2.2 AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

A automação pode ser definida como uma tecnologia onde um processo ou procedimento é alcançado com uma reduzida interferência humana. É realizada utilizando-se um programa de instruções subordinado a um sistema de controle que executa as instruções. Para automatizar um processo, é necessário energia para conduzir o processo, operar o programa e o sistema de controle (GROOVER, 2010). É também um conceito e um conjunto de técnicas das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam (SILVEIRA e SANTOS, 1999), uma representação da automação industrial em níveis de abstração pode ser observada na figura 12.



Figura 12: Automação industrial em níveis de abstração.

Fonte: Souza (2005).

A estrutura topológica que representa a distribuição dos principais elementos envolvidos na automação de um processo industrial pode ser observada na figura 13.

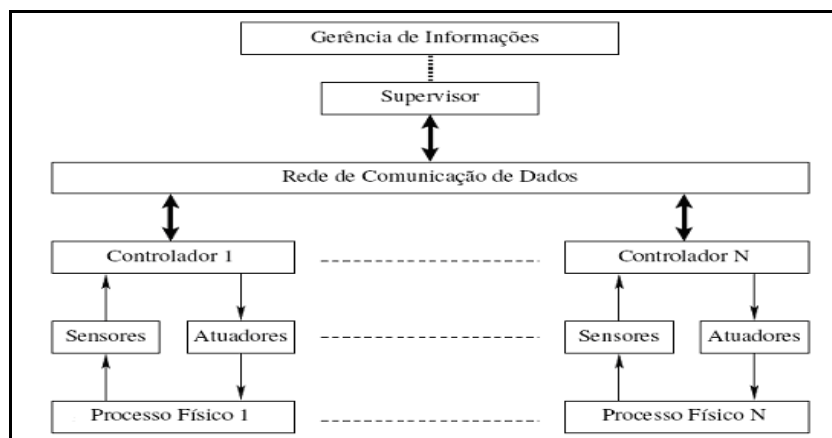


Figura 13: Automação industrial – topologia

Fonte: Souza (2005).

As indústrias comumente buscam reduzir custos com pessoas, melhorar a qualidade de seus produtos, reduzir estoques, diminuir o tempo para fabricar determinado produto e isso facilmente é alcançado com a substituição de um indivíduo por uma máquina, por esses motivos as empresas tem optado por automatizarem seus processos produtivos (SOUZA, 2005).

2.2.1 Linha de Montagem

A linha de montagem ou linha de produção se caracteriza pela fabricação diária de um único produto, onde cada máquina e componente da linha têm uma tarefa a ser realizada sobre a mesma peça ou produto (ITYS-FIDES e TOLEDO, 1986).

2.2.2 Sensores

Sensores são dispositivos que tem seu comportamento alterado em razão de uma grandeza física, fornecendo de forma direta ou indireta sinais que indicam essa grandeza. Quando utilizados de forma direta são chamados de transdutores, quando operam indiretamente alterando suas propriedades, como resistência, capacitância ou indutância, sob a ação de uma grandeza, de forma proporcional. Sensores também podem emitir sinais para detectar e corrigir desvios em um sistema de controle e em instrumentos de medição (SILVEIRA e SANTOS, 1999), alguns exemplos são apresentados na figura 14.



Figura 14: Sensores diversos.

Fonte: O autor (2016).

2.2.2.1 Sensor de fim de curso

Fins de curso são dispositivos eletromecânicos que são acionados por um solenóide ao atingir o fim de uma trajetória pré-definida, onde o fechamento ou abertura do contato gera um sinal de ordem digital (MAMEDE, 2001), visto na figura 15.



Figura 15: Sensor de fim de curso.

Fonte: O autor (2016).

2.2.3 Controlador Lógico Programável

Controlador Lógico Programável (*Programmable Logic Controller*), conhecido também por suas siglas CLP, é um dispositivo especializado baseado num microprocessador que desempenha funções de controle com alto nível de complexidade (ALVES, 2005).

Segundo Capelli (2006, p.20), o primeiro CLP surgiu no final da década de 60 onde os controles eram feitos por relés eletromecânicos com grande quantidade de fios e toda alteração realizada gerava muito trabalho, já que significava mudar fisicamente fios, cabos ou componentes.

O CLP pode ser considerado como um computador específico para ambiente industrial onde seus atuadores são conectados a robustos cartões de interface. Atualmente com o uso de circuitos integrados, é possível utilizar um CLP para circuitos que equivalem a quinze relés (FRANCHI e CAMARGO, 2013).

Com *hardware* e *software* compatíveis com aplicações industriais, o CLP é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando por meio de módulos de entradas e saídas vários tipos de máquinas ou processos (ALVES, 2005).

O controlador lógico programável também permite versatilidade no modo de programação. Suas principais funções são: relações lógicas, matemáticas, números inteiros e binários, ponto flutuante (reais), operações trigonométricas, aritméticas, transporte, armazenamento de dados, comparação, temporização, contagem e sequenciamento (CAPELLI, 2007).

O CLP facilita a integração entre operação, programação e usuário. Também disponibiliza poderosas funções aritméticas para manipulação de dados, sendo possível interligar CLPs em rede, além de sua flexibilidade e confiabilidade no sistema inserido (SOUZA, 2008), na figura 16 o CLP está representado em diagrama de blocos.

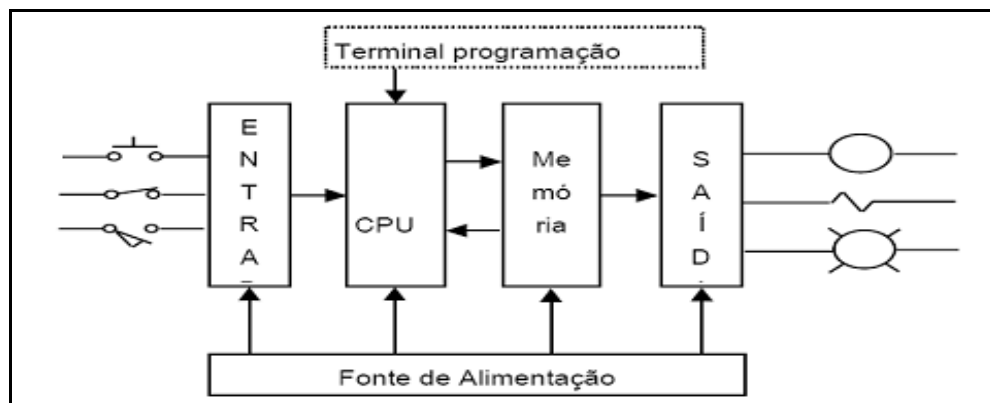


Figura 16: Diagrama de blocos de um CLP

Fonte: Franchi; Camargo (2013).

O CLP é basicamente composto por dois elementos principais: Uma unidade Central de Processamento (CPU) e interfaces para os sinais de entrada e saída. A CPU segue os padrões similares às arquiteturas dos computadores digitais, os quais são compostos basicamente por um processador, um banco de memória (tanto para dados como para programas) e um barramento para interligação (controle, endereçamento de

memória e fluxo de dados entre os elementos do sistema) (SILVEIRA e SANTOS, 1999).

2.4 MANUTENÇÃO

O setor de manutenção de uma empresa tem como principal objetivo manter os equipamentos funcionando de maneira adequada, dentro dos padrões pré-determinados. Segundo Xenos (2004, p. 18) “manter significa fazer o que for necessário para que o equipamento mantenha o desempenho para o qual foi projetado, dentro de um nível de desempenho estabelecido”.

“Quando uma máquina ou equipamento deixa de desempenhar suas funções ou pára completamente de funcionar, pode-se dizer que ocorreu uma falha no mesmo”. Xenos (2004, p.67), a NBR descreve o conceito de falha:

Segundo a NBR 5462-1994 “a falha é o termino da capacidade de um item desempenhar a função requerida. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído. A falha leva o item a um estado de indisponibilidade.”

Além de manter os equipamentos em perfeito funcionamento é função da manutenção modificar e modernizar máquinas e equipamentos na busca de uma melhor confiabilidade e qualidade do sistema. De acordo com Xenos (2004, p. 18), as melhorias executadas sobre um determinado equipamento visam melhorar sua condição original de operação, desempenho e confiabilidade com alterações em seu projeto original, com o objetivo de conseguir melhorar a produtividade dos equipamentos.

2.4.1 Manutenção corretiva

Se caracteriza como manutenção corretiva as intervenções em máquinas e equipamentos após a ocorrência da falha onde há perda parcial ou total de seu desempenho (PINTO e XAVIER, 2001).

2.4.2 Manutenção preventiva

Manutenção preventiva é a forma de manutenção dos equipamentos onde se busca antecipar as falhas ou defeitos. É atuar de maneira a evitar queda ou interrupção no desempenho, seguindo um plano com intervalos previamente definidos (PINTO; XAVIER, 2001).

2.4.3 Manutenção preditiva

Manutenção preditiva busca através de aferições e análises o tempo mais próximo do ideal para se fazer uma intervenção no equipamento. Esta é baseada na alteração de parâmetros de condição ou desempenho, onde o acompanhamento obedece a uma sistemática (PINTO e XAVIER, 2001)

2.4.4 Manutenção detectiva

Manutenção detectiva originou-se do termo inglês *Detective Maintenance* e nada mais é do que a verificação de possíveis falhas em sistemas de proteção para detectar falhas ocultas ao pessoal de manutenção e produção (PINTO e XAVIER, 2001).

2.5 ÍNDICES DE MANUTENÇÃO

Para se obter um retorno sobre a qualidade do trabalho realizado pelo setor de manutenção, algumas empresas criaram indicadores que gerenciam o intervalo de tempo entre uma ocorrência e outra como também o tempo necessário para efetuar o devido reparo. Esses indicadores se baseiam na coleta de dados referente aos tempos de parada de máquina para reparo e entre falhas. A empresa em questão faz uso do tempo médio entre falhas (MTBF) e do tempo médio para reparo (MTTR).

2.5.1 Tempo Médio Entre Falhas

Segundo Pinto e Xavier (2001, p. 102) “o tempo médio de bom funcionamento e também conhecido mundialmente como TMEF tempo médio entre falhas”.

Tempo médio entre falhas é a média aritmética dos tempos entre falhas de um determinado equipamento ou conjunto.

