

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

ANDERSON ADRIANO DE OLIVEIRA
GUILHERME MINOZZO

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA LINHA DE RESFRIAMENTO DE UMA
INDÚSTRIA METALÚRGICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2014

ANDERSON ADRIANO DE OLIVEIRA
GUILHERME MINOZZO

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA LINHA DE RESFRIAMENTO DE UMA
INDÚSTRIA METALÚRGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Me. Samir de Oliveira
Ferreira

Coorientador: Prof. Me. Giovano Mayer

MEDIANEIRA

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Gerência de Ensino
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em
Manutenção Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA LINHA DE RESFRIAMENTO DE UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA

Por

Anderson Adriano de Oliveira

Guilherme Minozzo

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 19:00 hs do dia 04 de dezembro de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Samir Ferreira de Oliveira
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Orientador)

Prof. Me. Giovano Mayer
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Coorientador)

Prof. Me. Evandro André
Konopatzki
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Filipe Marangoni
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Paulo Job Brenneisen
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Resp. pelas atividades de Tcc)

O Termo de Aprovação devidamente assinado deste documento, encontra-se na Coordenação do Curso no Câmpus Medianeira

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus que nos deu saúde e perseverança para execução desse projeto.

Agradecemos também a nossas famílias, por nos apoiar nesse momento tão importante.

A Carelli Fundação de Matêlandia e seus funcionários que nos abriram sua empresa para nós termos avanços em nosso projeto.

Agradecemos ainda o nosso orientador Prof. Me. Samir Ferreira, por nos dar o caminho desse projeto, ao coorientador Prof. Me. Giovano Mayer, por ter prestado auxílio e confiou em nós até o final, e também aos professores Prof. Me. Renato Cesar Pompeu e Prof. Me. Luís Paulo Zanolla Boschetti, que nos deram apoio no trabalho.

E por último, não menos importante, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por nos ter dado a oportunidade de fazer o curso superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.

“O sucesso não é o que você tem, mas quem você é.”
Bo Bennet

RESUMO

OLIVEIRA, Anderson Adriano De; MINOZZO, Guilherme. Projeto De Automação Da Linha De Resfriamento De Uma Indústria Metalúrgica. 2014. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira 2014.

Com o aumento da competitividade no mercado, é necessário diminuir o tempo e os custos de produção sem perder a qualidade das peças, assim, este trabalho apresenta uma proposta de projeto de automação da linha de resfriamento de uma fundição. No processo atual da linha de resfriamento das peças moldadas são utilizados cinco trilhos principais de 20 metros, que comportam 20 vagonetes em cada e outros dois trilhos são posicionados transversalmente aos cinco trilhos principais em um piso rebaixado. Nestes trilhos transversais, há duas plataformas que se deslocam para que seja feito o recebimento e abastecimento da linha de resfriamento e também da linha de produção. O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma automação que consiga controlar vagonetes da linha de resfriamento para linha de produção, através da definição do sistema mecânico de movimentação das vagonetes, da lógica de controle de movimentação dos vagonetes, através da programação de um CLP, da proposta e implementação de um sistema IHM(Interface Homem Máquina), do desenvolvendo o diagrama elétrico de comando e força do sistema e da simulação do sistema proposto no laboratório de automação da UTFPR. O desenvolvimento do projeto de automação permitiu identificar que a produção poderia dobrar, uma vez que tempo utilizado pelos trabalhadores para empurrar os vagonetes seria reduzido, além, da diminuição de esforços físicos dos operadores em relação ao serviço de empurrar os vagonetes dispensando ao menos dois operadores gerando economia para a empresa.

Palavras chave: Fundição. Automação. Projeto Mecânico. Controlador Lógico Programável.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Anderson Adriano De; MINOZZO, Guilherme. Projeto De Automação Da Linha De Resfriamento De Uma Indústria Metalúrgica. 2014. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira 2014.

With the increased competition in the job market, it is necessary to reduce the time and production costs without losing the quality of the parts, so, this project shows an automation proposal in cooling line in a foundry. In the current process of cooling line of molded parts are used five main tracks of 20 meters, which carry 20 wagons in each and two rails are positioned across the five main tracks on a low floor. In these cross tracks, there are two moving platforms that dislocate for be done the receipt and supply of cooling line and also the production line. The main objective in this project is developing automation that gets controlling the wagons to cooling line to production line, through the definition of the mechanic system of the movement of the wagons, of the wagons movement logic, through the programming a PLC, the proposal and implementation of a system HMI (Human Machine Interface), developing the wiring diagram of command and system strength and simulation of the proposed system in the automation laboratory UTFPR. The development of the automation project identified that production could double, since time used by workers to push the trolleys would be reduced, in addition, the reduction of physical efforts of operators, for the service of pushing trolleys dispensing at least two operators generating savings for the company.

Keywords: Foundry. Automation. Project Mechanical. Programmable Logic Controller

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vagonetes.....	15
Figura 2 - Linhas de Resfriamento.....	16
Figura 3 - Esquema de funcionamento da linha de fundição.	17
Figura 4 - CLP Compacto.....	24
Figura 5 - CLP Modular.	24
Figura 6 - Características CLP	25
Figura 7 - Estrutura SFC.	27
Figura 8 - Sistema de supervisão de controle.	29
Figura 9 - Projeto 3D do sistema a ser automatizado.	30
Figura 10 - Projeto da linha transversal.	31
Figura 11 - Fixação cabo de aço.....	31
Figura 12 - Rupturas de cabo de aço.....	33
Figura 13 - Fator de serviço.....	35
Figura 14 - Catalogo de redutor.	36
Figura 15 - Protótipo linha principal.	37
Figura 16 - Detalhe da corrente transportadora.	38
Figura 17 - Catalogo de redutor.	40
Figura 18 - Acionamento do Cilindro Hidráulico.	41
Figura 19 - Lógica dos sensores 1.....	43
Figura 20 - Lógica dos sensores 2.....	44
Figura 21 - Lógica dos sensores 3.....	44
Figura 22 - Lógica dos sensores 4.....	45
Figura 23 - Lógica dos sensores 5.....	46
Figura 24 - Lógica dos sensores 6.....	47
Figura 25 - Lógica dos Sensores 7.....	47
Figura 26 - Diagrama de blocos de função continua.	48
Figura 27 - Contador.	48
Figura 28 - Início da programação.	49
Figura 29 - Seleção de Linhas.....	49
Figura 30 - Fim do programa.	50
Figura 31 - Sistema de segurança para o motor.	51
Figura 32 - Distribuição dos sensores.....	52
Figura 33 - Declaração de variáveis.	53
Figura 34 - Tela inicial da IHM.....	54
Figura 35 - Botões e Indicadores.....	54
Figura 36 - Configuração de linhas.....	55
Figura 37 - Demonstração do fluxo motor acionado.....	56
Figura 38 - Montagem na bancada.....	58
Figura 39 - Simulação do funcionamento.	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tabela de fator de segurança.....	32
Quadro 2 - Informações do redutor selecionado	37
Quadro 3 - Catalogo de redutor.	40
Quadro 4 - Variáveis.	52
Quadro 5 - Simbologia da IHM.	55

LISTA DE SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Central <i>Processing Unit</i>
CV	Cavalos Vapor
E/S	Entradas/Saídas
IEC	<i>International Electrotechnical Comimission</i>
IHM	Interface Homem-Máquina
kg	Kilogramas
kgf	Kilogramas Força
m/s	Metros por Segundo
N	Newtons
NA	Contato Normalmente Fechado
NF	Contato Normalmente aberto
Nm	Newtons/Metro
NR	Norma Regulamentadora
RPM	Rotações por Minuto
SFC	Sequential Function Chart
W	Watts

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 PROBLEMATIZAÇÃO	15
4 REFERENCIAL TEÓRICO	20
4.1 FUNDIÇÃO	20
4.2 AUTOMAÇÃO	22
4.2.1 Controladores lógicos programáveis	23
4.2.3 CLP modelo XC100	25
4.2.4 Linguagem de programação	26
4.2.5 Sequenciamento gráfico de funções (SFC).....	27
4.2.6 IHM	28
5 PROJETO MECÂNICO	30
5.1 LÓGICA DOS SENSORES	42
6 PROJETO DE AUTOMAÇÃO	48
6.1 INTERFACE HOMEM MÁQUINA - IHM	53
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
7.1 TESTE DA LÓGICA DE AUTOMAÇÃO.....	57
7.2 BENEFÍCIOS DO NOVO SISTEMA	59
8 CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Genuino e Trein (2013) citam que devido o aumento da competitividade no mercado, é necessário diminuir o tempo e os custos de produção sem modificar a qualidade das peças. Isto deve ser realizado sem deixar de lado a busca pela maior qualidade se possível, aliando isso a desenvolvimento de novos materiais e novas tecnologias.

Na indústria de fundição da empresa CARELLI & CIA localizada em Matelândia, Paraná, são produzidas mais de 630 toneladas/mês de componentes de aço, por meio de um processo de fornos de indução elétrica e processo de moldagem em areia verde.

Com vistas no aprimoramento do processo produtivo desta empresa, este trabalho propõe um estudo e projeto de automação da linha de resfriamento utilizada no processo de moldagem em areia verde.

No processo de moldagem em areia verde as caixas de areia, também chamadas de caixas de moldagem, são colocadas em cima de vagonetes que correm por trilhos principais e transversais. No processo atual são utilizados quatro trilhos de 20 metros que comportam 20 vagonetes em cada trilho. Estes trilhos são posicionados paralelamente e permitem que o molde aguarde o vazamento do material fundido e posteriormente o resfriamento do material nos moldes.

Na empresa todo o processo de movimentação dos vagonetes com os moldes é realizado manualmente, ou seja, depende dos operadores. Este fato reflete diretamente no desempenho negativo da produção, que devido ao peso dos vagonetes e muitas das vezes por não haver operadores suficientes, ocasiona a ociosidade no processo.

A automatização desse processo permitirá uma melhora nos aspectos econômicos e ergonômicos no processo de fundição.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um sistema de controle automatizado dos vagonetes do suporte de moldes da linha de resfriamento na empresa.

O processo de fundição necessita de altas temperaturas para sua execução. O calor existente neste ambiente de trabalho faz com que a função dos operadores seja bastante fatigante. Este fato, aliado ainda às exigências de produtividade, torna maior a probabilidade de acidentes.

Araújo (1998) diz que a automação veio para diminuir os riscos de acidentes e invalidez. Tendo-se um sistema de controle remoto do processo, por meio de uma automação, é possível eliminar as tarefas mais difíceis. Neste caso, tendo em vista a proteção à saúde do trabalhador, a função de tracionar os vagonetes ficaria a cargo do processo.

A automação do movimento dos vagonetes traria benefícios também do ponto de vista econômico, pois com o sistema já implantado a automação, conseqüentemente, maiores níveis de produtividade podem ser alcançados, além da redução de custos com mão de obra e também diminuição de perdas e descarte de material útil.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

De forma a alcançar este objetivo principal são definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Definir o sistema mecânico de movimentação dos vagonetes;
- b) Desenvolver a lógica de um controle da movimentação dos vagonetes através da programação de um CLP, utilizando sensores e atuadores em pontos estratégicos;
- c) Propor e implementar um sistema IHM ao processo automatizado;

- d) Desenvolver o diagrama elétrico de comando e força do sistema;
- e) Simular o sistema proposto no laboratório de automação da UTFPR.

3 PROBLEMATIZAÇÃO

Na empresa em questão as caixas de areia, também chamadas de caixas de moldagem, são colocadas em cima de vagonetes. Na Figura 1 apresenta um vagonete, onde em sua base com rodas serve para a movimentação, e acima da base fica duas bacias uma sobre a outra onde fica alocada areia verde na espera do material derretido. A figura 1 ainda mostra que há um grampo em cada vagonete que serve para fixar as duas bacias entre si.



Figura 1 - Vagonetes

No processo atual são utilizados cinco trilhos principais de 20 metros, que comportam 20 vagonetes em cada, usados no resfriamento das peças moldadas. Outros dois trilhos são posicionados transversalmente aos cinco trilhos principais em um piso rebaixado. Nestes trilhos transversais, há duas plataformas que se deslocam para que seja feito o recebimento e abastecimento da linha de resfriamento e também da linha de produção Vick®.

A linha de produção Vick® é um sistema automatizado de desmoldagem e remoldagem, ou seja, retirada da peça do molde após resfriamento adequado e reconfeção do molde de areia verde que receberá material fundido para produção de uma nova peça. Dessa forma, entra na linha uma bacia com uma peça pronta no molde, esta peça é retirada do molde e este é refeito para receber uma nova peça.

Ao final da linha a mesma bacia que entrou, sai com um novo molde vazio pronto para receber material fundido para confecção de uma nova peça.

Apesar da linha de produção Vick® ser automatizada em seu processo de desmoldagem e remoldagem, a alimentação da máquina com peças prontas e com vagonetes para sustentar os novos moldes é feita manualmente. Figura 2 ilustra a posição das linhas principais.



Figura 2 - Linhas de Resfriamento.

Atualmente, as operações de desmoldagem e moldagem na fundição são divididas em três etapas:

a) A primeira etapa do processo é inserir os moldes nas bacias completando-as com a areia verde. Após esta etapa, a linha de produção Vick®, onde já há um sistema automatizado, estampa o formato da peça na areia e eleva a bacia até a posição onde ela é alocada em cima de um vagonete.

Esse vagonete é colocado na posição de espera das bacias com ajuda de um operador, pois somente nessa posição a linha de produção Vick® é liberada para o ciclo de moldagem.

O conjunto bacia e vagonetes, depois de liberado pela linha de produção, é levado pelo operador até o trilho transversal onde está a plataforma. O operador desloca então a plataforma com o vagonete até a linha de resfriamento, onde ali

este permanece aguardando o recebimento do material fundido, para que depois seja feito seu resfriamento.

b) Após o processo de resfriamento estar completo, o operador tem a responsabilidade de levar esse conjunto, com o material já resfriado, para a plataforma sobre um dos trilhos transversais, essa plataforma é então novamente empurrada com o esforço do operador até a posição de retirada da bacia, para desmoldagem na linha de produção Vick®.

Com a plataforma posicionada, o operador aperta uma botoeira onde, por meio de ganchos laterais, as bacias são elevadas até a altura que é feita a desmoldagem na linha de produção e assim posteriormente dando sequência ao ciclo de modelagem.

c) Com o ciclo de desmoldagem e moldagem sendo executado, a plataforma com o vagonete, já sem as bacias é devolvida até a posição da linha de retorno, onde o vagonete é empurrado até o fim da linha. Desse modo é aguardado o fim da criação de um novo molde para que seja completado um ciclo de fundição.

A Figura 3 expõe cada etapa do processo explicado anteriormente, onde o ponto 1 mostra o momento que o operador sai com o vagonete da linha de produção e empurra até a linha principal, onde é aguardado o material, já o ponto 2 é onde o operador empurra o vagonete já com o material para linha de produção, e o numero 3 onde o operador leva o vagonete sem a bacia para linha de retorno.

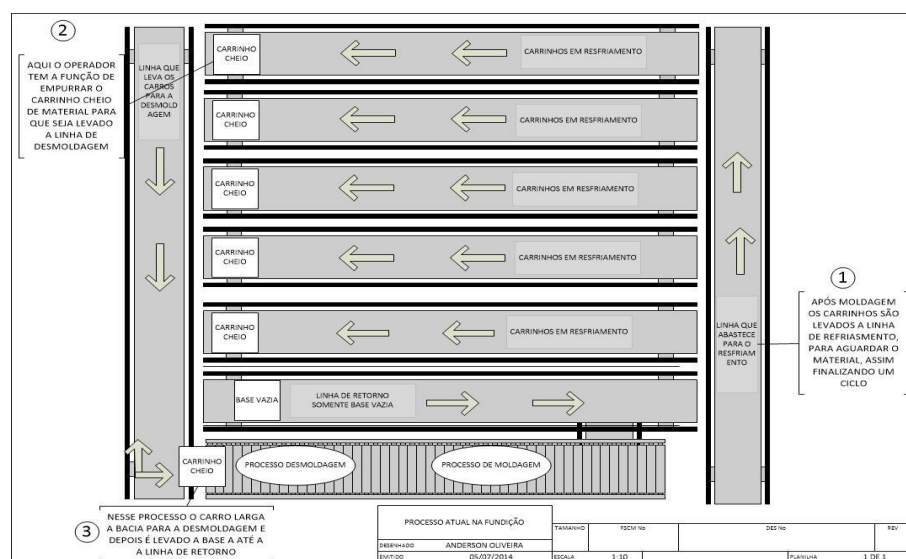


Figura 3 - Esquema de funcionamento da linha de fundição.

Há inúmeros riscos que os trabalhadores deste local estão sujeitos, pois em cada vagonete seu peso médio é de 200 kg, e não há somente riscos ergonômicos, o ambiente de trabalho com a alta temperatura e a baixa iluminação ajuda uma má condição de trabalho.

A melhoria das condições de trabalho deve levar em consideração o bem estar físico e psicológico do trabalhador, estando ligados a fatores externos (ambiente) e internos (plano emocional). A NR-17, Norma Regulamentadora, (BRASIL, 2014) mostra como é a forma correta de tracionar esses vagonetes pelos trilhos:

“17.2.6. O transporte e a descarga de materiais feitos por impulsão ou tração de vagonetes sobre trilhos, carros de mão ou qualquer outro aparelho mecânico deverão ser executados de forma que o esforço físico realizado pelo trabalhador seja compatível com sua capacidade de força e não comprometa a sua saúde ou a sua segurança.” (BRASIL, 2014).

