

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ**

**ALEXANDRE OTÁVIO**

**ANÁLISE DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO POR REDUNDÂNCIA E BLOQUEIO DE  
ENERGIAS CONTRA INCIDENTES EM PRENSAS E EQUIPAMENTOS  
ROTATIVOS**

**Guaratinguetá**

**2016**

**ALEXANDRE OTÁVIO**

**ANÁLISE DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO POR REDUNDÂNCIA E BLOQUEIO DE  
ENERGIAS CONTRA INCIDENTES EM PENSAS E EQUIPAMENTOS  
ROTATIVOS**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

**Orientador:** Prof. Dr. José Geraldo Trani Brandão


**Co-orientador:** Prof. Me. Fabrício Vieira Silva

**Guaratinguetá**

**2016**

O87a	<p>Otávio, Alexandre</p> <p>Análise de sistemas de proteção por redundância e bloqueio de energias contra acidentes em prensas e equipamentos rotativos./ Alexandre Otávio– Guaratinguetá, 2015.</p> <p>87 f. : il.</p> <p>Bibliografia : f. 85-87</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Trani Brandão</p> <p>Coorientador: Prof. Me. Fabrício Vieira Silva</p> <p>1. Prensas mecânicas 2. Controladores programáveis 3. Prevenção de acidentes I. Título</p> <p>CDU 621.979.1</p>
------	--

Folha de aprovação: Trabalho de Graduação

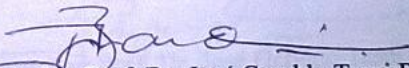
**unesp**  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**

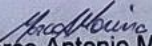
**ALEXANDRE OTÁVIO**


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “**GRADUADO EM**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**”  
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Trani Brandão  
Orientador/UNESP-FEG

  
Marco Antonio Moreira  
Engenheiro mecânico -UNESP-FEG

  
Marcelo Antunes de Paula  
Engenheiro mecânico -UNESP-FEG

Janeiro de 2016

## DEDICATÓRIA

*Ao meu pai (Nelson), a minha mãe (Rachel), a minha irmã (Núbia) e aos meus irmãos (Clovis e Anselmo).*

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente eu gostaria de agradecer a Universidade Estadual Paulista (UNESP), no geral e, em específico, a Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá (FEG) que, ao me proporcionar um ensino público de qualidade, tornou possível a realização do meu sonho de me graduar em Engenharia Mecânica. Nesse sentido, sou eternamente grato aos professores, a Coordenação do curso, e, principalmente, ao Prof. Dr. José Geraldo Trani Brandão e ao Prof. Me. Fabrício Vieira Silva, orientador e co-orientador, respectivamente, que foram fundamentais no desenvolvimento deste meu Trabalho de Conclusão de Curso. Muito obrigado professores!

A importância da FEG também se relaciona as pessoas que eu tive a oportunidade de conviver ao longo da minha Graduação. Neste caso, não citarei nomes, apenas quero agradecer a todos. Por fim, gostaria de deixar explícito a importância da minha família neste processo, que tanto nos momentos alegres, quanto difíceis, estiveram presentes e me ajudaram na minha formação. Assim, aos amigos e familiares, obrigado por fazerem parte da minha vida!

*O segredo da sabedoria, do poder e do conhecimento é a humildade.*

*(Ernest Hemingway)*

OTAVIO, Alexandre. **Análise de Sistemas de Proteção por Redundância e Bloqueio de Energias contra Incidentes em Prensas e Equipamentos Rotativos. 90f.** 2016. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

## **RESUMO**

O Trabalho de Conclusão de Curso em referência tem como principal objetivo analisar os sistemas de proteção por redundância e bloqueio de energias contra acidentes em prensas e equipamentos rotativos. Tendo como metodologia tanto o levantamento e análise de bibliografia e a interpretação das normas nacionais e internacionais, como também acesso a pesquisas sobre sistemas, práticas utilizadas nas industriais e empresas fornecedoras de produtos e soluções de bloqueios de energia, buscaremos desenvolver este trabalho a partir de dois objetivos específicos, no caso, apresentar os sistemas de proteção contra acidentes em equipamentos rotativos, prensas e similares; e discutir as vulnerabilidades dos atuais sistemas de proteção contra acidentes em prensas e similares. Após o estudo de tais objetivos, iremos propor um sistema de redundância autônomo de PLC (Controlador Lógico Programável) que opera simultaneamente, assumindo on-line em caso de falha de um dos dois.

**Palavras-chaves:** Sistema de Redundância. Prensas e Equipamento Rotativos. Equipamentos Similares. Controlador Lógico Programável.



OTAVIO, Alexandre. **Analysis of Redundancy protection systems and Block of energies against accident in presses and rotating equipment. 90p.** 2016. Monograph (Graduate in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

### **ABSTRACT**

This monograph presents the main objective of analyzing the redundancy protection systems of protection for redundancy and block of energies against accident in presses and rotating equipment. After understanding two specific goals, on this case, show the systems of protection against accidents in rotating equipments, presses and similar; and discuss the vulnerabilities of current systems of protection against accidents in presses and similar, we will propose a system of autonomous redundancy of Programmable Logic Controller (PLC) operating simultaneously taking online in the event of failure of one of the two. The methodology was worked through a revision of a variety of bibliography, and interpretation of national and international standards as well as access to research on systems, practices used in industrial and companies supplying products and of companies and energy blockages solutions.

**Keywords:** System redundancy. Presses and Rotating Equipment. Similar Equipment. Programmable Logic Controller.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CLP - Controlador Lógico Programável

NF - Normalmente Fechado

PH - Prensas hidráulicas

PMEEC - Prensas Mecânicas excêntricas de engate por chaveta ou acoplamento equivalente

PMEFE - Prensas Mecânicas Excêntricas com Freio/Embreagem

PMFAF - Prensas mecânicas de fricção com acionamento por fuso

PMI - Ponto Morto Inferior

PMS- Ponto Morto Superior

IHM – Interface Homem Máquina

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1	OBJETIVO.....	13
1.2	MOTIVAÇÃO.....	13
1.3	METODOLOGIA.....	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
<b>2.</b>	<b>PRENSAS E SIMILARES</b> .....	15
2.1	CONCEITO DE PRENSAS.....	15
2.2	TIPOS DE PRENSAS.....	15
<b>2.2.1</b>	<b>Preensas Mecânicas excêntricas de engate por chaveta ou acoplamento equivalente (PMEEC)</b> .....	15
2.3	RISCOS DE ACIDENTES.....	16
<b>2.3.1</b>	<b>Cadeia cinemática</b> .....	16
<b>2.3.2</b>	<b>Causas e Problemas do Repique</b> .....	18
<b>2.3.3</b>	<b>Zona de Prensagem</b> .....	19
2.4	PRENSAS MECÂNICAS EXCÊNTRICAS COM FREIO/EMBREAGEM PMEFE.....	22
<b>2.4.1</b>	<b>Cadeia cinemática</b> .....	23
<b>2.4.2</b>	<b>Sistema freio embreagem</b> .....	25
<b>2.4.3</b>	<b>Sistema conjugado</b> .....	26
<b>2.4.4</b>	<b>Sistema separado</b> .....	26
<b>2.4.5</b>	<b>Válvula de segurança</b> .....	27
<b>2.4.6</b>	<b>Zona de prensagem</b> .....	28
2.5	PRENSAS MECÂNICAS DE FRICÇÃO COM ACIONAMENTO POR FUSO – PMFAF.....	29
<b>2.5.1</b>	<b>Cadeia cinemática da PMFAF</b> .....	30
<b>2.5.2</b>	<b>Zona de Prensagem da PMAF</b> .....	31
<b>2.5.3</b>	<b>Proteção em PMFAF</b> .....	31
2.6	PRENSAS HIDRÁULICAS - PH.....	33
<b>2.6.1</b>	<b>Principais componentes da Prensa Hidráulica</b> .....	33
<b>2.6.2</b>	<b>Válvula ou bloco de segurança hidráulico</b> .....	34
<b>2.6.3</b>	<b>Válvula de retenção</b> .....	35

<b>2.6.4</b>	<b>Zona de prensagem</b> .....	35
<b>2.6.5</b>	<b>Proteção em prensas hidráulicas</b> .....	36
2.7	MARTELO PNEUMÁTICO (MP) .....	36
<b>2.7.1</b>	<b>Proteção em martelos pneumáticos</b> .....	37
<b>2.8</b>	<b>MARTELO DE QUEDA</b> .....	38
<b>2.8.1</b>	<b>Proteção em martelos de quedas</b> .....	38
2.9	DOBRADEIRA OU PRENSA VIRADEIRA.....	39
<b>2.9.1</b>	<b>Proteção em dobradeiras</b> .....	39
2.10	GUILHOTINA, TESOURA E CISALHADORA (MANUAL, MECÂNICA E HIDRÁULICA) .....	43
<b>2.10.1</b>	<b>Proteção em guilhotinas, tesouras e cisalhadoras</b> .....	43
2.11.	ROLO LAMINADOR, LAMINADORA E CALANDRA.....	45
<b>2.11.1</b>	<b>Proteção em rolo laminador, laminadora e calandra</b> .....	45
<b>3</b>	<b>DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA</b> .....	47
3.1	DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO AOS RISCOS EXISTENTES NA ZONA DE PRENSAGEM OU DE TRABALHO.....	47
<b>3.1.1</b>	<b>Proteções fixas</b> .....	50
<b>3.1.2</b>	<b>Proteções móveis</b> .....	50
<b>3.1.3</b>	<b>Enclausuramento da zona de prensagem</b> .....	50
<b>3.1.4</b>	<b>Ferramenta fechada</b> .....	51
<b>3.1.5</b>	<b>Comando bimanual</b> .....	52
<b>3.1.6</b>	<b>Cortina de luz</b> .....	54
3.2	DISPOSITIVOS COMPLEMENTARES PARA MONITORAMENTO DE ÁREA.....	56
<b>3.2.1</b>	<b>Scanner</b> .....	57
<b>3.2.2</b>	<b>Tapete de segurança</b> .....	59
3.3	DISPOSITIVOS DE PARADA DE EMERGÊNCIA.....	61
3.4	MONITORAMENTO DO CURSO DO MARTELO.....	62
3.5	COMANDOS ELÉTRICOS DE SEGURANÇA.....	62
<b>3.5.1</b>	<b>Controlador lógico programável (CLP) segurança</b> .....	63
<b>3.5.2</b>	<b>Chaves de segurança</b> .....	64
<b>3.5.3</b>	<b>Relés de segurança</b> .....	64
3.6	SISTEMAS DE RETENÇÃO MECÂNICA – CALÇOS DE SEGURANÇA.....	66

3.7	PLATAFORMAS DE ACESSO.....	67
3.8	CATEGORIA DE RISCOS.....	68
<b>3.8.1</b>	<b>Categoria B.....</b>	<b>69</b>
<b>3.8.2</b>	<b>Categoria 1.....</b>	<b>70</b>
<b>3.8.3</b>	<b>Categoria 2.....</b>	<b>70</b>
<b>3.8.4</b>	<b>Categoria 3.....</b>	<b>70</b>
<b>3.8.5</b>	<b>Categoria 4.....</b>	<b>71</b>
<b>4.</b>	<b>CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP) .....</b>	<b>72</b>
4.1	DEFINIÇÃO.....	72
4.2	EVOLUÇÃO.....	72
4.3	APLICAÇÕES.....	73
4.4	ESTRUTURA BÁSICA.....	74
<b>4.4.1</b>	<b>UCP.....</b>	<b>75</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Memória.....</b>	<b>75</b>
<b>4.4.3</b>	<b>E/S (entrada e saída). .....</b>	<b>75</b>
4.4.3.1	Entrada.....	75
4.4.3.2	Saída.....	76
4.4.4	Terminal de Programação.....	76
<b>4.5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>84</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>85</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Quando em 1780 a primeira máquina a vapor fora construída, James Watt não apenas criava um dos principais símbolos da Revolução Industrial, mas também iniciava um importante momento na história da humanidade, pois a partir de então, o trabalho que até aquele período era fundamentalmente manual, passaria a ser realizado por máquinas, fator que se tornou preponderante no aumento da produtividade e na eficiência de diversas tarefas relacionadas ao setor industrial.

Em certa medida, é possível indicarmos dois caminhos que, paralelamente, foram se desenvolvendo desde a Revolução Industrial. O primeiro diz respeito a busca em intensificar a produtividade quando a partir desta revolução houve diversas criações voltadas a tal fim. Inicialmente, pode-se destacar a figura de Henry Maudslay, um dos principais fabricantes de máquinas-ferramentas entre os anos finais do século XVIII e iniciais do XIX que voltou seu trabalho a criar máquinas que fossem capazes de fabricar outras máquinas, no sentido de uniformizar quer as medidas das peças produzidas quer das próprias máquinas (PORTAL EMPRESARIAL, 2015). Vale ressaltar que em 1805 chegou-se a construir um micrômetro de parafuso que era utilizado para medição de peças acabadas.

Além de Maudslay, a continuidade nos avanços na indústria e nos melhores métodos para a maior produtividade e eficiência se manteve durante o século XX, quando novas iniciativas foram criadas. Reflexo disso pode ser em 1948, quando houve à aplicação do sistema por controle numérico (CN) às máquinas-ferramentas, este realizado por John Parson (PORTAL EMPRESARIAL, 2015). Além disso, já na década de 1970, o desenvolvimento do *Programmable Logic Controller* (PLC), ou Controlador Lógico Programável (CLP), computador que passaria a ser amplamente utilizado no setor industrial.

Paralelamente aos avanços no setor industrial direcionados ao aumento da produtividade, outro caminho que se desenvolveu a partir da Revolução Industrial foi a necessidade em encontrar soluções que minimizassem os acidentes ocorridos nas fábricas. No caso específico brasileiro, uma das maiores preocupações com relação a acidentes de trabalho esteve direcionada às lesões em trabalhadores ocorrida em prensas e similares. Inclusive, em análise chefiada por Rui Magrini, então Auditor-Fiscal do DRT/SP, descobriu-se que só na zona norte da cidade de São Paulo, 91% das máquinas

utilizadas eram do tipo “engate por chaveta”, sendo que em 38% delas era exigido o ingresso das mãos dos operadores nas zonas de prensagem e, em 78% apresentavam a zona de prensagem aberta (ARAÚJO, 2008).

Em 2013, segundo dados das Comunicações de Acidentes de Trabalho ao Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS), apenas 11 tipos de máquinas e equipamentos (como serras, prensas, tornos, frezadoras, laminadoras, calandras, máquina de embalar) provocaram 55.118 infortúnios, o que representa mais de 10% do total de 546.014 acidentes típicos comunicados pelas empresas no Brasil (REPORTER BRASIL, 2014, s/p).

Neste sentido e baseado nesta preocupação com relação aos acidentes em fábricas, que este trabalho tem o seu principal foco em analisar os sistemas de proteção. Vale ressaltar que atualmente os sistemas de segurança praticamente não atendem as normas vigentes e que em muitas vezes inexistem no cenário industrial nacional. Sendo assim buscaremos contribuir com o direcionamento para a correta especificação e sistemas de segurança e a utilização de normas vigentes, além de aumentar o conhecimento sobre os sistemas de bloqueio contra acidentes, que são escassos na bibliografia nacional.

## **1.1 OBJETIVO**

O principal objetivo do trabalho é de apresentar e analisar os sistemas de proteção contra acidentes em equipamentos rotativos, prensas e similares. Propor um sistema de redundância autônomo de PLC (Controlador Lógico Programável) com os valores adquiridos durante o trabalho. Discutir as vulnerabilidades dos atuais sistemas de proteção contra acidentes em prensas e similares.

## **1.2 MOTIVAÇÃO**

Tendo em vista que atualmente os sistemas de segurança nas indústrias não atendem as legislações e normas NR-12, de modo que existem muitas falhas nos sistemas de proteção ou inexistem. Sendo assim, a proposta de contribuir com o direcionamento para a correta especificação de sistemas de segurança e utilização das

normas vigentes adequadamente. Aumentar o conhecimento sobre os sistemas de bloqueio contra acidentes, que são escassos na bibliografia nacional.

### **1.3 METODOLOGIA**

Para a elaboração do trabalho foi feito o levantamento e análise de bibliografia, levantamento e interpretação das normas nacionais e internacionais, pesquisa sobre sistemas, práticas utilizadas nas industriais e empresas fornecedoras de produtos e soluções de bloqueios de energia.

### **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O trabalho foi subdividido em capítulos para facilitar sua estruturação e sua compreensão.

Capítulo 2 - apresenta todas as prensas e equipamentos similares, mostrando como podem ocorrer tal quebra e alguns sistemas de proteções usados

Capítulo 3 - Demonstração de dispositivos de segurança, tanto para prensa e equipamentos similares e para seus operadores e arredores dos equipamentos.