2.5.2 Tempo Médio Para Reparos

Também de acordo com Pinto e Xavier (2001, p. 102) o tempo em que o equipamento deixa de produzir para a intervenção da manutenção e que esteja associado à falha é conhecido como Tmpr tempo médio para reparos.

Tempo médio para reparo é a média aritmética dos tempos gastos nos reparos de um equipamento ou de equipamentos da mesma máquina.

2.5.3 Disponibilidade de um equipamento

Disponibilidade de um equipamento é a relação entre o tempo que equipamento esteve disponível para produzir em relação ao tempo total programado para produzir (Pinto e Xavier, 2001).

Sendo:

$$\text{Disponibilidade} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

3. DESENVOLVIMENTO

Este trabalho tem como principal objetivo estudar a possibilidade de melhoria dos índices de manutenção através da automação em um equipamento gargalo em uma linha de produção, melhorando seus índices de tempo médio entre falhas e tempo médio para reparos além de atender a demanda atual. Além da elaboração do projeto elétrico e do *software* com sua lista de componentes necessários para a execução deste projeto.

3.1 VIABILIDADE ECONÔMICA

A avaliação econômica está baseada diretamente na perda de produção gerada toda a vez que por problemas no sistema se tem redução da capacidade do equipamento, os quais serão listados a seguir.

3.1.1 Perdas por parada de um cabeçote

O sistema é composto por dois cabeçotes, quando por algum motivo ocorre a quebra de um cabeçote, o mesmo deverá ser isolado, nesse processo, acaba gerando uma perda média de 01 hora e 20 minutos para manobras de processo ou manutenção, 06 produtos são perdidos por hora de trabalho com apenas 1 cabeçote devido ao mesmo não vencer atender as dez máscaras disponíveis para trabalho e 11 produtos por limitações físicas, pois o cabeçote defeituoso fica em repouso ocupando uma máscara, além de 15 minutos para restabelecimento da condição normal. Esses dados foram obtidos diretamente na empresa após o início do estudo.

Com as informações acima se pode afirmar que durante a parada de um dos cabeçotes perde-se 188 produtos nas primeiras 2 horas e mais 17 a cada hora de parada, essa perda ocorre devido a não produção durante 80 minutos para ajustes no sistema, considerando que o equipamento tem produção média de 135 produtos por hora em 80 minutos corresponde a 180 produtos, além de trabalhar 40 minutos perdendo 05 produtos devida a limitação mecânica e 03 por não vencer atender todas as máscaras totalizando a perda de 188 produtos nas duas primeiras horas.

Este estudo busca eliminar as perdas de produção quando se fizer necessário operar apenas com um dos cabeçotes de injeção, facilitando a exclusão do cabeçote sem a necessidade de manobras mecânicas e com a simples habilitação do cabeçote em

condição para a totalidade das máscaras, sendo necessário apenas o envio de um sinal digital que se dará através do painel de comando do operador, porém a perda de 11 produtos por hora devido à limitação mecânica não será contemplada neste projeto.

A figura 17 a seguir ilustra as perdas decorrentes de falhas em um dos cabeçotes em função do tempo.

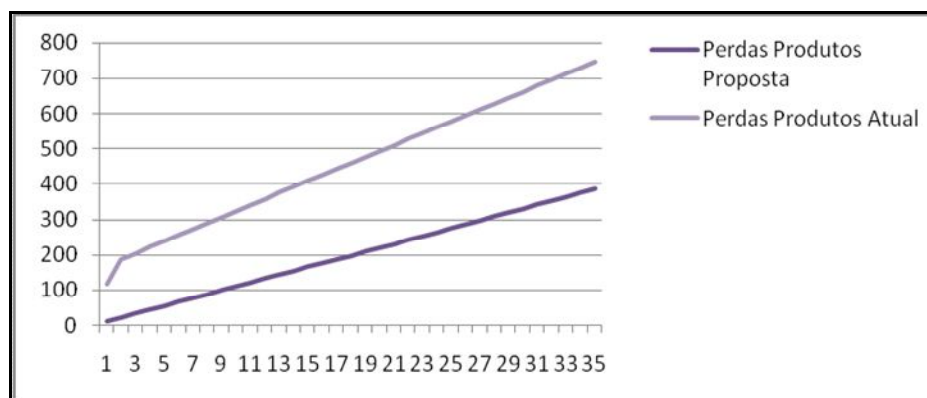


Figura 17: Gráfico de perdas por manutenção em função do tempo.

Fonte: O autor (2016).

A figura acima representa uma perda de 364 produtos em uma quebra de 35 horas de um cabeçote, situação que ocorreu no ano de 2015 em uma das linhas de produção da planta e que na condição atual a perda superou a casa dos 750 produtos.

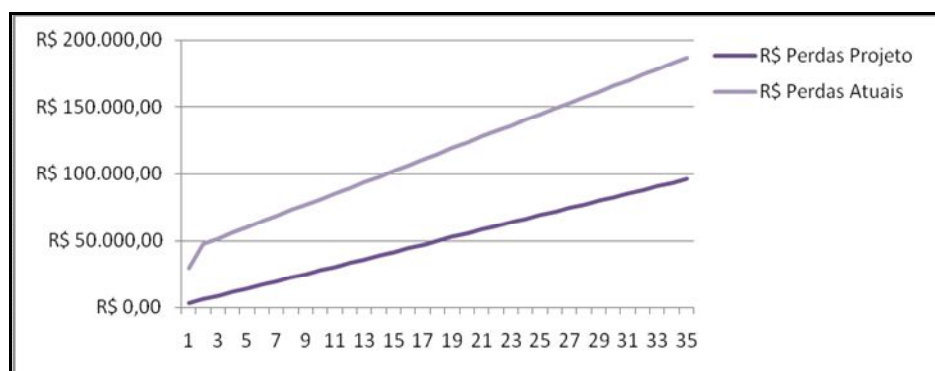


Figura 18: Gráfico de perdas monetárias em função do tempo.

Fonte: O autor (2016).

O gráfico da figura 18 representa em reais a perda que poderá ser evitada em uma situação como a citada anteriormente onde as perdas superam a casa dos R\$ 91.000,00 tendo como base um lucro líquido de R\$ 225,00 por produto.

3.2 VIABILIDADE TÉCNICA

Frente à avaliação da proposta de alteração, se pode afirmar que se trata de um trabalho extremamente técnico que requer mão de obra especializada e que pode ser executado internamente, pois a empresa em questão possui um corpo técnico a altura das exigências do projeto. Este projeto não foi cotado com terceiros, pois os custos de mão de obra tornariam a implementação menos atrativa e não ofereceria nenhuma melhora na qualidade do trabalho final.

Para a consolidação do estudo necessitou-se compra de componentes, cujo o custo foi assumido pela empresa.

3.2.1 Orçamento de materiais

Conforme a norma da empresa foram feitos três orçamentos com fornecedores distintos e com a mesma marca e qualidade dos componentes necessários para a execução do projeto. No entanto, o menor orçamento ficou em R\$ 74.171,35 lembrando que para este projeto a maior parte dos componentes são duplicados por se tratar de dois cabeçotes, com exceção do drive de potência e o comando que permite fazer uso de um único módulo duplo capaz de controlar simultaneamente dois motores, pode ser observado na figura 19.

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	C. FISCAL	ICMS	QTDE	UNID	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL	ICMS ST
1	042.5411.01	1FK7063-5AF71-1DB0 SERVOMOTOR CA 11/3000 ENCI FRE	85015290	4	2	PC	9.965,41	19.930,82	0
2	042.4687.01	6SL3120-2TE21-0AA3/4 DOUBLE MOTOR MODULE 9 A	85049040	4	2	PC	9.655,51	19.311,02	1.544,88
3	042.6492.01	6SL3130-7TE21-6AA3/4 FONTE ACTIVE LINE 16KW	85044021	4	1	PC	12.195,62	12.195,62	975,65
4	008.0301.01	6SL3040-1MA01-0AA0 SINAMICS CU320-2 PN SICF-CARD (SUBSTITUTO PARA 6SL3040-0MA00-0AA1)	85049040	4	1	PC	4.629,18	4.629,18	370,33
5	042.2672.01	6SL3000-0HE21-0AA0 FILTRO P/ MODULO SAMRT E:380/480 S:10KW	85383000	4	1	PC	1.473,37	1.473,37	206,27
6	042.0746.01	6SL3000-0CE21-0AA0 REATOR 10KW SINAMICS	85045000	4	1	PC	1.330,09	1.330,09	106,41
7	008.9000.01	6SL3055-0AA00-4BA0 PAINEL DE OPERACAO BASICO BOP20	85049040	4	1	PC	295,80	295,80	23,66
8	042.4784.01	6FX8 002-5DS01-1FA0 CABO ALIMENTACAO 50 MT	85444200	4	3	PC	4.067,41	12.202,23	976,18
9	042.2846.01	6FX8 002-2DC10-1FA0 CABO SINAL 50M	85444200	4	3	PC	1.941,53	5.824,59	465,97

Figura 19: Componentes com maior custo de aquisição

Fonte: O autor (2016).

Alguns materiais necessários se destacam devido ao valor elevado para a aquisição, dentre eles podemos citar: Dois servomotores, módulo de potência e controle duplo, CPU e a fonte deste conjunto, filtro e reator para o módulo, além dos cabos de potência e comando que por se tratar de aproximadamente 50 metros acabam se tornando de alto custo.

A adequação mecânica e as engrenagens necessárias para o correto funcionamento do sistema foi orçada por uma empresa do ramo em R\$ 9.267,00. O investimento total em materiais e componentes está orçado em R\$ 83.438,35.

3.2.2 Custo previsto de mão de obra

Para se ter uma estimativa de valor do investimento em mão de obra e por se tratar da utilização de mão de obra interna será utilizado uma média salarial de 5.000,00 por pessoa ao mês, onde o mês corresponde a 220 horas trabalhadas e cada hora homem custa em média R\$ 22,73.

A implantação desse projeto só é possível apenas durante uma parada de fábrica, pois se estima a necessidade de 15 dias de trabalho com quatro profissionais, destes dois técnicos eletrônicos, um técnico eletrotécnico e um técnico mecânico.