Este fato, aliado ainda às exigências de produtividade, faz com que seja maior a probabilidade de acidentes. Araújo (1989) diz que a automação veio para diminuir os riscos de acidentes e invalidez, bem como de doenças nas fábricas automatizadas. Tendo-se um sistema de controle do processo por meio de uma automatização é possível eliminar as tarefas mais difíceis que necessitam de operadores.

Para Silveira e Santos (2010) a automatização traz benefícios financeiros também a indústria, pois um dos fatores que mais se destaca quando um sistema é automatizado é o valor do produto, que passa a ser menor, pela maior rapidez e precisão do serviço executado, por que um ser humano pode fazer uma, duas ou até três tarefas com rapidez e precisão, mas é fato, comprovado por estudos, que um humano não consegue manter esse nível de atenção durante todo seu período de trabalho.

Outra questão relevante, é que atualmente a linha de produção desmolda e molda em média 30 bacias/hora na empresa. De acordo com o fabricante a linha de produção Vick® tem a capacidade de produzir até 90 bacias/hora, Esta produtividade reduzida acontece devido ao fato da alimentação da linha não ser um processo contínuo. A alimentação descontínua dos vagonetes na linha de produção Vick® é ocasionada por sobrecarga da mão-de-obra encarregada e dificuldade de execução de algumas tarefas, pois muitas vezes um mesmo operador é responsável

por várias tarefas, como acionar o sistema por meio de botoeiras, organizar os vagonetes na linha de resfriamento e colocar os grampos para fixar as bacias, sem contar o tracionamento desses vagões.

Dessa forma, existe uma margem considerável para aumento na produtividade deste setor da empresa, sem investimento em novas linhas de produção, apenas melhorando o fluxo de trabalho do setor. Este fato, aliado a outros já citados, justificam o estudo e elaboração do projeto de automatização proposto neste trabalho.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados pontos importantes estudados para que este trabalho fosse desenvolvido, assuntos como fundição, automação, controlador lógico programável e linguagens de programação.

4.1 FUNDIÇÃO

De acordo com Machado (2013), a fundição é um processo de fabricação onde uma liga metálica, no estado líquido, que é constituída de ligas metálicas ferrosas (ligas de ferro de carbono) e não ferrosas (ligas de cobres, alumínio, zinco e magnésio), é vazada em um molde se necessário com machos, pois com o macho é possível fundir uma peça já com um furo. Com formato e medidas correspondentes aos da peça a ser produzida. A peça produzida por fundição pode ter as formas e dimensões definitivas ou não. Após o processo da fundição, a peça é usinada para serem feitos ajustes dimensionais ou mesmo conformada mecanicamente (por exemplo, ser forjada), para que as formas e dimensões finais sejam obtidas. Em muitos casos os processos de fundição apresentam algumas vantagens em relação a outros tipos de processos de fabricação, como no caso da produção de peças complexas e com cavidade internas, ou na produção de peças muito grandes.

Borges (2013) cita os processos que passam por meio da fundição. Sendo resumidos nas seguintes operações:

a) Confecção do modelo: Essa etapa consiste em construir um modelo com o formato aproximado da peça a ser fundida. Esse modelo serve para a construção do molde e suas dimensões devem prever a contração do metal quando ele se solidificar bem como um eventual sobremetal para posterior usinagem da peça. Ele é feito de madeira, alumínio, aço, resina plástica e até isopor.

b) Confecção do molde: O molde é o dispositivo no qual o metal fundido é colocado para que se obtenha a peça desejada. Ele é feito de material refratário

composto de areia e aglomerante. Esse material é moldado sobre o modelo que, depois de retirado, deixa uma cavidade com o formato da peça a ser fundida.

c) Confeção dos machos: Macho é um dispositivo, feito também de areia, que tem a finalidade de formar os vazios, furos e reentrâncias da peça. Eles são colocados nos moldes antes que eles sejam fechados para receber o metal líquido.

d) Fusão: Etapa em que acontece a fusão do metal.

e) Vazamento: O vazamento é o enchimento do molde com metal líquido.

f) Desmoldagem: Após determinado período de tempo em que a peça se solidifica dentro do molde, e que depende do tipo de peça, do tipo de molde e do metal (ou liga metálica), ela é retirada do molde (desmoldagem) manualmente ou por processos mecânicos.

g) Rebarbação: A rebarbação é a retirada dos canais de alimentação, massalotes e rebarbas que se formam durante a fundição. Ela é realizada quando a peça atinge temperaturas próximas às do ambiente.

8. Limpeza: A limpeza é necessária porque a peça apresenta uma série de incrustações da areia usada na confecção do molde. Geralmente ela é feita por meio de jatos abrasivos.

A fundição em areia é a mais usada, não só na produção de peças de aço e ferro fundido, uma vez que os moldes de areia são os que suportam melhor as altas temperaturas de fusão desses dois metais, mas também para a produção de peças de ligas de alumínio, latão, bronze e magnésio.

Borges (2013) destaca ainda que o processo em areia, sendo ainda o mais simples, é o método mais usado pelas empresas de fundição. A preparação do molde, neste caso, consiste em compactar mecânica ou manualmente uma mistura refratária plástica chamada areia de fundição, sobre um modelo montado em uma caixa de moldar.

4.2 AUTOMAÇÃO

Para Silveira e Santos (2010), a automação é conjunto de técnicas que permite a construção de sistemas ativos capazes de atuar e controlar um determinado processo, com uma eficiência ótima, por meio do uso de informações recebidas, com essas informações, o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada para execução de um processo.

A necessidade de controlar processos dá origem às técnicas de controle, que também não se constituem novidades nos tempos modernos (SILVEIRA e SANTOS, 2010).

Silveira e Santos (2010) afirmam ainda que o processo industrial se resume em transformar a matéria-prima em bens de produção e consumo, por meio de técnicas de controle, assim tem-se um valor agregado sobre o produto original, atingindo o objetivo de negócio.

Esses processos podem ser contínuos, quando as variáveis em sua maioria são do tipo analógica ou de tempo contínuo caso as variáveis sejam do tipo discreta ou digital, tem-se um processo discreto (SILVEIRA e SANTOS, 2010).

Segundo Silva (2013) os sistemas automatizados podem ser aplicados em qualquer tipo de situação sendo ela apenas um processo ou máquina, ou em toda a indústria. A diferença está no número de elementos monitorados e controlados, denominados de “pontos”. Estes podem ser simples válvulas ou servo-motores, cuja eletrônica de controle é bastante complexa.

“Na automação, prevê-se o uso extensivo dos mesmos conceitos associados à automatização. Entretanto, o nível de flexibilidade imputado ao sistema é bem mais elevado pelo fato de estar indissolúvelmente associado ao conceito de *software*. Tal recurso provê, a um sistema dotado de automação, a possibilidade de ser alterado radicalmente todo o comportamento automatizado a fim de, intencionalmente, produzir-se uma gama diferenciada de resultados.” (SILVEIRA e SANTOS, 2010).

A implementação prática da automação e controle de processos industriais, no “chão de fábrica”, é geralmente feita por meio de controladores lógicos programáveis. Estes equipamentos padronizados permitem uma melhor organização e facilidade na aplicação dos conceitos de automação vistos. A seção seguinte trata sobre esses equipamentos.

4.2.1 Controladores lógicos programáveis

Um Controlador Lógico Programável é definido pelo IEC (*International Electrotechnical Commission*) como:

“Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para implementar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O controlador programável e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e facilmente usados em todas suas funções previstas.”

Para Franchi e Camargo (2009) o controlador lógico programável apenas é um equipamento eletrônico que, através de uma interface, produz processamentos, que com o usuário tem função de controlar vários tipos de níveis de complexidades.

4.2.2 Utilização do CLP

Franchi e Camargo (2009), afirmam que qualquer indústria, nos dias de hoje, necessita de algum tipo de controlador para ter garantia de algum processo, desde os níveis simples, até sistemas complexos que são praticamente controlados por um CLP. Embora existam tamanhos e complexidades diferentes, todos os sistemas de controle podem ser divididos em três etapas:

a) Sensores/transdutores: dispositivos que transferem uma condição física do sensor em um sinal elétrico e este são enviado ao CLP. Por exemplo: sensores de presença (FRANCHI e CAMARGO, 2009).

b) Atuadores: Ao contrário dos sensores e transdutores os atuadores tem a responsabilidade de conversão de um sinal elétrico através do CLP em uma condição física fazendo normalmente ligar ou desligar algum elemento, por exemplo, o acionamento de um motor através do CLP, nesse caso a saída do CLP vai fazer desligar ou ligar a bobina contator que o comanda. (FRANCHI e CAMARGO, 2009).

c) Controladores: É um dispositivo capaz de controlar suas saídas através dos estados de suas entradas, o operador, pois ele pode interagir com o controlador por meio de parâmetros de controle (FRANCHI e CAMARGO, 2009).

Os CLP podem ser classificados como compactos ou modulares, a Figura 4 ilustra um CLP compacto.



Figura 4 - CLP Compacto.
Fonte: Eaton, 2014.

CLP compacto, que é normalmente usado para automação de menor porte, pois possui uma única unidade de alimentação, a CPU (Unidade Central de Processamento) e os módulos E/S (Entrada e Saída) (FRANCHI e CAMARGO, 2009).



Figura 5 - CLP Modular.
Fonte: Eaton, 2014.

A Figura 5 ilustra um CLP modular, esse tipo de CLP é utilizado para uma configuração de processo de médio e grande porte, pois é composto por uma estrutura modular, assim o processador e a memória fica em um único módulo (FRANCHI e CAMARGO, 2009).

Os CLPs modulares vão de MicrosCLP que suportam pequena quantidade de E/S até CLP de grande porte onde é possível tratar milhares de E/S (FRANCHI e CAMARGO, 2009).

4.2.3 CLP modelo XC100

O XC100 é um CLP compacto de alto desempenho para pequenas e médias aplicações de até 500 pontos de E/S. Sua CPU possui oito entradas e seis saídas digitais, além de interface (Eaton, 2014).

Eaton aponta como principais vantagens uma CPU compacta, alta velocidade de processamento, entradas e saídas na CPU (8 entradas, 6 saídas), porta CANOpen integrada, flexibilidade de sistema Fieldbus expansível via XIOc, facilidade na instalação e manutenção, quatro entradas de interrupção e até 128kb de programa.

A Figura 6 ilustra as características na parte frontal do CLP XC100.

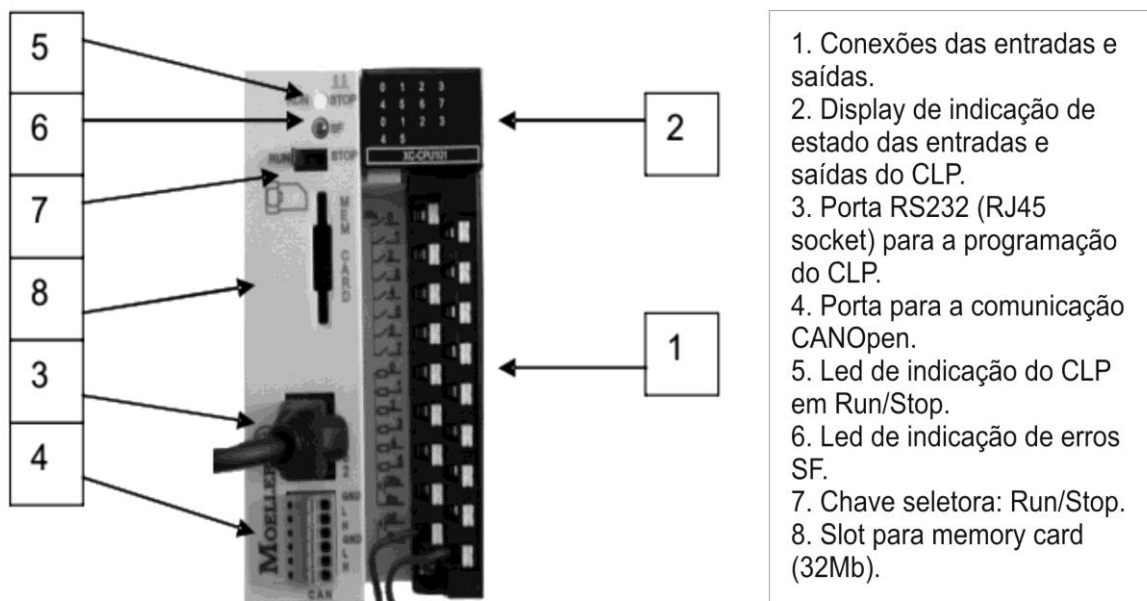


Figura 6 - Características CLP
 Fonte: Eaton, 2014.

4.2.4 Linguagem de programação

Com a necessidade de substituir os relés, foram criados os CLP's. Com esse tipo de tecnologia desenvolvida era necessário fazer uma linguagem que fosse semelhante à que os técnicos e engenheiro já usavam nas lógicas dos relés (SILVEIRA e SANTOS, 2010).

Para Franchi e Camargo (2009) linguagem de programação é: *“um conjunto padronizado de instruções que só o sistema computacional é capaz de reconhecer”*.

Existem formas alternativas de programação, assim sendo há cinco linguagens de programação definida pela IEC 61131-3, são elas:

- Texto estruturado (ST)
- Lista de instruções (IL)
- Ladder diagrams (LD)
- Diagrama de blocos funcionais (FBD)
- Funções gráficas de sequenciamento (SFC)

Texto estruturado, é uma programação de alto nível, ou seja, é uma linguagem longe do código da máquina e mais próximo à linguagem de humana, ela é adequada para tomada de decisões, cálculos e outras.

Já lista de instruções já uma linguagem de baixo nível, usada em pequenas aplicações, se chegar a ser usada em grande escala sua compreensão pode ser um pouco difícil.

Outra linguagem citada pelo IEC 61131-3 é o Ladder diagram, onde é o mais popular e de fácil entendimento, ela é baseada em diagrama elétrico de contatos, e graficamente de fácil entendimento. Ideal seu uso para controle e comando discretos de equipamentos e sinais, o uso de lógicas sequenciais e combinacionais, And-Or-XOr, com visualização na forma de contatos de relés.

O diagrama de blocos funcionais é baseada em diagramas lógicos de circuitos, semelhante programação ladder, à não ser da representação gráfica e algumas funcionalidades específicas.

Por último e não menos importante, a linguagem Sequenciamento gráfico de funções, que é usado para descrever o comportamento sequencial das lógicas, ainda é permitido a programação em forma textual, tem como característica seu

padrão antigo Grafset, fácil rastreabilidade de eventos, fluxo de informações normalmente de cima para baixo, podendo haver ramos que retornem a lógica para passos anteriores.

4.2.5 Sequenciamento gráfico de funções (SFC)

Para Franchi e Camargo (2009) a criação do SFC foi necessária, pois devido à dificuldade para descrever os processos, em função de suas etapas simultâneas utilizando linguagens de programação normais.

O SFC é considerado uma metodologia gráfica, por meio da qual é possível modelar sistemas de pequeno, médio e grande porte, com uma vasta variedade de sequências (FRANCHI, CAMARGO, 2009).

A estrutura de um SFC é composta pelos elementos básicos ilustrados na Figura 7.

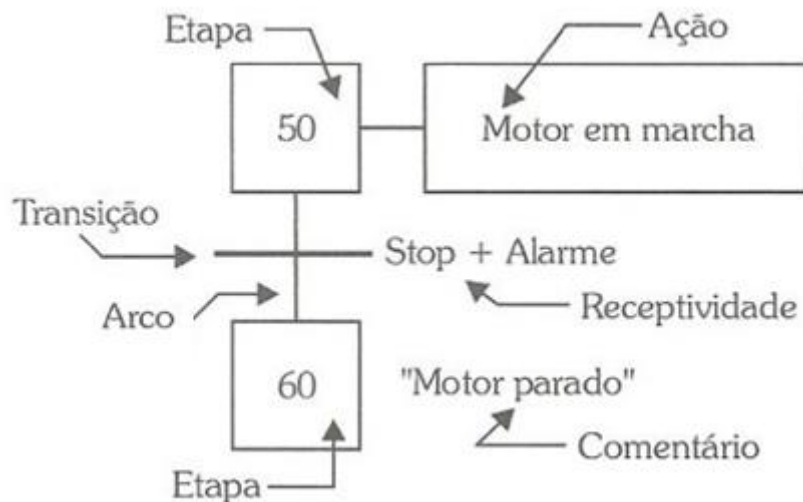


Figura 7 - Estrutura SFC.
Fonte: FRANCHI, CAMARGO, 2009.

Para Silveira e Santos (2010) etapa é quando o comando não se modifica frente as suas entradas, identificado como um quadrilátero e deve ser acompanhado por números seguidos.

Já a transição é uma possibilidade de avanço do SFC onde passa de uma situação para outra, representado através de uma simbologia de um traço perpendicular aos arcos orientados.

O arco é onde é feita a interligação de sequências entre uma etapa e uma transição, e assim passa para outra etapa e sucessivamente, já a ação representa o efeito da etapa, isto é, “o que deve ser feito” quando a sequência do programa chega a esse ponto, por exemplo, o acionamento de um motor (SILVEIRA, SANTOS, 2010).

4.2.6 IHM

Para Silva e Salvador (2014), sistemas supervisórios ou IHM permitem ao usuário que informações dos processos sejam monitoradas, através de equipamentos que fazem essa aquisição de dados. Posteriormente estes dados podem ser manipulados, comparados e apresentados ao usuário para verificação de posteriores análises.