Capítulo 4 - Apresentações do CLP e de um projeto que foi elaborado pelo próprio autor com o conhecimento adquirido durante o trabalho.



## **2. PRENSAS E SIMILARES**

### **2.1 CONCEITO DE PRENSAS**

De acordo com Araújo (2008, p. 11):

Prensas são máquinas utilizadas na conformação e corte de diversos tipos de materiais, onde o martelo (punção) é proveniente de um sistema (pneumático/cilindro hidráulico) ou de um sistema mecânico (onde o movimento rotativo é transformado em movimento linear através de sistemas de bielas, manivelas ou fusos).

Vale ressaltar que tanto as prensas quanto o sistema de transmissão do movimento do martelo apresentam varias modalidades, nas empresas nacionais.

### **2.2 TIPOS DE PRENSAS**

#### **2.2.1 Prensas Mecânicas excêntricas de engate por chaveta ou acoplamento equivalente (PMEEC)**

Em linhas gerais, esse tipo de prensa tem como sua principal característica o curso limitado, a energia constante e força variável em função do martelo e da altura de trabalho. O corpo pode ser em forma de “H” ou na forma de um “C”, com transmissão direta do volante ou com a redução por engrenagens, com mesa regulável ou mesa fixa, inclinada ou horizontal (ARAÚJO, 2008).

Já o volante (movimentado por um motor elétrico) esta apoiado na extremidade do eixo através de uma bucha de engate, onde é encaixada uma chaveta rotativa (meia cana). Na outra extremidade, o eixo esta fixado por uma bucha excêntrica alojada em uma biela que é responsável por transformar o movimento rotativo em movimento linear (ARAÚJO, 2008). Quando acionada, através de pedal (hidráulico, elétrico, pneumático ou comando bi manual), um pistão começa a movimentar o pino em forma de “L”, puxando uma mola que faz com que a chaveta rotativa seja acoplada na bucha de engate e com isso a transmissão do movimento de rotação ao conjunto eixo/bucha excêntrica, transformando em movimento linear da biela, realizando o trabalho de descida e subida do martelo (FIERGS, 2006).

Quando acionadas, as prensas mecânicas excêntricas de engate por chaveta fazem um ciclo completo de trabalho que consiste no movimento do martelo do ponto morto superior (PMS) até o ponto morto inferior (PMI), bem como a sua volta e sua posição inicial do ciclo, não sendo possível a sua parada após o início do movimento de descida (FIERGS, 2006). Segundo Araújo (2008), esse modelo de prensa (Figura 1) é a mais utilizada no Brasil devido ao seu baixo custo e a pouca complexidade construtiva.

Figura 1 - PMEEC completamente desprotegida.



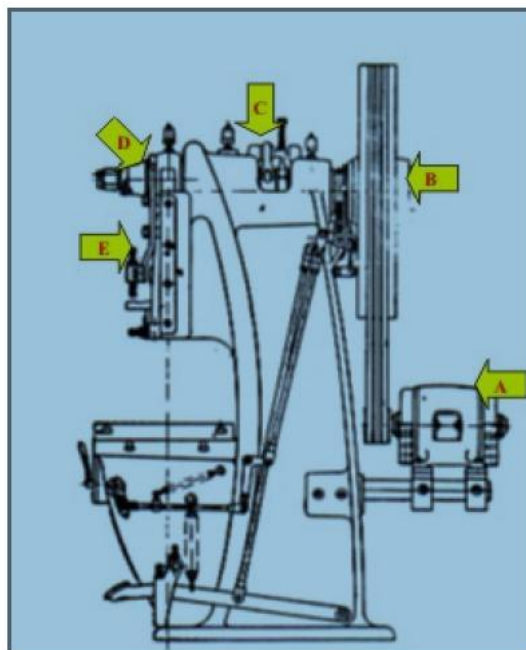
Fonte: Fiergs (2006)

## 2.3 RISCOS DE ACIDENTES

### 2.3.1 Cadeia cinemática

De acordo com Araújo (2008), todas as peças que geram movimentos que serão aplicados no martelo (eixos, bielas, engrenagens e etc.). Nesse sentido, todos esses componentes deverão ser protegidos.

Figura 2 - Desenho esquemático da cadeia cinemática da PMEEC



- A – Motor
- B- Volante
- C- Eixo
- D- Biela
- E - Martelo

Fonte: Araújo (2008)

O conjunto ponta do eixo biela deve ter proteção fixa, resistente e integral, pois se ocorrer a ruptura do eixo próximo a biela por fadiga ou sobrecarga (Figura 3), isso evitará que o conjunto se projete contra o operador, e, conseqüentemente, não caia sobre a cabeça do mesmo (FIERGS, 2006; ARAÚJO, 2008).

Figura 3 – Eixo rompido da PMEEC



Fonte: Fiergs (2006)

Para que não ocorra esse tipo de acidente, usa-se uma um elo salva vida, que é um cabo de aço fixado no corpo da máquina e na biela, em um modo que permita apenas a biela fazer o seu movimento de translação (ARAÚJO, 2008). Neste caso, esse cabo não pode ser soldado devido a trepidação da prensa acarretando no rompimento do

mesmo. Além disso, outra solução prática é o enclausuramento do conjunto biela eixo através de proteções fixas, que impediriam a queda do conjunto no operador (FIERGS, 2006; ARAÚJO, 2008).

Nestas prensas é comum o acontecimento chamado de repique (repetição do golpe), devido a vários fatores, tais como o desgaste ou quebra da chaveta ou do pino “L”, ou falhas no acoplamento, dentre outros, que ocasionam a descida involuntária do martelo (ARAÚJO, 2008).

### 2.3.2 Causas e Problemas do Repique

Através da análise de Araújo (2008), é possível destacarmos as seguintes causas e problemas de repique:

- Após efetuar uma volta, a chaveta não encontra a lingueta e com isso parte para uma nova volta (chamado de golpe redobrado imediato);
- A lingueta que retorna para a sua posição de desliga ou se desengata um pouco tardio, devido a isso a chaveta para em posição precária ou instável e com isso pode retornar a um novo ciclo, sem haver a imposição do mecanismo de acionamento e;
- A ruptura da chaveta por fadiga (Figura 5), devido aos seus alto repetitivos esforços (podendo chegar a 8000 ciclos/ dia).

Figura 4 – Pino L + chaveta



Fonte: Araújo (2008)

Figura 5- Chaveta quebrada



Fonte: Fiergs (2006)

### 2.3.3 Zona de Prensagem

Área onde o martelo da prensa aplica a força, a zona de prensagem é o espaço entre o martelo e a mesa da prensa, local em que se coloca o ferramental. Em outras palavras, é a área onde tem a maior probabilidade de risco para o operador, devido a exposição do operador a cada ciclo. Devido a esse motivo, deve ser garantido o impedimento físico a zona de prensagem (FIERGS, 2006). Para isso as empresas devem utilizar de tais opções para a proteção do operador:

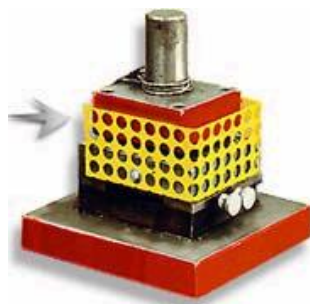
- Estar enclausuradas (Figura 6), com proteções fixas, no caso de haver a necessidade de troca de ferramentas, com proteções moveis dotadas de intertravamento com bloqueio, por meio de chave de segurança, de modo a permitir a abertura somente após a parada total dos movimentos de riscos, ou
- Operar somente com ferramentas fechadas (Figura 7)(ARAÚJO, 2008, P. 11).

Figura 6 – PMEEC protegida



Fonte: Araújo (2008)

Figura 7 – Ferramenta fechada



Fonte: Araújo (2008)

Caso não ocorra a adoção de pelo menos uma das opções acima, será considerado como situação de grave e iminente risco, e, assim, ocasionando a imediata interdição do equipamento. Em síntese, todas as proteções devem ser projetadas de um modo a não criarem riscos para o seu operador (efeito guilhotina Figura 8) (FIERGS, 2006).

Figura 8 – Proteção que permite o efeito guilhotina



Fonte: Araújo (2008)

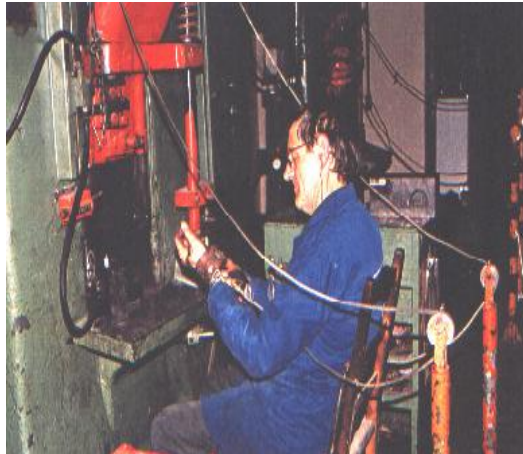
Alguns dispositivos - como pinça e tenazes (Figura 9) - podem ser utilizados para atividades como forjamento a quente ou a morno, com medidas de proteção que garantam o distanciamento do trabalhador da área de risco (ARAÚJO, 2008). Neste caso, fica vedado o uso de salva-mão (Figura 10).

Figura 9- utilização incorreta da pinça



Fonte: Araújo (2008)

Figura 10 – Salva-mão



Fonte: Araújo (2008)

Deverão ser providas de proteção fixa integral e resistente através de chapa ou material rígido que impeça o acesso das mãos e dedos na área de riscos, como volantes, correias e engrenagens (ARAÚJO, 2008). Estas proteções deverão prever a retenção dos componentes quanto a queda por ruptura dos mesmos (ARAÚJO, 2008).

Figura 11 – Prensa com todas as partes móveis protegidas



Fonte: Araújo (2008)

Para a troca do ferramental ou a manutenção da prensa, poderá se dispor de proteção móvel intertravada, para garantir a parada total da máquina (monitor de detecção de movimento). Além disso, deverá ser utilizado de dispositivo de retenção mecânico (calço) instalado entre a mesa e o martelo (ARAÚJO, 2008).

A prensa deve ter uma chave seccionadora ou um dispositivo de mesma eficácia, dotado de bloqueio, que impedira qualquer partida inesperada. É estritamente proibido o uso de pedais (Figura 12) e alavancas mecânicas para o acionamento (ARAÚJO, 2008).

O comando bimanual pode ser utilizado como opção para eliminar o uso de pedal, porém, não constituindo proteção, poderá também ser admitida a utilização de pedais com atuação pneumática, hidráulica ou elétrica, dentro de uma caixa de proteção, sempre respeitando as dimensões previstas pela norma NBRNM-ISO 13853:2003, desde que não haja acesso a zona de prensagem através de barreira física ou quando for utilizada ferramenta fechada, os pedais devem ser instalados em local de fácil acesso ao operador, mas sem acesso a outros operadores (FIERGS, 2006; ARAÚJO, 2008).

Figura 12 – Pedal de acionamento



Fonte: Fiergs (2006)

#### **2.4 PRENSAS MECÂNICAS EXCÊNTRICAS COM FREIO/EMBREAGEM – PMEFE**

Este tipo de prensa (PMEFE) (Figura 13) tem como característica o curso limitado, força variável devido a função altura de trabalho e energia constante, podendo ter o corpo em forma de “H” ou em forma de “C” com redução por engrenagem ou então por transmissão direta do volante, como mesa fixa, regulável, inclinada ou horizontal (ARAÚJO, 2008). Neste caso, o volante, que é movimentado por um motor elétrico, está apoiado na extremidade de um eixo, que é ligado a um sistema de freio embreagem, já na outra extremidade do eixo esta fixado numa bucha excêntrica, alojada numa biela, que é responsável pela transformação do movimento rotativo em um movimento linear (FIERGS, 2006).

Diferentemente das PMEEC (Figura 1), este tipo de prensa, uma vez acionadas, poderão ter o movimento do martelo interrompido durante o ciclo de trabalho (ARAÚJO, 2008).



As PMEFE poderão apresentar o repique, devido a falhas em suas válvulas ou no sistema de acoplamento, como até o desgaste dos freios, entre outras falhas, acarretando na descida do martelo (involuntária) por uma ou até mais vezes (ARAÚJO, 2008).

Os pedais para acionamento estão ligados a acidentes e deverão ser evitados (ARAÚJO, 2008). Entretanto, em casos onde não é possível o uso de comando bi manual, poderão ser aceito o uso de pedal com atuação eletrônica, hidráulica ou pneumática, desde que seja instalada uma caixa de proteção contra qualquer acionamento acidental e somente com a zona de prensagem protegida através de barreira física, cortina de luz ou utilização de ferramenta fechada (ARAÚJO, 2008). O número de pedais deverá corresponder ao número de operadores da máquina. Este tipo de prensa, por apresentar características mais confiáveis e ter praticamente as mesmas características que as PMEEC, acaba por estar substituindo essas nas indústrias brasileiras, a exemplo do que esta acontecendo no resto do mundo.

Figura 13 – Prensa mecânica excêntrica freio/embreagem - PMEFE



Fonte: Araújo (2008)

#### 2.4.1 Cadeia cinemática

Praticamente todas as peças que irão gerar movimento para ser aplicada ao martelo (eixos, guias, correias e etc.) (ARAÚJO, 2008).

Figura 14 – Martelo biela simples



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 15 – Biela com martelo acoplado



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 16 – Eixo excêntrico



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 17 – PMEFE protegida



Fonte: Fiergs (2006)

Por se tratar de prensa excêntrica, deverão receber proteção fixa, integral e resistente contra queda de biela e nas suas transmissões de forças, através de chapa ou de material bem rígido para que consiga impedir o ingresso de mãos e dedos na área de risco (Figura 17) (ARAÚJO, 2008).

#### 2.4.2 Sistema freio embreagem

Conforme análise a partir do trabalho de Araújo (2008), é possível indicar que o sistema freio embreagem é um sistema utilizado em prensas para acoplar o eixo da rotação ao mecanismo manivela/biela para garantir a parada do movimento a qualquer posição do curso de deslocamento do martelo.

Figura 18 - Conjunto freio/embreagem



Fonte: Araújo (2008)

Figura 19 – Conjunto freio/embreagem montado



Fonte: Araújo (2008)

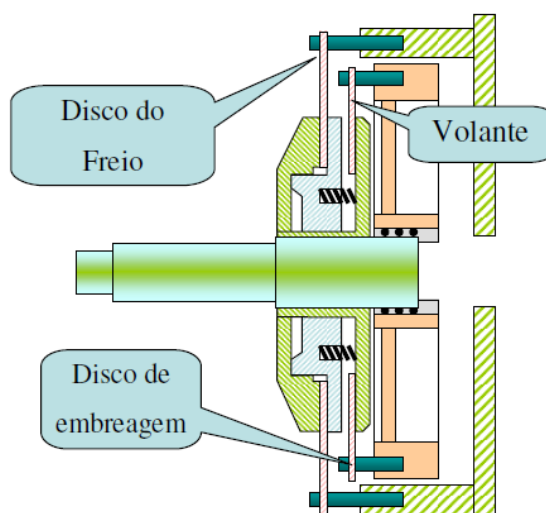
### 2.4.3 Sistema conjugado

Podendo ter acionamento hidráulico ou pneumático, uma vez acionada a válvula de segurança o fluido acaba sendo introduzido na câmara, que acarreta na liberação do freio e o acionamento da embreagem (ARAÚJO, 2008). Após a execução do ciclo ocorre a liberação do fluido acarretando na frenagem da prensa por molas.

### 2.4.4 Sistema separado

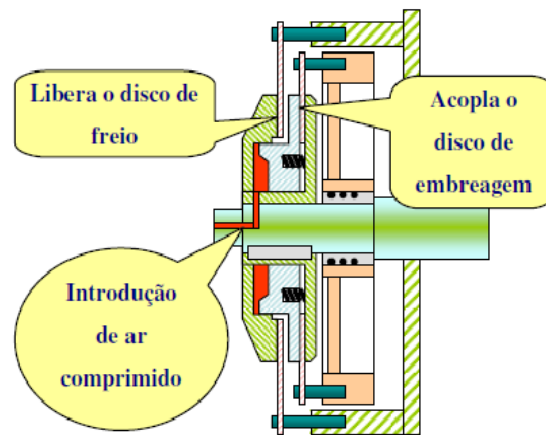
Em prensas de grande porte, a embreagem e o freio são montados cada um de um lado da máquina. Embreagem é ancorada ao volante (sendo necessárias duas válvulas de segurança), e o seu acionamento deverá ser sincronizado para que ocorra a liberação do freio antes da embreagem e atuando como freio após a liberação da embreagem (ARAÚJO, 2008).