Durante 15 dias de trabalho está previsto 30 horas extras 50% e 24 horas extras 100% por funcionário, levando a uma soma de 18.455,56 isso desconsiderando os impostos e o DSR, onde 15 dias trabalhados por cada funcionário custará cerca de 2.500,00 totalizando 10.000,00 e 30 horas extras 50% custa 1.022,85 por colaborador totalizando assim R\$ 4.091,40 e por fim 24 horas extras 100% custando R\$ 1.091,04 por pessoa totalizando R\$ 4.364,16.

3.2.3 Custo total

O custo estimado total se dá através da soma dos demais custos citados anteriormente como: Custo de material e componentes elétrico, adequação mecânica e mão de obra, todos juntos somam aproximadamente R\$ 101.893,91 recurso esse necessário para a execução do projeto com os valores atuais.

3.3 PROJETO ELÉTRICO

3.3.1 Alimentação geral do painel

A alimentação geral vem de um painel de distribuição com o código 2EC-Q04, código utilizado para localização física dos equipamentos. A tensão utilizada para alimentação do painel que recebe os *drives* é de 380 Volts e contará com duas formas de desligamento de energia.

A nomenclatura 113F1 se trata de uma chave seccionadora que possibilitará o desligamento total do painel de controle dos servos, sem a necessidade de abertura do painel por se tratar de uma chave externa.

Na figura 20 se pode observar também a presença de uma chave seccionadora a fusíveis que recebe a incumbência de interromper o circuito em caso de curto-circuito, esta recebe a nomenclatura de 113F2.

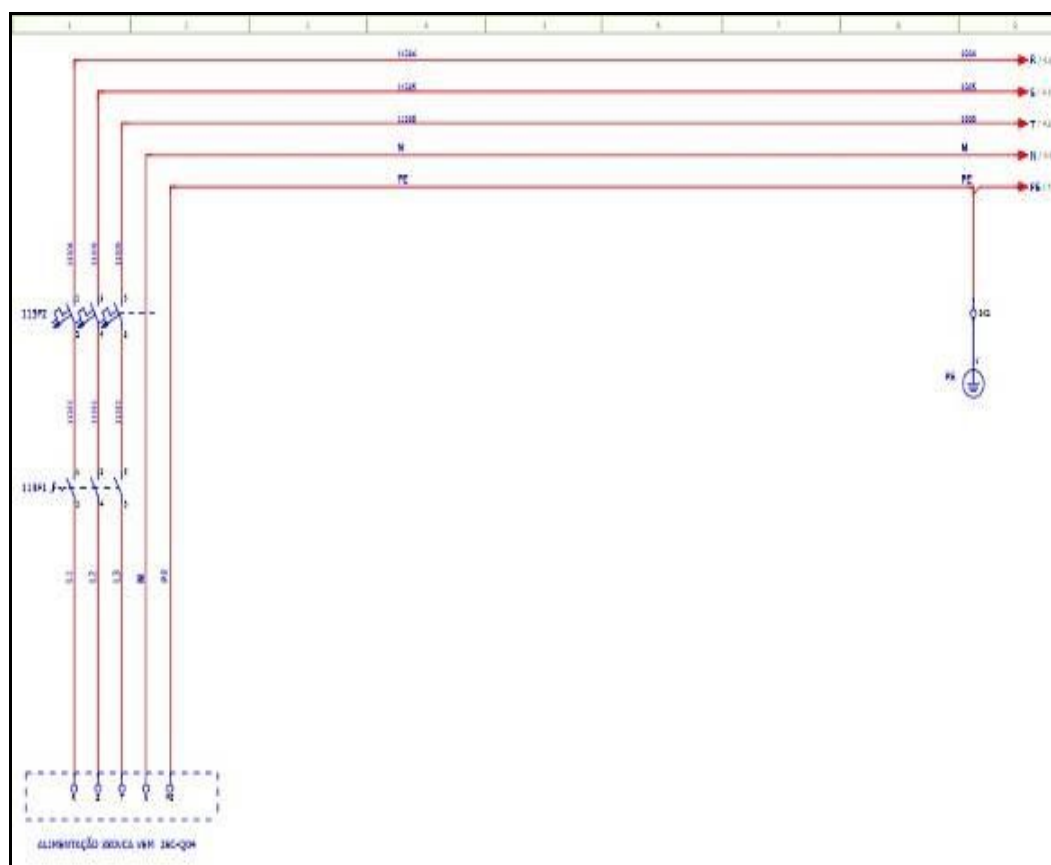


Figura 20: Alimentação geral

Fonte: O autor (2016).

3.3.2 Alimentação para monitoramento

Por se tratar de uma CPU tecnológica onde sua configuração e monitoramento deve ser efetuada através de um computador portátil o painel contará com uma tomada interna para a alimentação de dispositivos necessários durante o período de manutenção, como pode ser visto na figura 21.

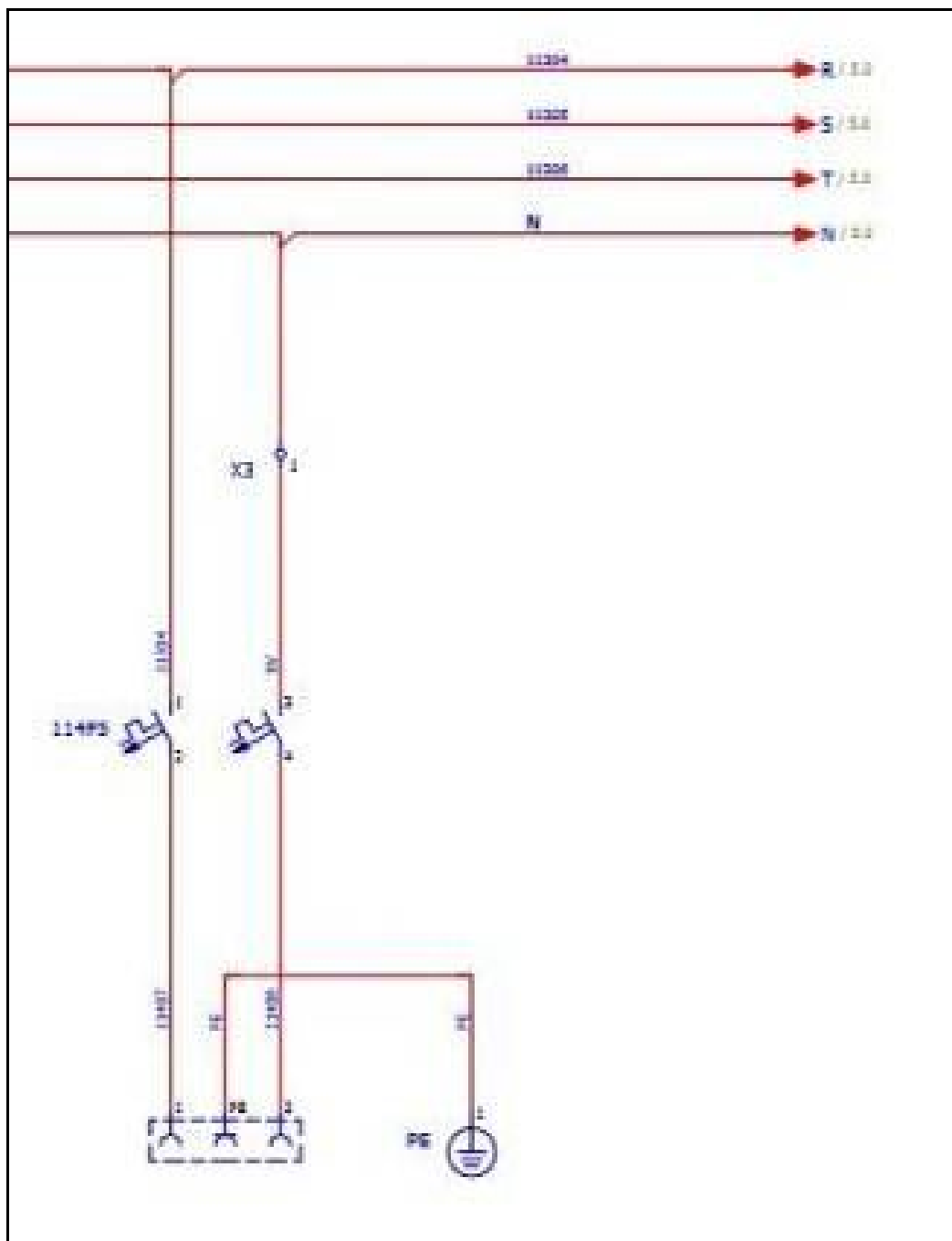


Figura 21: Alimentação de monitoramento

Fonte: O autor (2016).

3.3.3 Alimentação e distribuição da tensão de comando

A retificação da tensão será feita por uma fonte Sitop que recebe alimentação de 380 Volts e libera 24 Volts em corrente contínua em sua saída. A proteção do circuito 24 Volts será através de um componente chamado de fusível eletrônico que divide em quatro circuitos com corrente limitada a sobrecarga e curto-circuito, conforme apresentado na figura 22.