Os primeiros sistemas supervisórios também chamados de SCADA (*Supervisory Control and Data Aquisition*) permitiam informar periodicamente o estado corrente do processo industrial, monitorando sinais representativos de medidas e estados de dispositivos, através de um painel de lâmpadas e indicadores, sem que houvesse qualquer interface aplicacional com o operador. Atualmente os sistemas utilizam tecnologias que fazem com que essa coleta de dados possa ser feita em ambientes hostis, permitindo que o usuário possa atuar na falha, caso ocorra em seu processo (SILVA, SALVADOR, 2014).

Para que seja possível a transferência desses dados entre interface do *software* e o usuário, alguns componentes físicos precisam trabalhar juntos. Os componentes de um sistema supervisório são: Sensores, atuadores, rede de comunicação e monitoração central (SILVA, SALVADOR, 2014).

d) O sensor é responsável por trazer parâmetros físicos, tais velocidade, nível de água, sensores capacitivos e indutivos, de um sinal digital para analógicos (SILVA, SALVADOR, 2014).

e) Atuadores são responsáveis por atuar, ligando e desligando equipamentos, ou acionamentos de eletroválvulas. (SILVA, SALVADOR, 2014)

f) Rede de comunicação é por onde as informações fluem dos PLC para os sistemas (SILVA, SALVADOR, 2014).

g) Estações de monitoramento onde é possível que as informações sejam recolhidas pelo supervisor, permitindo posterior análise e que essas informações coletadas sejam compartilhadas (SILVA, SALVADOR, 2014).

Na Figura 8 é ilustrado o esquema de um sistema supervisorio.

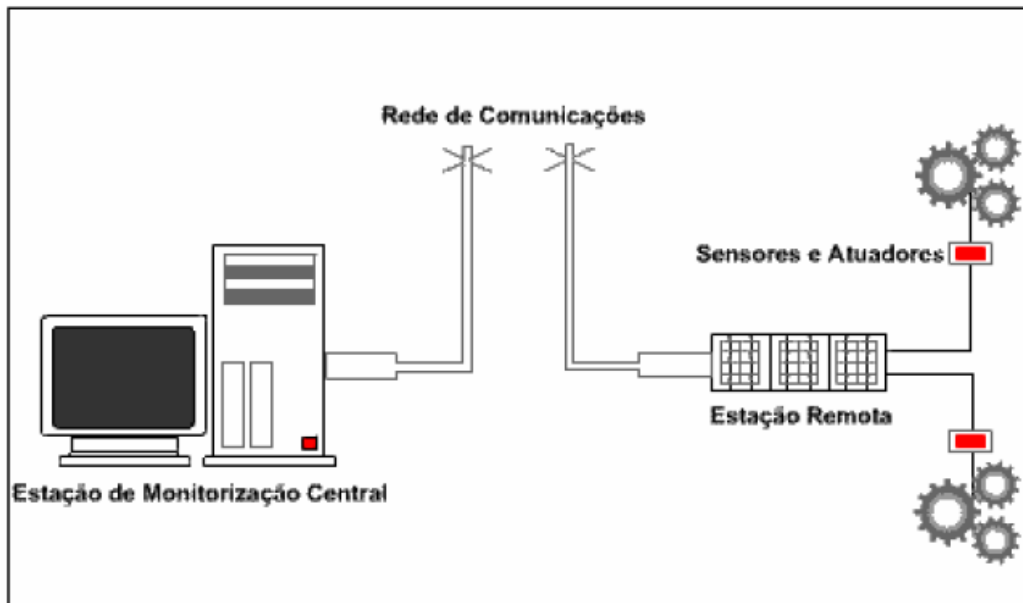


Figura 8 - Sistema de supervisão de controle.
Fonte: SILVA e SALVADOR, 2014.

5 PROJETO MECÂNICO

Ficou definida a utilização de cilindros hidráulicos somente para movimentar os vagonetes da plataforma para o início dos trilhos, onde ocorre o resfriamento do material. A partir do momento que o vagonete chegasse aos trilhos, uma corrente especial tracionada por um motor, conseguiria engatar no eixo do vagonete através de ganchos transportadores.

Ainda foi identificada a necessidade de criar processos em paralelo, assim, a lógica de programação de uma linha será replicada para as demais. O usuário será responsável por selecionar a nova linha onde ocorrerá movimentação ao final de cada ciclo de execução. Outra condição imposta é que o sistema terá que trabalhar com suas linhas completas, não havendo espaços vazios entre um vagonete e outro.

A figura 9 exhibe como processo deverá ficar após a automação implantada.

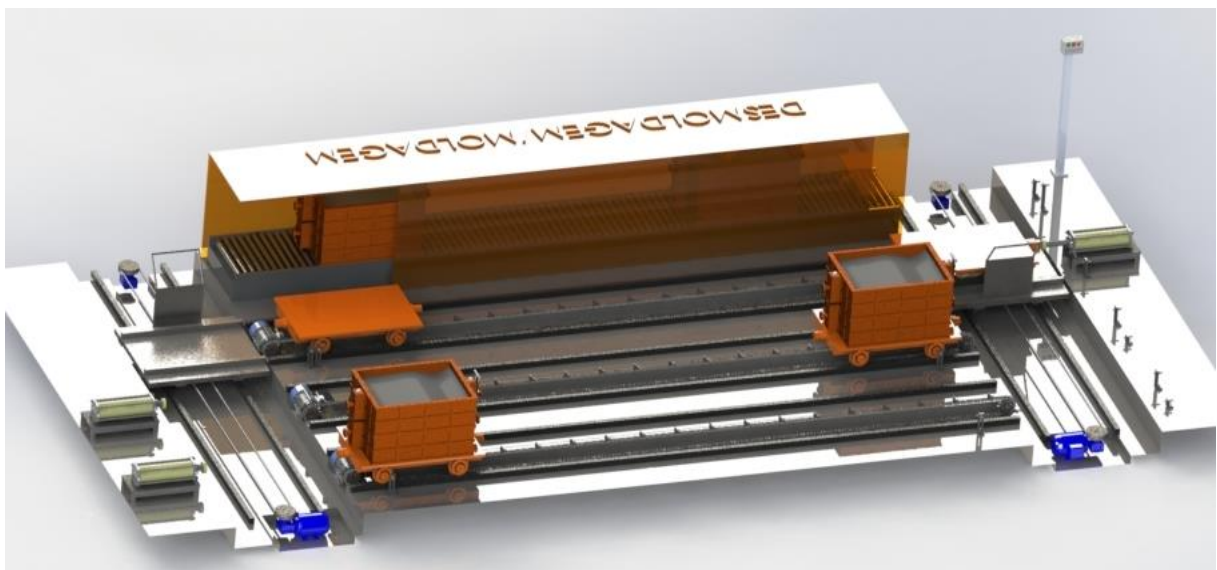


Figura 9 - Projeto 3D do sistema a ser automatizado.

O sistema mecânico foi desenvolvido com o auxílio do *software Solidworks*. O projeto foi dividido em duas partes, um para linhas transversais de transporte e outro para linhas principais nas quais os vagonetes aguardam o material e resfriamento.

Para as linhas transversais, onde é feito a movimentação da plataforma que transporta os vagonetes, foi definido a utilização de um cabo de aço com auxílio de um motor que faz o tracionamento desta plataforma, como ilustra a Figura 10.

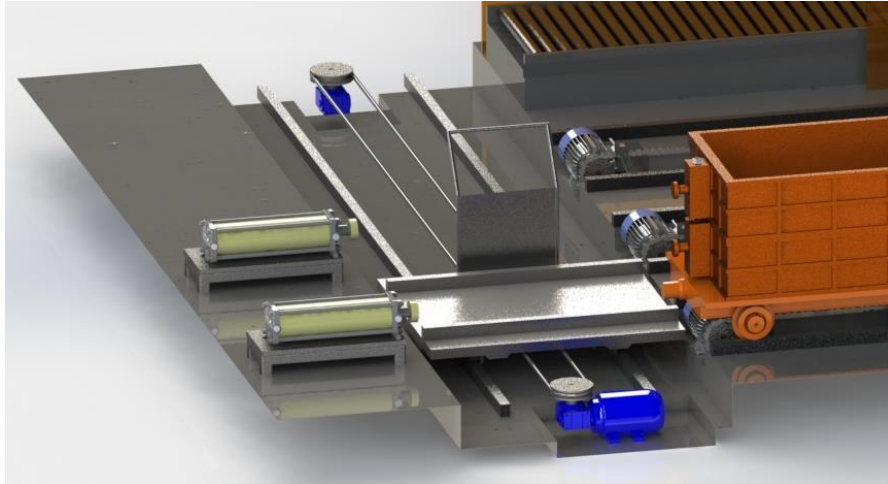


Figura 10 - Projeto da linha transversal.

Os cabos de aço como mostra a Figura 11, no que diz respeito construção mecânica, são basicamente arames entrelaçados em torno de uma alma de aço que é a parte centro do cabo de aço, essa alma pode ser de fibra ou até de aço. Essa composição faz com que ele se torne um elemento de transmissão que suporta cargas, fazendo a transmissão tanto horizontal, vertical ou diagonal. São muito utilizados em transporte de carga, tais como: guindaste, elevador, ponte rolante, escavadeira.

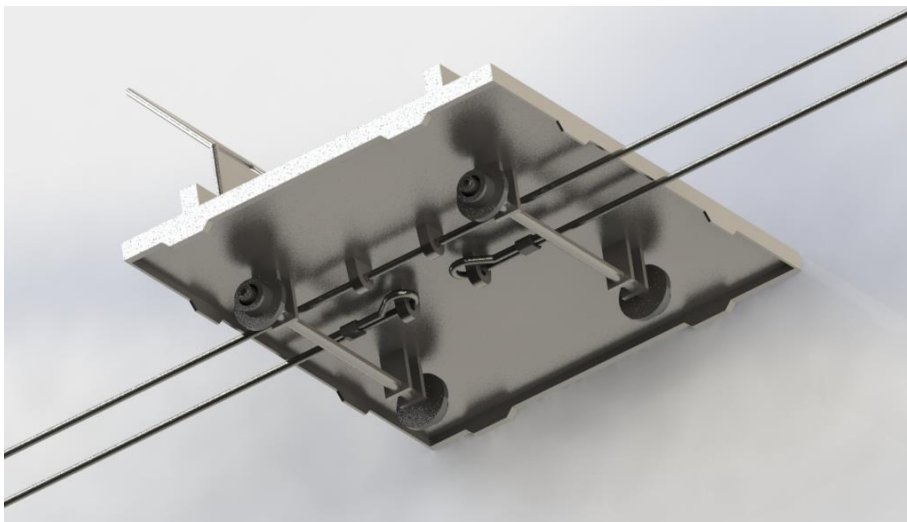


Figura 11 - Fixação cabo de aço.

Para dimensionar o cabo de aço é preciso saber o fator de segurança. Segundo Melconian (2009), o coeficiente de segurança para um cabo de aço influencia na segurança da operação, e aumento da vida útil do cabo.

Seguem os fatores de segurança, indicados para cada diferente aplicação no Quadro 1:

Aplicação	Fator de segurança recomendado
Cabos e cordoalhas estáticas e outras	3 a 4
Cabo para tração horizontal	4 a 5
Guinchos	5
Pás, guindastes, escavadeiras.	5
Pontes rolantes	6 a 8
Talhas elétricas	7

Quadro 1 - Tabela de fator de segurança.
Fonte: Melconian, 2009

Neste caso, que o cabo fará o trabalho de tração horizontal o fator de segurança é de 4 até 5, pois a força que o cabo exercerá é uma tração horizontal. Conhecendo o fator de segurança e o peso que é de 400kgf é possível calcular a carga mínima de ruptura e achar o diâmetro do cabo de aço.

$$400 \text{ kgf} = 3922,66 \text{ N}$$

$$F_{\min} = F_{\text{cabo}} \cdot k$$

$$F_{\min} = 3922 \cdot 5$$

$$F_{\min} = 19613 \text{ N}$$

Onde,

F_{\min} = Carga mínima de ruptura

F_{cabo} = Carga do cabo

K = Coeficiente de segurança

“O cabo a ser utilizado nessa aplicação é de $\varnothing \frac{1}{4}$ ” ou 6.35mm, cabo de aço polido da classificação 8x19, cuja carga de ruptura é de 21300N, conforme ilustra a Figura 12.

Diâmetro em Polegadas	Peso Aprox. em N/ m	Carga de ruptura mínima efetiva em N
		Improved Plow Steel 1800 – 2000 N/mm ²
1/4"	1,46	21.300
5/16"	2,23	33.100
3/8"	3,27	47.500
7/16"	4,46	64.300
1/2"	5,80	83.700
9/16"	7,44	105.000
5/8"	9,08	130.000
3/4"	13,10	186.000
7/8"	17,85	251.000
1"	23,40	326.000
1.1/8"	29,60	411.000
1.1/4"	36,46	505.000
1.3/8"	44,20	609.000

Figura 12 - Rupturas de cabo de aço.
Fonte: Melconian, 2009.

Para confirmar que esse cabo não se romperá é possível calcular o coeficiente de segurança real:

$$K = F_{min}/F_{cabo} = 21300/3922 = 5,43$$

O coeficiente de segurança real para esse trabalho é de 5,43.

Para que a plataforma seja movimentada por esses cabos de aço, será utilizado um motor elétrico, esse motor será de 4 pólos com velocidade de 1740 RPM. Para o dimensionamento desse motor segundo Melconian (2009) é necessário, em um primeiro momento, saber qual será a velocidade em que ele tracionará a plataforma pelo trajeto.

$$V_c = S/t$$

$$V_c = 5/25$$

$$V_c = 0,2m/s$$

Onde:

V_c = Velocidade constante da plataforma que irá se movimentar

S = Distância em metros percorrida pela plataforma na linha transversal

t = Tempo em segundos que é feito o percurso

Com a velocidade de tração calculada, é possível agora obter a potência que irá fazer com que a plataforma se movimente, Melconian (2009) define a formula como:

$$P_c = F \cdot V_c$$

$$P_c = 3922 \cdot 0,5$$

$$P_c = 1961 \text{ W}$$

Onde:

P = Potência(W)

F = Força(N)

V_c = Velocidade da plataforma (m/s)

Dessa forma, a velocidade de rotação necessária para Melconian (2009) na saída do eixo deve ser:

$$V = (\pi \cdot n \cdot R)/30$$

$$0,5 = (\pi \cdot n \cdot 0,075)/30$$

$$n = 63,66 \text{ RPM}$$

Em que:

V = Velocidade da plataforma (m/s)

n = RPM do eixo de saída

R = Raio do diâmetro da polia em metros.

30 = Constante da fórmula

Para um motor de 4 polos, sua velocidade é de 1740 RPM, para sabermos qual o será a redução utilizada para esse tipo de rotação, pode-se usar seguinte relação:

$$i = n_e/n_s$$

$$i = 1740/63,66$$

$$i = 27,33$$

Onde:

i = Redução Necessária

n_e = Velocidade de entrada (RPM)

n_s = Velocidade de saída (RPM)

A Figura 13 exhibe a tabela onde é verificado o fator de serviço, na fundição o motor deverá trabalhar em um jornada de trabalho de 8 a 10 horas diárias, é possível observar que o fator de serviço que é compatível com esse trabalho é de 1,2.

Maquina Conduzida	Maquina Condutora					
	Motores AC: Torque Normal Rotor Gaiola de Anéis Sincronicos Divisão de Fase Motores DC: Enrolados em Derivação Motores Estacionarios: Combustão interna de Multiplos Cilindros			Motores AC: Alto Torque, Alto Escorregamento, Repulsão-Indução, Monofásico, Enrolado em Série, Anéis Coletores Motores DC: Enrolados em Série, Enrolado mistos Eixos de Transmissão Embreagens		
	Serviço Intermitente	Serviço Normal	Serviço Contínuo	Serviço Intermitente	Serviço Normal	Serviço Contínuo
As Máquinas relacionadas são apenas exemplos representativo. Escolha o grupo cujas características sejam mais semelhantes à maquina em consideração	3-5h diarias ou periodicamente	8-10h diárias	16-24h diárias	3-5h diarias ou periodicamente	8-10h diárias	16-24h diárias
Agitadores para Líquidos Ventiladores e Exaustores	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Bombas Centrifugas e Compressores Ventiladores até 10cv						
Transportadores de Carga Leve						
Correias Transportadores para Areia e Cereais Ventiladores de mais 10cv Geradores Eixos de Transmissões Maquinário de Lavanderia Punções, Prensas e Tesourões Máquinas Gráficas Bombas Centrifugas de Deslocamento Positivo Peneiras Vibratórias Rotativas	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4

Figura 13 - Fator de serviço.
Fonte: Melconian, 2009.

$$P_e = P_c \cdot F_s$$

$$P_e = 1961 \cdot 1,2$$

$$P_e = 2353W$$

Onde:

P_e = Potência equivalente (W)

P_c = Potência efetiva (W)

F_s = Fator de serviço

Agora é possível calcular o torque que tem precisa desenvolver o motor para conseguir fazer o motor tracionar o peso (MELCONIAN, 2009).

$$\tau = (P_{cv} \cdot 716,2) / RPM$$

$$\tau = (2,93 \cdot 716,2) / 63,66$$

$$\tau = 33,01 Nm$$

Onde:

τ = Torque (Nm)

RPM = RPM da saída do eixo

761,2 = Constante

A partir destes cálculos, é possível escolher qual será o redutor e motor que será capaz de movimentar a plataforma com o vagonete, a Figura 14 ilustra a tabela do catalogo de onde foi consultado o redutor necessário.