Figura 20 – Sistema freio/embreagem posição de repouso – máquina parada



Fonte: Araújo (2008)

Figura 21 – sistema freio/embreagem em posição de funcionamento – máquina em movimento



Fonte: Araújo (2008)

#### 2.4.5 Válvula de segurança

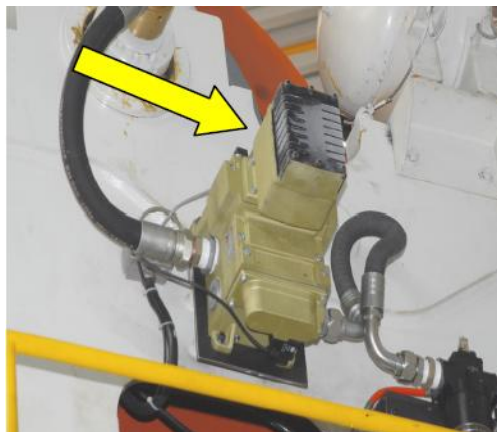
Resalta se que as PMEFE e seus similares deverão ser comandados por específicas válvulas de segurança, de fluxo cruzado como indicado pelo item 4.7 da NBR 13930:2001 e a EN 692:1996, os quais classificados como tipo ou categoria 4, conforme a NBR 14009:1997 (ARAÚJO, 2008).

A melhor ocorrência de uma precisão confiável da parada do movimento do martelo dependerá da válvula ser livre de pressão residual acarretando no impedimento de uma descida involuntária do martelo (repique), garantindo a parada a qualquer momento da descida do martelo através de uma rápida liberação do ar e acoplamento do freio (FIERGS, 2006).

Tanto prensas como equipamentos similares devem possuir rearme manual, este incorporado a válvula de segurança ou em qualquer componente do sistema, como forma de impedir o acionamento involuntário em caso de falha. Em modelos de válvulas com monitoração dinâmica por pressostato, microswitches ou sensores de proximidade, estas deverão ser realizadas por CLP de segurança ou lógica equivalente com redundância e auto teste classificados como categoria 4, conforme a NBR 14009:1997 (FIERGS, 2006).

Na utilização de válvulas de segurança independente (Figura 22), para o comando de prensas e similares que possuem freio e embreagem separados, estes devem ser interligados de tal modo que estabeleça uma monitoria entre si, tomando como seguro que o freio seja acionado em caso da embreagem ser liberada durante o ciclo, e que a embreagem atue no caso do freio não atuar. Os sistemas de alimentação de ar comprimido para circuitos pneumáticos de prensas e similares deverão garantir a eficácia de válvulas de segurança, possuindo purgadores ou sistemas de secagem de ar e sistema de lubrificação automática com óleo específico para esse fim (FIERGS, 2006; ARAÚJO, 2008).

Figura 22 – Válvula pneumática de segurança ROSS de fluxo cruzado com silenciador instalado



Fonte: Fiergs (2006)

#### 2.4.6 Zona de prensagem

É a área na qual ocorre a maior zona de risco para o operador, pois é onde é aplicada a força do martelo, espaço onde a mesa se localiza entre o martelo e a prensa. Esse ciclo ocorre várias vezes durante a jornada de trabalho do operador. Ao contrário das PMEEC a zona de prensagem pode dispor de muitos recursos para a proteção do operador. Levando em consideração FIERGS (2006), é possível destacarmos algumas opções de proteção das PMEFE:

- Ser enclausuradas, com proteções fixas ou móveis, mas dotadas com intertravamento com chave de segurança;
- Operar apenas e somente com as suas ferramentas fechadas e;
- Utilização de cortina de luz com comando bimanual.

Nesse sentido, para que consiga garantir a parada da máquina, o sistema freio/embreagem, a válvula de segurança e a cortina de luz (Figura 23) monitoradas pelo relé ou CLP de segurança deverão estar adequadamente dimensionados e instalados. É fundamental o monitoramento do freio (Figura 24) (ARAÚJO, 2008).

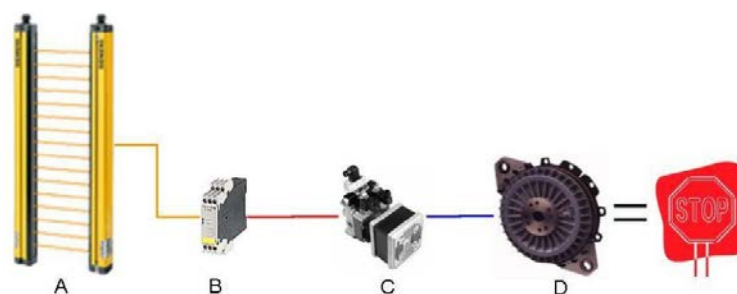
Figura 23 – Imagem esquemática do dispositivo de segurança



- A – Cortina de Luz – Sensor
- B – Relé de Segurança - Monitor
- C – Válvula de Segurança - Controlador
- D – Freio/Embreagem - Atuador

Fonte: Fiergs (2006)

Figura 24- Exemplo de fluxo sequencial dos dispositivos de segurança de parada da PMEFE



Fonte: Fiergs (2006)

## 2.5 Prensas mecânicas de fricção com acionamento por fuso – PMFAF

Esse tipo de prensa também é conhecida como prensa tipo parafuso ou por fuso, pois a descida do martelo ocorre por meio de um parafuso linear reversível, este que é

acionado por intermédio de dois parafusos volantes laterais (Figura 25), que são posicionados verticalmente, que friccionam um volante horizontal central (Figura 26) que está localizado na parte superior permitindo assim a descida e subida do martelo (FIERGS, 2006).

Tipo de prensa na qual não corre o ciclo completo, logo é permitido a parada do martelo em qualquer ponto da descida, mas devido a inércia existente acaba não permitindo uma precisão na parada do martelo, máquina na qual não é possível a instalação de cortina de luz ou dispositivo de aproximação. Este tipo de máquina não é de ciclo completo, (FIERGS, 2006).

Figura 25 - Fuso



Figura 26 - Volante



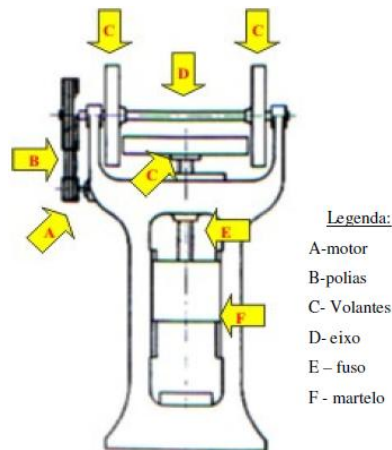
Fonte: Araújo (2008)

### 2.5.1 Cadeia cinemática da PMFAF

São todas as peças que geram movimento que será aplicado ao martelo, exemplos volantes, engrenagens, eixos, guias e etc.



Figura 27 – Desenho esquemático da PMFAF



Fonte: Araújo (2008)

### 2.5.2 Zona de Prensagem da PMAF

Área na qual ocorre a maior zona de risco para o operador, uma vez que é nesta parte em que a força do martelo é aplicada, espaço esse onde a mesa se localiza entre o martelo e a prensa. Vale ressaltar que esse ciclo ocorre várias vezes durante a jornada de trabalho do operador. Nesta máquina não é possível a incorporação de dispositivos como cortina de luz e comando bimanual para prover proteção na zona de prensagem (FIERGS, 2006).

### 2.5.3 Proteção em PMFAF

Semelhante a PMEE, deverá ser impedido o acesso a zona de prensagem por todos os lados, por intermédio de proteção fixa durante o ciclo normal de trabalho, podendo operar com ferramentas fechadas, conforme a NBR NM 272:2002 (ARAÚJO, 2008). Em certas situações de trabalho, admite-se a utilização de pedais de acionamento com atuação elétrica, pneumática ou hidráulica, sendo de certa forma protegidos contra qualquer tipo de acionamento acidental e; proteção parcial na zona de alimentação e descarga com o uso de tenazes ou pinças, desde que sejam adotadas medidas de proteção que possam garantir o distanciamento seguro do operador (ARAÚJO, 2008).

As transmissões de forças (volantes, polias e engrenagens) deverão ter proteções fixas, integrais e resistentes através de chapa ou outro material rígido para que possa

impedir o ingresso de mãos e dedos de operadores em áreas de risco, como indicado pela NBR NM 13852:2003. A proteção dos volantes superiores deverá ser bastante resistente para impedir a projeção dos mesmos (FIERGS 2006).

Caso ocorra a utilização de cinta de atrito no volante (horizontal), esta deverá receber uma proteção para evitar que partes sejam lançadas no caso do seu rompimento. Fica extremamente proibido o uso de pedais e ou alavancas mecânicas para acionamento. Os comandos bimanual poderão ser utilizados como acionadores a fim de eliminar o pedal, porém não constituindo proteção, poderão ser admitidos para trabalho a frio a utilização de pedais de atuação elétrica, pneumática ou hidráulica, dentro de uma caixa de proteção respeitando as dimensões previstas na NBR NM-ISO 13853:2003, para que não ocorra o acesso a zona de prensagem através de barreira física ou quando utilizada a ferramenta fechada.

O braço da alavanca de acionamento deverá ser ligado ao corpo da máquina através de um cabo de aço, para no caso de ruptura, impedir que o braço caia sobre o operador (FIERGS, 2006).

Figura 28 – PMFAF – detalhe da alavanca desprotegida



Fonte: Araújo (2008)

## 2.6 Prensas hidráulicas – PH

Tipo de prensa que é usada em operações de repuxo profundo, já que possuem a maior capacidade de força de estampagem. Esta prensa tem como característica a força constante em qualquer ponto do curso do martelo, possui formato de “H”, com 2 ou 4 colunas, mesa fixa, regulável, horizontal ou inclinada (ARAÚJO, 2008).

Quando acionadas por pedal elétrico, pneumático, hidráulico ou comando bimanual, o martelo irá receber o movimento dos cilindros que se deslocam pela ação do óleo (fluido) que, por sua vez, é injetado por bombas hidráulicas de alta pressão e motores potentes. O movimento na maioria das vezes é lento e pode ser interrompido a qualquer momento do ciclo de trabalho (ARAÚJO, 2008). As PH podem apresentar algumas falhas tais como:

- Avanço involuntário (válvula piloto sozinha);
- Falha no comando das válvulas (não desligam);
- Queda do martelo.

As PH podem possuir modo de acionamento contínuo com o uso de alimentadores automático. Nesta condição, os riscos de acidentes são maiores já que não existe o comando do operador para a execução do ciclo (FIERGS, 2006).

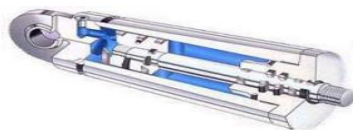
### 2.6.1 Principais componentes da Prensa Hidráulica

Figura 29 – Cilindro hidráulico



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 30 – Desenho em corte do cilindro hidráulico



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 31 – Conjunto motobomba



Fonte: Fiergs (2006)

### 2.6.2 Válvula ou bloco de segurança hidráulico

São dispositivos eletromecânicos especialmente instalados em sistemas hidráulicos para a finalidade de controle seguros contra acionamentos involuntários ou falhas de componentes comandados, acionamento de parte da máquina que possa colocar em risco o operador (ARAÚJO,2008).

Figura 32 - Bloco de segurança para PH



Fonte: Araújo (2008)

Figura 33 – Válvula de segurança para PH



Fonte: Fiergs (2006)

### 2.6.3 Válvula de retenção

Válvula que impede a queda do martelo em caso de falha do sistema hidráulico ou pneumático (ARAÚJO, 2008).

Figura 34 – Válvula de retenção



Fonte: Fiergs (2006)

### 2.6.4 Zona de prensagem

Área na qual ocorre a maior zona de risco para o operador, pois é o local onde é aplicada a força do martelo, espaço esse em que a mesa se localiza entre o martelo e a prensa. Tal periculosidade encontra-se no fato de esse ciclo ocorrer várias vezes durante a jornada de trabalho do operador (FIERGS, 2006). Nesse sentido, ao contrário da PMEEC, a zona de prensagem poderá dispor de muitos recursos para proteção.

### 2.6.5 Proteção em prensas hidráulicas

As prensas hidráulicas têm as seguintes opções de segurança:

- Ser enclausuradas, com proteções fixas ou móveis, mas dotadas com intertravamento com chave de segurança;
- Operar apenas e somente com as suas ferramentas fechadas e;
- Utilização de cortina de luz com comando bimanual.

Embora o pedal para acionamento tenha que ser evitado, vale ressaltar que em alguns casos não são possíveis o uso de comando bimanual. Neste caso, poderá ser admitido o uso de pedais com atuação elétrica, pneumática ou hidráulica desde que instalados em uma caixa de proteção contra acionamento acidental e com a zona de prensagem protegida através de barreira física e cortina de luz. O número de pedais deverá ser o mesmo número de operadores da prensa, com chave seletora Yale ou outro sistema com função similar de modo a impedir o funcionamento acidental da prensa sem que todos sejam acionados (FIERGS, 2006).

Figura 35 – PH com Cortina de luz, comando bimanual e proteção lateral fixa



Fonte: Fiergs (2006)

### 2.7 Martelo pneumático (MP)

O MP é usado para o forjamento de peças, visto que possui uma câmara pneumática que fica constantemente pressurizada por meio de válvulas. Quando

acionado, a válvula libera o ar comprimido que libera o martelo, permitindo sua descida pela força exercida por outra câmara de ar comprimido ou pela gravidade (FIERGS, 2006).

Figura 36- Martelo desprotegido



Fonte: Fiergs (2006)

### 2.7.1 Proteção em martelos pneumáticos

Semelhante as PMEEC, o acesso à zona de prensagem deverá ser impedido através de proteção fixa durante o ciclo. Em trabalho à quente, desde que seja adotadas medidas de proteção para garantir o distanciamento do operador, é admitido o uso de pedal de acionamento, sendo adequadamente protegidos contra acionamento acidental e proteção parcial na zona de alimentação e descarga com pinças (ARAÚJO, 2008).

Para manutenção e a troca do ferramental, o MP deverá ter todas as suas energias (elétricas, hidráulicas, pneumáticas e de gravidade entre outras) zeradas ou bloqueadas, além do uso de dispositivo de retenção mecânica. (FIERGS, 2006). Já para a proteção do operador, fica proibido o uso de pedais ou alavancas para acionamento, e o comando bimanual pode ser utilizado como acionadores a fim de eliminar o pedal (porem não é proteção) (ARAÚJO, 2008; FIERGS, 2006).

Levando em consideração além das proteções já elencadas para as PMEEC, deverão ser adotados:

- O parafuso central da cabeça do amortecedor preso com cabo de aço;
- O mangote de entrada de ar com proteções que impeçam sua projeção em caso de

ruptura;

- Todos os prisioneiros travados com cabo de aço para evitar a projeção.

## 2.8 Martelo de queda

O princípio de funcionamento consiste em um conjunto de elementos formados por estruturas de aço, volantes que giram livremente em relação ao eixo central, cinta de lona fixada em cada uma das extremidades ao eixo central e na outra ao martelo. A trajetória do martelo é delimitada pelos perfis de aço que estão fixados à estrutura. Uma vez acionado, o eixo passa a girar acoplado aos volantes, enrolando assim a cinta e suspendendo o martelo, e, com isso é liberado, passando a descer em queda livre, conformando a peça (FIERGS, 2006).

### 2.8.1 Proteção em martelos de quedas

Semelhante a PMEEC e ao MP, adicionando que o volante e as polias deverão ser protegidos por estrutura rígida que garanta a contenção dos elementos girantes em caso de ruptura dos eixos (ARAÚJO, 2008).

Figura 37 – Martelo de queda



Fonte: Araújo (2008)



## **2.9 Dobradeira ou prensa viradeira**

Os tipos mais comuns de dobradeira possuem acionamento hidráulico via cilindros e acionamento mecânico através de freio/embreagem ou engate por chaveta. Seu princípio de funcionamento é o mesmo das prensas mecânicas ou hidráulicas, ou seja, são utilizadas para dobrar chapas de acordo com a matriz que está sendo empregada, normalmente estreitas e longas (Figura 38) (FIERGS, 2006).

### **2.9.1 Proteção em dobradeiras**

Deverão possuir em todas as áreas de risco proteções, podendo ser fixas ou móveis, dotadas de intertravamento por meio de chaves de segurança e/ou dispositivos eletrônicos (Figura 39) suficientes para prevenir acidentes (ARAÚJO, 2008). Este equipamento utiliza os mesmos elementos de prensas, emprego de chavetas, freio/embreagem. Assim como as PMEEC, as dobradeiras com acionamento por engate de chaveta não oferecem segurança contra falhas mecânicas, sendo que o acionamento bimanual ou proteção de ingresso de membros na zona de operação por cortina de luz não garantem segurança (ARAÚJO, 2008).