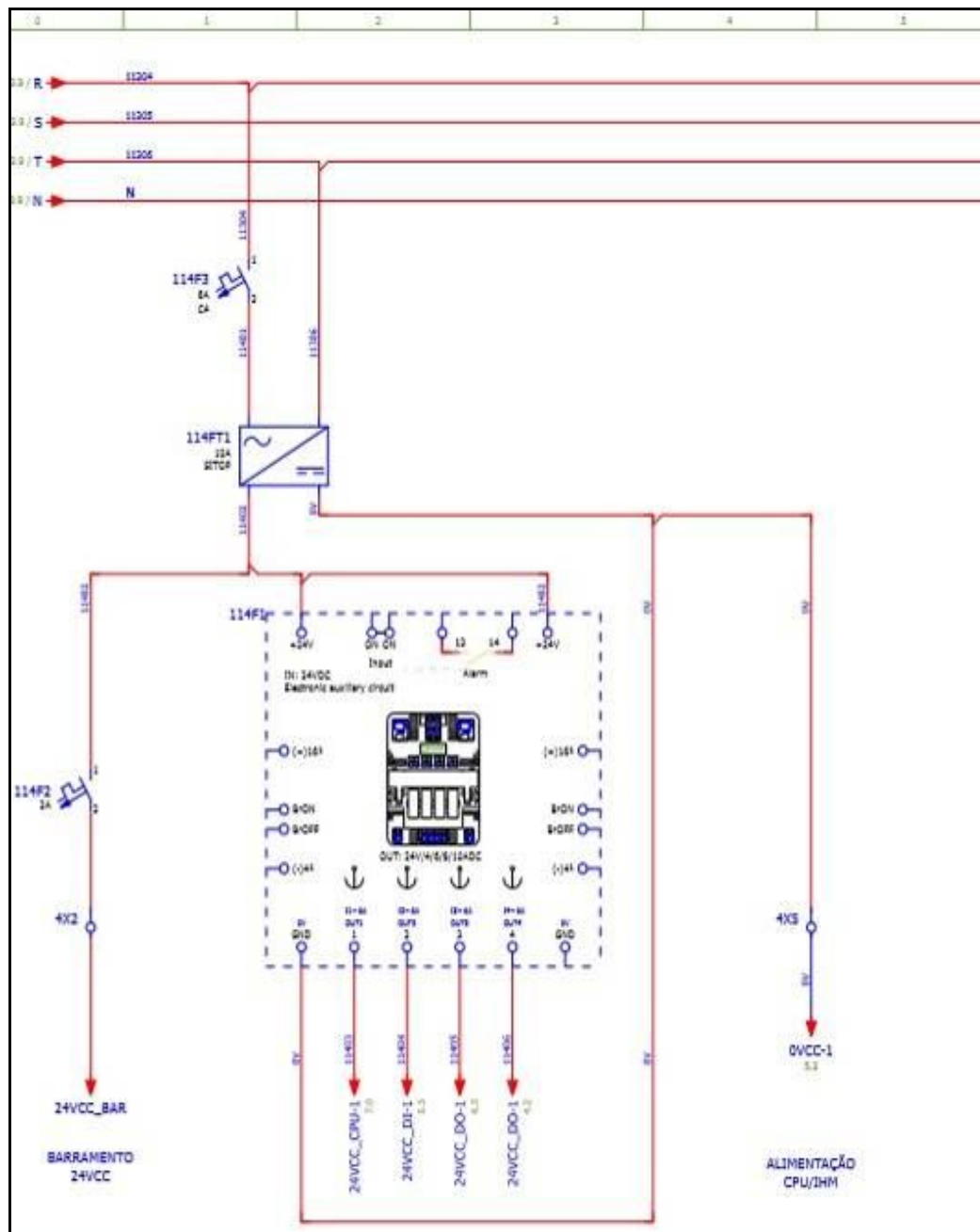


Figura 22: Alimentação de comando

Fonte: O autor (2016).

3.3.4 Módulo de alimentação do drive

O sistema de comando do servomotor proposto necessita de um conjunto formado por três componentes, um módulo que funciona como uma fonte garantindo a potência fornecida aos motores e também o fornecimento de 24 Volts utilizado no comando, o módulo de controle de motores que pode ser simples para controle de apenas um motor ou duplo como o que deve ser utilizado neste projeto e por fim um módulo de controle ou CPU que desempenha a função de um CLP fazendo o tratamento dos dados de campo.

O módulo de potência chamado tecnicamente de *active line module* recebe alimentação de 380 Volts protegido por fusíveis e contactor de segurança, também utiliza um filtro de linha e um indutor na entrada para garantir que a tensão esteja perfeita para o acionamento, estes e outros detalhes são vistos na figura 23.

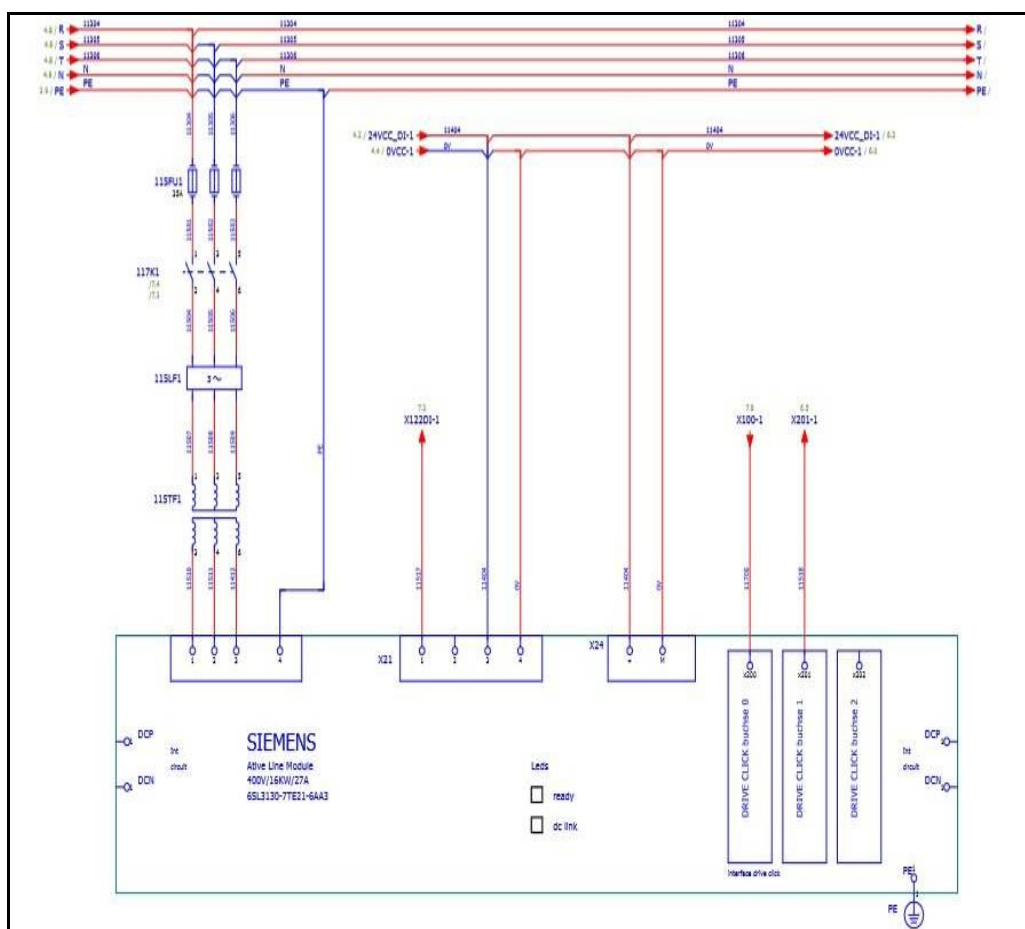


Figura 23: Módulo de potência

Fonte: O autor (2016).

3.3.5 Módulo de alimentação dos motores

Esse módulo é o responsável pelo chaveamento de energia para os motores, recebendo energia do módulo de potência através de um barramento interno e os comandos enviados pela CPU, como é representado na figura 24.

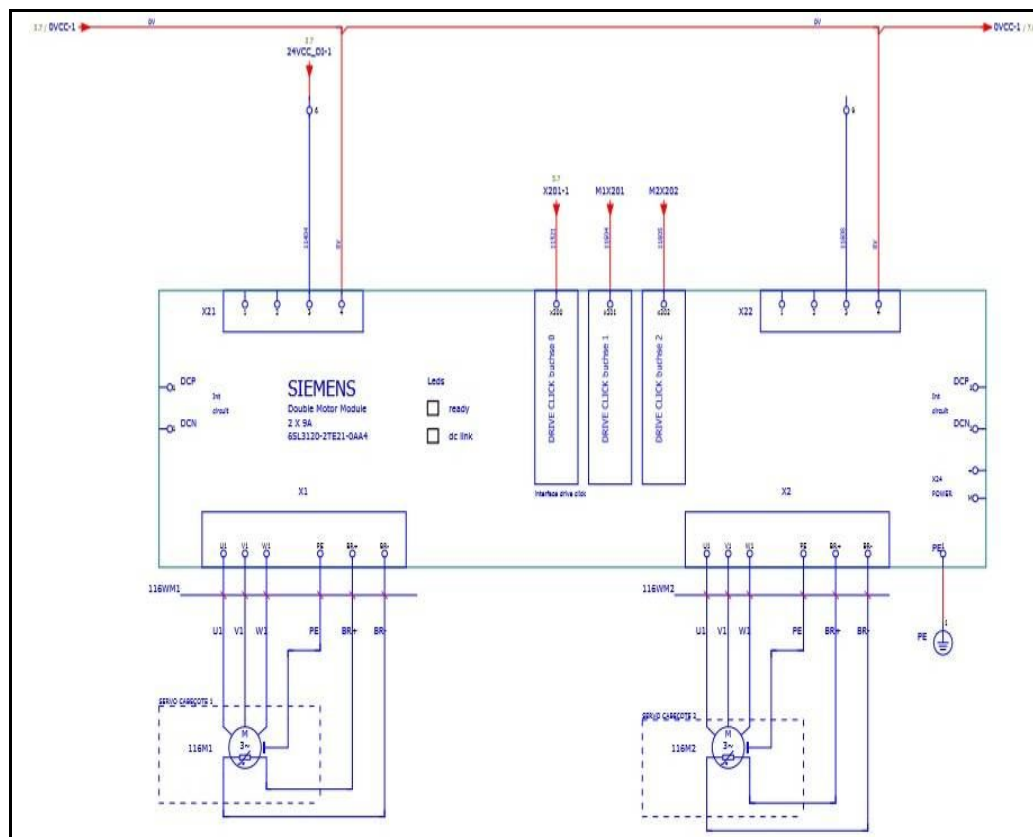


Figura 24: Módulo de Acionamento dos Motores

Fonte: O autor (2016).

3.3.6 Módulo de controle

O módulo de controle é responsável por determinar através de um programa todos os comandos de controle como: Rampas de aceleração e desaceleração, torque inicial e final e todas as posições de parada, porém esse módulo também fornece a função de uma CLP com entradas e saídas e possibilidade de criação de lógica interna que comumente é utilizada na criação de um confiável sistema de segurança, como pode ser visto na figura 25.