MODELO	RED	1700 RPM - MOTOR 4P 60 Hz					η
		P_e (cv)	P_e (KW)	MT (Nm)	RPM	F_s	
GS 41	7.5	0.75	0.55	20	226.7	2.3	84%
	10	0.75	0.55	25	170.0	1.7	81%
	12	0.75	0.55	30	141.7	1.5	81%
	15	0.75	0.55	36	113.3	1.1	77%
	20	0.75	0.55	46	85.0	1.0	74%
	25	0.50	0.37	36	68.0	1.4	69%
	30	0.50	0.37	41	56.7	1.2	67%
	40	0.50	0.37	51	42.5	1.0	62%
	50	0.33	0.25	38	34.0	1.2	56%
	60	0.33	0.25	42	28.3	1.0	52%
	80	0.25	0.18	40	21.3	1.0	48%

Figura 14 - Catalogo de redutor.
Fonte Geremia Redutores, 2014.

Com catalogo da empresa fabricante de redutores Geremia Redutores (2014), foi possível achar um redutor e também a potência do motor adequado para esse redutor.

Modelo	Redução	P _e	T _{max}	RPM	FS	D
GS – 41	1:30	0.5 CV	41Nm	56.7	1.2	0.67

Quadro 2 - Informações do redutor selecionado

Utilizando o motoredutor GS-41 é preciso atualizar a velocidade em que a plataforma irá se movimentar, pois agora a rotação será de 56,7RPM.

$$V = (\pi \cdot n \cdot R)/30$$

$$V = (\pi \cdot 56.7 \cdot 0,075)/30$$

$$V = 0,44m/s$$

Para as linhas principais foi utilizado um sistema de cilindros hidráulicos juntamente com correntes. Quando a plataforma chega à frente das linhas de resfriamento a eletroválvula do cilindro é acionada, fazendo com que o cilindro hidráulico avance. Neste momento o motor também é acionado, e assim que o cilindro chega ao seu limite de curso, o motor tracionando as correntes, faz com que ganchos transportadores travem com o eixo do vagonete a Figura 15 ilustra o momento.

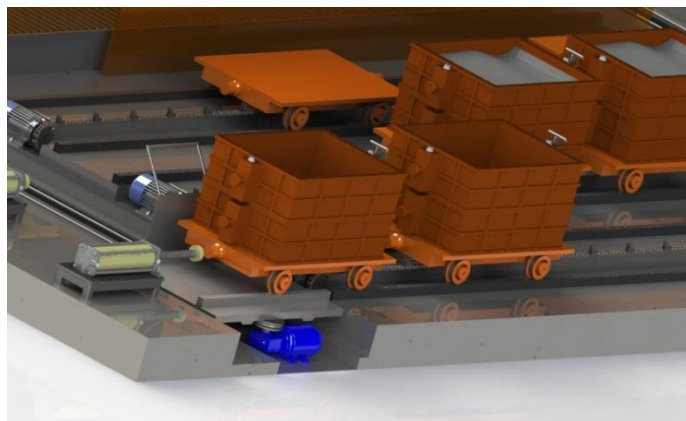


Figura 15 - Protótipo linha principal.

A Figura 16 exibe quando é engatado o vagonete passa a ser movimentado através da corrente transportadora acionada pelo motor.



Figura 16 - Detalhe da corrente transportadora.

Para que esses motores funcionem adequadamente, como nas linhas transversais, é necessário realizar o dimensionamento dos motores, e assim são utilizadas novamente algumas equações.

A seguir são apontados alguns dados importantes para o dimensionamento do motor:

- a) A velocidade que o vagonete ira se mover será de 0.5m/s.
- b) O peso do vagonete é 200 kg, num total de 20 vagonete, o peso total dos vagonetes é de 4000 kg.
- c) O diâmetro do pinhão da corrente que será acoplada no eixo será de 150 mm.
- d) Uma massa de 4000 kg equivale a 39200N.

Potência efetiva requerida pelo motor:

$$P_c = F \cdot V_c$$

$$P_c = 39200 \cdot 0,5$$

$$P_c = 19600 \text{ W}$$

Velocidade na saída do eixo para movimentar 0,5m/s, com isso calcula-se a velocidade do eixo.

$$V = (\pi \cdot n \cdot R)/30$$

$$0.5 = (\pi \cdot n \cdot 0.075)/30$$

$$n = 63,66 \text{ RPM}$$

A relação da rotação do motor de 4 pólos com velocidade 1740RPM para a escolha do redutor e motor.

$$i = \frac{n_e}{n_s}$$

$$i = \frac{1740}{63,66}$$

$$i = 27,33$$

Potência equivalente para um fator de serviço de 1.2, pois é um trabalho de transporte que tem teu período de trabalho de 8 a 10 horas.

$$P_e = P_c \cdot F_s$$

$$P_e = 19600 \cdot 1,2$$

$$P_e = 23520W$$

O torque necessário para que o motor consiga tracionar a carga.

$$\tau = (P_{cv} \cdot 716,2)/RPM$$

$$\tau = (32 \cdot 716,2)/63,66$$

$$\tau = 359,91Nm$$

Com esses dados é consultada novamente a tabela na Figura 17 do fabricante Geremia, onde é possível analisar dados para a escolha do redutor e do motor.

MODELO	RED	T Máx. (Nm)	1700 RPM - MOTOR 4P 60 Hz					η
			Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Fs	
GD 30/2R	5.69	375	7.50	5.50	169	298.8	2.21	96%
	6.35	375	7.50	5.50	189	267.7	1.98	96%
	7.55	375	7.50	5.50	225	225.2	1.67	96%
	8.79	375	7.50	5.50	262	193.3	1.43	96%
	9.81	370	7.50	5.50	292	173.2	1.27	96%
	11.67	385	7.50	5.50	347	145.7	1.11	96%
	13.18	380	6.00	4.50	314	129.0	1.21	96%
	14.05	370	6.00	4.50	334	121.0	1.11	96%
	17.22	360	5.00	3.70	342	98.7	1.05	96%
	18.53	375	5.00	3.70	368	91.7	1.02	96%
	21.67	380	4.00	3.00	344	78.5	1.11	96%
	25.77	375	3.00	2.20	307	66.0	1.22	96%
	28.33	370	3.00	2.20	337	60.0	1.10	96%
	35.00	370	2.00	1.50	278	48.6	1.33	96%

Figura 17 - Catálogo de redutor.
Fonte Geremia Redutores, 2014.

Com uma pesquisa minuciosa, foi verificado qual será redutor utilizado para esse tipo de aplicação.

Modelo	Redução	Pe	T _{max}	RPM	FS	η
GS – 30/2R	1:28.33	3 CV	370 Nm	60.0	1.2	0.96

Quadro 3 - Catálogo de redutor.
Fonte Geremia Redutores, 2014.

Novamente como o RPM teve uma pequena alteração é necessário recalcular a velocidade com que o vagonete irá andar.

$$V = (\pi \cdot n \cdot r) / 30$$

$$V = (\pi \cdot 60 \cdot 0,075) / 30$$

$$V = 0,471m/s$$

Feito o cálculo do motor elétrico, a próxima etapa será identificar qual será a mínima pressão que necessita o cilindro hidráulico, para que ele movimente os vagonetes sob o trilho da linha principal, onde fica o aguardo e resfriamento do material, a Figura 18 seguir mostra o momento deste processo.

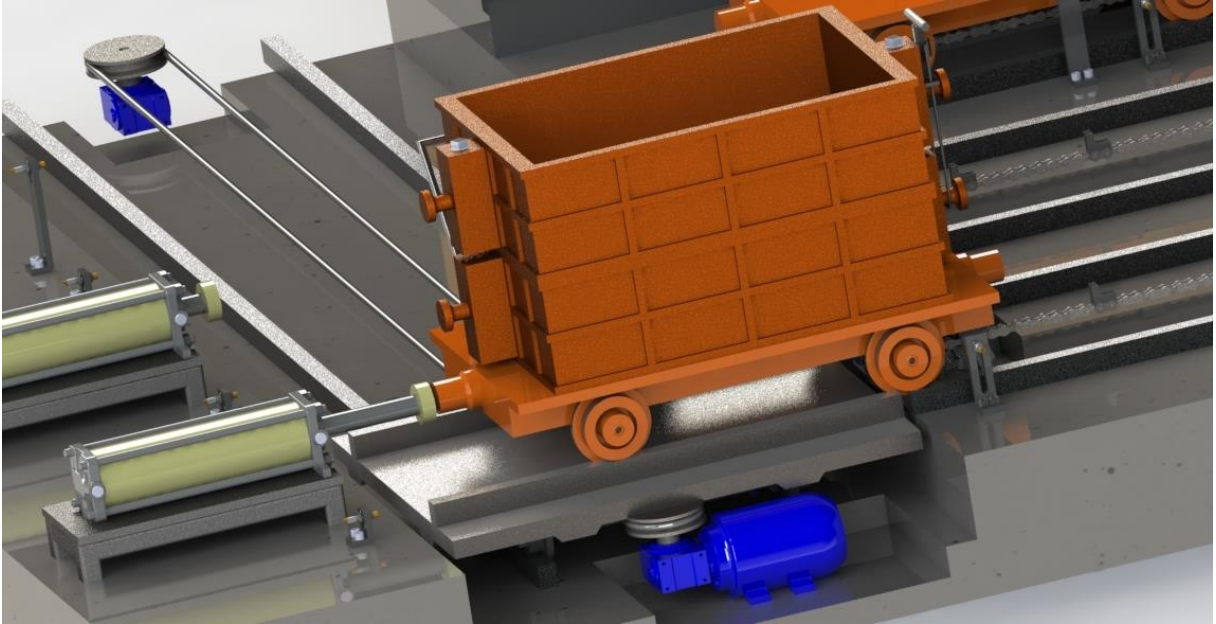


Figura 18 - Acionamento do Cilindro Hidráulico.

“Foi estimado que o diâmetro do cilindro de 3”, ou seja, 76.2mm. Outro dado importante é o peso do vagonete que o cilindro terá que vencer é de 400kgf, tal valor em Newton, passa a ser 3920W.

Primeiramente terá que ser calculado a área do diâmetro:

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = \pi \cdot 3.81^2$$

$$A = 45,60 \text{ cm}^2$$

Onde:

A = Área (cm²)

r = Raio do diâmetro (cm)

Na equação seguinte, é identificada a pressão suficiente para exercer a movimentação do vagonete.

$$P = F/(10 \cdot A)$$

$$P = 3920/(10 \cdot 45,60)$$

$$P = 3920/456$$

$$P = 8,59 \text{ bar}$$

Onde:

P = Pressão (bar)

F = Força (N)

A = Área (cm²)

A pressão que terá que exercer para que o cilindro movimente o vagonete para cima dos trilhos é de 8,59 bar.

5.1 LÓGICA DOS SENSORES

Como o sistema tem o funcionamento em paralelo, é descrito somente o processo da linha 1 e para as demais linhas a única alteração é a localização dos sensores, atuadores e os nomes das variáveis, que passará a ter no final de cada nome de variável a qual linha ele pertence, por exemplo: a variável CAIXA_LINHA2, terá a mesma função que a variável CAIXA_LINHA1, só que neste caso será pertencente à linha 2.

A lógica dos sensores foi dividida em duas fases, a primeira descreve o abastecimento da linha de produção e a outra o processo de aguardo e resfriamento do material.

A fase de abastecimento da linha de produção foi dividida em três etapas que se inicia com a Figura 19, quando o operador seleciona a linha onde será feita a movimentação.

A plataforma que leva os carros para a linha de produção irá se movimentar até o início da linha selecionada para que o motor tracione o vagonete para cima da plataforma. Neste ponto o sensor CAIXA_SAIDA_LINHA1 é responsável por identificar quando o vagonete está ainda sob a linha 1 aguardando a chegada da plataforma e o sensor CARRO1_LINHA1 identifica quando a plataforma está

posicionada no local adequado para receber o vagonete que é tracionado pelo motor.

Após o motor posicionar o vagonete sob a plataforma o sensor PRESENCA_CARRO1 indica que o vagonete está no local adequado acionando assim, o motor da linha transversal que irá levar a plataforma, agora com o vagonete sob ela, até o início da linha de produção Vick®.

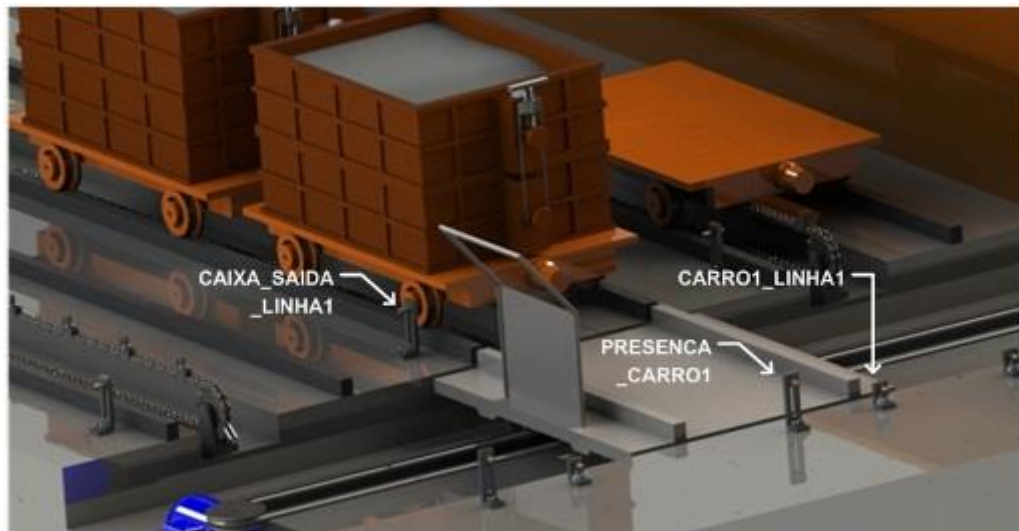


Figura 19 - Lógica dos sensores 1.

Figura 20 ilustra a próxima etapa do processo, aonde a plataforma com o vagonete chega até a linha de produção Vick® que pega a bacia de cima do vagonete e leva até a esteira deixando a plataforma disponível para que seja movimentada até a linha de retorno. O sensor RETIRAR_DESMOLDAR é responsável por identificar quando a plataforma se posiciona no início da linha de produção e o sensor SEM_CARRO_LINHA1 é responsável por identificar quando a linha de produção já removeu o vagonete, ou seja, quando o seu valor for negado (falso), o processo irá identificar que não há vagonete sob a plataforma e irá acionar o motor da linha principal para que a plataforma seja movimentada até a linha de retorno.

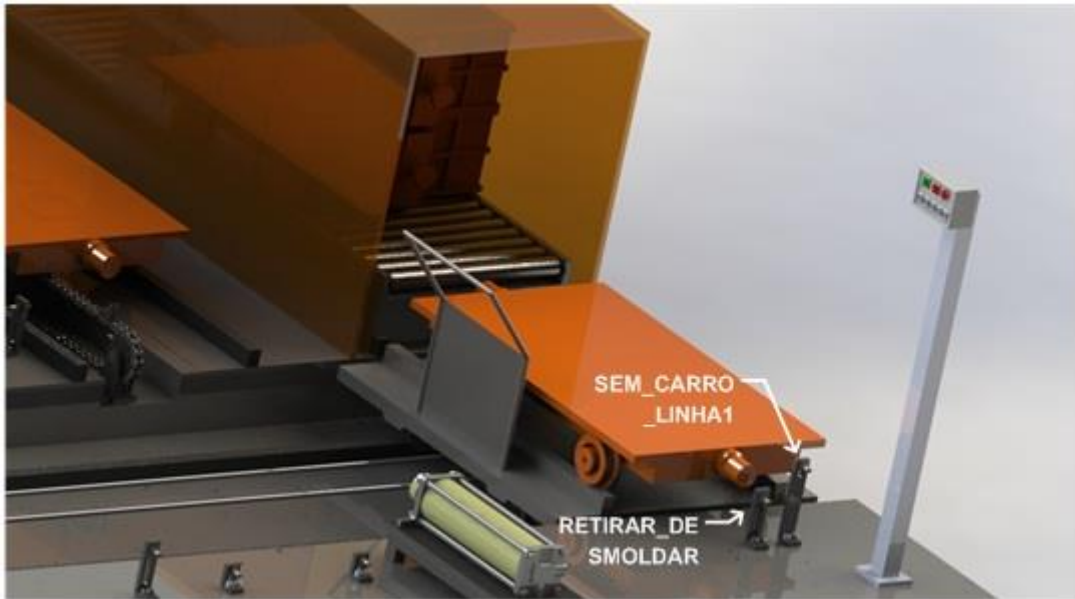


Figura 20 - Lógica dos sensores 2.

A Figura 21, exibe a terceira etapa do processo, onde a plataforma já está posicionada no início da linha de retorno para que o cilindro empurre o vagonetes, que está sob a plataforma, até a linha. No início da linha de retorno, o sensor CARRO1_LINHA_RETORNO tem a função de indicar quando a plataforma está na posição correta para que seja empurrado pelo cilindro hidráulico, porém, o cilindro hidráulico só é acionando quando o sensor CAIXA_ENTRADA_LINHARETORNO estiver negado, pois, indica que não há vagonete no início da linha.

