

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL**  
**ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

**VICTOR AUGUSTO RABONI SANTA MARIA**

**ANÁLISE DA NORMA REGULAMENTADORA Nº 12 E AVALIAÇÃO  
DO NÍVEL DE RUÍDO E DE ILUMINAMENTO EM UMA MÁQUINA  
DE SOLDAGEM POR ULTRASSOM DO TIPO PRENSA**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2015**

**VICTOR AUGUSTO RABONI SANTA MARIA**

**ANÁLISE DA NORMA REGULAMENTADORA Nº 12 E AVALIAÇÃO  
DO NÍVEL DE RUÍDO E DE ILUMINAMENTO EM UMA MÁQUINA  
DE SOLDAGEM POR ULTRASSOM DO TIPO PRENSA**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. M.Eng. Roberto Serta.

**CURITIBA**

**2015**

**VICTOR AUGUSTO RABONI SANTA MARIA**

**ANÁLISE DA NORMA REGULAMENTADORA Nº 12 E AVALIAÇÃO DO NÍVEL  
DE RUÍDO E DE ILUMINAMENTO EM UMA MÁQUINA DE SOLDAGEM POR  
ULTRASSOM DO TIPO PRENSA**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

---

Prof. M.Eng. Roberto Serta  
Professor do XXXI CEEST, UTFPR – Campus Curitiba.

Banca:

---

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Campus Curitiba.

---

Prof. Dr. Adalberto Matoski  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Campus Curitiba.

---

Prof. Msc. Massayuki Mário Hara  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Campus Curitiba.

Curitiba  
2015

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

## RESUMO

SANTA MARIA, Victor Augusto Raboni. **Análise da Norma Regulamentadora nº 12 e avaliação do nível de ruído e de iluminamento em uma máquina de soldagem por ultrassom do tipo prensa.** 2015. 73 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

As Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho e Emprego, relativas à segurança e saúde no trabalho (SST), são de observância obrigatória pela maioria das empresas no Brasil. Em estudo realizado com empresas da zona norte do município de São Paulo, constatou-se que as prensas foram responsáveis por 15% de todos os acidentes de trabalho causados por máquinas, que são contempladas pela NR-12. Esta monografia teve como objetivo geral analisar o funcionamento e a operação de uma prensa de soldagem por ultrassom, através da compreensão e aplicação dos conceitos de SST, buscando conhecer e avaliar os riscos ocupacionais existentes. Para tanto, foi elaborado um *checklist* para avaliar o grau de adequação da máquina segundo a NR-12, e foram avaliados quantitativamente os níveis de ruído e iluminamento. Constatou-se que o nível de ruído se encontra acima do limite permitido pela normatização. Ademais, foram propostas recomendações à empresa em relação aos aspectos não-conformes da prensa. Por fim, recomendou-se que a máquina seja interditada até que, principalmente, seja implementado um sistema de segurança na zona de prensagem, tal como o enclausuramento e instalação de dispositivos de segurança.

**Palavras-chave:** Segurança em máquinas. Prensas. Nível de ruído. Nível de iluminamento.

## ABSTRACT

SANTA MARIA, Victor Augusto Raboni. **Analysis of the regulatory standard No. 12 and assessment of noise and illuminance levels on an ultrasonic welding press.** 2015. 73 p. Monograph (Specialization in Occupational Safety Engineering). Academic Department of Civil Engineering, Federal University of Technology – Paraná. Curitiba, 2015.

The Ministry of Labor's regulatory standards, related to occupational safety and health, are mandatory for most of companies in Brazil. A study of work-related accidents carried out in the northern area of Sao Paulo city showed that presses are responsible for 15% of all accidents caused by machines, which are the scope of the NR-12 standard. The purpose of this monograph was to analyze the operation of an ultrasonic welding press, by understanding and applying occupational safety and health concepts. Therefore, a checklist was elaborated in order to evaluate the machine's compliance according to the standard, and the levels of noise and illuminance were assessed. It was found that the noise level is above the exposure limit allowed by regulation. Moreover, recommendations were made to the company in relation to non-conforming aspects of the press. Lastly, it was recommended that the press operation should be forbidden, mainly until a safety system is implemented in the pressing area, such as enclosure and safety devices installation.

**Key words:** Machinery safety. Presses. Noise level. Illuminance level.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Máquina de soldagem por ultrassom do tipo prensa.....	13
Figura 2 – Prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta com zona de prensagem totalmente desprotegida.....	16
Figura 3 – Desenho esquemático da cadeia cinemática da prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta.....	17
Figura 4 – Principais componentes do sistema pneumático: a) compressor de ar (modelo volumétrico) e b) atuador pneumático.....	18
Figura 5 – Nível de compatibilidade de alguns materiais termoplásticos.....	20
Figura 6 – Esquema dos principais componentes de um equipamento de soldagem por ultrassom.....	21
Figura 7 – Dispositivo de acionamento do tipo comando bimanual.....	30
Figura 8 – Prensa enclausurada por proteções fixas, com apenas uma abertura para a colocação de materiais.....	31
Figura 9 – Cortina de luz instalada.....	32
Figura 10 – Enclausuramento da zona de prensagem por proteção móvel com dispositivo de intertravamento: a) proteção móvel fechada; e b) proteção móvel aberta.....	33
Figura 11 – Dispositivos de parada de emergência.....	33
Figura 12 – Exemplo de sinalização que representa o risco de esmagamento das mãos.....	36
Figura 13 – Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores.....	38
Figura 14 – Curvas de compensação A, B, C e D.....	43
Figura 15 – Exemplos de EPI para a proteção auditiva.....	45
Figura 16 – Medidor de pressão sonora utilizado para a avaliação do nível de ruído.....	54
Figura 17 – Medidor de nível de iluminamento utilizado.....	55
Figura 18 – Quantidade de itens conformes, não-conformes e não aplicáveis observados através da aplicação do <i>checklist</i> .....	57

Figura 19 – a) Extensão da mangueira de ar comprimido solta pela bancada; e b) máquina sem sinalização de segurança.....	59
Figura 20 – Incrições da máquina que não estão escritas na língua portuguesa.....	60
Figura 21 – Zona de prensagem (destacada em vermelho) totalmente desprotegida.....	60
Figura 22 – Válvula pneumática utilizada na máquina não atende à NR-12 .....	61
Figura 23 – Resultado das medições do nível de ruído emitido pela máquina durante a operação de prensagem.....	62
Figura 24 – Resultados das medições do nível de iluminação em comparação com os valores de iluminância mantida.....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de acidentes de trabalho classificados em três códigos da Classificação Internacional de Doenças.....	14
Tabela 2 – Principais formatos geométricos dos sonotrodos utilizados em diferentes aplicações .....	22
Tabela 3 – Estrutura da NR-12 .....	26
Tabela 4 – Exemplos de <i>NPS</i> , pressões sonoras e suas respectivas fontes ruidosas .....	41
Tabela 5 – Quantidade de acidentes de trabalho, por situação de registro e motivo, ocorridos no Brasil nos anos de 2011, 2012 e 2013 .....	51
Tabela 6 – Modelo de <i>checklist</i> utilizado para analisar a adequação da máquina segundo as determinações da NR-12 .....	53
Tabela 7 – Aspectos não-conformes (NC) observados através da aplicação do <i>checklist</i> .....	58
Tabela 8 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.....	63
Tabela 9 – Resultados das medições do nível de iluminação do posto de trabalho em que a máquina se encontra instalada .....	64
Tabela 10 – Planejamento dos ambientes, tarefas e atividades com a especificação da iluminância .....	64
Tabela 11 – Relação entre a iluminância da tarefa e do entorno imediato.....	65
Tabela 12 – Valores de uniformidade da iluminância obtidos no posto de trabalho.....	66



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
AEPS	<i>Anuário Estatístico da Previdência Social</i>
CA	<i>Certificado de Aprovação</i>
CAT	<i>Comunicação de Acidente do Trabalho</i>
CID	<i>Classificação Internacional de Doenças</i>
CIE	<i>Comissão Internacional de Iluminação (tradução)</i>
CLT	<i>Consolidação das Leis do Trabalho</i>
CNAE	<i>Classificação Nacional de Atividades Econômicas</i>
EPC	<i>Equipamento de Proteção Coletiva</i>
EPI	<i>Equipamento de Proteção Individual</i>
EPP	<i>Empresa de Pequeno Porte</i>
INMETRO	<i>Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia</i>
IRC	<i>Índice de Reprodução de Cor</i>
MTE	<i>Ministério do Trabalho e Emprego</i>
NBR	<i>Norma Brasileira elaborada pela ABNT</i>
NHO	<i>Norma de Higiene Ocupacional</i>
NR	<i>Norma Regulamentadora</i>
OIT	<i>Organização Internacional do Trabalho</i>
PAIR	<i>Perda Auditiva Induzida por Ruído</i>
SST	<i>Segurança e Saúde no Trabalho</i>
UGR	<i>Índice de Ofuscamento Unificado</i>
UTFPR	<i>Universidade Tecnológica Federal do Paraná</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

$CR$	<i>Critério de referência para a exposição ao ruído</i>
$D$	<i>Dose diária de ruído</i>
$\overline{E}_m$	<i>Iluminância mantida</i>
$q$	<i>Incremento de duplicação de dose</i>
$R_a$	<i>Índice de reprodução de cor mínimo</i>
$UGR_L$	<i>Índice limite de ofuscamento unificado</i>
$C$	<i>Item conforme (checklist)</i>
$NC$	<i>Item não-conforme (checklist)</i>
$NA$	<i>Item não aplicável (checklist)</i>
$NPS$	<i>Nível de pressão sonora</i>
$NLI$	<i>Nível limiar de integração para o cálculo da dose diária de ruído</i>
$p$	<i>Pressão sonora</i>
$p_0$	<i>Pressão sonora de referência</i>
$T_n$	<i>Tempo máximo diário permissível a um nível de ruído específico</i>
$C_n$	<i>Tempo total diário de exposição a um nível de ruído específico</i>

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
1.1	Objetivos.....	13
1.1.1	Objetivo Geral .....	13
1.1.2	Objetivos Específicos .....	13
1.2	Justificativa .....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	Prensas e Máquinas Similares.....	15
2.2	Processo de Soldagem por Ultrassom.....	19
2.3	Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.....	25
2.3.1	Norma Regulamentadora Nº 12 do MTE.....	26
2.3.2	Exposição Ocupacional ao Ruído.....	39
2.3.3	Iluminação de Ambientes de Trabalho .....	45
2.4	Acidentes de Trabalho e Estatísticas Acidentárias.....	49
3	METODOLOGIA .....	53
3.1	Análise da Norma Regulamentadora Nº 12 .....	53
3.2	Avaliação do Nível de Ruído .....	54
3.3	Avaliação do Nível de Iluminamento .....	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	57
4.1	Adequação da Máquina segundo a Norma Regulamentadora Nº 12.....	57
4.1.1	Aspectos Observados Não-Conformes .....	57
4.1.2	Nível de Ruído.....	61
4.1.3	Nível de Iluminamento .....	63
4.2	Recomendações.....	67
5	CONCLUSÃO .....	69
	REFERÊNCIAS .....	70

# 1 INTRODUÇÃO

As Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), relativas à Segurança e Saúde no Trabalho (SST), segundo a própria NR-1, que trata de disposições gerais, são de observância obrigatória por todas as empresas privadas e públicas e por todos os órgãos públicos que possuam empregados regidos pela Consolidação da Leis do Trabalho (CLT).

A NR-12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos) conceitua as prensas como máquinas que são utilizadas nos processos de conformação e corte de materiais, nas quais o movimento do martelo (punção) é proveniente do acionamento de um sistema hidráulico, pneumático ou mecânico.

Em estudo realizado com empresas da zona norte do município de São Paulo, constatou-se que as prensas foram responsáveis por 15% de todos os acidentes de trabalho causados por máquinas (SILVA, 1995). Os principais riscos ocupacionais decorrentes da utilização de prensas estão relacionados ao esmagamento e à amputação dos dedos e das mãos dos trabalhadores.

A NR-12 apresenta também certos riscos adicionais que devem ser considerados quanto à saúde e segurança ocupacional, dependendo dos processos existentes no ambiente de trabalho, tais como: ruído, calor, vibrações, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, agentes químicos, agentes biológicos, entre outros. Além disso, as máquinas e equipamentos devem ser projetados e mantidos com a observância de aspectos ergonômicos, como o adequado nível de iluminação, por exemplo.

Ainda, em seu Anexo VIII, a NR-12 define que máquinas similares às prensas são aquelas que possuem funções e riscos equivalentes a elas. Nesse contexto, importa mencionar que a máquina de soldagem por ultrassom (Figura 1), objeto deste estudo, é similar a uma prensa, pois, apesar de não ser utilizada em um processo de conformação e corte de materiais, apresenta riscos equivalentes.



Figura 1 – Máquina de soldagem por ultrassom do tipo prensa

A máquina de soldagem por ultrassom, apresentada na Figura 1, encontra-se instalada e em operação, desde o ano de 2005, em uma Empresa de Pequeno Porte (EPP) localizada em Curitiba, que a disponibilizou para ser objeto deste trabalho.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Esta monografia tem como objetivo geral analisar o funcionamento e a operação da máquina de soldagem por ultrassom, através da compreensão e aplicação dos conceitos de SST, buscando conhecer e avaliar os riscos ocupacionais existentes.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Como primeiro objetivo específico, será feito um levantamento das condições operacionais da máquina e dos riscos à saúde e à segurança existentes, através de uma lista de

verificação<sup>1</sup> (*checklist*) elaborada para atender à NR-12. Então, pretende-se analisar as eventuais não-conformidades em relação à norma e, por fim, propor recomendações à empresa.

## 1.2 Justificativa

O Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS) de 2013 informa que, nesse ano, ocorreram ao todo 717.911 acidentes de trabalho no Brasil. O país possui estatísticas acidentárias alarmantes. Segundo dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT), o Brasil é o quarto colocado mundial em número de acidentes de trabalho fatais por ano.

Na Tabela 1 são apresentados alguns dados retirados do AEPS de 2013. É mostrada a quantidade de acidentes de trabalho classificados em três códigos da Classificação Internacional de Doenças (CID). Observa-se que, somados, estes acidentes envolvendo mão e punho representam quase 18% do total de acidentes ocorridos.

Tabela 1 – Quantidade de acidentes de trabalho classificados em três códigos da Classificação Internacional de Doenças

<b>Código da CID</b>	<b>Quantidade de Acidentes de Trabalho</b>
S61 – Ferimento do punho e da mão	68.838
S62 – Fratura ao nível do punho e da mão	49.573
S68 – Amputação traumática do punho e da mão	8.302

Fonte: AEPS, 2013.

Ademais, foi constatado que, dentre os acidentes graves causados por máquinas, as prensas lideram as estatísticas acidentárias, representando 36% dos acidentes com amputação e 42% dos casos de esmagamento de mão ou dedos (SILVA, 1995).

Neste contexto, o estudo das condições de segurança das máquinas e equipamentos, em especial das prensas, buscando adequá-los à normatização legal vigente, torna-se imprescindível a fim de se preservar a saúde e a integridade física dos trabalhadores.

---

<sup>1</sup> A lista de verificação ou *checklist* é uma das “Sete Ferramentas da Qualidade” e bastante utilizada no campo da SST em análises de riscos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica sobre os principais assuntos relacionados ao tema desta monografia.

