

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
ENGENHARIA MECÂNICA
CLEO DA LUZ MOREIRA

**PROJETO PARA AUTOMAÇÃO DE MÁQUINA DE SOLDA ARCO
SUBMERSO DE DOIS CABEÇOTES**

LAGES-SC

2018

CLEO DA LUZ MOREIRA

**PROJETO PARA AUTOMAÇÃO DE MÁQUINA DE SOLDA ARCO
SUBMERSO DE DOIS CABEÇOTES**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado ao Centro Universitário
UNIFACVEST como parte dos requisitos para
a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Mecânica.

Prof. Esp. Alisson Ribeiro de Oliveira

LAGES-SC

2018

PROJETO PARA AUTOMAÇÃO DE MÁQUINA DE SOLDA ARCO SUBMERSO DE DOIS CABEÇOTES

Cleo Da Luz Moreira ¹

Alisson Ribeiro de Oliveira ²

RESUMO

A automação é um trabalho realizado com menor número de intervenção humana, sua utilização está diretamente ligada no sistema de máquina de solda arco submerso, o qual através de um pulso no botão de início de ciclo a máquina é capaz de soldar as peças por um determinado tempo programado, reduzindo o tempo de ajuste de cada peça. Para simplificar o processo de operações levaram a escolha de automatizar máquinas industriais aperfeiçoando e sofisticando as tecnologias modernas que tem por objetivo a redução de custos, melhorar a qualidade do que está sendo produzido.

Palavras-chave: automatizar, mecânica, solda.

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, 10ª fase, do Centro Universitário UNIFACVEST.

²Prof. Especialista em Engenharia Mecânica, do corpo docente do Centro Universitário UNIFACVEST

DESIGN FOR AUTOMATION OF UNDERSEED ARC WELDING MACHINE OF TWO HEADS

Cleo Da Luz Moreira ¹

Alisson Ribeiro de Oliveira ²

ABSTRACT

Automation is a work performed with fewer human intervention, its use is directly linked in the system of submerged arc welding machine, which through a pulse on the start button of the cycle the machine is able to weld the parts by a certain t Programmed timing, reducing the adjustment time of each part. To simplify the process of operations led to the choice of automating industrial machines perfecting and sophisticated modern technologies that aim to reduce costs, improve the quality of what is being produced.

Keywords: automat., mechanics, welding.

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, 10ª fase, do Centro Universitário UNIFACVEST.

²Prof. Especialista em Engenharia Mecânica, do corpo docente do Centro Universitário UNIFACVEST

TERMO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Declaro, para todos os fins de direito, que assumo total responsabilidade pelo aporte ideológico conferido ao presente trabalho, isentando o Centro Universitário UNIFACVEST, a coordenação do curso de Engenharia Mecânica, o orientador do trabalho e demais membros da banca examinadora de toda e qualquer responsabilidade acerca do mesmo.

Lages, 10 de dezembro de 2018

CLEO DA LUZ MOREIRA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de soldagem	17
Figura 2: Soldagem arco submerso	18
Figura 3: Diagrama de comando elétrico	28
Figura 4: Botões	30
Figura 5: Chave comutadora	32
Figura 6: Chave fim de curso	33
Figura 7: Cálculo de rendimento de motores trifásicos.....	34
Figura 8: Fórmulas do escorregamento do motor	35
Figura 9: Fórmula de correção do fator de potência	36
Figura 10: Acionamentos Elétricos	37
Figura 11: Acionamentos Elétricos	38
Figura 12: Acionamentos Elétricos	38
Figura 13: Acoplamento fixo rígido.....	41
Figura 14: Acoplamento elástico	42
Figura 15: Redutor de velocidade	43
Figura 16: Desenho mecânico da máquina de solda arco submerso atual	44
Figura 17: Desenho mecânico automatizado da máquina arco submerso automatizado	45

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1: Processo de corte.....	21
Imagem 2: Local da estocagem.....	21
Imagem 3: Processo de aquecimento	23
Imagem 4: Processo de forjamento prensa excêntrica	24
Imagem 5: Processo de soldagem Arco Submerso.....	26
Imagem 6: Liberação de carcaças	26

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Peças e componentes utilizados.....	29
Tabela 2: Padrão de cores dos botões	31
Tabela 3: Resultados referente a quatro meses.....	46
Tabela 4: Custo do projeto	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Produção atual.....	46
Gráfico 2: Tempo de parada para manutenção corretiva.....	47
Gráfico 3: Tempo de parada de máquina para ajuste	47
Gráfico 4: Meta de produção.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS

D4- tipo do rolete

CO 102- máquina de serra circular

SA301- máquina de solda arco submerso

FO103- forno de indução

CLP- controlador lógico programável

LISTA DE SÍMBOLOS

Q- Correção do fator de potência

P- Potência elétrica

CV- Cavalos de potência

%- Porcentagem

F - Fator de potência

P_u- Potência útil

N- Rendimento de motores trifásicos

I- Corrente elétrica

n- Escorregamento

n_s- Velocidade assíncrona

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM	16
2.2 PROCESSO DE SOLDAGEM ARCO SUBMERSO.....	17
2.3 AUTOMAÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS	19
2.4 AUTOMAÇÃO NOS PROCESSOS DE SOLDAGEM	19
3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CARÇA DO ROLETE D4	20
3.1 PROCESSO DE CORTE DE MATERIAL	20
3.2 FORNOS DE INDUÇÃO	22
3.3 FORJAMENTO	23
3.4 PROCESSOS TÉRMICOS	24
3.5 SOLDAGEM POR ARCO SUBMERSO	25
4 PROJETO	27
5 COMPONENTES ELÉTRICOS PARA AUTOMAÇÃO DA MÁQUINA	27
5.1 BOTÕES DE COMANDO	29
5.2 CHAVES COMUTADORAS KNOB.....	31
6 CHAVES FIM DE CURSO	32
7 MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO	33
7.1 RENDIMENTO	34
7.2 ESCORREGAMENTO.....	35
7.3 CLASSE DE ISOLAMENTO.....	35
7.4 FATOR DE POTÊNCIA.....	36
7.5 MOTOFREIOS TRIFÁSICOS	36
7.5.1 FRENAGEM LENTA.....	37
7.5.2 FRENAGEM MÉDIA.....	37
7.5.3 FRENAGEM RÁPIDA	38
8 CONTADORES	39
9 RELÉ DE TEMPORIZADORES	39
10 DISJUNTORES TERMOMAGNÉTICOS	40
11 DISJUNTORES MOTORES	40
12 ACOPLAMENTOS	41
13 REDUTORES DE VELOCIDADE	42
14 EXPLICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO	43
15 RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
16 CONCLUSÃO	50

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	51
--------------------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A evolução dos seres humanos vem sendo constante, prova disso foi a descoberta da energia elétrica, que contribuiu para novos processos de soldagem, que são utilizados até hoje.

Segundo (CELIO TANIGUCHI, 1982), os processos de soldagem podem ser definidos de várias maneiras, porém apresentam o mesmo sentido, como por exemplo as normas Alemãs que definem o processo de soldagem como um processo metalúrgico da união de dois metais ou de ligas metálicas, podendo ser encontrado em estado fundido ou pastoso.

A utilização dos processos possui um amplo campo de aplicação, como vasos de pressão, tubulações, metrô ferroviários, pontes rolantes, mas uma vasta utilização nas indústrias de fabricação de peças. Atualmente está cada vez mais indispensável nas empresas, em fabricação de peças mais precisas e geometricamente mais difíceis, buscando a necessidade de estudos para o desenvolvimento de processos mais automatizados que reduzam a quantidade de movimentos repetitivos e o baixo rendimento que a máquina solda arco submerso apresenta.

O objetivo deste projeto é automatizar uma máquina solda arco submerso, com ênfase em sua velocidade do processo de soldagem, limitando o operador a fazer somente o set up da máquina, com isso todas suas peças serão soldadas com a mesmas dimensões de comprimento e largura, isso contribuirá para a redução de serviços braçais que os trabalhadores executam, aumentando assim, a segurança das pessoas que operam a máquina, a melhoria na qualidade do processo de soldagem, redução da quantidade de movimentos repetitivos dos trabalhadores, aumento no volume de peças a serem fabricadas, contribuindo para o avanço tecnológico na empresa.

Atualmente na empresa, o processo de soldagem dos flanges de formação da carcaça dos roletes que são usados nas esteiras de tratores, é feito através da máquina de solda arco submerso, a qual vem sofrendo com aumento da demanda de produção, gerado pelas paradas para manutenção corretiva do equipamento, e por sua tecnologia estar desatualizada ela apresenta alguns riscos aos trabalhadores, sendo incapaz de produzir o necessário para empresa, o projeto tem por finalidade buscar a entender as reais necessidades de melhoria em seu processo, fazer pesquisas de projetos automatizados em processos de solda, capazes de gerar melhores condições para produção e mais segurança para os trabalhadores.

O projeto de automação foi desenvolvido na empresa Minusa Indústria S/A, na máquina arco submerso, que é responsável pela união dos flanges que formam os roletes dos tratores esteira. A empresa foi a primeira nacionalmente a produzir peças nesse segmento, fabricando, roletes, buchas, sapatas, esteiras e colares.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM

Segundo (SERGIO, 1992), O Processo de soldagem ocorre através da união de duas peças metálicas formando vínculos permanentes, se utiliza uma fonte de calor.