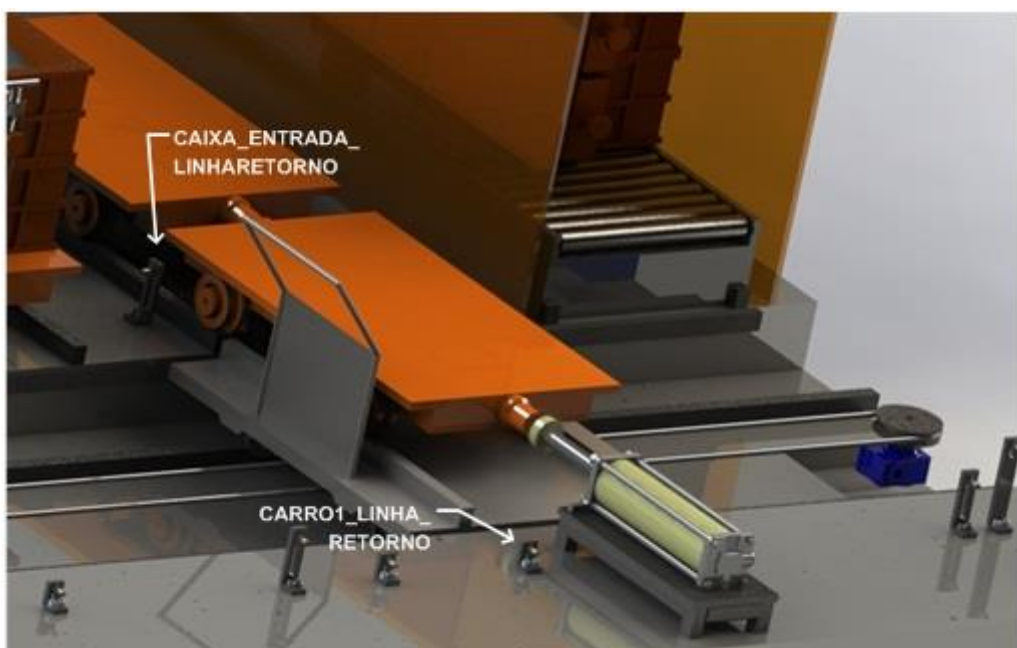


Figura 21 - Lógica dos sensores 3.

Com a fase de abastecimento da linha de produção concluída, o vagonete fica posicionado na linha de aguardo até que a linha de produção disponibilize a bacia no final da linha, ou seja, do lado oposto à linha de abastecimento e com um novo molde, dando sequência ao processo de aguardo e resfriamento do material.

A fase de aguardo e resfriamento é iniciada junto com a fase de abastecimento da linha, pois, quando o operador seleciona a linha que será feita a movimentação a plataforma da linha transversal do lado do aguardo e resfriamento é posicionada no final da linha de retorno.

A Figura 22 ilustra o posicionamento da plataforma no final da linha de retorno onde o sensor CARRO2_LINHA_RETORNO é responsável por indicar quando está na posição correta.

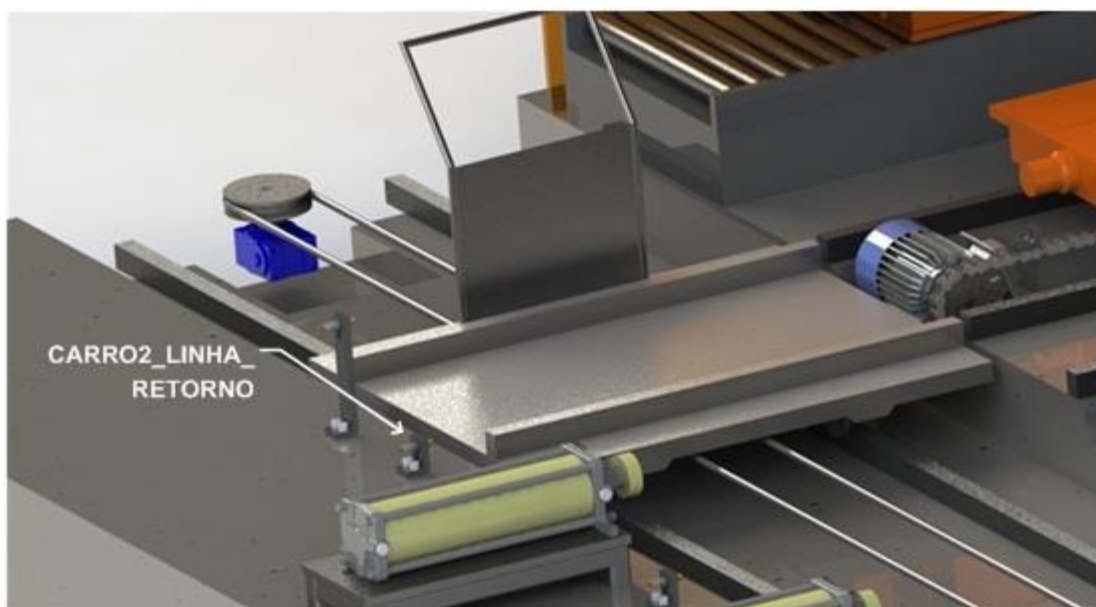


Figura 22 - Lógica dos sensores 4.

Quando o cilindro hidráulico empurra o vagonete, que está em cima da plataforma da linha transversal para o início da linha de retorno, esta ação liga o motor da linha de retorno fazendo com que o vagonete seja movimentado até o fim da linha, onde irá aguardar o recebimento da bacia vazia da linha de produção. A bacia é colocada sobre o vagonete e este é movimentado até a plataforma da linha transversal que já aguarda no fim da linha de retorno.

A Figura 23 mostra o final da linha de retorno onde há o sensor POSICAO_REC_CAIXA responsável por indicar quando o vagonete está

posicionado no fim da linha, ou seja, enquanto o valor deste sensor for negado (falso) o motor irá tracionar a corrente até que o vagonete se posicione ao final.

O sensor `PRESENCA_CAIXA_NABASE_LINHARETORNO` é acionado quando há bacia sob o vagonete, fazendo com que o motor da linha de retorno seja ligado novamente posicionando o vagonete sobre a plataforma.



Figura 23 - Lógica dos sensores 5.

Após o posicionamento do vagonete em cima da plataforma o motor da linha principal do lado do aguardo e resfriamento é acionado fazendo com que a plataforma seja levada até o ponto inicial da linha selecionada pelo operador no começo do processo, neste exemplo, no começo da linha 1.

A Figura 24 exhibe o sensor `PRESENCA_CAIXA_CARRO2` responsável por informar ao processo que o vagonete já está localizado sob a plataforma, acionando o motor da linha principal para que a plataforma seja movimentada até a linha 1.



Figura 24 - Lógica dos sensores 6.

Ao chegar ao início da linha 1 o cilindro hidráulico irá empurrar o vagonete de cima da plataforma para a linha 1 onde é realizado o aguardo do material finalizando assim o ciclo do processo.

A Figura 25 ilustra esta etapa do processo onde o sensor CARRO2_LINHA1 indica que a plataforma está presente no local adequado para que o cilindro hidráulico empurre o vagonete, porém, o vagonete só será empurrado se o sensor CAIXA_ENTRADA_LINHA1 estiver negado (falso), indicando que a primeira posição da linha está disponível para receber o vagonete finalizando o processo.



Figura 25 - Lógica dos Sensores 7.

6 PROJETO DE AUTOMAÇÃO

A programação para automação foi desenvolvida em linguagem de SFC. O programa foi dividido em duas partes, um para os vagonetes que abastece a linha de produção e outro para os vagonetes que sai linha de produção que vão para o resfriamento.

Para que houvesse a comunicação entre as duas partes do programa foi criado um programa geral (PLC_PRG(PRG)), como a Figura 26 ilustra.

A em linguagem blocos de função contínua (Continuous Function Chart - CFC) é uma ferramenta do Codesys, cuja finalidade é a transmissão de dados entre duas partes do programa.

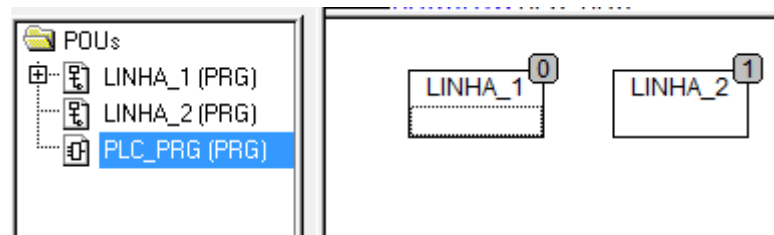


Figura 26 - Diagrama de blocos de função contínua.

Além do bloco de função contínua, foi adicionado também um contador, que é uma função associada a uma função do SFC ilustrada na Figura 27, que quando o processo execute certa quantidade de vezes o ciclo o sistema irá desligar e assim o operador terá a função de selecionar as novas linhas.

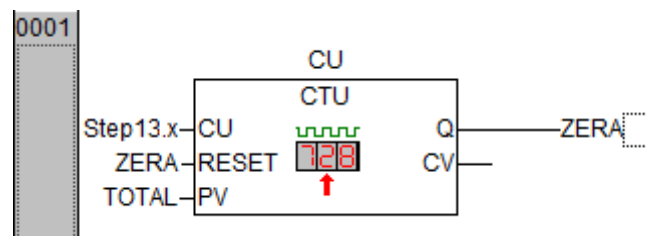


Figura 27 - Contador.

Quando na sequência do SFC o processo passar a quantidade de vezes que foi definido na opção "PV", o sistema assume o máximo de vezes que o ciclo será executado, quando essa quantidade for alcançada é dado sinal a saída "Q" d bloco, esse faz com que o contador seja reiniciado e zerado para uma nova contagem.

A Figura 28, exibe a programação onde tem início com reset de todas as saídas existentes, após essa etapa, vem a escolha do tipo de processo, automático ou manual. Pois além do processo automático, foi adicionado um sistema que aceita que sejam feitas todas as operações de forma manual, Este processo manual foi concebido visando eventuais falhas nos componentes, já que poderá haver situações em que será necessário executar algumas etapas de forma manual.

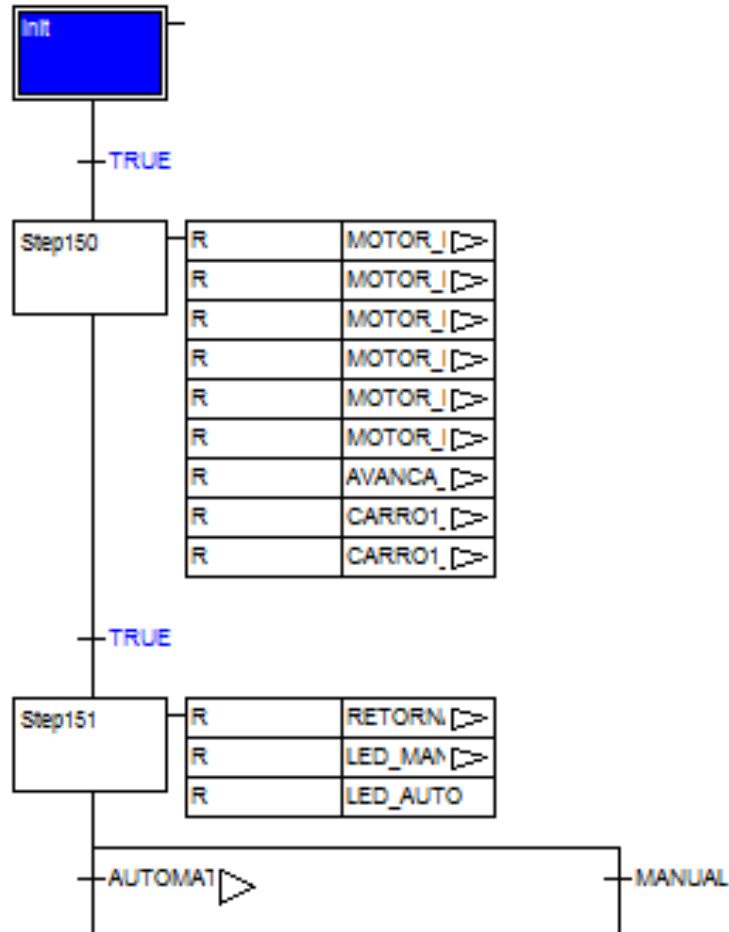


Figura 28 - Início da programação.

Com o modo automático selecionado, haverá outra escolha a ser decidida, pois qual linha o operador deverá selecionar. A Figura 29 exibe as opções que operador pode fazer (linha 1 à linha 5).

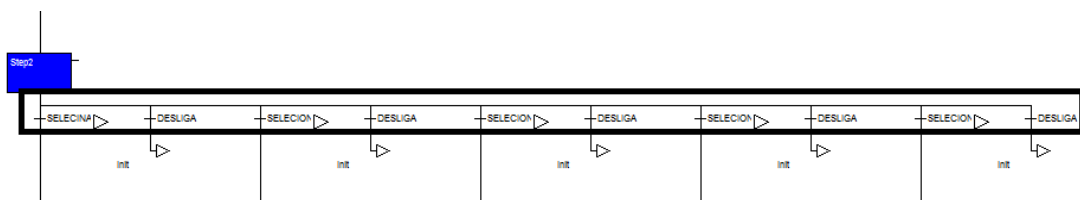


Figura 29 - Seleção de Linhas.

Com o início já configurado, o operador irá transcorrer seu ciclo, a qual linha ele selecionou, a Figura 30 ilustra o processo de uma linha.

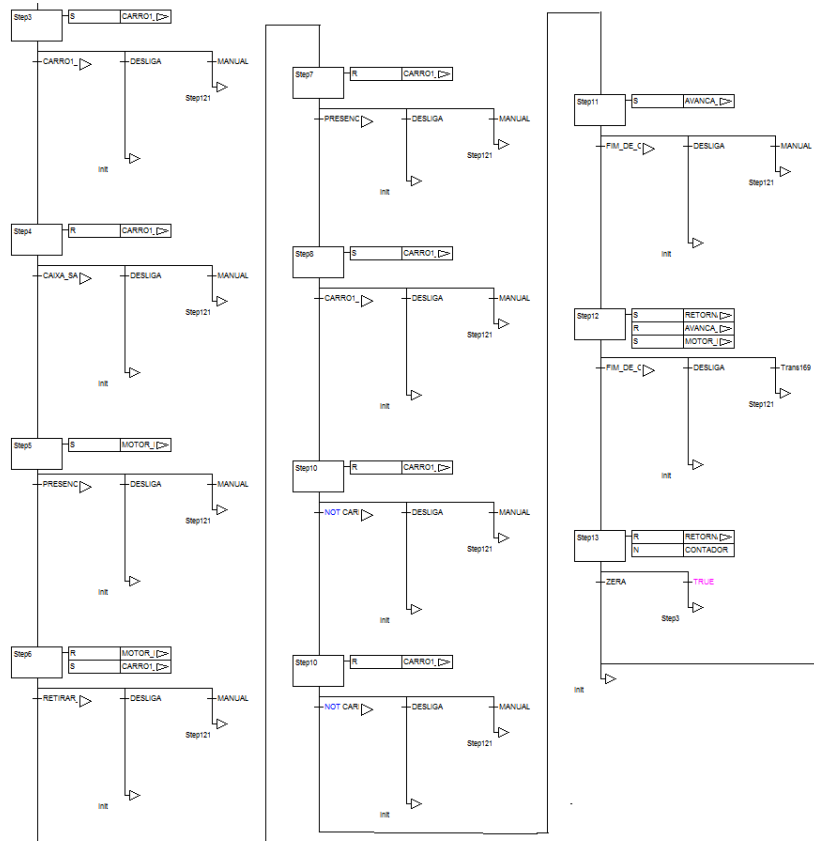


Figura 30 - Fim do programa.

Como mencionado anteriormente, o sistema também tem uma configuração para ter o funcionamento em modo manual, desta forma motores e cilindros hidráulicos tem as opções de serem acionados e desacionados quando houver à necessidade.

Um exemplo prático é quando o motor da linha principal de aguardo e resfriamento é ligado, ele só desativa se o operador desligar ou quando o sensor do final da linha fechar, para que não haja um descarrilamento do vagonete.

A Figura 31 ilustra esse processo. A variável LIGA_MOTOR_1 tem a função de ligar o motor da linha 1 e quando o operador desejar desligar o motor, ele terá que acionar a botoeira com a variável DESLIGA_MOTOR_LINHA1, se o operador não desligar, quando a caixa chegar ao sensor PRESENC_CAIXA_CARRO1, aciona e faz com que o motor também seja desligado.

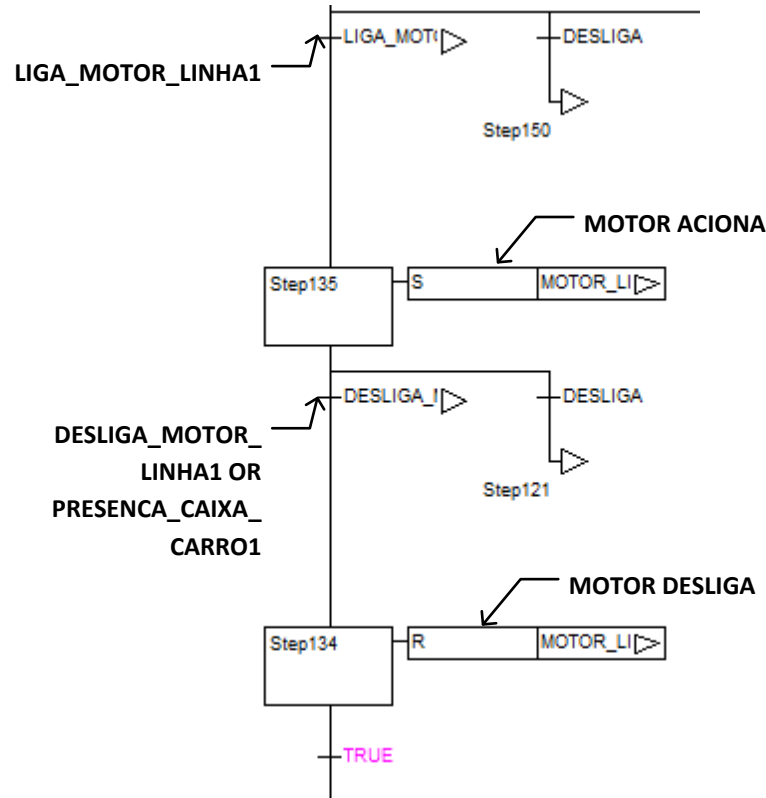


Figura 31 - Sistema de segurança para o motor.