### 2.1 Prensas e Máquinas Similares

A NR-12 conceitua as prensas como máquinas-ferramentas utilizadas nos processos de conformação e corte de materiais, nas quais o movimento do martelo (punção) sobre a matriz ocorre através de um sistema hidráulico, sistema pneumático ou de um sistema mecânico propriamente dito, em que a transformação do movimento rotativo em linear se dá por meio de sistemas de bielas, manivelas, conjunto de alavancas ou fusos.

Os principais tipos de prensas, ainda conforme a própria NR-12, podem ser divididos em:

- Prensas mecânicas excêntricas de engate por chaveta (ou acoplamento equivalente);
- Prensas mecânicas excêntricas com freio ou embreagem;
- Prensas de fricção com acionamento por fuso;
- Prensas servoacionadas;
- Prensas hidráulicas;
- Prensas pneumáticas;
- Prensas hidropneumáticas.

A prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta é o tipo de prensa mais utilizado no Brasil, por seu menor custo e baixa complexidade construtiva (FIERGS, 2006). Uma vez acionadas, realizam um ciclo completo de trabalho, que consiste na movimentação do martelo a partir de sua posição inicial (ponto morto superior) até o ponto morto inferior, retornando então à posição inicial, não sendo possível realizar a parada imediata do martelo no decorrer do ciclo, ou seja, após seu movimento de descida ter se iniciado. Pode-se observar, na Figura 2, uma prensa desse tipo com a zona de prensagem totalmente desprotegida.



Figura 2 – Prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta com zona de prensagem totalmente desprotegida

Fonte: Central de Manutenção, 2015.

Na máquina apresentada na figura acima, um motor elétrico movimenta o volante, que está apoiado na extremidade de um eixo através de uma bucha de engate, onde se encaixa uma chaveta rotativa. Uma bucha excêntrica, alojada em uma biela, fixa a outra extremidade do eixo.

A biela é responsável pela transformação do movimento rotativo do eixo em movimento linear do martelo. Um dispositivo mecânico, quando acionado, faz com que a chaveta rotativa se acople à bucha de engate, transmitindo o movimento de rotação à bucha excêntrica, realizando o ciclo de trabalho do martelo. É apresentado na Figura 3 um desenho esquemático da cadeia cinemática desse tipo de prensa.



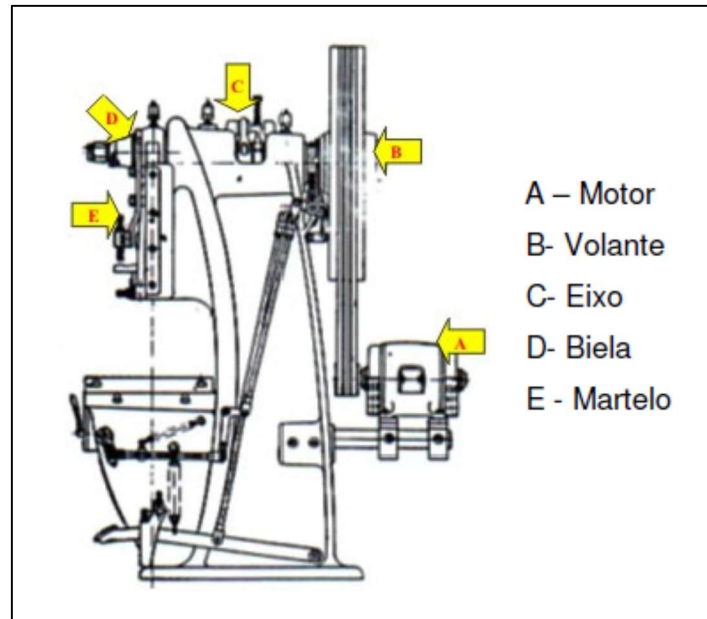


Figura 3 – Desenho esquemático da cadeia cinemática da prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta

Fonte: FIERGS, 2006.

Em relação às prensas pneumáticas, o movimento do martelo ocorre através do funcionamento de um sistema de ar comprimido, sendo seus principais componentes o compressor de ar e o atuador pneumático (cilindro pneumático).

O compressor de ar é uma máquina destinada a aumentar a pressão de certo volume de ar, que se encontra nas condições atmosféricas, até uma determinada pressão, que é exigida para a execução do trabalho com o ar comprimido (PARKER, 2000).

Em relação a compressores industriais, podem ser citados dois princípios conceptivos: volumétrico e dinâmico. Nos compressores volumétricos (ou de deslocamento positivo), a elevação de pressão ocorre com a redução do volume ocupado pelo gás. Inicialmente, certa quantidade de gás é admitida no interior de uma câmara de compressão, que então é cerrada e sofre redução de volume. Finalmente, a câmara é aberta e o gás é liberado para consumo. Esse processo ocorre de forma intermitente. Já nos compressores dinâmicos (ou turbocompressores) há dois elementos principais, o impelidor e o difusor. O impelidor é um componente rotativo provido de pás, que transferem ao gás a energia recebida de um acionador. Essa transferência de energia se dá na forma cinética e na forma de entalpia (FIALHO, 2012).

Atuadores pneumáticos são elementos mecânicos que, por meio de movimentos lineares ou rotativos, transformam a energia cinética gerada pelo ar pressurizado em energia mecânica, produzindo trabalho. Os atuadores são constituídos por um cilindro. Em uma extremidade do cilindro há uma conexão que serve para admissão e exaustão de ar. Na outra extremidade há um furo central através do qual se movimenta uma haste. A ação do ar expandindo-se no interior do cilindro possibilita o deslocamento da haste.

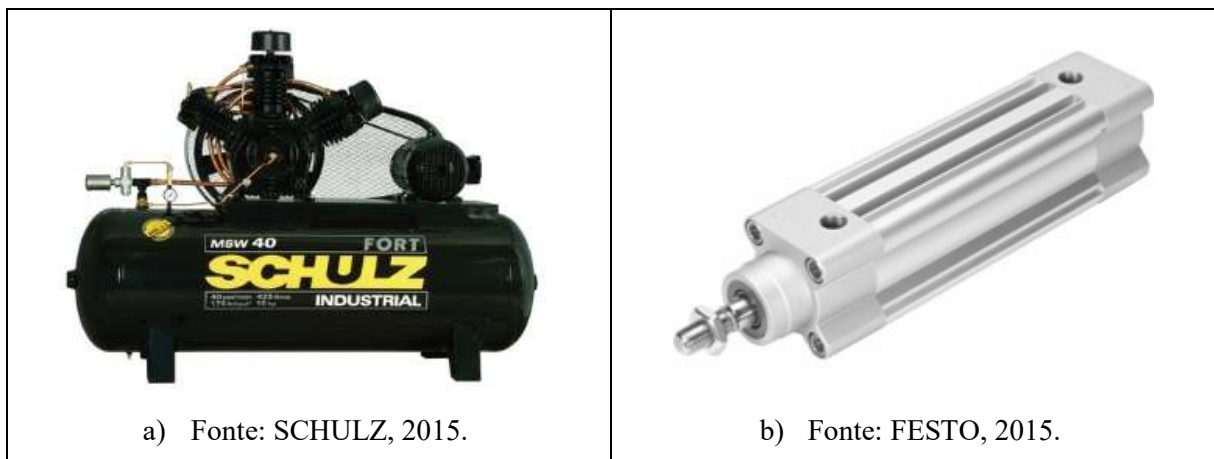


Figura 4 – Principais componentes do sistema pneumático: a) compressor de ar (modelo volumétrico) e b) atuador pneumático

As prensas são amplamente encontradas no parque industrial brasileiro, sendo utilizadas predominantemente nas seguintes atividades, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE): metalurgia (Divisão 24), fabricação de produtos de metal (Divisão 25), fabricação de máquinas e equipamentos (Divisão 28), fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias (Divisão 29), fabricação de móveis com predominância de metal (Classe 3102-1), entre outras (MENDES, 2001).

Além da conformação e corte de materiais, as prensas podem ser utilizadas em outros processos de fabricação. Nesses casos, seguindo a definição apresentada pelo Anexo VIII da NR-12, tais máquinas serão consideradas “similares às prensas”, pois possuem funções e riscos equivalentes a elas.

A introdução da matéria prima na matriz da prensa e a retirada da peça processada são realizadas por sistemas de alimentação ou extração, que podem ser, entre outros:

- Manuais;

- Por gaveta;
- Por bandeja rotativa ou tambor de revólver;
- Por gravidade, qualquer que seja o meio de extração;
- Por mão mecânica;
- Por transportador;
- Alimentadores contínuos automáticos.

Em relação ao tipo de acionamento da operação de prensagem, podem-se encontrar, principalmente, acionamento por: botoeira simples; pedal; comando bimanual; ou acionamento contínuo.

De acordo com Mendes (2001), as prensas mecânicas excêntricas, que representam a maioria das prensas existentes na indústria brasileira, podem ser classificadas, segundo sua capacidade, em prensas leves (de até 50 toneladas), prensas médias (de 50 a 500 toneladas) e prensas de grande porte (acima de 500 toneladas).

## **2.2 Processo de Soldagem por Ultrassom**

A expressão “ultrassom” é utilizada para definir as frequências superiores ao limite de audição do ser humano. Esse limite, no entanto, pode variar de pessoa para pessoa. Apesar disso, geralmente ele é definido como as ondas sonoras com frequência acima de 20 kHz.

As ondas ultrassônicas começaram a ser utilizadas logo após a Segunda Guerra Mundial, para limpeza e remoção de graxa de material bélico. Já o processo de soldagem por ultrassom teve início na indústria de plásticos, por volta da década de 60 (HARPER, 1999).

A condição ideal para a fusão de materiais termoplásticos ocorre quando se utilizam peças do mesmo material. Apesar disso, é possível também a união de componentes de diferentes materiais, desde que suas temperaturas de fusão e estruturas moleculares sejam similares. Exemplos bastante comuns de soldagem por ultrassom de materiais distintos são o acrílico com o ABS, policarbonato com o ABS e o poliestireno com o noryl (MANRICH, 2005). É apresentado, na Figura 5, o nível de compatibilidade de alguns materiais termoplásticos.

Solda ultra-som															
	PS. (poliestireno)	S.A.N.	A.B.S.	Noril	Poliacetal	P.M.M.A. (acrílico)	Acetato de celulose	Poliamida (nylon)	PC (policarbonato)	Poliéster	PE (polietileno)	PP (polipropileno)	P.V.C.	Duracon (celcon)	Delrin
● ótima	●			●											
● parcial		●	●			●									
○ péssima			●	●		●			●				●		
PS. (poliestireno)	●			●											
S.A.N.		●	●			●									
A.B.S.		●	●			●			●				●		
Noril	●			●											
Poliacetal					●										
P.M.M.A. (acrílico)		●	●			●			●				●		
Acetato de celulose							●								
Poliamida (nylon)								●							
PC (policarbonato)			●			●			●				●		
Poliéster										●					
PE (polietileno)											●				
PP (polipropileno)												●			
P.V.C.			●			●			●				●		
Duracon (celcon)														●	●
Delrin													●	●	●

Figura 5 – Nível de compatibilidade de alguns materiais termoplásticos

Fonte: GN Ultrasônica, 2015.

Os equipamentos utilizados no processo de soldagem por ultrassom são compostos de (SONITRON, 2005):

- Gerador, para produzir a energia elétrica com frequência ultrassônica (20 kHz ou mais);
- Transdutor piezoelétrico, que converte a energia elétrica em vibrações mecânicas;
- Sonotrodo, que transmite as vibrações para a peça a ser processada;
- Transformadores acústicos, que são acoplados entre o transdutor e o sonotrodo para se obter a amplitude de soldagem ótima (intensidade das ondas mecânicas) para determinado trabalho.

Geralmente, também é utilizado um cilindro pneumático, onde é montado o conjunto acústico para que o sonotrodo fique em contato com a peça a ser soldada, por um período de operação pré-ajustado.

Pode-se observar na Figura 6, de forma esquemática, os principais componentes de um equipamento de soldagem por ultrassom.

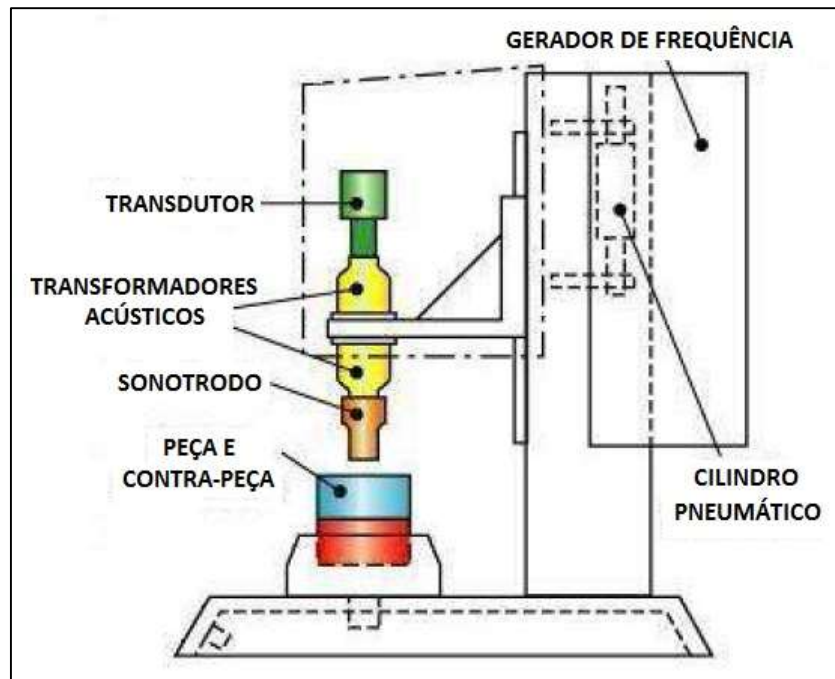


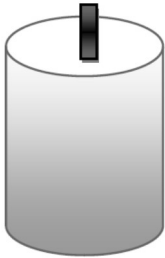

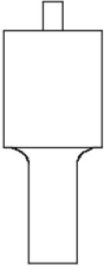
Figura 6 – Esquema dos principais componentes de um equipamento de soldagem por ultrassom

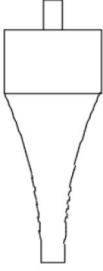
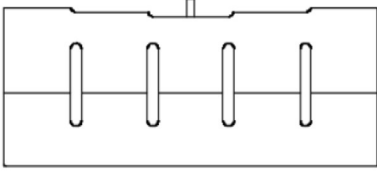
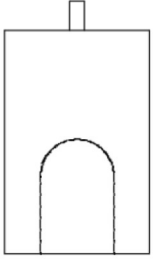
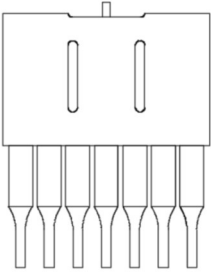
Fonte: adaptada de TWI, 2015.

O sonotrodo é uma peça metálica com determinada frequência de ressonância, que tem por finalidade transmitir vibrações mecânicas procedentes do transdutor para as peças a serem processadas. O sonotrodo é construído de tal maneira que corresponda às exigências de aplicação específica, e suas medidas determinam sua frequência (de 20 kHz ou mais). Dificilmente existem dois sonotrodos rigorosamente iguais. Eles devem ser fabricados com materiais capazes de resistir às intensas tensões de vibração. Os materiais mais utilizados para a fabricação dos sonotrodos são o titânio, o alumínio especial e o aço ferramenta, este último somente em aplicações especiais (SONITRON, 2005).

