

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

PEDRO LUIS MARTINS MENEZES

**AUTOMAÇÃO SEQUENCIAL PARA MÁQUINA DE TRANSFORMAÇÃO DE
VASILHAMES**

Alegrete

2018

PEDRO LUIS MARTINS MENEZES

**AUTOMAÇÃO SEQUENCIAL PARA MÁQUINA DE TRANSFORMAÇÃO DE
VASILHAMES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pampa, requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Mauricio Paz França

Alegrete

2018

PEDRO LUIS MARTINS MENEZES

AUTOMACÃO SEQUENCIAL PARA MÁQUINA DE TRANSFORMAÇÃO DE
VASILHAMES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
no Curso de Engenharia Mecânica da
Universidade Federal do Pampa, requisito
parcial para obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia Mecânica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 04 de Dezembro de 2018

Banca examinadora:



Prof. Mo. Maurício Paz França
Orientador

Unipampa



Prof. Dr. Giovanni Guarnieri Puccinelli

Unipampa



Prof. Mo. Thiago da Silveira

Unipampa

RESUMO

O presente trabalho desenvolveu a automação sequencial para a máquina de transformação de vasilhames utilizando componentes de automação industrial, tais como controlador lógico programável, inversor de frequência, motor rotor gaiola-esquilo, sensores. O desenvolvimento da automação sequencial para ela é uma etapa necessária para a criação do equipamento, e seu desenvolvimento. Buscando alcançar uma maior produtividade para processo de transformação, maior qualidade, e maior economia, o desenvolvimento da automação para o equipamento iniciará, o seu desenvolvimento. O controle utilizado será a lógica sequencial, alcançando a função lógica mínima através da utilização da Tabela da Verdade, Diagrama Karnaugh-Veitch, e a simulação em bancada. O controlador lógico programável tornou-se uma alternativa viável para o trabalho, pois simplificou a construção física do controle, e permitiu um melhor controle do motor de movimentação da esteira através do inversor de frequência adotado, e a sua simulação tanto em *software* como em *hardware*.

Palavras Chave: Automação, Controle, Lógica Sequencial.

ABSTRACT

The present work developed sequential automation for the container processing machine using industrial automation components, such as programmable logic controller, frequency inverter, cage-squirrel rotor motor, sensors. The development of sequential automation for it is a necessary step for the creation of the equipment, and its development. Seeking to achieve greater productivity for the transformation process, higher quality, and greater economy, the development of automation for the equipment will begin, its development. The control used will be the sequential logic, reaching the minimum logical function through the use of the Truth Table, Karnaugh-Veitch Diagram, and the bench simulation. The programmable logic controller became a viable alternative to the work, since it simplified the physical construction of the control, and allowed a better control of the motor of movement of the conveyor through the adopted frequency inverter, and its simulation in both software and hardware .

Keywords: Automation, Control, Sequential Logic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma de Desenvolvimento.....	15
Figura 2-Estimativa de material reciclado.....	18
Figura 3-Embalagens.....	19
Figura 4- Máquinas com diamante.....	19
Figura 5- Máquina por aquecimento.....	19
Figura 6- CLP TPW 03.....	21
Figura 7- Contator.....	21
Figura 8- Válvula Direcional de Carretel Deslizante.....	22
Figura 9- Válvula de Controle de Fluxo Variável Bidirecional.....	23
Figura 10- Válvula de Controle de Fluxo Variável Unidirecional.....	23
Figura 11- Válvulas De Retenção Com Mola.....	24
Figura 12- Válvula De Escape Rápido.....	24
Figura 13- Válvulas De Alívio.....	24
Figura 14- Válvula De Sequência.....	24
Figura 15- Sensor Capacitivo.....	25
Figura 16- Sensor Indutivo.....	26

Figura 17- Inversor de Frequência CFW 10.....	26
Figura 18- Esquema de um inversor de frequência trifásico.....	27
Figura 19- Atuador Pneumático Linear.....	28
Figura 20- Modelo Simplificado Processo de Transformação.....	30
Figura 21-Fluxograma de Alimentação da Esteira.....	31
Figura 22-Fluxograma de funcionamento do Sistema de Marcação.....	32
Figura 23-Fluxograma de funcionamento do Sistema de Destacamento.....	33
Figura 24-Blocos de entrada e saída CLP.....	34
Figura 25- Representação do Sistema de Alimentação da Esteira.....	37
Figura 26- Representação do Sistema de Corte.....	38
Figura 27- Representação do Sistema de Destacamento.....	40
Figura 28- Diagrama Lógico do Sistema de Alimentação da Esteira.....	43
Figura 29-Diagrama Lógico do Sistema de Corte.....	43
Figura 30- Diagrama Lógico Sistema de Destacamento.....	44
Figura 31- Comando montado em bancada.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Variáveis de Entrada do CLP.....	35
Quadro 2- Variáveis de Saída do CLP.....	35
Quadro 3- Tabela Verdade do Sistema de Alimentação da Esteira.....	36
Quadro 4- Tabela Verdade Sistema de Corte.....	38
Quadro 5- Tabela Verdade Sistema de Destacamento.....	39
Quadro 6- Saída Y4 e Y0.....	41
Quadro 7- Saída Y1.....	41
Quadro 8- Saída Y3.....	41
Quadro 9- Saída Y7.....	42
Quadro 10-Saídas Y5.....	42
Quadro 11- Saída Y6.....	42
Quadro 12- Valores encontrados na simulação em bancada do sistema de alimentação da esteira.....	46
Quadro 13- Valores encontrados na simulação em bancada do sistema de corte.....	47
Quadro 14-Valores encontrados na simulação em bancada do Sistema de Destacamento.....	47
Quadro 15- Passos configuração Inversor Frequência HPI6000.....	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. OBJETIVOS.....	14
1.1.1. Objetivo Geral.....	14
1.1.2. Objetivos Específicos.....	14
1.2. JUSTIFICATIVA.....	14
1.3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	14
1.4. METODOLOGIA.....	15
1.4.1. Formulação Verbal do Problema.....	15
1.4.2. Elaboração da Tabela de Correspondência Lógica.....	15
1.4.3. Elaboração da Tabela Verdade.....	16
1.4.4. Elaboração do Diagrama Karnaugh-Veitch.....	16
1.4.5. Elaboração do Diagrama Lógico.....	16
1.4.6. Execução Física do Comando.....	16
1.4.7. Análise Final.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17

2.1. Cenário atual da Reciclagem no Brasil.....	17
2.2. Propriedades do Vidro.....	18
2.3. Máquinas disponíveis no Mercado.....	19
2.4. Controlador Lógico Programável.....	20
2.4.1. Configuração Básica CLP.....	20
2.5. Contatores.....	21
2.6. Válvulas Pneumáticas Direcionais.....	22
2.6.1. Válvulas Controle Direcional.....	22
2.6.2. Válvula Controladora de Fluxo.....	22
2.6.3. Válvulas de Bloqueio.....	23
2.6.4. Válvulas Controladoras de Pressão.....	24
2.7. Sensores de Presença.....	25
2.7.1. Sensor Capacitivo.....	25
2.7.2. Sensor Indutivo.....	25
2.8. Inversor de Frequência.....	26
2.8.1. Princípio de Funcionamento.....	26
2.9. Motor de Indução com Rotor Gaiola de Esquilo.....	27
2.9.1. Princípio de Funcionamento.....	28

2.10. Atuadores Pneumáticos Lineares.....	28
2.11. Comandos Combinatórios.....	29
3. DESENVOLVIMENTO DA AUTOMAÇÃO SEQUENCIAL PARA MÁQUINA DE TRANSFORMAÇÃO DE VASILHAMES EM COPOS.....	30
3.1. Projeto Conceitual para Máquina de Transformação de Vasilhame em Copos.....	30
3.2. Formulação verbal do problema.....	30
3.3. Elaboração da Tabela de Correspondência Lógica.....	34
3.4. Elaboração da Tabela Verdade.....	35
3.4.1. Tabela Verdade do Sistema de Alimentação da Esteira.....	36
3.4.2. Tabela da Verdade do Sistema de Corte.....	37
3.4.3. Tabela Verdade do Sistema de Destacamento.....	39
3.5. Elaboração do Diagrama Karnaugh-Veit.....	40
3.5.1. Elaboração do Diagrama Karnaugh-Veit do Sistema de Alimentação da Esteira. .	40
3.5.2. Elaboração do Diagrama Karnaugh-Veit do Sistema de Corte.....	41
3.5.3. Elaboração do Diagrama Karnaugh-Veit do Sistema de Destacamento.....	42
3.6. Elaboração do Diagrama Lógico.....	42
3.6.1. Diagrama Lógico do Sistema de Alimentação da Esteira.....	43
3.6.2. Diagrama Lógico do Sistema de Corte.....	43
3.6.3. Diagrama Lógico do Sistema de Destacamento.....	44

3.7. EXECUÇÃO FÍSICA DO COMANDO.....	44
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	50
Apêndice A- Parametrização do Inversor de Frequência.....	53
Apêndice B- Circuito Elétrico.....	54
Apêndice C- Circuito Elétrico-Pneumático.....	55

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve os passos realizados para o desenvolvimento da automação sequencial utilizada na máquina de vasilhames em copos, apresentando os passos para encontrar as equações minimizadas booleanas, e a montagem e simulação do sistema de automação sequencial.

Almeida e Amaral (2006) explicam como o aumento da população, a globalização e o surgimento de novas tecnologias, tem contribuído para o rápido aumento da produção de lixo. E o processo de transformação de produtos descartados tem se tornado cada vez mais necessário. Devido a muitos produtos não serem descartados de forma correta, indo parar em lixões, sendo acumulados em rios, florestas e mares, degradando a natureza.

Chagas e Neto (2012) explica que a reciclagem do vidro pode ser muito lucrativa, pois ainda não houve um desenvolvimento econômico pleno desse setor. Na atualidade a área de transformação de materiais originados do vidro em produtos, mostrou deficiente em processos automatizados, pois não existe uma cultura de aproveitamento desses materiais usados, como exemplo vasilhames.

A automação pode elevar o patamar de industrialização da reciclagem e transformação, podendo alcançar maiores níveis de qualidade, agilidade, homogeneidade. Júnior, Das Chagas e Fernandes (2003) explicam que as empresas têm como objetivo aumentar a produtividade, diminuir seus preços, aumentar a disponibilidade e inovação de seus produtos.