As dobradeiras hidráulicas e as com freio/embreagem pneumático poderão dispor de proteção do tipo de cortina de luz, desde que adequadamente selecionada e instalada e/ou acionada por comando bimanual.

Figura 38 Dobradeira protegida - vista frontal



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 39 - Dobradeira protegida - vista traseira



Fonte: Fiergs (2006)

Podem ser utilizados os pedais com atuação elétrica, pneumática ou hidráulica, dentro de uma caixa de proteção, respeitando as dimensões previstas na NBRNM-ISO 13853:2003. Não se admite o uso de pedais mecânicos. Pode ser afastada a exigência de enclausuramento da zona de prensagem, desde que adotadas medidas adequadas de proteção aos riscos existentes (FIERGS, 2006). O número de pedais deve corresponder ao número de operadores na máquina, com chave seletora de posições tipo Yale ou outro sistema com função similar, de forma a impedir o funcionamento acidental da máquina sem que todos os pedais sejam acionados, de acordo com a NBR 14154:1996.

Figura 40 – Dobradeira com uso inadequado de pedal.

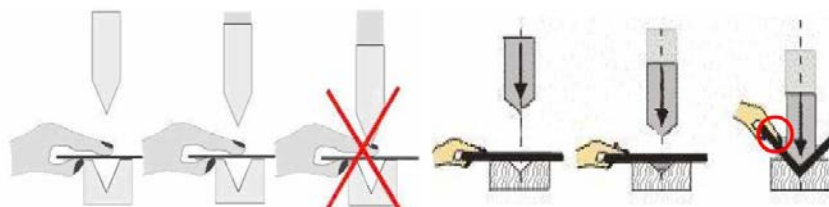


Fonte: Fiergs (2006)

Nas dobradeiras com acionamento do engate por chaveta ou freio embreagem mecânico, jamais devem ser trabalhadas peças de pequenas dimensões, na qual precisa o apoio do operador para segurar a peça a ser dobrada próximo à matriz até a conformação (Figura 40), pois, uma vez acionada, o punção parte do ponto morto superior diretamente para o ponto morto inferior, sendo impossível interromper este movimento. O uso de dobradeiras com engate por chaveta só é permitido para chapas grandes, onde o operador não necessita aproximar-se da zona de operação (ARAÚJO, 2008).

Devem-se ter cuidados com o emprego de posicionadores, neste caso, tais cuidados deverão ser adotados a fim de evitar riscos adicionais no momento que a peça sofrera conformação, pois, dependendo da angulação, poderá ocorrer uma rápida movimentação na chapa e, com isso, atingir o operador (Figura 41).

Figura 41 – Desenho do curso da ferramenta de dobra



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 42 – Situação irregular- mão próxima ao ponto de dobra



Fonte: Araújo (2008)

Figura 43 – Posicionador imantado



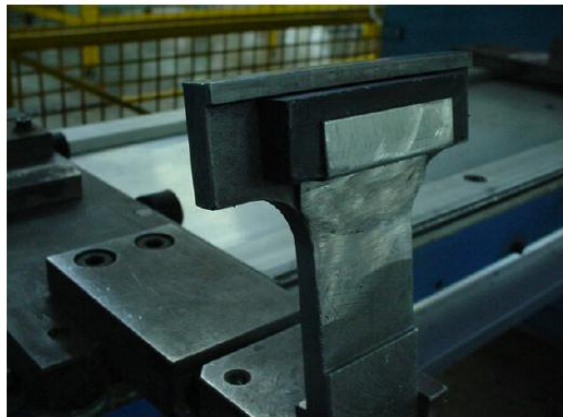
Fonte: Araújo (2008)

Figura 44 – Colocação da peça no posicionador imantado



Fonte: Araújo (2008)

Figura 45 – Encosto imantado



Fonte: Araújo (2008)

Figura 46 – Encosto imantado sobre a peça



Fonte: Araújo (2008)

## **2.10 Guilhotina, tesoura e cisalhadora (manual, mecânica e hidráulica)**

De modo geral, seus respectivos funcionamentos são bastante semelhantes ao de prensas hidráulicas ou mecânicas, se diferenciando apenas pelo movimento vertical no qual é feito por suporte de laminas de corte na parte superior. Vale ressaltar que, no caso das tesouras, ainda que suas funções são de corte, elas operam com jogo laminar inferior e superior (facas), e estes são acionados por cilindros hidráulicos ou por cames (ARAÚJO, 2008).

### **2.10.1 Proteção em guilhotinas, tesouras e cisalhadoras**

Todas deverão possuir proteção fixa na zona de corte e, no caso de necessidade de intervenção frequente nas laminas, deverão prover proteções móveis com intertravamento por meio de chave de segurança para impedir o acesso de membros de operadores (Figuras 47, 48 e 49). As dimensões para distanciamento deverão obedecer NBR NM ISO 13853:2003.

Nas operações com guilhotinas, com a zona de corte protegida, poderão utilizar os pedais de atuação hidráulica, elétrica ou pneumática, desde que instalados no interior de uma caixa de proteção e sempre atendendo o disposto na NBR NM ISO 13853:2003. Em tais operações, não é admitido o uso de pedais com atuação mecânica (FIERGS, 2006).

Figura 47 – Guilhotina com proteção frontal conjugado com cortina de luz



Fonte: Araújo (2008)

Figura 48 – Guilhotina com proteção frontal



Fonte: Araújo (2008)

Figura 49 – Guilhotina com proteção lateral e traseira



Fonte: Araújo (2008)

## 2.11 Rolo laminador, laminadora e calandra

São equipamentos destinados a conformar e laminar chapas através de rolos de aço tracionados por sistema mecânico com motor e redutor, ou motor hidráulico.

### 2.11.1 Proteção em rolo laminador, laminadora e calandra

Deverão ter seus cilindros protegidos de modo a não permitir o acesso a área de riscos. Além disso, podem possuir outro sistema de proteção de mesma eficiência, com dispositivo de parada e retrocesso de emergência acessível em qualquer ponto do posto de trabalho, no entanto, não eliminam a necessidade de proteção obrigatória e eficaz do cilindro (Figura 51) (FIERGS, 2006).

Figura 50 – Calandra sem proteção



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 51 – Calandra com proteção do tipo mesa deslizante e empurrador



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 52 – Cilindro misturador com barra de emergência e dois botões de emergência



Fonte: Fiergs (2006)



### **3 DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA**

#### **3.1 Dispositivos de Proteção aos Riscos Existentes na Zona de Prensagem ou de Trabalho**

O Artigo 186 da CLT e NR 12 em seu item 12.2.2 determina que as máquinas e os equipamentos com acionamento repetitivo deverão receber proteção adequada. Segundo a NBR 272:2002 referente à Segurança de Máquinas – Proteções – Requisitos gerais para o projeto e construção de proteções fixas e móveis, a proteção é definida como parte da máquina especificamente utilizada para prover proteção por meio de uma barreira física, devendo:

- Não apresentar facilidade de burla;
- Prevenir o contato (NBR NM 13852 / 13853 / 13854)
- Ter estabilidade no tempo;
- Não criar perigos novos como, por exemplo, pontos de esmagamento ou agarramento, com partes da máquina ou de outras proteções, extremidades e arestas cortantes ou outras saliências perigosas;
- Não criar interferência;

Para ajudar o discernimento de todos os requisitos citados acima, alguns itens que se aplicam às prensas e similares, da Norma NBR 13852 - “Segurança de Máquinas - Distâncias de segurança para impedir o acesso à zonas de perigo pelos membros superiores”, devem ser tomados (Figura 53 e 54).

Figura 53 – Distância de segurança para membros

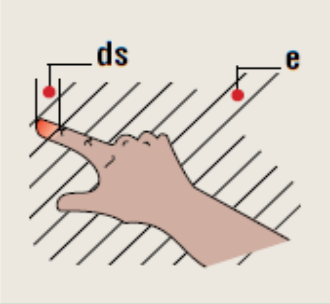
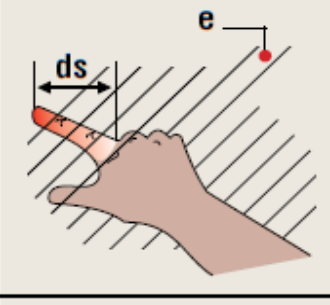
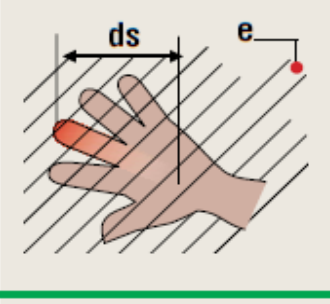
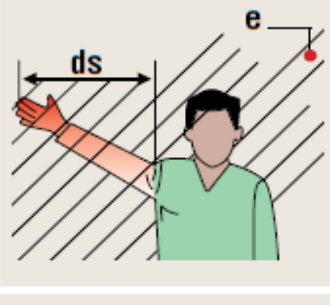
LIMITAÇÃO DO MOVIMENTO	DISTÂNCIA DE SEGURANÇA Sr	ILUSTRAÇÃO
Limitação do movimento apenas no ombro e axila	$\geq 850$	
Braço apoiado até o cotovelo	$\geq 550$	
Braço apoiado até o punho	$\geq 230$	
Braço e mão apoiados até a articulação dos dedos	$\geq 130$	

**A** – Faixa de movimento do braço

**\***  
Diâmetro de uma abertura circular, lado de uma abertura quadrada ou largura de uma abertura em forma de fenda

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

Figura 54 – Alcance através de abertura

PARTE DO CORPO	ILUSTRAÇÃO	ABERTURA (e)	DISTÂNCIA DE SEGURANÇA (ds)		
			FENDA	QUADRADO	CIRCULAR
Ponta do dedo		$e \leq 4$	$\geq 2$	$\geq 2$	$\geq 2$
		$4 < e \leq 6$	$\geq 10$	$\geq 5$	$\geq 5$
Dedo até a articulação com a mão		$6 < e \leq 8$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 15$
		$8 < e \leq 10$	$\geq 80$	$\geq 25$	$\geq 20$
		$10 < e \leq 12$	$\geq 100$	$\geq 80$	$\geq 80$
		$12 < e \leq 20$	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$
		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^*$	$\geq 120$	$\geq 120$
Braço até a junção com o ombro		$30 < e \leq 40$	$\geq 850$	$\geq 200$	$\geq 120$
		$40 < e \leq 120$	$\geq 850$	$\geq 850$	$\geq 850$

**\***

Se o comprimento da abertura em forma de fenda é  $\leq 65\text{mm}$ , o polegar da mão atuará como um limitador e, assim, a distância de segurança poderá ser reduzida para 200mm.

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

### **3.3.1 Proteções fixas**

São consideradas proteções fixas as proteções de difícil remoção e as que são fixadas na estrutura ou no corpo da máquina. Essas proteções deverão ser mantidas em sua posição fechada sendo de difícil remoção, e fixadas por meio de solda ou parafusos, tornando sua remoção ou abertura impossível sem o uso de ferramentas. Podem ser confeccionadas em tela metálica, chapa metálica ou policarbonato (ARAÚJO, 2008; FIERGS, 2006).

### **3.1.2 Proteções móveis**

Esse tipo de proteção geralmente está vinculada a estrutura da máquina ou algum elemento de fixação adjacente que pode ser aberto sem o auxílio de ferramenta. Essas proteções móveis (portas, tampas, etc.) deverão ser associadas a dispositivos de intertravamento de certo modo que:

- A máquina não consiga operar até que a proteção seja fechada;
- Se a proteção é aberta quando a máquina está operando, uma instrução de parada é acionada. Quando a proteção é fechada, por si só, não reinicia a operação, devendo haver comando para continuação do ciclo;
- Quando há risco adicional de movimento de inércia, dispositivo de intertravamento de bloqueio deve ser utilizado, permitindo que a abertura de proteção somente ocorra quando houver cessado totalmente o movimento de risco (FIERGS,2006).

### **3.1.3 Enclausuramento da zona de prensagem**

Esse tipo de proteção deverá impedir o acesso à zona de prensagem por qualquer lado. Possui frestas que possibilitam apenas o ingresso do material (Figura 55), e não de dedos ou mão do operador. As dimensões e afastamentos deverão obedecer a NBR NM 13852:2003, e NBR 13854 e poderão ser constituídas por proteções fixas ou proteções móveis dotadas de intertravamento por meio de chaves de segurança, estes que garantam a paralisação imediata da máquina sempre que forem removidas, movimentadas ou abertas (Figura 56) conforme a NBR NM 272:2002 e 273:2002.

Figura 55 – Enclausuramento da zona de prensagem



Fonte: Araújo (2008)

Figura 56 – Enclausuramento da zona de prensagem por proteções móveis intertravadas



Fonte: Fiergs (2006)

### 3.1.4 Ferramenta fechada

A matriz é fechada para permitir apenas o ingresso do material e não o acesso de membros na área de prensagem. Portanto, tal condição será analisada e desenvolvida durante o processo de confecção da ferramenta, podendo adaptar-se em ferramentas já existentes e observando para não criar riscos adicionais com a adição de tais proteções (ARAÚJO, 2008).

Figura 57 – Ferramentas fechadas



Fonte: Fiergs (2006)

### 3.1.5 Comando bimanual

Dispositivo no qual é exigida a utilização simultânea das duas mãos do operador para o acionamento da máquina, e, com isso, garantindo que as mãos estarão longe da área de risco. Para o funcionamento da máquina é necessário pressionar os dois botões simultaneamente com uma defasagem de tempo de até 0,5s (atuação síncrona, conforme NBR 14152:1998, item 3.5). Os comandos bimanuais devem ser ergonômicos e robustos, e possuir autoteste, sendo estes monitorados por CLP ou relé de segurança.

A interrupção de algum dos comandos acarretará na parada instantânea da máquina. O autoteste garante a condição de não acionamento para o caso de falha de um dos componentes do circuito bimanual, atendendo, assim, ao item 12.2.2 da NR 12 da Portaria 3214/78, NBR 13930:2001 e NBR 14152:1998 – Segurança em máquinas – Dispositivos de comando bimanuais, aspectos funcionais para projeto. Os números de comandos deverão corresponder ao número de operadores na máquina, com chave seletora de posição tipo Yale ou outro sistema com função similar, de modo a impedir o funcionamento acidental da máquina sem que todos os comandos sejam acionados, conforme a NBR 14154:1996.

Figura 58 – Comando bimanual com botão de emergência

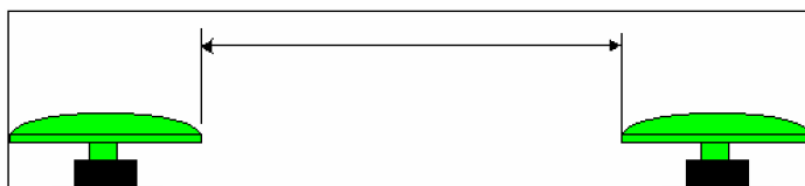


Fonte: Fiergs (2006)

A distância mínima entre os dispositivos atuadores (Figura 59) para prevenir a burla com a utilização de mão e cotovelo é de 550 mm. No caso de prevenir burla com a utilização de uma mão é 260 mm (ARAÚJO, 2008).

Figura 59 – Distância mínimas entre botões

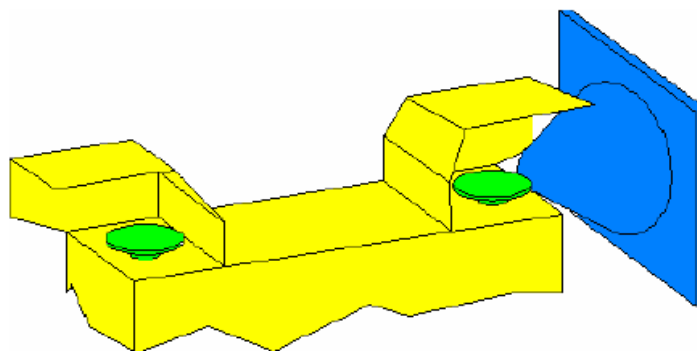
$\geq 260 \text{ mm} / \geq 550 \text{ mm}$



Fonte: Araújo (2008)

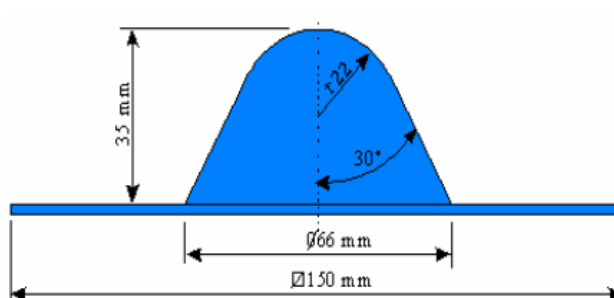
Outro modo de impedir que burlam o sistema bimanual é a colocação de abas acima dos botões, abas (Figura 60) que impedirão o acionamento simultâneo com o cotovelo e outros membros. Para verificar se essa proteção é eficaz deve se fazer o ensaio de cone teste (Figura 61) (ARAÚJO, 2008).