No processo de soldagem por ultrassom, a superfície do sonotrodo é colocada em contato com uma das peças a serem soldadas. As vibrações mecânicas são transferidas, durante certo período de tempo, do sonotrodo ao material plástico e seguem até chegar na superfície de contato a ser soldada. Nessa superfície de união, as vibrações ultrassônicas produzem calor, soldando as duas peças (SONITRON, 2005). Na Tabela 2 são apresentados os principais formatos geométricos dos sonotrodos, utilizados em diferentes aplicações.

Tabela 2 – Principais formatos geométricos dos sonotrodos utilizados em diferentes aplicações

 <p><b>Cilíndrico</b></p>	<p>Fabricação, em geral, com diâmetro de 90 a 120 mm, mas quanto maior essa dimensão, mais problemática se torna a condutividade de energia.</p>
 <p><b>Exponencial</b></p>	<p>É o mais utilizado em aplicações de solda em termoplásticos menos espessos ou que possuem baixo ponto de fusão.</p>
 <p><b>Bi-cilíndrico</b></p>	<p>É usinado com diâmetros diferentes, mas constantes. Sua forma permite a colocação na face para encaixes de diferentes formas.</p>

 <p style="text-align: center;"><b>Catenoidal</b></p>	<p>Combina as vantagens da curva suave da senóide e possui elevada amplitude de soldagem, assim como o bi-cilíndrico.</p>
 <p style="text-align: center;"><b>Retangular</b></p>	<p>Apresentam variada configuração, com comprimento de 3 a 300 mm em geral. Normalmente, sonotrodos retangulares com menos de 90 mm de comprimento são sólidos (acima disso são feitos rasgos para reduzir os esforços e eliminar frequência parasita).</p>
 <p style="text-align: center;"><b>Cúpula</b></p>	<p>Possui uma cavidade interior. Não é recomendável que a espessura das paredes seja inferior a 6 mm, pois o sonotrodo pode se tornar muito frágil e desgastar rapidamente.</p>
 <p style="text-align: center;"><b>Composto</b></p>	<p>Possui duas partes devido à dificuldade de usiná-lo de forma inteiriça. Geralmente, é utilizado para soldar diferentes partes de uma mesma peça simultaneamente.</p>

Fonte: LEMOS, 2009, apud LORÊDO JR., 2012.

A qualidade do processo de soldagem por ultrassom depende também da amplitude de vibração na face do sonotrodo, controlada através dos transformadores acústicos. A variação da

amplitude de soldagem permite gerar maior ou menor quantidade de calor na junta de soldagem (LORÊDO JR., 2012).

Há dois estágios de aquecimento principais no processo de soldagem por ultrassom. O primeiro ocorre devido à fricção gerada pelas vibrações longitudinais do sonotrodo com as peças, atingindo a temperatura de transição vítrea, em que há a mobilidade das cadeias moleculares devido à rotação de grupos laterais em torno das ligações primárias. O segundo estágio acontece elevando-se a temperatura um pouco mais, quando se inicia o processo de fusão cristalina em que regiões ordenadas dos polímeros desagregam-se e fundem-se, ocorrendo o processo de interdifusão na junta. Logo após, a temperatura passa a diminuir, tornando o material mais rígido, de forma que as cadeias assumem conformações mais favoráveis (HARPER, 1999).

Segundo a *Plastics Design Library* (1997), o processo de soldagem por ultrassom apresenta as seguintes vantagens:

- É rápido, econômico e possui ótima adaptabilidade para a produção em massa;
- É facilmente automatizado;
- Produz juntas de alta consistência com um ciclo de operação bastante curto;
- O tempo de soldagem é menor do que qualquer outro método de soldagem;
- Não há necessidade de utilização de sistemas de ventilação para remover os fumos ou o calor;
- É eficiente energeticamente;
- Os ferramentais (sonotrodos) podem ser rapidamente alterados, representando um aumento de flexibilidade;
- Não introduz contaminantes na solda, sendo bastante utilizado pela indústria médica por não afetar a biocompatibilidade dos dispositivos utilizados na medicina.

Como desvantagens, podem-se citar:

- Com a tecnologia atual, juntas muito grandes não podem ser soldadas;
- Dependendo das peças a serem soldadas, o custo dos ferramentais pode ser alto.



### 2.3 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

Está previsto expressamente na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, em seu artigo 7º, inciso XXII, que a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança, é um direito dos trabalhadores urbanos e rurais.

Em 1963, a Organização Internacional do Trabalho (OIT) aprovou sua Convenção nº 119, cujo título é “Proteção das Máquinas”, após haver decidido adotar diversas proposições relativas à proibição de venda, locação e utilização de máquinas desprovidas de dispositivos de proteção apropriados. Apesar disso, essa convenção foi ratificada pelo Brasil somente em 1992.

O Decreto-Lei nº 5.452 de 1943, que aprovou a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), dispõe em seu capítulo V sobre as questões referentes à Saúde e Segurança no Trabalho (SST). A seção XI desse capítulo trata especificamente de máquinas e equipamentos e, em seu artigo 186, determina que “o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) estabelecerá normas adicionais sobre proteção e medidas de segurança na operação de máquinas e equipamentos”.

É nesse contexto que surge a Norma Regulamentadora nº 12 do MTE (NR-12), publicada inicialmente em 1978 e tendo sido denominada simplesmente como “Máquinas e Equipamentos”. Tal norma foi integralmente reformulada em 2010 em face da edição da Portaria SIT nº 197, passando a denominar-se “Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos”, tendo, inclusive, já sofrido várias atualizações posteriores. A atualização mais recente foi dada pela Portaria MTE nº 857, de 25 de junho de 2015.

Atualmente, há um Projeto de Decreto Legislativo tramitando na Câmara dos Deputados (PDC 1408/2013), em Brasília, cujo objetivo é sustar a aplicação da NR-12, ou seja, simplesmente eliminar a norma do ordenamento jurídico brasileiro, com o intuito de tornar não mais obrigatória a necessidade de implementação de medidas de proteção em máquinas e equipamentos por parte das empresas.

Apesar da pressão política, movida por interesses financeiros, alguns aspectos devem ser levados em consideração (SINAIT, 2015):

- A quantidade alarmante de acidentes de trabalho graves que ocorrem diariamente na indústria brasileira;

- Tanto a elaboração como a aprovação da NR-12 e suas alterações se dão de forma tripartite, ou seja, houve consenso por parte da Comissão Tripartite constituída por representantes dos empregadores, trabalhadores e governo;
- O texto atual da norma compatibiliza o avanço tecnológico pelo qual o Brasil e o mundo passaram nas últimas décadas, com o devido cuidado com a segurança e saúde dos trabalhadores;
- A vigência dos dispositivos da norma se deu de forma gradativa, com o devido prazo para as adequações eventualmente necessárias.

### 2.3.1 Norma Regulamentadora N° 12 do MTE

A NR-12 está atualmente estruturada em 156 itens, sendo que vários deles são compostos por subitens e alíneas. Além disso, tal norma possui 12 anexos, que, segundo o item 12.152, contemplam obrigações, disposições especiais ou exceções que se aplicam a um determinado tipo de máquina ou equipamento, em caráter prioritário aos demais requisitos da norma e sem prejuízo ao disposto em outras normas regulamentadoras específicas. Na Tabela 3 é apresentado um resumo da estrutura da NR-12.

Tabela 3 – Estrutura da NR-12

Princípios gerais	Itens 12.1 a 12.5A
Arranjo físico e instalações	Itens 12.6 a 12.13
Instalações e dispositivos elétricos	Itens 12.14 a 12.23
Dispositivos de partida, acionamento e parada	Itens 12.24 a 12.37
Sistemas de segurança	Itens 12.38 a 12.55
Dispositivos de parada de emergência	Itens 12.56 a 12.63
Meios de acesso permanentes	Itens 12.64 a 12.76
Componentes pressurizados	Itens 12.77 a 12.84
Transportadores de materiais	Itens 12.85 a 12.93
Aspectos ergonômicos	Itens 12.94 a 12.105

Riscos adicionais	Itens 12.106 a 12.110
Manutenção, inspeção, preparação, ajustes e reparos	Itens 12.111 a 12.115
Sinalização	Itens 12.116 a 12.124
Manuais	Itens 12.125 a 12.129
Procedimentos de trabalho e segurança	Itens 12.130 a 12.132
Projeto, fabricação, importação, venda, locação, leilão, cessão a qualquer título e exposição	Itens 12.133 a 12.134
Capacitação	Itens 12.135 a 12.147
Outros requisitos específicos de segurança	Itens 12.148 a 12.152
Disposições finais	Itens 12.153 a 12.156
Distâncias de segurança e requisitos para o uso de detectores de presença optoeletrônicos	Anexo I
Conteúdo programático da capacitação	Anexo II
Meios de acesso permanentes	Anexo III
Glossário	Anexo IV
Motosserras	Anexo V
Máquinas para panificação e confeitaria	Anexo VI
Máquinas para açougue e mercearia	Anexo VII
Prensas e similares	Anexo VIII
Injetora de materiais plásticos	Anexo IX
Máquinas para fabricação de calçados e afins	Anexo X
Máquinas e implementos para uso agrícola e florestal	Anexo XI
Equipamentos de guindar para elevação de pessoas e realização de trabalho em altura	Anexo XII

A seguir serão abordados os principais tópicos da NR-12 diretamente relacionados com o tipo de máquina objeto deste estudo: as prensas e similares.

### **2.3.1.1 Princípios Gerais**

Na aplicação da NR-12, conforme o item 12.5, devem ser consideradas: as características das máquinas e equipamentos, as características do processo, a apreciação de riscos e o estado da técnica.

A Portaria MTE nº 857, de 25 de junho de 2015, substituiu o princípio da falha segura pelo conceito de estado da técnica. Pela redação anterior, as máquinas e equipamentos necessitavam atender ao princípio da falha segura, segundo o qual um sistema deve entrar em estado seguro quando ocorrer uma falha de algum componente relevante à segurança, o que requer a aplicação de redundância e de componentes de alta confiabilidade para se ter certeza de que o sistema sempre irá funcionar.

Com a alteração pelo conceito de estado da técnica, entende-se que a segurança absoluta não é um estado completamente acessível, podendo-se levar em consideração, para a aplicação da NR-12, o uso de dispositivos de segurança segundo o momento construtivo (época de fabricação) da máquina ou equipamento, incluindo-se as limitações de custo a que tais dispositivos estão sujeitos (FIESP, 2015).

As medidas de proteção das máquinas e equipamentos devem ser adotadas na seguinte ordem de prioridade:

- 1º) Medidas de proteção coletiva;
- 2º) Medidas administrativas ou de organização do trabalho;
- 3º) Medidas de proteção individual.

### **2.3.1.2 Arranjo Físico e Instalações**

Segundo o item 12.8 da NR-12, os espaços ao redor das máquinas e equipamentos devem ser adequados ao seu tipo e ao tipo de operação, de forma a prevenir a ocorrência de acidentes e doenças relacionados ao trabalho.

Assim, a distância mínima entre máquinas, conforme suas características e aplicações, deve garantir a segurança dos trabalhadores durante sua operação, manutenção, ajuste, limpeza e inspeção, e permitir a movimentação dos segmentos corporais, em face da natureza da tarefa.

Ou seja, a NR-12 não define uma distância obrigatória mínima entre máquinas. Cada caso deve ser avaliado, considerando-se os princípios de SST.

### **2.3.1.3 Instalações e Dispositivos Elétricos**

As instalações elétricas das máquinas e equipamentos devem ser projetadas e mantidas de modo a prevenir os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e outros tipos de acidentes, conforme previsto na NR-10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade).

Ainda, consoante o item 12.15, as instalações, carcaças, invólucros, blindagens ou partes condutoras das máquinas e equipamentos que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sob tensão, devem ser aterrados conforme as normas técnicas oficiais vigentes.

A NR-12 proíbe expressamente nas máquinas e equipamentos:

- a) A utilização de chave geral como dispositivo de partida e parada;
- b) A utilização de chaves tipo faca nos circuitos elétricos;
- c) A existência de partes energizadas expostas de circuitos que utilizam energia elétrica.

### **2.3.1.4 Dispositivos de Partida, Acionamento e Parada**

Os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas, segundo o item 12.24 da norma, devem ser projetados, selecionados e instalados de modo que:

- a) Não se localizem em suas zonas perigosas;
- b) Possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador;
- c) Impeçam acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou por qualquer outra forma acidental;
- d) Não acarretem riscos adicionais;
- e) Não possam ser burlados.

Um tipo de dispositivo de acionamento bastante utilizado em prensas e similares é o comando bimanual, pois visa manter as mãos do operador da máquina fora da zona de perigo durante a operação de prensagem. O item 12.26 da NR-12 traz diversos requisitos que esse tipo de comando deve atender, como, por exemplo, possuir atuação síncrona: um sinal de saída deve ser gerado somente quando os dois botões forem atuados com um retardo de tempo menor ou igual a meio segundo (0,5 s). Na Figura 7 é mostrado um dispositivo de acionamento do tipo comando bimanual.



Figura 7 – Dispositivo de acionamento do tipo comando bimanual

Fonte: SCHMERSAL, 2015.

### 2.3.1.5 Sistemas de Segurança

Segundo dispõe o item 12.38 da NR-12, as zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.

A própria norma tratou de definir que proteção é o elemento especificamente utilizado para prover segurança por meio de barreira física, podendo ser:

- Proteção fixa: que deve ser mantida em sua posição de maneira permanente ou por meio de elementos de fixação que só permitam sua remoção ou abertura com o uso de ferramentas (Figura 8);
- Proteção móvel: que pode ser aberta sem o uso de ferramentas, geralmente ligada por elementos mecânicos à estrutura da máquina ou a um elemento fixo próximo, e deve se associar a dispositivos de intertravamento.

Já os dispositivos de segurança são os componentes que, por si só ou interligados ou associados a proteções, reduzem os riscos de acidentes, sendo classificados, por exemplo, como:

- Comandos elétricos ou interfaces de segurança (por exemplo: relé de segurança e controlador lógico programável de segurança);
- Dispositivos de intertravamento (por exemplo: chaves de segurança eletromecânicas, com ação e ruptura positiva, magnéticas, eletrônicas codificadas, optoeletrônicas, sensores

indutivos de segurança e outros dispositivos de segurança que possuem a finalidade de impedir o funcionamento de elementos da máquina sob condições específicas);

- Sensores de segurança (por exemplo: cortinas de luz, detectores de presença optoeletrônicos, tapetes e sensores de posição);
- Válvulas e blocos de segurança ou sistemas pneumáticos e hidráulicos de mesma eficácia;
- Dispositivos mecânicos (por exemplo: dispositivos de retenção e limitadores);
- Dispositivos de validação (por exemplo: chaves seletoras bloqueáveis e dispositivos bloqueáveis).



Figura 8 – Prensa enclausurada por proteções fixas, com apenas uma abertura para a colocação de materiais

Fonte: FIERGS, 2006.

Na Figura 9 é apresentado um sistema de cortina de luz instalado, que são dispositivos detectores de presença que atuam quando uma pessoa ou parte do seu corpo adentra a zona de perigo de uma máquina ou equipamento, enviando um sinal para interromper ou impedir o início de funções perigosas.



Figura 9 – Cortina de luz instalada

Fonte: FIERGS, 2006.

Em relação às proteções móveis (Figura 10), estas devem ser utilizadas quando o acesso a uma zona de perigo for requerido uma ou mais vezes por turno de trabalho, observando-se, conforme o item 12.44, que:

- A proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento (sem bloqueio) quando sua abertura não possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco;
- A proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento com bloqueio quando sua abertura possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco, ou seja, quando, devido à inércia de componentes da máquina, o risco ainda permanece após a eventual abertura da proteção móvel.