A área de reciclagem e transformação vem necessitando de maquinário para este fim. No atual cenário milhares de vasilhames de vidro não são reaproveitados, devido ao seu baixo valor de mercado. Pois a rede de coleta, não vê como vantajosa sua coleta. Como mostra Campani e Ramos (2009) que o preço médio por tonelada do vidro colorido e incolor no mês de fevereiro de 2009 é R\$ 90/ tonelada e R\$ 100/tonelada, enquanto latas de alumínio o preço médio é de R\$ 1.100,00/tonelada. Esta diferença de preço por tonelada mostra uma demanda maior para latas de alumínio e uma demanda menor para o vidro incolor e colorido, como explica Vasconcelos (2001) que o preço de um produto está atribuído à demanda e a oferta do

mesmo. Enquanto a lata de alumínio possui maior demanda e o vidro incolor e colorido possui uma demanda inferior, não possuindo o mesmo patamar de preços.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Desenvolver a automatização sequencial para máquina de transformação de vasilhames em copos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Concepção do fluxograma de automação da máquina;
- Definição das tabelas de correspondência lógica de entradas e saídas da máquina;
- Definição da lógica de automação e controle, utilizando os sensores;
- Criação do diagrama elétrico de relés;
- Criação do comando pneumático;
- Definir o programa de controle através da linguagem LADDER;
- Simular através de programa em linguagem LADDER;
- Realizar a montagem do circuito eletropneumático e sua simulação em bancada.

1.2. JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento da máquina de transformação de vasilhames, veio da falta de alternativas de equipamentos capazes de realizar o processo de transformação de forma rápida e econômica. A utilização de comandos sequenciais tornou-se uma alternativa viável. Pois, pode ser aplicada de forma satisfatória e permitindo mais de uma forma física.

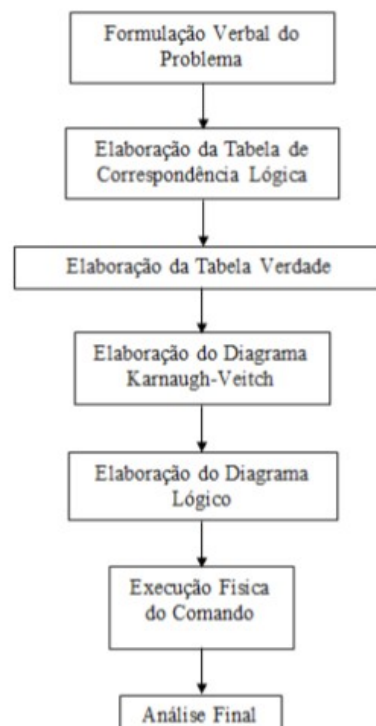
1.3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

É possível realizar a aplicação e o desenvolvimento de um sistema de controle sequencial para máquina de transformação de vasilhames?

1.4. METODOLOGIA

A metodologia adotada é apresentada em forma de fluxograma, controles lógicos sequenciais, e é realizada uma explanação de cada etapa, descrevendo o que será realizado em cada uma. Esta metodologia foi desenvolvida por Fialho (2009), para o desenvolvimento de controles lógicos sequenciais.

Figura 1- Fluxograma de Desenvolvimento



Fonte: Do Autor

As etapas são apresentadas de forma mais detalhada nas seções abaixo.

1.4.1. Formulação Verbal do Problema

Nesta fase será explicado como a máquina funciona, definindo as entradas e saídas. Assim, tornando mais claro o objetivo a ser alcançado.

1.4.2. Elaboração da Tabela de Correspondência Lógica

Esta etapa consiste na descrição das variáveis de entrada e saída, com seus respectivos estados lógicos.

1.4.3. Elaboração da Tabela Verdade

A elaboração das tabelas da verdade, dos sistemas para a transformação dos vasilhames em copos serão elaboradas de forma a facilitar a otimização do funcionamento da máquina, pois nessa fase será mostrado as combinações das entradas e saídas. Os três sistemas terão suas próprias tabelas da verdade.

1.4.4. Elaboração do Diagrama Karnaugh-Veitch

Nesta etapa é elaborado o Diagrama de Karnaugh-Veitch, para a obtenção da função booleana minimizada. Assim, minimizando as funções Booleanas. Tornando o código de controle mais enxuto.

1.4.5. Elaboração do Diagrama Lógico

Com as funções booleanas minimizadas é possível construir o diagrama lógico, de cada sistema. Utilizando a linguagem LADDER para a representação.

1.4.6. Execução Física do Comando

A execução física do comando será realizada através da utilização de CLP, atuadores eletropneumáticos, sensores, motores elétricos, inversores e contadoras. Aonde será montado o sistema de controle em bancada, simulando as entradas e saídas.

1.4.7. Análise Final

Na análise final será realizada uma análise detalhada das etapas anteriores, desde definição da Função Booleana através da tabela da verdade até o circuito elétrico montado em bancada para encontrar possíveis erros durante a elaboração do trabalho. Para poder avaliar o circuito de comando, serão ativadas as entradas e anotadas as saídas e confrontada com as Tabelas da Verdade de cada sistema de controle.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cenário atual da Reciclagem no Brasil

Segundo Berté e Mazzaroto (2013, p. 27) apud Lomasso, Santos, Anjos, Andrade, Silva, Santos, Carvalho (2015, p. 4) a reciclagem é um conjunto de atividades que transformam lixo, ou produtos que seriam descartados após a sua utilização ou que já foram utilizados, em matéria prima para produção de novos produtos. Sendo coletados, separados e processados para sua reutilização.

Conforme Chagas e Neto (2012, p. 3) apresentam os agentes de mercado atuantes no setor da reciclagem, onde destacam que essa atividade é de muita importância. Pois é gerada uma cadeia de valor em torno da reciclagem. Existindo desde catadores ou carrinheiros que realizam a coleta nas cidades, cooperativas de reciclagem onde ocorre a coleta seletiva, triagem e compactação dos materiais, pequenos e médios sucateiros que realizam a compra do material triado, grandes sucateiros que agem da mesma forma que os pequenos e médios sucateiros e repassam para as indústrias recicladoras. A apresenta uma estimativa da quantidade de material reciclado no Brasil. Pode ser observado que em 2005 o benchmark mundial para reciclagem do vidro foi a Belgica, que reciclou 96% de todo vidro produzido no país e o Brasil reciclou apenas 45%. Mostrando que existe pouco desenvolvimento se comparado a outros países e com a cadeia de reciclagem do alumínio que reciclou 97% em 2010.

Figura 2-Estimativa de material reciclado

Material	Fonte	Ano	% Reciclado [4]	Volume Reciclado (1000 T)	Volume não Reciclado (1000 T)	Benchmark Mundial	% Reciclado
Papél Aparente[1]	BRACELPA	2010	43,50%	4.028,60	5.232,55	Coreia do Sul	91,60%
Papél Branco	BRACELPA	2010	27,71%	821,00	2.142,00		
Carotlina+Kraft	BRACELPA	2010	69,70%	3.031,00	1.317,64		Addition
Tetrapak	BRACELPA	2010		27,40			
Outros	BRACELPA	2010		149,20			
Alumínio	ABAL	2010	38,30%	500,31	805,99	Inglaterra	57,30%
Latas de Alumínio	ABAL	2010	97,60%[2]	381,21	9,37	Brasil [2]	97,60%
Vidro	BNDES / ABIV	2005	45,00%	452,25	552,75	Bélgica	96,00%
Aço	ABEACO	2010	47,00%	280,00	315,74	Bélgica	88,00%
Plástico	PLASTIVIDA	2010	19,40%	953,00	3.959,37	Alemanha	34,00%
PET	ABIPET	2009	55,80%	282,00	223,38		
Totais:				6.496,16	11.089,78		

[1]consumo de papél aparente

[2]% de recuperação de latas de alumínio

[3]De acordo com a ABIVIDRO apenas 15% das embalagens de vidro são do tipo "one way" (descartáveis).

[4] Consumo no Brasil (Produção - Exportação + Importação).

Fonte: Chagas e Neto, 2012, p. 3

Segundo Alves, Gimenez e Mazali (2001) as vantagens de reciclar o vidro são que os recipientes são relativamente fáceis de serem limpos, esterilizados e reutilizados, podem ser facilmente moídos e adicionados aos fornos para a produção de novas embalagens, os produtos utilizados como matéria prima são areia, carbonato de cálcio e outras substâncias extraídas da natureza que descaracterizam o ambiente. Os autores ainda descrevem que para fabricar 1 kg de vidro reciclado utiliza-se 1/9 da energia utilizada para gerar 1 kg de vidro novo, e fazem a sugestão para os pesquisadores que se deve investir em novas tecnologias de reciclagem para encontrar novas oportunidades de aplicação do vidro reciclado.

2.2. Propriedades do Vidro

Segundo Callister (2002) os vidros são um grupo familiar de cerâmicas, podendo ser empregado em lentes, recipientes, copos, garrafas, e afins, Figura 3. Os vidros são em silicatos não cristalizados e também possuem óxidos, que influenciam em suas propriedades.

Figura 3-Embalagens

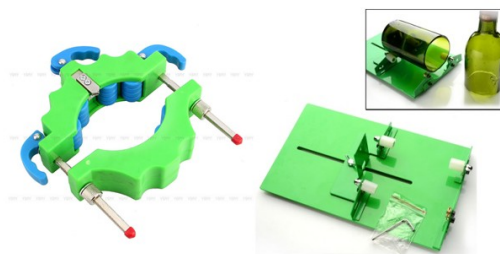


Fonte: Adaptado de Guia do Vidro

2.3. Máquinas disponíveis no Mercado

Foi realizada uma pesquisa sobre as máquinas de transformação de vasilhames em copos, e foram encontradas máquinas manuais e artesanais. Não sendo encontrada, máquinas automáticas. A Figura 4 apresenta modelos com diamante artificial que realizam um risco no vidro onde será quebrado, segundo Guia do Vidro (2009) o risco realizado pelo diamante irá ser um guia para a quebra do vidro.

Figura 4- Máquinas com diamante



Fonte: Adaptado de EBay

Na Figura 5 máquinas que transformam garrafas por aquecimento, onde o vidro é aquecido em uma determinada região, causando uma dilatação até que o vidro quebre.