Figura 60 – Ensaio do bimanual com o cone de teste



Fonte: Araújo (2008)

Figura 61 – Cone de teste para o bimanual



Fonte: Araújo (2008)

Os dispositivos de comando bimanual não servem de proteção contra o ingresso na área de prensagem para as prensas mecânicas excêntricas por engate de chaveta e seus similares. Entretanto, sua utilização é um recurso importante quando se reduz ou elimina o uso de pedal (ARAÚJO, 2008).

### 3.1.6 Cortina de luz

Esse sistema consiste de um transmissor, um receptor e um sistema de controle. O campo de atuação dos sensores é formado por múltiplos transmissores e receptores de fecho individuais para cada conjunto de transmissor e receptor. Caso o receptor não receba o feixe luminoso infravermelho do transmissor, é gerado um sinal de falha.



A cortina de luz deve ser adequadamente selecionada com o tamanho (proteção e altura) e resolução (percepção de dedos ou membros), posicionada a uma distância segura de risco, levando o tempo total de parada da máquina conforme a EN 999:1998 e IEC EN 61496:2004 Part 1 e Part 2, devendo ainda ser certificada como categoria 4 e monitorada por relés ou CLP de segurança. Não servirá como dispositivo de segurança para alguns tipos de prensas (mecânicas excêntricas de engate de chaveta e seus similares, prensas de fricção com acionamento por fuso, martelo de queda e martelo pneumático).

Para cortinas de luz com resolução (capacidade de detecção até 40mm) a fórmula para obtenção da distância segura da zona de risco é:

$$S = K \times T + 8 \times (d-14)$$

Onde:

S = distância entre a área da máquina a proteger e o dispositivo opto-eletrônico (valor a ser calculado).

K = constante referente à velocidade de aproximação da mão. Para S maior ou igual a 500mm, adota-se o  $K = 1600 \text{ mm/s}$  e, para S menor que 500 mm, adota-se  $K = 2000 \text{ mm/s}$ .

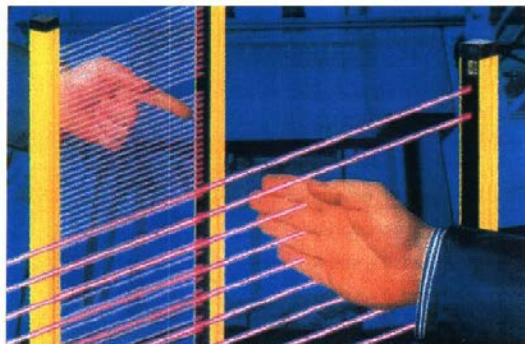
T = tempo total que a máquina leva para parar de executar o movimento que coloca em perigo o operador (tempo para parar de descer um martelo de prensa, por exemplo).

D = resolução da cortina de luz, que é a capacidade de detecção da cortina de luz. Por exemplo, para uma detecção de dedos, a resolução de  $d = 14$  é suficiente pois será detectado qualquer objeto com diâmetro maior ou igual a 14 mm. Para a detecção de mãos a resolução é de 30 mm. Assim, não há cortinas de luz com resolução menor que 14 mm.

Esta fórmula só é válida para d menores ou iguais a 40 mm. Além disso, vale ressaltar que é importante consultar o manual do equipamento para obter dados necessários para o cálculo da segurança.

Havendo a possibilidade de acesso a áreas de risco que não são monitoradas pela cortina, devem existir proteções fixas ou móveis, dotadas de intertravamento por chaves de segurança, conforme a norma NBRs NM 272:2002 e 273:2002.

Figura 62 – Cortina de Luz



Fonte: Araújo (2008)

Figura 63 – Cortina de luz conjugada com comando bimanual



Fonte: Araújo (2008)

Recomenda-se a utilização conjunta do comando bimanual e a cortina de luz, atuando como proteção tanto para o operador como também a terceiros, simplesmente em caráter excepcional, baseando em análise de riscos, conforme NBR 14009:1997. Outras conjugações poderão ser adotadas, desde que garantam a mesma eficácia na segurança.

### **3.2 Dispositivos complementares para monitoramento de área**

Dispositivos de monitoramento de área através de detecção são utilizados para monitoramento e para envio de sinais de que a área foi invadida. Assim, determinando a

paralisação da máquina e impedindo o seu funcionamento até que a área esteja livre da presença de pessoas.

Após a análise de risco conforme NBR 14009:1997 deverá ter sua instalação de acordo com a EN 999:1998, para a garantia da distância de segurança. A utilização do scanner deve ainda observar a IEC EN 61496:2004 Part 1 e Part 2, e os tapetes e batentes, como possuem contato mecânico, devem observar a EN 1760:199.

### 3.2.1 Scanner

Os monitores a laser (da área) são utilizados no monitoramento sem o contato de certa área livremente programável. Aqui, não são necessários refletores separados, pois a instalação é simples, já que o transmissor e o receptor são acomodados em um único equipamento (FIERGS, 2006).

Figura 64 - Scanner



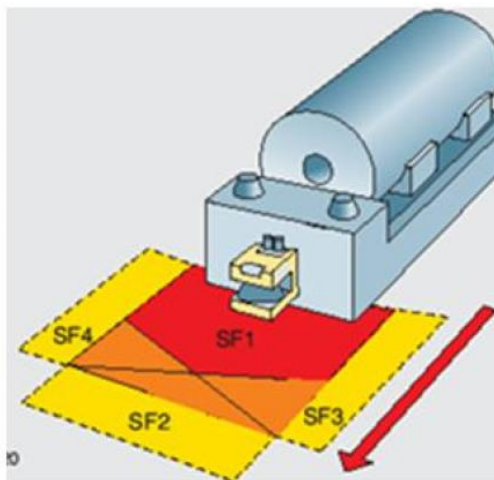
Fonte: Fiergs (2006)

Figura 65 – Monitor de área a laser (scanner)



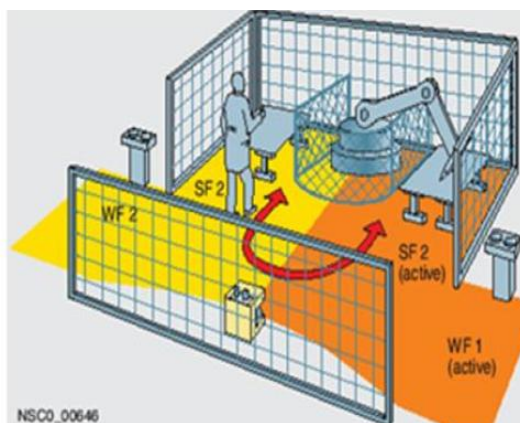
Fonte: Fiergs (2006)

Figura 66 – Monitor de área a laser (scanner)



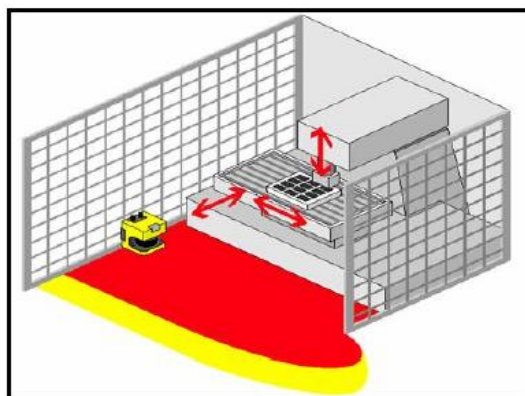
Fonte: Fiergs (2006)

Figura 67 – Monitor de área a laser (scanner)



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 68 – Monitoramento de área com scanner



Fonte: Araújo (2008)

### 3.2.2 Tapete de segurança

Dispositivo usado para fornecer proteção a uma área de piso ao redor de certa máquina. A matriz é interconectada e colocada ao redor da área escolhida e, a qualquer tipo de pressão (passos do operador), a máquina será desligada na unidade controladora do tapete da fonte de alimentação do perigo (FIERGS, 2006).

Os tapetes são usados frequentemente dentro de uma área fechada (Figura 69) (diversas máquinas ou células robotizadas). Nesse sentido, quando o acesso foi requisitado dentro do local (com o tapete), ele previne a movimentação perigosa, para o caso o operador se desviar da área segura (ARAÚJO, 2008).

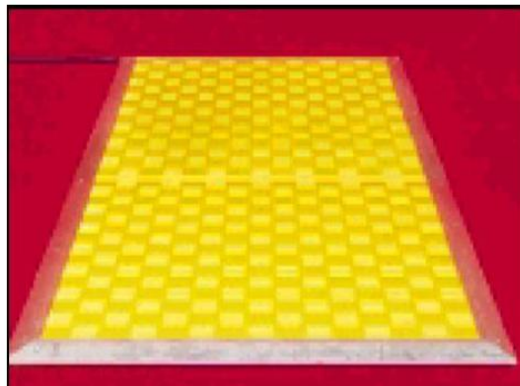
O tamanho e o posicionamento dos tapetes devem ser calculados usando-se a fórmula da norma EN 999:1998 – Posicionamento dos equipamentos de proteção com respeito às velocidades de abordagem de partes do corpo humano.

Figura 69 – Tapete de segurança



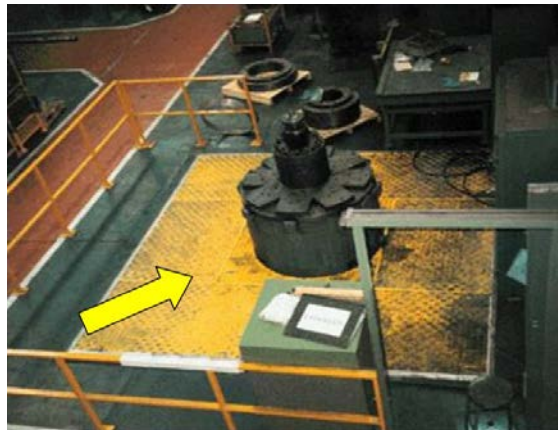
Fonte: Fiergs (2006)

Figura 70 – tapete de segurança



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 71 - Exemplo de aplicação de tapetes de segurança



Fonte: Fiergs (2006)

$$S = K \times (T1 + T2) + (1200 - 0,4 H);$$

S = Distância mínima de segurança medida desde a área de risco até o ponto de início do perfil de alumínio;

K = Constante de velocidade em milímetros por segundo, dependente dos dados de velocidade de acesso para o corpo ou parte do corpo (1600 mm/s);

H = Altura do chão até o dispositivo de segurança (para tapetes H=0);

T1 = O tempo máximo de resposta do dispositivo de segurança desde o seu acionamento (contato com o tapete/perfil) até o desligamento do contato do módulo de segurança;

T2 = Tempo de inércia da máquina desde a recepção do sinal de desligamento do relé de segurança até a parada total dos movimentos da máquina;

A distância de segurança será calculada conforme a fórmula:

$$S = 1600 \text{ mm/s} \times (T1 + T2) + 1200 \text{ mm}$$

A distância mínima do tapete deve ser de 750 mm (comprimento do passo).

### 3.3 Dispositivos de parada de emergência

Dispositivos com acionadores geralmente na forma de botão tipo cogumelo na cor vermelha. Sempre colocados em local visível ou nas proximidades da máquina (sempre em alcance do operador) e quando acionados tem a finalidade de estancar o movimento da máquina desabilitando o seu comando (ARAÚJO, 2008).

Deverão ser monitorados por relê ou CLP de segurança. Além disso, as prensas e similares deverão dispor de parada de emergência que garantam a parada imediata do movimento da máquina conforme a NBR 13759:1996.

Quando utilizado comando bimanual conectáveis por tomadas (removíveis), que contenham botão de parada de emergência, sendo que não poderá ser o único, deverá haver outro dispositivo de parada de emergência no painel ou no corpo da máquina ou equipamento (ARAÚJO, 2008; FIERGS, 2006).

Havendo vários comandos bimanuais para o acionamento de uma prensa ou similares, deverão ser ligados de modo a garantir o funcionamento adequado do botão de parada de emergência de cada um (FIERGS, 2006).

Nas prensas mecânicas excêntricas de engate por chaveta ou de sistema de acoplamento equivalente (de ciclo completo) e em seus similares são admitidos o uso de dispositivo que não cessem a sua parada imediatamente do movimento da máquina ou equipamento em razão da inércia (FIERGS, 2006).

Figura 72 – Acionadores de parada de emergência



Fonte: Fiergs (2006)

### 3.4 Monitoramento do curso do martelo

Sistema destinado a detectar a perda do sincronismo entre freio/embreagem e o conjunto de chaves limites que comandam o movimento da prensa (ARAÚJO, 2008; FIERGS, 2006). Em prensas hidráulicas, prensas excêntricas freio/embreagem e similares, não enclausurados ou cujas ferramentas não sejam fechada, o martelo deverá ser monitorado por sinais elétricos produzidos por equipamentos acoplados mecanicamente a máquina, com controle de interrupção de transmissão, conforme o item 4.9 da NBR 13930:2001.

Nas prensas mecânicas excêntricas freio/embreagem que utilizam cortina de luz, a velocidade de parada do martelo não poderá sofrer variação para não comprometer o distanciamento seguro entre a detecção e o tempo de resposta, e o monitoramento (eletromecânico) comandara um sinal para a interrupção da transmissão do movimento, quando for detectado o desgaste do freio (ARAÚJO, 2008).

### 3.5 COMANDOS ELÉTRICOS DE SEGURANÇA

As chaves de segurança das proteções móveis, comando bimanuais, cortinas de luz, as chaves de posição (tipo Yale) (Figura 73) e os dispositivos de parada de emergência, deverão ser ligados a comandos elétricos de segurança (CLP ou reles) com redundância e autoteste, classificados por tipo ou categoria 4, conforme a NBR 14009:1997 e 14153:1998, com rearme manual.

As chaves seletoras de posição tipo Yale, para seleção de número de comandos bimanuais, deverão ser ligadas a comandos eletroeletrônicos de segurança lógica (rele ou CLP).

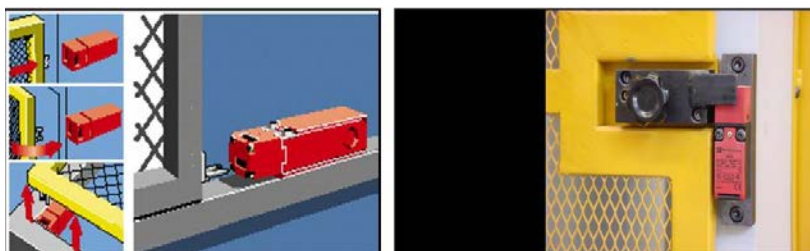


Figura 73 – chave seletora de posições tipo Yale



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 74 e 75 – chaves de intertravamento



Fonte: Fiergs (2006)

### 3.5.1 Controlador lógico programável (CLP) segurança

Sistema computadorizado eletrônico industrial destinado a controlar e checar de modo redundante, os sinais eletrônicos de uma máquina inibindo o seu funcionamento e o eventual aparecimento de falhas (FIERGS, 2006).

O software que for instalado deverá garantir a sua eficiência de modo a reduzir o mínimo possível (ou até zerar) os erros provenientes de falha humana (ARAÚJO, 2008). Deve-se ainda possuir um sistema de verificação de conformidade, para se evitar o comprometimento de qualquer função relativa à segurança e não permitir a alteração do software básico pelo usuário conforme o item 4.10 da NBR 13930:2001 e o item 12.3 da EN 60204-1.

Figura 76 – controlador lógico programável de segurança



Fonte: Fiergs (2006)

### 3.5.2 Chaves de segurança

Dispositivo usado para interromper o movimento e manter a máquina desligada enquanto a porta de proteção estiver aberta, deverá ser instalado utilizando o princípio de ruptura positiva, este que garante a interrupção do circuito de comando. Uma chave de posicionamento possuirá ruptura positiva quando seus contatos, normalmente fechado (NF), estão ligados de forma rígida com o dispositivo de proteção da máquina. Vale ressaltar que é necessário sempre levar em consideração a característica de cada chave, pois não deverá permitir a manipulação através de meio simples (chaves, pregos e etc.) (ARAÚJO, 2008; FIERGS, 2006).