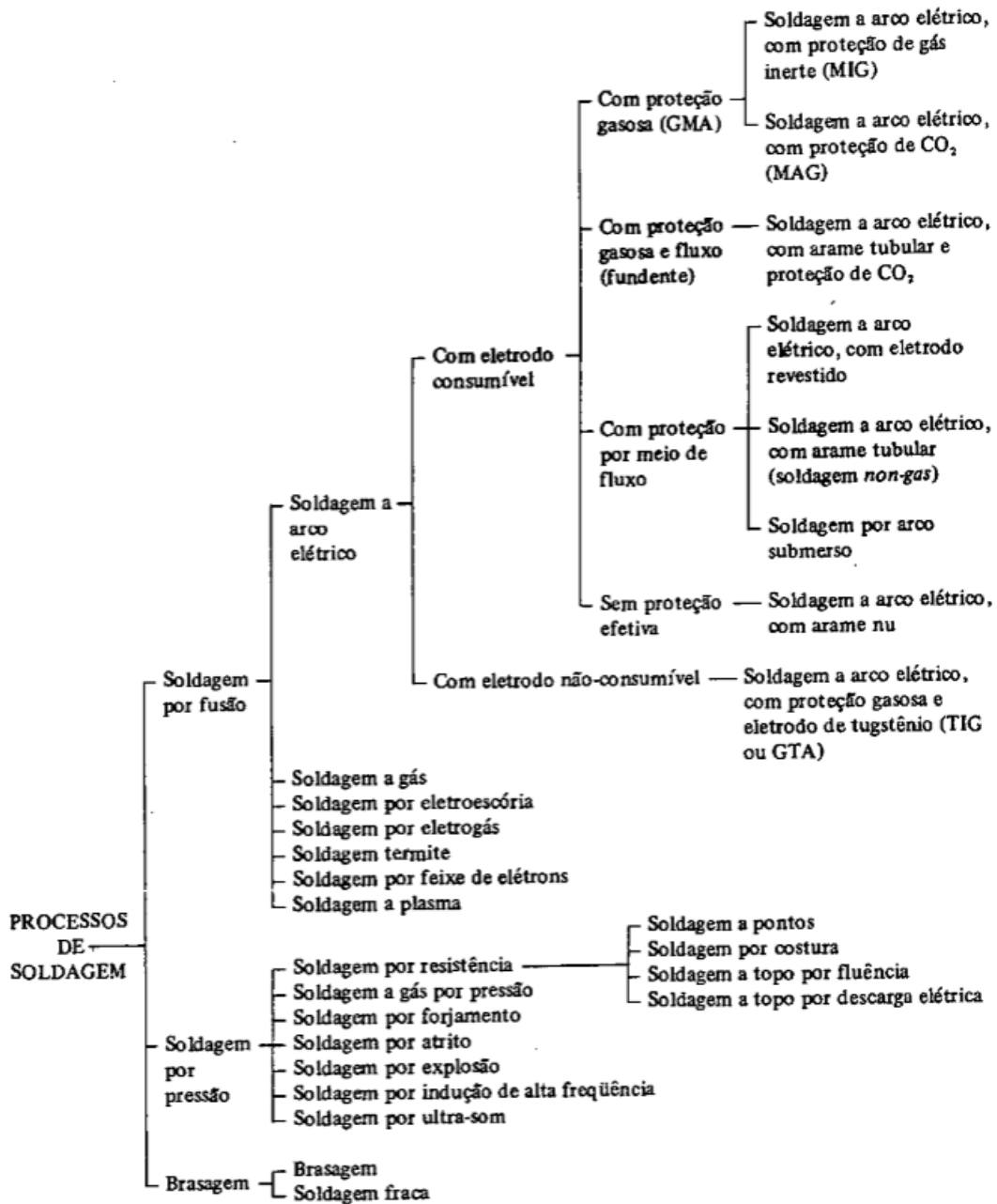
No século XIX com avanço em estudos se obteve a maioria dos processos de soldagem, devido a descoberta da energia elétrica que contribuiu para a engenharia da soldagem evoluir. Apesar dos métodos aplicados nos processos de soldagem serem aparentemente simples, a soldagem envolve uma gama bastante grande de conhecimentos específicos nas áreas de engenharia elétrica, estrutural, mecânica e metalúrgica (THOSHIE, 1982).

As fontes de energia empregadas nos processos de soldagens são mecânicas, provocado através de ondas de choques, nas químicas o calor é gerado através das reações químicas exotérmicas, e fontes elétricas o calor é gerado através da passagem elétrica e formação de arco elétrico, já em fontes radiantes o calor é difundido por radiação eletromecânica.

Os processos de solda por fusão são os mais comuns e utilizados, a soldagem por arco voltaico utiliza apenas dois cabos com ponteiros capazes de transportar corrente elétrica fornecida pelo equipamento (DON GEARY, 2013).

O arco fotovoltaico é formado quando o cabo que sai da máquina é ligado ao eletrodo se tornando condutor. No momento que o eletrodo encosta na peça que está conectada a outro cabo de terra gera uma diferença de potencial entre a peça e o eletrodo, produzindo um arco fotovoltaico. Deve-se salientar que o arco elétrico para a soldagem de descarga elétrica tem baixa tensão e alta intensidade (SERGIO, 1992).

Figura 1: Tipos de soldagem



(SERGIO DUARTE BRANDIT, 1992)

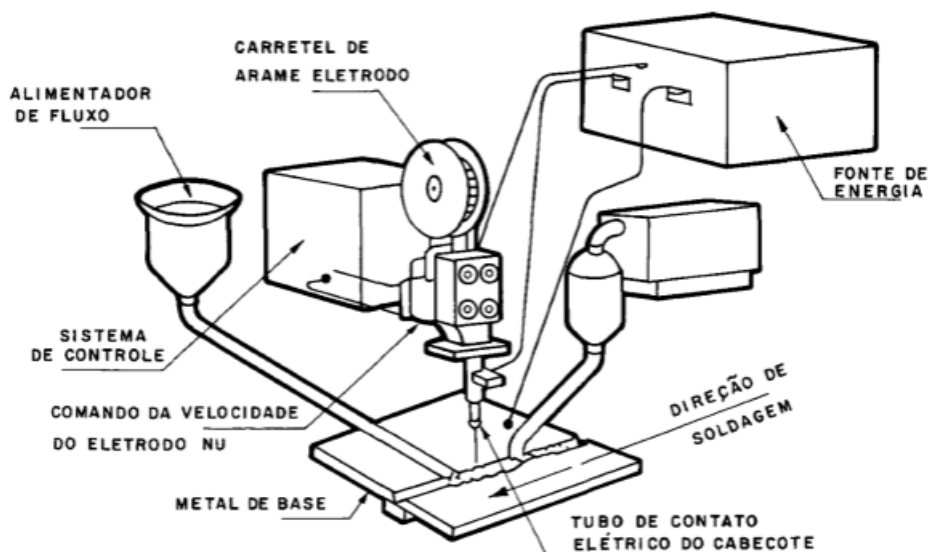
2.2 PROCESSO DE SOLDAGEM ARCO SUBMERSO

O processo de soldagem por arco submerso ocorre através de um arco elétrico entre o arame eletrodo e a peça de metal a ser soldada, que fica totalmente submerso a uma camada de fluxo em forma, não sendo visível (RONALDO, 1998).

O fluxo é constituído de minerais como, óxidos de manganês, silício alumínio, titânio zircônio, cálcio de desoxidantes como ferro silício ferro de manganês, que são submetidos em formas de grânulos, o fluxo pode ser usado a temperaturas elevadas dos processos de soldagem, sendo capaz de proteger a soldas de óleos e gases contaminante. Sua grande utilização é devida sua eficiência, que possibilita usar elevadas correntes elétricas, desta forma se usar múltiplos eléctrodos ao mesmo tempo, a intensidade de corrente pode atingir valores de até 3000 amperes (TOSHIE, 1982). As fontes utilizadas são transformadores retificadores de corrente continua, e fazem com que haja o ajuste preciso da potência a ser utilizada, tendo como referência a velocidade que o arame eléctrodo alimenta o cabeçote de solda. A alimentação do cabeçote pode ser apresentada de dois tipos automática o semiautomático, que dependerá do seu uso, a mais utilizada em indústria é a automática na qual o arame eléctrodo alimenta o cabeçote da máquina constantemente caso haja a necessidade do manuseio de operadores para alimentar a máquina com eléctrodo.

Para (RONALDO, 1998), as velocidades muito altas, diminuem a ação de molhar em determinados tempos o arco eléctrico e pagado, podendo haver o surgimento de trincas e porosidade. Em velocidades extremamente baixas as soldas estão sujeitas a trincas devido à grande poça que se forma em torno do arco eléctrico.

Figura 2: Soldagem arco submerso



(EMILIO WAINER, 1982)

2.3 AUTOMAÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

“Um sistema de controle consiste em subsistemas e processos ou plantas, o qual é constituído com o objetivo de se obter uma saída e um desempenho desejado, dada uma entrada específica” (NORMAN, et.al. 2013, pg. 2).

No controle de um processo industrial, manufatura e produção são utilizados meios automáticos em vez de manuais, e são chamados processos automatizados (RICHARD, 2013).