Figura 5- Máquina por aquecimento



Fonte: Adaptado de Mercado Livre

2.4. Controlador Lógico Programável

Segundo Parede, Gomes (2011, p.15) o criador do primeiro CLP foi Dick Morley, em 1968, trabalhava na empresa Bedford Associates. O CLP foi criado com a intenção de substituir quadros de comando, que eram utilizados para controlar operações sequenciais e repetitivas nas linhas de montagem na fabricante de automóveis General Motors.

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

“Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em 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.” (FRANCHI; CAMARGO, 2013, p. 23).

2.4.1. Configuração Básica CLP

Segundo Georgini (2007, p. 48) os CLP's possuem em sua estrutura básica:

- CPU (Unidade Central de Processamento) - composto pelo processador, o sistema de memória, e os circuitos auxiliares;
- Circuitos de entrada e saída- realizam a comunicação do CLP com exterior, podendo ainda ser de forma digital ou analógica;
- Fonte de alimentação- É a responsável por fornecer energia elétrica para o CLP;
- Base- Realiza a sustentação mecânica.

Com esta configuração os CLP's são capazes de realizar sequenciamento lógico, contagem e temporização de processos, ainda podendo realizar operações aritméticas, manipulação de dados e comunicação de rede, na Figura 6 apresenta o CLP da família TPW 03 da fabricante WEG, o equipamento ainda pode receber módulos de expansão de entradas e saídas.

Figura 6- CLP TPW 03



Fonte: Adaptado de WEG

2.5. Contatores

Para Zancan (2008) contatores são equipamentos eletromecânicos para operação e manobra. Possuindo uma única posição de repouso sendo capazes de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais e de sobrecargas no funcionamento, na Figura 7 demonstra um contator da marca WEG.

Figura 7- Contator



Fonte: Grupo WEG

Segundo Franchi (2008) o funcionamento dos contadores se baseia na indução eletromagnética, onde uma corrente circula por uma bobina fixa, criando um campo magnético que atrai a bobina móvel. Fechando assim os contatos. Retirando a alimentação da bobina fixa, extingue-se o campo eletromagnético a bobina móvel retornando para sua posição original através de molas.

2.6. Válvulas Pneumáticas Direcionais

Segundo Fialho (2008) as válvulas direcionais permitem controlar o sentido do fluxo de ar pressurizado, alterando a posição através do impulso pneumático, mecânico e elétrico. As válvulas podem ser ainda divididas em controladora de fluxo, elementos lógicos, controladoras de pressão e temporizadores.

2.6.1. Válvulas Controle Direcional

Segundo Fialho (2008) as válvulas de controle direcional podem ser divididas em válvulas de carretel deslizante, Figura 8, e centro rotativo, somente as válvulas de carretel deslizante são utilizadas em sistemas pneumáticos. Mas as duas são comumente empregadas em sistemas hidráulicos.

Figura 8- Válvula Direcional de Carretel Deslizante



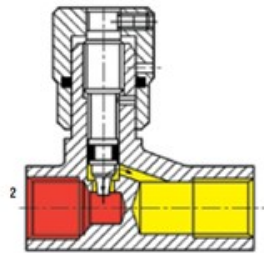
Fonte: Adaptado Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.

As válvulas de carretel deslizante são classificadas de acordo com o número de vias, orifícios e posições.

2.6.2. Válvula Controladora de Fluxo

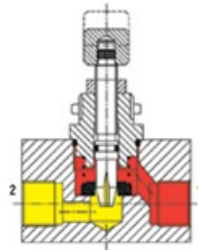
Conforme Fialho (2008) as válvulas controladoras de fluxo possuem a função de controlar o fluxo de ar que alimenta algum componente do circuito. Ainda podendo ser divididas em válvula de controle de fluxo fixa bidirecional, variável bidirecional, Figura 9, variável unidirecional, Figura 10.

Figura 9- Válvula de Controle de Fluxo Variável Bidirecional



Fonte: Adaptado Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.

Figura 10- Válvula de Controle de Fluxo Variável Unidirecional

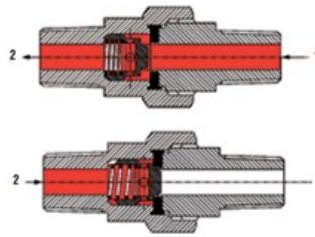


Fonte: Adaptado Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.

2.6.3. Válvulas de Bloqueio

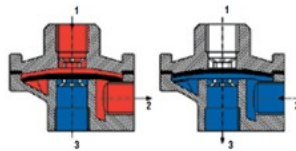
As válvulas de bloqueio impedem que fluxo ar comprimido em um sentido determinado, possibilitando livre fluxo no sentido oposto. Podendo ser divididas em válvulas de retenção com mola, Figura 11, válvula de retenção sem mola, válvula seletora (Função Lógica OU), válvula de simultaneidade (Função Lógica E), válvula de escape rápido, Figura 12.

Figura 11- Válvulas De Retenção Com Mola



Fonte: Adaptado Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.

Figura 12- Válvula De Escape Rápido

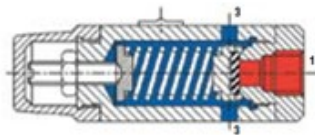


Fonte: Adaptado Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.

2.6.4. Válvulas Controladoras de Pressão

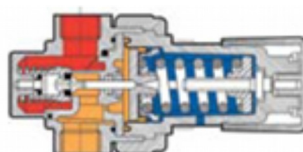
Segundo Fialho (2008) são válvulas que através de determinada intensidade de pressão acionam-se ou acionam outro elemento pneumático. Sendo dividida em válvulas de alívio ou limitadoras de pressão, Figura 13, válvula de sequência, Figura 14, e válvula reguladora de pressão.

Figura 13- Válvulas De Alívio



Fonte: Adaptado Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.

Figura 14- Válvula De Sequência



Fonte: Adaptado Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.

2.7. Sensores de Presença

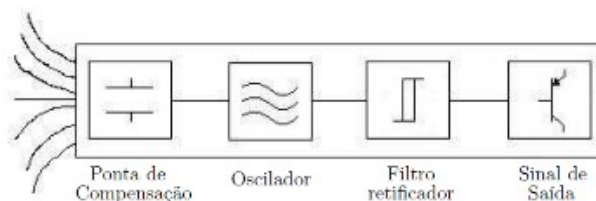
Segundo Thomazini (2008) os sensores são utilizados tanto em processos industriais como comerciais, sendo aplicados em processos que exigem precisão e sensibilidade, e regulados de acordo com a necessidade.

2.7.1. Sensor Capacitivo

Thomazini (2008), explica que os sensores capacitivos detectam a variação de um campo eletrostático, quando o objeto cruza o campo gera uma variação nele. Essa variação é detectada pelo oscilador que ativa o sinal de saída.

Conforme Mazzaropi (2007), os componentes básicos dos sensores capacitivos, Figura 15, são ponta de compensação, oscilador, filtro retificador e sinal de saída.

Figura 15- Sensor Capacitivo

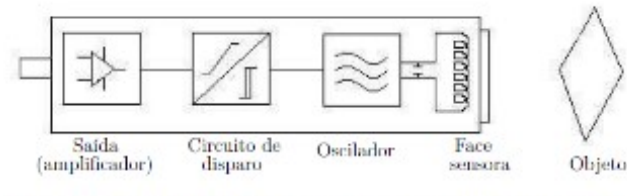


Fonte: MAZZAROPI

2.7.2. Sensor Indutivo

Conforme Thomazini (2008) os sensores indutivos, Figura 16, não precisam de contato para poder detectar o objeto, pois possuem um campo de frequência de rádio com um oscilador e uma bobina. Quando o objeto passa pelo campo ocorre a mudança nele, os circuitos eletrônicos detectam essa alteração no campo disparando o sinal de saída. Os elementos básicos dos sensores indutivos são face sensora, oscilador, circuito de disparo e saída (amplificador).

Figura 16- Sensor Indutivo



Fonte: Adaptado de Mazzaropi

2.8. Inversor de Frequência

Capelli (2002) afirma que existem dois tipos de acionamentos para controle do torque e velocidade de motores, os acionamentos em corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA), sendo o acionamento em CC já obsoleto sendo aplicado em acionamentos específicos, já o acionamento em CA através de inversores de frequência, Figura 17, tem sido utilizado na indústria devido à baixa manutenção, ausência de escovas comutadoras, ausência de faíscas, baixo ruído elétrico, custo inferior e velocidade de rotação superior.

Figura 17- Inversor de Frequência CFW 10

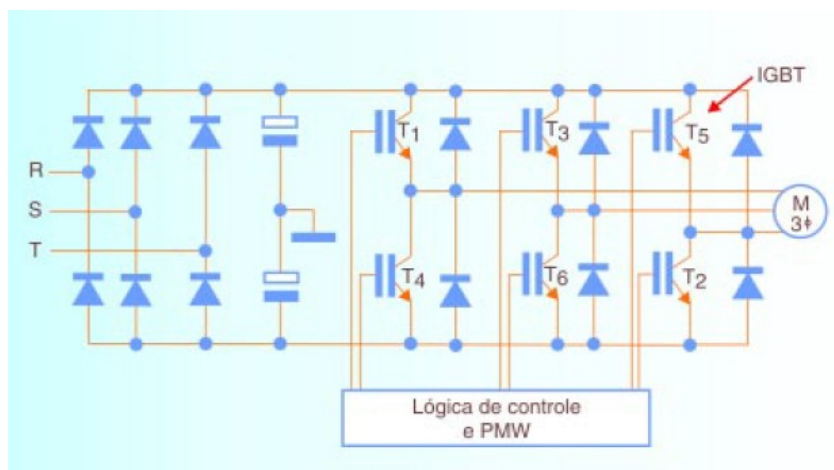


Fonte: Adaptado de WEG

2.8.1. Princípio de Funcionamento

Franchi (2008) explica que o princípio de funcionamento dos inversores de frequência consiste na transformação da corrente alternada em corrente contínua, e depois transformar a corrente contínua em corrente alternada. Realiza-se a retificação da corrente alternada na entrada do inversor de frequência, a corrente é passada por um controle e enviada para a saída. Na Figura 18 é apresentado o circuito elétrico de um inversor de frequência trifásico.