No Quadro 4 são listados todos os sensores e atuadores usados na programação e suas funções.

	Variáveis	I/O	Função
1	AUTOMÁTICO	AT%IX0.0	Chave seletora pos 01 manual pos 02
2	DESLIGA	AT %IX0.1	Botão impulso
3	SELECIONA_LINHA1	AT%IX0.2	Botão impulso NA
4	CAIXA_SAIDA_LINHA1	AT%IX0.4	Sensor capacitivo contato NA
5	PRESENCA_CAIXA_CARRO1	AT%IX0.5	Sensor capacitivo contato NA
6	CARRO1_LINHA_RETORNO	AT%IX0.6	Sensor capacitivo contato NA
7	RETIRAR_DESMOLDAR	AT %IX0.7	Sensor capacitivo contato NA
8	CAIXA_ENTRADA_LINHARETORNO	AT %IX2.0	Sensor capacitivo contato NA
9	FIM_DE_CURSO_AVANCA_PISTAOR ETORNO	AT %IX2.1	Sensor capacitivo contato NA
10	FIM_DE_CURSO_RETORNA_PISTAOR ETORNO	AT %IX2.2	Sensor capacitivo contato NA
11	CARRO2_LINHA_RETORNO	AT %IX2.3	Sensor capacitivo
12	PRESENCA_CAIXA_CARRO2	AT %IX2.4	Sensor capacitivo contato NA
	Variáveis	I/O	Função
13	PRESENCA_CAIXA_NABASE_LINHARETORNO	AT %IX2.5	Sensor magnetico contato NA
14	CARRO2_LINHA1	AT %IX2.6	Sensor capacitivo contato NA
15	FIM_DE_CURSO_AVANCO_PISTAO1	AT %IX2.7	Sensor capacitivo contato NA
16	FIM_DE_CURSO_RETORNO_PISTAO1	AT %IX3.0	Sensor capacitivo contato NA
17	POSICAO_REC_CAIXA	AT %IX3.1	Sensor capacitivo contato NA

18	CARRO1_AVANCA_ESQUERDA	AT %QX0.0	Motor trif. 4cv do motoredutor 01 esquerda
19	CARRO1_AVANCA_DIREITA	AT %QX0.1	Motor trif. 4cv do motoredutor 01 direita
20	MOTOR_LINHA1	AT %QX0.2	Motor trifasico do motoredutor
21	AVANCA_PISTAORETORNO	AT %QX0.3	Eletroválvula avança pistao
22	RETORNA_PISTAORETORNO	AT %QX0.4	Eletroválvula retorno cilindro
23	CARRO2_AVANCA_DIREITA	AT %QX0.5	Motor trif. 4cv do motoredutor 02 direita
24	MOTOR_LINHARETORNO	AT %QX2.0	Motor trif. 4cv do motoredutor
25	AVANCA_PISTAO1	AT %QX2.1	Eletroválvula
26	RETORNA_PISTAO1	AT %QX2.2	Eletroválvula
27	CARRO2_AVANCA_ESQUERDA	AT %QX2.3	Motor trif. 4cv do motoredutor 02 esquerda

Quadro 4 - Variáveis.

A Figura 32 ilustra como que foram distribuídos os sensores no processo na linha de produção da empresa.

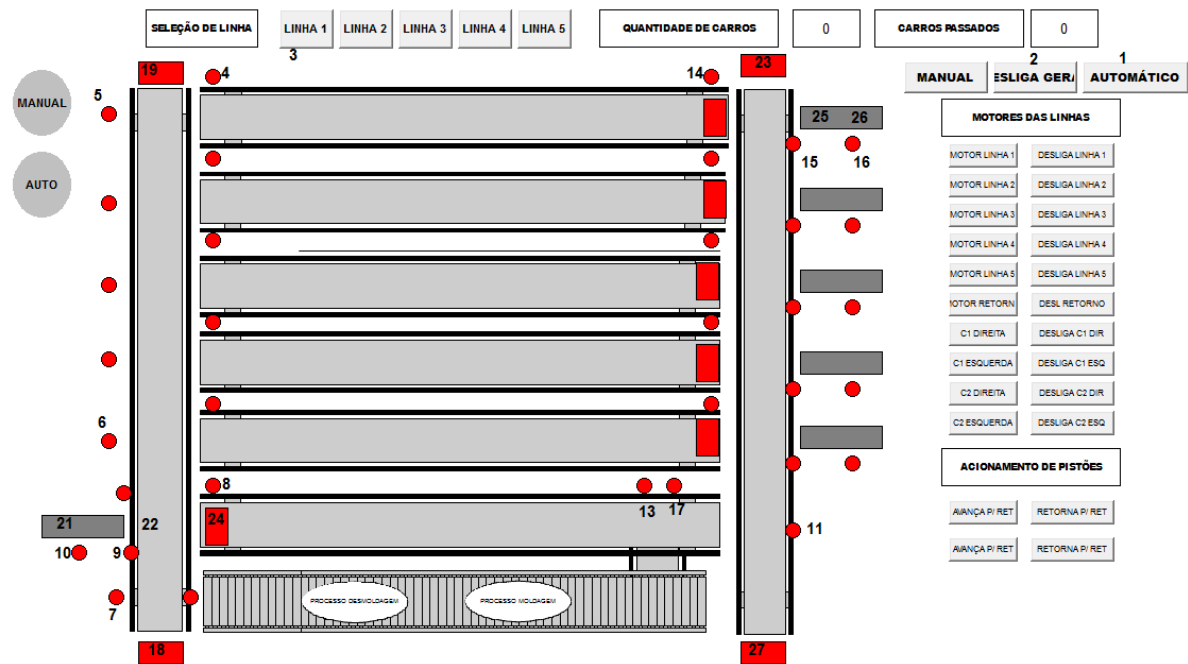


Figura 32 - Distribuição dos sensores.

No processo de programação, a declaração das variáveis é um dos passos mais importantes. No *software* Codesys, as variáveis podem ser declaradas globais, pois somente com esse tipo de declaração, o *software* consegue mandar as variáveis para dentro do CLP.

Para cada grupo de variável foi declarado também comentário explicando o que cada grupo era responsável dentro do programa, a Figura 33 exibe a declaração das variáveis.

```

0001 VAR_GLOBAL
0002
0003 (*VARIABLES DE BOTOEIRAS*)
0004 SELECINA_LINHA1 AT%IX0.2:BOOL;
0005 SELECIONA_LINHA2 :BOOL;
0006 SELECIONA_LINHA3 :BOOL;
0007 SELECIONA_LINHA4 :BOOL;
0008 SELECIONA_LINHA5 :BOOL;
0009 LED_AUTO :BOOL;
0010 LED_MANUAL :BOOL;
0011
0012 (*SENSOR QUE HÁ CARROS NO COMEÇO DE CADALINHA*)
0013 CARRO1_LINHA1 AT%IX0.3:BOOL;
0014 CARRO1_LINHA2 :BOOL;
0015 CARRO1_LINHA3 :BOOL;
0016 CARRO1_LINHA4 :BOOL;
0017 CARRO1_LINHA5 :BOOL;
0018
0019 (*MOTOR QUE TRACIONA OS CARRINHOS*)
0020 MOTOR_LINHA2:BOOL;
0021 MOTOR_LINHA1 AT %QX0.2:BOOL;
0022 MOTOR_LINHA3:BOOL;
0023 MOTOR_LINHA4:BOOL;
0024 MOTOR_LINHA5:BOOL;
0025 MOTOR_LINHARETORNO AT %QX2.0:BOOL;
0026
0027
0028 (*PLATAFORMA LINHA TRANSVERSAL*)
0029 CARRO1_AVANCA_DIREITA AT %QX0.1:BOOL;
0030 CARRO1_AVANCA_ESQUERDA AT %QX0.0:BOOL;
0031
0032 (*SENSOR PISTAO LINHA DE RETORNO*)
0033 FIM_DE_CURSO_AVANCA_PISTAORETORNO AT %IX2.1:BOOL;
0034 FIM_DE_CURSO_RETORNA_PISTAORETORNO AT %IX2.2:BOOL;

```

Figura 33 - Declaração de variáveis.

6.1 INTERFACE HOMEM MÁQUINA - IHM

Para criação da IHM de controle do sistema foi utilizado também o Codesys. Primeiramente foram utilizadas imagens já prontas, mas devido à dificuldade de manuseio e edição dessas imagens, passamos a produzir as imagens dentro do editor gráfico que o Codesys suporta. A única imagem exportada fora do editor do Codesys foi o plano de fundo da IHM. A Figura 34 ilustra como ficou a tela da IHM.

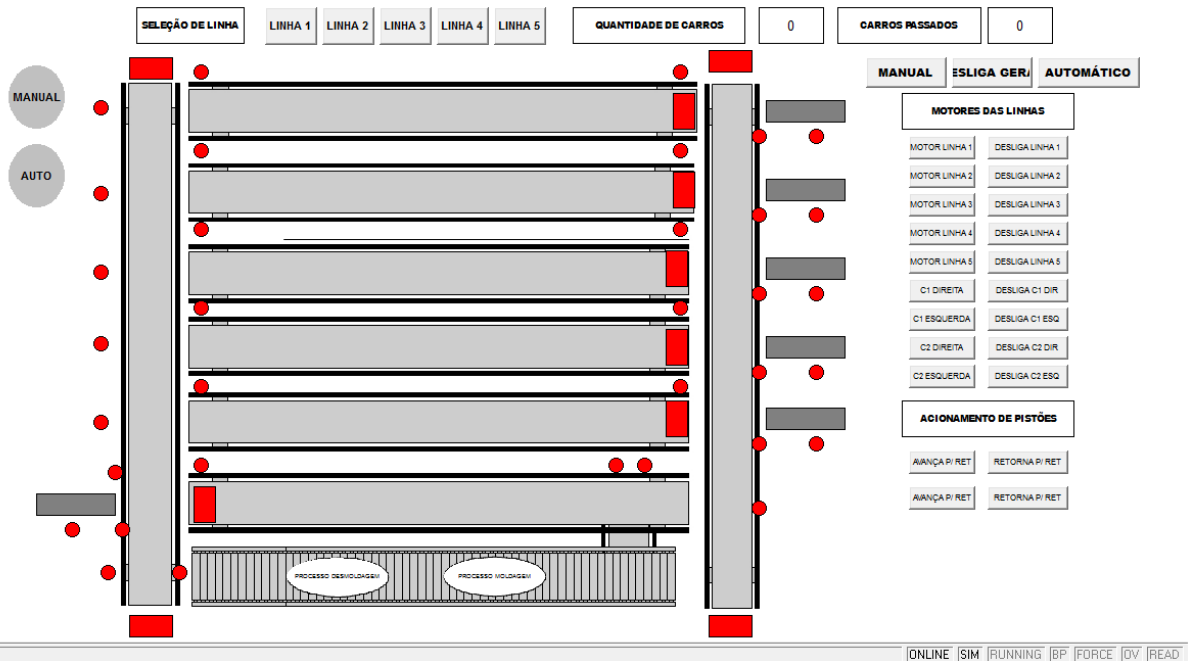


Figura 34 - Tela inicial da IHM.

Com a IHM, foi possível verificar onde cada componente do sistema está ativo ou não.

A Figura 35 apresenta como a IHM é uma interface do programa, na tela inicial o sistema começa operando quando o usuário seleciona a configuração automática ou manual, feito isso, um indicador é aceso apontando qual tipo de sistema o usuário selecionou.

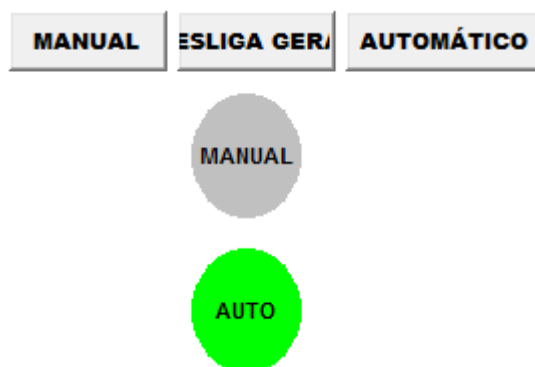


Figura 35 - Botões e Indicadores.

Com a opção selecionada o operador pode optar em qual linha o processo irá ocorrer, vai da linha 1 até a linha 5. Posteriormente é possível criar uma configuração onde o usuário opta por quantos vagonetes irá passar pela linha de produção esse momento ilustrado na Figura 36.

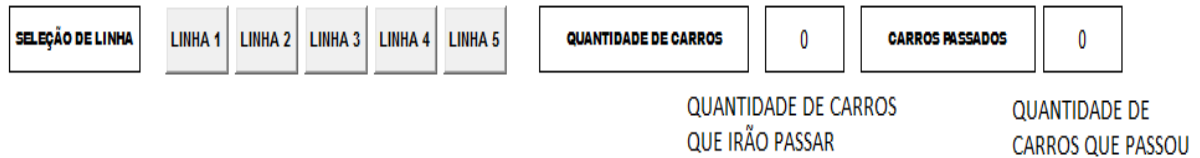





Figura 36 - Configuração de linhas.

Há na IHM simbologias para motores, cilindros e sensores que são apresentadas no Quadro 5.

Simbologia	Função
	Motor elétrico trifásico 220V
	Sensor Indutivo/Capacitivo
	Cilindro Hidráulico

Quadro 5 - Simbologia da IHM.

É possível observar como o sistema está se comportando, quando, por exemplo, o motor da linha transversal que faz a plataforma se movimentar, que tem a função de levar os vagonetes para a linha de produção, é acionado a saída CARRO1_AVANÇA_DIREITA. Neste momento a simbologia na IHM passa da cor vermelho para a cor verde indicando que o motor está ligado. A Figura 37 ilustra o momento que o motor está acionado.

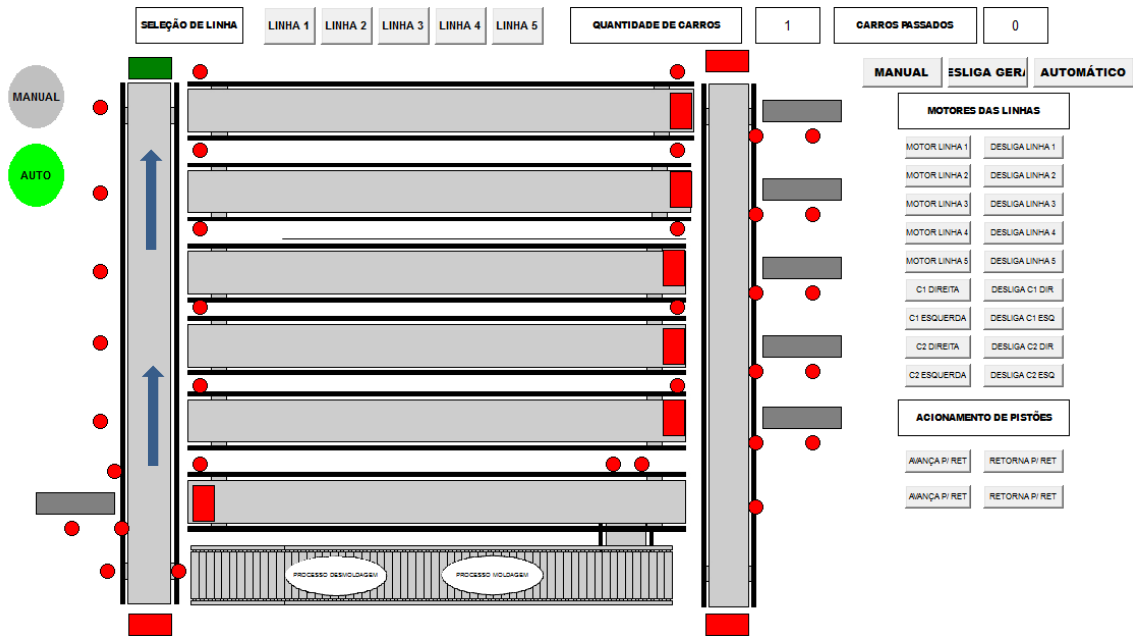


Figura 37 - Demonstração do fluxo motor acionado.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão abordados os testes feitos em bancada no laboratório J44 e os resultados que se espera obter com a implementação da proposta de automação realizada neste trabalho.

7.1 TESTE DA LÓGICA DE AUTOMAÇÃO

Os testes em bancadas foram realizados no laboratório de automação J44 da UTFPR do câmpus de Medianeira.

Para que fosse possível a simulação do processo, foram utilizados componentes presentes no laboratório para simular o comportamento de diversos equipamentos, como, lâmpadas para simularem os motores, cilindros pneumáticos para simularem os cilindros hidráulicos no processo, sensores capacitivos para indicar a aproximação dos vagonetes nas linhas, botoeiras para que fosse feito a acionamento do processo e seleção da linha, e uma botoeira de emergência.

Após todos componentes interligados ao CLP foi necessário fazer a transferência da programação do computador para o CLP, e isso é possível com um cabo RS232, que é a comunicação serial entre dois dispositivos.