Na automação são utilizadas potência elétrica e mecânica que devem ser acrescentadas na máquina para dar algum tipo de inteligência para a execução de tarefas, de modo mais eficiente (MARCO, 2003). O grande impulso para a teoria e a prática, foi durante a segunda guerra com necessidade da construção de pilotos automáticos, posicionamento de esteiras, radares e antenas. As vantagens dos sistemas automáticos estão relacionadas ao controle das variáveis como, temperatura em sistemas térmicos a posição e velocidade de um sistema mecânico.

2.4 AUTOMAÇÃO NOS PROCESSOS DE SOLDAGEM

“Automação inclui a ideia de usar a potência elétrica ou mecânica para acionar algum tipo de máquina. Deve acrescentar à máquina algum tipo de inteligência para que ela execute sua tarefa de modo mais eficiente e com vantagens econômicas e de segurança” (MARCO ANTONIO RIBEIRO, et.al. 2003, pg. 3).

As soldas arco elétrico são processos manuais que exigem grandes quantidades de movimentos de trabalho para execução do serviço, contribuindo para que não seja executado com precisão e não atendendo as grandes produções das indústrias.

Em processos semiautomáticos com MIG/MAG apresentam grande crescimento de utilização nas indústrias, no qual o operador precisará apenas possuir habilidade com a tocha para soldar as peças. Por se tratar de um processo semiautomático sua precisão será baixa e a produção será moderada.

Em sistemas automatizados a utilização reduz a interferência humana nos processos de soldagem. O sistema apresenta lógica nos movimentos controlados, sendo capaz de soldar com alta velocidade e precisão.

3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CARÇA DO ROLETE D4

O objetivo do projeto é automatizar o que é soldagem de carça de roleta, para entender melhor vamos apresentar de forma breve o procedimento de fabricação.

Para a fabricação da carça do rolete são adotados todos os métodos disponíveis da empresa, em termos de custo, qualidade e produção. Máquinas que trabalham a quente e a frio, CO102 corte de material que inicializa o processo, FO103 trabalhos em fornos de aquecimento, para forjamento de peças, FO108 trabalhos a quentes em pressas excêntricas, SA301 processo de soldagem para união de peças, ES222 pressas hidráulicas que são empregadas para a formação dos roletes, utilizados em tratores esteiras.

Nas empresas metalúrgicas são utilizados vários processos de fabricação para produzir a carça do rolete:

- Corte do material
- Forjamento do flange macho
- Forjamento do flange fêmea
- Tratamento térmico
- Processo de soldagem de formação da carça
- Processo de formação do rolete D4

3.1 PROCESSO DE CORTE DE MATERIAL

O corte dos lingotes de aços ou ligas metálicas que são cortadas na máquina CO102, o qual utiliza o processo automatizado, diminuindo as intervenções operacionais.

Os ajustes da máquina são todos feitos através IHM, o tamanho a ser cortado e sua quantidade de peças, a uma conferência dos dados inseridos, e inicia o ciclo automático de corte, todos os tarugos, serão cortados com a mesma medida.

Imagem 1: Processo de corte



(Fonte: Autor)

Após cortados todos serão empilhados estocados, e usados conforme a demanda de fabricação dos flanges.

Imagem 2: Local da estocagem



(Fonte: Autor)

3.2 FORNOS DE INDUÇÃO

Nos fornos de indução seu funcionamento é semelhante a um transformador, tem uma entrada e saída, assim comparado pode-se dizer que a saída está em curto e que é constituída por uma única espira.

Os fornos de indução são muito utilizados para a fusão de um material sólido, o qual aquecerá até chegar seu estado líquido. Para indução dos materiais são usados os fornos convertedores, Siemens Martins de Cadinho, cilíndricos ou osciladores de energia elétrica.

Sua classificação:

- Fornos de resistência
- Fornos de arco elétrico
- Fornos elétrico de indução

Para as indústrias metalúrgicas devido a necessidade no processo de fabricação de peças, a utilização dos fornos elétricos de indução apresenta um baixo custo.

A frequência desses fornos se apresenta:

- De baixa frequência 50 HZ
- De média frequência 500 HZ
- De alta frequência 5000 H

No processo de forjamento do flange o tarugo metálico precisa ser aquecido por um curto tempo chegando a temperatura 1200°C, havendo a necessidade do uso de 500HZ média frequência no processo.

Imagem 3: Processo de aquecimento



(Fonte: Autor)

A imagem acima retrata a utilização do forno elétrico de indução, no qual a peça será aquecida por um tempo de aproximadamente 30 segundos, chegando a uma temperatura aproximada de 1200°C, possibilitando o processo de conformação mecânica que é feito através da prensa excêntrica.

3.3 FORJAMENTO

O forjamento é a deformação de matérias de aço que são moldados através de matrizes, na qual o material é aquecido antes do processo de conformação (HORACIO, 2010).

As matrizes são utilizadas no processo de conformação de peças fabricadas por meio do processo de conformação, através da prensagem que é constituída por dois modelos:

- Matrizes abertas
- Matrizes fechadas

Em matrizes abertas o seu processo de fábrica é feito em matérias especiais, resistente ao forjamento, seu molde será usinado de acordo com a necessidade da peça a ser fabricada.

Por se tratar de matrizes abertas, seu grande uso para fabricação de peças de aviação área e naval, na qual o processo quase não gera rebarba, sendo muito usada esses tipos de matrizes para forjar peças grandes.

Segundo (HORACIO, 2010), as prensas mecânicas excêntricas trabalham com cargas de 100 a 8000t devido limitações em seu curso. Em prensas hidráulicas há um aumento em seu curso com auxílio de pistões hidráulicos que são capazes de aumentar a carga de aplicação de 300 a 50 000t.

Imagem 4: Processo de forjamento prensa excêntrica



(Fonte: Autor)

A imagem acima retrata o processo de forjamento dos flanges D4, no qual está sendo utilizados matrizes, com tempo estimado de uma peça a cada trinta e cinco segundos, por se tratar de prensas excêntricas há alta velocidade no processo de conformação.

3.4 PROCESSOS TÉRMICOS

Os tratamentos térmicos são utilizados através do aquecimento e o resfriamento de forma controlada, capazes de contribuir para a melhoria na qualidade de uma peça de aço ou ligas metálicas (HORACIO, 2010).

“Os aços são ainda as ligas metálicas que mais prestam as operações de tratamento térmico, porque suas estruturas, durante essas operações, podem sofrer profundas modificações, acarretando, em consequência, propriedades de alto significado para suas aplicações na indústria e na engenharia em geral” (VICENTE CHIVERNI, et.al 2008, pg. 9).

Os processos de tratamento térmicos são utilizados conforme sua necessidade, pois cada tratamento tem seu tempo de resfriamento que são importantes para alterar a estrutura interna nos metais.

Para a tempera, os flanges são colocados no forno a gás com temperatura de trabalho de 850°C, quando atingem a temperatura, são retirados do forno onde serão resfriados em chuveiros de água com temperaturas de 15°C a 30°C, aumentando a dureza externa da peça.

3.5 SOLDAGEM POR ARCO SUBMERSO

O processo de soldagem por arco submerso ocorre através de um arco elétrico, entre o arame eletrodo e a peça de metal a ser soldada, que fica totalmente submerso a uma camada de fluxo em forma de grânulos que fazem a proteção da solda, não gerando faíscas e protegendo de contaminações, luminosidade e respingos.

Por ser um processo com fonte de alimentação contínua de seu arame de eletrodo, se faz necessária um alto nível de automação no processo, para que a máquina possa ter uma boa eficiência de aproveitamento, produzindo poucos resíduos e sendo capaz de apresentar uma qualidade superior aos processos que solda por arco elétrico.

As fontes utilizadas são transformadores retificadores de corrente contínua que executam o ajuste da potência a ser utilizada, tendo como referência a velocidade que o arame eletrodo alimenta o cabeçote de solda.

Para (RONALDO, 1998), as velocidades muito altas diminuem a ação de molhar, em determinados tempos o arco elétrico e pagado faz com que possa haver o surgimento de trincas e porosidade. Em velocidades extremamente baixas as soldas estão sujeitas a trincas devido à grande poça que se forma em torno do arco elétrico.

Imagem 5: Processo de soldagem Arco Submerso



(Fonte: Autor)

Imagem 6: Liberação de carcaças



(Fonte: Autor)

A figura 5 retrata o funcionamento do processo de soldagem na máquina arco submerso, no qual o operador utilizará buchas cônicas para a fixação dos flanges nas duas extremidades ao eixo da máquina, deixando os flanges bem juntos e em seguida o operador apertará a porca, e o deixará pronto para o início do processo de soldagem, o qual receberá duas camadas de solda necessária para formar a carcaça do rolete D4.

4 PROJETO

Tudo começa com a elaboração do projeto, havendo o levantamento dos requisitos necessários para automatizar a máquina. O projeto tem como finalidade verificar a real necessidade de modificações no processo, capazes de aumentar a produção e a qualidade da carcaça do rolete D4.

Segundo (ROBERT, 2013), os projetos em máquinas, se trata da criação de sistemas que funcionem em perfeito estado e apresente excelentes condições do seu uso, possibilitando a segurança e confiabilidade do equipamento e das pessoas que o utilizam.