Figura 18- Esquema de um inversor de frequência trifásico



Fonte: Adaptado de Capelli

2.9. Motor de Indução com Rotor Gaiola de Esquilo

Conforme Nascimento Junior (2011) explica que o motor trifásico com rotor gaiola é constituído por um estator com enrolamento trifásico e um rotor gaiola de esquilo.

Devido a sua robustez, os motores de gaiola de esquilo são utilizados até em ambientes hostis. Onde se encontra poeira, umidade, alta temperatura e próximos a explosivos. Possuindo ainda como vantagens:

- Baixo custo de aquisição;
- Bom torque na partida;
- Baixo custo de manutenção;
- Velocidade constante.

Mas possuindo algumas desvantagens:

- Necessita de equipamentos especiais para mudança de velocidade;
- Alta corrente de partida;
- Baixo fator de potência, quando não dimensionado corretamente para a carga.

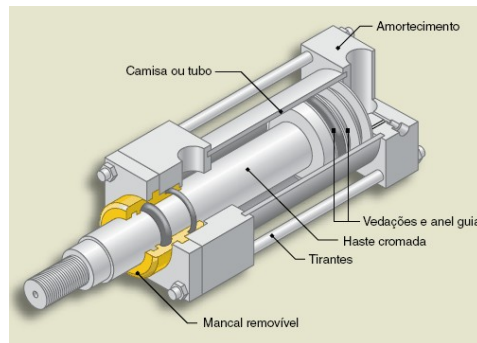
2.9.1. Princípio de Funcionamento

Nascimento Junior (2011) afirma que o enrolamento trifásico é responsável pelo campo girante, o rotor gaiola sofre indução do campo e tenta acompanhar o campo girante. Devido a velocidade do rotor ser sempre menor que a do campo girante, o motor classifica-se como motor assíncrono. E a diferença entre a velocidade do campo girante e a do rotor é chamada de escorregamento.

2.10. Atuadores Pneumáticos Lineares

Fialho (2014) explica que os atuadores pneumáticos são caracterizados pela transformação da energia cinemática em energia mecânica. Essa transformação ocorre através da expansão do ar comprimido dentro da camisa, empurrando o êmbolo. Este movimento pode ser tanto para empurrar, quanto puxar. Na Figura 19, é apresentada os principais componentes do atuador pneumático.

Figura 19- Atuador Pneumático Linear



Fonte: Adaptado de Blog Eletropneumática

2.11. Comandos Combinatórios

Fialho (2014) apresenta os comandos combinatórios, como um conjunto de sinais de entrada (E) que alimentam uma função lógica e geram um sinal de saída (S).

$$S = f(E)$$

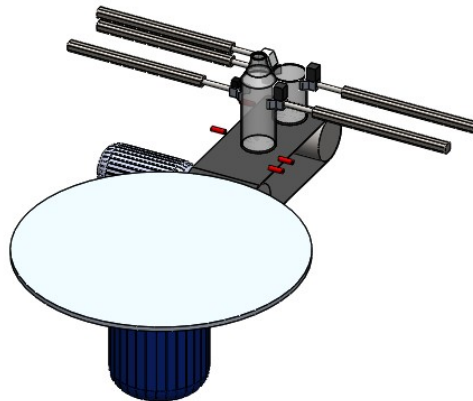
Os comandos combinatórios são divididos por Fialho (2009), em comandos simples, onde cada combinação lógica de entrada corresponde a uma única saída; comandos combinatórios com memória armazenam os valores combinatórios, assim necessitando de comando para retornar aos valores iniciais; comandos combinatórios com temporizador e contadores, são comandos que possuem a capacidade de contar unidades e tempo.

3. DESENVOLVIMENTO DA AUTOMAÇÃO SEQUENCIAL PARA MÁQUINA DE TRANSFORMAÇÃO DE VASILHAMES EM COPOS

3.1. Projeto Conceitual para Máquina de Transformação de Vasilhame em Copos

O projeto conceitual da máquina é mostrado na Figura 20. A transformação será efetuada através da utilização de um diamante artificial em um dos pegadores, com auxílio de um motor na ponta do atuador pneumático que girará o vasilhame e marcar. Em uma etapa posterior é destacado a parte superior do vasilhame.

Figura 20- Modelo Simplificado Processo de Transformação



Fonte: Do Autor

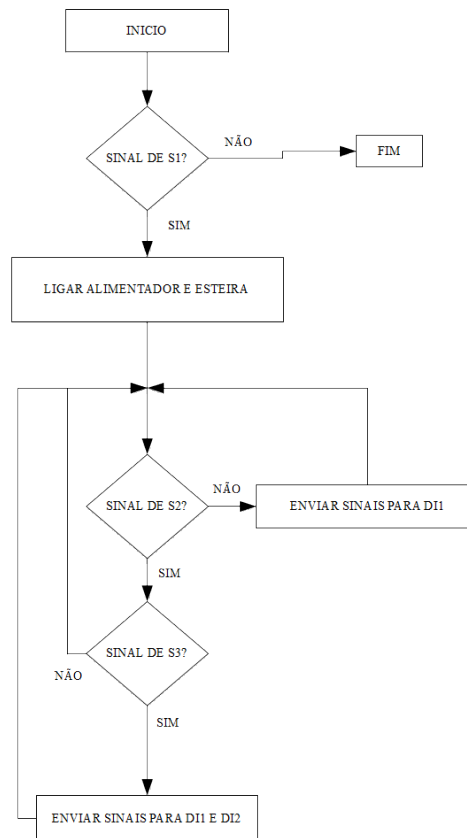
3.2. Formulação verbal do problema

A máquina possui três (3) sistemas para seu funcionamento, sendo o primeiro sistema de alimentação da esteira; segundo sistema de marcação e o terceiro sistema de corte.

O sistema de alimentação da esteira deve manter alimentada a esteira, possuindo dois sensores na entrada da esteira S2 e S3, onde deverão detectar a presença de vasilhames, mantendo a velocidade máxima quando os dois sensores detectarem vasilhames nas suas posições. Caso seja detectados a presença apenas pelo sensor S2 manterá a esteira e o alimentador ligados. Se, apenas o sensor S3 detectar a presença de vasilhames irá ser desligado o alimentador e

diminuída a velocidade da esteira, sinalizando que está no ultimo vasilhame, assim evitando que seja derrubado. Este sistema possui dois motores um monofásico e outro trifásico, o motor do alimentador será acionado através da contatora K5, e o motor trifásico, M0, será acionado através de um inversor de frequência da marca HAPN, modelo HPI6002S1D5GB com potência de saída de 1,5KW, acionado pelas entradas digitais 1 e 2 do inversor de frequência. Representado pela fluxograma da Figura 21.

Figura 21-Fluxograma de Alimentação da Esteira

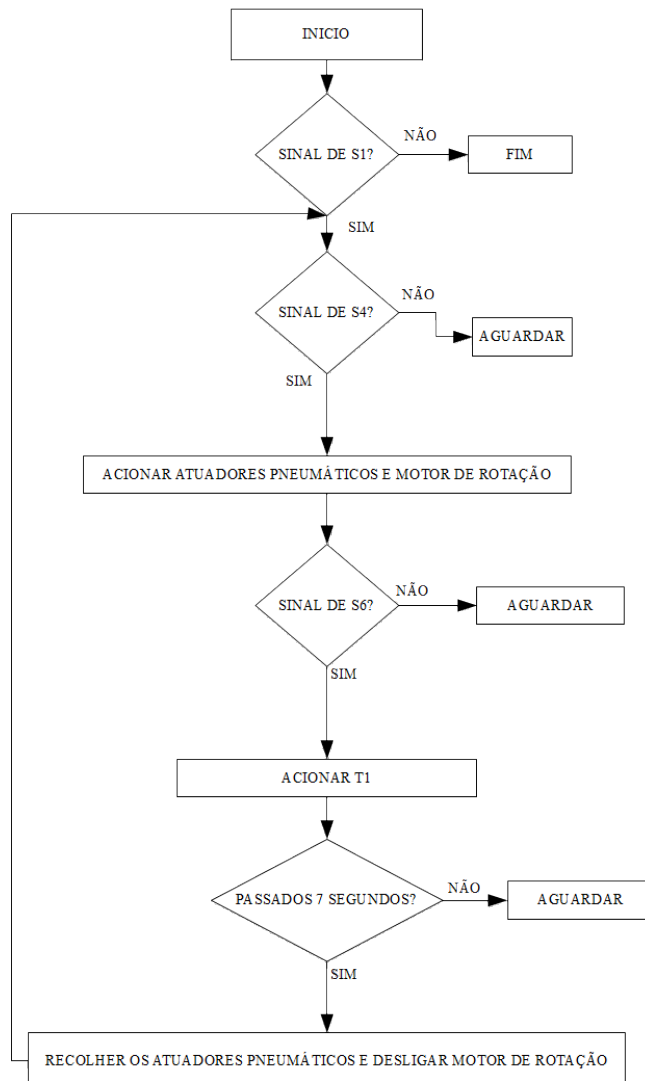


Fonte: Do Autor

O sistema de marcação deverá realizar a marcação no vasilhame, assim que for detectada a presença do vasilhame pelo sensor S4, deverá ser acionados os atuadores pneumáticos 1Y1 e 1Y2 através da contatora K1, prendendo o vasilhame. Os atuadores têm um sistema que permite o giro do vasilhame e possuem na ponta de cada atuador um riscador. Quando estiver preso o vasilhame deverá acionar a chave fim de curso S6, que ligará o motor

de rotação M2 por 7 segundos. Após este período os atuadores serão recolhidos, desligando o motor M2. Representado pela Figura 22.