Ainda, segundo a NR-12, as máquinas e equipamentos dotados de proteções móveis associadas a dispositivos de intertravamento devem:

- a) Operar somente quando as proteções estiverem fechadas;
- b) Paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação; e
- c) Garantir que o fechamento das proteções por si só não possa dar início às funções perigosas.





Figura 10 – Enclausuramento da zona de prensagem por proteção móvel com dispositivo de intertravamento: a) proteção móvel fechada; e b) proteção móvel aberta

Fonte: FIERGS, 2006.

### 2.3.1.6 Dispositivos de Parada de Emergência

Segundo o item 12.56 da NR-12, as máquinas e equipamentos devem ser equipados com um ou mais dispositivos de parada de emergência, por meio dos quais possam ser evitadas situações de perigo latentes e existentes, sendo que tais dispositivos não devem ser utilizados como meio de partida ou acionamento.

Os dispositivos de parada de emergência (Figura 11) devem ser posicionados em locais de fácil acesso e visualização pelos operadores em seus postos de trabalho e por outras pessoas, e mantidos permanentemente desobstruídos.



Figura 11 – Dispositivos de parada de emergência

Fonte: FIERGS, 2006.

O acionamento do dispositivo de parada de emergência deve também resultar na retenção do acionador, de tal forma que quando a ação no acionador for descontinuada, este se mantenha retido até que seja desacionado.

#### **2.3.1.7 Componentes Pressurizados**

A NR-12 determina que as mangueiras, tubulações e demais componentes pressurizados das máquinas e equipamentos devem ser localizados ou protegidos de maneira que, em caso de ruptura destes componentes e vazamentos de fluidos, tal fato não possa ocasionar acidentes de trabalho.

Conforme o item 12.80 da NR-12, os sistemas pressurizados devem possuir meios ou dispositivos destinados a garantir que:

- A pressão máxima de trabalho admissível nos circuitos não possa ser excedida;
- Quedas de pressão progressivas ou bruscas e perdas de vácuo não possam gerar perigo.

#### **2.3.1.8 Aspectos Ergonômicos**

Consoante dispõe o item 12.96 da NR-12, as máquinas e equipamentos devem ser projetados, construídos e operados levando em consideração a necessidade de adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza dos trabalhos a executar, oferecendo condições de conforto e segurança no trabalho, observado o disposto na NR-17 (Ergonomia).

Em relação aos postos de trabalho, estes devem ser projetados para permitir a alternância de postura e a movimentação adequada dos segmentos corporais do operador, garantindo espaço suficiente para a operação dos controles nele instalados.

De acordo com o item 12.103, os locais de trabalho das máquinas e equipamentos devem possuir sistema de iluminação permanente que possibilite boa visibilidade dos detalhes do trabalho, para evitar zonas de sombra ou de penumbra e efeito estroboscópico.

Assim, a iluminação do ambiente de trabalho também deve ser considerada como parte do escopo desta monografia.

#### **2.3.1.9 Riscos Adicionais**

Para fins de aplicação da NR-12, devem ser considerados os seguintes riscos adicionais eventualmente existentes nas máquinas e equipamentos:

- Substâncias perigosas quaisquer, sejam agentes biológicos ou agentes químicos em estado sólido, líquido ou gasoso, que apresentem riscos à saúde ou integridade física dos trabalhadores por meio de inalação, ingestão ou contato com a pele, olhos ou mucosas;
- Radiações ionizantes geradas pelas máquinas e equipamentos ou provenientes de substâncias radiativas por eles utilizadas, processadas ou produzidas;
- Radiações não ionizantes com potencial de causar danos à saúde ou integridade física dos trabalhadores;
- Vibrações, ruído e calor;
- Combustíveis, inflamáveis, explosivos e substâncias que reagem perigosamente;
- Superfícies aquecidas acessíveis que apresentem risco de queimaduras causadas pelo contato com a pele.

Desta forma, além dos riscos mecânicos e dos riscos ergonômicos (como o nível de iluminação, por exemplo), também faz parte do escopo desta monografia a análise do nível de ruído proveniente da operação da máquina de soldagem por ultrassom, que se enquadra como um risco físico.

#### **2.3.1.10 Manutenção, Inspeção, Preparação, Ajustes e Reparos**

Consoante dispõe o item 12.112 da NR-12, as manutenções preventivas e corretivas de máquinas e equipamentos devem ser registradas em livro próprio, ficha ou sistema informatizado, devendo conter as seguintes informações:

- a) Cronograma de manutenção;
- b) Intervenções realizadas;
- c) Data da realização de cada intervenção;
- d) Serviço realizado;
- e) Peças reparadas ou substituídas;
- f) Condições de segurança do equipamento;
- g) Indicação conclusiva quanto às condições de segurança da máquina;
- h) Nome do responsável pela execução das intervenções.

#### **2.3.1.11 Sinalização**

As máquinas e equipamentos, assim como as instalações em que se encontram, segundo informa o item 12.116 da NR-12, devem possuir sinalização de segurança para advertir os

trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos, as instruções de operação e manutenção e outras informações necessárias para garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores.

A sinalização de segurança deve ficar destacada na máquina ou equipamento, em localização claramente visível, e ser de fácil compreensão. As inscrições devem indicar claramente o risco e a parte da máquina a que se referem, sendo que não deve ser utilizada somente a inscrição de “perigo”. Na Figura 12 é apresentado um tipo de sinalização que representa o risco de esmagamento das mãos, podendo ser utilizado em prensas e similares.



Figura 12 – Exemplo de sinalização que representa o risco de esmagamento das mãos  
Fonte: ABIMAQ, 2012.

#### **2.3.1.12 Manuais**

As máquinas e equipamentos devem possuir manual de instruções fornecido pelo fabricante ou, quando for o caso, pelo importador, contendo informações relativas à segurança em todas as fases de utilização.

O item 12.127 da NR-12 determina que os manuais devem:

- a) Ser escritos na língua portuguesa (Brasil), com caracteres de tipo e tamanho que possibilitem a melhor legibilidade possível, acompanhado das ilustrações explicativas;
- b) Ser objetivos, claros, sem ambiguidades e em linguagem de fácil compreensão;
- c) Ter sinais ou avisos referentes à segurança realçados;
- d) Permanecer disponíveis a todos os usuários nos locais de trabalho.

### **2.3.1.13 Procedimentos de Trabalho e Segurança**

Conforme preconiza o item 12.130 da NR-12, devem ser elaborados procedimentos de trabalho e segurança específicos, padronizados, com descrição detalhada de cada tarefa, passo a passo, a partir da análise de risco.

Ainda, os procedimentos de trabalho e segurança não podem ser considerados as únicas medidas de proteção existentes para se prevenir acidentes, sendo apenas complementos, e não substitutos, das medidas de proteção coletivas necessárias para a garantia da segurança e saúde dos trabalhadores.

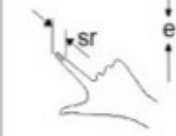
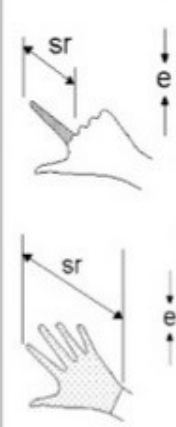

### **2.3.1.14 Capacitação**

O item 12.136 dispõe que os trabalhadores envolvidos na operação, manutenção, inspeção e demais intervenções em máquinas e equipamentos devem receber capacitação, com conteúdo programático conforme o estabelecido no Anexo II da NR-12, providenciada pelo empregador e compatível com suas funções, devendo abordar os riscos a que esses trabalhadores estão expostos e as medidas de proteção existentes e necessárias para a prevenção de acidentes e doenças.

Quanto à capacitação para reciclagem dos trabalhadores, esta deve ser realizada sempre que ocorrerem modificações significativas nas instalações e na operação de máquinas ou, ainda, em caso de mudanças nos métodos, processos e organização do trabalho.

### **2.3.1.15 Distâncias de Segurança (Anexo I da NR-12)**

Na Figura 13 são apresentadas as distâncias de segurança para impedir o acesso, pelos membros superiores, a zonas de perigo de máquinas e equipamentos, quando utilizada barreira física. As dimensões estão em milímetros (mm).

Parte do Corpo	Ilustração	Abertura	Distância de segurança sr		
			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 articulação com a mão		$6 < e \leq 8$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 5$
		$8 < e \leq 10$	$\geq 80$	$\geq 25$	$\geq 20$
		$10 < e \leq 12$	$\geq 100$	$\geq 80$	$\geq 80$
		$12 < e \leq 20$	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$
		$20 < e \leq 30$	$\geq 850$ <sup>1)</sup>	$\geq 120$	$\geq 120$
Braço até junção com o ombro		$30 < e \leq 40$	$\geq 850$	$\geq 200$	$\geq 120$
		$40 < e \leq 120$	$\geq 850$	$\geq 850$	$\geq 850$

<sup>1)</sup> Se o comprimento da abertura em forma de fenda é  $\leq 65$  mm, o polegar atuará como um limitador e a distância de segurança poderá ser reduzida para 200 mm.

Figura 13 – Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores

Fonte: NBR NM-ISO 13852, adaptada de FALCONE, 2009.

### 2.3.1.16 Prensas e Similares (Anexo VIII da NR-12)

Segundo o item 2.1 do Anexo VIII da NR-12, os sistemas de segurança aceitáveis nas zonas de prensagem são:

a) Enclausuramento da zona de prensagem, com frestas ou passagens que não permitam o ingresso dos dedos e mãos nas zonas de perigo, conforme a Figura 13, podendo ser constituído de proteções fixas ou proteções móveis dotadas de intertravamento;

b) Ferramenta fechada, que significa o enclausuramento do par de ferramentas, com frestas ou passagens que não permitam o ingresso dos dedos e mãos nas zonas de perigo, conforme a Figura 13;

c) Cortina de luz com redundância e autoteste, monitorada por interface de segurança, adequadamente dimensionada e instalada, conforme dispõem a NR-12 e outras normas técnicas oficiais vigentes, conjugada com comando bimanual.

Em relação aos sistemas pneumáticos de comando, as prensas mecânicas excêntricas com freio ou embreagem pneumática e as prensas pneumáticas (e similares) devem ser comandados por válvula de segurança específica com fluxo cruzado, monitoramento dinâmico e livre de pressão residual.

Ainda, é proibida a importação, fabricação, comercialização, leilão, locação, cessão e exposição de prensas mecânicas excêntricas e similares com acoplamento para descida do martelo por meio de engate por chaveta ou similar, novas ou usadas, em todo o território nacional.

### **2.3.2 Exposição Ocupacional ao Ruído**

A palavra ruído é derivada do latim *rugitu*, que significa estrondo. Acusticamente, é constituído por várias ondas sonoras com relação de amplitude e fase distribuídas aleatoriamente, provocando uma sensação desagradável, diferentemente da música (ALMEIDA *et al.*, 2000).

Muitos problemas podem ser decorrentes do ruído, como por exemplo: dificuldades no sono, na comunicação, a falta de concentração no trabalho, o surgimento de estresse, desordens físicas, dificuldades mentais, dificuldades emocionais e a surdez progressiva (KRYTER, 1970).

Apesar de as perdas auditivas poderem ter diferentes causas prováveis, como o envelhecimento, doenças hereditárias, barotraumas, etc., para os fins deste trabalho possuem relevância as perdas auditivas induzidas por ruído (PAIR), de origem ocupacional, já que essa doença atinge proporções endêmicas em nosso meio industrial (ALMEIDA *et al.*, 2000).

Segundo a NR-7 (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional), em seu Anexo I do Quadro II, entende-se por PAIR as alterações dos limiares auditivos, do tipo sensorineural, decorrente da exposição ocupacional sistemática a níveis de pressão sonora elevados. Tem como características principais a irreversibilidade e a progressão gradual com o tempo de exposição ao risco. A sua história natural mostra, inicialmente, o acometimento dos limiares auditivos em uma ou mais frequências da faixa de 3.000 a 6.000 Hz. As frequências mais altas

e mais baixas poderão levar mais tempo para serem afetadas. Uma vez cessada a exposição, não haverá progressão da redução auditiva.

### 2.3.2.1 Tipos de Ruído

Tanto a NR-15 (Atividades e Operações Insalubres) como a NHO 01 (Norma de Higiene Ocupacional da FUNDACENTRO, que trata da avaliação da exposição ocupacional ao ruído) definiram os tipos de ruído: ruído contínuo ou intermitente; e ruído de impacto ou impulsivo.

O ruído de impacto ou impulsivo é definido como aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo.

Já o conceito de ruído contínuo ou intermitente se dá por exclusão: é todo e qualquer ruído que não seja classificado como ruído de impacto.

### 2.3.2.2 Nível de Pressão Sonora

O aparelho auditivo humano é capaz de detectar variações de pressão do ar numa faixa de 0,00002 a 200 N/m<sup>2</sup> no limiar de audibilidade de frequência, que é de 16 a 20.000 Hz. Portanto, nem toda onda sonora induz à sensação auditiva (ALMEIDA *et al.*, 2000).

Define-se o nível de pressão sonora (*NPS*) correspondente a uma pressão sonora  $p$  através da seguinte relação:

$$NPS = 10 \cdot \log(p/p_0)^2 \quad \text{Eq. 1}$$

onde:  $p_0$  é a pressão de referência igual a 0,00002 N/m<sup>2</sup>.

A unidade de nível de pressão sonora é o decibel (dB). Dada uma pressão sonora, dobrá-la equivale a incrementar 6 dB no nível de pressão sonora. Na Tabela 4 são mostrados exemplos de níveis de pressão sonora (*NPS*), pressões sonoras e suas respectivas fontes ruidosas.



Tabela 4 – Exemplos de *NPS*, pressões sonoras e suas respectivas fontes ruidosas

<i>NPS</i> (dB)	<i>p</i> (N/m <sup>2</sup> )	Descrição
140	200	Limiar da dor
130		Sirene de alarme público (a 2 metros de distância)
120	20	Dinamômetro para motores diesel (a 1 metro de distância)
110		Serra fãta (para madeira ou metal, a 1 metro de distância)
100	2	Prensas excêntricas
90		Caminhão diesel a 80 km/h (a 15 metros de distância)
80	0,2	Escritório barulhento
70		Carro de passageiros a 80 km/h (a 15 metros de distância)
60	0,02	Conversação normal (a 1 metro de distância)
50		
40	0,002	Local residencial tranquilo
30		
20	0,0002	Tique-taque do relógio
10		
0	0,00002	Limiar de audibilidade

Fonte: MENDES, 1980.

### 2.3.2.3 Dose de Ruído

Conforme é disposto na NHO 01, a dose de ruído é um parâmetro que pode ser utilizado para a caracterização da exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem de energia sonora, tendo por referência o valor máximo da energia sonora diária admitida, definida com base em parâmetros pré-estabelecidos, tais como:

- Critério de referência (*CR*): nível médio para o qual a exposição ao ruído, por um período de 8 horas, corresponde a uma a uma dose de 100%;

- Incremento de duplicação de dose ( $q$ ): incremento em decibéis que, quando adicionado a um determinado nível de ruído, implica a duplicação da dose de exposição ou a redução para a metade do tempo máximo permitido;
- Nível limiar de integração ( $NLI$ ): nível de ruído a partir do qual os valores devem ser computados na integração para fins de determinação da dose de exposição.

De acordo com a NR-15, se durante a jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados, de forma que, se a dose diária for excedida, a exposição estará acima do limite de tolerância (e a atividade será considerada insalubre).