5 COMPONENTES ELÉTRICOS PARA AUTOMAÇÃO DA MÁQUINA

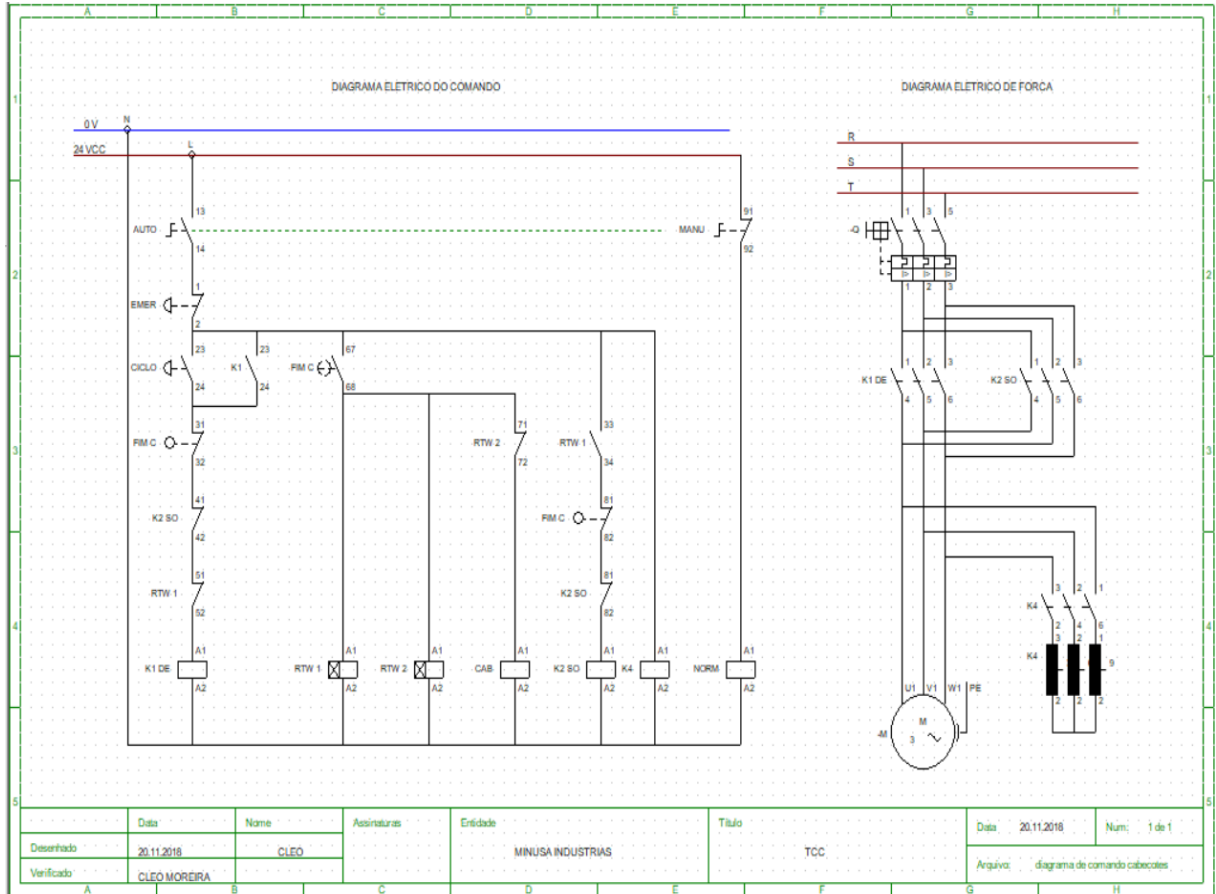
Segundo (FREDERICO, 2010), todos os componentes elétricos com sinal elétrico de entrada, são capazes de emitir sinais de informações para um circuito mecânico, elétrico ou eletrônico.

Como os avanços tecnológicos em componentes elétricos industriais são cada vez mais utilizados em máquinas na indústria, os fabricantes estão constantemente investindo em técnicas e estudos para melhoria de seus componentes. Atualmente a eletrônica está expandindo seu campo de utilização, como em componentes elétricos e mecânicos que apresentam grandes vantagens, tal como redução de tamanho e grande capacidade de controle em processos.

“Automação é a operação de máquina ou de sistema automaticamente ou por controle remoto, com a mínima interferência do operador humano” (MARCO ANTÔNIO RIBEIRO, et.al. 2003, pg. 4).

DIAGRAMA DE COMANDO ELÉTRICO

Figura 3: Diagrama de comando elétrico



(Fonte: Autor)

Tabela 1: Peças e componentes utilizados

TABELA DE COMPONENTES DO PROJETO			
PRODUTO		PRODUTO	
RELE TEMPORIZADORES	10	PAINEL DE COMANDO 300X300X200	1
CONTADORES	2	ACOPLAMENTO PARA EIXO	2
MOTO REDUTORES COM FREIO	2	BOTAO COM RETEÇÃO DE EMERGÊNCIA	1
BOTÃO DE PULSO NA NF	1	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO 4 AMPERES	1
BOTÃO COMUTADOR COM RETENÇÃO DE DUAS POSIÇÃO NA NF KNOB	1	DISJUNTOR MOTOR	1

(Fonte: Autor)

5.1 BOTÕES DE COMANDO

Botões de comando são componentes elétricos utilizados para ligar e desligar o comando de um equipamento, através da capacidade de enviar sinais elétricos (FREDERICO, 2010).

Sua classificação e determinada por sua característica:

Figura 4: Botões**A: Botões de pulso**

(Fonte: WEG)

B: Botões com trava

(Fonte: WEG)

Os botões de pulso são compostos de contatos auxiliares abertos e fechados, em sua posição inicial seu contato fechado permite que haja o fluxo de energia elétrica, diferente de seu contato aberto que se mantém havendo passagem de energia.

Após o botão ser acionado seus contatos serão invertidos mudando sua lógica, o contato aberto se fecha liberando a passagem de energia elétrica, o fechado se abre não possibilitando a passagem de energia.

As nomenclaturas são padronizadas havendo consenso em sua aplicação, o contato NF normalmente fechado, utiliza-se números com termino 1 e 2, em contatos abertos a sua representação NA é normalmente aberto com numerações padrões com termino 3 e 4. Seu mecanismo é composto de uma mola em seu corpo, para que quando o botão esteja acionado ele seja capaz de inverter seus contatos.

O padrão das cores está associado à sua utilização em comandos elétricos (G NASCIMENTO, 2011).

As cores dos botões são encontradas:

Tabela 2: Padrão de cores dos botões

COR	SIGNIFICADO	EXEMPLO DE EXPLICAÇÃO
VERMELHA	EMERGÊNCIA	DESLIGAR, PARADA DE EMERGÊNCIA, DESATIVAR, INTERROMPER.
AMARELA	INTERVENÇÃO	REARMAR CICLO AUTOMÁTICO, RETROCESSO.
VERDE	PARTIR, LIGAR.	PARTIDA DE SISTEMAS EM GERAL, ENERGIZAÇÃO.
AZUL	FUNÇÕES AUXILIARES	RESET, RESET EM TÉRMICOS.
BRANCA	FUNÇÕES AUXILIARES	LIGAR SISTEMAS AUXILIARES.
PRETA	USO GERAL, EXCETO EMERGÊNCIA.	PARTIDA DE SISTEMAS EM GERAL (SECUNDÁRIOS), ENERGIZAÇÃO.
CINZA	USO GERAL EXCETO EMERGÊNCIA.	FUNÇÕES AUXILIARES

(Fonte: COMANDOS ELETRICOS, 2011).

Os botões com trava tipo cogumelos possuem em seu mecanismo uma trava, ao ser acionada manterá a posição invertendo seus contatos auxiliares, não sendo possível voltar na posição inicial, como os botões de pulsos para voltar a sua posição inicial será necessário um pequeno giro, na finalidade de fazer o destravamento invertendo novamente de seus contatos na posição inicial.

Sua grande utilização é em sistemas de emergências, em máquinas industriais, desligando o comando de máquinas decorrentes a falhas e erros operacionais.

Segundo (FREDERICO, 2010), o cogumelo é conhecido como botão soco-trava.

5.2 CHAVES COMUTADORAS KNOB

As chaves comutadoras Knob são utilizadas para abrir e fechar comandos elétricos, componentes que trabalham em baixa corrente elétrica (G NASCIMENTO, 2011).

Para (CLAITON, 2008), as chaves comutadoras Knob são componentes encontrados para uso industrial que apresentam duas ou mais posições.

Seu emprego em máquinas é cada vez mais comum devido a facilidade em seu manuseio, no qual apresentam hastes e botões giratórios. Quando acionado mantém a posição atual mudando seus contatos iniciais que são semelhantes aos botões em questão aos contatos auxiliares que se invertem, o contato auxiliar NF se abre impedindo que haja o fluxo de corrente elétrica, enquanto seu contato NA se fecha, possibilitando que passe corrente elétrica em seu contato, capaz de ligar ou desligar uma máquina.

Com seu baixo custo a uma grande versatilidade para diversos tipos de uso pode ser utilizada:

- Comando de partida direta a contatores
- Comando de lâmpadas de iluminação industrial

Em comandos de partidas os contatores acionam motores elétricos a ligar comandos de bombas de refrigeração da máquina e sistema de ventilação do barracão industrial. As lâmpadas que são separadas por circuitos elétricos podem ser ligadas individualmente possibilitando ligar apenas os locais desejados.