Figura 22-Fluxograma de funcionamento do Sistema de Marcação

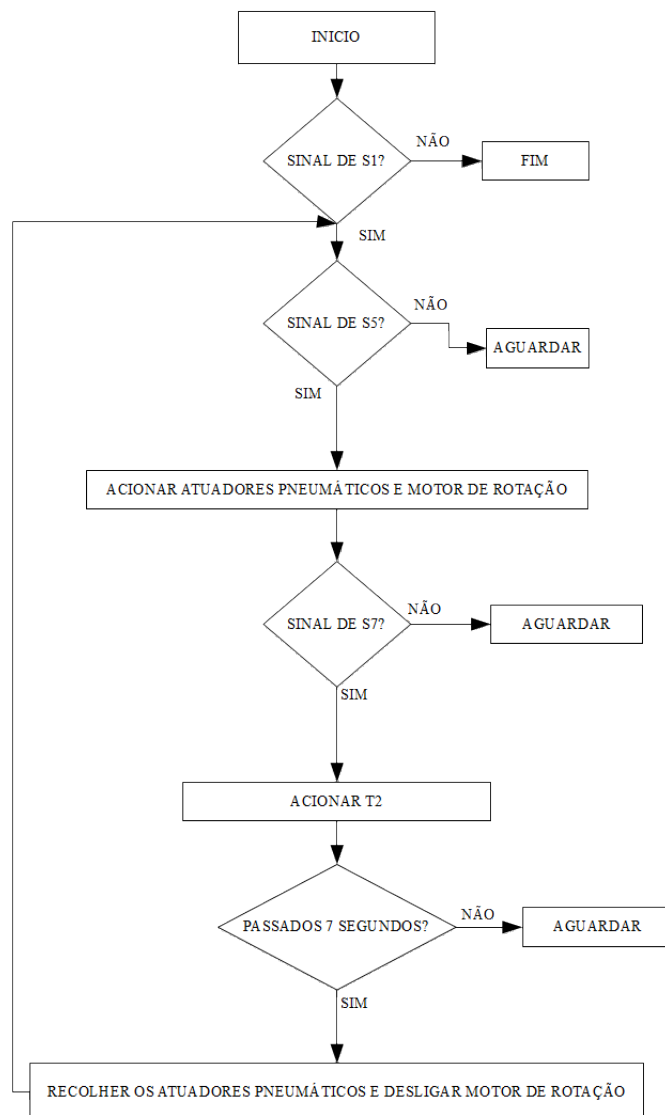


Fonte: Do Autor

O sistema de destacamento precisará obter o destacamento da parte superior do vasilhame, assim que for detectada a sua presença pelo sensor S5, deverão ser acionados os atuadores pneumáticos 2Y1 e 2Y2 através da contadora K2, prendendo o vasilhame. Os dois atuadores permitirão o giro do vasilhame. Quando o vasilhame estiver preso deverá acionar a

chave fim de curso S7, que irá ligar um motor de rotação M3 e o atuador 3Y1 que possui uma haste que destacará a parte superior por 7 segundos. Decorrido este tempo os atuadores irão ser recolhidos e o motor M3 será desligado. Representado pela Figura 23.

Figura 23-Fluxograma de funcionamento do Sistema de Destacamento



Fonte: Do Autor

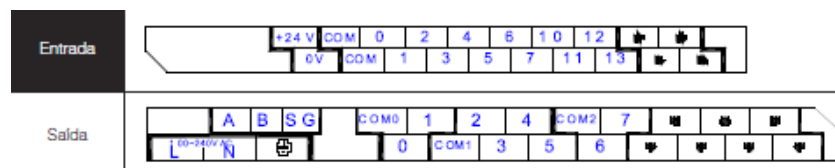
3.3. Elaboração da Tabela de Correspondência Lógica

Nesta etapa será utilizada a notação do controlador lógico de entradas e saídas, as entradas serão representadas por X e saídas por Y, sendo criados dois temporizadores como variáveis, sendo acionadas pelas chaves fim-de-curso S6 e S7.

A tabela de correspondência lógica seguiu alguns critérios: juntar o maior número de saídas possíveis, pois o CLP utilizado possui oito saídas disponíveis; a numeração das entradas deve seguir a ordem de entrada dos vasilhames; e a numeração das saídas seguirá as utilizadas pelo CLP, que emprega saídas com alimentação comum entre elas.

A nomenclatura das variáveis seguiu a lógica de agrupar as variáveis conforme a alimentação. Na Figura 24 mostra os blocos dos terminais do CLP, modelo TPW03-20HR-A, utilizado nesta máquina. Pode ser observado que as entradas são divididas em dois blocos de alimentação. Foi decidido durante o projeto que todas as entradas deveriam possuir a tensão de 24V, para maior segurança do operador.

Figura 24-Blocos de entrada e saída CLP



Fonte: Adaptado de WEG

A elaboração da tabela de correspondência lógica das variáveis de entrada é apresentada no Quadro 1, como todas as entradas serão de 24V CC, optou-se pela numeração das entradas por semelhança. Mas as variáveis T1 e T2 não possuirão sensores físicos, sendo acionados indiretamente pelas entradas físicas X6 e X7, respectivamente.

Quadro 1- Variáveis de Entrada do CLP

Variáveis de Entrada	Notação	Correspondência lógica
Temporizador 1	T1	T1=1
Temporizador 2	T2	T2=1
Botão Liga	X1	E1=1
Sensor de entrada 1	X2	E2=1
Sensor de entrada 2	X3	E3=1
Sensor presença 1	X4	E4=1
Sensor presença 2	X5	E5=1
Chave Fim de Curso 1	X6	E6=1
Chave Fim de Curso 2	X7	E7=1

Fonte: Do Autor

Com base no agrupamento de saídas do CLP que é representado pela Figura 24 todas as saídas deverão ter a alimentação de 24V CC. Mas na simulação em bancada foram utilizados LEDs para representação dos componentes, exigindo uma divisão entre as saídas do CLP. Ficando as saídas Y0 e Y1 alimentadas por 24V CC e as outras saídas alimentadas por 220V CA. Esta mudança não interferiu nos resultados da simulação, apenas na ordem de nomeação das saídas como pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2- Variáveis de Saída do CLP

Variáveis de Saída	Notação	Correspondência lógica
Atuador Pneumático 1	Y3	S1=1
Atuador Pneumático 2		S2=1
Atuador Pneumático 3	Y5	S3=1
Atuador Pneumático 4		S4=1
Motor Elétrico Rotação 1	Y7	S5=1
Motor Elétrico Rotação 2	Y6	S6=1
Atuador Pneumático Destacador		S7=1
Motor Elétrico Alimentador	Y4	S8=1
Motor Elétrico Esteira 1	Y0	S9=1
Motor Elétrico Esteira 2	Y1	S10=1

Fonte: Do Autor

3.4. Elaboração da Tabela Verdade

Foram construídas três (3) Tabelas Verdade, uma para cada sistema da máquina. Esta divisão permitiu uma redução de combinações, se fosse construída apenas uma Tabela da

Verdade para toda a máquina seria necessário 256 combinações. Gerando uma quantidade muito grande de campos sem utilização, oferecendo maiores chances de erro e uma demora na construção da Tabela da Verdade.

3.4.1. Tabela Verdade do Sistema de Alimentação da Esteira

Para a montagem da Tabela da Verdade do sistema de alimentação da esteira utilizou-se três (3) entradas e três (3) saídas, gerando oito (8) combinações entre as entradas.

O sinal de saída **Y4** aciona K5, fechando o contato para ligação do motor M1, **Y0** envia um sinal para a entrada digital 1 (DI1) do inversor de frequência que mantém a frequência do motor em 10 Hz, e **Y1** manda um sinal para a entrada digital 2 (DI2) do inversor de frequência com 22 Hz. Para existir duas velocidades de funcionamento do motor, parametrizou-se o inversor de frequência para realizar o somatório das duas frequências quando as entradas digitais forem acionadas juntas, e caso **Y1** acionada e **Y0** não, o motor não irá ser acionado. Com estas informações foi montada a Tabela da verdade desse sistema que é mostrada Quadro 3.

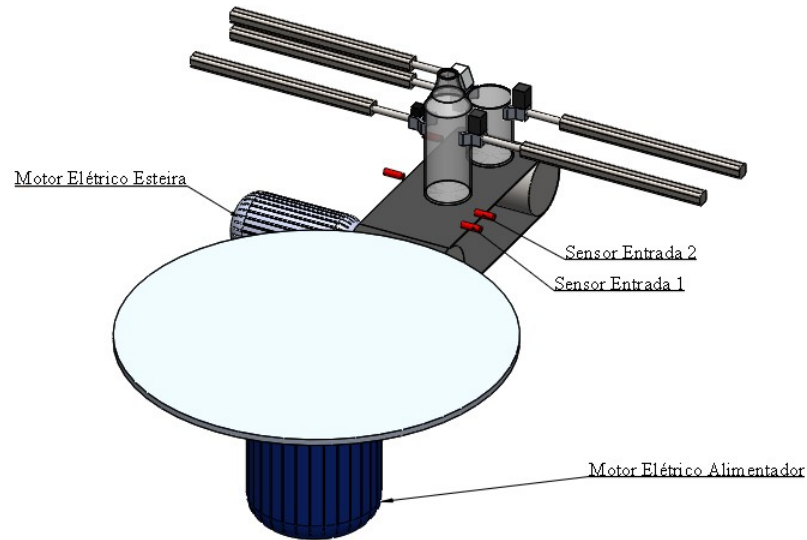
Quadro 3- Tabela Verdade do Sistema de Alimentação da Esteira

X1	X2	X3	Y4	Y0	Y1
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1
0	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1

Fonte: Do Autor

Na Figura 25, é apresentada a posição dos componentes de entrada e saída.

Figura 25- Representação do Sistema de Alimentação da Esteira



Fonte: Do Autor

3.4.2. Tabela da Verdade do Sistema de Corte

O sistema de corte, Figura 26, realiza o corte do vasilhame, consiste em 4 (quatro) entradas e três (3) saídas, gerando 16 combinações.

