

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS PATO BRANCO  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO  
TRABALHO**

**FERNANDO TONIAZZO**

**RISCOS OCUPACIONAIS EM PROCESSOS DE SOLDAGEM:  
ESTUDO DE CASO EM MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS PARA  
TERRAPLANAGEM**

**PATO BRANCO  
2014**

**FERNANDO TONIAZZO**

**RISCOS OCUPACIONAIS EM PROCESSOS DE SOLDAGEM:  
ESTUDO DE CASO EM MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS PARA  
TERRAPLANAGEM**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de especialista, do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnologia Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa

**PATO BRANCO  
2014**

## TERMO DE APROVAÇÃO

FERNANDO TONIAZZO

### RISCOS OCUPACIONAIS EM PROCESSOS DE SOLDAGEM: ESTUDO DE CASO EM MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS PARA TERRAPLANAGEM

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do Título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, pela seguinte Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa  
Orientador

---

Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho  
Primeiro Membro

---

Prof. M.Sc. Roberto Nunes da Costa  
Segundo Membro

Pato Branco, 20/10/2014.

Dedico este trabalho a todos os profissionais de manutenção que apesar das dificuldades executam seu trabalho com seriedade e honestidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu orientador Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa pela orientação, apoio e confiança no estudo. A minha família pelo apoio e a minha namorada por toda atenção e força nos momentos difíceis. Por fim e não menos importante a todos os professores e colegas que proporcionaram e ainda irão proporcionar a difusão do conhecimento na área de saúde e segurança no trabalho.

“A persistência é o caminho do êxito”  
(Charlie Chaplin)

## RESUMO

TONIAZZO, Fernando. Riscos ocupacionais em processos de soldagem: estudo de caso em manutenção de máquinas para terraplanagem. 2014. 94 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

O trabalho e as relações entre saúde-doença são temas cada vez mais discutidos na atualidade. Sua associação é de extrema importância para uma abordagem preventivista nas atividades laborais. Um dos processos mais utilizados na indústria atualmente que diz respeito a união de materiais é a soldagem. Este processo envolve riscos, que provocam danos a saúde dos trabalhadores, aos equipamentos e instalações. Este trabalho tem por objetivo avaliar os riscos ocupacionais em processos de soldagem em uma oficina de manutenção de máquinas pesadas num município do interior do Paraná. Os riscos avaliados foram os de caráter físico (ruído, calor e radiação não ionizante), químico (gases e fumos metálicos), ergonômico (posições de soldagem) e considerações sobre riscos de acidentes (incêndio e explosões). Foram analisadas três atividades que envolviam dois processos de soldagem, SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) e GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). Por fim, foram apresentadas sugestões como medidas de controle para cada risco avaliado.

**Palavras-chave:** Riscos ocupacionais; soldagem de manutenção; segurança no trabalho.

## ABSTRACT

TONIAZZO, Fernando. Occupational hazards in welding processes: a case study in maintenance of machinery for earthmoving. 2014. 94 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

The work and the relationship between health and disease are increasingly discussed topics nowadays. His association is of utmost importance for a preventionist approach in labor activities. One of the processes most used in industry today as regards the union of material is welding. This process involves risks that damage the health of workers, equipment and facilities. This work aims to evaluate the occupational risks in welding processes a maintenance of heavy machinery in an inland city of Paraná. The risks were evaluated for physical character (noise, heat and non-ionizing radiation), chemical (gas and metal fumes), ergonomic (welding positions) and considerations about risks of accidents (fire and explosions). Three activities involving two welding processes, SMAW (Shield Metal Arc Welding) and GMAW (Gas Metal Arc Welding) were analyzed. Finally, suggestions as control measures for each assessed risk were presented.

**Keywords:** Occupational risks; welding maintenance; safety at work.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Soldagem por pressão ou deformação .....	20
Figura 2 - Processo de soldagem por fusão usando material de adição .....	20
Figura 3 - Macrografia de uma junta .....	20
Figura 4 - Processos de soldagem e afins .....	21
Figura 5 – a) Soldagem à Gás; b) Soldagem a arco elétrico.....	22
Figura 6 - Soldagem a arco elétrico (MIG/MAG) .....	22
Figura 7 - Esquema de uma soldagem com eletrodo revestido .....	23
Figura 8 - Equipamentos operacionais para soldagem com eletrodo revestido .....	24
Figura 9 - Fontes de energia em soldagem SMAW.....	25
Figura 10 - Tipos de ligação de CC: polaridade direta e inversa.....	26
Figura 11 - Acima: grampo de retorno; abaixo: porta eletrodo .....	27
Figura 12 - Direita: picadeira e a esquerda escova de aço .....	27
Figura 13 - Ilustração de um eletrodo revestido .....	29
Figura 14 - Conjuntos de números e letras que classificam o eletrodo .....	30
Figura 15 - Designação do quarto dígito do sistema de classificação.....	31
Figura 16 - Esquema de soldagem MIG/MAG.....	32
Figura 17 - Equipamentos empregados no processo MIG/MAG .....	33
Figura 18 - Ilustração da tocha de soldagem .....	34
Figura 19 - Cilindro e reguladores de pressão (Manômetros). .....	34
Figura 20 - Perfil característico de aplicação de diferentes gases e misturas em cordões de solda .....	36
Figura 21 - Layout da empresa .....	47
Figura 22 - a) Soldagem de estrutura lateral do truque (suporte de rolete); b) Soldagem do aro motriz direita). .....	48
Figura 23 - Processos de soldagem SMAW (esquerda) e GMAW (direita).....	49
Figura 24 - Medidor de nível de pressão sonora (digital). .....	50
Figura 25 – Soldagem de aro motriz .....	52
Figura 26 – Soldagem da estrutura do braço de elevação.....	53
Figura 27 – Soldagem de chassi do CAT D6C.....	55
Figura 28 – Aberturas para ventilação natural.....	59
Figura 29 – Radiação gerada pelo arco elétrico (luz visível).....	61
Figura 30 – Espectro de radiação durante a soldagem GMAW (MAG) em aço estrutural St-37 com corrente de 180 A.....	61
Figura 31 – Espectro de radiação durante a soldagem SMAW em aço estrutural St-37 com corrente de 180 A .....	62
Figura 32 – Protetor auricular tipo “concha” .....	64
Figura 33 – Cortinas de proteção contra <i>flashes</i> de soldagem e restrição de área de trabalho .....	65
Figura 34 – EPI’s essenciais para o soldador (esquerda) e detalhe da máscara de soldagem (direita).....	66
Figura 35 – Principais fumos gerados nos processos de soldagem.....	67
Figura 36 – Máscara com adaptação ao uso de respiradores .....	69
Figura 37 – Sistema de captação móvel para fumos e gases (esquerda) e máscara com proteção respiratória.....	70

Figura 38 – Posições de soldagem .....	71
Figura 39 – Posição plana (destaque no ângulo do pescoço).....	72
Figura 40 – Posição de soldagem Horizontal/Vertical .....	72
Figura 41 – Posição de soldagem Sobre-cabeça com detalhe de ângulo de pescoço, cotovelo e ombro .....	73
Figura 42 – Resultado para análise simplificada do fator biomecânico.....	73
Figura 43 – Resultado do método RULA para posição de soldagem Plana.....	74
Figura 44 – Resultado do método RULA para posição Sobre-cabeça .....	75
Figura 45 – Cabos de ligação com destaque na avaria do isolamento (esquerda); Zoom do cabo de retorno com condutor de cobre exposto (direita) .....	77
Figura 46 – Conexão a rede elétrica trifásica (esquerda) e detalhe dos pinos de conexão do cabo de ligação (direita).....	78
Figura 47 – Processo GMAW.....	78
Figura 48 – Tambores fechados vazios de óleo diesel (esquerda) e tambor aberto com óleo lubrificante usado.....	79
Figura 49 – Extintor de incêndio de classe B e C.....	79
Figura 50 - Conexão direta improvisada na rede para obtenção de tensão e corrente necessária para o funcionamento da fonte, risco elétrico (esquerda); Resíduos florestais depositados na proteção do motor acumulados em serviços de enleiramento ou limpeza de lavoura, risco de incêndio (direita).....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diâmetros de cabos de cobre para soldagem.....	28
Tabela 2 - Especificação AWS para classificação de eletrodos revestidos.....	30
Tabela 3 - Exemplos de agentes que podem ser encontrados no ambiente de trabalho .....	37
Tabela 4 – Efeitos fisiológicos do choque elétrico.....	44
Tabela 5 – Valores máximos de pressão sonora nas três atividades.....	55
Tabela 6 – Tonalidades para proteção ocular .....	65
Tabela 7 – Composição e informações sobre os ingredientes do revestimento .....	67
Tabela 8 – Ingredientes perigosos .....	68
Tabela 9 - Composição e informações sobre os ingredientes do revestimento .....	68
Tabela 10 – Check-list de segurança de processos de soldagem elétrica.....	82

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

°C	Grau Celsius
A	Ampère
AC	<i>Alternate Current</i>
ABHO	Associação Brasileira de Higiene Ocupacional
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
AEPS	Anuário Estatístico da Previdência Social
APR	Análise Preliminar de Risco
Ar	Argônio
AWS	<i>American Welding Society</i>
CA	Corrente Alternada
CA	Certificado de Aprovação
CC	Corrente Contínua
CID	Classificação Internacional de Doenças
CIMM	Centro de Informação Metal Mecânica
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CO	Comprimento de onda
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
Cr	Cromo
Cu	Cobre
dB(A)	Decibel
DC	<i>Direct Current</i>
DORT	Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPCRA	<i>Emergency Planning and Community Right-to-know Act</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Fe	Ferro
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos
g	Grama
GMAW	<i>Gas Metal Arc Welding</i>
GR	Grau de Risco
He	Hélio
Hz	Hertz

IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo
INSS	Instituto Nacional de Seguro Social
IV	Infravermelho
kg	Quilograma
LER	Lesão por esforço repetitivo
LV	Luz visível
m	Metro
MA	Material de Adição
mA	Miliampéres
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
MAG	<i>Metal Active Gas</i>
mm	Milímetro
Mn	Manganês
Ni	Níquel
nm	Nanômetro
NR	Norma Regulamentadora
OSHA	<i>Occupation Safety and Health Administration</i>
Pa	Pascal
Pb	Chumbo
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
psi	<i>Pound per Square Inch</i>
RNI	Radiação não ionizante
RULA	<i>Rapid Upper Limb Assessment</i>
SENAI-SP	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (São Paulo)
SESMET	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho
SESI	Serviço Social da Indústria
SMAW	<i>Shield Metal Arc Welding</i>
TIG	<i>Tungstenio Inert Gas</i>
TVL	<i>Threshold Limit Value</i>
TWA	<i>Time Weighted Average</i>
UV	Ultravioleta

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	16
1.2 OBJETIVOS .....	18
1.2.1 Objetivo Geral .....	18
1.2.2 Objetivos Específicos .....	18
<b>2 SOLDAGEM</b> .....	<b>19</b>
2.1 SOLDAGEM DE MATERIAS METÁLICOS .....	19
2.2 PROCESSOS DE SOLDAGEM .....	23
2.2.1 Soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido (SMAW) .....	23
2.2.1.1 Equipamentos para soldagem.....	24
2.2.1.1.1 Fonte de energia para soldagem.....	25
2.2.1.1.2 Acessórios para soldagem .....	26
2.2.1.1.3 Cabos de ligação (condutores elétricos) .....	28
2.2.1.2 Eletrodos (materiais de adição – consumíveis) .....	28
2.2.2 Soldagem a arco elétrico com proteção gasosa – MIG/MAG (GMAW).....	31
2.2.2.2 Consumíveis (arame eletrodos – materiais de adição e gás de proteção) ....	35
2.3 SEGURANÇA NO TRABALHO .....	36
2.3.1 Segurança em processos de soldagem elétrica.....	37
2.3.1.1 Riscos em processos de soldagem SMAW e GMAW .....	38
2.3.1.1.1 Riscos físicos .....	39
2.3.1.1.2 Riscos químicos .....	42
2.3.1.1.3 Riscos ergonômicos .....	43
2.3.1.1.4 Riscos de acidentes .....	44
2.3.2 Ergonomia no ambiente laboral.....	45
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>47</b>
3.1 Avaliações dos riscos nos processos de soldagem .....	49
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>51</b>
4.1 Riscos ocupacionais e medidas de controle.....	55
4.1.1 Riscos físicos .....	55
4.1.2 Medidas de controle para riscos físicos.....	62
4.1.3 Riscos químicos .....	66
4.1.4 Medidas de controle para riscos químicos .....	69
4.1.5 Riscos ergonômicos .....	71
4.1.6 Medidas de controle para riscos ergonômicos .....	76
4.1.7 Riscos de acidente .....	77
4.1.8 Medidas de controle para riscos de acidente .....	81
4.1.8.1 Medidas de controle para soldagem elétrica em geral .....	81
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>85</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>89</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Num ambiente de trabalho encontram-se fatores e condições que podem influenciar nas atividades rotineiras dos trabalhadores. Alguns fatores comprometem a saúde e segurança dos trabalhadores envolvidos. Entre estes, os riscos ambientais, que são classificados de acordo com sua natureza e forma com que atuam no organismo humano. Esses riscos são caracterizados como físicos, químicos, biológicos e ergonômicos (SENAI, 2009).

Os agentes de risco por convenção são agrupados por cores. Por exemplo: se tratando de agente físico (verde): ruído; químico (vermelho): poeiras; biológicos (marrom): vírus; ergonômicos (amarelo): postura incorreta etc.

Um dos processos mais utilizados na indústria atualmente, que diz respeito na união de metais é a soldagem. Este processo envolve riscos, que provocam danos à saúde dos trabalhadores, aos equipamentos e instalações. Os principais acidentes decorrentes são: incêndios, explosões, choques elétricos, bem como exposição à: radiações, fumos e gases decorrentes da fusão do revestimento e dos metais de adição e base (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

De acordo com Campos; Lima e Tavares (2012), a profissão de soldador é muito difundida no nosso país, devido ao nível de ensino profissionalizante que o Brasil possui. No entanto, não basta apenas o aprendizado técnico funcional dos processos, mas o estudo continuado e treinamentos periódicos para reforçar o alerta quanto aos riscos pertinentes a esses processos, tanto quanto boas práticas no trabalho.

Todavia, a garantia de boas práticas de segurança depende do nível de supervisão, de bons equipamentos empregados nas atividades e confiança dos profissionais. Para o sucesso dessa relação é necessário conhecer quais riscos efetivamente estão relacionados com as atividades em questão. Por sua vez, a finalidade desse trabalho é avaliar os riscos ocupacionais em processos de soldagem de uma oficina de manutenção de máquinas pesadas num município do interior do Paraná.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O trabalho e as relações entre saúde-doença são temas cada vez mais discutidos na atualidade. Sua associação é de extrema importância para uma abordagem preventivista nas atividades laborais. Outrora, teve início com maior relevância no período pós-revolução industrial a partir do século XIX, quando as primeiras teorias explicativas sobre o fenômeno “acidente de trabalho” alavancaram o conhecimento hoje especificado como Higiene e Segurança do trabalho (MATTOS, 2011).

De acordo com Mattos (2011), os acidentes de trabalho e as doenças ocupacionais são antigos. Sua origem é relacionada com o surgimento do trabalho, onde suas condições ao longo da história da humanidade têm causado mortes, doenças e incapacidade para inúmeros trabalhadores.

Em diversos países nas últimas três décadas do século XX, foram registrados um grande aumento na ocorrência de doenças ocupacionais e acidentes de trabalho. Um desses países (o Brasil), caracterizado pelo grande número de leis e também pelo alto índice de descumprimento das mesmas, apresentou nesse século, um acidente fatal a cada duas horas e meia (ARAÚJO, 2011; MATTOS, 2011).