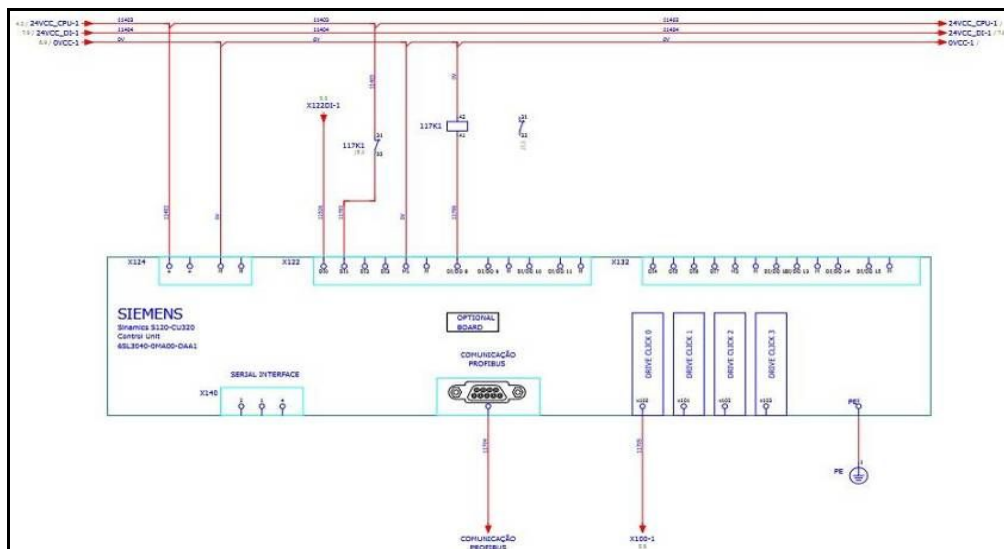


Figura 25: Módulo de Controle

Fonte: O autor (2016).

3.3.7 Sistema de segurança

O sistema de segurança possui a redundância de dois contatores para cada cabeçote caso haja a falha em um dos contatos, estes contatores tem a função de seccionar o 24 Volts responsável pelo comando do cabeçote, ou seja, sem essa habilitação não é possível a execução de nenhum movimento dos motores. Este sistema é apresentado na figura 26.

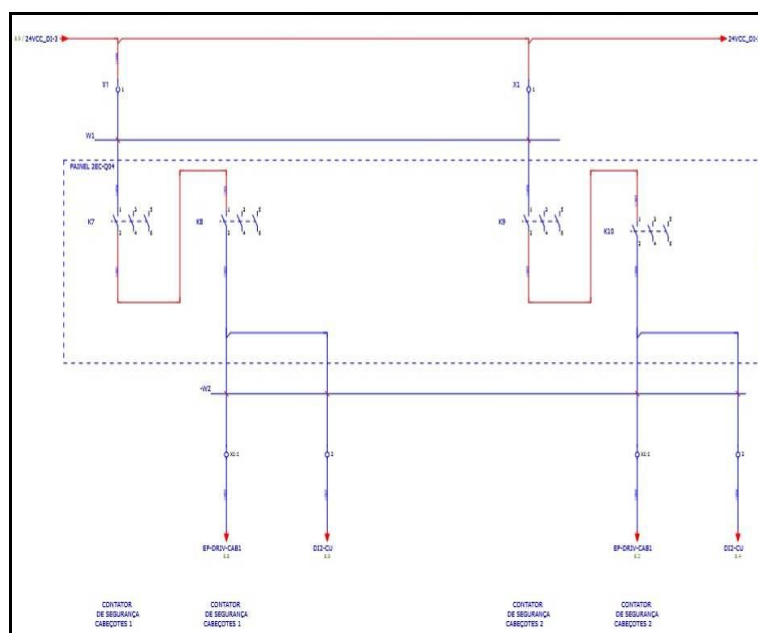


Figura 26: Contatores de segurança

Fonte: O autor (2016).

convenção que se julgue necessária para o melhor funcionamento do conjunto. Esta configuração pode ser visualizada na figura 28.

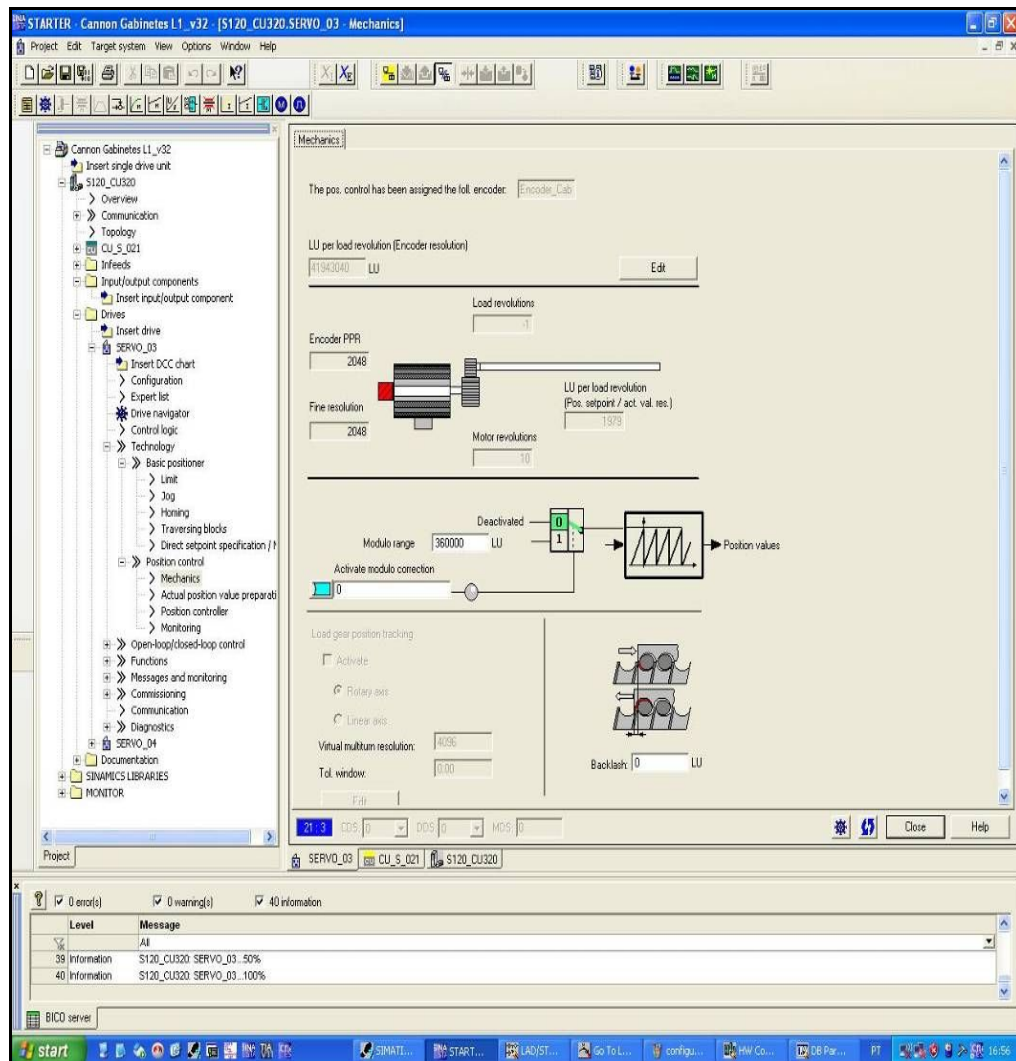


Figura 28: Configuração de espaço a ser percorrido por volta do eixo

Fonte: O autor (2016).

3.4.3 Topologia da rede

A topologia deve ser criada de forma a obedecer aos níveis de hierarquia do sistema, pois caso isso não ocorra o programa não irá rodar indicando falha de topologia, alertando que o programa não está idêntico aos componentes que estão dispostos em campo, sendo obrigatória a revisão do mesmo, porém estes dispositivos dispõem de uma tecnologia chamada de *drive click* que permite ao usuário montar completamente o seu *hardware* e mandar para que o *drive* busque a topologia existente

na rede, evitando assim alguns transtornos e com maior agilidade como se pode ver na figura 29.

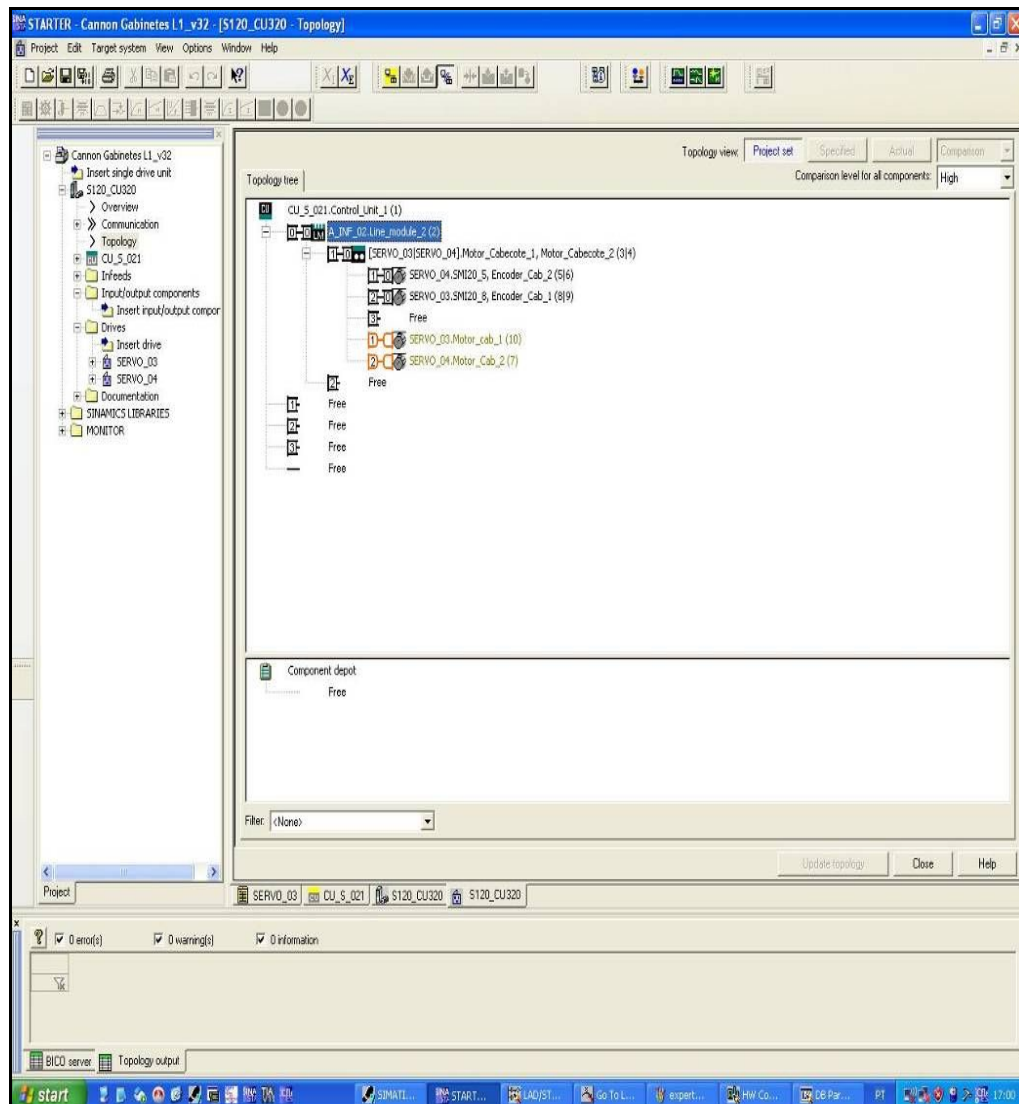


Figura 29: Topologia da rede

Fonte: O autor (2016).