Caso a máquina necessitar a categoria de segurança 3 ou 4, as chaves deverão ser montadas com a abertura do contato NF. O circuito da chave de segurança deve ser redundante (verifica a ligação, posição estado e funcionamento), para que se desligue a fonte de perigo (a qualquer falha) (FIERGS, 2006).

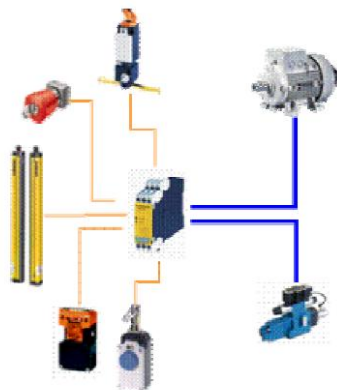
Para o sistema de controle, uma solução mais prática é a utilização de um rele de segurança que englobe todas as funções. Este tipo de solução irá garantir a segurança do operador, da máquina e do sistema.

### 3.5.3 Relés de segurança

Unidades eletromecânicas ou eletrônicas com supervisão, composta por dois canais de acionamento positivo em seus circuitos ou contatos, abertos em série, cumprindo a exigência de redundância. Com a conexão dos dispositivos externos e a

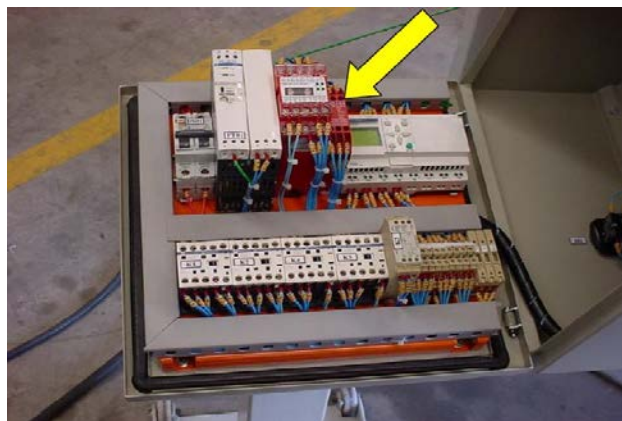
inclusão de seus contatos em pontos corretos do circuito elétrico de automação da máquina, obtém um equipamento seguro quanto à sua parada (ARAÚJO, 2008).

Figura 77 – Diagrama de ligação do circuito de segurança



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 78 – Relés de segurança



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 79 – Relés de segurança AZR 31 R2 e AZR 31 T2 da Schmersal



Fonte: Araújo (2008)

### 3.6 Sistemas de retenção mecânica - calços de segurança

Todas as prensas deverão possuir um sistema de retenção mecânica para o travamento do martelo em operações de manutenção e/ou troca de ferramenta antes do início do trabalho. Esse componente de retenção mecânica deverá ser pintado de amarelo e dotado de interligação eletromecânica, bem como deverá ser conectado ao comando central da máquina de modo a impedir o funcionamento da prensa (durante a utilização) (ARAÚJO, 2008; FIERGS, 2006). Nas situações que não é possível o uso desse sistema de retenção, deverá ser adotado medidas alternativas para garantir o mesmo resultado.

Através da análise de Fiergs (2006), além de serem necessários e obrigatórios, os sistemas de retenção deverão atender os seguintes requisitos de segurança:

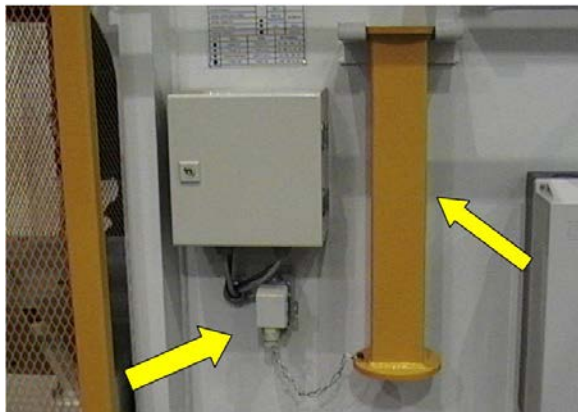
- 1- Devem ser utilizados nas operações de troca, ajuste e manutenção dos estampos /matrizes;
- 2- Nunca devem ser utilizados com a prensa em funcionamento, para sustentar apenas o peso do martelo;
- 3- Devem ser dotados de interligação eletromecânica, ou seja, conectados ao comando central da máquina de tal forma que, quando removidos, impeçam seu funcionamento e;
- 4- Devem ser pintados na cor amarela.

Figura 80 – Calço de segurança ligado a chave de segurança



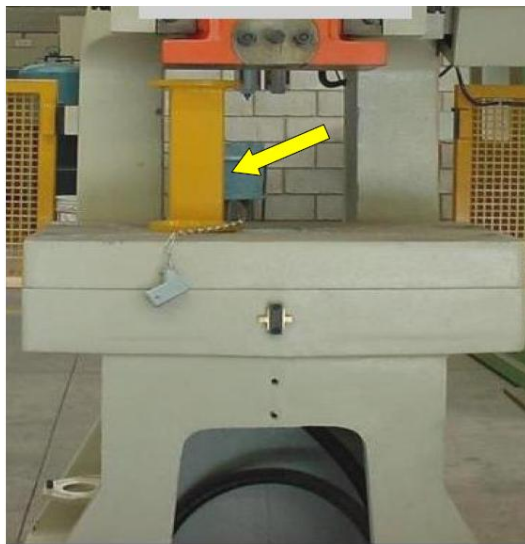
Fonte: Araújo (2008)

Figura 81 – Calço de segurança interligado eletromecânica



Fonte: Fiergs (2006)

Figura 82 – Calço de segurança em uso



Fonte: Fiergs (2006)

### 3.7 Plataformas de acesso

Nas prensas e similares de grandes dimensões (grande porte), deverão haver escadas e plataformas revestidas ou feitas de material antiderrapante, dotadas de guarda corpo e rodapé em dimensões que impeçam a queda de pessoas e material conforme NR18. Já as transmissões de forças localizadas em plataformas elevadas devem estar adequadamente protegidas para que evite o contato durante a manutenção da mesma (ARAÚJO, 2008; FIERGS, 2006). Os operários que farão a manutenção em plataformas

elevadas (acima de 2 metros) deverão usar os EPI para a sua proteção contra quedas (NR6) (ARAÚJO, 2008; FIERGS, 2006).

Figura 83 – Prensa de grande dimensão com plataforma, escada de acesso e guarda-corpo



Fonte: Araújo (2008)

Figura 84 – Plataforma de manutenção



Fonte: Fiergs (2006)

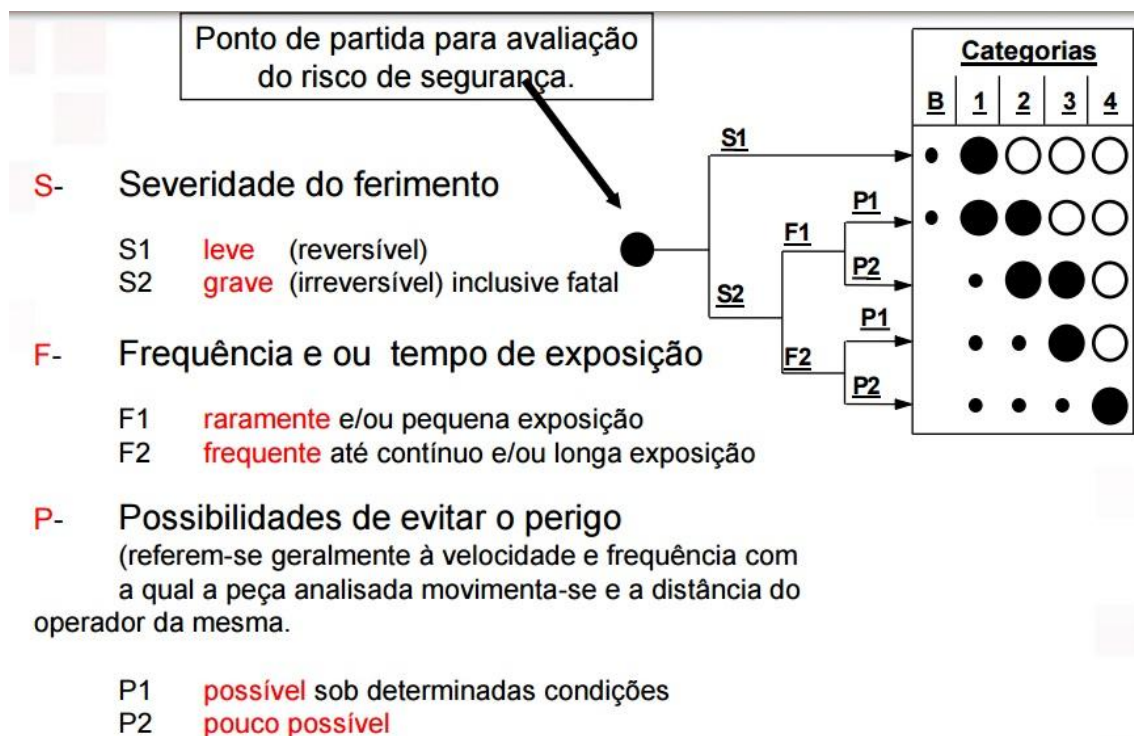
### 3.8 Categorias de riscos

Qualquer tipo de elemento de controle elétrico ou eletrônico, responsável pelo início ou parada de movimento em prensas deverão obedecer à categoria de riscos nível 4 da NBR 14153:1998 (norma brasileira que é baseada na norma europeia EN 954) na

qual determina 5 níveis de análise de riscos na qual é utilizada para efetuar controles que evitem falhas.

As categorias (níveis) representam uma classificação de aspecto de segurança de um sistema de controle, que se refere à capacidade de uma unidade de produção de resistir à falha e o seu desempenho quando ocorre a falha (ARAÚJO, 2008).

Figura 85 – categoria de riscos



Fonte: actbr (2012)

### 3.8.1 Categoria B

Categoria que não inclui nenhuma medida especial, mas é a base para as categorias, consideram que todos os projetos de unidade de produção deverão ter condições básicas de segurança do trabalho, levando se em conta o que é de mais importante para a segurança (trabalho executado, materiais utilizados, vibração da máquina, alimentação elétrica e campos elétricos externos) (ARAÚJO, 2008). Em outras palavras, ela determina quais partes de um sistema de controle da segurança ou de seus componentes e dispositivos devem ser projetados e construídos para suportar as solicitações submetida.

A previsão de todos estes aspectos leva a uma categoria considerada de prevenção de risco mínimo.

### **3.8.2 Categoria 1**

Junto com todos os critérios de segurança apresentadas pela categoria B, tal categoria também inclui os sistemas de controle mecânico, estes que deverão estar de acordo com os critérios de qualidade previsto. Neste caso, o principal objetivo é a prevenção à falha (ARAÚJO, 2008).

### **3.8.3 Categoria 2**

Esta categoria inclui as condições da categoria B e incluirá os dispositivos que evitam a partida em caso de falha detectada. Dessa forma, é sugerido o uso de reles de interface com redundância e autoverificação de energização, permitindo a operação mediante um simples canal quando o dispositivo de partida seja absolutamente efetivo e testado para uso em normais condições (ARAÚJO, 2008).

Se o teste for garantido, deve optar por um controle de canal duplo, o principal objetivo é a detecção de falhas (as falhas não deverão ser apenas prevenidas, mas sim detectadas e corrigidas).

### **3.8.4 Categoria 3**

Esta categoria inclui as condições da categoria B, como também incluirá os sistemas de segurança projetados de modo que uma simples falha não leve a perda de funções de segurança e que a simples falha possa ser detectada (ARAÚJO, 2008). Alerta não somente para o uso de sistema redundante no rele de interface, mas também nos dispositivos de entrada, usando um sistema de duplo canal. O principal objetivo é a detecção de falhas (as falhas não deverão ser apenas prevenidas, mas sim detectadas e corrigidas).



### **3.8.5 Categoria 4**

Categoria que inclui todas as condições da categoria B, que detectará uma simples falha no momento ou anteriormente a nova energização do sistema de segurança. Entretanto, com a acumulação de três falhas consecutivas, não deverá conduzir à perda da função de segurança. Considerada a categoria com o mais elevado nível de risco, tem como objetivo a detecção de falhas (as falhas não deverão ser apenas prevenidas, mas sim detectadas e corrigidas) (ARAÚJO, 2008).

Monitoramento e checagem são as chaves destas três últimas categorias.

## 4. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)

### 4.1 Definição

Controladores Programáveis são equipamentos eletrônicos programáveis destinados a substituir sistemas controlados por dispositivos eletromecânicos. São também conhecidos por CLP (Controlador Lógico Programável) ou por PLC (do inglês *Programmable Logic Controller*).

O controlador lógico programável nasceu no término dos anos 60 especificamente na *General Motors* devido a grande dificuldade de mudar praticamente toda a lógica de controle de painéis de comando a quase toda mudança na linha de montagem. Estas mudanças implicavam em altos valores de tempo e dinheiro. Sob a liderança de engenheiros foram preparadas algumas solicitações para que se desenvolvessem um novo tipo de controlador que incorporasse alguns tipos de características que foram utilizadas, não só da indústria automobilística, mas também em outros ramos de indústrias.

Nascia assim a indústria de controladores programáveis, hoje com um mercado mundial estimado em 4 bilhões de dólares anuais e, no Brasil, com um mercado estimado em 50 milhões de dólares anuais (SILVA FILHO, S/D).

### 4.2 Evolução

Desde o seu surgimento até o devido momento ocorreu diversas mudanças nos controladores lógicos, tal evolução está ligada ao desenvolvimento tecnológico da informática em suas características de hardware e software. Eram usados componentes discretos em seu surgimento, já hoje usa-se microcontroladores de última geração usando técnicas de processamento paralelo, rede de comunicação e etc.

Recentemente não existia padronização entre fabricantes apesar de a maioria utilizar as mesmas normas construtivas, os controladores pelo menos em nível de softwares aplicativo, os controladores podem se tornar compatíveis com a adoção da norma IEC 1131-3, na qual prevê a padronização da linguagem de programação e sua portabilidade.

Outra linguagem que está sendo incorporada pelos controladores é o fieldbus (FIELDBUS – sistema de comunicação que interliga equipamentos inteligentes que liga equipamentos de campo com sistema de controle.) no qual surge como uma proposta para uma padronização para o chão de fábrica, pois diminui drasticamente o número de condutores usados para a interligação de sistemas de controles de sensores e atuadores, além de proporcionar a distribuição da inteligência por todo o processo.

Atualmente os CLPs oferecem uma considerável gama de benefícios para aplicações industriais, nos quais podemos ressaltar que em economias excedem o custo do CLP. Em Silva Filho (S/D), algumas vantagens da utilização do CLP comparado a outros dispositivos de controle industrial podem ser destacadas, tais como:

- Menor ocupação de espaço
- Potência elétrica requerida menor
- Reutilização
- Programável, se ocorrerem mudanças de requisitos de controle
- Confiabilidade
- Maior flexibilidade, satisfazendo um maior número de aplicações
- Permite a interface através de rede de comunicação com outros CLPs e microcomputadores

### **4.3 Aplicações**

O CLP existe para automatizar processos industriais, sejam de intertravamento, controle de processos, sequenciamentos etc. Este equipamento tem seu uso tanto na área de automação da manufatura de processos contínuos, elétrica, predial entre outros. Praticamente não há ramos de aplicações industriais onde não se possa aplicar os CLPs.