A carência de fiscalização pode resultar num agravante para os casos de acidentes de trabalho, assim como inconsistência em programas, tais como o PPRA (Programa de prevenção de riscos ambientais) e PCMSO (Programa de controle médico de saúde ocupacional) contribuem para aumentar esse índice. De acordo com Miranda & Dias (2004), um levantamento realizado na Bahia em 30 empresas, demonstrou que 92,9% das mesmas resultaram em algum tipo de inconsistência no PPRA e 85,7% no PCMSO, resultados de uma baixa qualidade técnica desses programas o que implica na necessidade da melhoria da fiscalização estatal. Outro fator que pode caracterizar esse quadro é outra realidade em nosso país, pela qual resulta nas desconformidades de programas de prevenções de riscos ambientais “elaborados” por empresas, as quais não os implementam, apenas elaboram (MELO JR., 2011).



Segundo Milanez & Porto (2011), além de todo risco e potencial dano que pode ser gerado pelas atividades industriais, empresas brasileiras adotam um gerenciamento de risco de certa forma “artificial”, que resulta em medidas de prevenção técnica efetivamente não aplicáveis, o que leva os trabalhadores a acreditarem que os riscos estão sob controle. Logo, em caso de acidente de trabalho, a estratégia se resume por meio de conceitos ultrapassados (atos inseguros) que responsabilizam os funcionários, transformando vítimas em culpados.

Na busca da redução do risco e ganho de produtividade, atualmente são inseridos robôs em ambientes industriais. No entanto, em atividades onde a automação é reduzida, a exposição aos riscos de acidente de trabalho permanecem, principalmente em setores onde os trabalhadores responsáveis por manutenção de máquinas atuam (MENEGON & RODRIGUES, 2011).

Segundo o AEPS - Anuário Estatístico da Previdência Social - (2011), um dos subsetores com maior número de acidentes de trabalho (acidente típico) foi o de “comércio e reparação de veículos automotores”, com 12,4%. Neste mesmo ano, outro risco que se mostrou preocupante em relação a acidentes de trabalho (inclui doenças do trabalho) foi o de caráter ergonômico, o qual registrou pelo INSS (Instituto Nacional de Seguro Social) cerca de 711,2 mil acidentes de trabalho, número com 0,2% de acréscimo ao ano de 2010. Dentre os 50 códigos do CID (Classificação internacional de doenças), no que diz respeito as doenças do trabalho, os mais incidentes foram: lesões no ombro (M75), sinovite e tenossinovite (M65) e dorsalgia (M54), com 20,2%, 14,2% e 7,7%, do total. Ainda, quanto as partes do corpo mais atingidas foram: ombro, o dorso (inclusive músculos dorsais, coluna e medula espinhal) e membros superiores, não informado, com 17,8%, 13,3% e 9,8%, respectivamente. Todavia, 32,8% do total de doenças do trabalho são incididos na faixa etária de 30 a 39 anos, correspondendo a faixa de idade mais atingida neste quesito.

Somente reconhecendo efetivamente os riscos ocupacionais, gerado por cada atividade, pode-se então criar medidas de prevenção adequadas a segurança e higiene ocupacional dos trabalhadores.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Identificar e avaliar os riscos ocupacionais nos processos de soldagem em oficina de manutenção de máquinas para terraplanagem.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar riscos ocupacionais de caráter físico, químicos e ergonômicos;
- b) Identificar agentes de riscos de acidentes;
- c) Apresentar medidas de controle para os riscos avaliados.

## 2 SOLDAGEM

### 2.1 SOLDAGEM DE MATERIAS METÁLICOS

A soldagem nos dias de hoje é o principal processo, pelo qual se realiza a união permanente de materiais – tais como os metais – permitindo a montagem de forma rápida, segura e econômica de conjuntos mecânicos. Em suma, esse processo de união de materiais pode ser exemplificado pela aproximação dos átomos ou moléculas das peças a serem unidas e de um material intermediário adicionado à junta, estes até uma distância mínima para a formação de ligações químicas, principalmente as ligações metálicas e de Van der Waals (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

De maneira geral, o termo “Soldagem” já foi definido ao longo da história por vários conceitos. Na literatura, a relação entre as opiniões converge no quesito da união de materiais, porém, algumas distinções ocorrem sob o ponto de vista da continuidade física e química das partes, fusão, pressão, resistência mecânica, materiais ferrosos e não ferrosos, utilização ou não de material de adição entre outros. Essas variações ocorrem devido a gama de materiais empregados no mercado tecnológico.

De acordo com Marques; Modenesi; Bracarense (2009), os processos de soldagem são classificados em dois grandes grupos, pelos quais se baseiam no método dominante na produção da solda, sendo: processo de soldagem por pressão e processo de soldagem por fusão.

No processo de soldagem por pressão (ou deformação), um esforço de pressão (ou de deformação) é realizado nas superfícies de contato, o qual supera os obstáculos da camada de óxidos (normalmente existente na microestrutura dos metais) permitindo a aproximação dos átomos a uma distância necessária para ocorrência de ligações químicas. O aquecimento de ambas as partes facilita a união das superfícies (Figura 1).

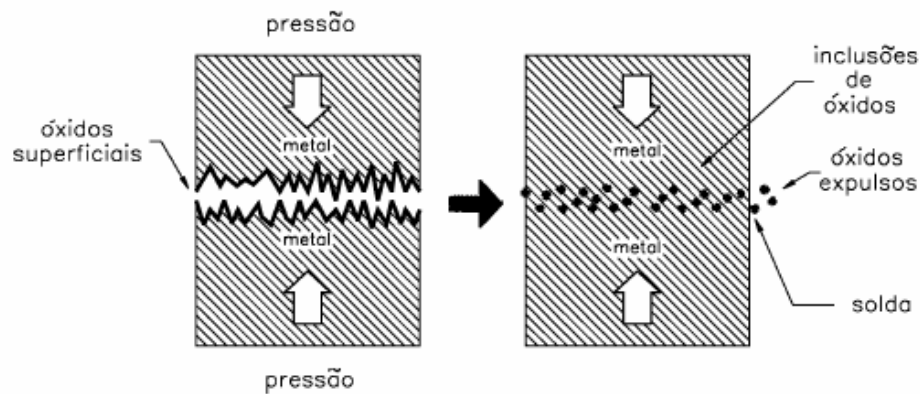


Figura 1 - Soldagem por pressão ou deformação.

Fonte: Telecurso (2000).

No processo de soldagem por fusão, a junta a ser soldada passa por um processo de aquecimento até a fusão do material de base e do material de adição (se necessário) conforme a Figura 2. O resultado é a solidificação das superfícies fundidas gerando a junta soldada (Figura 3).

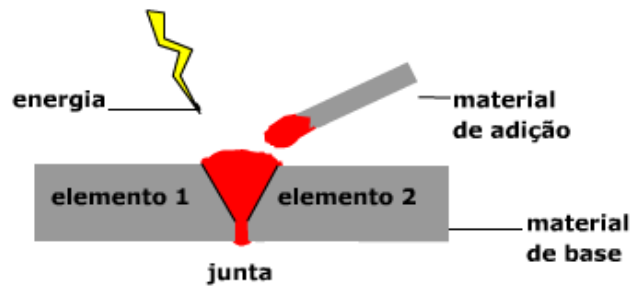


Figura 2 - Processo de soldagem por fusão usando material de adição.  
Fonte: CIMM (2014).

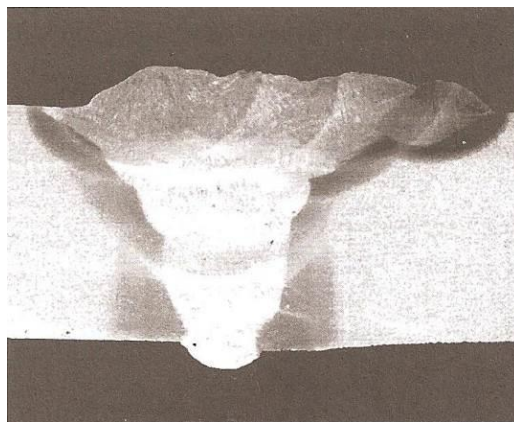


Figura 3 - Macrografia de uma junta.

Fonte: Marques; Modenesi; Bracarense (2009).

Os processos de soldagem e afins, além de serem classificados pelos tipos de fonte de energia empregada na união, classificam-se sob diferentes formas alternativas. De acordo com a AWS (American Welding Society) *apud* Marques; Modonesi e Bracarense (2009), são adotadas algumas abreviações para referenciar cada processo. No Brasil algumas abreviações foram criadas, no entanto tiveram pequenas restrições quanto a aceitação até o momento. Apesar disso, siglas de origem europeia são mais comuns, como mostrado na Figura 4.

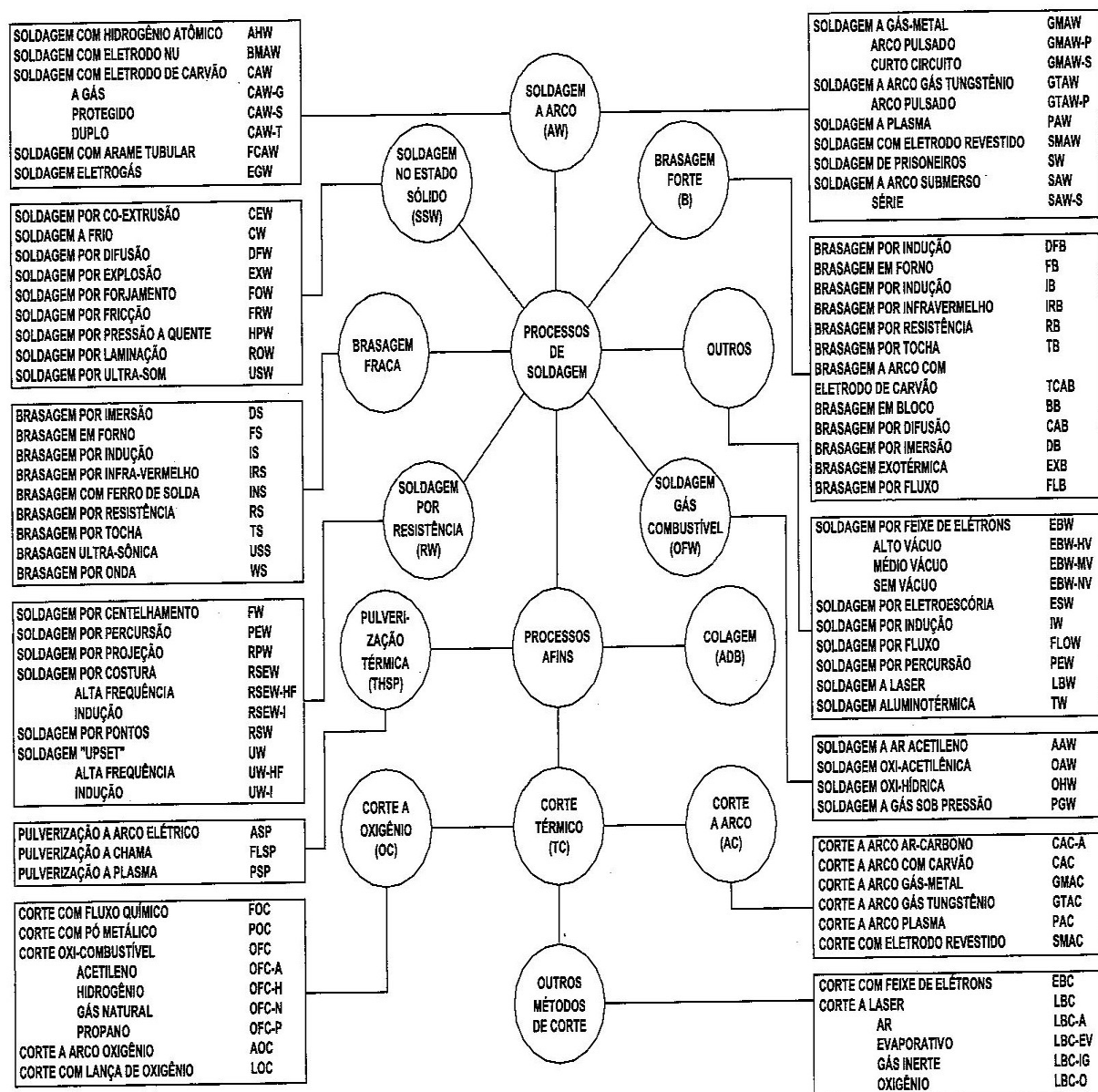


Figura 4 - Processos de soldagem e afins.

Fonte: adaptado por Marques; Modenesi; Bracarense (2009).

Um dos elementos essenciais nos processos de soldagem é a aplicação de uma fonte de energia para que ocorra a união dos materiais. No que diz respeito aos

processos mais utilizados atualmente, o emprego de energia nos processos de fusão provém de fontes de aquecimento por chama (a gás) ou por corrente elétrica (arco elétrico).

A respeito da união de materiais metálicos, a soldagem por chama (a gás) é o processo pelo qual os metais são soldados por meio de aquecimento com uma chama de um gás combustível e oxigênio (Figura 5). Quanto a soldagem a arco elétrico, é um processo de soldagem em que a fonte de calor é gerada por um arco elétrico entre um eletrodo e os materiais a serem soldados (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009). Ambos podem ser exemplificados na Figura 5.

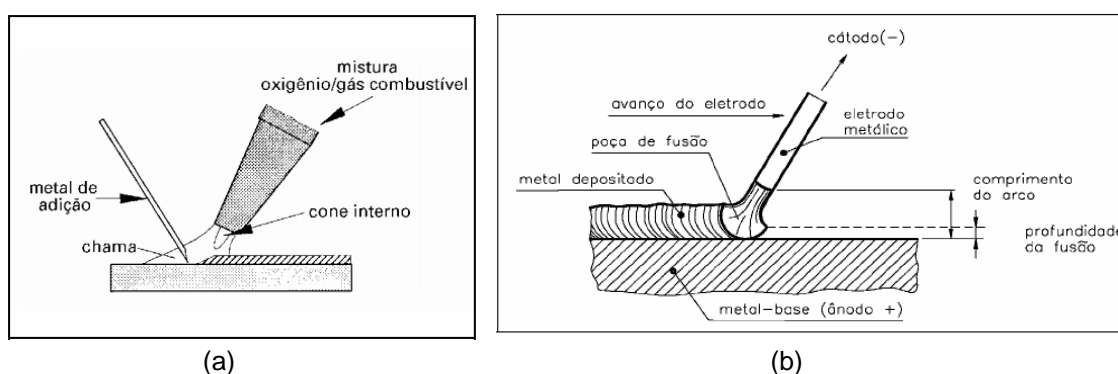


Figura 5 – a) Soldagem à Gás; b) Soldagem a arco elétrico.  
 Fonte: Telecurso (2000).

O Arco elétrico, ou arco voltaico, é formado pela passagem de uma corrente elétrica através de um gás (exemplo o ar), transformando energia elétrica em calor, ou seja, ocorre a ionização do gás, representado geralmente por uma forte luminescência (Figura 6).

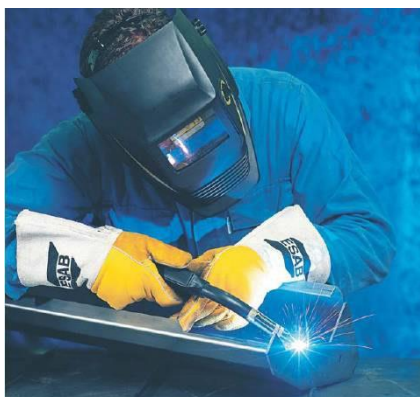


Figura 6 - Soldagem a arco elétrico (MIG/MAG).  
 Fonte: ESAB (2014).