3.4.4 Lista de parâmetros

Os parâmetros podem ser vistos e alterados utilizando o formato de pastas e subpasta onde estão separados por categorias facilitando dessa maneira para o usuário que não esteja familiarizado com o *software*. No entanto também é possível monitorar *on-line* ou até mesmo efetuar alterações em parâmetros no formato de lista que em muitos casos facilita a visualização por permitir a visualização de vários parâmetros simultaneamente, como se pode observar na figura 30.

The screenshot displays the 'Expert list' for a servo drive configuration. The table below represents the data shown in the interface:

Param...	Data	Parameter text	Offline value	SERVO_03	Unit	Modifiable to	Access level	Minimum	Maximum
155	p081	Line contactor monitoring time	100		ms	Ready to run	2	0	5000
156	p082	Power unit ON delay	0		ms	Ready to run	3	0	65000
157	p084	BI Infeed operation		A_INF_02: r083.0		Ready to run	2		
158	p090[0]	BI Active/hold-activate power unit comp...		1		Ready to run	1		
159	p097	BI Parking axis selection		SERVO_03: r2083.7		Ready to run	2		
160	p092	PROFIBUS telegram selection		[399] Free telegram comf...		Ready to run	1		
161	p025	PROFIBUS clock synchronous sign-off-ti...		1		Operation	3	0	65535
162	p1000[0]	Macro Connector inputs (CI) for speed se...		0		Ready to run	1	0	999999
163	p1002[0]	Maximum speed	8400.000		RPM	Ready to run	1	0	210000
164	p1003[0]	CO Speed limit p.u. (positive direction of ro...	210000.000		RPM	Operation	2	0	210000
165	p1000[0]	CO Speed limit (Maximum speed) of rotation	-210000.000		RPM	Operation	2	-210000	0
166	p1121[0]	Ramp-function generator ramp-down time	10.0000		s	Operation	1	0	999999
167	p1135[0]	OFF3 ramp-down time	1.000		s	Operation	2	0	600
168	p1140[0]	CI Enables the ramp-function generator		1		Ready to run	3		
169	p1141[0]	CI Start ramp-function generator		1		Ready to run	3		
170	p1142[0]	CI Enable speed setpoint		0		Ready to run	3		
171	p1155[0]	CI Speed controller speed setpoint 1		0		Ready to run	3		
172	p1160[0]	CI Speed controller speed setpoint 2		SERVO_03: r2062		Ready to run	3		
173	p1163[0]	Speed setpoint configuration		3H		Operation	2		
174	p1130	CI DSC position deviation XERR		0		Ready to run	3		
175	p1191	CI DSC position controller gain KPC		0		Ready to run	3		
176	p1192[0]	DSC enc selection		[1] Encoder 1 (motor enc...		Operation	3		
177	p1193[0]	DSC encoder adaptation factor		1.000		Operation	3	0	1E+006
178	p1208[0]	BI AR modification infeed, infeed fault		0		Operation	3		
179	p1210	Automatic restart, mode		[0] Disables automatic re...		Operation	2		
180	p1211	Automatic restart, start attempts		3		Operation	3	0	10
181	p1212	Automatic restart, delay time start attempts		1.0	s	Operation	3	0.1	600
182	p1213	Automatic restart, monitoring time line sup...		0.0	s	Operation	3	0	1999
183	p1215	Motor holding brake configuration		[1] Motor holding brake s...		Operation	2		
184	p1216	Motor holding brake, opening time		100	ms	Operation	2	0	10000
185	p1217	Motor holding brake, closing time		50	ms	Operation	2	0	10000
186	p1226	Threshold for zero speed detection		20.0	RPM	Operation	2	0	210000
187	p1227	Zero speed detection monitoring time		4.000	s	Operation	2	0	300
188	p1238	Pulse cancellation delay time		0.000	s	Operation	2	0	10
189	p1230[0]	CI Armature short-circuit / DC brake activ...		0		Ready to run	1		
190	p1231[0]	M Armature short-circuit / DC brake configu...		[0] No function		Operation	1		
191	p1236[0]	CI External armature short-circuit, contac...		0		Ready to run	1		

Figura 30: Lista de parâmetros

Fonte: O autor (2016).

3.4.5 Monitoramento de variáveis

Monitorar as variáveis de entrada e saída é sem dúvida uma ferramenta importante tanto durante a instalação quanto para a manutenção após o início das operações. O software Starter permite de forma visual simples enxergar as variáveis e seus níveis, como se pode observar na figura 31 onde os círculos preenchidos em verde representam nível lógico alto.

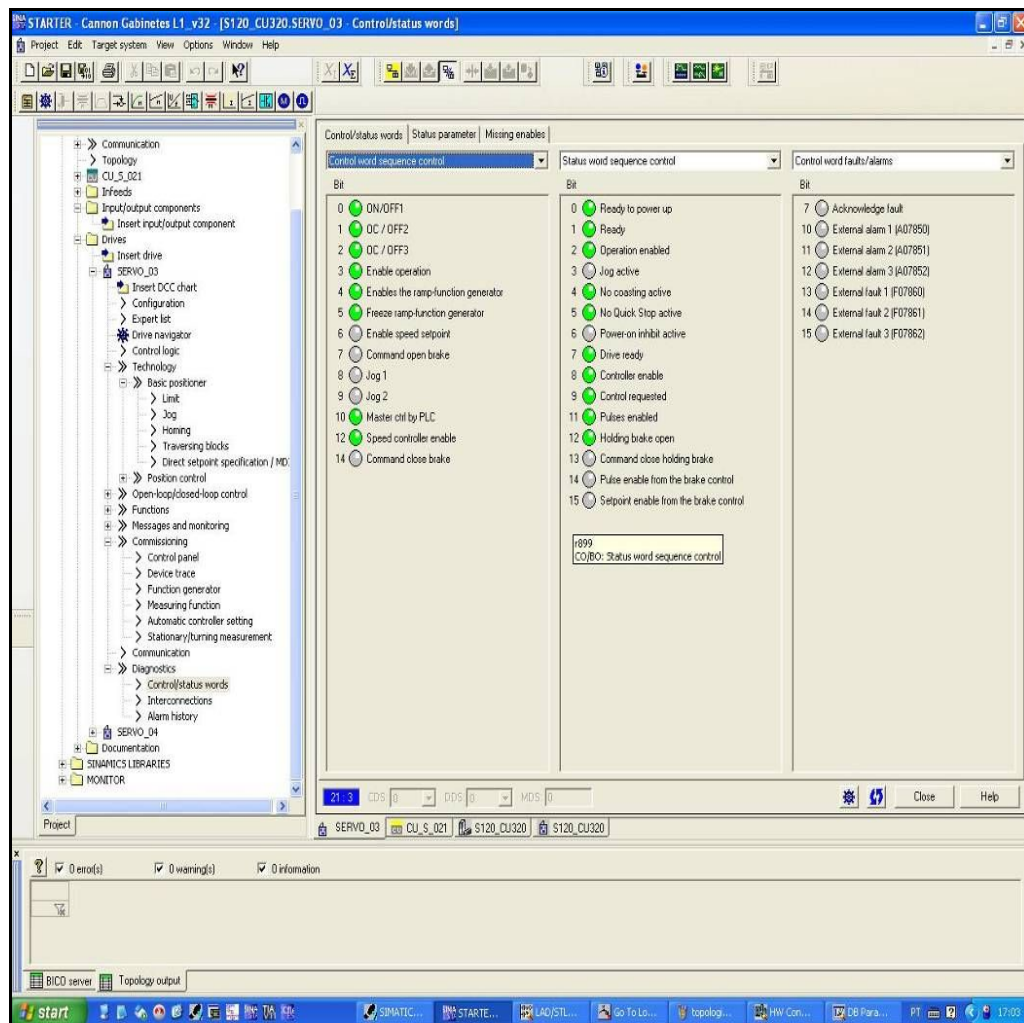


Figura 31: Monitoramento de variáveis

Fonte: O autor (2016).

3.4.6 Comunicação entre o servo e o CLP

A comunicação entre o *drive* e o CLP ocorre através de uma *word* que significa a troca de vários dados em um único pacote enviado e que devem ser distribuídos em seu local de destino de maneira correta para o perfeito funcionamento do sistema como um todo.

A configuração dos *bytes* a serem utilizados deve ser feita pelo programador de maneira a reservar uma área de memória interna da CPU do CLP para o envio e recebimento desses dados como pode ser melhor compreendido na figura 32.

3.4.7 Configuração de rede para Transmissão de dados

A troca de dados pode ocorrer por diversos meios de comunicação como por exemplo: Via cabo Profinet ou Profibus ou até mesmo via rádio utilizando a tecnologia *wireless*. Neste projeto está sendo indicado a utilização de cabo Profibus para a troca de dados entre o CLP e o *drive*, como visto na figura 34.