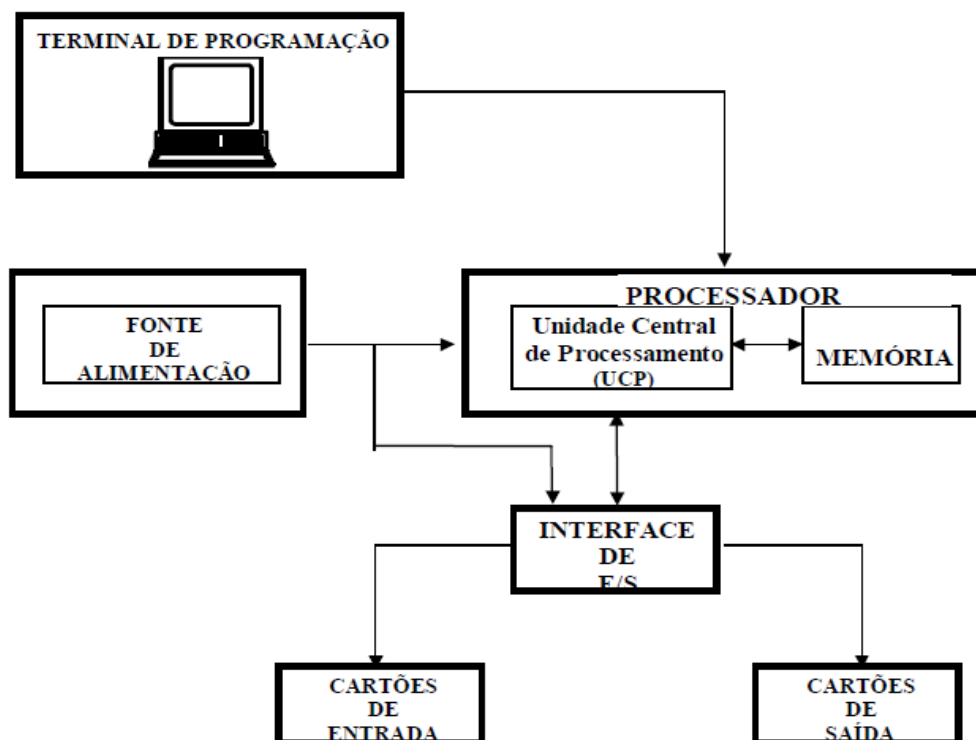
- Maquinário industrial (injetoras, têxteis)
- Equipamentos para processos (papel, siderurgia)
- Equipamento para controle de energia (demanda fator de carga)
- Controle de processos com realização de sinalização, intertravamento e controle.
- Bancadas de teste de componentes industriais

Como os CLPs tem um baixo custo e com a facilidade de uso e a massificação de aplicação, pois a utilização deste equipamento não é apenas no processo, mas também nos produtos, podemos encontrar em produtos eletrônicos, residências e veículos (FILHO, 2006).

#### 4.4 Estruturas Básicas

O CLP tem a sua estrutura baseada no hardware de um computador, tem portando uma UCP (unidade central de processamento) interfaces de entrada e saída de memórias. Referente ao computador, estão relacionadas a qualidade da fonte de alimentação pois possui características de filtragem e estabilização, interfaces de entrada e saída e imune a ruídos e invólucro específico para aplicações industriais O diagrama a seguir, mostra uma estrutura básica de um CLP.

Figura 86 – Diagrama básico de um clp



Fonte: Filho (2006)

Dentre as partes integrantes desta estrutura temos:

- UCP;
- Memória;
- E/S (entradas e saídas);
- Terminal de programação

#### **4.4.1 UCP**

A **Unidade Central de Processamento (UCP)** é responsável pelo processo do programa, coleta de dados dos cartões de entrada, efetuar o processamento de acordo com o programa do usuário, armazenado na memória, envia sinal para os cartões de saída como resposta ao processamento. Normalmente o CLP tem uma saída na qual pode controlar vários pontos de E/S (entradas e saídas) fisicamente compactadas a esta unidade (FILHO, 2006).

#### **4.4.2 Memória**

É uma parte de vital importância no processador de um CLP, pois ela armazena todas as instruções como também todos os dados necessários para executá-los. Existem diversos tipos de sistema de memória, a escolha depende do tipo de informação que será armazenada e da forma como a informação será processada pela UCP (FILHO,2006).

#### **4.4.3 E/S (entrada e saída).**

##### **4.4.3.1 Entrada**

Dispositivos responsáveis pela interface homem-máquina, isto é, dispositivos no qual o operador pode adicionar informações para a máquina, Neste caso, tem por base a análise de Filho (2006), alguns dispositivos de entrada são:

- leitor de fitas magnéticas, leitor de disco magnético, leitor de cartão perfurado, leitor de fita perfurada, teclado, etc. e;

- esses dispositivos tem a sua principal função transformar sinais elétricos em códigos para a UCP.

#### **4.4.3.2 Saída**

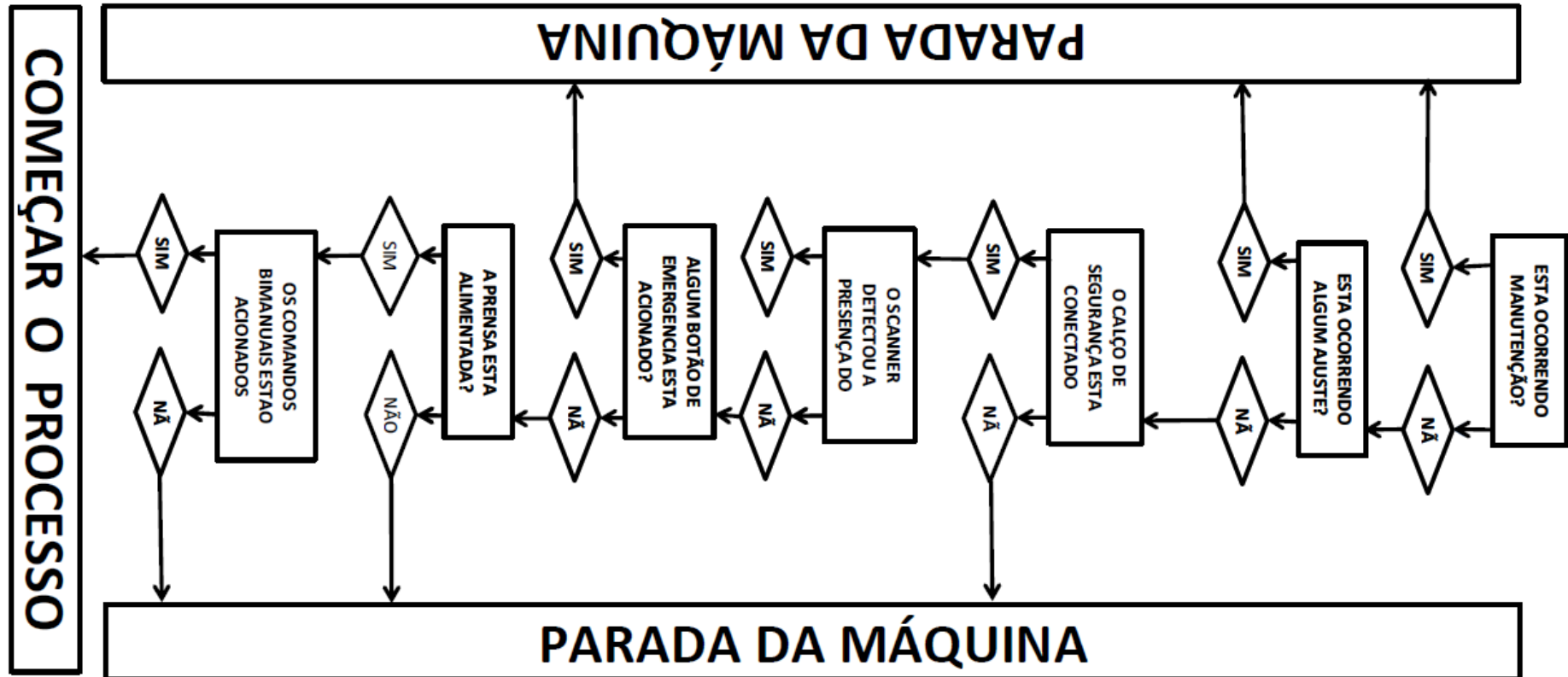
São dispositivos no qual tem a sua principal função na transformação de sinais da maquinas em dados que possam ser entendidos ou até manipulados pelo operador. Alguns exemplos de dispositivos de saída são o gravador de fitas magnéticas, o gravador de discos magnéticos, o perfurador de cartão, o perfurador de fita, a impressora, etc. (FILHO, 2006).

#### **4.4.4 Terminal de Programação**

É um dispositivo no qual conectado ao CLP permite a transferência do programa e da configuração do sistema poderá ser um equipamento ou então um software no qual transforma um computador pessoal em um programador para o CLP. Através do terminal (tipo) poderá ser utilizada em varias funções, como as destacadas por Filho (2006):

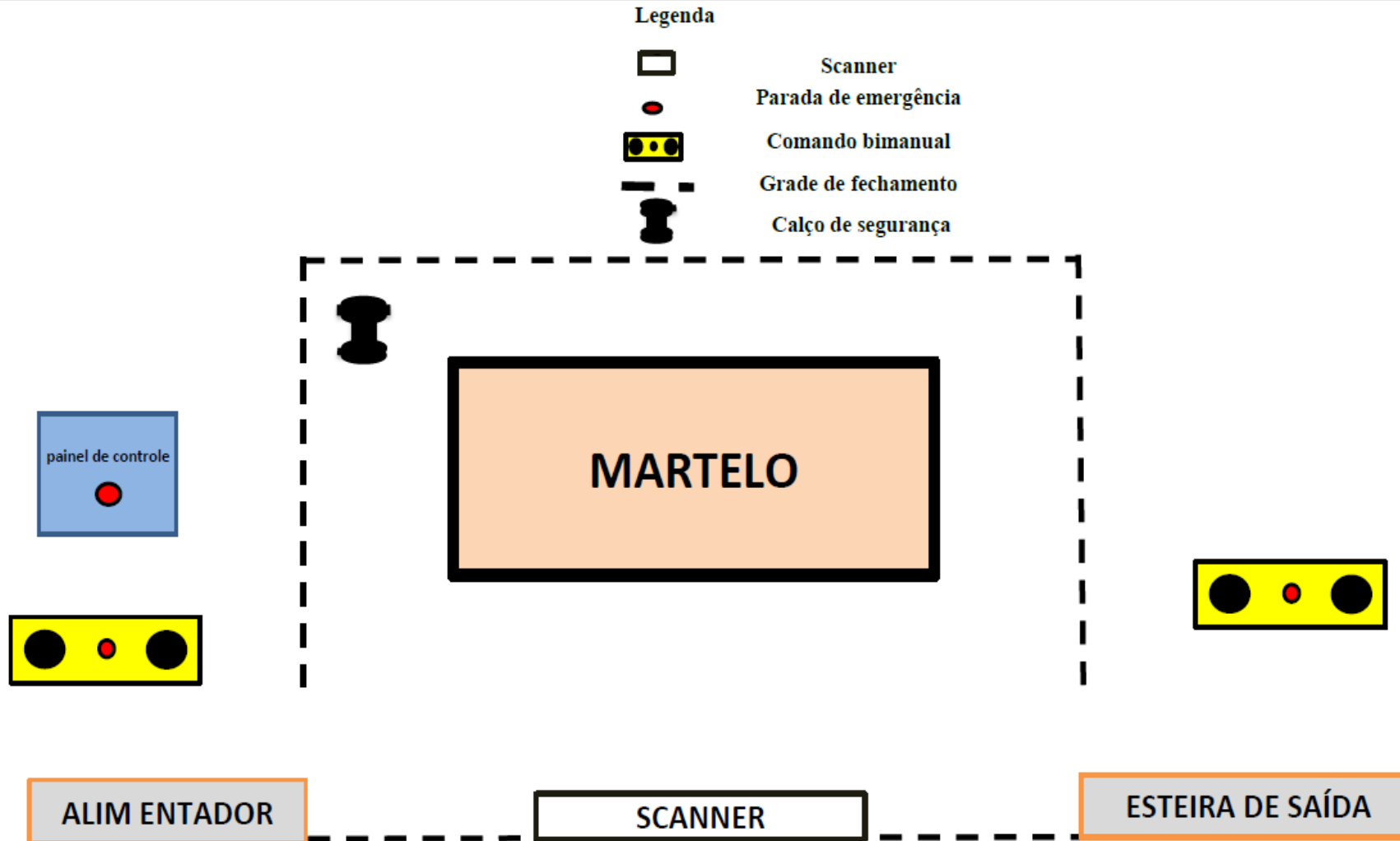
- Análise do conteúdo dos endereços de memória;
- Modificação de instruções já existentes e;
- Cópia do programa do usuário em disco ou impressora.

Figura 87 - Fluxograma da prensa em funcionamento



Fonte: Próprio autor (2016)

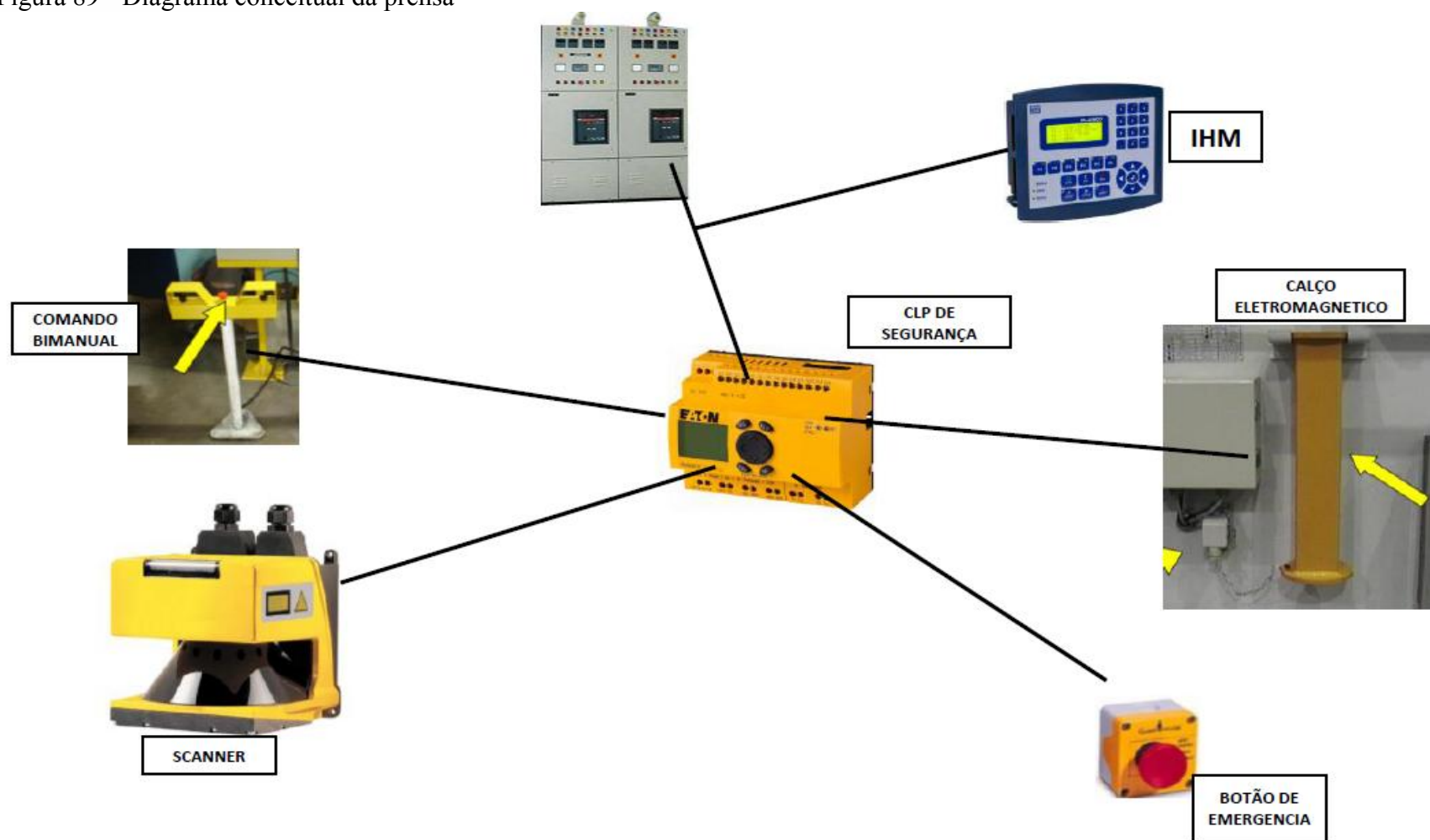
Figura 88 - Layout da prensa



Fonte: Próprio autor (2016)