Dentre ambos, os mais utilizados em serviços de manutenção são os processos por fusão, pelo qual uma fonte de calor funde o material de adição as partes a serem unidas (materiais de base).

Neste contexto, as operações mais comuns em empresas de diversos ramos de atividade destacam-se a soldagem elétrica e oxicom bustível. Esses processos, apesar de serem praticamente simples, necessitam por parte do usuário, de conhecimentos específicos de funcionamento e principalmente de aspectos de segurança envolvido nos mesmos (CAMPOS; LIMA; TAVARES, 2012).

## 2.2 PROCESSOS DE SOLDAGEM

### 2.2.1 Soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido (SMAW)

A soldagem SMAW (Shield Metal Arc Welding – sigla AWS) é um processo manual presente em praticamente todos os tipos de indústria que compõem em sua cadeia produtiva processos de fabricação, como também é largamente empregada em soldagem de manutenção (TELECURSO, 2000).

Segundo SENAI-SP (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, São Paulo) (2013), o processo de soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido ou SMAW é um processo de soldagem por fusão, onde é mantido um arco elétrico entre o metal de base e o eletrodo (revestido), onde ambos são fundidos numa poça de fusão, a qual é protegida da atmosfera ( $O_2$  e  $N_2$ ) por gases provenientes da combustão do revestimento do eletrodo. Ainda, o metal depositado e as “gotas” de metal fundido recebem uma proteção adicional por um banho de escória, formada pela queima de alguns componentes do revestimento do eletrodo (Figura 7).

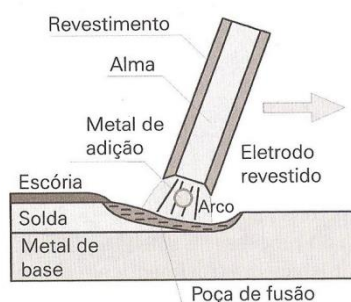


Figura 7 - Esquema de uma soldagem com eletrodo revestido.  
Fonte: Marques; Modenesi; Bracarense (2009).

O motivo pelo qual caracteriza o nome desse processo é devido a constituição do material de adição, nesse caso o eletrodo. O mesmo é constituído de uma vareta metálica (chamada “alma” - Figura 7), trefilada ou fundida que conduz corrente elétrica para formação do arco elétrico, encoberta por uma camada formada por vários materiais que formam o revestimento do eletrodo.

### 2.2.1.1 Equipamentos para soldagem

Num posto de trabalho manual para efetuar a união de materiais por soldagem com eletrodo revestido, alguns equipamentos são necessários para execução deste processo na soldagem de materiais metálicos. Os equipamentos em gerais são: fonte de energia, condutores elétricos, porta-eletrodo, eletrodo (consumível), grampo de retorno (cabo terra), ferramentas (picadeira, escova de aço), EPC (equipamento de proteção coletiva), EPI's (equipamentos de proteção individual) exemplificado na Figura 8, no entanto, cada elemento será discutido separadamente no decorrer do trabalho.

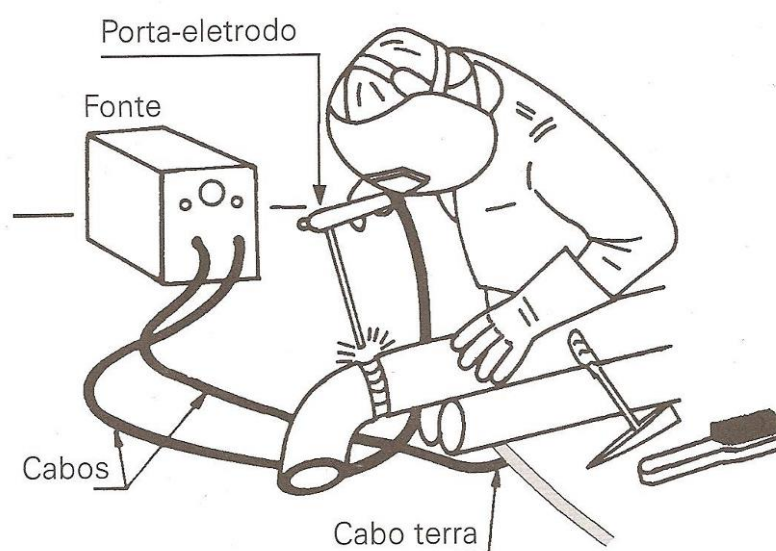


Figura 8 - Equipamentos operacionais para soldagem com eletrodo revestido.  
Fonte: Marques; Modenesi; Bracarense (2009).



### 2.2.1.1.1 Fonte de energia para soldagem

Na soldagem SMAW, geralmente a execução é feita manualmente pelo operador (soldador), isto caracteriza sua versatilidade no processo. Por outro lado, o controle do arco elétrico e a deposição do material fundido no cordão de solda são de responsabilidade exclusiva do operador do equipamento. Se tratando do arco elétrico, o comprimento e a manutenção são garantidos pelo operador no decorrer da fusão e execução do cordão de solda. Nesse processo, quem propicia a formação do arco elétrico são as fontes de energia, que podem ser CC ou CA (Corrente Contínua e Corrente Alternada, respectivamente), as quais fornecem tensões e correntes adequadas para a soldagem (Figura 9).

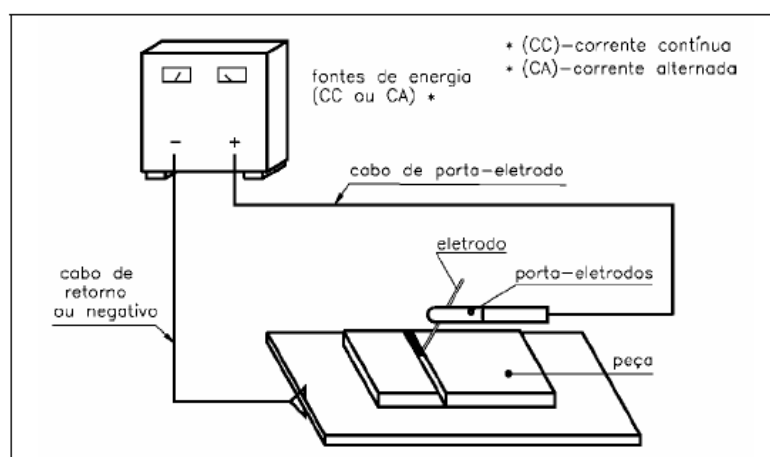


Figura 9 - Fontes de energia em soldagem SMAW.  
Fonte: Telecurso (2000).

Segundo SENAI-SP (2013), três tipos de fontes se enquadram nessas características, sendo os transformadores (fornecem CA), os transformadores-retificadores e os geradores (fornecem CC). Na utilização de CC, há dois tipos de ligação: polaridade direta (metal de base ligado no pólo positivo e porta eletrodo no pólo negativo), enquanto polaridade inversa é ligada invertida da forma anteriormente citada, conforme exemplos da Figura 10.

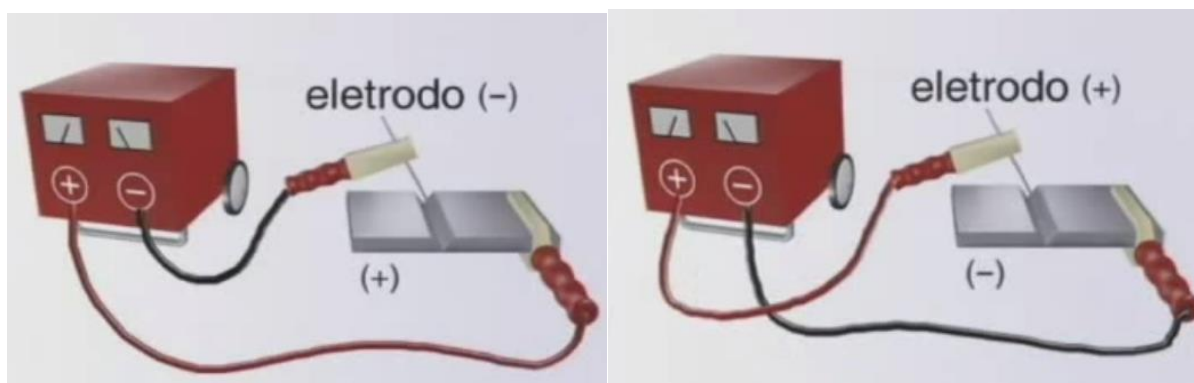


Figura 10 - Tipos de ligação de CC: polaridade direta e inversa.  
Fonte: Telecurso (2000).

As fontes de CA possibilitam apenas um tipo de ligação, já que a corrente nesse contexto tem sua inversão ocorrendo de forma cíclica de acordo com a frequência projetada. Segundo SENAI-SP (2013), na utilização de CA há mais chances de obter um arco instável, pois ocorre a alternância da polaridade da corrente elétrica e também manter o arco elétrico torna-se muito mais difícil, além do mais em casos de utilização de eletrodos com diâmetros pequenos que demandam de valores baixos de corrente.

#### 2.2.1.1.2 Acessórios para soldagem

Para garantir um arco elétrico estável na formação de massa de fusão (além da habilidade do soldador) é necessário garantir que os contatos elétricos entre pólos estejam efetivamente fixados nos respectivos componentes. Para isso são essenciais alguns acessórios como o porta eletrodo e o grampo de retorno. Quanto ao primeiro, sua função é prender firmemente o eletrodo e energizá-lo. O segundo, também chamado popularmente de “terra”, é fixado no material de base ou parte condutora da região a ser soldada, isso pode variar de acordo com o tipo de fonte utilizado. No caso de fonte de CC, depende de qual polaridade é escolhida pra realização da soldagem. A Figura 11 ilustra os dois componentes.

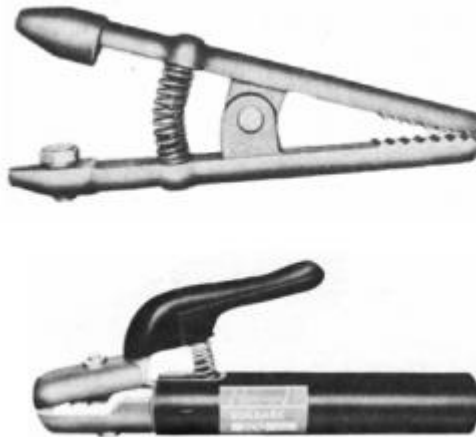


Figura 11 - Acima: grampo de retorno; abaixo: porta eletrodo.  
Fonte: Telecurso (2000).

Outro fator de extrema importância no processo de soldagem é a limpeza pré e pós-fusão dos materiais na união. Para efetuar a remoção de sujeitas, poeiras entre outros particulados na região do cordão de solda utiliza-se a escova de fios de aço. Para remoção de respingos de gotas fundidas e retirada de escória no cordão de solda é utilizada a “picadeira”, uma espécie de martelo com um dos lados em forma de talhadeira e outro em forma de ponta (Figura 12).



Figura 12 - Direita: picadeira e a esquerda escova de aço.  
Fonte: Telecurso (2000).

Os acessórios de maior importância nos processos de soldagem são de caráter de segurança e serão discutidos individualmente em medidas de controle (Resultados e discussões).

### 2.2.1.1.3 Cabos de ligação (condutores elétricos)

De acordo com Marques; Modenesi; Bracarense (2009), os cabos (condutores elétricos) exercem a função de conduzir a corrente elétrica da fonte ao porta eletrodo e do material de base até a fonte. Podem ser de cobre ou de alumínio com alta flexibilidade para o fácil manuseio, constituído por uma camada isolante resistente a abrasão e de limpeza acessível. O dimensionamento dos condutores devem seguir três fatores de acordo com a aplicação, conforme a Tabela 1.

O uso inadequado de condutores fora das especificações definidas, muito espessos ou muito finos para uma determinada aplicação, conexões deficientes ou sujas, podem ocasionar superaquecimentos dos cabos, percas de energia elétrica e variações na qualidade da soldagem (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

Tabela 1 - Diâmetros de cabos de cobre para soldagem.

Corrente Soldagem (A)	Ciclo de Trabalho (%)	Diâmetro do cabo (mm) em função do Comprimento total (m)				
		0 – 15	15 – 30	30 – 46	46 – 61	61 – 76
100	20	4	5	6	6,5	7,5
180	20 – 30	5	5	6	6,5	7,5
200	60	6,5	6,5	6,5	7,5	8
200	50	6	6	6,5	7,5	8
250	30	6	6	6,5	7,5	8
300	60	8	8	8	9	10
400	60	9	9	9	10	12
500	60	9	9	9	10	12
600	60	9	9	9	12	2x10

Fonte: Marques; Modenesi; Bracarense (2009).

### 2.2.1.2 Eletrodos (materiais de adição – consumíveis)

Os eletrodos (material de adição) neste processo são consumíveis, ou seja, fundem-se com o metal de base para formar o cordão de solda na união de materiais. Como já mencionado anteriormente, o eletrodo revestido é formado por uma vareta metálica (alma) e encoberto por uma camada formada por diversos materiais chamada de revestimento (Figura 13).

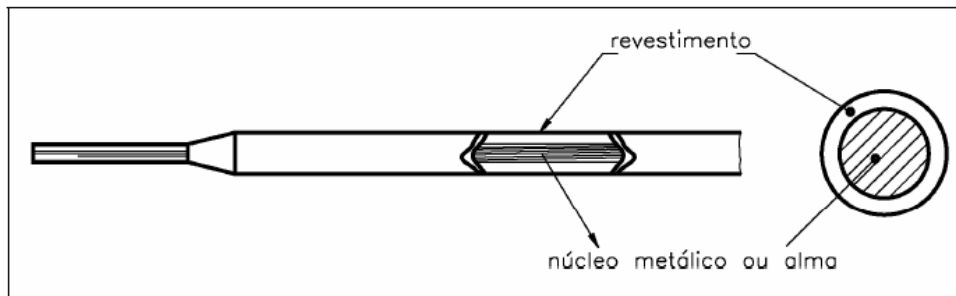


Figura 13 - Ilustração de um eletrodo revestido.  
Fonte: Telecurso (2000).

Segundo Marques; Modenesi; Bracarense (2009), as principais funções do revestimento são:

- Estabilizar o arco elétrico;
- Ajustar a composição química do cordão pela adição de elemento de liga e eliminação de impurezas;
- Proteger a poça de fusão e o metal de solda contra contaminação pela atmosfera, através da geração de gases e de uma camada de escória e;
- Conferir características operacionais, mecânicas e metalúrgicas ao eletrodo e a solda.

A escolha correta do eletrodo é um fator limitante para a execução de uma soldagem de boa qualidade. De tal forma, um eletrodo ideal para várias aplicações, na prática não existe, cada caso deve ser analisado com cautela para escolha mais correta. Com isso, há uma grande oferta no mercado com um grande número de eletrodos que apresentam diferentes características operacionais, que podem ser aplicados em vários materiais e produzem características de soldagem diferentes. Em virtude disso, há diferentes sociedades que classificam os eletrodos de acordo com um sistema. No Brasil, as classificações mais usadas são as propostas pela AWS, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Especificação AWS para classificação de eletrodos revestidos.

<b>Especificação</b>	<b>Tipo do eletrodo</b>
AWS A 5.1	Aços carbono
AWS A 5.3	Alumínio e suas ligas
AWS A 5.4	Aços inoxidáveis
AWS A 5.5	Aços de baixa liga
AWS A 5.6	Cobre e suas ligas
AWS A 5.11	Níquel e suas ligas
AWS A 5.13	Revestimentos (alma sólida)
AWS A 5.15	Ferros fundidos
AWS A 5.21	Revestimento (alma tubular com carboneto de tungstênio)

Fonte: Marques; Modenesi; Bracarense (2009).