Figura 5: Chave comutadora



(Fonte: WEG)

6 CHAVES FIM DE CURSO

“São comutadores elétricos de entradas de sinais, só que acionados mecanicamente”
(FREDERICO SAMUEL OLIVEIRA, et. al. 2010, pg. 14).

O seu acionamento é feito através de um contato mecânico, quando a máquina gera um tipo de sinal mecânico no fim de curso faz a inversão em seus contatos, sendo capaz de desligar motores elétricos, ligar prensas com a detecção de chegada de material a ser forjado, sistemas de segurança de portas de máquinas. São utilizadas chaves fim de curso quando está aberta a porta da máquina, fechando ou abrindo um sinal elétrico em seus contatos para desliga-la.

Figura 6: Chave fim de curso



(Fonte: WEG)

7 MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO

“O motor é um dispositivo que transforma energia elétrica em mecânica, em geral, energia cinética, ou seja, num motor a simples presença de corrente elétrica.” (CLAITON MORO FRANCHI, et. al. 2008, pg. 17).

Os motores de indução são utilizados em uma grande quantidade de processos, nos quais seja para movimentar um eixo de uma máquina, esteiras com materiais para a fabricação de produtos, elevadores de cargas bombas refrigeração de máquinas, exaustores entre outros processos. O fornecimento de energia elétrica para as empresas é de tensão alternada, isso faz com o uso dos motores de indução sejam ideais em seus processos por apresentarem baixo custo e terem um bom rendimento que contribui para que seu uso seja em grande escala.

Atualmente as indústrias usam uma grande quantidade de motores de indução tipo gaiola de esquilo por apresentarem grandes vantagens econômicas e um alto fator de potência. O qual é constituído de núcleo de chapas finas ferromagnéticas que possuem isolamento entre

elas, seu núcleo também é formado de chapas ferromagnéticas no qual fica seus enrolamentos que serão ligadas a energia elétrica.

Os motores elétricos de indução apresentam características para seu uso tais como:

- Rendimento
- Escorregamento
- Classe de isolamento
- Corrente de partida
- Relação entre conjugado e potência
- Fator de potência
- Fator de serviço
- Ventilação

7.1 RENDIMENTO

O rendimento e a potência elétrica disponível para o motor será convertida em energia mecânica para a execução de serviços, suas formulas para cálculo:

Figura 7: Cálculo de rendimento de motores trifásicos

$$\eta = \frac{P_u \text{ (W)}}{P_a \text{ (W)}} = \frac{736 \cdot P \text{ (cv)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{1000 \cdot P \text{ (kW)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}$$

ou

$$\eta\% = \frac{736 \cdot P \text{ (cv)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} \cdot 100$$

(Fonte: WEG)

7.2 ESCORREGAMENTO

É a diferença da velocidade em que o campo girante gira, sendo diferente da velocidade síncrona (CLAITON, 2008).

Os motores assíncronos possuem diferenças dos síncronos em relação a sua velocidade, no qual os motores assíncronos não giram em sincronismo com seu campo girante WEG (2018).

Figura 8: Fórmulas do escorregamento do motor

$$n = n_s \cdot \left(1 - \frac{s (\%)}{100}\right)$$

(Fonte: WEG)

7.3 CLASSE DE ISOLAMENTO

No enrolamento das bobinas em um motor trifásico são utilizados esmaltes sintéticos, para a proteção do motor de temperaturas acima do normal de trabalho, o que contribui para o motor ter um bom rendimento.

As Classes São Representadas:

- Classe A 105°C
- Classe E 120°C
- Classe B 130°C
- Classe F 155°C
- Classe H 180° C

As classes são definidas pela norma NBR 7034, a qual rege o limite máximo de temperatura, o valor acima de dez graus célsius danifica a sua isolação, reduzindo pela metade sua vida útil.

7.4 FATOR DE POTÊNCIA

O fator de potência é definido como indicador de potência, quando o motor recebe a energia elétrica da rede para execução do trabalho produz perdas e aumenta o consumo de energias reativas.

“Devido à natureza das perdas no núcleo, é um tanto arbitrário definir o lugar onde elas ocorrem na máquina. As perdas no núcleo de um motor de indução vêm parcialmente do circuito do estator e parcialmente do circuito do rotor” (STEPHEN J CHAPMAN, et. al. 2013, pg.317).

Para a correção do fator de potência são utilizadas fórmulas visando reduzir o volume de gasto de energia reativa, pois nas indústrias quase todos os processos possuem sistemas com motores elétricos de indução.

Figura 9: Fórmula de correção do fator de potência

$$Q = \frac{P \text{ (cv)} \times 0,736 \times F \times 100\%}{\text{Rend. \%}}$$

(Fonte: WEG)

7.5 MOTOFREIOS TRIFÁSICOS

Os motores trifásicos de indução possuem sistema de frenagem, são compostos de disco, duas pastilhas de freio e eletroímã.

Para seu funcionamento há necessidade de uma fonte de corrente elétrica contínua, que utiliza uma fonte de retificadora para alimentar o eletroímã. Quando o a fonte recebe energia elétrica retifica e libera uma corrente contínua para o eletroímã que libera o freio, sendo possível girar o seu eixo.

Os motofreios são classificados:

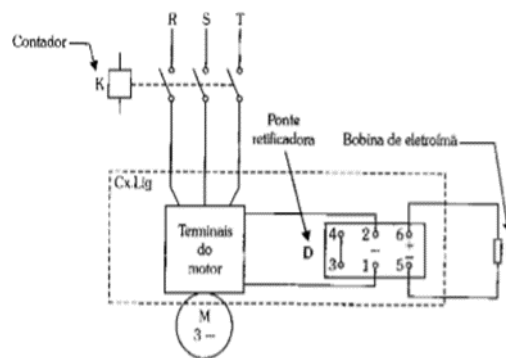
- Sistema de frenagem lenta
- Sistema de frenagem média

- Sistema de frenagem rápida

7.5.1 FRENAGEM LENTA

Sua fonte retificadora é ligada a terminais de ligação do motor, quando o motor recebe energia elétrica a fonte também recebe mandando para o eletroímã liberar o freio.

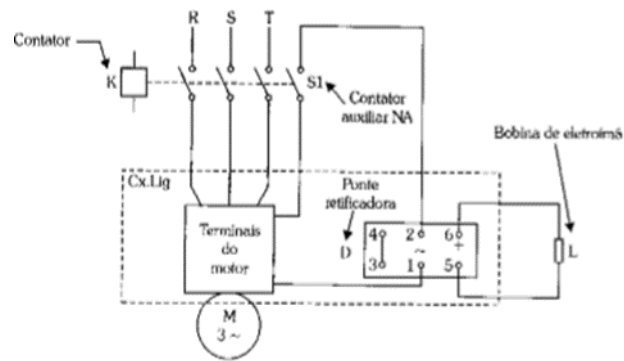
Figura 10: Acionamentos Elétricos



(CLAITON MORO FRANCHI, 2008).

7.5.2 FRENAGEM MÉDIA

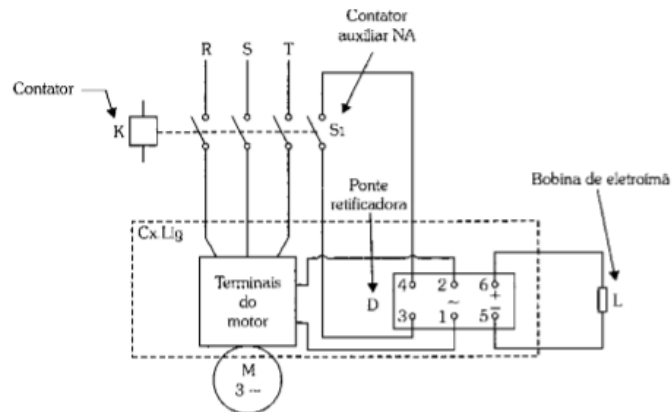
Sua ligação é semelhante a lenta, porém a diferença é que sua conexão é feita em um contato auxiliar, do componente que vai acionar o motor.

Figura 11: Acionamentos Elétricos

(CLAITON MORO FRANCHI, 2008).

7.5.3 FRENAGEM RÁPIDA

A alimentação é independente, no qual é utilizado o contato auxiliar do componente que acionara o motor.

Figura 12: Acionamentos Elétricos

(CLAITON MORO FRANCHI, 2008).

O uso dos motofreios nas indústrias são em locais especiais que se necessitem de uma precisão de posicionamento, melhoria do eixo e em sistemas de emergência de máquinas que precisam parar rápido e pontes rolantes.

8 CONTADORES

São componentes eletromecânicos que fazem o chaveamento de seus contatos em sincronismo. É constituído por uma bobina elétrica, um núcleo de entreferros e uma mola que quando há alimentação de energia elétrica forma um campo atraindo seus entreferros, fechando todos seus contatos.

O limite de vida útil em suas peças internas mecânicas varia de dez a quinze milhões de manobras, e a classe que está sendo utilizada (CLAITON, 2008)

Os contadores são muito utilizados para o comando elétrico com seu circuito auxiliar, o qual é possível fazer lógicas de acionamento, e seu circuito de força principal são conectados cabos de motores.

São apresentados para a categoria de corrente alternada:

- AC1- Para carga leve, como lâmpadas incandescentes.
- AC2- Motores de partidas leves.
- AC3- São utilizadas para motores de indução gaiola de esquilo.
- AC4- Para motores que utilizam cem por cento de sua carga.