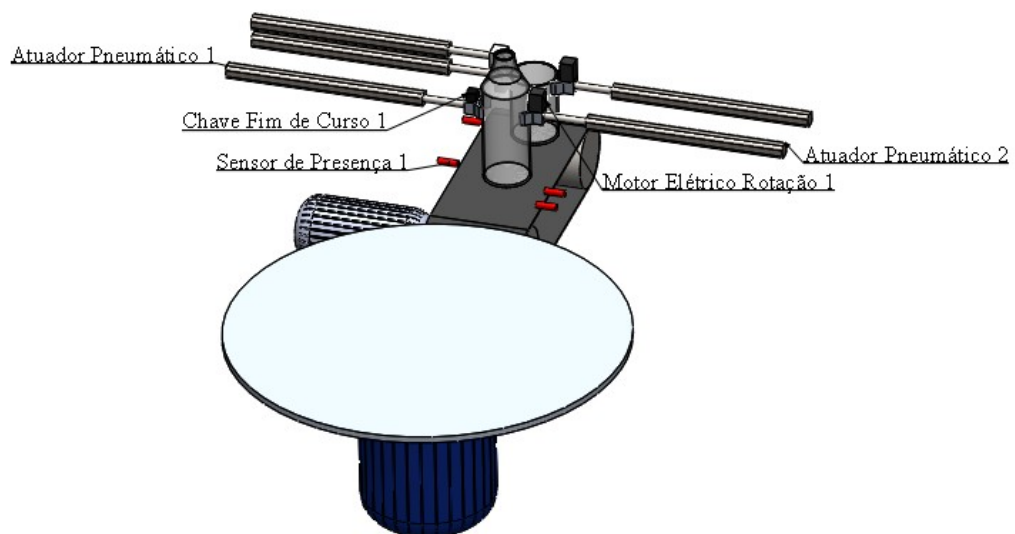
Este sistema possui dois atuadores pneumáticos, 1Y1 e 1Y2, que são acionados por K1, que por sua vez é acionada pela saída Y3 do CLP, funcionando em conjunto, prendendo o vasilhame. Com o vasilhame preso, é acionada a saída Y7 por 7 segundos, durante este período é acionado K7 que aciona M2, fazendo o vasilhame girar. No Quadro 4 é mostrada a Tabela da Verdade desse sistema.

Quadro 4- Tabela Verdade Sistema de Corte

X1	T1	X4	X6	Y3	Y7
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0

Fonte: Do Autor

Figura 26- Representação do Sistema de Corte



Fonte: Do Autor

3.4.3. Tabela Verdade do Sistema de Destacamento

A Tabela da Verdade do sistema de destacamento, Figura 27, que realiza o destacamento, conta com 4 (quatro) entradas e 4 (quatro) saídas, totalizando 16 espaços de entrada. A forma de funcionamento deste sistema é bastante similar com o sistema de corte. Mas o que os diferencia é a adição de mais um atuador pneumático que deverá destacar a parte superior do vasilhame.

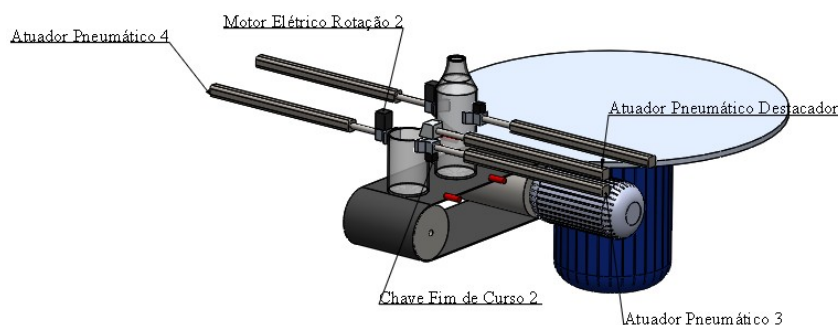
Assim como no sistema anterior os vasilhames serão presos por dois atuadores pneumáticos, 2Y1 e 2Y2, que são acionados por K2, que recebem o sinal de saída Y5. O acionamento de M3 e de 3Y1 é realizado por K4, que recebe o sinal de Y7 por 7 segundos. No Quadro 5, é indicada a Tabela da Verdade deste sistema.

Quadro 5- Tabela Verdade Sistema de Destacamento

X1	T2	X5	X7	Y5	Y7
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0

Fonte: Do Autor

Figura 27- Representação do Sistema de Destacamento



Fonte: Do Autor

3.5. Elaboração do Diagrama Karnaugh-Veit

A elaboração dos diagramas Karnaugh-Veit para cada variável seguiu o modelo apresentado por Fialho (2014) pode ser utilizado para até quatro (4) variáveis de entrada, o número máximo de entradas de cada variável de saída da máquina. Utilizou-se a notação das variáveis sem negrito para variáveis não negadas e em negrito variáveis negadas. Para verificação se as funções booleanas estão corretas, utilizou-se o software TPW3-PCLINK da fabricante WEG, onde foram inseridas as funções e verificadas se as saídas apresentaram os valores esperados.

3.5.1. Elaboração do Diagrama Karnaugh-Veit do Sistema de Alimentação da Esteira

O Quadro 6 mostra o diagrama Karnaugh-Veit das saídas Y4 e Y0, com os valores das entradas devidamente colocados, a equação booleana simplificada da saída Y4 e Y0 é $X1X2X3 + X1X2$. E no Quadro 7 exibe o diagrama para a saída Y1 a sua função Booleana simplificada é $X1X3$. Simulando no software TPW3-PCLINK, verificou-se que as funções encontradas estão corretas.

Quadro 6- Saída Y4 e Y0

		X1		X1	
		X2	X2	X2	X2
X3	X3	0	0	1	0
	X3	0	0	0	1
X3	X3	0	0	0	1
	X3	0	0	0	0

Fonte: Do Autor

Quadro 7- Saída Y1

		X1		X1	
		X2	X2	X2	X2
X3	X3	0	0	0	0
	X3	0	0	0	0
X3	X3	0	0	1	1
	X3	0	0	0	0

Fonte: Do Autor

3.5.2. Elaboração do Diagrama Karnaugh-Veit do Sistema de Corte

No Quadro 8 mostra o diagrama Karnaugh-Veit da saída Y3 e no Quadro 9 a variável Y7, com os valores das entradas devidamente colocados, a equação booleana simplificada da saída Y3 é $X1T1X4$ e de Y7 é $X1T1X4X6$. Simulando também no software TPW3-PCLINK, verificou-se que as funções encontradas estão corretas.

Quadro 8- Saída Y3

		X1		X1	
		T1	T1	T1	T1
X4	X6	0	0	0	0
	X6	0	0	0	0
X4	X6	0	0	1	0
	X6	0	0	1	0

Fonte: Do Autor

Quadro 9- Saída Y7

		X1		X1	
		T1	T1	T1	T1
X4	X6	0	0	0	0
	X6	0	0	0	0
X4	X6	0	0	0	0
	X6	0	0	1	0

Fonte: Do Autor

3.5.3. Elaboração do Diagrama Karnaugh-Veit do Sistema de Destacamento

Os diagramas Karnaugh-Veit das saídas Y5 e Y6 são mostrados Quadro 10 e no Quadro 11, respectivamente. A equação booleana simplificada da saída Y5 é $X1T2X5$, Y6 é $X1T2X5X7$. Simulando no software TPW3-PCLINK, verificou-se que as funções encontradas estão corretas.

Quadro 10-Saídas Y5

		X1		X1	
		T2	T2	T2	T2
X5	X7	0	0	0	0
	X7	0	0	0	0
X5	X7	0	0	1	0
	X7	0	0	1	0

Fonte: Do Autor

Quadro 11- Saída Y6

		X1		X1	
		T2	T2	T2	T2
X5	X7	0	0	0	0
	X7	0	0	0	0
X5	X7	0	0	0	0
	X7	0	0	1	0

Fonte: Do Autor

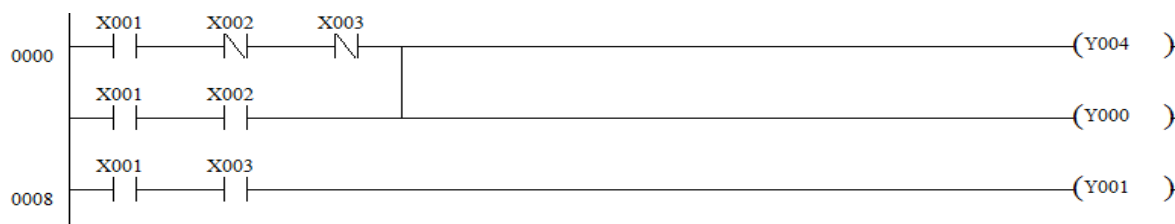
3.6. Elaboração do Diagrama Lógico

A elaboração do diagrama lógico foi em linguagem LADDER, por ser uma das linguagens utilizada pelo CLP, optando pelo *software* TPW3- PCLINK da fabricante WEG para o modelo 20MR-A, pois o mesmo será empregado para programar o CLP.

3.6.1. Diagrama Lógico do Sistema de Alimentação da Esteira

O diagrama lógico para este sistema foi desenvolvido a partir das funções Booleanas minimizadas através do mapa de Karnaugh-Veit. O diagrama lógico para a variável Y8, Y9 e Y10 é mostrado na Figura 28.

Figura 28- Diagrama Lógico do Sistema de Alimentação da Esteira

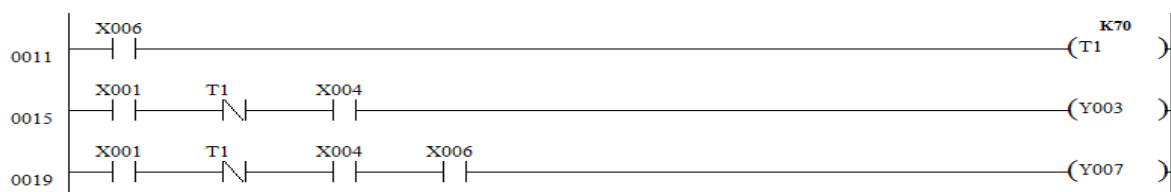


Fonte: Do Autor

3.6.2. Diagrama Lógico do Sistema de Corte

O sistema de corte teve seu diagrama lógico desenvolvido também, através das funções Booleanas minimizadas através do diagrama Karnaugh-Veit. O diagrama lógico das saídas Y1, Y2 e Y5 é mostrado na Figura 29. Devido a variável T1, não possuir um sensor específico para seu acionamento no CLP. Utilizou-se a entrada X6 para disparar o temporizador de forma indireta, e o tempo de acionamento do temporizador é 7 segundos.