Outras informações necessárias para classificação do eletrodo revestido é conhecer qual é o tipo do revestimento que recobre a alma (núcleo metálico). Segundo Marques; Modenesi; Bracarense (2009), os revestimentos dos eletrodos são separados de acordo com a sua formulação, tais como: oxidante, ácido, rutilico, básico e celulósico.

Alguns revestimentos podem conter adição de pó de ferro, o qual durante a fusão é incorporado ao material de base, aproveitando a energia do arco elétrico e ajudando a estabilizá-lo.

Considerando os eletrodos de aço carbono de baixa liga, a AWS classifica os mesmos sob um conjunto de algarismos e letras fornecendo informações a respeito, conforme a Figura 14.

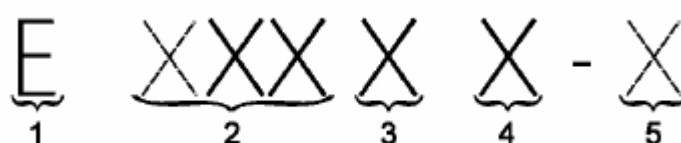


Figura 14 - Conjuntos de números e letras que classificam o eletrodo.  
Fonte: Telecurso (2000).

Dessa forma, os números especificados abaixo de cada letra/algarismo têm os seguintes significados:

1. A letra E significa eletrodo para soldagem a arco elétrico;
2. Os dois primeiros dígitos, que também podem ser três, indicam o limite mínimo de resistência à tração que o metal de solda admite. Eles devem ser multiplicados por 1.000 para expressar a resistência em psi (*pound per square inch*), que quer dizer

libra por polegada quadrada, uma unidade de medida de pressão equivalente a uma libra-força por polegada quadrada ou a 6,895 Pa (Pascal).

3. O dígito seguinte indica as posições de soldagem nas quais o eletrodo pode ser empregado com bons resultados, sendo os possíveis valores iguais a:

- 1 (Todas as posições);
- 2 (Posição horizontal, para toda solda em ângulo, e plana);
- 3 (Posição vertical descendente, horizontal, plana e sobre cabeça).

4. O dígito que vem em seguida vai de zero a oito (Figura 15) e fornece informações sobre:

- A corrente empregada: CC com polaridade negativa ou positiva, e CA;
- A penetração do arco;
- A natureza do revestimento do eletrodo.

4º dígito	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Tipo de corrente	CC <sup>+</sup>	CC <sup>+</sup> CA	CC <sup>-</sup> CA	CA CC <sup>+</sup> CC <sup>-</sup>	CA CC <sup>+</sup> CC <sup>-</sup>	CC <sup>+</sup>	CA CC <sup>+</sup>	CA CC <sup>-</sup>	CA CC <sup>+</sup>
Tipo do arco	Intenso com salpico	Intenso	Médio sem salpico	Leve	Leve	Médio	Médio	Leve	Leve
	Grande	Grande	Média	Fraca	Média	Média	Média	Grande	Média
Revestimento	XX10 celulósico silicato de sódio XX20 óxido de ferro XX30 óxido de ferro	Celulósico com silicato de potássio	Dióxido de titânio e silicato de sódio	Dióxido de titânio e silicato de potássio	Dióxido de titânio, silicatos, pó de ferro (20%).	Calcário, silicato de sódio.	Dióxido de titânio, calcário, silicato de potássio	Óxido de ferro silicato de sódio, pó de ferro	Calcário, dióxido de titânio, silicatos, pó de ferro (25 a 40%)

Figura 15 - Designação do quarto dígito do sistema de classificação.  
Fonte: Telecurso (2000).

5. Grupo de letras e números (nem sempre utilizados) que podem indicar a composição química do metal de solda.

### 2.2.2 Soldagem a arco elétrico com proteção gasosa – MIG/MAG (GMAW)

A soldagem GMAW (Gas Metal Arc Welding) é de um modo geral semelhante ao processo SMAW no quesito fonte de geração de calor para fusão de material base/adição, na qual utiliza também um arco elétrico para realização do processo. No entanto, sua peculiaridade é devido a forma de proteção gasosa, que

como a sigla exemplifica, é realizada por intermédio de um gás de proteção (função do revestimento no processo SMAW).

Segundo Marques; Modenesi; Bracarense (2009), os termos MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas) caracterizam o tipo do gás de proteção, sendo o primeiro um gás inerte e o outro um gás ativo. Dessa forma, a proteção do arco elétrico e da região da solda por contaminantes atmosféricos é efetuada por esses gases, já que o material de adição nesse processo é nu, consumível e ausente de revestimento de proteção. A Figura 16 exemplifica esquematicamente o processo.

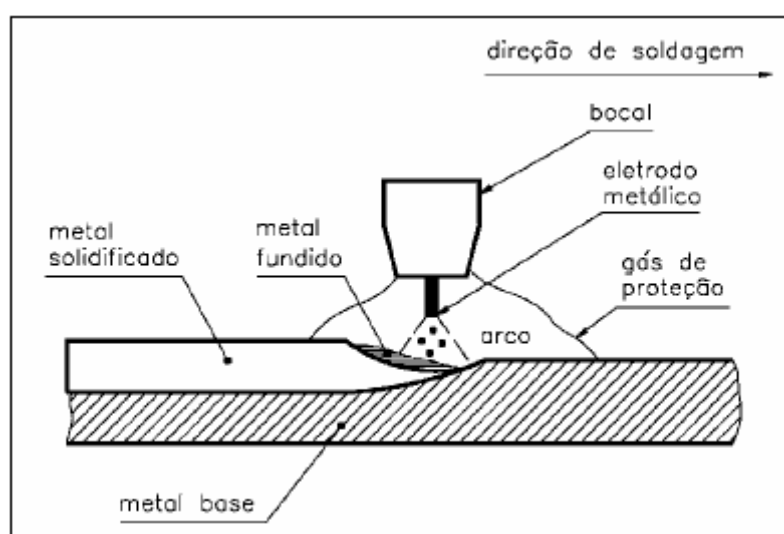


Figura 16 - Esquema de soldagem MIG/MAG.

Fonte: Telecurso (2000).

Pode-se dizer que o processo MIG/MAG é semiautomático, pois a manutenção do arco elétrico é mantida pela alimentação contínua do arame eletrodo realizada mecanicamente por um alimentador motorizado. De acordo com Marques; Modenesi; Bracarense (2009), esse processo pode empregar materiais para soldagem numa ampla faixa de espessura, tanto em materiais ferrosos e não ferrosos. Neste contexto, o processo MAG caracteriza-se pela soldagem de materiais ferrosos, tendo como gás de proteção o  $\text{CO}_2$  ou misturas ricas neste gás, por outro lado a soldagem MIG é empregada em materiais ferrosos e não ferrosos, tais como: alumínio, cobre, magnésio, níquel e suas ligas, e conta com proteção gasosa inerte (gás hélio, argônio).

Em suma, o processo de soldagem MIG/MAG tem sido utilizado na fabricação e manutenção de equipamentos e peças metálicas, recuperação de



peças desgastadas, recobrimento de superfícies com materiais especiais, amplamente empregados na indústria automobilística, ferroviária, pontes rolantes, vigas, escavadeiras, tratores entre outros (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009; SENAI-SP, 2013).

### 2.2.2.1 Equipamentos gerais para soldagem MIG/MAG

De uma forma operacional, os equipamentos utilizados no processo GMAW são semelhantes ao processo SMAW, com exceção do uso do gás de proteção e forma de aplicação do consumível (metal de adição). Se tratando do processo semiautomático, a Figura 17 apresenta os equipamentos necessários para aplicação do processo MIG/MAG.

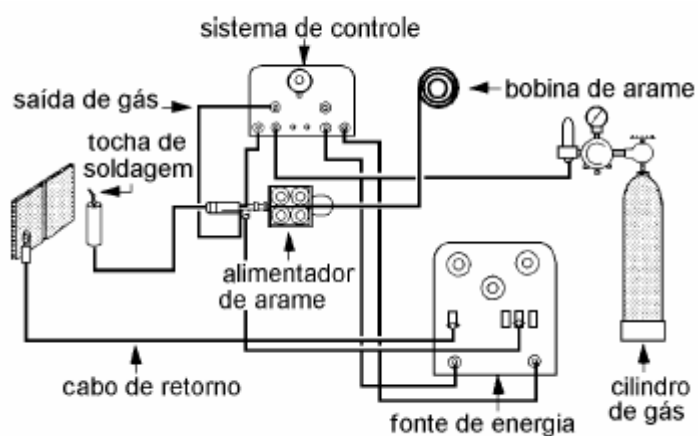


Figura 17 - Equipamentos empregados no processo MIG/MAG.  
Fonte: Telecurso (2000).

De acordo com Marques; Modenesi; Bracarense (2009), o equipamento básico para a soldagem MIG/MAG (como mostrado na Figura 17) é composto por uma fonte de energia, um alimentador de arame, uma tocha de soldagem e uma fonte de gás protetor, além de cabos e mangueiras.

As fontes utilizadas nesse processo são geralmente constituídas por um transformador-retificador que trabalha com CC, tensão elétrica constante e polaridade inversa. Quanto a tocha de soldagem, é responsável pelo contato elétrico entre o bico de contato e o eletrodo consumível, guiar o arame eletrodo e envolver a poça de fusão com o gás de proteção conforme exemplificado na Figura 18. Quanto

ao alimentador do arame (motor elétrico), é o conjunto que permite desenrolar o eletrodo consumível (em forma de arame) de forma constante ajustável e encaminhá-lo até a tocha. (SENAI-SP, 2013).

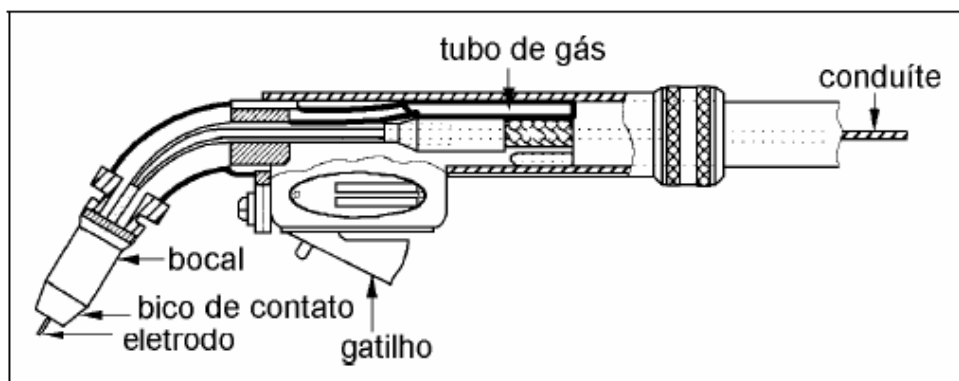


Figura 18 - Ilustração da tocha de soldagem.  
Fonte: Telecurso (2000).

A fonte de gás no processo MIG/MAG, como mencionado anteriormente, é responsável pela proteção da poça de fusão, e normalmente é proveniente de um cilindro de gás (ou mistura de gases), contendo reguladores de pressão e/ou vazão específica (Figura 19) (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).



Figura 19 - Cilindro e reguladores de pressão (Manômetros).  
Fonte: Acervo do autor.

### 2.2.2.2 Consumíveis (arame eletrodos – materiais de adição e gás de proteção)

Os consumíveis no processo de soldagem MIG/MAG são principalmente o arame eletrodo (material de adição), gás de proteção (proteção gasosa) e em várias situações a utilização de um líquido para proteção da tocha contra respingos e áreas adjacentes.

Os arames eletrodos para soldagem MIG/MAG são fabricados com metais ou ligas metálicas tais quais: aço inoxidável, aço com alto teor de cromo, aço carbono, aços de baixa liga, alumínio, cobre, níquel, titânio e magnésio. Sua composição química, dureza, superfície e dimensões são controladas e normalizadas. A norma da AWS que rege a classificação dos eletrodos consumíveis para aço-carbono é representada por um conjunto de letras e algarismos respectivamente: ER XXXY-ZZ (TELECURSO, 2000). Neste contexto tem-se:

- As letras ER são usadas sempre juntas e se referem ao consumível aplicável em processos de soldagem TIG, MIG, MAG e arco submerso;
- Os próximo dois ou três dígitos referem-se a resistência a tração mínima do metal depositado em  $10^3$  PSI;
- O dígito Y pode ser um S para arame sólido, T para arame tubular e C para arames indicados para revestimentos duros;
- A letra Z indica a classe de composição química do arame e outras características.

Conforme Marques; Modenesi; Bracarense (2009), os gases utilizados para proteção podem ser inertes, ativos ou a mistura destes. A utilização de diferentes tipos de gases influencia em parâmetros como: características do arco, transferência metálica, penetração, largura e formato do cordão, velocidade máxima de soldagem, custo de operação entre outros. De um modo geral, os gases inertes puros (Hélio e Argônio) são utilizados principalmente na soldagem de metais não ferrosos enquanto na soldagem de metais ferrosos a adição de pequenas quantidades de

gases ativos (contém oxigênio –  $\text{CO}_2$ ) melhoram a estabilidade do arco e a transferência metálica.

A Figura 20 mostra a seção transversal de cordões de solda empregados diferentes gases e misturas de gases.

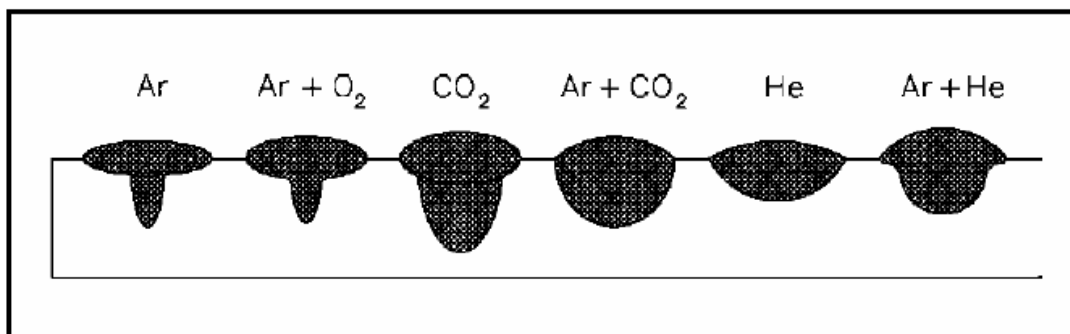


Figura 20 - Perfil característico de aplicação de diferentes gases e misturas em cordões de solda. Fonte: Telecurso (2000).

Por fim, alguns líquidos anti-respingos são usados para facilitar a remoção de respingos de metal fundido no bocal de soldagem. Contudo, seu excesso pode acarretar problemas de adesão em casos de aplicação de camadas protetoras pós-soldagem como pinturas e vernizes.

### 2.3 SEGURANÇA NO TRABALHO

A Higiene do Trabalho é denominada no Brasil como a ciência responsável pelo estudo do ambiente de trabalho e as doenças decorrentes das atividades realizadas na jornada de trabalho. Esta definição contemplada como ciência, decorre de fatos comprováveis, empíricos e analisáveis por métodos científicos. Dessa forma, é designada pelo caráter essencialmente preventivo, pois suas ações devem se fundamentar primordialmente na prevenção de exposição e estudos epidemiológicos prospectivos (FUNDACENTRO, 2004).

A discussão da relação saúde-doença e as condições laborais é cada vez mais frequente devido a altos índices de acidentes de trabalho em condições adversas, no qual a higiene e segurança do trabalho vêm atuando de forma preventiva para melhorar as condições dos trabalhadores. As dificuldades enfrentadas devido as atividades desenvolvidas em muitos setores são

consideráveis, pois são vários os agentes de riscos atuantes num mesmo local de trabalho.