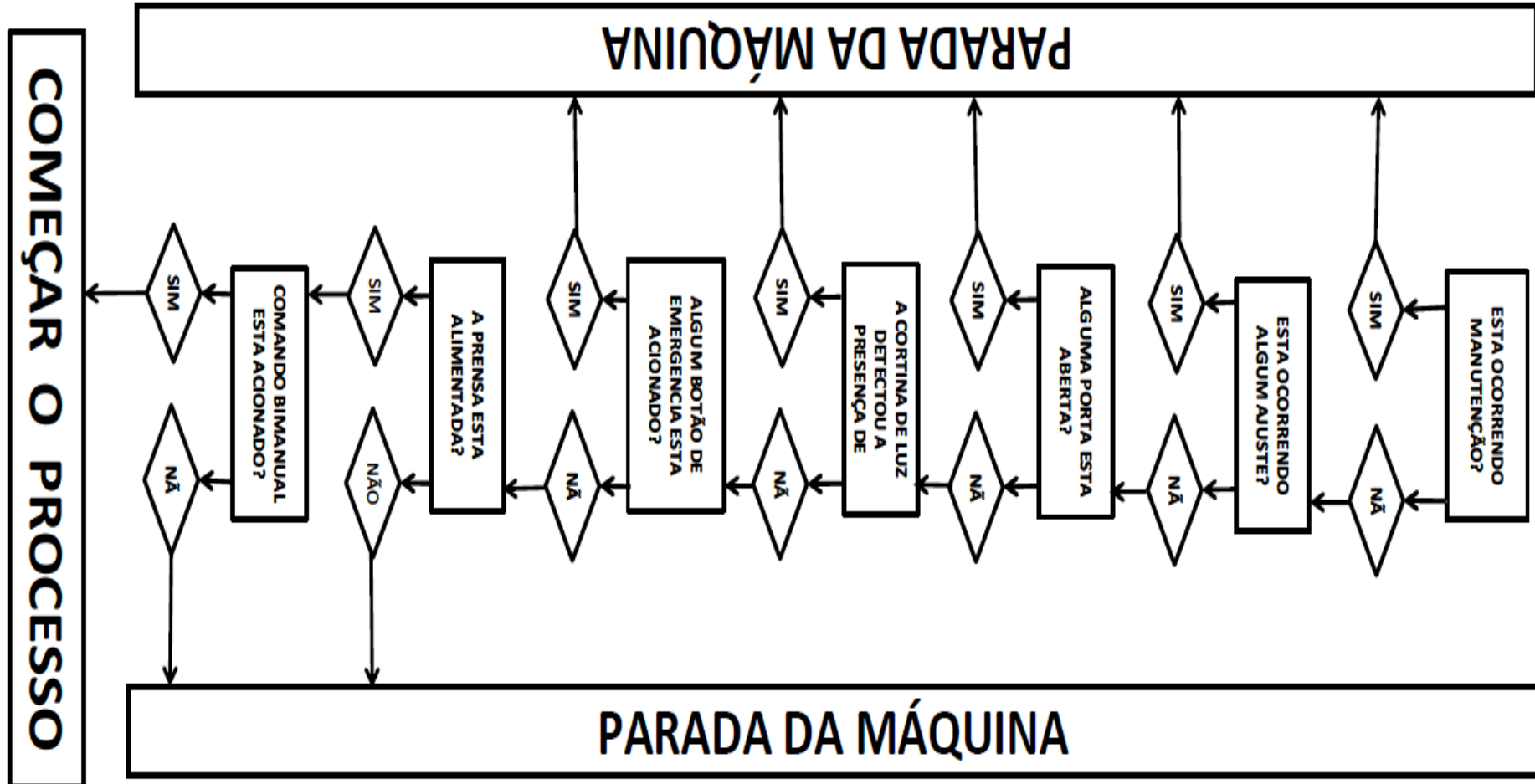


Figura 89 - Diagrama conceitual da prensa



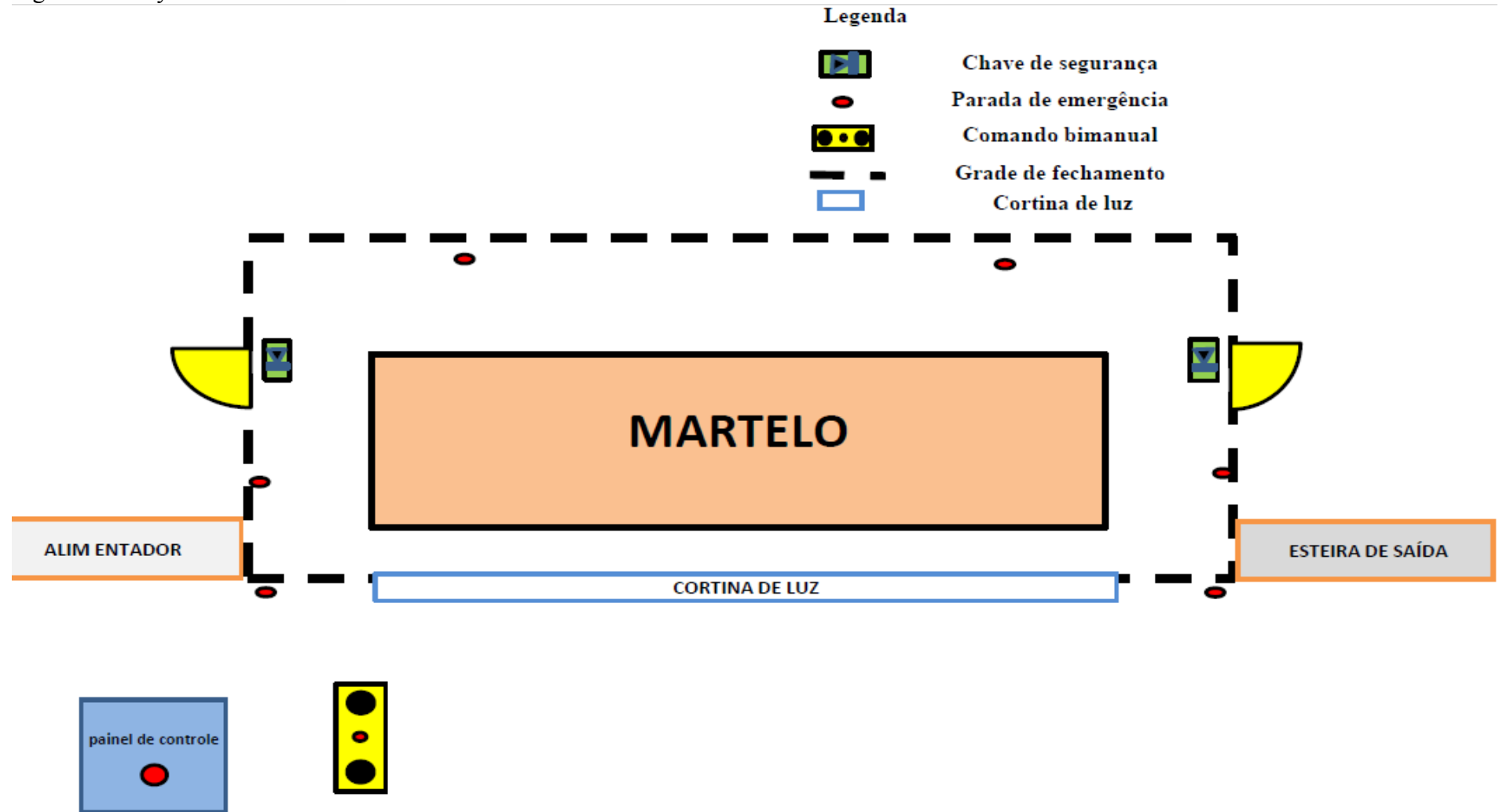
Fonte: Próprio autor (2016)

Figura 90 - Fluxograma da dobradeira em funcionamento



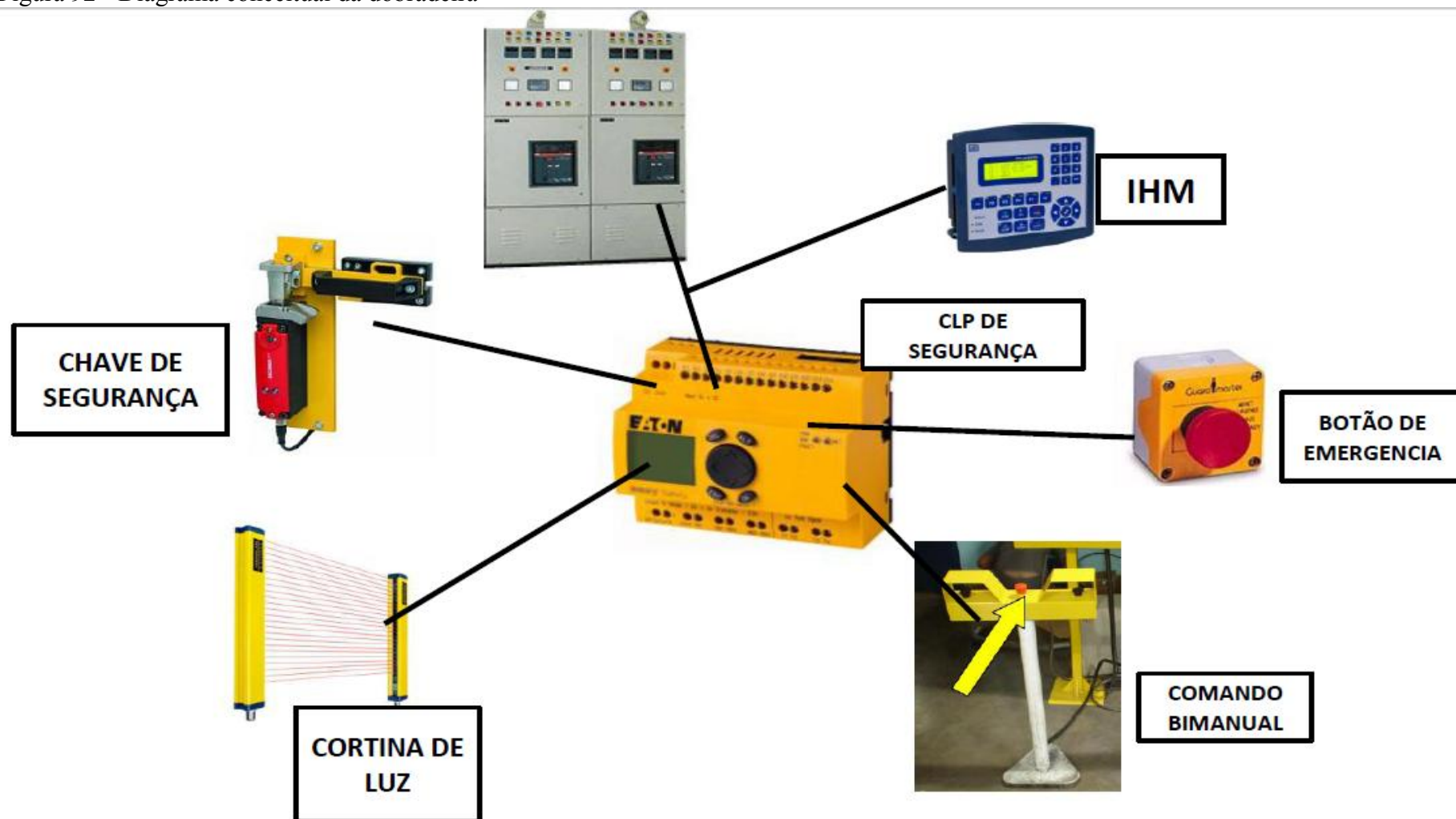
Fonte: Próprio autor (2016)

Figura 91 - Layout da dobradeira



Fonte: Próprio autor (2016)

Figura 92 - Diagrama conceitual da dobradeira



Fonte: Próprio autor (2016)

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste Trabalho de Conclusão de Curso, buscou-se analisar os sistemas de proteção por redundância e bloqueio de energias contra acidentes em prensas e equipamentos rotativos. Nesse sentido, tendo tal objetivo principal, bem como dois outros específicos, no caso, apresentação dos sistemas de proteção contra acidentes em equipamentos rotativos, prensas e similares; e a discussão acerca das vulnerabilidades dos atuais sistemas de proteção contra acidentes em prensas e similares.

Por fim, é possível indicar a relação direta entre investimento e grau de proteção, visto que a elevação no investimento tende a proporcionar maior grau de proteção para a integridade do operador. Exemplo disso pode ser encontrado nas NRs, estas que fornecem informações para a proteção dos equipamentos e, com isso, auxiliam na maior integridade do operador. Nesse sentido, como as empresas tendem a não atenderem todas as normas, inclusive algumas nem possuem um sistema de segurança adequado, torna-se fundamental o maior investimento por parte do empregador, cumprindo com as NRs vigentes e, com tal iniciativa, garantindo a melhor proteção a seus operadores.

## 5 CONCLUSÃO

Desenvolvido um levantamento sucinto dos principais tipos de prensas e equipamentos similares que se encontram, atualmente, no parque industrial nacional, foi possível mostrar o seu funcionamento, os locais onde pode haver danos aos equipamentos e nas áreas que podem acarretar acidentes, mutilações ou mesmo o óbito de algum trabalhador.

Além disso, foi possível identificar e solucionar algumas deficiências na parte da segurança de máquinas e equipamentos, como também apresentar os sistemas e os modos de seguranças para o máximo de prensas e equipamentos similares. Neste caso, inclusive, expondo desde um simples intertravamento, enclausuramento até o mais atual PLC (CLP), que consequentemente demonstram que essas proteções são muito importantes para o operador e para os que estão nas suas proximidades.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, K. P. S. **Identificação de riscos e prevenção de acidentes em prensas e similares.**2008. 89f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Segurança no Trabalho) - Faculdades Integradas de Araraquara, Araraquara, 2008. Disponível em: <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/prensas-kleber.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13759:1996:** Segurança em máquinas – Equipamentos de parada de emergência – Aspectos funcionais – Princípios para projeto. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13930:2001.** Prensas mecânicas – Requisitos de segurança. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 14009:1997.** Segurança em máquinas – Princípios para apreciação de riscos. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 14152:1998.** Segurança de máquinas – Dispositivos de comando bi-manuais – Aspectos funcionais e princípios para projeto. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 14153: 1998 -** Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Princípios gerais para projeto.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 14154:1996.** Segurança de máquinas – Prevenção de partida inesperada. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBRNM 272:2002.** Segurança de máquinas – Proteções – Requisitos gerais para o projeto e construção de proteções fixas e móveis. Rio de Janeiro,2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBRNM 273:2002.** Segurança de máquinas – Dispositivo de intertravamento associados a proteções – Princípios para projeto e seleção. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBRNM-ISO 13852:2003**. Segurança de máquinas – Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBRNM-ISO 13853:2003**. Segurança de máquinas – Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros inferiores. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBRNM-ISO 13854:2003**. Segurança de máquinas– Folgas mínimas para evitar esmagamento de partes do corpo humano. Rio de Janeiro, 2003

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG **EN 692:1996**. Mechanical presses - Safety. Londres – Reino Unido, 1996.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG **EN 999:1998**. Safety of machinery. The positioning of protective equipment with respect to the approach speeds of parts of the human body. Londres – Reino Unido, 1998.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG **EN 1760:1997**. Safety of machinery – Pressure sensitive protective device. Londres – Reino Unido, 1997.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG **EN 60204:2006**. Safety of machinery – Electrical equipment of machines –General requirements. Londres – Reino Unido, 2006.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (FIERGS). **Manual Básico de Segurança em Prensas e Similares**. 2006. Disponível em: <[http://www.prevenirseg.com.br/curso\\_nr12/apresentacoes/RQ-manual%20Seguran%C3%A7a%20Prensas%20e%20Similares.pdf](http://www.prevenirseg.com.br/curso_nr12/apresentacoes/RQ-manual%20Seguran%C3%A7a%20Prensas%20e%20Similares.pdf)>. Acesso em: 08 jul.2015.

FILHO, João Pedro. **CLP**. 2006. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhh64AA/clp-basico>> Acesso em: 17 nov.2015

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 12**: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Disponível em: < <http://portal.mte.gov.br/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/2015-09-14-19-18-40/2015-09-14-19-23-50/2015-09-29-20-46-50>>. Acesso em: 02 jan./2016



MINISTÉRIO DO TRABALHO. CLT: consolidação das leis de trabalho: Art. 186 - Das Máquinas e Equipamentos Disponível < <http://www.jusbrasil.com.br/topicos/10744193/artigo-186-do-decreto-lei-n-5452-de-01-de-maio-de-1943> > acesso em 02 nov. 2015

MINISTÉRIO DO TRABALHO: **Portaria 3214/78**: Aprova as normas regulamentadoras – NR – do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Disponível em: < [http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/ORGSAOS/MTE/Portaria/P3214\\_78.html](http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/ORGSAOS/MTE/Portaria/P3214_78.html)>. Acesso em: 02 jan. 2016.

PORTAL EMPRESARIAL. **História da metalurgia**. 2015. Disponível em: , [http://negocios.maiadigital.pt/hst/sector\\_actividade/metalomecanica/caracterizacao/esboço](http://negocios.maiadigital.pt/hst/sector_actividade/metalomecanica/caracterizacao/esboço)>. Acesso em: 04 jan. 2016.

SILVA FILHO, B.S. **Material do curso de controladores lógicos programáveis da Faculdade de Engenharia da UERJ**. S/D. Disponível em: < <http://www.lee.eng.uerj.br/downloads/cursos/clp/clp.pdf> >. Acesso em 21 nov.2015