Assim, conforme é apresentado pela NHO 01, a dose diária de ruído ( $D$ ) pode ser calculada da seguinte forma, para o caso de ruído contínuo ou intermitente:

$$D = \left( \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) \cdot 100\% \quad \text{Eq. 2}$$

onde:  $C_n$  é o tempo total diário em que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico e  $T_n$  é o tempo máximo diário permissível a este nível.

O dosímetro de ruído é o equipamento ideal para mensurar o valor da dose diária a que um trabalhador está exposto.

#### 2.3.2.4 Curvas de Compensação

O ouvido humano não é igualmente sensível ao longo de toda a faixa de frequência audível (GERGES, 1992). Ou seja, a percepção do ouvido humano varia de acordo com a frequência das ondas sonoras, de maneira não-linear. Por isso, estabeleceu-se um sistema de curvas de compensação, designadas por letras, para corrigir os efeitos da percepção auditiva de acordo com a faixa de frequência considerada.

Assim, os equipamentos que medem o nível de pressão sonora são capazes de simular a resposta do ouvido humano quando excitado por diferentes ondas sonoras, através de circuitos de compensação que alteram a resposta linear, fornecendo uma leitura semelhante à do ouvido (FUNDACENTRO, 2002).

Na Figura 14 são apresentadas as curvas de compensação A, B, C e D. Para fins de conservação auditiva, adota-se a curva A em avaliações que envolvem ruído contínuo ou

intermitente e a curva C em avaliações que envolvem ruído de impacto. A curva B é utilizada conforme as necessidades de aplicação de normas de controle de exposição ao ruído (áreas urbanas, inspeção veicular, laboratórios, etc.). A curva D é utilizada em medições de ruído de aeronaves (FUNDACENTRO, 2002).

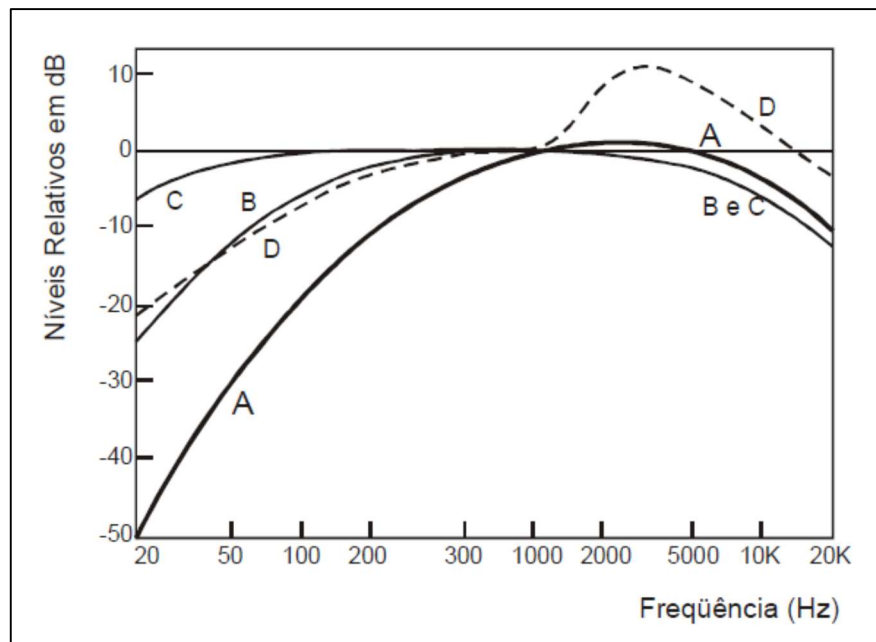


Figura 14 – Curvas de compensação A, B, C e D

Fonte: GERGES, 1992.

### 2.3.2.5 Medidas de Proteção Contra o Ruído

Segundo a NR-9 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais), as medidas de proteção contra os riscos ambientais, dentre os quais está inserido o agente físico ruído, devem dar ênfase aos equipamentos de proteção coletiva (EPC).

Em seu item 9.3.5.2, a NR-9 dispõe que o estudo, desenvolvimento e implantação de medidas de proteção coletiva deverão obedecer à seguinte hierarquia:

- 1º) Medidas que eliminam ou reduzam a utilização ou a formação de agentes prejudiciais à saúde;
- 2º) Medidas que previnam a liberação ou disseminação desses agentes no ambiente de trabalho;

3º) Medidas que reduzam os níveis ou a concentração desses agentes no ambiente de trabalho.

Ainda, a norma determina que quando for comprovada a inviabilidade técnica da adoção de medidas de proteção coletiva, ou quando estas não forem suficientes ou encontrarem-se em fase de estudo, planejamento ou implantação, ou ainda em caráter complementar ou emergencial, deverão ser adotadas outras medidas, obedecendo-se à seguinte hierarquia:

1º) Medidas de caráter administrativo ou de organização do trabalho;

2º) Utilização de equipamento de proteção individual (EPI).

Há várias medidas de controle que podem ser tomadas em relação ao ruído, analisando-se a fonte ruidosa, a trajetória de propagação das ondas sonoras e o próprio trabalhador exposto ao agente de risco, podendo-se destacar (SALIBA, 2004):

- Seleção de equipamentos menos ruidosos;
- Aplicação de silenciadores e abafadores;
- Lubrificação periódica de partes móveis de máquinas;
- Instalação de barreiras acústicas que atenuem a propagação do ruído;
- Instalação de materiais que absorvam vibrações de máquinas;
- Limitação do acesso a setores muito ruidosos;
- Aumento da distância entre o trabalhador e a fonte de ruído;
- Limitação do tempo de exposição do trabalhador ao ruído;
- Utilização de EPI adequado.

Em relação aos equipamentos de proteção individual, a NR-6 define EPI como sendo todo dispositivo ou produto, de uso individual pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho. O EPI deve ter Certificado de Aprovação (CA) expedido pela Secretaria de Inspeção do Trabalho para ser considerado como tal.

Os equipamentos individuais de proteção auditiva podem ser de três tipos: circum-auriculares, semi-auriculares e de inserção. Os protetores auriculares de inserção podem, ainda, ser subdivididos em moldáveis e pré-moldados. Pode-se observar na Figura 15 alguns exemplos desses equipamentos.



Figura 15 – Exemplos de EPI para a proteção auditiva

Fonte: VALE, 2014.

### 2.3.3 Iluminação de Ambientes de Trabalho

O correto planejamento da iluminação e das cores contribui para aumentar a satisfação no trabalho e melhorar a produtividade, além de reduzir a fadiga e os acidentes (IIDA, 2005).

O artigo 175 da CLT determina que em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, apropriada à natureza da atividade. A iluminação deve ser uniformemente distribuída, geral e difusa, a fim de se evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos.

Além disso, de acordo com a NR-12, as máquinas e equipamentos devem ser projetados e mantidos com a observância de aspectos ergonômicos, dentre os quais se enquadra o adequado nível de iluminação.

A NR-17, que trata de Ergonomia, define que os níveis mínimos de iluminação a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminância estabelecidos na NBR 5413 (Iluminância de Interiores), norma brasileira elaborada pela ABNT e registrada no INMETRO.

No entanto, em 2013, essa norma técnica foi cancelada e substituída pela NBR 8995-1: Iluminação de Ambientes de Trabalho.

De acordo com a NBR 8995-1, uma boa iluminação propicia a visualização do ambiente, permitindo que as pessoas vejam e se movam com segurança, desempenhando tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura, sem causar fadiga visual e desconforto.

Para tanto, requer-se seja dada atenção a diversos parâmetros que contribuem para o ambiente luminoso. Os principais parâmetros são:

- Distribuição da luminância;
- Iluminância ou nível de iluminamento;
- Ofuscamento;
- Direcionalidade da luz;
- Aspectos da cor da luz e superfícies;
- Luz natural;
- Cintilação;
- Manutenção.

Ainda segundo a NBR 8995-1, de forma complementar à iluminação, há outros parâmetros ergonômicos visuais que possuem influência sobre o desempenho visual dos operadores, tais como: as propriedades intrínsecas da tarefa (tamanho, forma, posição, cor e refletância do detalhe e do fundo) e a capacidade oftálmica do operador (acuidade visual, percepção de profundidade e percepção da cor). A atenção a esses fatores pode otimizar o desempenho visual sem a necessidade de um incremento dos níveis de iluminância.

### **2.3.3.1 Distribuição da Luminância**

Luminância é a luz refletida pelo objeto observado e seu entorno na direção dos olhos do observador (ELEKTRO, 2015). Depende da iluminância e das propriedades reflexivas das superfícies.

A distribuição de luminância variadas no campo de visão também afeta o conforto visual e convém que sejam evitadas: luminâncias muito altas que podem levar ao ofuscamento; contrastes de luminâncias muito altos que causam fadiga visual devido à contínua readaptação dos olhos; e luminâncias muito baixas que resultam em um ambiente de trabalho sem estímulo e tedioso.

### 2.3.3.2 Iluminância ou Nível de Iluminamento

Iluminância ou nível de iluminamento é o fluxo luminoso (lúmen) incidente numa superfície por unidade de área. Sua unidade de medida é o lux, que corresponde à iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen (ELEKTRO, 2015).

A NBR 8995-1 apresenta alguns valores de iluminância mantida para vários tipos de atividades. A iluminância mantida ( $\overline{E}_m$ ) é o valor abaixo do qual não convém que a iluminância média da superfície especificada seja reduzida. Tais valores proporcionam a segurança visual no trabalho e as necessidades de desempenho visual, levando-se em conta fatores como: requisitos para a tarefa visual, segurança, economia e aspectos psicofisiológicos, assim como conforto visual e bem-estar.

Ainda, a iluminância da área da tarefa deve ser a mais uniforme possível. A uniformidade da iluminância é a razão entre o valor mínimo e o valor médio, e deve se alterar gradualmente.

### 2.3.3.3 Ofuscamento

De acordo com a NBR 8995-1, ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, que pode ser experimentada tanto como um ofuscamento desconfortável quanto como um ofuscamento inabilitador.

O ofuscamento é causado por luminâncias excessivas ou contrastes no campo de visão e pode prejudicar a visualização dos objetos. Isso deve ser evitado, por exemplo, através da proteção contra visão direta das lâmpadas ou por um escurecimento nas janelas por anteparos.

O valor referente ao ofuscamento desconfortável de uma instalação de iluminação deve ser determinado pelo método tabular do Índice de Ofuscamento Unificado (UGR), conforme a CIE 117-1995 da Comissão Internacional de Iluminação. A NBR 8995-1 apresenta o valor máximo permitido do nível de ofuscamento ( $UGR_L$ ) para diversos ambientes e atividades.

### 2.3.3.4 Direcionalidade da Luz

Para destacar objetos, revelar texturas, melhorar a aparência e aumentar a visibilidade, pode ser utilizada a iluminação direcional. Isso é particularmente importante para tarefas de texturização finas e gravações ou entalhes.

Não se recomenda, segundo a NBR 8995-1, que a iluminação seja muito direcional a ponto de produzir fortes sombras, nem que seja muito difusa, caso em que poderia resultar em um ambiente luminoso monótono.

### 2.3.3.5 Aspectos da Cor

As qualidades da cor de uma lâmpada são caracterizadas por dois atributos: a aparência de cor da própria lâmpada (que pode ser descrita pela sua temperatura de cor) e a sua capacidade de reprodução de cor, que afeta a aparência da cor de objetos e das pessoas iluminadas pela lâmpada (NBR 8995-1).

A temperatura de cor é a aparência da cor da luz, sendo mensurada em Kelvin (K). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a luz. A “luz quente” tem aparência amarelada e temperatura de cor baixa: abaixo de 3.300 K. A “luz fria” tem aparência azul-violeta e temperatura de cor elevada: acima de 5.300 K. A luz branca natural é aquela emitida pelo Sol, em céu aberto ao meio-dia, com temperatura de cor de 5.800 K (ELEKTRO, 2015). A escolha da aparência da cor é uma questão psicológica e estética. Em climas quentes geralmente é preferível a aparência da cor de uma luz mais fria, e em climas frios é preferível a aparência da cor de uma luz mais quente.

A capacidade de reprodução de cor é importante tanto para o desempenho visual quanto para a sensação de conforto e bem-estar, obtidos quando as cores do ambiente, dos objetos e da pele humana são reproduzidas natural e corretamente, propiciando uma aparência atrativa e saudável.

Para fornecer uma indicação objetiva das propriedades de reprodução de cor de uma fonte de luz, foi introduzido o índice de reprodução de cor (IRC), que é a medida de correspondência entre a cor real (luz solar) de um objeto e sua aparência diante de uma determinada fonte de luz. O IRC igual a 100 apresenta máxima fidelidade e precisão (ELEKTRO, 2015).

A NBR 8995-1 apresenta os valores mínimos recomendados ( $R_a$ ) para o IRC de diferentes tipos de ambientes internos, tarefas e atividades. Em geral, não é recomendável a utilização de lâmpadas com  $R_a$  inferior a 80 em interiores onde as pessoas trabalham ou permanecem por longos períodos.



### **2.3.3.6 Luz Natural**

A luz natural varia em nível e composição espectral com o tempo e, por esta razão, a iluminação de um ambiente interno sofre variações. Tem-se uma distribuição de luminância específica devido ao seu fluxo quase horizontal proveniente das janelas laterais dos ambientes de trabalho.

A disponibilidade da luz natural diminui rapidamente conforme se distancia da janela, em interiores com janelas laterais. É recomendável que uma iluminação suplementar seja fornecida para garantir a iluminância requerida no local de trabalho e o balanceamento da distribuição da luminância no interior da sala (NBR 8995-1).

### **2.3.3.7 Cintilação**

A cintilação causa distração e pode provocar efeitos fisiológicos como dores de cabeça. Assim, o sistema de iluminação deve ser projetado para evitar a cintilação e os efeitos estroboscópicos. Tais efeitos podem levar a situações de perigo pela mudança da percepção de movimento de rotação ou de movimento repetitivo por máquinas alternativas.

De acordo com a NBR 8995-1, pode-se evitar a cintilação através da utilização de uma fonte elétrica em corrente contínua, de lâmpadas em alta frequência (aproximadamente 30 kHz) ou pela distribuição da alimentação da iluminação por mais de uma fase.

### **2.3.3.8 Manutenção**

Os níveis de iluminamento, recomendados pela NBR 8995-1 para diversas tarefas, são fornecidos como iluminância mantida. A iluminância mantida depende das características de manutenção da lâmpada, da luminária, do ambiente e do programa de manutenção.

## **2.4 Acidentes de Trabalho e Estatísticas Acidentárias**

O conceito de acidente de trabalho está legalmente definido no artigo 19 da Lei nº 8.213/91, que dispõe sobre os planos de benefícios da Previdência Social. Segundo tal artigo, acidente de trabalho é aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico (ou pelo exercício do trabalho dos segurados especiais do Regime Geral de Previdência Social), provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

Segundo essa lei, as doenças ocupacionais também são consideradas acidente de trabalho, podendo ser classificadas como:

- Doença profissional, assim entendida a produzida ou desencadeada pelo exercício do trabalho peculiar a determinada atividade e constante da respectiva relação elaborada pelo Ministério da Previdência Social;
- Doença do trabalho, assim entendida a adquirida ou desencadeada em função de condições especiais em que o trabalho é realizado e que com ele se relacione diretamente, também constante da relação elaborada pelo Ministério da Previdência Social.