Esses riscos podem ser classificados de acordo com sua natureza e forma com que atuam no organismo humano. A Tabela 3 exemplifica alguns agentes que podem ser encontrados num ambiente de trabalho.

Tabela 3 - Exemplos de agentes que podem ser encontrados no ambiente de trabalho.

Riscos Físicos	Riscos Químicos	Riscos Biológicos	Riscos Ergonômicos	Riscos de Acidente
Verde	Vermelho	Marrom	Amarelo	Azul
Ruído	Poeiras	Vírus	Trabalho físico	Eletricidade
Vibrações	Fumos	Bactérias	Pesado	Animais Peçonhentos
Rad. Ionizantes	Vapores	Fungos	Postura Incorreta	Iluminação
Rad. não Ionizantes	Gases	Bacilos	Monotonia	Arranjo Físico
Pressões Anormais	Névoas	Protozoários	Ritmo Excessivo	Armazenamento
Temp. Extremas	Produtos Químicos em Geral	Parasitas	Trabalhos Noturnos	Incêndio ou Explosão
Umidade			Treinamento Inadequado/ Inexistente	Proteção de Máquinas Ferramentas Inadequadas

Fonte: SENAI-PR (2012).

Segundo Milanez & Porto (2011), uma estratégia para evitar o adoecimento de trabalhadores expostos a algum tipo de risco, é o monitoramento da exposição aos riscos sobre o ambiente ou sobre os próprios trabalhadores (ex: riscos químicos ou físicos). O monitoramento no ambiente pode ser de forma qualitativa ou quantitativa, analisando o ar, solo ou água, tanto quanto nas proximidades das empresas e principalmente no posto de trabalho, realizado de diversas formas, como dosímetros de exposição, exames periódicos, erros operacionais anteriores, ou seja, análise de falhas por intermédios de registros, análises de incidentes e acidentes já ocorridos.

### 2.3.1 Segurança em processos de soldagem elétrica

A segurança em processos de soldagem e suas considerações são essenciais, pois os riscos envolvidos nessas atividades são inúmeros e podem gerar sérios danos aos profissionais, equipamentos e instalações (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

Nas operações de soldagem, a maioria dos acidentes estão relacionados a lesões e danos materiais. Tais eventos podem ser exemplificados como:

queimaduras, intoxicações, danos oculares, corpos estranhos nos olhos, choques elétricos, cortes e abrasão em mãos e pés, explosão, incêndios e óbitos. Acidentes semelhantes aos citados, são relacionados as violações de práticas seguras, que muitas vezes não estão descritas em procedimentos e principalmente pela utilização de equipamentos mal inspecionados e defeituosos (CAMPOS; LIMA; TAVARES, 2012).

Segundo Campos; Lima e Tavares (2012) é de extrema importância que os trabalhadores tenham conhecimentos sobre os equipamentos utilizados, materiais de proteção, acessórios e medidas de controle para cada risco e processo. Com relação as operações de soldagem em geral, algumas NR's (Normas Regulamentadoras) abordam algumas considerações sobre esse tema. Tais quais:

- NR-18: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção.  
Esta norma possui um capítulo referente a operações de soldagem e corte a quente numerada 18.11. Em resumo, a mesma trata de condições quanto a qualificação, ventilação, dispositivos de proteções manuais, anteparos, riscos de explosões, incêndios, espaços confinados, aterramento, isolamentos entre outros.
- NR-34: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção e reparação naval.  
Possui o item 34.5 nomeado trabalho a quente, o qual conduz medidas de ordem geral, caracterizando procedimentos referentes a: Trabalho a quente, inspeções preliminares em locais de trabalho, proteção contra incêndio, controle de fumos e contaminantes, utilização de gases, manutenção e instalações de cilindros, equipamentos elétricos, APR (análise preliminar de risco) entre outras providências.

#### 2.3.1.1 Riscos em processos de soldagem SMAW e GMAW

Os processos SMAW e GMAW (processos a arco elétrico) são muito usados na indústria metalúrgica. Esses processos possuem um arco voltaico que gera temperaturas de até 4.000°C, ou seja, 50 a 60% da energia elétrica é transformada em energia térmica, sendo que o restante é dissipado sob a forma de energia

radiante (ultravioleta, infravermelho e luz visível) e reações químicas. Quanto aos processos que utilizam gases de proteção (MIG/MAG) tais como hélio e argônio, são caracterizados como substâncias asfixiantes, inodoras e incolores (CAMPOS; LIMA; TAVARES, 2012).

Se tratando de processos de soldagem, riscos semelhantes podem ser encontrados em vários processos. Isto se deve a tecnologia empregada ao processo de fusão dos materiais de adição aos materiais de base, por exemplo: fusão de materiais por arco elétrico. Dessa forma, pode-se segregar os riscos dentro dos processos para facilitar a conceituação, sendo que os mesmo são simultaneamente gerados.

#### 2.3.1.1.1 Riscos físicos

De acordo com Rodrigues (2011), riscos físicos são agentes com a capacidade de modificar as características físicas do meio e agredir quem estiver imerso nele. Dentre os riscos principais que podem afetar a saúde do trabalhador em processos de soldagem segundo Campos; Lima e Tavares (2012) são os agentes físicos: ruído, calor e radiações não ionizantes.

Sons e ruídos, em muitos casos são confundidos e tratados como sendo a mesma coisa. Segundo SENAI-SP (2013), o ruído é caracterizado pelo conjunto de vários sons não coordenados, desagradáveis e contendo várias frequências, os quais causam desconforto e encômodo.

Quanto aos limites de exposição ao ruído, a legislação brasileira definiu por decreto, tempos máximos de exposição (em horas por dia de trabalho). Esses limites fixam tempos máximos em função dos níveis de ruído que cada atividade ou tarefa profissional é desenvolvida (SENAI-SP, 2013).

A legislação citada trata-se da NR 15, anexo 1 (portaria nº 3.214/1978 do Ministério do Trabalho e Emprego) o qual refere-se aos “limites de tolerância para exposição ao ruído contínuo ou intermitente”, mostrado na Figura A.1 (Anexo A). Nesta NR é abordado parâmetros de mensuração dos níveis de pressão sonora (ruído) tanto quanto tempos para exposição.

Em processos de soldagem, os ruídos são geralmente produzidos pelas máquinas de solda (fontes retificadoras), arco voltaico ou do próprio ambiente de

trabalho. Acima dos limites de tolerância de acordo com o tempo de exposição pode ocasionar perda auditiva. Em casos necessários o uso incorreto do protetor auricular ou o não uso pode acarretar problemas. Em curtos e médios prazos sem proteção adequada alguns sintomas podem surgir tais como: irritabilidade, insônia, estresse, alteração do suco gástrico entre outros (CAMPOS; LIMA; TAVARES, 2012).

Outro risco físico é o Calor. Segundo Coutinho (2011), os fluxos de calor podem ocorrer por convecção, radiação e por evaporação entre uma pessoa e o ar. Dessa forma a vestimenta exerce um papel importante na transmissão de calor desses três tipos de transferência, sendo a convecção e evaporação proporcionais a velocidade do ar, enquanto a radiação depende do acabamento e cor das superfícies envolvidas.

Graças ao sistema de termoregulação, toda pessoa submetida a um balanço térmico tem um saldo nulo (dentro dos limites normais). Variáveis como: metabolismo, resistência térmica das vestes, temperatura radiante média, umidade e velocidade do ar estão envolvidas nesse balanço térmico. Todavia, quanto mais distantes forem as condições térmicas reais das condições de conforto, maior será o esforço despendido do sistema termoregulador ocasionando o desconforto térmico (COUTINHO, 2011).

Para se avaliar tais condições de conforto, o anexo 3 da NR15 trata de limites de tolerância para a exposição ao calor, o qual é feito em relação ao IBUTG (Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo). Esse índice é calculado em função do regime de trabalho intermitente (com descanso no local de trabalho ou fora), taxa metabólica e tempo de exposição e descanso, conforme Figuras B.1, B.2 e B.3 (Anexo B).

De acordo com SESI (Serviço Social da Indústria) (2007), além do índice de IBUTG há outras considerações para avaliação do calor que é abordada pela ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists), a qual leva alguns parâmetros em conta, tal qual: monitoramento da carga orgânica, implementação de rotinas administrativas em controle de calor em atividades de sobrecarga térmica severa, intensa atividade física ou carga radiante, atividades que utilizem trajes que impeçam a transpiração, frequência cardíaca entre outros.

Em suma, sob altas temperaturas nos processos de soldagem, o operador esta protegido contra superfícies quentes, respingos de solda se vestido



devidamente com EPI's adequados. Porém, o calor pode gerar queimaduras, câibras, exaustão do calor, desidratação e choque térmico (CAMPOS; LIMA; TAVARES, 2012).

Ainda, em relação a riscos físicos tem-se a energia luminosa gerada pelo arco voltaico. Na presença dos gases ionizados, devido a altas temperaturas onde o arco elétrico é formado, tem-se a geração de radiação eletromagnética intensa na forma de IV - Infravermelho, LV - Luz Visível e UV - Ultravioleta (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

Tais tipos de radiações mencionadas anteriormente são denominadas como radiações não ionizantes. Segundo Másculo (2011), radiações desse tipo não produzem ionização, ou seja, não tem a capacidade de gerar energia para emitir elétrons de átomos ou moléculas com os quais interagem.

A radiação IV (ou calor irradiante) é emitida por corpos aquecidos onde o principal efeito é o aquecimento tendo sua penetração em poucos milímetros e está presente em processos com chama, arco, poça de fusão e partes aquecidas. Alguns efeitos quanto a exposição a radiação IV são: sobrecarga térmica, queimadura de pele e catarata em exposições crônicas (SENAI-SP, 2013).

Quanto a radiação UV, de acordo com SENAI-SP (2013), a mesma é emitida por todos os tipos de arco elétrico, tendo maior intensidade em processos protegidos como MIG/MAG. Queimaduras de pele tipo solar (eritema) e conjuntivite-queratite (inflamação da córnea) são efeitos de exposição a esse tipo de radiação. Não há sensação no momento da exposição, sendo que os efeitos são retardados de 6 a 12 horas, onde há bronzeamento da pele em um processo de aclimatação, porém, o mesmo não acontece com os olhos.

A proteção dos olhos é fundamental na prevenção de riscos, devido as radiações:

- UV (CO - comprimento de onda ( $\lambda$ ) = <280nm a 330nm) afetam a córnea;
- $\lambda$  entre 330nm a 400nm são absorvidas pela córnea e o cristalino;
- LV (780nm <  $\lambda$  > 1.400 nm) o meio de absorção são a íris e a retina;
- Radiação  $\lambda$ = 1.400 nm atinge córnea e o meio aquoso.

Em suma, radiações com  $\lambda$ = 200nm (UV) e  $\lambda$ = 2000 nm (IV) causam certos efeitos como: conjuntivite, lesões oculares e queimaduras. No entanto a emissão

das mesmas é praticamente nula em processos de soldagem (CAMPOS; LIMA; TAVARES, 2012).

#### 2.3.1.1.2 Riscos químicos

De acordo com Rodrigues (2011) são agentes (sólidos, líquidos ou gasosos) que tem a capacidade de modificar a composição química do meio ambiente. Da mesma forma que os agentes físicos, os químicos podem atingir pessoas que não estejam em contato direto com a fonte e não demandam necessariamente de um meio material para propagar, embora algumas substâncias são nocivas em contato direto provocando lesões imediatas. Principais vias de penetração são os aparelhos respiratório e digestório. Autores estimam em torno de 3000 substâncias novas lançadas anualmente no mercado sem que tenha conhecimentos os riscos envolvidos pelo manuseio das mesmas.

Segundo a NR 15, no item 9.1.5.2, são considerados agentes químicos substâncias, compostos ou produtos que possam ser absorvidos pelo organismo humano pela forma respiratória (poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores) ou possa ter contato (ou ser absorvido) pela pele ou pela ingestão.

Em processos de soldagem os gases que mais causam efeitos sobre os soldadores são o ozônio, óxido de nitrogênio, dióxido e monóxido carbono. O ozônio é um gás extremamente tóxico e em exposições intensas produzem irritações do aparelho respiratório podendo ocasionar edemia pulmonar e óbito. Óxidos de nitrogênio em concentrações baixas causam sonolência, enjoos e vômitos enquanto exposições intensas são irritantes pulmonares que podem levar a morte imediata por broncoespasmo e parada respiratória. Quanto ao dióxido de carbono é considerado como asfixiantes simples, ou seja, aumentando sua concentração diminui-se o oxigênio, e esta deficiência causa o dano. Em baixas concentrações ocasiona ação tóxica sobre a membrana celular e alterações bioquímicas e em uma concentração de 10% (por volume de ar de CO<sub>2</sub>) leva a inconsciência e ao óbito (em função da redução da pressão parcial de Oxigênio do ar aspirado). O monóxido de carbono ao entrar no organismo interfere na oxigenação dos tecidos, impedindo o organismo a

aproveitar o oxigênio, dessa forma classifica-se também como asfixiante químico (SENAI-SP, 2013).

Além disso, há também a possibilidade de vazamento do gás de proteção (GMAW), o qual utiliza gases como Ar, He e CO<sub>2</sub>. Outro elemento importante é o fumo metálico, que representa maior parte dos casos de patologias e ainda apresenta algumas dificuldades para avaliação e controle. A complexidade de avaliação é devido a quantidade e composição, pois dependem do metal de base, do processo e do eletrodo que está sendo usado (Tabela C.1 Anexo C). Os contaminantes são vários como: ferro, manganês, cromo, níquel, cobre, alumínio, chumbo, cádmio e dependendo de suas concentrações podem causar desde uma irritação ou febre até inflamação no pulmão ou câncer (CAMPOS; LIMA; TAVARES, 2012).

Veiga (2012) relaciona casos mais comuns de problemas de saúde de operadores de soldagem com fumos metálicos e óxidos metálicos, conforme Tabela C.2 (Anexo C). Por fim, dentre os gases mencionados na Tabela C.2, tal como o ozônio tem um valor menor em relação ao limite de tolerância para concentração no ar (para respiração). Se tratando de saúde, o ozônio estima-se ser entre 20 e 350 vezes mais prejudicial em relação aos outros gases mencionados na Tabela C.3 (Anexo C). Gases formados durante a soldagem, tal como o ozônio (devido a radiação UV do arco) e outros gases (formados devido a dissociação térmica ou outras reações químicas) são mostrados na Tabela C.3 (Anexo C).

#### 2.3.1.1.3 Riscos ergonômicos

Os riscos ergonômicos são agentes (máquinas ou métodos) introduzidos nos processos de trabalho, os quais de certa forma são inadequados perante as limitações do trabalhador (usuário). Os mesmos são caracterizados pela ação em um ponto específico do ambiente como também atuam apenas em quem realiza alguma tarefa que utilize o agente gerador do risco, ou seja, que exerce a atividade em questão. São alguns exemplos: postura viciosa de trabalho (equipamento projetado sem parâmetros antropométricos), dimensionamento e arranjo físico inadequado de posto de trabalho (provocando movimentos corpóreos excessivos) e

de conteúdo mental do trabalho às características do trabalhador (sobrecarga – estresse ou desprovido de conteúdo – monotonia) (RODRIGUES, 2011).

Todavia, são muitas as condições de trabalho para se ter uma solução geral para resolução de problemas ergonômicos em postos de trabalho. Logo, a análise ergonômica do trabalho é de extrema importância para avaliar as condições adversas de trabalho, principalmente em casos onde os postos laborais tendem a criar vícios posturais somados a esforços repetitivos ou serviços de precisão.