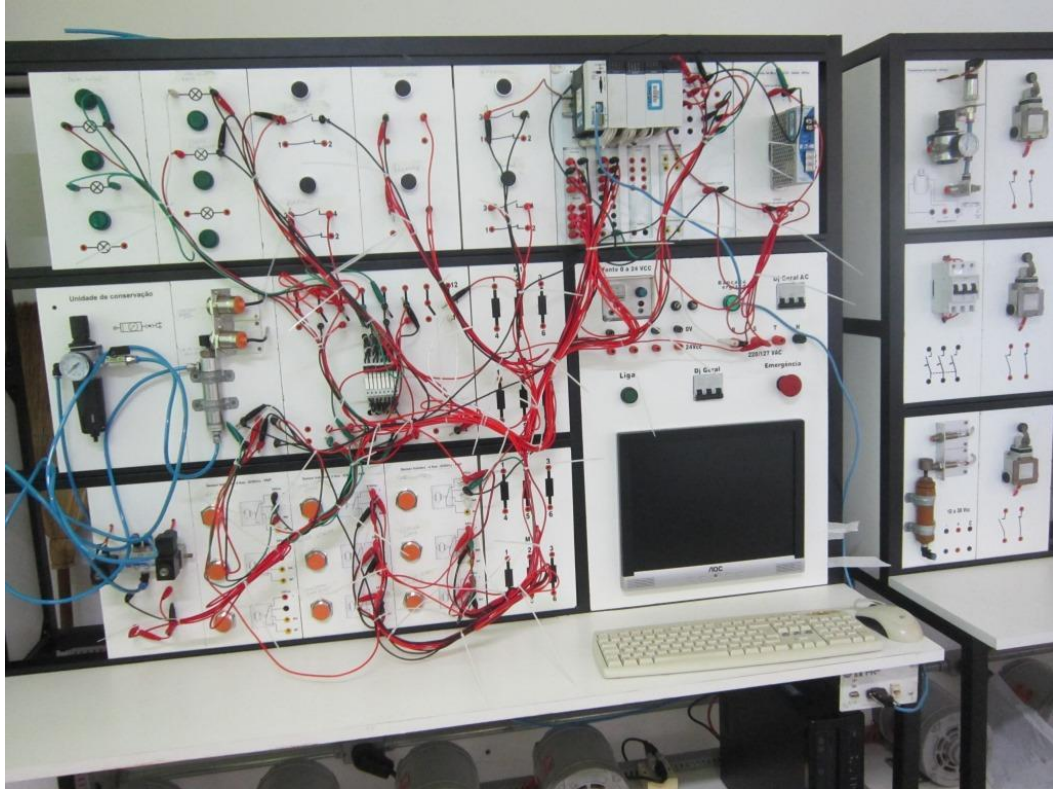


Figura 38 - Montagem na bancada.

Em um dos testes que foi realizado com os sensores, introduziu-se uma situação em que o sensor capacitivo era acionado por um sinal aleatório, ocasionado fora da ordem de etapa da programação, para averiguar se algum componente de saída seria acionado por esse sinal do sensor. No entanto, o sistema se comportou de forma satisfatória, pois mesmo o sensor sendo acionado, a programação não deixou com que a saída fosse também acionada, respeitando a ordem das etapas.

Foram realizados testes de funcionamento na tela da IHM, onde as saídas e entradas foram executadas para ver se a ação da IHM era correspondente à ação física dos componentes usados na montagem em bancada.

Para identificar falhas com o acionamento do motor, foram realizados testes com a configuração manual da IHM onde todos os motores se mostraram operantes. Quando os motores são acionados a simbologia verde é ligada na IHM e ao mesmo tempo a saída do motor no CLP também é ativada, assim, se estivesse conectado um motor nessa saída ele seria acionado.

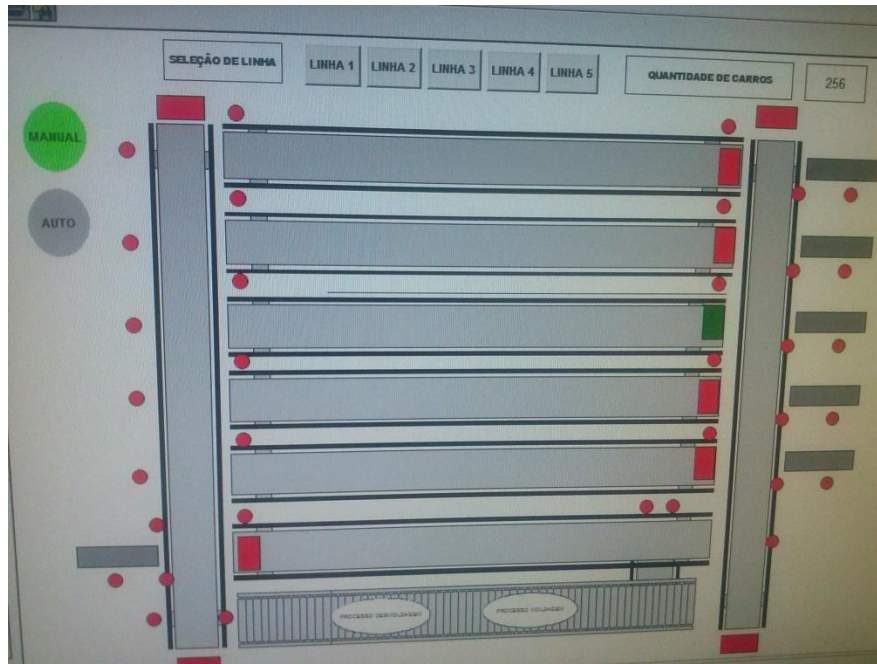


Figura 39 - Simulação do funcionamento.

Durante os testes, foram identificadas falhas com relação à falta de um sensor que indicasse o fim de curso do cilindro hidráulico, assim, o mesmo não retornava. Após a inclusão do sensor o sistema passou a efetuar o processo de forma correta.

7.2 BENEFÍCIOS DO NOVO SISTEMA

É possível constatar que com o projeto de automação a empresa ganharia em produção, na Tabela 1 é mostrado como que a automação influenciaria em seu ganho.

Os dados da Tabela 1 foram levantados considerando que, como visto anteriormente, as linhas principais, onde é aguardado o resfriamento do material, são paralelas em relação à linha de produção, logo, a linha 1, existe uma diferença de tempo no percurso até a linha de produção partindo da linha 1 e da linha 5. Na Tabela 1, foi apresentado o quanto é essa diferença de distâncias entre as linhas principais com a linha de produção.

As condições que foram calculadas o tempo que cada vagonete percorre um ciclo de produção, desde a saída do resfriamento até a entrada do aguardo de material, são a de um ciclo contínuo, sem interrupções, como atrasos na colocação de machos nos moldes, e também na troca destes moldes. Esta etapa acontece quando é terminada a produção de um lote de peças e inicia-se um novo lote.

O cálculo se baseou em duas velocidades, uma da linha principal, sendo esta de 0,44m/s, e das linhas de aguardo e resfriamento, nas quais a velocidade dos vagonetes é de 0,47m/s. Com as duas velocidades, foi calculada a média, que nesse caso passa a ser de 0,45 m/s.

	DISTANCIA PERCORRIDA(m)	TEMPO DA DISTANCIA PERCORRIDA(s)	VAGONETES TRANSPORTADOS POR HORA
Linha 1	23,55	51,75	69
Linha 2	24,97	54,87	65
Linha 3	26,39	58	62
Linha 4	28,20	61,37	59
Linha 5	30,64	67,34	53

Tabela 1 – Demonstrativos de resultados.

Comparando ao processo antigo, no qual os operadores trabalham empurrando os vagonetes com força braçal, com a proposta de automação, a média de vagonetes transportados pelo processo passaria a ser de 61. A Tabela 2 mostra os comparativos.

Foi constatado que no processo atual, por meio de observações feitas, em média a empresa consegue trabalhar com 30 vagonetes por hora.

	Vagonetes por hora em média	Vagonetes por jornada de trabalho
Processo braçal	30	270
Processo automatizado	61	549

Tabela 2 - Comparações entre os processos.

A partir dos dados levantados, é possível identificar que com a proposta de automação do processo, a produtividade da empresa poderia ser quase dobrada.

Outro fato importante é que hoje, no processo braçal, são quatro operadores que fazem a função de empurrar estes vagonetes, com uma média salarial de R\$2.000,00, com a proposta de automação estima-se que serão necessários somente dois operadores, e assim o setor passaria a ter uma economia mensal de R\$4.000,00 em média. Há também que se destacar que para os operadores que permanecessem trabalhando nas linhas, seus esforços físicos seriam menores, preservando sua saúde. Assim, o risco do operador sofrer algum dano a sua saúde diminuiria consideravelmente.

Destaca-se ainda que a IHM, também apresentado nesta proposta de automação, tem a função de controlar todos os componentes, como motores elétricos e cilindros hidráulicos. Isto facilitaria o controle e supervisão do processo por parte do operador.

Devido ao fato de esta planta de fundição ser uma automação complexa, além de ter o processo automático, o sistema disponibiliza ainda um sistema manual, para quando houver irregularidades durante o dia-dia de trabalho, o operador consiga controlar todos os componentes manualmente por meio da interface da IHM. Isto possibilita mais simplicidade na movimentação de qualquer vagonete que não estiver de acordo com o processo, sendo por falha de recebimento de material ou uma quebra de algum componente.

8 CONCLUSÃO

Com a automação do processo fica visivelmente mais fácil de controlar a movimentação desses vagonetes, fazendo com que também sua produção possa aumentar. Foi verificado, por meio dos dados apresentados, que em um ciclo contínuo a produção da linha de fundição pode dobrar.

Identifica-se também, que além de um aumento de produção, outro fator importante é a diminuição de esforços físicos dos operadores em relação ao serviço de empurrar os vagonetes, e também não sendo necessário pelo menos 2 operadores, que ali trabalham na movimentação dos vagonetes, resultaria em uma economia em média mensal de R\$ 4.000,00.

Para o desenvolvimento do projeto mecânico para a linha principal, foram identificadas outras hipóteses de movimentação da plataforma, como por exemplos a utilização de cremalheiras, porém, optou-se por um sistema de cabo de aço, por identificar que o sistema de cremalheiras iriam acumular sujeiras e assim o desgastes dos componentes poderiam atrapalhar o funcionamento do processo.

Ainda há de se comentar que o aprendizado adquirido com essa proposta de automação ultrapassou expectativas iniciais, destaque maior pelo aprendizado nos *softwares* Codesys que serviu para a programação do SFC, e o Solidworks, que foi utilizado para projetar as linhas, para desenvolver o sistema mecânico.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Djair Cesario Deent. **A Influencia da Tecnologia Sobre Os Acidentes De Trabalho**. Porto Alegre 1989.

BORGES, Marcos. **Fundição**. Disponível em <http://mmborges.com/processos/Conformacao/cont_html/fundicao.htm> Acessado em: 15 de Jul. 2013.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. NR 17 Ergonomia**. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr_17.pdf> Acesso em: 15 Ago. 2014.

FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. **Controladores lógicos programáveis - Sistemas Discretos**. 2ª Edição. Editora Érica, 2009.

GENUINO, Valdeci. TREIN, Fabiano André. **Automatização Em Células De Fundição De Alumínio Por Gravidade**. Disponível em <<http://ged.feevale.br/bibvirtual/Artigo/ArtigoValdeciGenuino.pdf>> Acessado em: 13 de Jul. 2013.

GEREMIA REDUTORES. **Redutor GS**. Disponível em: <<http://www.geremiaredutores.com.br/download-pdf.php?menu=catalogo&arquivo=redutor-catalago-linha-gs.pdf>> Acessado em: 01 de Jul. 2014

MACHADO, Izabel. **Introdução à Manufatura Mecânica – PMR 2202 - Processos de Fundição e Sinterização (Metalurgia do Pó)**. Disponível em <<http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/Processos%20de%20Fundição%20e%20Sinterização.pdf>> Acessado em: 15 de Jul. 2013.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de Máquinas**. 9. ed. rev. São Paulo: Érica, 2009. 376 p.

Eaton. **Guia Rápido XC 100/200**. Disponível em <http://www.cefetsp.br/edu/maycon/arqs/guia_codesys.pdf> Acessado em 01 Jun. 2014

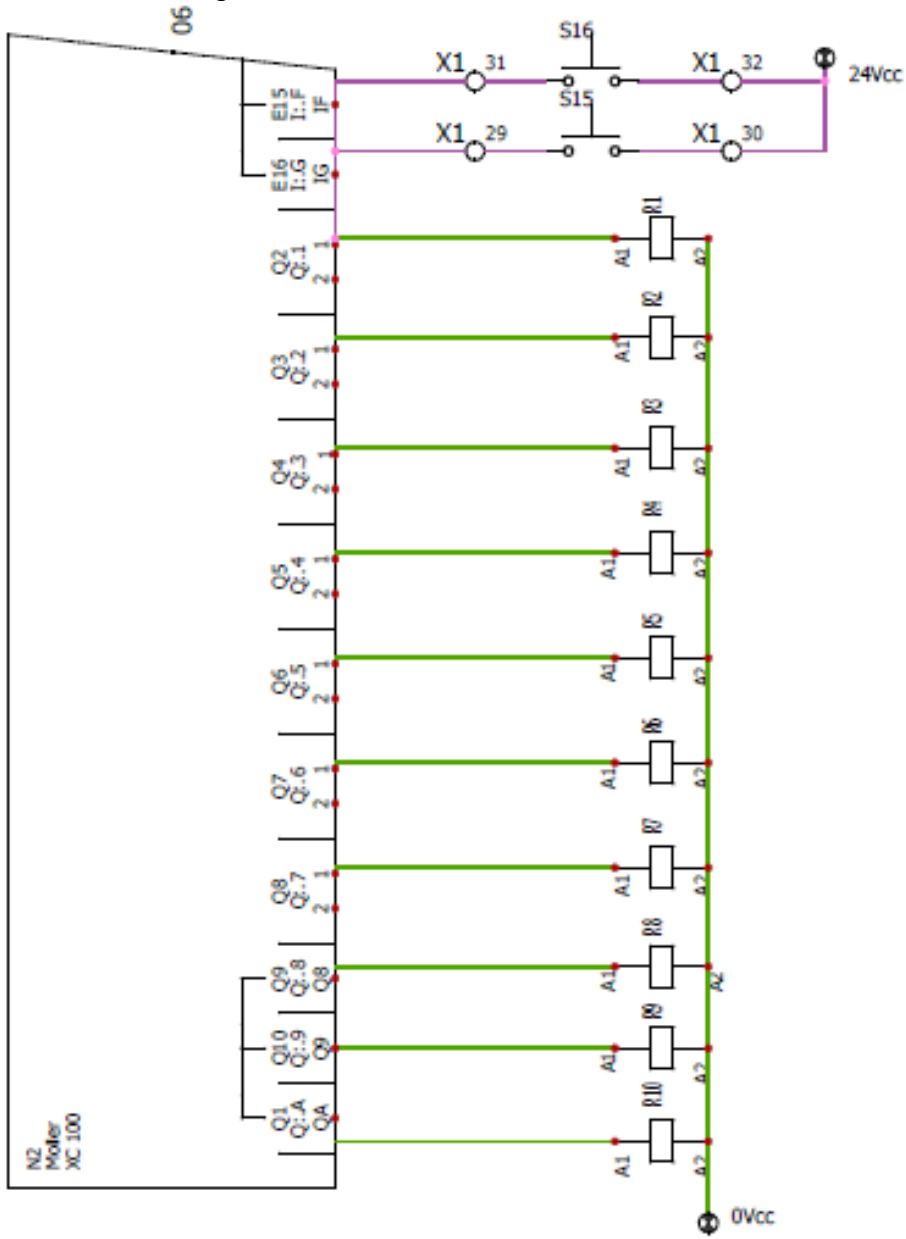
SHIGLEY, J. E., **Elementos de Máquinas**, Vol. 1, 3ed., LTC, Rio de Janeiro, 1984

SILVA, Ana Paula Gonçalves da, SALVADOR, Marcelo, O que são sistemas supervisórios?, Disponível em <www.wectrus.com.br/artigos/sist_superv.pdf>. Acesso em: 01 de Jul. 2014.