Ainda, segundo o entendimento legal, equiparam-se ao acidente do trabalho:

- O acidente ligado ao trabalho que, embora não tenha sido a causa única, haja contribuído diretamente para a morte do trabalhador, para redução ou perda da sua capacidade para o trabalho, ou produzido lesão que exija atenção médica para a sua recuperação;
- O acidente sofrido pelo trabalhador no local e no horário do trabalho, em consequência de:
  - Ato de agressão, sabotagem ou terrorismo praticado por terceiro ou companheiro de trabalho;
  - Ofensa física intencional, inclusive de terceiro, por motivo de disputa relacionada ao trabalho;
  - Ato de imprudência, de negligência ou de imperícia de terceiro ou de companheiro de trabalho;
  - Ato de pessoa privada do uso da razão;
  - Desabamento, inundação, incêndio e outros casos fortuitos ou decorrentes de força maior;
- A doença proveniente de contaminação acidental do empregado no exercício de sua atividade;
- O acidente sofrido pelo trabalhador ainda que fora do local e horário de trabalho:
  - Na execução de ordem ou na realização de serviço sob a autoridade da empresa;
  - Na prestação espontânea de qualquer serviço à empresa para lhe evitar prejuízo ou proporcionar proveito;
  - Em viagem a serviço da empresa, inclusive para estudo, quando financiada por esta dentro de seus planos para melhor capacitação da mão-de-obra, independentemente do meio de locomoção utilizado, inclusive veículo de propriedade do trabalhador;

- No percurso da residência para o local de trabalho ou deste para aquela (acidente de trajeto), qualquer que seja o meio de locomoção, inclusive veículo de propriedade do trabalhador.

Segundo o Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS) de 2013, nesse ano, ocorreram 717.911 acidentes de trabalho no Brasil. O país possui estatísticas acidentárias alarmantes. Segundo dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT), o Brasil é o quarto colocado mundial em número de acidentes de trabalho fatais por ano. Na Tabela 5 são apresentados dados retirados do AEPS de 2013 referentes à quantidade de acidentes de trabalho, por situação de registro e motivo, ocorridos no Brasil nos anos de 2011, 2012 e 2013.

Tabela 5 – Quantidade de acidentes de trabalho, por situação de registro e motivo, ocorridos no Brasil nos anos de 2011, 2012 e 2013

Ano	Quantidade de Acidentes de Trabalho					
	Total	Com CAT* Registrada				Sem CAT*
		Total	Motivo			
			Típico	Trajeto	Doença do Trabalho	
2011	720.629	543.889	426.153	100.897	16.839	176.740
2012	713.984	546.222	426.284	103.040	16.898	167.762
2013	717.911	559.081	432.254	111.601	15.226	158.830

\* CAT: Comunicação de Acidente do Trabalho.

Fonte: AEPS, 2013.

Na Tabela 1, no Capítulo 1, foram apresentados outros dados retirados do AEPS de 2013. Foi mostrada a quantidade de acidentes de trabalho classificados em três códigos da CID (S61, S62 e S68), e observou-se que, somados, estes acidentes envolvendo mão e punho representam quase 18% do total de acidentes ocorridos.

A maioria das prensas existentes na indústria brasileira são as mecânicas excêntricas, que são também as mais perigosas, ou seja, proporcionam os maiores riscos à integridade física dos trabalhadores (MENDES, 2001). Os principais riscos ocupacionais decorrentes da utilização de

prensas estão relacionados ao esmagamento e à amputação dos dedos e das mãos dos trabalhadores.

Em estudo realizado com empresas da zona norte do município de São Paulo, constatou-se que as prensas são responsáveis por 15% de todos os acidentes de trabalho causados por máquinas. Ademais, foi constatado que, dentre os acidentes considerados graves causados por máquinas, as prensas lideram as estatísticas acidentárias, representando 36% dos acidentes com amputação e 42% dos casos de esmagamento de mão ou dedos (SILVA, 1995).

O AEPS de 2013 classifica, ainda, a quantidade de acidentes de trabalho segundo a parte do corpo atingida. Em relação às doenças do trabalho (que também são consideradas acidentes de trabalho), foram registrados 15.226 casos ao todo (envolvendo qualquer parte do corpo). Apenas em relação ao ouvido, considerando o ouvido externo, ouvido médio, ouvido interno, audição e equilíbrio, foram registrados 1.004 casos de doenças do trabalho. Dentre essas doenças ocupacionais, pode-se destacar a PAIR, que possui alta prevalência nos países industrializados, incluindo-se o Brasil (ALMEIDA *et al.*, 2000).

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para a análise da adequação da máquina segundo a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), assim como para a avaliação do nível de ruído e de iluminação.

#### 3.1 Análise da Norma Regulamentadora N° 12

Com o objetivo de analisar a adequação do funcionamento da máquina de soldagem por ultrassom segundo as determinações da NR-12 (com as últimas alterações dadas pela Portaria MTE nº 857, de 25 de junho de 2015), foi realizado um levantamento das condições operacionais existentes e dos riscos à saúde e à segurança. Para tanto, utilizou-se um *checklist* elaborado especificamente para atender à norma em questão.

Para a elaboração, foi considerado que cada item, subitem e alínea da NR-12 (em relação aos anexos da norma, considerou-se apenas o Anexo VIII, que trata de prensas e similares) corresponde ao mesmo item, subitem e alínea do *checklist*, ou seja, ambos possuem a mesma designação referente ao aspecto a ser observado. Ainda, foram considerados apenas os itens, subitens e alíneas que possuem alguma penalidade tipificada de acordo com o Anexo II da NR-28 (Fiscalização e Penalidades), com últimas atualizações ocorridas em 01/07/2015.

Cada aspecto observado através do *checklist* foi avaliado da seguinte maneira: conforme (C), não-conforme (NC) ou não aplicável (NA), segundo esteja adequado em relação à norma, não esteja adequado ou não seja aplicável naquele caso específico, respectivamente. Na Tabela 6 é mostrado, de forma exemplificativa, o modelo de *checklist* utilizado.

Tabela 6 – Modelo de *checklist* utilizado para analisar a adequação da máquina segundo as determinações da NR-12

<b>CHECKLIST</b>						
<b>Empresa:</b>		<b>Setor:</b>		<b>Máquina:</b>		
<b>Checklist nº:</b>		<b>Responsável:</b>		<b>Data:</b>		
<b>ADEQUAÇÃO CONFORME A NR-12 DO MTE</b>						
<b>ITEM</b>	<b>ASPECTO OBSERVADO</b>			<b>C</b>	<b>NC</b>	<b>NA</b>

### 3.2 Avaliação do Nível de Ruído

A NR-12, em seu item 12.106, determina que o ruído proveniente das máquinas e equipamentos, quando existente, deve ser considerado como um risco adicional. Segundo o manual da SONITRON (2005), dependendo das características da peça a ser soldada na máquina de soldagem por ultrassom, a frequência do ruído emitido pode sofrer variações, podendo ser menor que 20 kHz e, então, audível. Assim, foram realizadas medições do nível de pressão sonora decorrentes da operação de soldagem.

Para tanto, utilizou-se um medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro), da marca Minipa (modelo MSL-1325A), com leitura digital e instantânea (Figura 16).



Figura 16 – Medidor de pressão sonora utilizado para a avaliação do nível de ruído

Para fins de caracterização de uma eventual atividade insalubre, foram seguidas as determinações do Anexo 1 da NR-15, pois o ruído emitido durante a operação da máquina classifica-se como ruído contínuo ou intermitente (e não ruído de impacto). Assim, o nível de ruído foi medido em decibéis (dB), com o decibelímetro operando no circuito de compensação

"A" e circuito de resposta lenta (SLOW), sendo que as leituras foram feitas próximas ao ouvido do operador.

Foram realizadas 10 (dez) medições do nível de ruído da operação de prensagem, a fim de se obter um valor médio. Em cada leitura, registrou-se o valor máximo do nível de ruído emitido (o medidor de pressão sonora utilizado possibilita registrar o máximo valor ocorrido durante um intervalo de medição). Como se trata de uma máquina pneumática, as medições foram realizadas com o compressor de ar em funcionamento, sendo esse o cenário mais crítico. Por fim, na prensagem, utilizou-se apenas um único modelo de peças que foram soldadas, pois a máquina é utilizada pela empresa para soldar apenas tal modelo.

### 3.3 Avaliação do Nível de Iluminamento

Conforme o item 12.103 da NR-12, os locais de trabalho das máquinas e equipamentos devem possuir sistema de iluminação permanente que possibilite boa visibilidade dos detalhes do trabalho, para evitar zonas de sombra ou de penumbra e efeito estroboscópico.

Para avaliar o nível de iluminamento do posto de trabalho onde a máquina encontra-se instalada, utilizou-se um medidor da marca Instrutherm, modelo LD-300 (Figura 17).

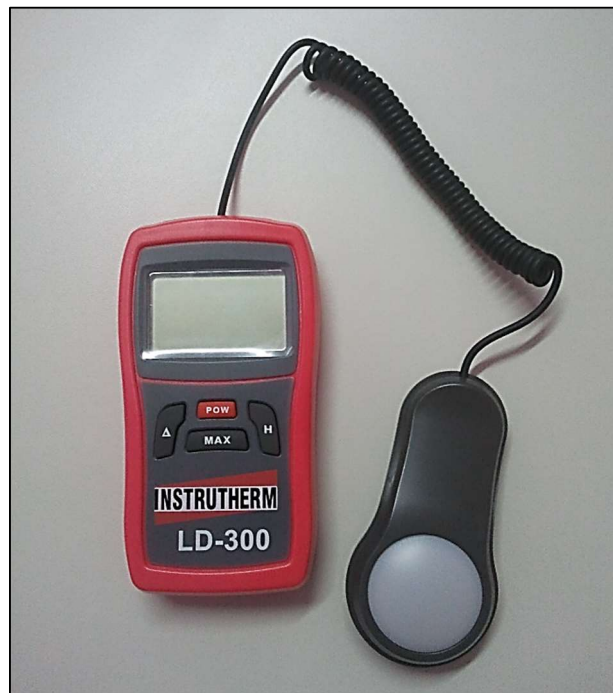


Figura 17 – Medidor de nível de iluminamento utilizado

Segundo o item 17.5.3.4 da NR-17 (Ergonomia), a medição dos níveis de iluminação deve ser feita no campo de trabalho onde se realiza a tarefa visual. Ademais, a NBR 8995-1 traz que a iluminância no entorno imediato deve estar relacionada com a iluminância da área da tarefa, para que seja evitado um possível desconforto (o entorno imediato é considerado como sendo uma zona de, no mínimo, 0,5 metros de largura ao redor da área da tarefa, dentro do campo de visão).

Assim, foram realizadas 4 (quatro) medições do nível de iluminação:

- Medição na área da tarefa (zona de prensagem), no início da manhã;
- Medição no entorno imediato da zona de prensagem, no início da manhã;
- Medição na área da tarefa (zona de prensagem), no início da tarde;
- Medição no entorno imediato da zona de prensagem, no início da tarde;

A empresa não possui turno de trabalho noturno. Além disso, foi avaliado o entorno imediato mais afastado da janela existente no ambiente de trabalho (por onde há incidência de luz natural, que ocorre com maior intensidade no período da manhã). Por fim, cada medição durou 5 (cinco) minutos, período necessário para garantir a estabilização da resposta do luxímetro.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões quanto à adequação da máquina segundo a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), assim como os resultados da avaliação quantitativa do nível de ruído e de iluminação e as recomendações propostas.

### 4.1 Adequação da Máquina segundo a Norma Regulamentadora N° 12

Através da aplicação do *checklist*, pôde-se constatar o grau de adequação da máquina de soldagem por ultrassom segundo a NR-12. Na Figura 18 é apresentado um gráfico em que estão relacionadas as quantidades de itens conformes, não-conformes e não aplicáveis observados.

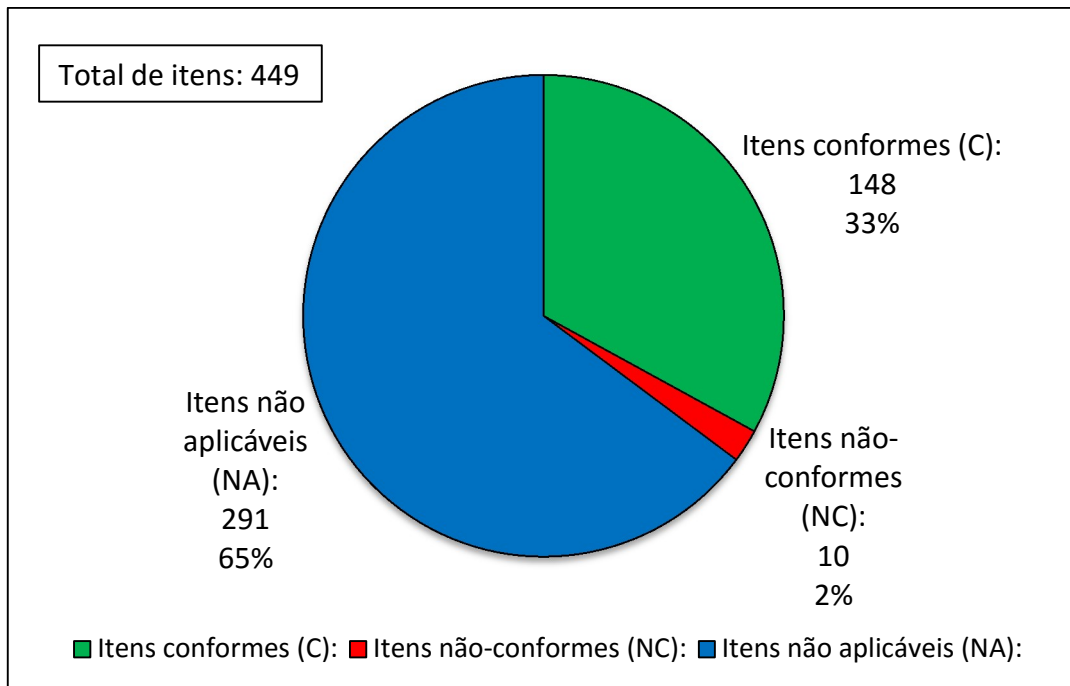


Figura 18 – Quantidade de itens conformes, não-conformes e não aplicáveis observados através da aplicação do *checklist*

#### 4.1.1 Aspectos Observados Não-Conformes

Serão abordados com maior ênfase, nesta monografia, apenas os itens não-conformes observados, devido aos objetivos específicos deste trabalho. Na Tabela 7 são apresentados os aspectos não-conformes observados através da aplicação do *checklist*.