#### 2.3.1.1.4 Riscos de acidentes

Em relação a processos de soldagem, há riscos denominados riscos de acidentes, dos quais são os mais relevantes o choque elétrico, incêndio e explosão.

Segundo Marques; Modenesi; Bracarense (2009), os acidentes por choque elétrico são riscos muito sérios e constantes em operações de soldagem baseadas no uso de energia elétrica, pois podem causar lesões ou levar até a morte, seja por choque elétrico por si só ou pela queda da vítima devido a reação ao choque. Acidentes dessa dimensão são provocados pela intensidade da corrente elétrica que passa pela vítima, levando em consideração seu percurso no corpo e a duração da passagem. A Tabela 4 mostra sensações em uma pessoa normal quando submetidas a corrente de diferentes intensidades.

Tabela 4 – Efeitos fisiológicos do choque elétrico.

<b>Intensidade de corrente elétrica</b>	<b>Efeito</b>
Até 5 mA	Formigamento fraco
5 até 15 mA	Formigamento forte
15 até 50 mA	Espasmo muscular
50 até 80 mA	Dificuldade de respiração até desmaio
80 até 5 A	Fibrilação do ventrículo do coração; parada cardíaca; Queimaduras de alto grau
Acima de 5 A	Morte certa

Fonte: Marques, Modenesi, Bracarense (2009).

Veiga (2012) destaca que os resultados podem ser inócuos, dolorosos, sérios ou fatais, dependendo do tipo de corrente elétrica (AC - *Alternate Current* ou DC - *Direct Current*), tensão (circuito aberto) e principalmente das intensidades envolvidas no processo. Quanto maior a área de contato envolvida menor será a resistência oferecida, da mesma forma quanto maior a duração do choque maiores serão os riscos.

Um fator importante a observar em processos de soldagem é em relação a energia, a qual muitas vezes é improvisada em certos casos (especialmente em manutenção corretiva). Instalações adequadas devem ter tomadas blindadas espaçadas, circuitos dimensionados, aterramento na rede e também nos equipamentos de soldagem para garantir uma conexão segura (SENAI-SP, 2013).

Em relação a incêndios e explosões, tais eventos somente acontecem se estiverem presentes três elementos conjuntamente necessários, sendo eles: uma fonte de calor, um material combustível e oxigênio. Na maioria das operações de soldagem, há uma fonte de calor gerada pelo arco elétrico (ou respingos de solda) e o oxigênio do ar que circunda a solda. Dessa maneira é importante controlar e fundamentalmente evitar o contato de materiais combustíveis com as fontes de calor presente no momento da soldagem (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

Marques; Modenesi; Bracarense (2009) destaca que em operação de soldagem de manutenção, quando ocorre o reparo de tanques de combustíveis ou recipientes que armazenam combustíveis (ou materiais inflamáveis) é necessário a limpeza correta, pois há a formação de gases dentro dos mesmos e ainda preenchê-los com água parcialmente de modo a não prejudicar a soldagem.

### 2.3.2 Ergonomia no ambiente laboral

Dentre os agentes citados anteriormente, o de caráter ergonômico se mostra um dos mais críticos de acordo com acidentes de trabalho (inclui doenças do trabalho). De acordo com o AEPS (Anuário Estatístico da Previdência Social – 2011), foram registrados pelo INSS cerca de 711,2 mil acidentes de trabalho, número com 0,2% de acréscimo ao ano de 2010.

Segundo Diniz e Soares (2011), é possível organizar os três domínios que constituem a Ergonomia (Físico, Cognitivo e Organizacional), de forma que o trabalho seja favorável ao ser humano e ao processo produtivo, pois o objetivo da mesma consiste em adaptar o trabalho ao ser humano e não o inverso. No entanto, os dados atuais demonstram que cada vez mais acidentes de trabalho são parte da realidade do nosso país, que por sua vez é caracterizado pelo grande número de leis e também pelo alto índice de descumprimento da mesma, apresentando nesse

século, um acidente fatal a cada duas horas e meia (ARAÚJO, 2011; MATTOS, 2011).

Segundo Petzhold (2011), o termo ERGONOMIA, tem origem na Grécia onde seu significado é: *Ergon* (trabalho) e *nomos* (leis). De um modo geral ela relaciona o trabalho com o homem, de certa forma que adapte o trabalho ao homem e não o inverso (Diniz & Soares, 2011).

Para auxiliar as ações e práticas preventivistas, o Ministério do Trabalho e Emprego dispõe de referências de cunho legislativo correspondente as NR's (Normas regulamentadoras), pelas quais são referências nacionais na questão de higiene e segurança no trabalho. A NR que corresponde ao fator ergonômico é a de número 17. Segundo Oliveira (2011), a mesma trata de adaptações das condições de trabalho as características psicofisiológicas do trabalhador, condições de trabalho e análise ergonômica.

Com base em alguns critérios, a ergonomia analisa condições de trabalho para melhor adaptá-lo ao homem, com intuito de melhorar as atividades laborais tornando-as mais eficazes, seguras e isentas de riscos ocupacionais. Isto ocorre, pelo fato de que ao longo da jornada de trabalho, a atividade laboral leva o trabalhador a adotar posturas ocupacionais específicas da própria atividade, podendo ser mantida ou variada ao longo da jornada. Em suma, a melhor postura é escolhida pelo trabalhador de forma voluntária, sendo que, a concepção de projetos de postos de trabalho depende da atividade em questão como da postura escolhida pelo trabalhador. Sempre que possível com alternâncias de postura em pé e sentado (DINIZ & SOARES, 2011).

Outro fator que analisa questões de posturas corporais no trabalho e aplicação de forma é a biomecânica. De acordo com Diniz & Soares (2011), ela auxilia na determinação dos limites fisiológicos e da capacidade de recuperação do organismo. Ou seja, analisa forças e posturas que determinam as pressões internas ossos, tendões, músculos e articulações envolvendo atrito dos tendões, músculos e movimentos repetitivos.

Com base nisso, é possível analisar postos de trabalho para melhor adaptá-los ao homem, evitando os riscos que cada atividade pode exercer sobre cada trabalhador.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O ambiente de trabalho a ser estudado corresponde a uma empresa de manutenção de máquinas para terraplanagem, situada na cidade de Francisco Beltrão, Estado do Paraná. As atividades prestadas pela empresa correspondem a serviços de manutenção (corretiva e preventiva), comércio de peças e aluguel de equipamentos para terraplanagem. A mesma dispõe de seis funcionários referentes aos seguintes cargos: mecânicos de manutenção, administradores e operadores de máquinas.

Segundo a NR 4, as atividades prestadas pela empresa em relação ao CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas, enquadram-se no código 45.2 subitem 45.20-0 designado: Manutenção e reparação de veículos automotores (GR – Grau de Risco igual a 3). Quanto ao dimensionamento do SESMET (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho), por ser uma microempresa e não dispor de um número mínimo de funcionários (de acordo com o GR), não há especificação segundo a NR 4 para compor um serviço como tal. A Figura 21 mostra o Layout da empresa.

O desenvolvimento do PPRA teve seu início alavancado pela elaboração deste trabalho, e vem sendo desenvolvido por uma profissional egressa da IV CEEST. Os equipamentos do setor de mecânica são: prensa hidráulica, soldagem por eletrodo revestido (SMAW), MIG/MAG (SMAW), macacos hidráulicos, oxi-corte, furadeira, lixadeira, retifica móvel, diversas ferramentas manuais entre outros.

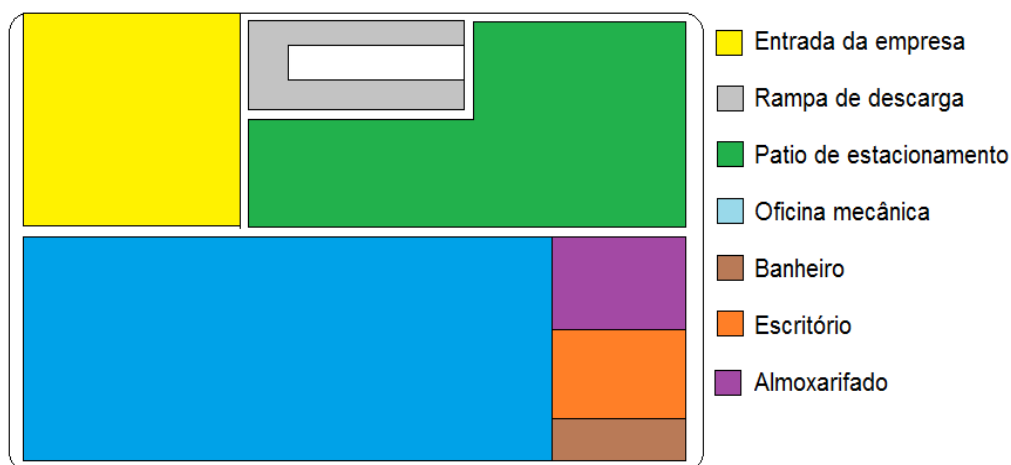


Figura 21 - Layout da empresa.  
Fonte: acervo do autor.

Os equipamentos de soldagem estão dispostos em carrinhos e são móveis ao longo do setor de manutenção, são apenas restritos ao comprimento dos condutores elétricos (ligações elétricas). Não há bancadas específicas para cada serviço, pois quando se trata de soldagem de manutenção de equipamentos pesados, muitas reparações são realizadas sem opção de desmontagem/montagem de elementos e muitos casos são restritos a partes estruturais (carcaças, elementos de máquinas não desmontáveis ou simplesmente inviáveis de serem deslocadas para a reparação como também de difícil acesso). Dessa forma, é de extrema dificuldade operacional a utilização de bancadas de soldagem para cada caso de manutenção, sendo que cada caso é diferente em termos de reparação. Outros casos compõem serviços à campo, quando o equipamento é impossibilitado de ser transportado até o local de manutenção.

As principais aplicações de soldagem na empresa são empregadas em recuperação de estruturas e soldagem de manutenção de peças/partes intercambiáveis, como mostra na Figura 22.

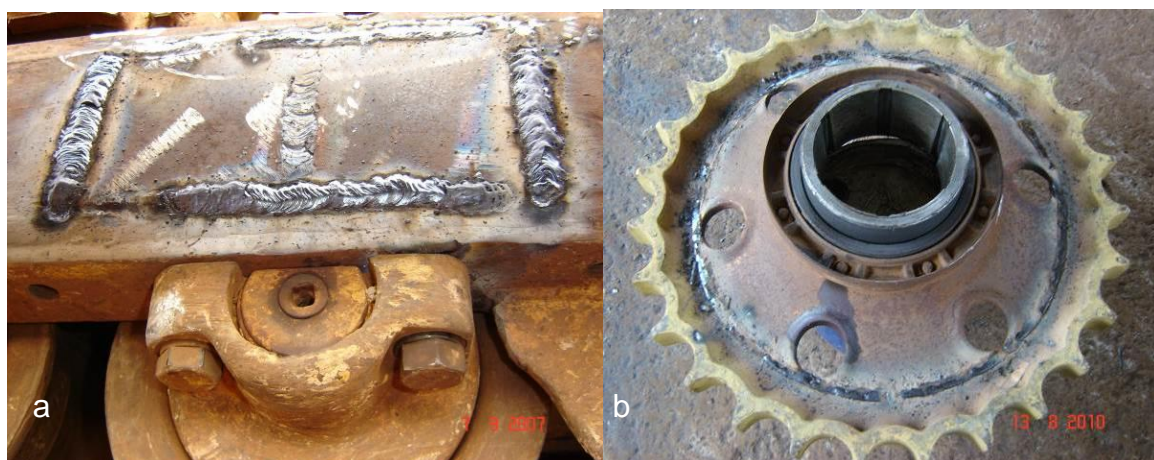


Figura 22 - a) Soldagem de estrutura lateral do truque (suporte de rolete); b) Soldagem do aro motriz direita).

Fonte: Acervo do autor.

Os processos de soldagem utilizados para reparação/manutenção dos equipamentos são: SMAW e GMAW (Bambozzi, TRR 300DC, 220V – 60Hz e Balmmer Melkler – MIG/MAG MB350K respectivamente conforme Figura 23).





Figura 23 - Processos de soldagem SMAW (esquerda) e GMAW (direita).  
Fonte: BAMBOZZI; MERLER BALMER.

Algumas especificações técnicas dos processos de soldagem citados são mostradas na Tabela D.1 e D.2 (Anexo D).

### 3.1 Avaliações dos riscos nos processos de soldagem

As avaliações dos riscos nos processos de soldagem foram realizadas de acordo com as características das fontes de risco, tais como: riscos físicos, químicos, ergonômicos e algumas considerações sobre acidentes (choques elétricos, incêndios e explosões). A ausência da avaliação do risco biológico se deu por não haver considerações sobre esse agente na literatura envolvendo processos de soldagem.

Em relação ao risco físico, foram analisados os agentes: ruído, calor e radiações não ionizantes, sendo o primeiro avaliado quantitativamente e os seguintes, de forma qualitativa. Para avaliação do ruído, foi utilizado um decibelímetro (Medidor de Nível de Pressão Sonora Digital) da marca Instrutherm, modelo DEC – 460, escala: 35 a 130 dB(A), escala de frequência: 31,5Hz ~ 8kHz, precisão:  $\pm 1,5$  dB(A), resolução: 0,1 dB(A), ponderação de A e C e resposta rápida e lenta (Fast e Slow). O mesmo pode ser visto na Figura 24.



Figura 24 - Medidor de nível de pressão sonora (digital).  
Fonte: INSTRUTHERM.

Os níveis de ruído (ruído contínuo ou intermitente) foram mensurados de acordo com os parâmetros recomendados na NR 15 (Anexo 1) – medida em decibéis (dB(A)), circuito de ponderação “A”, resposta lenta (*SLOW*).




Os agentes físicos (calor e radiação não ionizante) e químicos (fumos metálicos e gases) foram avaliados de forma qualitativa tendo como base os dados contidos em bibliografias, artigos científicos e demais materiais específicos da área de soldagem.

No que diz respeito ao risco ergonômico, as metodologias usadas foram: *Checklist* de Couto para avaliação simplificada do fator biomecânico e o método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) para avaliar o risco do trabalhador a exposição de posturas e atividades musculares e aquisição de LER/DORT (Lesão por Esforço Repetitivo e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao trabalho). Ambas as metodologias foram aplicadas com o auxílio do *software* intitulado ERGOLÂNDIA (Versão *demo*).

Por fim, algumas considerações são levantadas (bibliográficas) quanto a riscos de acidentes em processos de soldagem em relação a choques elétricos, incêndios e explosões.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As operações de soldagem realizadas no período referente a pesquisa (Janeiro a Julho de 2014) são mostradas nas Figuras 25, 26 e 27. As operações foram realizadas com os dois processos (SMAW e GMAW) e para fins de análise desse trabalho foram selecionadas três atividade nomeadas Atividade 1 (ATV1), Atividade 2 (ATV2) e Atividade 3 (ATV3).

ATV1 (Soldagem de aro motriz – Trator de esteira Komatsu – D50)		
Descrição	Imagem	Observação
1) Vista frontal (zoom) do segmento do aro motriz com desgaste.		1) Peça intercambiável que foi removida pelo processo oxi-corte.
2) Vista frontal (zoom) do segmento do aro motriz sem desgaste (novo).		2) Peça intercambiável a ser soldada pelo processo SMAW.
3) Aro motriz fixado e pronto para ser soldado.		3) Alguns pontos de solda foram realizados para centralizar ambas as partes.