Figura 29-Diagrama Lógico do Sistema de Corte

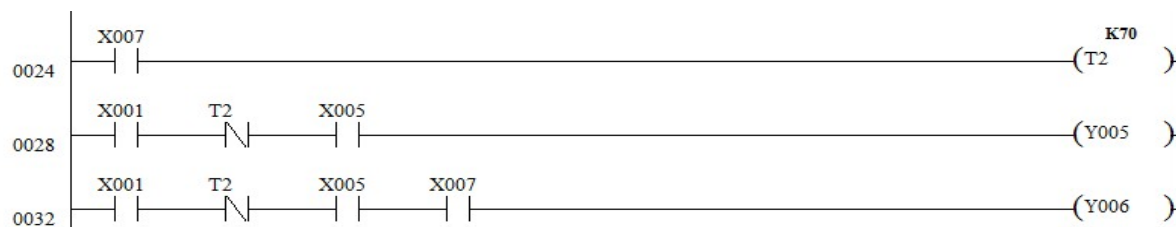


Fonte: Do Autor

3.6.3. Diagrama Lógico do Sistema de Destacamento

O sistema de destacamento teve seu diagrama lógico desenvolvido a partir das funções Booleanas minimizadas. O diagrama lógico das saídas Y5 e Y6 é mostrado na Figura 30. Devido a variável T2, não possuir um sensor específico para seu acionamento no CLP, assim como o temporizador T1. Utilizou-se a entrada X7 para disparar o temporizador de forma indireta, e o tempo de acionamento do temporizador é de 7 segundos.

Figura 30- Diagrama Lógico Sistema de Destacamento

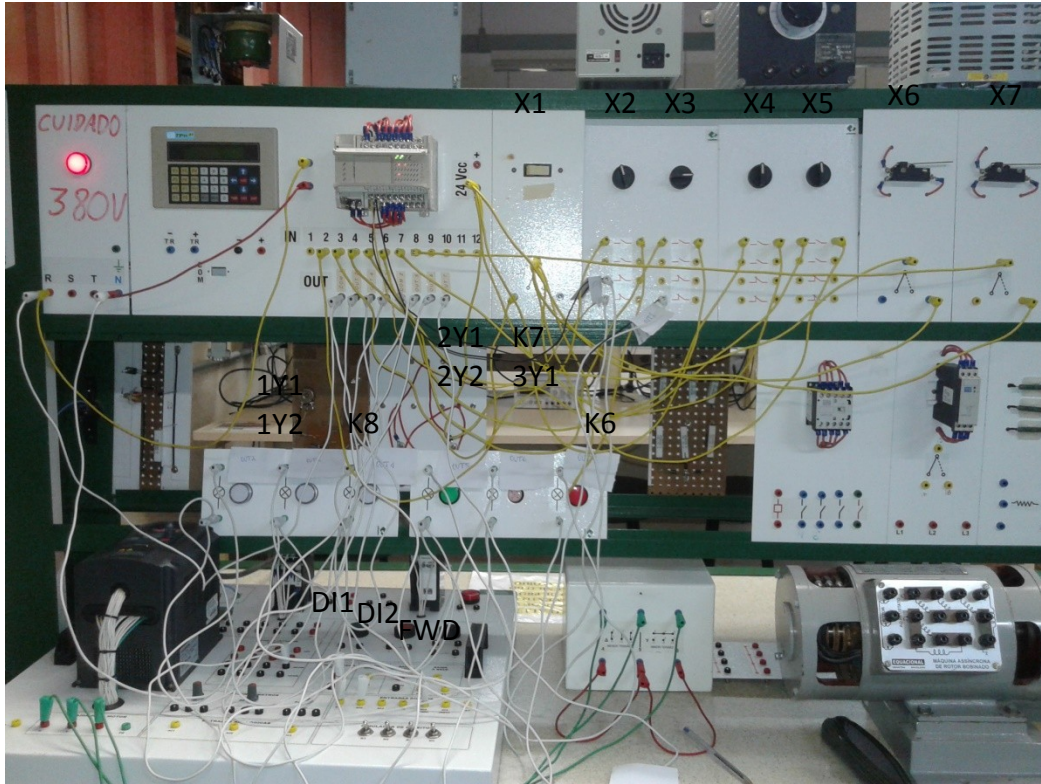


Fonte: Do Autor

3.7. EXECUÇÃO FÍSICA DO COMANDO

A execução física do comando será baseada no diagrama elétrico descrito no Apêndice B, e o diagrama eletropneumático descrito no Apêndice C, foram montados no software CADeSIMU. Optou-se por este programa pois o mesmo apresenta representação gráfica para todos os componentes, CLP, atuadores pneumáticos, inversor de frequência. Outros softwares foram pesquisados para montagem do diagrama elétrico, mas não mostraram tantas possibilidades de montagem do esquema elétrico. Na Figura 31 são mostrados os componentes utilizados para a execução física do comando. Não foram utilizadas as cores recomendadas pela norma NBR-5410, norma para baixas tensões, devido a não existir cabos das cores suficientes para a execução do comando e atender a norma, sendo as cores dos cabos para entradas amarelos e de saídas brancos.

Figura 31- Comando montado em bancada



Fonte: Do Autor

Na simulação em bancada foram utilizadas chaves seccionadoras e chaves fim-de-curso para simular os sensores, e para K1, K2, K3, K4 e K5 foram utilizadas lâmpadas de LED para simulá-las.

Devido ao inversor de frequência possuir número limitado de saídas, optou-se pela parametrização das entradas para realizar a soma da frequência da entrada DI1 com a de DI2, quando forem acionadas juntas. Esta mudança permitiu a utilização de uma entrada a menos, pois seria necessário utilizar uma entrada a mais para indicar o sentido de rotação de DI2. Desta forma, DI1 e DI2 possuirão o mesmo sentido de rotação.

O acionamento de M0 foi através do inversor de frequência, a entrada que definiu o sentido de rotação foi DI1 conectada em paralelo com FWD. As parametrizações das entradas do inversor de frequência são descritas no Apêndice A.

3.8. ANÁLISE FINAL

A análise final do comando foi realizada conforme apresentado na seção , onde foram revisadas as etapas anteriores. Com o circuito de comando montado em bancada, foram testadas as combinações entre entradas e saídas. No Quadro 12 são mostradas as combinações entre as entradas e saídas do sistema de controle acionamento motor alimentador e motor esteira, comparando com a tabela da verdade desse sistema, Quadro 3, percebe-se que os valores das saídas encontradas na simulação em bancada são iguais à tabela da verdade desse sistema. Mostrando que para esse sistema não existiram erros nas etapas anteriores.

Quadro 12- Valores encontrados na simulação em bancada do sistema de alimentação da esteira

X1	X2	X3	Y4	Y0	Y1
1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1
1	1	1	1	1	1

Fonte: Do Autor

A saída Y4 é acionada quando apenas X1 recebe o sinal, botão liga, assim alimentando a esteira através do disco de alimentação. E mantendo sempre alimentada, só irá ser desligado quando existir o acionamento de X1 e X3, simultaneamente.

As saídas Y0 e Y1, que são DI1 e DI2 do inversor de frequência mantiveram a frequência de rotação do motor da esteira em 33Hz, quando acionada as entradas X1, X2 e X3. E quando acionadas apenas as entradas X1 e X3 o inversor manteve a frequência de 22 Hz. E não acionando o motor da esteira quando acionadas somente as entradas X1 e X2.

No Quadro 13 mostra as combinações testadas na bancada, as entradas e saídas do sistema de corte podem ser observadas que não existe divergência entre a tabela da verdade desse sistema, Quadro 4, e as combinações testadas em bancada. Assim, sendo considerado que não existiram erros durante a aplicação da metodologia adotada. Os atuadores pneumáticos 1Y1 e 1Y2 são acionados quando X1, X4 e X6 simultaneamente, após X6 ser

acionado irá acionar o temporizador, passados 7 s irá contrair os atuadores pneumáticos e desligar a saída Y3, motor de rotação 1.

Quadro 13- Valores encontrados na simulação em bancada do sistema de corte

X1	T1	X4	X6	Y3	Y7
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	1

Fonte: Do Autor

Abaixo são mostrados os valores encontrados na simulação em bancada para o sistema de destacamento, Quadro 14, se comparado com as combinações da tabela da verdade do sistema de corte, Quadro 5. Os valores encontrados nas saídas são iguais aos da tabela da verdade desse sistema. Mostrando que não existem erros na execução do projeto. Os atuadores pneumáticos 2Y1 e 2Y2 são acionados quando X1 e X5 simultaneamente, após X7 ser acionado juntamente com X1 e X5, M3 e 3Y1 serão acionados por 7 s.

Quadro 14-Valores encontrados na simulação em bancada do Sistema de Destacamento

X1	T2	X5	X7	Y5	Y6
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	1

Fonte: Do Autor

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho conseguiu realizar o desenvolvimento da máquina de transformação de vasilhames em copos através do comando sequencial, trazendo uma nova possibilidade para a transformação desse produto, comparado esta solução aos equipamentos pesquisados no mercado, a criação desta máquina irá incentivar a cadeia produtiva de reciclagem como apontam Chagas e Neto (2012) que descrevem a importância desse setor, gerando renda para catadores e carrinheiros. Ainda os autores destacaram em seu trabalho que ainda estamos muito longe do país referência em reciclagem do vidro, sendo a Bélgica que recicla 96% do vidro enquanto o Brasil recicla 45%, a criação desta máquina proporciona um aumento nesse nível de reciclagem.

A utilização do inversor de frequência mostrou-se peça fundamental no controle de movimentação da esteira, pois através dele é possível ter um maior aproveitamento de vasilhames e um melhor controle de M0. A parametrização dos tempos das rampas de acionamento e desligamento não foi definida, pois necessitaria da montagem física da máquina. O que não ocorreu devido a este trabalho dedicar-se apenas ao desenvolvimento do controle da máquina. A determinação dos tempos de rampa será numa próxima fase de detalhamento, aonde serão encontrados os melhores parâmetros de partida e desligamento.

A execução deste trabalho levantou questões importantes a serem respondidas em uma próxima etapa de detalhamento. Tais como o tempo de acionamento de M2 e M3 que garantirão a correta marcação e destacamento da parte superior do vasilhame, as pressões máximas nos atuadores para que não aja quebra dos vasilhames, a determinação da distância dos sensores para exista uma correta detecção e funcionamento da máquina. Estes questionamentos só foram encontrados graças a esta fase do desenvolvimento do projeto.

A intenção da criação desta máquina vai ao encontro do que Júnior, Das Chagas e Fernandes (2003) descrevem em seu trabalho que aumentar a produtividade de processos através da automação é uma possibilidade viável, pois pode existir uma redução do custo dos produtos, existindo uma redução no tempo necessário para realizar a transformação. E a utilização do controlador lógico programável tornou viável a automação deste processo de transformação e através dele foi possível controlar todos os componentes necessários para a transformação e permitiu um controle mais preciso do que relés temporizadores, o controlador

lógico programável permite um controle de tempo em milésimos de segundo, o que pode trazer um acionamento mais rápido e eficiente.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, Ramiro de Araújo Júnior; AMARAL, Sérgio Pinto. **Lixo urbano, um velho problema atual**. In: XIII Simpósio de Engenharia de Produção, 2006, Bauru. Anais eletrônicos... Bauru: SIMPEP, 2006. Disponível em: < http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/78.pdf >. Acesso em: 22 fev. 2017.