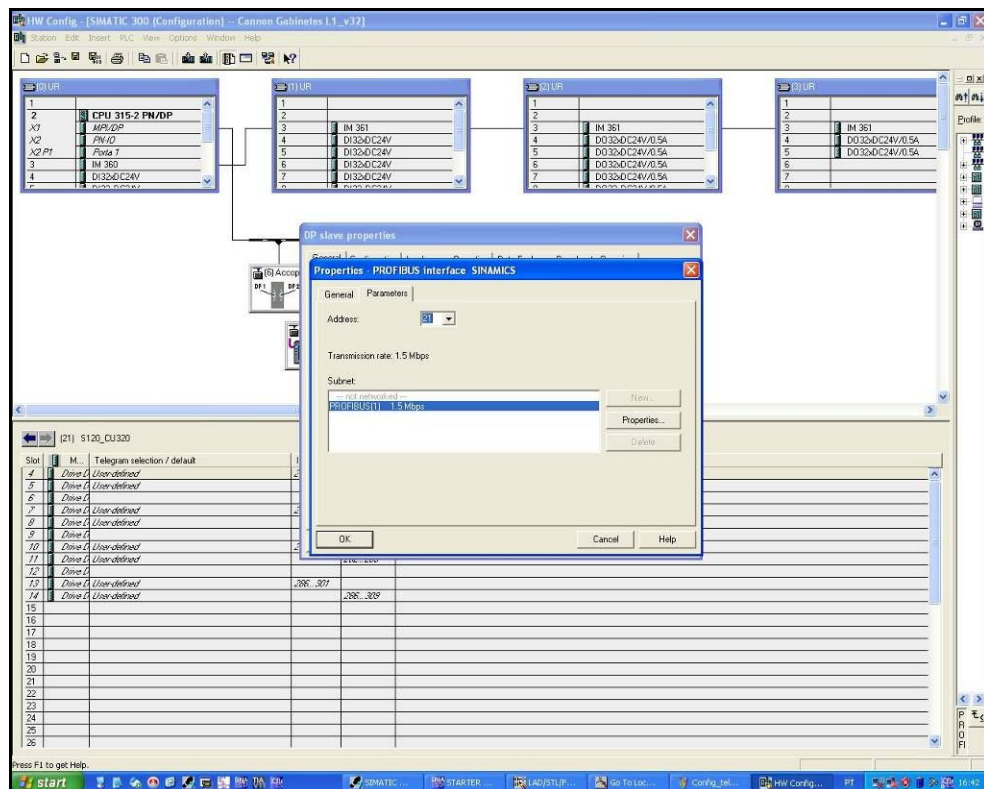


Figura 34: Configuração da tecnologia utilizada para comunicação

Fonte: O autor (2016).

3.4.8 Lógica do CLP

Quando se trata de lógica de programação com CLP é possível fazer analogia com uma obra de arte onde cada artista tem o seu estilo próprio, suas tendências e suas marcas, pois é possível atingir o mesmo objetivo de diversas maneiras diferentes, no entanto para este projeto se optou pela utilização de um bloco já pronto ou parcialmente pronto onde todas as lógicas necessárias já estão contidas internamente no bloco, sendo necessário apenas conectar corretamente as entradas e saídas do bloco em questão.

Durante a designação dos *bytes* se utiliza costumeiramente o formato decimal, porém o bloco não lê nesse formato sendo obrigatória a conversão para binário ou hexadecimal como ilustrado na figura 35.

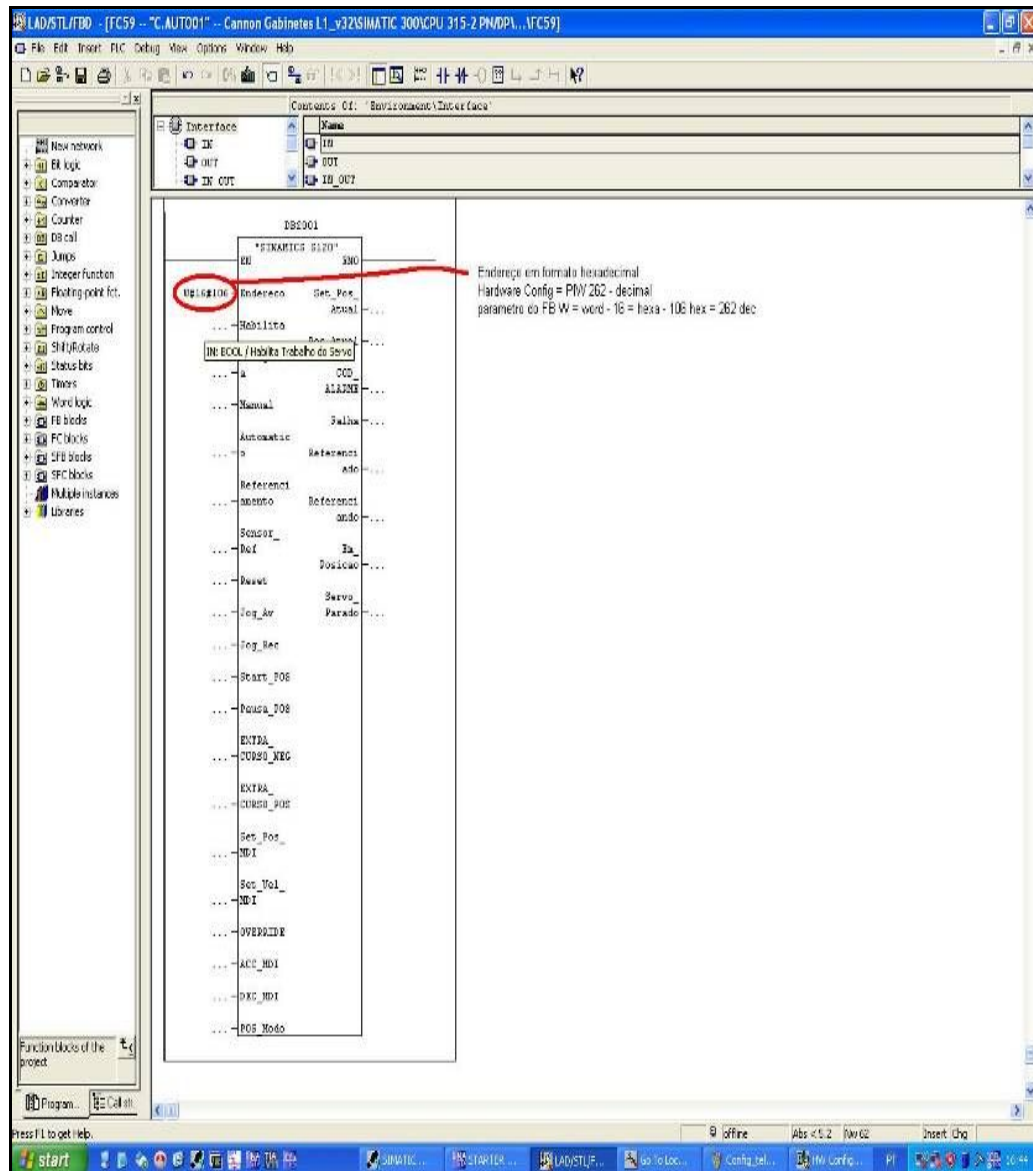


Figura 35: Lógica de programação do CLP

Fonte: O autor (2016).

4. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices de manutenção desta máquina em específico deverão ser melhorados, pois se eliminar os motores e freios com altas taxas de falha por motores de alta confiabilidade, também serão eliminados dez sensores de fim de curso e seus respectivos cabos de alimentação e sinal que servem para o posicionamento do motor simples em frente às máscaras deixando de serem possíveis causadores de falhas, além de poder trabalhar com apenas um dos cabeçotes sem que ocorram perdas de produtividade e a quebra de apenas um dos cabeçotes deixará de ser uma corretiva emergencial passando a ter suas intervenções programadas e tempo suficiente para a execução das preventivas. Desta maneira pode atingir o objetivo geral de aumentar o tempo médio entre falhas e diminuir o tempo médio para reparos.

Os objetivos específicos são atingidos, pois elaborou-se os projetos propostos como o elétrico e de lógica, além de uma lista completa de componentes e seu orçamento comprovando a viabilidade do projeto proposto e que possivelmente trará o retorno do investimento nos primeiros meses.

Os custos para a implantação deste projeto situam-se em torno de R\$ 101.893,91 que permite a analogia com os tempos de parada, onde 43 horas de parada por problemas relacionados à manutenção de um dos cabeçotes contemplaria o montante necessário para a execução do trabalho ou com apenas quatro quebras aleatórias este projeto se justificaria, levando em consideração que têm ocorrido em torno de três paradas por mês em apenas 60 dias o investimento pode ser recompensado.

4.1 TRABALHOS FUTUROS

Nesta sessão serão citadas algumas sugestões para futuros trabalhos seguindo esta linha de raciocínio no equipamento em questão:

Primeiramente a implementação deste projeto, com todas as dificuldades e possíveis problemas não contemplados por este trabalho.

Pode se eliminar os cabos de sinal como: Botões de acionamento, chaves seletoras, válvulas e lâmpadas instalando remotas de CLP nos cabeçotes e comunicando através de PROFIBUS ou ETHERNET;

Há a possibilidade de se colocar um servo-motor também no movimento de abaixamento do cabeçote e com isso ganhar em confiabilidade e agilidade no processo;

Existe também a possibilidade de instalação de um programa supervisorio para o monitoramento e coleta de dados em tempo real.

REFERÊNCIAS

ALVES, José Luiz Loureiro; **Instrumentação, Controle e Automação de Processos**. Rio de Janeiro: Ed. Ltc, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR5462: confiabilidade e manutenibilidade: terminologia. Rio de Janeiro, 1994

CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial: controle de movimento e processos contínuos**. São Paulo: Ed. Érica, 2007.

CARVALHO, Geraldo. **Máquinas elétricas**. São Paulo: Érica, 2007.

FILHO, Guilherme Filippo. **Motor de indução**. São Paulo: Ed. Érica, 2002.

FRANCHI, Claiton Moro e CAMARGO, Valter Luiz Arlindo de. **Controladores Lógico Programáveis, Sistemas Discretos**. São Paulo: Ed. Editora Érica, 2013. 352p.

GROOVER P. Mikell. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo: Ed. Pearson, 2010.

ITYS-FIDES, Bueno e Toledo, Junior. **Balanceamento de linhas**. São Paulo: Ed. Escola, 1986.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

MORAES, C.C. **Engenharia de Automação Industrial**. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2001.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2001.

RIBEIRO, Alexandre da S. et al. Retrofitting: implementação de controladores de equipamentos, Revista Mecatrônica Atual. São Paulo, 3, Nov 2009. Disponível em: <http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/645> Acesso em 20 de dezembro de 2015.