Tabela 7 – Aspectos não-conformes (NC) observados através da aplicação do *checklist*

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>
12.26.b	O dispositivo de acionamento do tipo comando bimanual deve estar sob monitoramento automático por interface de segurança;
12.58.f	Os dispositivos de parada de emergência devem ser mantidos sob monitoramento por meio de sistemas de segurança;
12.78	As mangueiras, tubulações e demais componentes pressurizados devem ser localizados ou protegidos de tal forma que uma situação de ruptura destes componentes e vazamentos de fluidos não possa ocasionar acidentes de trabalho;
12.107	Devem ser adotadas medidas de controle dos riscos adicionais provenientes da emissão ou liberação de agentes químicos, físicos e biológicos pelas máquinas e equipamentos, com prioridade à sua eliminação, redução de sua emissão ou liberação e redução da exposição dos trabalhadores, nessa ordem;
12.112	As manutenções preventivas e corretivas devem ser registradas em livro próprio, ficha ou sistema informatizado;
12.116	As máquinas e equipamentos, bem como as instalações em que se encontram, devem possuir sinalização de segurança para advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos, as instruções de operação e manutenção e outras informações necessárias para garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores;
12.119.a	As inscrições das máquinas e equipamentos devem ser escritas na língua portuguesa;
12.130	Devem ser elaborados procedimentos de trabalho e segurança específicos, padronizados, com descrição detalhada de cada tarefa, passo a passo, a partir da análise de risco;
3.2.a (Anexo VIII)	As prensas pneumáticas e seus respectivos similares devem adotar sistemas de segurança nas zonas de prensagem ou trabalho, tais como o enclausuramento com proteções fixas e/ou proteções móveis dotadas de intertravamento ou utilização de cortinas de luz conjugadas com comando bimanual;
4.1 (Anexo VIII)	As prensas pneumáticas e seus respectivos similares devem ser comandadas por válvula de segurança específica com fluxo cruzado, monitoramento dinâmico e livre de pressão residual;

Analisando-se o esquema elétrico da máquina, constatou-se que tanto o dispositivo de acionamento bimanual (item 12.26.b) como o dispositivo de parada de emergência (item 12.58.f) não são monitorados por meio de sistemas de segurança.

Em relação aos itens 12.78 e 12.116, na Figura 19-a é mostrada a mangueira do sistema pneumático acoplada ao filtro de ar comprimido e na Figura 19-b é mostrada a lateral da máquina. Pode-se observar que, apesar de a mangueira estar conectada ao filtro, sua extensão

encontra-se solta pela bancada, e uma eventual ruptura dela poderia ocasionar acidentes de trabalho. Além disso, na máquina, não há sinalização de segurança para advertir o operador sobre os riscos a que está exposto.

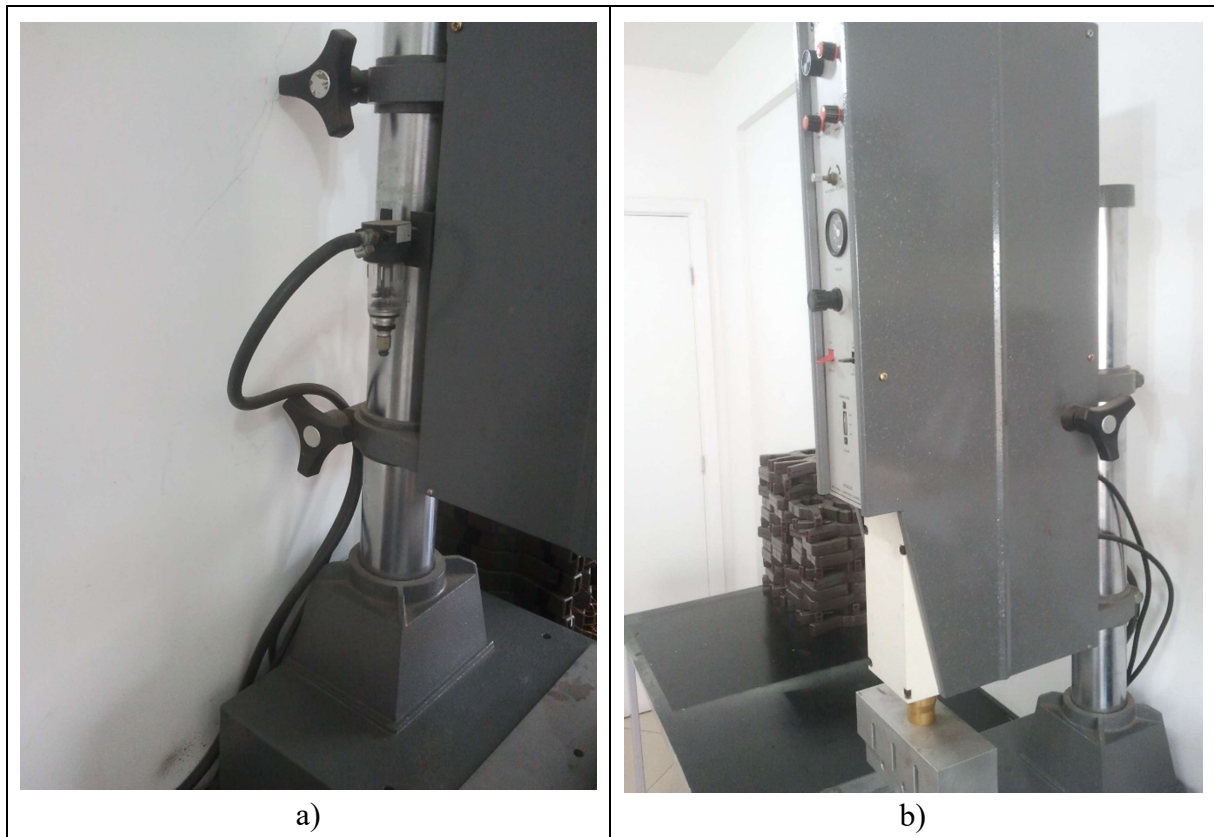


Figura 19 – a) Extensão da mangueira de ar comprimido solta pela bancada; e b) máquina sem sinalização de segurança

Pode-se observar, na Figura 20, algumas inscrições da máquina que não estão escritas na língua portuguesa, contrariando o disposto no item 12.119.a. No caso, o dispositivo de acionamento bimanual e o dispositivo de parada de emergência estão indicados na língua inglesa.



Figura 20 – Inscrições da máquina que não estão escritas na língua portuguesa

A zona de prensagem da máquina é mostrada na Figura 21, destacada em vermelho. Pode-se observar que não há qualquer tipo de sistema de segurança implementado na zona de trabalho do operador (item 3.2.a).



Figura 21 – Zona de prensagem (destacada em vermelho) totalmente desprotegida

Em relação ao item 4.1 do Anexo VIII, observa-se na Figura 22 a válvula pneumática utilizada na máquina, que não atende à NR-12. Trata-se de uma válvula pneumática pilotada, com retorno por mola e alimentação elétrica de 110 volts em corrente alternada.



Figura 22 – Válvula pneumática utilizada na máquina não atende à NR-12

No que se refere às medidas de organização do trabalho, a empresa, apesar de realizar as manutenções, não faz os registros em livro próprio, ficha ou sistema informatizado (item 12.112). Além disso, a empresa não possui procedimentos de trabalho e segurança específicos para essa máquina, nem elaborou uma análise de riscos, contrariando o disposto no item 12.130.

Em relação ao item 12.107, há a presença do agente físico ruído como um risco adicional, que será abordado na próxima seção.

#### 4.1.2 Nível de Ruído

Na Figura 23 são apresentados os valores máximos de nível de pressão sonora (*NPS*) obtidos em cada medição e o valor médio das medições (média aritmética simples), em decibéis. O nível de pressão sonora médio registrado foi de 116,5 dB(A).

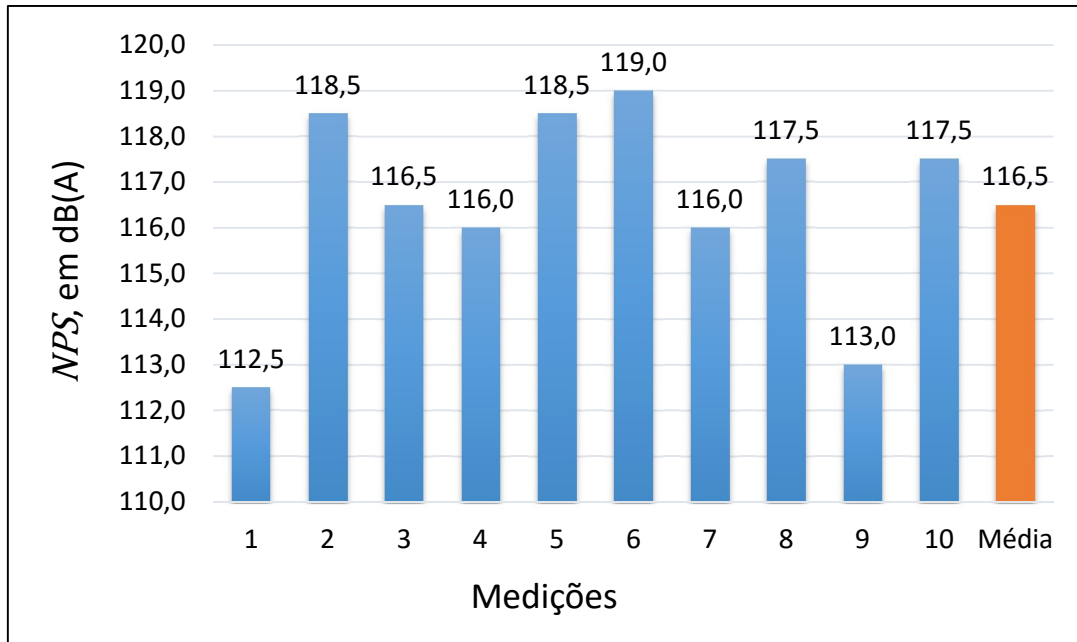


Figura 23 – Resultado das medições do nível de ruído emitido pela máquina durante a operação de prensagem

Segundo a NR-15, Anexo 1 (Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente), os tempos de exposição aos níveis de ruído não devem exceder os limites de tolerância fixados na Tabela 8, para fins de insalubridade.

Ainda conforme o Anexo 1 da NR-15, as atividades que expõem os trabalhadores a níveis de ruído contínuo ou intermitente superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecem risco grave e iminente, acarretando a interdição total ou parcial do estabelecimento, setor de serviço, máquina ou equipamento, conforme determina também a NR-3 (Embargo ou Interdição).

Sendo assim, a máquina analisada não pode ser utilizada se não houver proteção adequada ao operador. É importante observar que o operador, no caso, utiliza EPI para a proteção auditiva. Porém, segundo a NR-9 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais), as medidas de proteção contra os riscos ambientais, dentre os quais está inserido o agente físico ruído, devem dar ênfase aos equipamentos de proteção coletiva (EPC).

Tabela 8 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

<b>Nível de Ruído, em dB(A)</b>	<b>Máxima Exposição Diária Permissível</b>
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 horas e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR-15.

#### **4.1.3 Nível de Iluminamento**

Na Tabela 9 são apresentados os resultados das medições do nível de iluminamento, em lux, realizadas no posto de trabalho (área da tarefa e entorno imediato) em que a máquina se encontra instalada.

A NR-17, que trata de Ergonomia, define que os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminância estabelecidos na NBR 5413 (Iluminância de Interiores). No entanto, em 2013, essa norma técnica foi cancelada e substituída pela NBR 8995-1: Iluminação de Ambientes de Trabalho.

Tabela 9 – Resultados das medições do nível de iluminação do posto de trabalho em que a máquina se encontra instalada

Período	Área da Tarefa	Entorno Imediato
Manhã	377 lux	301 lux
Tarde	368 lux	294 lux

A NBR 8995-1 estabelece os requisitos de iluminação recomendados para diversos ambientes e atividades. A iluminância mantida ( $\overline{E}_m$ ) é o valor abaixo do qual não convém que a iluminância média da superfície especificada seja reduzida. Em áreas onde o trabalho realizado é contínuo, a iluminância mantida na área da tarefa não pode ser inferior a 200 lux. Na Tabela 10 são apresentadas algumas atividades e os respectivos requisitos de iluminação. Se um ambiente particular, tarefa ou atividade não estiverem listados na norma, convém que sejam adotados os valores dados para uma situação familiar.

Tabela 10 – Planejamento dos ambientes, tarefas e atividades com a especificação da iluminância

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\overline{E}_m$ [lux]
<i>Indústria de cerâmica e vidro</i>	
Secagem	50
Preparação, trabalhos em máquinas em geral	300
Trabalho decorativo	500
<i>Indústria de borracha, indústria plástica e química</i>	
Instalações de processamento com trabalho manual constante	300
Metrologias, laboratórios	500
<i>Indústria elétrica</i>	
Montagem bruta (ex.: grandes transformadores)	300
Montagem média (ex.: quadros de distribuição)	500
Montagem fina (ex.: telefone)	750
Oficinas eletrônicas, ensaios, ajustes	1500
<i>Trabalho e processamento em metal</i>	
Forjamento de molde aberto	200
Usinagem grosseira e média (tolerâncias > 0,1 mm)	300
Usinagem de precisão (ex.: retificação)	500
Montagem bruta	200
Montagem média	300
Montagem fina	500
Montagem de precisão	750

Fonte: NBR 8995-1 (adaptada).



Em relação à atividade e ao tipo de ambiente em que a máquina de prensagem por ultrassom está instalada, pode-se considerar, como uma situação análoga, o valor de iluminância mantida para o “trabalho e processamento em metal”, mais especificamente as atividades de usinagem grosseira e média ou montagem média. Assim, para a máquina de prensagem por ultrassom, considerou-se  $\overline{E}_m = 300$  lux.

A iluminância no entorno imediato deve estar relacionada com a iluminância da área da tarefa, para que seja evitado um possível desconforto. A iluminância mantida das áreas do entorno imediato pode ser mais baixa que a da área da tarefa, mas não pode ser inferior aos valores apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Relação entre a iluminância da tarefa e do entorno imediato

<b>Iluminância da tarefa [lux]</b>	<b>Iluminância do entorno imediato [lux]</b>
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância da área da tarefa

Fonte: NBR 8995-1.

Pode-se observar na Figura 24 os resultados das medições do nível de iluminamento, em lux, em comparação com os valores de iluminância mantida recomendados para a área da tarefa e para o entorno imediato. Observa-se que o nível de iluminamento do posto de trabalho encontra-se acima e próximo do recomendado pela normatização, sendo, então, satisfatório.