9 RELÉ DE TEMPORIZADORES

Os relés são utilizados para fazer a contagem do tempo, possuem contatos comutadores e uma bobina eletromagnética que é capaz de inverter seus contatos quando acionado (FREDERICO, 2010).

Quanto ao seu funcionamento, a alimentação de seus contadores auxiliares A1 e A2 o relé se energiza e começa a contar o tempo mantendo seus contatos auxiliares de comutação em suas posições originais. Após o término da contagem os contatos se invertem, o contato NF se abre não sendo possível a passagem de energia elétrica e o contato NA se fecha liberando a passagem de corrente elétrica.

Sua estrutura externa é composta por um potenciômetro para o ajuste de tempo desejado, e muito utilizado em ligação de motores a contadores em estrela triangulo entre outras.

10 DISJUNTORES TERMOMAGNÉTICOS

Todos os locais que utilizam energia elétrica para algum tipo de trabalho estão sujeitos a falhas como, queda de tensão, falta de fase, curto circuito e sobrecargas no sistema elétrico. (CLAITON MORO, 2008).

ABNT NBR 5410 (2004) todas as pessoas e crianças devem ser protegidos de choques elétricos, que podem ser por contatos involuntários pela falta de atenção, ou até mesmo partes vivas que ficam expostas causando o contato involuntário.

Com o aumento de produtos elétricos que são utilizados em estabelecimentos como mercados, lojas e indústrias, houve a necessidade da criação de dispositivos de proteção para as pessoas e os equipamentos como fusíveis e disjuntores termomagnéticos, sendo estes utilizados para a proteção de curto circuito e sobrecarga.

São classificados por suas curvas de disparo, como a curva B seu disparo é rápido referente a sua corrente nominal passando de três a cinco vezes. Seu mecanismo é acionado cortando a corrente do circuito nas curvas C, o seu disparo ocorre atingindo de cinco a dez vezes as correntes nominais, sendo muito utilizado em cargas industriais

11 DISJUNTORES MOTORES

São classificados como limitadores de corrente de motores, no qual é possível fazer o ajuste da corrente evitando que o motor venha a queimar por sobrecarga e circuitos elétricos. Seu funcionamento se diferencia dos fusíveis por ser multipolar, caso falte uma fase no circuito desligará o motor por causa da sobrecarga.

“O disjuntor motor é um dispositivo desenvolvido para a proteção de motores, podem ser construídos apenas para a proteção de curto circuito ou termomagnético, sobrecarga. Possui ajuste na proteção de sobrecarga” (CARLOS T MATSUMI, et. al. 2012, pg. 22).

12 ACOPLAMENTOS

Os acoplamentos de máquinas são peças mecânicas utilizadas para a união de dois eixos árvores capazes de possuírem a mesma velocidade e potência mecânica (NOBERTO, 2006).

Devido a sua grande utilização nas indústrias, os acoplamentos são classificados como:

- Acoplamentos fixos
- Acoplamentos elásticos
- Acoplamentos móveis

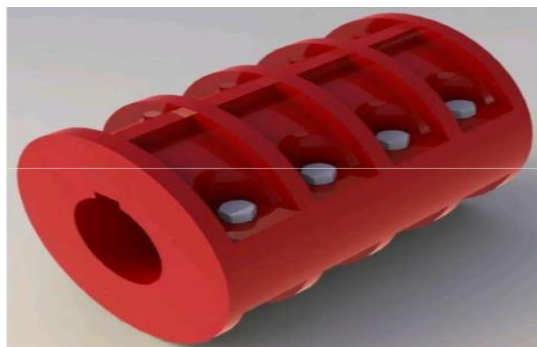
Em acoplamentos fixos sua utilização é feita quando há necessidade de transmitir grandes potências mecânicas em pequenas velocidades. Atualmente os mais utilizados são acoplamentos em disco, acoplamento de luvas de aperto e flançados.

Por ser rígido não é possível a absorção de impactos que são causados pelo desalinhamento entre os dois eixos, isso faz o desgaste acentuado do sistema de transmissão. (ALEXANDRA, 2012)

Sistemas de transmissão que utilizam acoplamentos elástico, apresentam características da união dos eixos com pequenas variações no desalinhamento de suas transmissões.

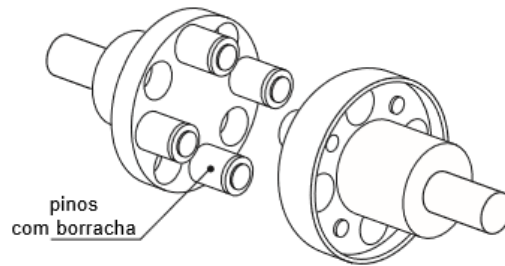
(SENAI, 2003). As transmissões de movimentos de rotação são mais suaves e apresentam grande redução em seus movimentos bruscos devido o acoplamento apresentar elasticidade e borracha em suas conexões.

Figura 13: Acoplamento fixo rígido



(Fonte: Apostila elementos de máquinas 2)

Figura 14: Acoplamento elástico



(Fonte: Apostila Senai 2003)

13 REDUTORES DE VELOCIDADE

São transmissões com conjuntos de engrenagens capazes de reduzir a velocidade de rotação em máquinas que utilizam motores elétricos (SENAI, 2005).

“Os redutores de parafuso sem fim são constantemente utilizados em guindaste, máquinas textuais, pórticos, furadeiras radiais, planas limadoras, mesas fresadoras, comando de leme de navios, ponte rolantes, elevadores” (SARKIS MELONIAN, et.al. 2009, pg. 159).

Sua forma construtiva básica para todos os tipos de redutores é composta:

- Carcaças
- Engrenagens
- Eixos de entrada
- Eixos de saída
- Parafusos sem fim
- Retentores de óleo

A carcaça é responsável pela formação do redutor, nela todos os componentes ficam conectados e engrenados. A produção de velocidade do redutor ocorre quando o redutor é

conectado a um motor elétrico, fazendo a transmissão diminuir a velocidade de saída e ser menor que a velocidade de entrada.

Figura 15: Redutor de velocidade

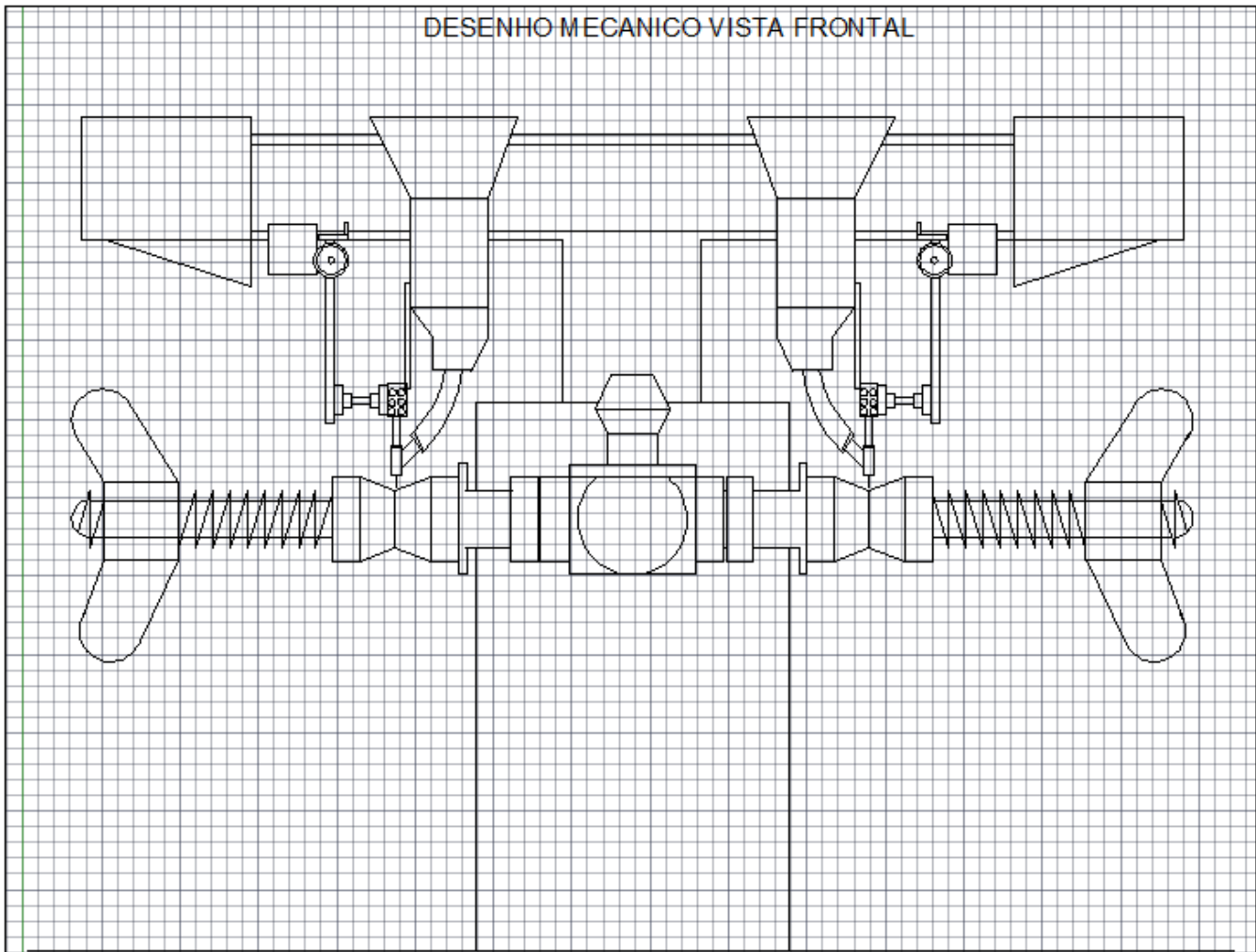


(Fonte: WEG)