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

SOUZA, R.B. **Uma Arquitetura para Sistemas Supervisórios Industriais e sua Aplicação em Processos de Elevação Artificial de Petróleo**. 2005. 53 p. Dissertação de Mestrado em Ciências pela Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, Natal - RN, 2005.

SOUZA, L. E. **Arquiteturas de Sistemas de Automação.** Apostila do curso de Automação e Controle Industrial – Uma Visão Gerencial. 2008. Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria – FUPAI, Itajubá - MG, 2008.

STEPHAN, Richard Magdalena. **Acionamento, Comando e Controle de Máquinas Elétricas.** Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna Ltda, 2013.

XENOS, Harilaus Georgius d'Philippus. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** Nova Lima: INDG Tecnologia e serviços Ltda, 2004.

ANEXO 01

Lista e Orçamento de Componentes

Seq	Código	Descrição da Mercadoria	Unid	Qtde	Unit	Total	ICMS	Entrega	OC	Cl. Fiscal	Leg
1	136250	SERVOMOTOR CA 11/3000 ENCI FRE 1FK7063-5AF71-1DB0 SIEMENS **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	2,00	7.449,60	14.899,20	18,00	31 D.U.		85015290	NOF
2	122092	INVERSOR S120 510-720VDC 2X4 6KW 2X9A 6SL3120-2TE21-0AA4 SIEMENS **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	2,00	8.518,75	17.037,50	0,00	41 D.U.		85049040	NOF
3	145402	INVERSOR RET S120 ALM 380-480VAC 16KW 27A 6SL3130-7TE21-6AA4 SIEMENS **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	1,00	10.152,50	10.152,50	0,00	31 D.U.		85044021	NOF
4	044355	UNIDADE DE CONTROLE S120 CU320 DP 6SL30400MA000AA1 SIEMENS (SERVICE) **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	1,00	5.454,40	5.454,40	0,00	10 D.U.		85049040	NOF
5	134907	FILTRO P/MODULO SMART E-380/480 S:10 KW 6SL3000-0HE21-0A00 SIEMENS **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	1,00	1.075,00	1.075,00	0,00	31 D.U.		85363000	NOF
6	110594	REATOR 10KW SINAMICS 6SL3000-0CE21-0A00 SIEMENS **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	1,00	1.002,80	1.002,80	0,00	31 D.U.		85045000	NOF
7	067229	PAINEL OPERAÇÃO BÁSICO S110/S120 BOP20 6SL30550AA004B40 SIEMENS **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	1,00	243,21	243,21	0,00	17 D.U.		85049040	NOF
8	136253	CABO POTENCIA 50M C/ CONECTORES 6FX8002-5DS01-1FA0 SIEMENS **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	3,00	3.034,80	9.104,40	0,00	31 D.U.		85444200	NOF
9	136258	CABO SINAL 50M C/ CONECTOR 6FX8002-2DC10-1FA0 SIEMENS **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	3,00	1.460,60	4.381,80	0,00	28 D.U.		85444200	NOF
10	007549	CONTATOR 32A 24VCC S2 3RT10341BB40 SIEMENS	PC	2,00	526,00	1.052,00	0,00	IMEDIAT		85364900	NOF
11	007969	CONTATO AUXILIAR 2NA+2NF S0...S12 3RH19 21-1FA22 SIEMENS	PC	2,00	35,80	71,60	0,00	IMEDIAT		85389090	NOF
12	008992	FONTE 10A 1x2x 85. 132/176. 264VCA S-24VCC MONO/BIF 6EP13343BA00	PC	1,00	1.134,00	1.134,00	0,00	IMEDIAT		85044090	NOF
13	007726	RELE SEGURANCA 24VCC 2NA 2NF 3TK28251BB40 SIEMENS	PC	2,00	676,20	1.352,40	0,00	10 D.U.		85364100	NOF
14	009304	CONECTOR PROFIBUS RS485 12MBITS 180° 6GK1500-0EA02 MET SIEMENS **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	2,00	367,20	734,40	0,00	10 D.U.		85369010	NOF
15	009302	CONECTOR PROFIBUS RS485 12MBITS 90° C/CONECTOR P/PG 6ES79720BB120XA0	PC	2,00	339,50	679,00	0,00	IMEDIAT		85369090	NOF
16	008792	CHAVE SECCIONADORA FUSIVEL 100A 3NP40 10-0CH01 SIEMENS	PC	1,00	110,00	110,00	0,00	IMEDIAT		85365090	NOF
17	611695	FUSIVEL SITOR GR T00 100A 3NE1 021-3NE10212 **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	3,00	264,00	792,00	0,00	10 D.U.		85361000	NOF
18	008293	FUSIVEL SITOR T000 25A 3NE1 815-0 SIEMENS	PC	3,00	225,00	675,00	0,00	IMEDIAT		85361000	NOF
19	609142	DISJUNTOR 3RV16 11-0BD10 0,2A -FUS. **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	1,00	123,00	123,00	0,00	10 D.U.		85362000	NOF
20	011240	ELEMENTO LUMINOSO VDE XVB-C2B3 24VCA/CC SCHNEIDER	PC	1,00	268,00	268,00	0,00	IMEDIAT		85319000	NOF
21	011241	ELEMENTO LUMINOSO VMO XVB-C2B4 24VCA/CC SCHNEIDER	PC	1,00	268,00	268,00	0,00	IMEDIAT		85319000	NOF
22	011242	ELEMENTO LUMINOSO LJA XVB-C2B5 24VCA/CC SCHNEIDER **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	1,00	268,00	268,00	0,00	10 D.U.		85319000	NOF

Seq	Código	Descrição da Mercadoria	Unid	Qtde	Unit	Total	ICMS	Entrega	OC	Cl. Fiscal	Leg
23	011231	PEDESTAL + TUBO 80MM XVB-Z02 SCHNEIDER	PC	1,00	79,38	79,38	0,00	IMEDIAT		85319000	NOF
24	011228	BASE PICOLUNA LUMIN C/TAMPA XVB-C21 SCHNEIDER	PC	1,00	55,42	55,42	0,00	IMEDIAT		85319000	NOF
25	010363	BOTAO 22MM PTO 1NA XB4-BA21 SCHNEIDER	PC	1,00	52,00	52,00	0,00	IMEDIAT		85365090	NOF
26	010366	BOTAO 22MM VDE 1NA XB4-BA31 SCHNEIDER **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	1,00	52,00	52,00	0,00	IMEDIAT		85365090	NOF
27	010364	BOTAO 22MM AML 1NA XB4-BA51 SCHNEIDER	PC	1,00	52,00	52,00	0,00	IMEDIAT		85365090	NOF
28	010365	BOTAO 22MM VMO EMERGENCIA XB4-BG6444 SCHNEIDER	PC	1,00	127,12	127,12	0,00	IMEDIAT		85365090	NOF
29	032197	ETIQUETA CIRCULAR DIAMETRO 60 GRAVADA ZBY9430 SCHNEIDER	PC	2,00	11,87	23,74	0,00	28 D.U.		39269090	NOF
30	010415	SINALEIRO 22MM BCO LED 24VCA/CC XB4-BVB1 SCHNEIDER	PC	1,00	58,98	58,98	0,00	IMEDIAT		85318000	NOF
31	010416	SINALEIRO 22MM VDE LED 24VCA/CC XB4-BVB3 SCHNEIDER	PC	1,00	50,13	50,13	0,00	IMEDIAT		85318000	NOF
32	010417	SINALEIRO 22MM VMO LED 24VCA/CC XB4-BVB4 SCHNEIDER	PC	1,00	58,98	58,98	0,00	IMEDIAT		85318000	NOF
33	016247	CANALETA PVC RECORTE ABERTO 50X80 HD-9-P HELLERMANN	MT	8,00	12,89	103,12	0,00	IMEDIAT		39162000	NOF
34	016248	CANALETA PVC RECORTE ABERTO 80X80 HD-10-P HELLERMANN	MT	8,00	12,70	101,60	0,00	IMEDIAT		39162000	NOF
35	001967	CANALETA PVC RECORTE ABERTO 30X30 HD-2-P HELLERMANN	MT	2,00	4,71	9,42	0,00	IMEDIAT		39162000	NOF
36	006541	TRILHO TS35 C/FURO OBLONGO ACO 2MTS C0514500000 CONEXEL	BR	1,00	26,00	26,00	18,00	IMEDIAT		73269090	NOF
37	090897	BLOCO DE DISTRIBUICAO 125A 04888 CEMAR **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	PC	5,00	230,00	1.150,00	0,00	IMEDIAT		85369090	NOF
38	033000	ITEM GENERICO **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**		2,00			0,00	IMEDIAT		85365140	NOF
39	006540	SUPORTE P/TRILHO TS35/32 C/1 PARAF TSTW C0164000000 CONEXEL	PC	3,00	4,98	14,94	18,00	IMEDIAT		73261900	NOF
40	011840	CABO 1MM2 750V FLEX AZL-E ROLO C/100M FICAP	RL	1,00	39,59	39,59	0,00	IMEDIAT		85444900	NOF
41	011901	CABO 2.5MM2 750V FLEX PTO ROLO C/100M FICAP	RL	1,00	81,12	81,12	0,00	IMEDIAT		85444900	NOF
42	011835	CABO 1MM2 750V FLEX BCO ROLO C/100M FICAP	RL	1,00	39,59	39,59	0,00	IMEDIAT		85444900	NOF
43	011853	CABO 1MM2 750V FLEX LJA ROLO C/100M RL	RL	1,00	30,71	30,71	0,00	IMEDIAT		85444900	NOF
44	009307	CABO PROFIBUS DP 6XV1830-0EU10 SIEMENS	MT	100,00	4,40	440,00	0,00	IMEDIAT		85444900	NOF
45	009313	CONECTOR IE 180° RJ45 6GK19011BB102AA0 SIEMENS	PC	4,00	121,20	484,80	0,00	IMEDIAT		85369090	NOF
46	120114	CABO PROFINET FC FLEXIVEL 2X2 10/100MBS 6XV1870-2B SIEMENS **ESPECIAL - VIDE OBS. ABAIXO**	MT	50,00	8,10	405,00	0,00	28 D.U.		85444900	NOF
47	613587	SIMATIC DP MOD ET200S IM151-3 PN PROFINET 63MOD 6ES7151-3AA23-0AB0 SIEMENS	PC	1,00	1.500,05	1.500,05	0,00	10 D.U.		85389010	NOF

ANEXO 02

Projeto Elétrico