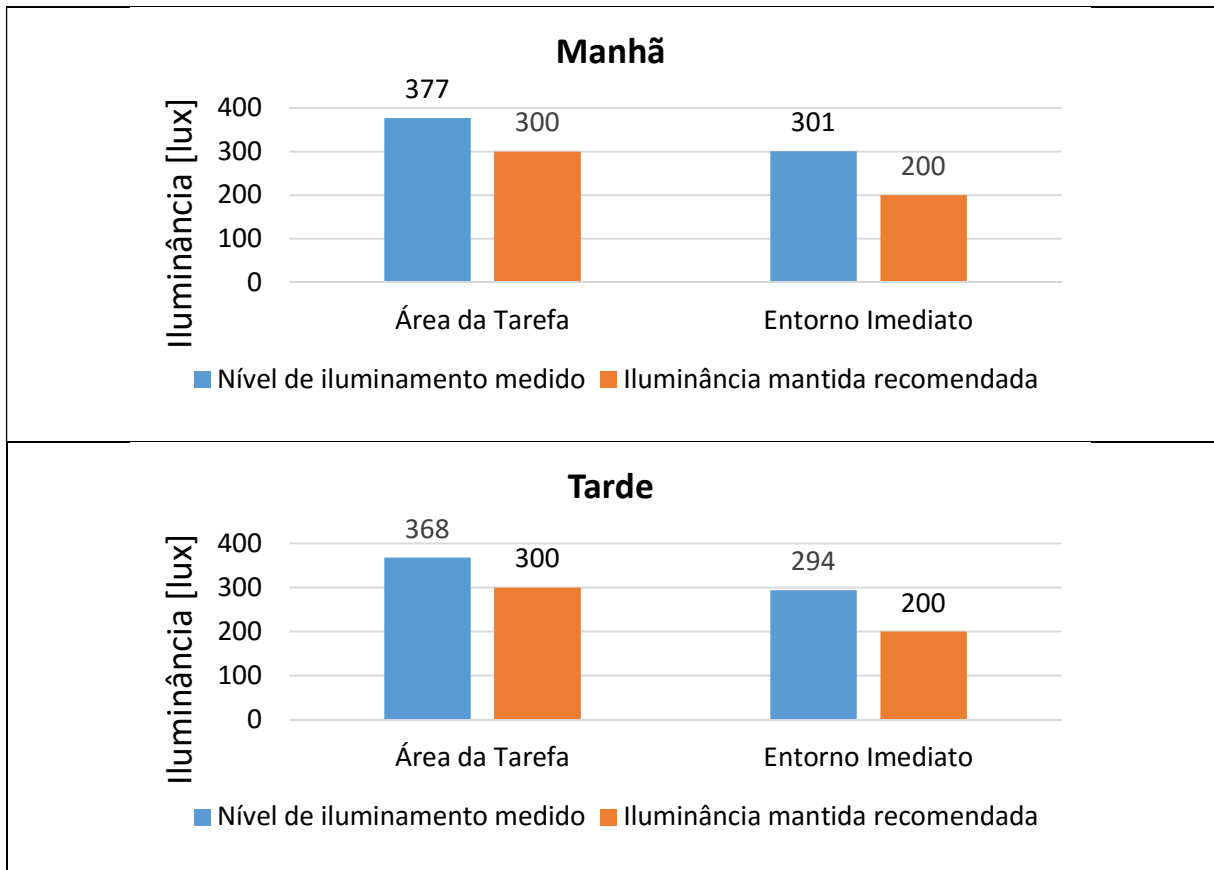


Figura 24 – Resultados das medições do nível de iluminação em comparação com os valores de iluminância mantida

Ainda conforme a NBR 8995-1, a uniformidade da iluminância (razão entre o valor mínimo mensurado e o valor médio) da área da tarefa não pode ser menor que 0,7. Em relação ao entorno imediato, não pode ser inferior a 0,5. Na Tabela 12 são mostrados os valores de uniformidade da iluminância obtidos a partir da análise do posto de trabalho. Constatou-se que esse parâmetro se encontra adequado, acima dos limites recomendados.

Tabela 12 – Valores de uniformidade da iluminância obtidos no posto de trabalho

	Área da Tarefa	Entorno Imediato
<b>Iluminância Mínima</b>	368,00 lux	294,00 lux
<b>Iluminância Média</b>	372,50 lux	297,50 lux
<b>Uniformidade da Iluminância</b>	0,99	0,99

Por fim, através de uma avaliação qualitativa realizada no posto de trabalho, não foram constatadas zonas de sombra ou de penumbra, nem efeito estroboscópico, atendendo, assim, ao item 12.103 da NR-12.

## **4.2 Recomendações**

Nesta seção serão apresentadas as recomendações à empresa em relação aos aspectos não-conformes da máquina.

A respeito dos itens 12.26.b e 12.58.f da NR-12, que tratam dos dispositivos de acionamento bimanual e de parada de emergência, o monitoramento obrigatório desses dispositivos poderia ser realizado através da instalação de relés de segurança, que são equipamentos eletrônicos que fazem a supervisão de circuitos que garantem a segurança das máquinas e dos operadores.

Sobre a mangueira do sistema pneumático que é acoplada ao filtro de ar comprimido (item 12.78), a empresa deveria fixar a extensão dela na própria máquina e na bancada do posto de trabalho, podendo utilizar cintas para a fixação e evitando, assim, que a ruptura da mangueira pressurizada possa ocasionar acidentes de trabalho.

Quanto ao registro das manutenções da máquina (item 12.112), a empresa deveria adotar um livro para esse propósito, anotando as seguintes informações: cronograma de manutenção; intervenções realizadas; data da realização de cada intervenção; serviço realizado; peças reparadas ou substituídas, condições de segurança da máquina; indicação conclusiva quanto às condições de segurança da máquina; e nome do responsável pela execução das intervenções.

Em relação aos itens 12.116 e 12.119.a, que dispõem sobre a sinalização de segurança e sobre as inscrições nas máquinas e equipamentos, deveria ser providenciada a fixação de avisos na própria carcaça da máquina, indicando sobre o risco de esmagamento das mãos (por exemplo, ver a Figura 12), e também no ambiente de trabalho em que ela se encontra instalada, indicando sobre a necessidade de utilização de EPI contra o ruído. Ainda, poderiam ser utilizados adesivos para alterar para a língua portuguesa as inscrições na máquina que estão escritas em inglês.

A válvula pneumática utilizada na máquina, que possui retorno por mola e alimentação elétrica de 110 volts em corrente alternada, deveria ser substituída por uma válvula pneumática

de segurança (item 4.1 do Anexo VIII), com fluxo cruzado, monitoramento dinâmico e livre de pressão residual, que atenda plenamente à NR-12.

Em relação ao item 3.2.a do Anexo VIII, que trata dos sistemas de segurança obrigatórios nas zonas de trabalho, a empresa deveria enclausurar a zona de prensagem, em vez de utilizar cortinas de luz (devido ao elevado custo desses dispositivos, apesar da maior produtividade que eles proporcionam). Para o enclausuramento, poderiam ser utilizadas proteções fixas nas laterais e na parte traseira da zona de trabalho. Na parte frontal, poderia ser instalada uma proteção móvel com chave de intertravamento, monitorada por relé de segurança, pois o acesso à zona de prensagem ocorre várias vezes durante a operação da máquina.

O enclausuramento da zona de prensagem, se realizado com algum material contínuo, seria também utilizado como um equipamento de proteção coletiva (EPC) contra o agente físico ruído, atendendo ao item 12.107 da norma, que dispõe que um EPC deve ser priorizado em relação à utilização de EPI. Assim, as proteções (fixas e móvel) poderiam ser fabricadas em policarbonato, ou até mesmo em acrílico (material que possui menor custo e menos resistência do que o policarbonato), pois as peças são relativamente leves e o risco de projeção delas para fora da zona de trabalho é baixo. Ainda, utilizar materiais como policarbonato ou acrílico para enclausurar a zona de prensagem quase não afetaria os níveis de iluminação já existentes no posto de trabalho.

Após a implementação do sistema de enclausuramento da zona de prensagem, devido às alterações efetuadas no posto de trabalho e na operação da máquina em si, a empresa deveria realizar a análise de riscos e, a partir dela, definir os novos procedimentos de trabalho e segurança, com descrição detalhada de cada tarefa realizada pelo operador, conforme dispõe o item 12.130.

Ainda, também após a implementação do sistema de enclausuramento da zona de prensagem, a empresa deveria atualizar o manual da máquina, oferecer capacitação para reciclagem do operador (devido às modificações significativas realizadas) e emitir a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) em relação ao novo sistema de segurança, conforme determina a NR-12.

Por fim, recomenda-se à empresa que a máquina seja interditada até que, pelo menos, os aspectos relacionados aos itens 12.26.b, 12.107, 3.2.a e 4.1 sejam corrigidos, por se tratarem de itens com grau de severidade 4, segundo a gradação estabelecida pela NR-28.

## 5 CONCLUSÃO

Com a realização da revisão da literatura a respeito dos principais assuntos relacionados ao tema desta monografia, pode-se afirmar que foi possível compreender o funcionamento da máquina de soldagem por ultrassom e os riscos à segurança e à saúde ocupacionais existentes na operação.

Através da aplicação do *checklist* elaborado para atender à NR-12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos) e da avaliação quantitativa do nível de ruído e de iluminação, conseguiu-se avaliar os aspectos da máquina que estão conformes, não-conformes ou que não são aplicáveis segundo a norma, possibilitando, assim, analisar todas as não-conformidades encontradas e propor recomendações à empresa. Dessa maneira, os conceitos de SST foram aplicados, e alcançou-se o objetivo geral desta monografia.

Devido ao grau de severidade de alguns itens não-conformes, segundo estipulado pela NR-28 (Fiscalização e Penalidades), principalmente em relação à falta de sistema de segurança na zona de prensagem, tal como o enclausuramento, recomenda-se a interdição da máquina até que esses itens sejam corrigidos pela empresa.

## REFERÊNCIAS

ABIMAQ. **Manual de Segurança em Dobradeiras, Prensas e Similares. NR-12/2010: Princípios Básicos de sua Aplicação na Segurança do Trabalho em Prensas e Similares.** Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos. 1ª ed., Ver. Porto Alegre, Brasil, 2012.

ABNT. **NBR 8995-1: Iluminação de Ambientes de Trabalho (Parte 1: Interior).** Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013. 46 p.

\_\_\_\_\_. **NBR NM-ISO 13852: Segurança de Máquinas - Distâncias de Segurança para Impedir o Acesso a Zonas de Perigo pelos Membros Superiores.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003. 13 p.

ALMEIDA, S. I. C. de *et al.* **História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído.** Revista da Associação Médica Brasileira, Jun. 2000, vol. 46, no. 2, p.143-158.

BRASIL, Ministério da Previdência Social. **Anuário Estatístico da Previdência Social – 2013.** Brasília: MPS/DATAPREV, 2013.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora Nº 1 – Disposições gerais.** Portaria SIT nº 84, de 04 de março de 2009.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora Nº 3 – Embargo ou Interdição.** Portaria SIT nº 199, de 17 de janeiro de 2011.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora Nº 6 – Equipamento de Proteção Individual (EPI).** Portaria MTE nº 505, de 16 de abril de 2015.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora Nº 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.** Portaria MTE nº 1.892, de 09 de dezembro de 2013.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora Nº 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.** Portaria MTE nº 1.471, de 24 de setembro de 2014.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Portaria GM nº 598, de 07 de dezembro de 2004.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Portaria MTE nº 857, de 25 de junho de 2015.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 15 – Atividades e operações insalubres**. Portaria MTE nº 1.297, de 13 de agosto de 2014.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 17 – Ergonomia**. Portaria SIT nº 13, de 21 de junho de 2007.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 28 – Fiscalização e penalidades**. Portaria MTE nº 882, de 1º de julho de 2015.

CENTRAL DE MANUTENÇÃO. **Retrofitting de prensas**. Site da empresa Central de Manutenção, Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.centraldmanutencao.com.br/index.php?go=retroffiting>>. Acesso em: 12/04/2015.

ELEKTRO. **Manuais Elektro de eficiência energética**. Elektro – Eletricidade e Serviços S.A. Disponível em: <[http://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientizacao%20Energetica/manualIluminacao\\_novo.pdf](http://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientizacao%20Energetica/manualIluminacao_novo.pdf)>. Acesso em: 17/05/2015.

FALCONE, M. G. **Diminuição dos Riscos em Prensas Antigas e Obsoletas**. Monografia: Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. Uninove / Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2009. 121 p.

FESTO. **Atuadores pneumáticos**. Disponível em: <[http://www.festo.com/cms/pt-br\\_br/16792.htm](http://www.festo.com/cms/pt-br_br/16792.htm)>. Acesso em: 12/04/2015.

FIALHO, A. B. **Automação pneumática: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 7ª ed. São Paulo: Érica, 2012.

FIERGS. **Manual básico de segurança em prensas e similares**. Porto alegre: Conselho de Relações de Trabalho e Previdência Social, Grupo de Gestão do Ambiente do Trabalho, 2006. 134 p.

FIESP. **Orientações sobre as mudanças na NR-12 promovidas pela Portaria MTE nº 857/2015.** Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/orientacoes-sobre-as-mudancas-na-nr-12/>>. Acesso em: 05/10/2015.

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional – NHO 01: Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído.** Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 2001. 41 p.

\_\_\_\_\_. **Estimativa de exposições não contínuas a ruídos.** Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 2002. 224 p.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1992. 600 p.

GN ULTRASÔNICA. **Solda plástica: tabela de compatibilidade.** Disponível em: <[www.gnultrasonica.com.br/materias.php?cd\\_secao=146&codant=&friurl](http://www.gnultrasonica.com.br/materias.php?cd_secao=146&codant=&friurl)>. Acesso em: 20/04/2015.

HARPER, C. A. **Modern plastics handbook.** San Francisco: McGraw-Hill, 1999.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** 2ª edição. São Paulo: Blucher, 2005. 614 p.

KRYTER, K. D. **The effects of noise on men.** New York and London. Academic Press, Inc. 1970. 633 p.

LEMOS, J. F. N. **Soldagem por vibração em materiais termoplásticos.** Monografia: Tecnologia em Produção com ênfase em Plástico. Centro Paula Souza. Centro Tecnológico da Zona Leste, São Paulo, 2009.

LORÊDO JR., E. R. **Solda termoplástica através de ultrassom.** Monografia: Engenharia Elétrica. Universidade São Francisco, Itatiba, 2012.

MANRICH, S. **Processamento de termoplásticos.** 1ª Edição. Florianópolis: Artliber, 2005.

MENDES, R. **Máquinas e acidentes de trabalho.** Coleção Previdência Social, v. 13. Brasília: MTE/SIT, MPAS, 2001. 86 p.

\_\_\_\_\_. **Medicina do Trabalho: Doenças Profissionais.** São Paulo: Sarvier, 1980.



PARKER. **Linha pneumática. Tecnologia Pneumática Industrial.** Apostila M1001 BR. Parker Hannifi Ind. Com. Ltda. Jacareí, São Paulo, 2000.

PLASTICS DESIGN LIBRARY. **Handbook of plastics joining: a practical guide.** William Andrew, Inc. New York: Plastics Design Library, 1997.

REVISTA PROTEÇÃO. **Brasil é o quarto país com mais acidentes fatais no trabalho.** Revista Proteção, Notícias: 29/04/2011. Disponível em: <[http://www.protecao.com.br/noticias/geral/brasil\\_e\\_o\\_quarto\\_pais\\_com\\_mais\\_acidentes\\_fatais\\_no\\_trabalho/JajyAAjg](http://www.protecao.com.br/noticias/geral/brasil_e_o_quarto_pais_com_mais_acidentes_fatais_no_trabalho/JajyAAjg)>. Acesso em: 31/03/2015.

SALIBA, T. F. **Curso Básico de Segurança e Higiene Ocupacional.** 1ª Edição. São Paulo: Editora LTr, 2004. 453 p.

SCHMERSAL. **Comandos Bimanuais.** Disponível em: <<http://www.schmersal.com.br/cms15/opencms/html/pt/products/innovations.html?id=17>>. Acesso em: 31/07/2015.

SCHULZ. **Schulz Compressores.** Disponível em: <<http://www.schulz.com.br/pt/site/compressores/produto/index/id/259#produto=259>>. Acesso em: 12/04/2015.

SILVA, L. F. **Acidentes de trabalho com máquinas: estudo a partir do sistema de vigilância do programa de saúde dos trabalhadores da Zona Norte de São Paulo, em 1991.** Dissertação de mestrado, Faculdade de Saúde Pública da USP. São Paulo, 1995. 201 p.

SINAIT. **Sinait pede rejeição à proposta que susta a NR-12.** Sindicato Nacional dos Auditores Fiscais do Trabalho. Disponível em: <<https://www.sinait.org.br/site/noticia/View/10959/sinait-pede-rejeicao-a-proposta-que-susta-a-nr-12>>. Acesso em: 28/07/2015.

SONITRON. **Manual de instalação, operação e manutenção.** SONOWELD 1600. Sonitron Ultra-Sônica Ltda., 2005.

TWI. **Ultrasonic welding of injection moulded components.** Disponível em: <<http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/ultrasonic-welding-of-injection-moulded-components-part-1-process-and-equipment-061/>>. Acesso em: 20/04/2015.

VALE. **Catálogo de EPI.** 5ª Edição. Subcomitê de EPI da Vale S.A, novembro de 2014. 249 p.