14 EXPLICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO

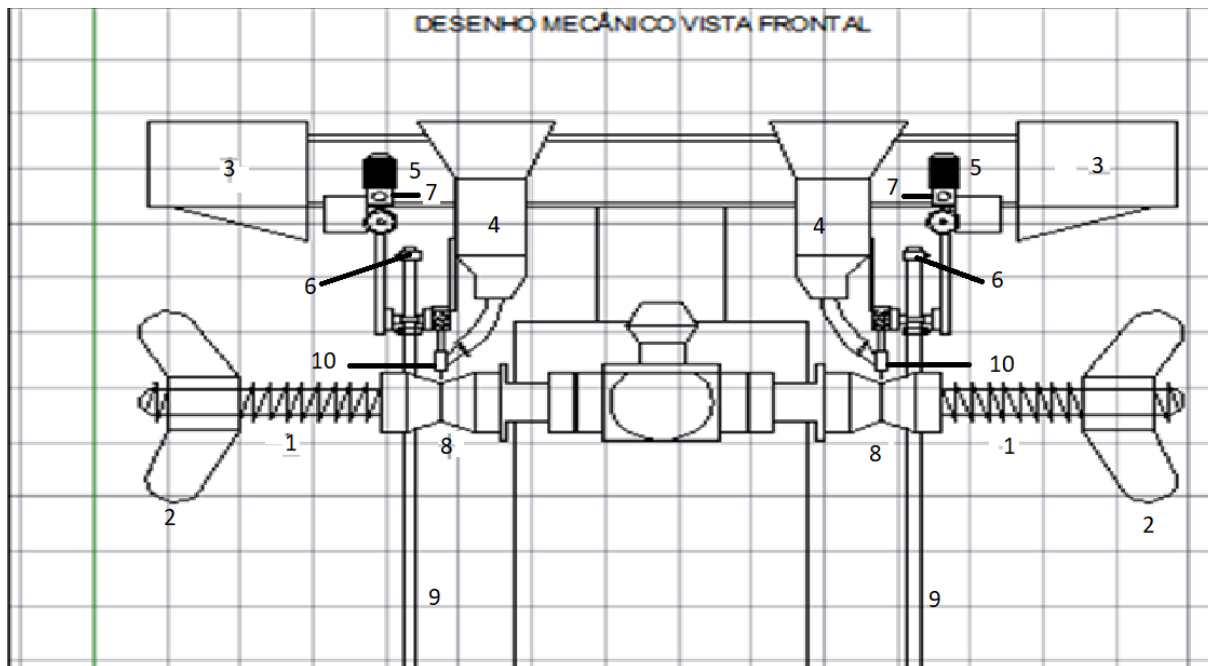
Após a montagem do sistema para automatizar a máquina o operador precisa mudar de posição a chave comutadora para selecionar o modo em que será utilizado o sistema, manual ou automático, após selecionar para automático será necessário ajustar o tempo em que a máquina ficará ligada para fazer a soldagem, feito esse procedimento para iniciar o processo é necessário apenas apertar no botão de pulso, e máquina começará a soldar os flanges automaticamente e se desligará ao final do processo.

Figura 16: Desenho mecânico da máquina de solda arco submerso atual



(Fonte: Autor)

Figura 17: Desenho mecânico automatizado da máquina arco submerso automatizado



(Fonte: Autor)

Legenda

- 1- Eixo X de rosca quadrada
- 2- Porca de fixação de flanges
- 3- Painel elétrico de comando
- 4- Local de armazenagem de fluxo
- 5- Motor elétrico no eixo Y
- 6- Chaves fim de curso
- 7- Redutor de velocidade
- 8- Flanges
- 9- Base de fixação das chaves fim de cursos
- 10- Tocha de solda

15 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Atualmente o processo de soldagem com a máquina arco submerso está apresentando baixos resultados referente a produção, o qual não atende à demanda atual de peças a serem soldadas.

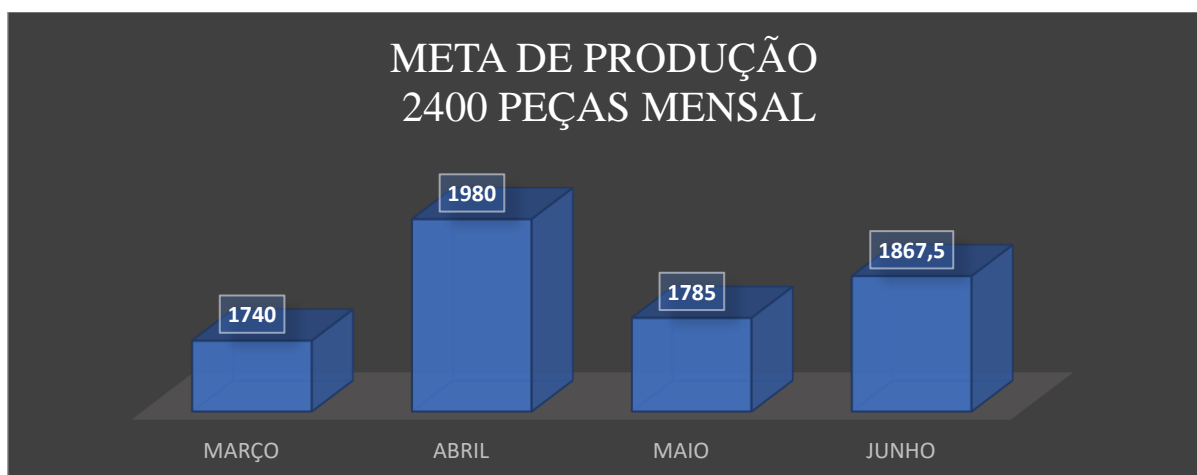
Com a dificuldade na produção das carcaças que a empresa está sofrendo, houve a necessidade de fazer o acompanhamento do processo durante um período de quatro meses, no qual foram coletados os dados que estão dispostos na tabela seguir:

Tabela 3: Resultados referente a quatro meses

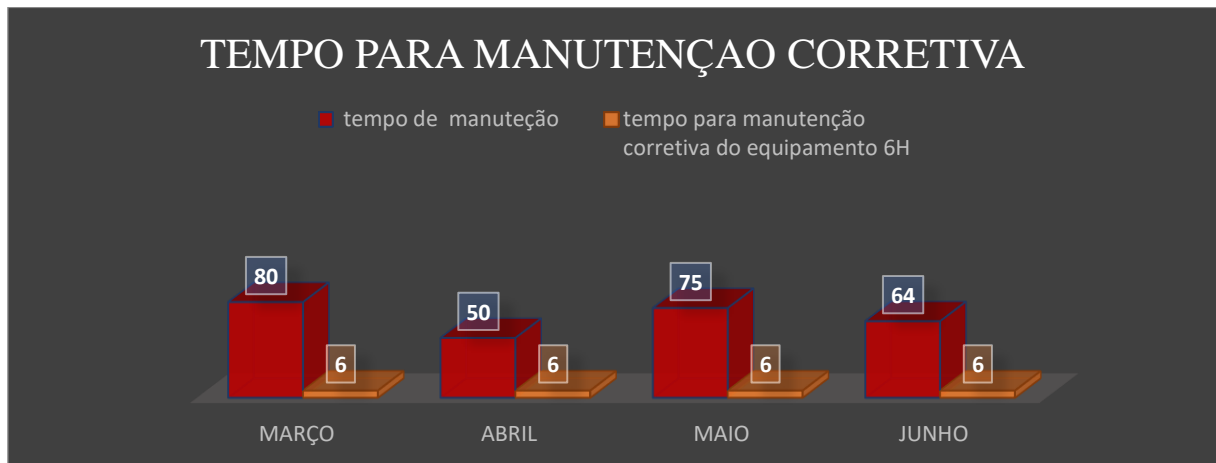
RESULTADOS MENSAIS DE PRODUÇÃO					
MESES	Tempo de manutenção corretivas	Tempo de ajuste da máquina mensal	Meta de produção 2400 peça mensal	Tempo para ajuste de maquina mês 4 H	Tempo para manutenção do equipamento estimado 6H
MARÇO	80 H	15 H	1687,5 H	4 H	6 H
ABRIL	50 H	20 H	1875 H	4 H	6 H
MAIO	75 H	19 H	1695 H	4 H	6 H
JUNHO	64 H	30 H	1695 H	4 H	6 H

(Fonte: Autor)