(continua)




(conclusão)		
Descrição	Imagem	Observação
4) Início da execução da soldagem utilizando o processo SMAW (E7018, 4mm).		4) Ambos os lados foram preenchidos com o material de base para unir as partes.
5) Zoom do cordão de solda após a remoção da escória.		5) A posição de soldagem foi do tipo plana.
6) Aro motriz montado no equipamento.		6) Tempo de soldagem (4 horas).

Figura 25 – Soldagem de aro motriz.  
Fonte: Acervo do autor.

ATV2 (Soldagem de estrutura do braço de elevação – Escavadeira CAT 312 CL)		
Descrição	Imagem	Observação
1) Para facilitar e diminuir a altura do acesso ao local de soldagem a concha da escavadeira foi removida.		1) A posição do braço de elevação dessa forma possibilita a soldagem no local específico.

(continua)

(conclusão)

Descrição	Imagem	Observação
2) Detalhe da trinca perto da junção (pino/bucha) do braço de elevação e basculante.		2) As trincas estão destacadas em vermelho.
3) Vista superior da trinca chanfrada e pronta para ser soldada.		3) Os chanfros foram feitos com uma esmerilhadeira manual.
4) Além da soldagem para reparar a trinca, um reforço foi soldado (detalhe – flecha). A direita soldagem na vertical (detalhe).		4) Soldagem GMAW (MAG: Ar+CO <sub>2</sub> - ER70S6; 1,2 mm). As posições de soldagem foram plana, horizontal, vertical e sobrecabeça.
5) Sistema hidráulico montado.		5) Cordões de solda com tratamento superficial contra corrosão. Tempo de soldagem (2,5 horas).

Figura 26 – Soldagem da estrutura do braço de elevação.

Fonte: Acervo do autor.

ATV3 (Soldagem de chassi – Trator de esteira D6C; manutenção à campo)		
Descrição	Imagem	Observação
1) Zoom mostrando a descontinuidade de parte do chassi obstruída pela esteira direita.		1) O detalhe em vermelho (flechas) mostra o local da trinca do chassi.
2) Chanfro pronto para início de soldagem. A abertura da corrente (esteira direita) foi necessária para ter acesso ao local a ser soldado.		2) O chanfro foi realizado com o processo de oxi-corte.
3) Como se trata de serviço a campo, os equipamentos necessários para a reparação foram transportados até o local onde estava a máquina.		3) O processo de soldagem usado foi o SMAW, pois nas remediações não havia fonte de energia trifásica necessária para ligação elétrica do processo GMAW.
4) Cordão de solda esmerilhado na parte vertical para obter espaçamento necessário para soldagem de reforço estrutural.		4) Soldagem realizada nas posições plana, horizontal e vertical (E6013, 4 mm).

(continua)

(conclusão)


Descrição	Imagem	Observação
5) Término da soldagem.		5) Tempo de soldagem (2 horas).

Figura 27 – Soldagem de chassi do CAT D6C.  
Fonte: Acervo do autor.

Considerando as ATV1, ATV2 e ATV3 e levando em consideração o processo, o material de adição, a corrente de soldagem entre outros parâmetros, os riscos físicos, químicos, ergonômicos e de acidentes foram avaliados.

#### 4.1 Riscos ocupacionais e medidas de controle

##### 4.1.1 Riscos físicos

Os riscos físicos: ruído, calor, R.N.I. (radiação não ionizante) juntamente com suas medidas de controle são mostrados respectivamente a seguir.

Os dados foram levantados em duplicata sob diferentes condições e valores de corrente elétrica. A Tabela 5 mostra os valores de pressão sonora de acordo com as atividades.

Tabela 5 – Valores máximos de pressão sonora nas três atividades.

Atividade	Condição	Consumível	Corrente (A)	Ruído [dB(A)]		
				A1	A2	Média
ATV1	Próximo da FR	E7018	140	88,2	86,8	87,5
			180	83,2	83,3	83,25
	Próximo do OP		140	71,1	72,9	72
			180	73,9	71,1	72,5
	Um metro de distância da FR e OP		140	74,3	75	74,65
			180	74	73,3	73,65

(continua)

(conclusão)

Atividade	Condição	Consumível	Corrente (A)	Ruído [dB(A)]		
				A1	A2	Média
ATV2	Próximo da FR	ER70S6(1)	200	78,5	79,1	78,8
			240	80	79,5	79,75
	Próximo do OP		200	80,1	78,9	79,5
			240	85,1	85,3	85,2
	Um metro de distância da FR e OP		200	76,3	77,1	76,7
			240	80,1	79,3	79,7
ATV3	Próximo da FR	E6013	120	77,1	74,9	76
			160	86	85,1	85,55
	Próximo do OP		120	66	65,7	65,55
			160	72,2	70,1	71,15
	Um metro de distância da FR e OP		120	67,5	66	66,75
			160	73	73,4	73,2

Fonte: Acervo do autor

Notas: FR: Fonte retificadora; OP: Ouvido do operador; A1: Amostra 1; A2: Amostra 2; (1) Velocidade de soldagem (5m/min).

Observa-se na Tabela 5, que o ruído perto da fonte (FR), se mostrou em maiores índices na ATV1 (140 A), seguido da AVT3 (160 A), novamente ATV1 (180 A) e ATV2 (240 A). Apesar das atividades ATV1 e ATV3 terem sido realizadas com o mesmo processo de soldagem (SMAW), há certas variações nos níveis de pressão sonora em virtude da aplicação de diferentes materiais de adição e correntes de soldagem. Uma hipótese para tais variações é a escolha da corrente elétrica em relação ao eletrodo utilizado. No caso da ATV1, o eletrodo E7018 possui em sua composição pó de ferro (é caracterizado como de alto rendimento), dessa maneira necessita de maiores níveis de corrente elétrica para sua fusão, comparado a outros eletrodos sem essa característica. Dessa forma, a regulagem de corrente de 140 A não é adequada para a fusão de tal consumível, dificultando a estabilidade do arco elétrico e em alguns casos ocasionando o efeito conhecido por muito como “feito chiclete”, onde ocorre a fusão do eletrodo e o material de base sendo posteriormente solidificado, extinguindo o arco elétrico.

Percebeu-se que correntes inadequadas para fusão dos eletrodos causam ruídos mais elevados devido a retificação da fonte. Outro dado relevante é o valor de



ruído na ATV3 (FR,160 A), o qual se mostrou de maior intensidade em comparação a ATV1 (mesmo processo) com corrente mais elevada (180 A).

Na ATV2, apesar da fonte do processo GMAW possuir ventilação forçada, teve níveis de pressão sonora menores do que outras atividades. Tais valores apresentaram mínima variação em relação a corrente de soldagem, sendo que apenas um material de base foi utilizado. Uma hipótese para valores menores de ruído na fonte, pode ser pela razão do equipamento ter poucas horas de uso, ou seja, a tecnologia empregada na fonte retificadora é mais atual em relação ao processo SMAW.

A condição de mensurar os níveis na fonte retificadora não é usual, porém, os valores levantados se mostraram significativos. Esta ação se justifica, pois alguns operadores realizam soldas perto das fontes, para evitar o desenrolamento dos condutores, reforçando que essa não é uma boa prática.

Segundo as medições realizadas perto do ouvido do operador (conforme recomenda a NR15), pode-se perceber que o ruído é proporcional a corrente de soldagem, sendo que desse modo há a influência do arco elétrico na pressão sonora. Os valores mais elevados foram encontrados em correntes elevadas (ATV2, 200 e 240 A). Em relação a atividade 2, percebeu-se que a ausência do uso de fluidos anti-respingos na tocha de soldagem causam maiores níveis de ruído.

As medidas referentes a distância de 1m foram feitas idealizando um complemento dos valores de pressão sonora. Em alguns casos podem ser levados em consideração para a exposição a terceiros próximos da área de soldagem.

Todavia, em relação aos limites de tolerância (levando em consideração o tempo de exposição), nenhuma das atividades apresentou risco em relação ao agente ruído conforme NR15, anexo 1 (Figura A.1, Anexo A). Vale ressaltar que, se alguma atividade semelhante a ATV1 (por obter maiores valores) tivesse seu tempo estendido para uma carga horária maior, se limitaria a um tempo de exposição de cinco horas sem proteção. Por outro lado, numa carga horária de oito horas, considerando o exemplo da ATV2 (240 A), há necessidade de intervenção devido ao limite de tolerância estipulado pela NR15 (anexo 1). Entretanto, considerando que há pessoas com sensibilidade diferentes ao ruído, estipula-se uma faixa de segurança considerada como “Nível de Ação”, o qual se refere a níveis de pressão sonora acima de 80 dB(A) já passíveis de intervenção.

Quanto ao risco físico calor, tendo em vista uma abordagem qualitativa, algumas considerações sobre os efeitos são fortemente ressaltadas na bibliografia.

Segundo SESI (2007), a exposição ao calor ocorre em muitas atividades, prevalecendo aquelas que implicam altas cargas radiantes sobre o trabalhador. Ainda, essa parcela é predominante na sobrecarga térmica que vem a se instalar, porém, mesmo em atividades com carga radiante moderada e acompanhada de altas taxas metabólicas (trabalhos extenuantes ao ar livre), há possibilidade de exposição a sobrecargas inadequadas. Em suma, os efeitos do calor podem ser desde uma desidratação progressiva a câibras até ocorrências como exaustão por calor ou choque térmico. Casos de incidentes mais sérios recaem a pessoas não aclimatadas como os “novatos” em ambientes termicamente severos.

Considerando os processos de soldagem apenas em sua fase de execução, ou seja, a soldagem propriamente dita (abertura do arco, aplicação do MA – Material de Adição - e fechamento do arco), pode-se enquadrar numa atividade de trabalho “leve” (Figura B.3, Anexo B). Por outro lado, a execução integral (desde a preparação até o acabamento), a qual envolve outros equipamentos/técnicas, embora não considerada na análise de outros riscos, se considerada neste contexto caracteriza-se como “trabalho moderado”. De certa forma, em relação ao calor é extremamente difícil segregar apenas a execução, não considerando o processo integral (preparo até o acabamento) quando feito apenas por um trabalhador.

Todavia, em uma análise qualitativa em processos de soldagem semelhantes em uma produção de tubos de aço (com costura), Medeiros (2010) classifica o processo de soldagem em relação ao calor de “pequena intensidade”, mesmo assim recomendando medidas de controle na ventilação. Fato que se resume, em operações em setores internos sob algumas condições ambientais controladas, sem carga solar.

Em suma, analisando as atividades ATV1, ATV2 e ATV3, algumas constatações são levantadas empiricamente. Em relação a ATV1 e ATV2, as considerações são semelhantes em relação ao espaço físico, por se tratar de operações executadas no mesmo ambiente. Por outro lado, algumas condições diferem, pois são usados processos e correntes de soldagem diferentes. O local de execução de ambas as atividades não contém um sistema de ventilação específico para a realização das operações de soldagem, consta apenas com aberturas na

parte frontal da edificação e na parte superior, as quais contribuem para a ventilação natural do ambiente (Figura 28).



Figura 28 – Aberturas para ventilação natural.  
Fonte: Acervo do autor.

É evidente, que apenas certas medidas que contribuem para ventilação natural não são suficientes para contribuir no conforto térmico, tendo em vista as altas temperaturas atingidas pelos processos de soldagem a arco elétrico. Todavia, em entrevista com o operador, nas atividades ATV1 e ATV2, é relatado que dentre 45 a 60 minutos de execução da atividade, já é notável a ação dos mecanismos corporais de regulação térmica como a Sudorese e um leve cansaço em virtude das altas temperaturas. Na atividade ATV2, percebe-se em relato, uma sensação térmica mais severa devido ao processo (GMAW) possuir um arco voltaico mais violento e por utilizar correntes com valores mais elevados.

Mesmo não se tratando ainda de medidas de controle, o calor nesses processos de soldagem é agravado pela falta de ventilação obviamente, devido a utilização dos EPI's para RNI (que nesse caso protege contra queimaduras na pele) necessários para a execução das atividades (ver medidas de controle para RNI). Os EPI's geralmente exercem uma proteção, mas impedem a troca térmica principalmente por convecção do ar, impedindo de forma eficiente as trocas calóricas do corpo para o ambiente.

Em relação a ATV3, por se tratar de uma atividade em uma área aberta, há interação da carga solar. Sob relato do trabalhador, em processos de soldagem em

locais com essas condições, ocorre a exaustão térmica mais rapidamente, ou seja, o desconforto térmico é agravado por haver uma fonte de calor além daquela radiada pelo equipamento (fonte solar). Em Notas de Aula (Higiene do Trabalho – Agentes Físicos: Temperatura, 2013), foram levantados dados de IBUTG em área aberta para análise de uma atividade com trabalho moderado em regime de trabalho de 8 horas resultando no valor de 29,06 °C. A atividade foi confrontada com o quadro 3 do anexo 3 da NR 15 (Figura B.3, Anexo B), o qual diz respeito a taxa de metabolismo por atividade. Essa interpretação avalia a taxa metabólica ( $M = 250$  kcal/h), a qual confrontada com o valor máximo do IBUTG, resulta num valor máximo de 28,5 °C (NR 15, anexo 3 – Figura B.2, Anexo B). Nessas condições, observou-se que o agente físico calor estava em desconformidade com os limites de tolerância estabelecidos pela NR15.

Todavia, os dados mencionados acima não condizem com a atividade em questão, local ou carga horária, apenas contribui para uma breve suposição em relação a atividade em locais abertos. Embora a atividade mencionada por Nota de Aula não seja a mesma, pode-se supor que numa atividade de soldagem (considerando a taxa metabólica semelhante e regime de trabalho de 8 horas), onde há outra fonte de calor adicional e ainda EPI's que dificultam a troca térmica, que o IBUTG máximo possa ter limites de tolerância menor, o que se resume em condições mais severas.

Por fim, ainda em relação ao calor, em redação alterada na sessão do Tribunal Pleno realizada em 14/09/2012 (Res. 186/2012 – DEJT) considera atividade Insalubre, as quais desenvolvidas a céu aberto (exposição a carga solar) nas condições previstas no Anexo 3 da NR 15 (Portaria N° 3214/79 do MTE – Ministério do Trabalho e emprego) (NORMAS LEGAIS, 2012).

Em relação ao risco físico RNI, alguns parâmetros (corrente elétrica, material de adição) podem influenciar nas intensidades e comprimentos de onda. No entanto, um dos principais tipos de RNI em processos que envolvem arco elétrico é a radiação UV, não excluindo a geração de luz visível e IV. É importante salientar que a radiação IV é independente da luz visível, ou seja, raios UV podem chegar ao operador de soldagem sem ter associação com luz aparentemente (SOUZA; BARRA, 2012). O arco elétrico pode gerar luz muito intensa (Figura 29).



Figura 29 – Radiação gerada pelo arco elétrico (luz visível).  
Fonte: Acervo do autor.

Nas Figuras 30 e 31, são apresentados espectros de radiação de dois processos de soldagem (SMAW e GMAW). Os comprimentos de onda apresentados variam de 200 a 800 nm, os quais são discriminados por: 200 a 400 nm (UV-C 200 a 280 nm; UV-B 280 a 315 nm; UV-A 315 a 400 nm), radiação ou luz visível (400 a 780 nm) e IV (780 a 800 nm).