ALVES, Oswaldo Luiz; GUIMENEZ, Iara de Fátima; MAZALI, Italo Odome. Vidros. In: Cadernos Temáticos- Química Nova na Escola, 2001, Campinas. **Repositório Eletrônico...** Campinas: 2001. Disponível em: < http://qes.iqm.unicamp.br/images/pontos_vista_artigo_divulgacao_vidros.pdf >. Acesso em: 23 fev. 2017.

CHAGAS, Henrique Pedrosa; NETO, João Amato. O CENÁRIO BRASILEIRO DA INDÚSTRIA DE RECICLAGEM. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2012, Bento Gonçalves. **Anais eletrônicos...** Bento Gonçalves: ABEPRO, 2012. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_sto_159_926_20909.pdf >. Acesso em: 20 fev. 2017.

CHAGAS, Marco Antonio Sandoval de. **Economia: Micro e Macro**. São Paulo: Ed. Atlas, 2001.

CALLISTER, Jr., William D.. **Ciência e engenharia de Materiais: uma introdução**. Tradução Sérgio Murilo Stamile Soares. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CAMPANI, Darci Barnech; RAMOS, Guilherme Gastal de Castro. A VARIAÇÃO DOS PREÇOS DO MATERIAL SELETIVO COMERCIALIZADO NO BRASIL. In: III Seminário sobre Tecnologias Limpas, 2009, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: STL, 2009. Disponível em: < http://www.ufrgs.br/sga/SGA/material-de-apoio/textos/textos-apoio/links/Variacao_Seletivo.pdf >. Acesso em: 23 fev. 2017.

CAPELLI, Alexandre. **Inversores de Frequência**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luis Arlindo. **Controladores lógicos programáveis**: Sistemas discretos. 2. ed. São Paulo: Érica, 2013.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos Elétricos**. São Paulo: Érica, 2008. 250 p.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação Pneumática**: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos. 6º ed. São Paulo: Érica, 2014. 324 p.

GEORDINI, Marcelo. **Automação Aplicada**: Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs. 9. ed. São Paulo: Érica, 2007.

PAREDE, Ismael Moura; GOMES, Luiz Eduardo Lemes. **Eletrônica**: automação industrial. 1. ed. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011.

Grupo WEG-Unidade Automação (Jaraguá do Sul, SC). **Catálogo Geral Contatores e Relés de Sobrecarga- Jaraguá do Sul**: catálogo. Jaraguá do Sul, 2016. 188 p.

Grupo WEG-Unidade Automação (Jaraguá do Sul, SC). **Controladores Lógicos Programáveis: CLP's Relé Programável- Jaraguá do Sul**: catálogo. Jaraguá do Sul, 2016. 188 p.

GUIA DO VIDRO. O vidraceiro corta ou quebra o vidro? Dicas do Marin, 2009. Disponível em: < <http://www.guiadovidro.com.br/noticia/o-vidraceiro-corta-ou-quebra-o-vidro-dicas-do-marin> >. Acesso em: 16 març. 2017.

JÚNIOR, Antônio Pereira de Araújo; DAS CHAGAS, Christiano Vasconcelos; FERNANDES, Raphaela Galhardo. Uma Rápida Análise Sobre Automação Industrial. 2003, Natal. Disponível em: < <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17829/material/ARTIGO05.pdf> >. Acesso em: 22 fev. 2017.

LOMASSO, Alexandre Lourenço; SANTOS, Bruno Rodrigo dos; ANJOS, Fabiana Alves da Silva; ANDRADE, Juliana Cristiana de; SILVA, Lucimar Aparecida da; SANTOS, Quintiliana Rodrigues dos; CARVALHO, Ana Cristina Marques de. **BENEFÍCIOS E DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DA RECICLAGEM: UM ESTUDO DE CASO NO CENTRO MINEIRO DE REFERÊNCIA EM RESÍDUOS(CMRR)**. Revista Pensar Gestão e Administração, 2015. Disponível em: <
<http://revistapensar.com.br/administracao/artigo/no=a104.pdf> >. Acesso em: 24 fev. 2017.
ISSN 2237-2024.

MAZZAROPI, Marcelo. **Sensores de Movimento e Presença**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

NASCIMENTO JUNIOR, Geraldo do Carvalho. **Máquinas Elétricas: Teoria e ensaios**. São Paulo: Érica, 2011. 260 p.

THOMAZINI, Daniel. **Sensores Industriais: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2008.

ZANCAN, Marcos Daniel. **Acionamentos Elétricos**. Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. 2008. 28 p.

Apêndice A- Parametrização do Inversor de Frequência

Para ocorrer à redução de velocidade na esteira utilizou-se um inversor de frequência do fabricante HAPN, modelo HPI6000. Sendo programado através dos passos apresentados no Quadro 15. O inversor foi programado para a velocidade maior com a frequência de saída em 33 Hz, quando as entradas DI1 e DI2 forem acionadas juntas. E a velocidade reduzida, será acionada quando apenas a entrada DI2 for acionada, reduzindo a frequência para 22 Hz. A parametrização do inversor permitiu que quando DI1 e DI2 forem acionadas juntas, irão ser somadas as frequências parametrizadas, 10 Hz e 22 Hz respectivamente em cada entrada.

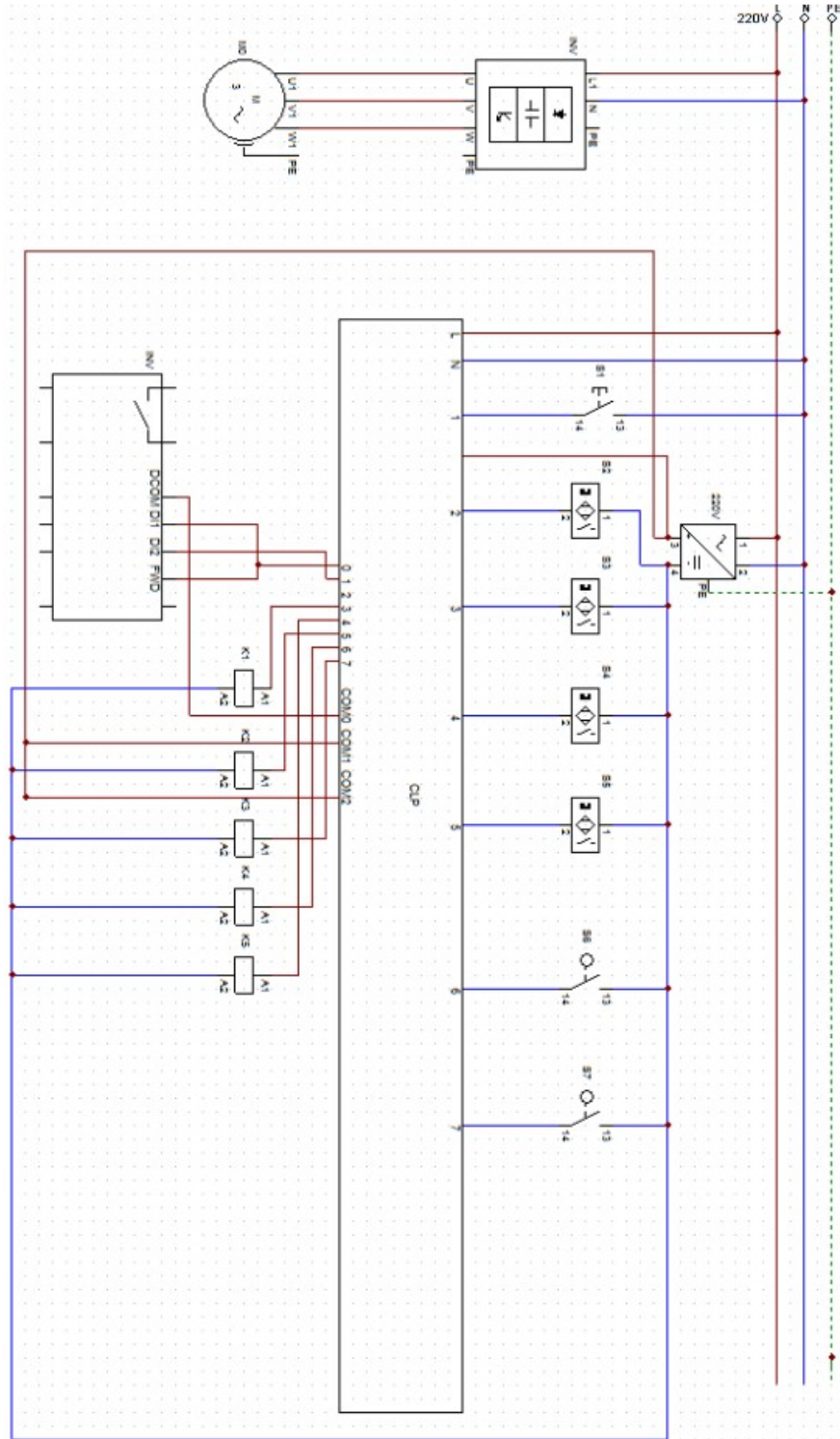
Quadro 15- Passos configuração Inversor Frequência HPI6000

n°	Passos	Descrição
1	Configurar inversor parâmetros 19 à 29	Configuração frequências e rampas de aceleração e desaceleração
2	Configurar inversor parâmetro 40, valor em 3.8	Configuração entradas digitais
3	Configurar inversor parâmetro 41, valor em 81	
4	Configurar inversor parâmetro 42, valor em 80	
5	Configurar inversor parâmetro 43, valor em 82	
6	Configurar inversor parâmetro 44, valor em 83	

Fonte: Do Autor

O valor de frequência de DI1 foi definido como 10 Hz, e de DI2 como 22 Hz, todas as rampas de acionamento e desligamento do motor foram definidas para 10 segundos. Lembrando que neste trabalho as velocidades não são as finais do projeto, pois o mesmo está em desenvolvimento.

Apêndice B- Circuito Elétrico



Apêndice C- Circuito Elétrico-Pneumático