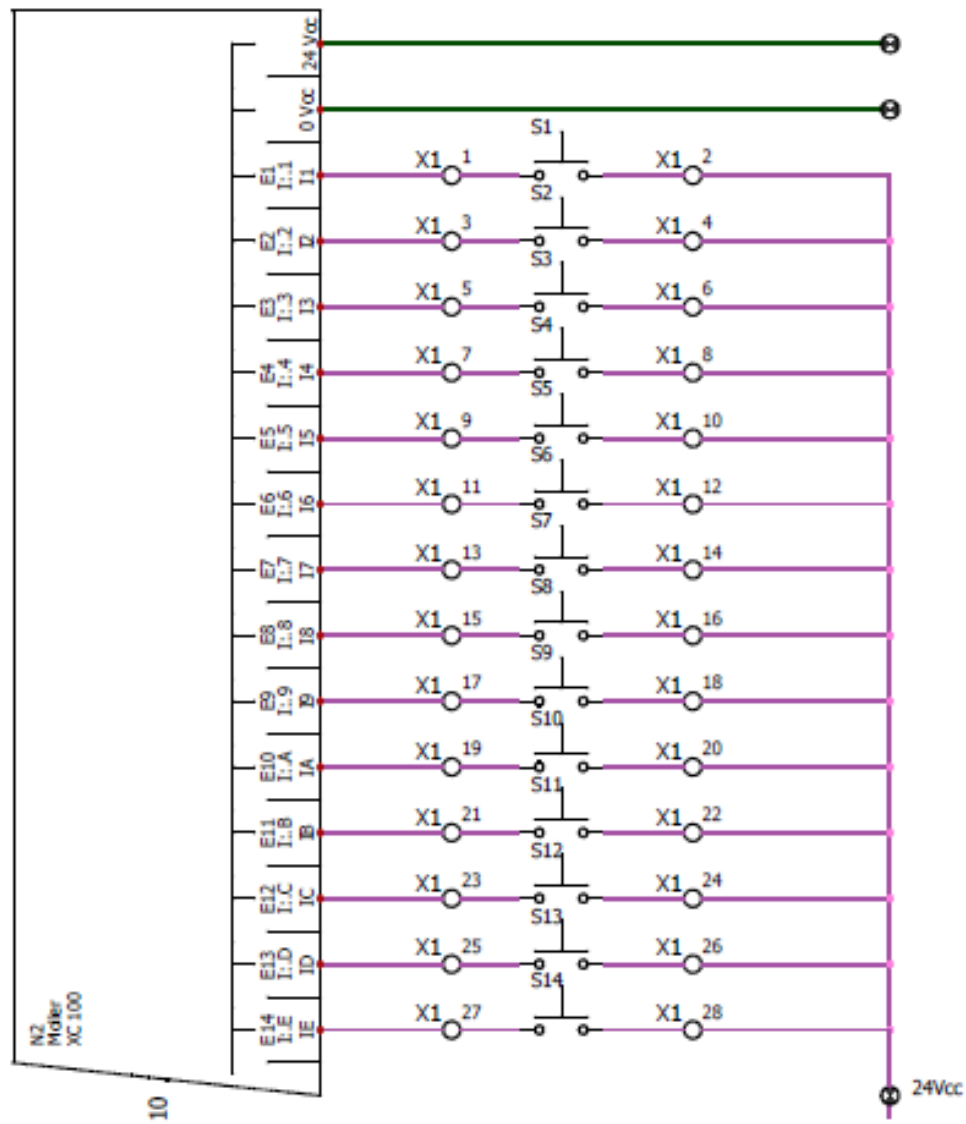
SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Curso De Automação Industrial**. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/3020515/Apostila-Automacao-Industrial>> Acessado em: 19 de Jul. 2013.

SILVEIRA, Paulo Rogério da; SANTOS, Winderson Eugenio dos. **Automação e controle discreto**. 9. ed. São Paulo: Érica, 2010.

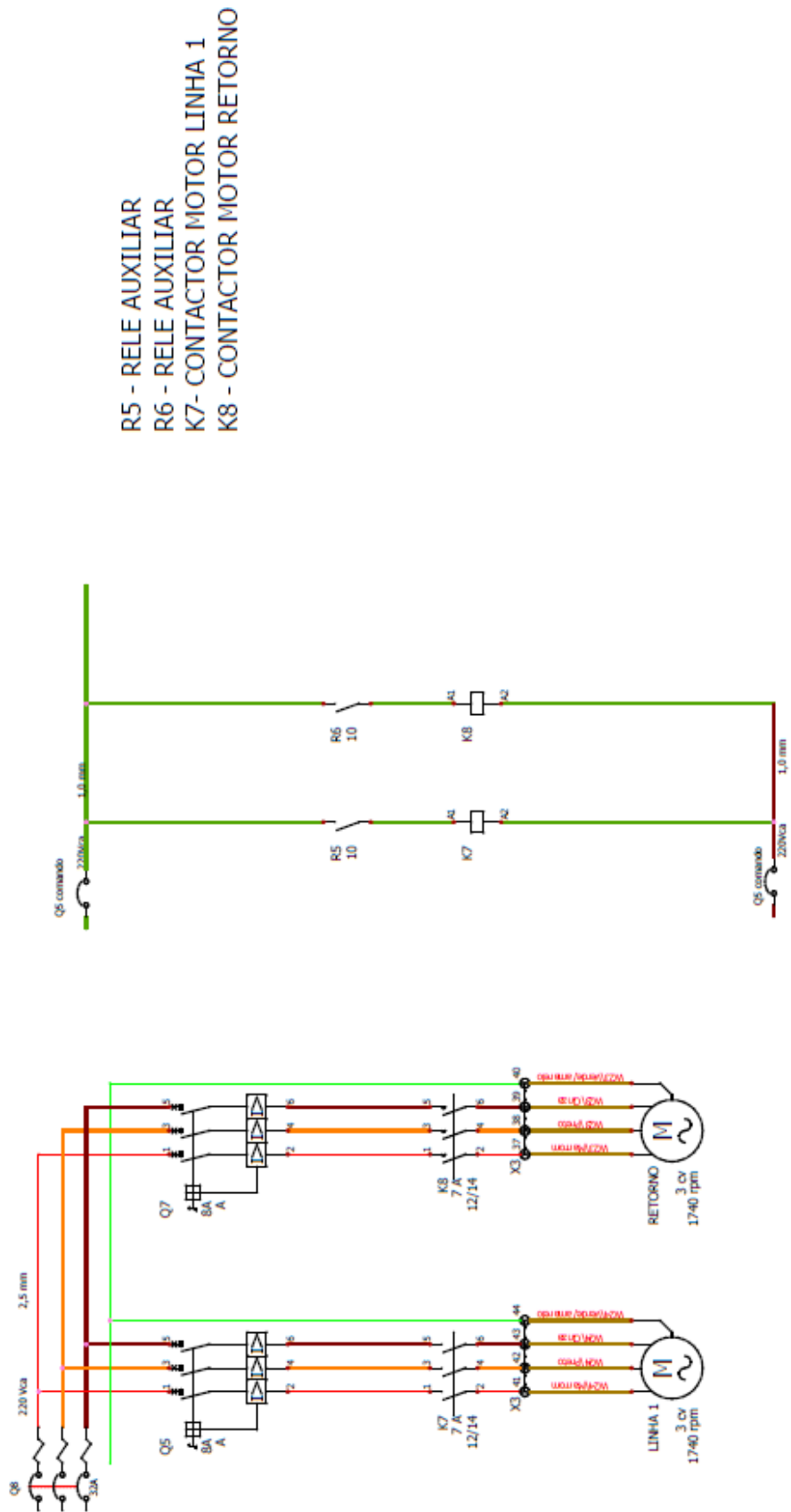
APÊNDICE A - Diagrama de saídas no CLP



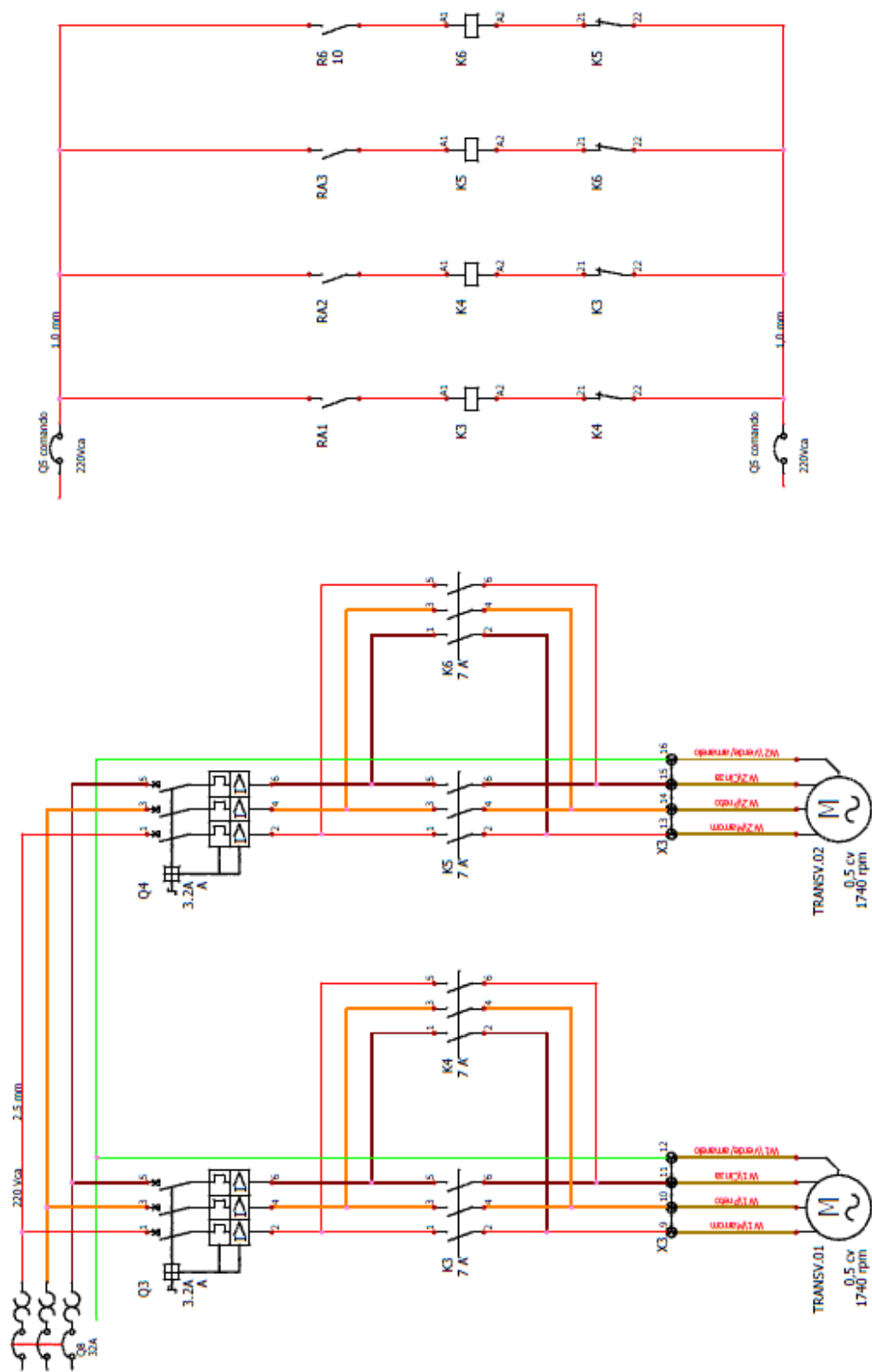
APÊNDICE B - Diagrama de entradas no CLP



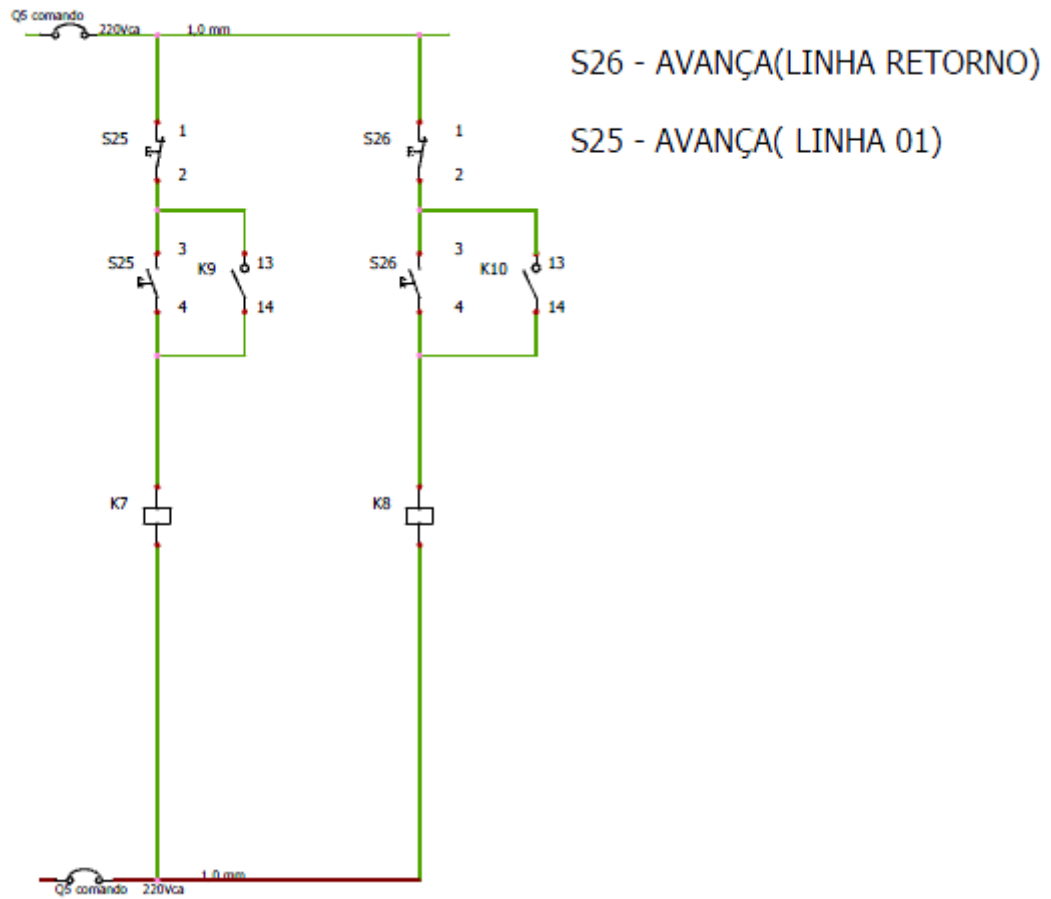
APÊNDICE C - Diagrama de comando e força da linha principal.



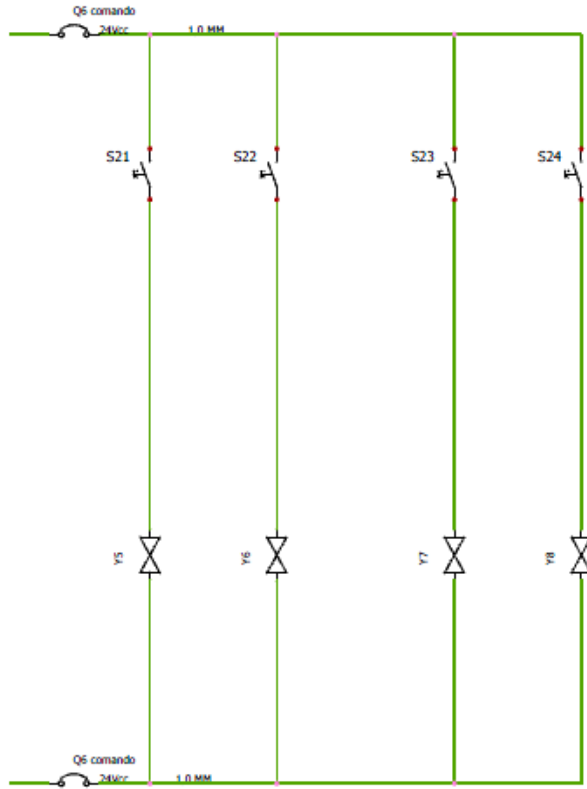
APÊNDICE D - Diagrama de comando e força para linha transversal.



APÊNDICE E – Manual linha principal.



APÊNDICE F – Manual para cilindros hidráulicos.

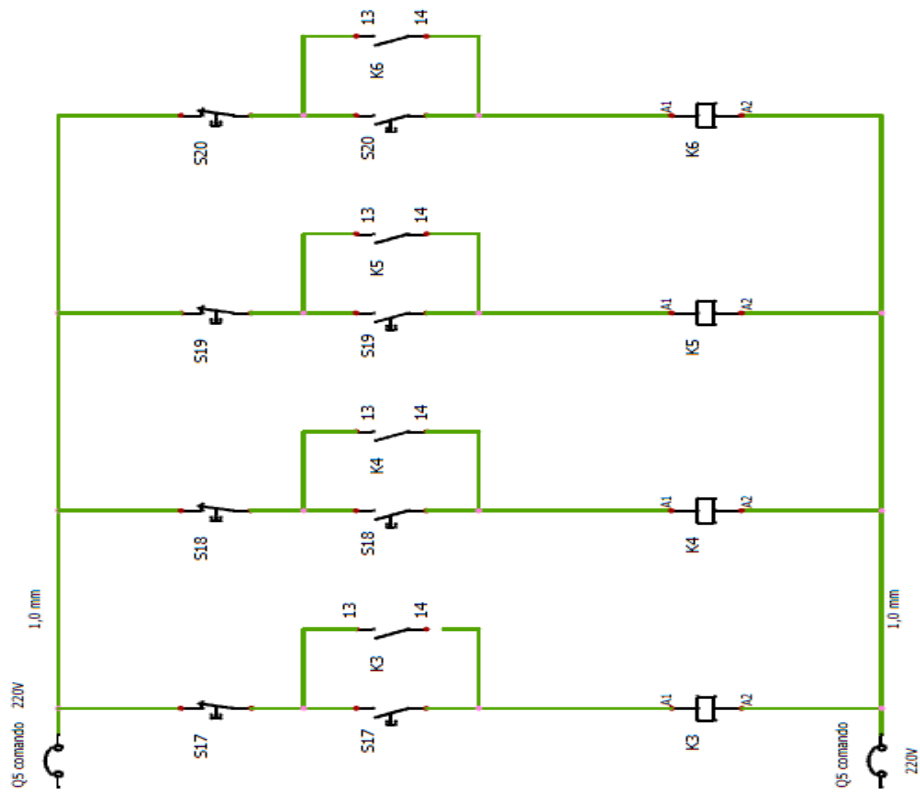


S21 - AVANÇA PISTÃO (LINHA RETORNO)
S22 - RETORNA PISTÃO (LINHA RETORNO)

S23- AVANÇA PISTAO (LINHA 01)
S24- RETORNA PISTÃO (LINHA 01)

APÊNDICE G – Manual para linha transversal.

- S17 - AVANÇA A DIREITA (PLAT. 01)
 S18 - AVANÇA A ESQUERDA (PLAT. 01)
 S19 - AVANÇA A DIREITA (PLAT. 02)
 S20 - AVANÇA A ESQUERDA (PLAT. 02)



APÊNDICE H – Diagrama comando para eletrovalvulas.