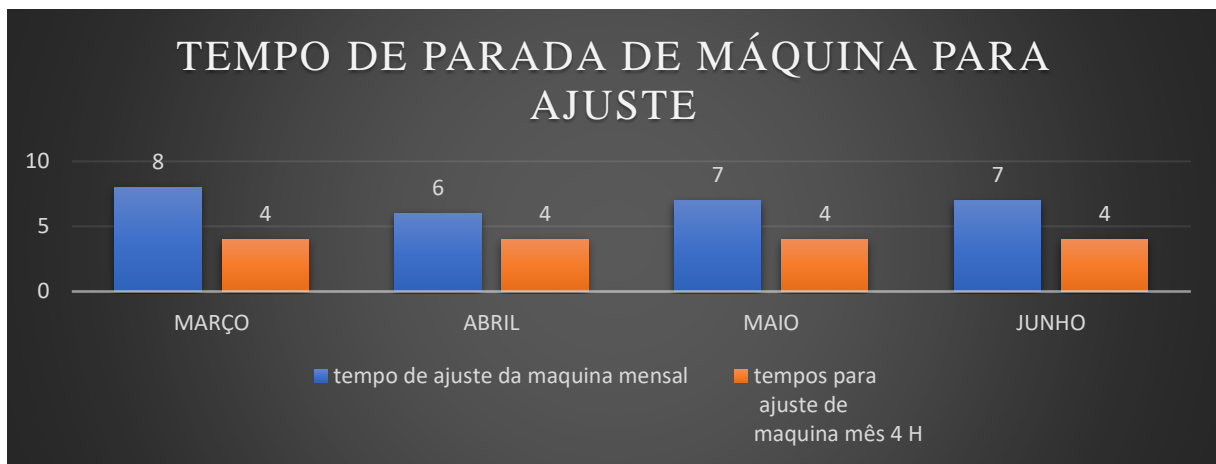
Gráfico 1: Produção atual



(Fonte: Autor)

Gráfico 2: Tempo de parada para manutenção corretiva

(Fonte: Autor)

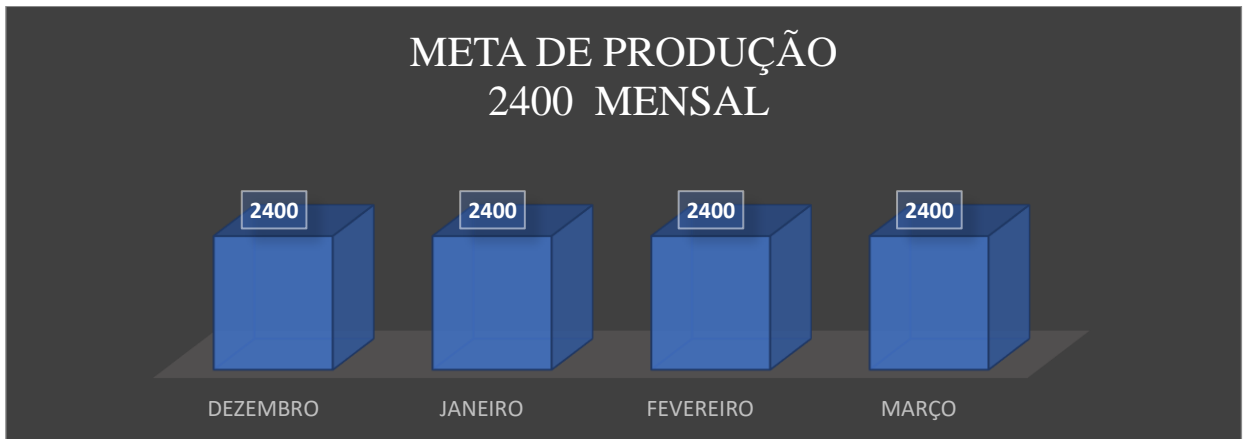
Gráfico 3: Tempo de parada de máquina para ajuste

(Fonte: Autor)

Após ter realizado análise dos resultados obtidos nesse intervalo de tempo, foi concluído o desenvolvimento do projeto com tecnologia mais automatizada, reduziria a perda de produção para ajuste da máquina e o grande excesso de manutenções corretivas que o processo está gerando.

O projeto terminado foi levado a diretoria para aprovação, concluindo que o processo de solda automatizado reduziria o grande período de ajuste e o tempo que a máquina ficava parada, diminuindo a necessidade de manutenção corretiva.

Gráfico 1: Meta de produção



(Fonte: Autor)

A instalação do projeto levará o tempo de um mês, apresentando o retorno do investimento em dois meses devido ao custo da peça.

Tabela 4: Custo do projeto

TABELA DE PEÇAS E COMPONENTES DO PROJETO			
PRODUTO	VALOR	QUANTIDADE	TOTAL
RELE	R\$80,00	4	R\$320,00
TEMPORIZADORES			
CONTADORES	R\$90,00	10	R\$900,00
MOTO REDUTORES	R\$1.200,00	2	R\$2.400,00
COM FREIO			
BOTÃO DE PULSO	R\$35,00	2	R\$70,00
NA NF			
BOTÃO COMUTADOR COM	R\$35,00	1	R\$35,00
RETENÇÃO			
DE DUAS POSIÇÃO			
NA NF KNOB			
PAINEL DE COMANDO	R\$100,00	1	R\$100,00
300X300X200			
ACOPLAMENTO PARA EIXO	R\$180,00	2	R\$360,00
BOTÃO COM RETENÇÃO	R\$40,00	1	R\$40,00
DE EMERGÊNCIA			
DISJUNTOR	R\$25,00	1	R\$25,00
TERMOMAGNÉTICO 4 AMPERES			
DISJUNTOR MOTOR	R\$70,00	1	R\$70,00
(Fonte: Autor)			R\$4.320,00

16 CONCLUSÃO

O projeto foi de grande importância o qual contribuiu para pôr em prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula com os professores. Automatizar o sistema de solda é importante devido a aplicação dos conhecimentos, nas áreas de elétrica e mecânica, pois na grande maioria são sistemas interligados e componentes eletromecânicos.

Com o desenvolvimento do projeto concluiu-se que implementação do sistema automatizado, na máquina arco submerso é de grande importância para a empresa se manter ativa no mercado, a qual será capaz de produzir a demanda necessária de peças, utilizadas na montagens e reposições de tratores esteiras.

A coleta dos dados obtidos no período de quatro meses foi de grande importância para o lançamento das planilhas, para identificar o real problema da baixa produção na máquina de solda, pois seu fluxo de produção era muito baixo, não atendendo a meta estabelecida pela a empresa. Após ter de ter sido verificado o problema foi iniciado o projeto de melhoria com ênfase em acabar com os problemas relacionados com paradas indesejadas e manutenções corretivas que apresentaram.

Os sistemas mecânicos do projeto foram todos dimensionados para que haja uma grande precisão em seus movimentos no eixo Y que e responsável pela movimentação de subida e descida da tocha de solda, na qual seu sistema é composto por um eixo de rosca quadrada que está ligada a um acoplamento rígido parafusado, este acoplamento fica acoplado ao eixo de saída do redutor, na entrada do redutor está conectado o motor elétrico formando o conjunto de transmissão do eixo Y possuindo grande precisão no processo de soldagem.

O projeto teve ênfase em buscar tecnologias e métodos de automação para automatizar a máquina de solda arco submerso que apresentava sua tecnologia desatualizada, porém de grande importância para a empresa.

Acredita-se que a evolução nos processos de soldagem com máquinas arco submerso, é possível através da automação, melhorando a capacidade de produção e qualidade das peças a serem soldadas.

Após estudos, cálculos e planilhas o projeto foi passado para a empresa para a aprovação e início do processo de construção.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- RIBEIRO, M. A. **Fundamentos da automação**. 1. Ed, Tek Treinamento & Consultoria Ltda, Salvador,2003.
- HELMAN, H., CETLIN, P. R. **Fundamentos da Conformação Mecânica dos Metais**. 2.ed, Editora Artliber, São Paulo, 2010.
- GEARY, D., MILLER, R. **Soldagem**. 2. ed, Editora Bookman, Porto Alegre, 2013.
- WAINER, E., BRANDI, S. D., MELLO, F. D. H. **Soldagem Processos e Metalurgia**. Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, 1992.
- THOMAZINI, D., ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações**. 4. Ed, Editora Érica, São Paulo, 2011.
- NISE, N. S. **Engenharia de Sistema de Controle**. 6. Ed, Editora LTC, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- FRANCHI, C. M. **Acionamentos Elétricos**. 4. Ed, Editora Érica, São Paulo, 2008.
- NASCIMENTO, G. **Comandos Elétricos Teoria e Atividades**. 1. Ed, Editora Érica, São Paulo, 2011.
- OLIVEIRA, F.S. **Métodos e Processos de Automação Industrial**. Editora 3 de maio, Florianópolis, 2010.
- CHAPMAN, S.J. **Fundamento de Máquinas Elétricas**. 5. Ed, Editora AMGH Ltda, Porto Alegre, 2013.
- DORF, R. C., BISHOP, R. H. **Sistemas de Controles Modernos**. 12. Ed, Editora LTC, Rio de Janeiro, 2013.
- MELCONIAN, S. **Elementos de Máquinas**. 4. Ed, Editora Érica, São Paulo, 2009.
- OKUMURA, T., TANIGUCHI, C. **Engenharia de Soldagem e Aplicações**. Editora LTC, Rio de Janeiro, 1982.
- NBR 5410N **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro, 2004.
- MATSUMI, C. T. **Comandos Elétricos**. 2012.

WEG Motores Elétricos. 2018

HAYAMA, A. O. F. Elementos de Máquinas II Acoplamentos. 2012.

MORO, N. Processo de Fabricação. 2006

PARANHOS, R., SOUZA, A. C. Soldagem a Arco Submerso. 1998.