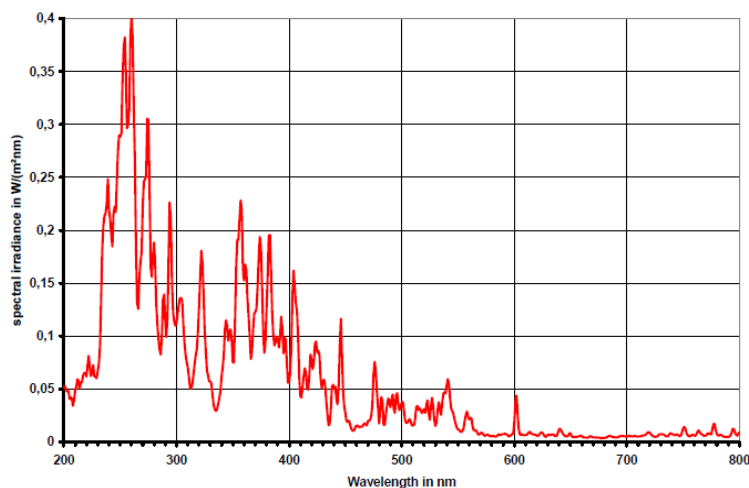


Figura 30 – Espectro de radiação durante a soldagem GMAW (MAG) em aço estrutural St-37 com corrente de 180 A.  
Fonte: IFA.

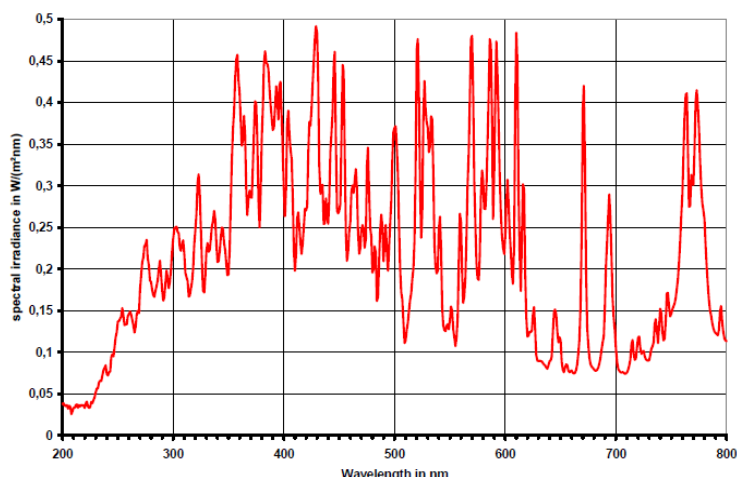


Figura 31 – Espectro de radiação durante a soldagem SMAW em aço estrutural St-37 com corrente de 180 A.  
Fonte: IFA.

Observa-se nas Figuras 30 e 31 que durante soldagem nos processos MAG e SMAW há uma ampla distribuição em toda a gama da radiação UV. Em suma, na soldagem MAG a distribuição espectral da emissão encontra-se na gama de comprimento de onda a cerca de 230 a 300 nm, onde se caracteriza as radiações UV-B e UV-C (Figura 30). Por outro lado, na soldagem SMAW os aumentos de emissões mostram-se de certa forma constantes em relação ao aumento do comprimento de onda e atingem seus maiores valores na gama de radiação UV-A (Figura 31).

Experimentos realizados por Rossi e Vilarinho (2008), abordam questões de segurança no trabalho em relação a radiações em processos de soldagem, os quais alguns se assemelham as atividades ATV1, ATV2 e ATV3. Os resultados apresentaram que o processo MAG (ER70S-6) demonstrou maior nível de radiação em toda faixa do espectro (ATV2). Com relação ao processo SMAW, experimento com o eletrodo E7018 (ATV1) mostrou maiores níveis de radiação comparados com o eletrodo E6013 (ATV3). Uma hipótese para tal fato seria a presença de diferentes elementos nos revestimentos, o que leva a diferentes elementos ionizados no arco.

#### 4.1.2 Medidas de controle para riscos físicos

As medidas de controle de um modo geral podem ser designadas como uma forma de proteção em relação a algum risco para com o trabalhador. Em relação aos riscos físicos analisados, são propostas algumas medidas de controle, as quais

contemplam o uso de EPI's entre outras medidas. Vale lembrar que de acordo com a NR 6, apenas é empregado o uso de EPI em circunstâncias que: as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção, enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas e para atender situações de emergência.

As medidas de controle para o agente físico ruído, calor e RNI são mencionadas respectivamente.

Ruído – As medidas de controle em relação ao ruído são por intermédio de ações que diminuam o tempo de exposição ao risco, considerando os limites de exposição dentro dos níveis de ação (80dB(A)). Outra medida é a utilização de EPI's que atenuam os níveis de pressão sonora, reduzindo os valores de ruído abaixo de 80 dB(A). Mesmo que o limite de tolerância a exposição ao ruído para 8 horas de trabalho é designado 85 dB(A), vale salientar que cada pessoa possui sensibilidade diferente em relação ao risco em questão. Ainda, apenas é proposto medidas com utilização de EPI, pois a prática de enclausuramento em processos de soldagem não é aplicável (medida de proteção coletiva).

Para fins de medidas de controle, se uma atividade semelhante a ATV2 tivesse uma frequência rotineira de execução, os valores de pressão sonora estariam extrapolando os níveis de ação tanto quanto os limites de exposição para uma atividade de 8 horas. Nesse caso, haveria a necessidade de utilização de EPI que atenuasse os valores acima do limite de exposição. Na Figura 32 é apresentado um EPI como medida de controle para ruído, se tratando de um protetor auricular do tipo “concha” com haste que permite o uso de capacete ou máscara de soldagem. Vale lembrar a importância da checagem do número do C.A. (Certificado de Aprovação) e conferir se o mesmo não está fora da data de validade e ainda conferir qual é o nível de atenuação do ruído. Para garantir a segurança, o nível de atenuação para o ruído no caso suposto deve ser igual ou maior que 5 dB(A).



Figura 32 – Protetor auricular tipo “concha”.  
Fonte: 3M.

As medidas de controle para risco físico calor, segundo SESI (2007), são divididas em dois caminhos: tornar o ambiente mais ameno e/ou tornar a tarefa menos crítica. Dentro deste contexto algumas ações são citadas como: blindar as fontes de radiação, reduzir a área exposta da fonte, reduzir a temperatura de trabalho, eliminar as perdas de calor para o ambiente. Os EPI's (citados em medidas de controle para RNI) atuam como barreiras para queimaduras térmicas.

De um modo geral, essas ações são difíceis de serem implantadas em processos de soldagem, pois é impraticável (atualmente) certas medidas como: blindar a fonte de calor, reduzir a temperatura de trabalho ou evitar as perdas de calor para o ambiente. O que pode ser feito é reduzir a carga metabólica envolvida. Em outras palavras, tornar a tarefa menos crítica evitando trabalhos braçais, realizando tarefas em dupla, ajustando tempos de exposição ou realizando pausas de descanso térmico. A reposição de líquidos também é uma boa prática assim sendo: encorajar o consumo de líquidos mesmo sem “sede” (pequenas quantidades cada 15 ou 20 min), beber quantidades maiores de líquidos de “sabor” em relação a água pura e evitar cafés e bebidas gaseificadas. A adoção de climatizadores pode ajudar na dispersão do calor no ambiente de trabalho.

Finalizando as medidas de controle para riscos físicos, tem-se as ações para controle das RNI. Primeiramente é apresentado na Tabela 6 os valores de tonalidades para proteção ocular em relação as radiações UV e IV. Quanto as tonalidades (padronizadas), são aceitáveis variações de um ponto (para mais ou



para menos) para acomodações pessoais em relação ao brilho, sem problemas de perda de proteção em relação ao UV e IV (SENAI-SP, 2013). Outras ações são destinadas a proteção de terceiros (EPC), que evitam ofuscamento da intensa luminosidade do arco elétrico e restringe a área de soldagem atuando como sinalização. Tais ações se resumem na utilização de biombos (cortinas) para proteção de *flashes* de soldagem e restrições de acesso a área de trabalho (Figura 33).



Figura 33 – Cortinas de proteção contra *flashes* de soldagem e restrição de área de trabalho. Fonte: SETON.

Tabela 6 – Tonalidades para proteção ocular.

Processo	Intensidade de corrente elétrica ou diâmetro do eletrodo	Tonalidade
Eletrodo revestido	Até 100A	8-9
	Até 5/32" (4mm), 100 a 300A	10-11
	3/16" (4,8mm) a 1/4" (6,4mm)	12
	Acima de 300A, acima de 1/4" (6,4mm)	14
Proteção por gás inerte (MIG)	Até 200A	10-11
	Acima de 200A	12-13-14
Proteção por gás ativo (MAG)	--	12-13-14

Fonte: SENAI-SP (2013).

As tonalidades citadas na Tabela 6 são filtros (geralmente de vidros) acoplados na máscara de soldagem. Máscaras mais atuais (eletrônicas) possuem regulagem instantânea de tonalidade por controle na própria máscara. A máscara é considerada parte dos EPI's necessários para garantir a proteção essencial para soldagem, dos quais são: botas (de couro), perneiras, avental, mangotes e luvas (de raspa de couro) conforme Figura 34.

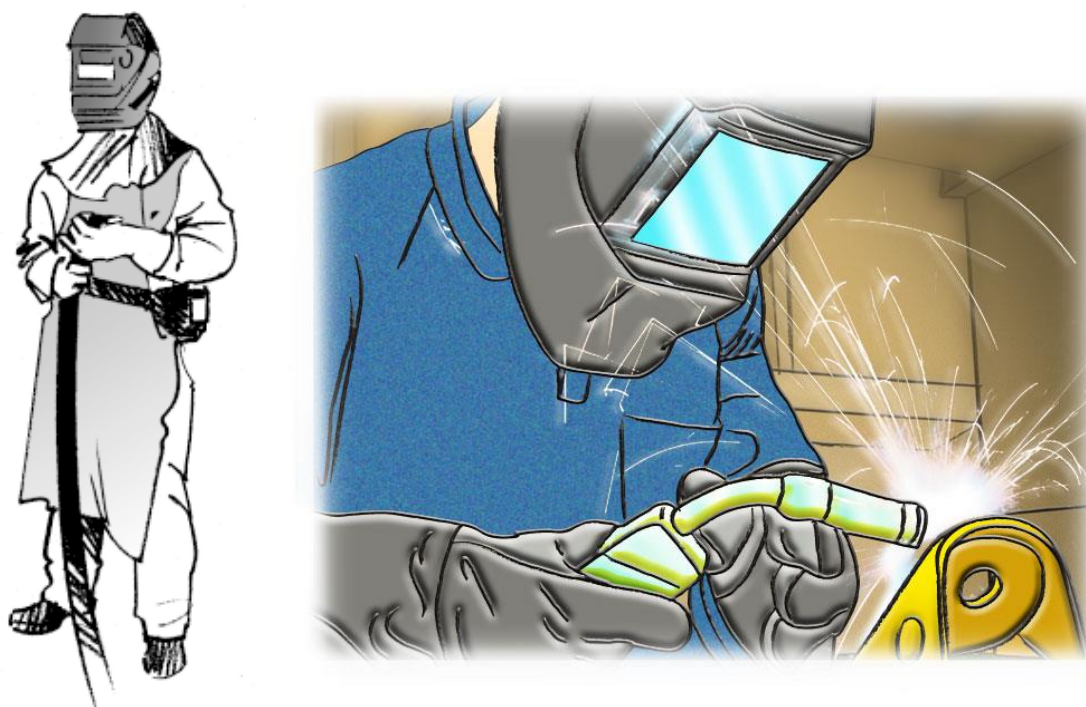


Figura 34 – EPI's essenciais para o soldador (esquerda) e detalhe da máscara de soldagem (direita).  
Fonte: ESAB; CEC.

É imprescindível iniciar um trabalho de soldagem sem a utilização dos EPI's mencionados, tanto quanto a escolha/regulagem adequada das tonalidades referentes as correntes ou materiais de adição usados nos processos.

#### 4.1.3 Riscos químicos

A avaliação dos riscos químicos para os processos utilizados teve como referência os materiais de adição usados nas três atividades. Segundo ESAB (2013), os fumos metálicos de um modo geral são semelhantes para o processo GMAW e SMAW (Fe, Cr, Ni, Mn etc. – Figura 35), mas pode haver algumas diferenças. No entanto, em alguns casos as emissões de fumos podem ser maiores no processo SMAW do que no processo GMAW. Todavia, com a gama de produtos no mercado e diferentes materiais de adição utilizados, foram analisadas as três atividades.

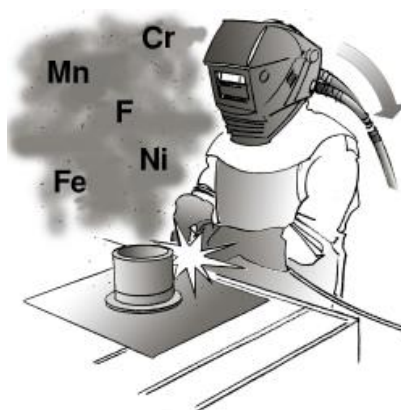


Figura 35 – Principais fumos gerados nos processos de soldagem.  
Fonte: ESAB (2013).

Na Tabela 7 é mostrado as substâncias químicas referente ao eletrodo utilizado na ATV1 (E7018). Os dados foram retirados da FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos) do produto.

Tabela 7 – Composição e informações sobre os ingredientes do revestimento.

Ingrediente do revestimento	Peso %	CAS N°	Classificação de risco <sup>1</sup>	IARC <sup>2</sup>	NTP <sup>3</sup>
Silicato de alumínio	1-2	12141-46-7	Não	-	-
Fluoretos	15-20	7789-75-5	Não	-	-
Ferro	30-40	7439-89-6	Não	-	-
Calcário	20-30	1317-65-3	Não	-	-
Manganês	2-5	7439-96-5	Não	-	-
Quartzo	1-2	14808-60-7	*	1	K
Silício	2-5	7440-21-3	Não	-	-
Silicatos	5-10	1312-76-1	Não	-	-
Óxidos de titânio	5-10	13463-67-7	Não	2B	-

Fonte: FISPQ OK 48.08, ESAB.

Notas: (1) Classificação de risco de acordo com a Diretiva do Conselho Europeu 67/548/EEC. \*Classificado como cancerígeno (T; R45) baseado na avaliação do IARC. A classificação toxicológica do produto, no entanto, não é afetada desde que a substância não esteja em uma forma inalável no produto.

(2) Avaliação realizada de acordo com a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer 1-Carcinogênicos, 2A- Provavelmente Carcinogênicos, 2B Possivelmente Carcinogênicos.

(3) Classificação de acordo com 11° Relatório sobre Carcinógenos, publicado pelo Programa Nacional de Toxicologia Nacional dos Estados Unidos. K- considerado carcinogênico ao humano S-suspeito ser carcinogênico.

De acordo com informações da FISPQ (Tabela 7), o produto contém dióxido de titânio que é possivelmente cancerígeno, também possui quartzo, mas normalmente não em uma fração inalável, o qual pode causar silicose e câncer. Ainda, deve-se evitar contato com os olhos ou a inalação do pó deste produto.

Quanto aos fumos gerados no processo de soldagem, podem variar de acordo com os parâmetros de soldagem e dimensões, não gerando mais que 5 a

15g/kg de consumível. Os elementos químicos encontrados nos fumos metálicos do eletrodo E7018 são: Fe, Mn, F, Pb, Cu, Ni e Cr. Sobre os gases gerados encontra-se os óxidos de carbono, óxidos de nitrogênio e ozônio (FISPQ OK 48.08).

Na ATV2, o consumível utilizado foi o ER70S-6. A Tabela 8 mostra os componentes químicos encontrados no MA. Segundo a FISPQ do produto, os constituintes do fumo gerado incluem óxidos de ferro, óxidos de manganês, silício e alumínio. Quanto aos produtos gasosos da reação destacam-se o monóxido e dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio e ozônio. Os gases são semelhantes da ATV1, pois forma-se devido a ação do arco elétrico.

Tabela 8 – Ingredientes perigosos.

Material	CAS N°	% peso	S.A.R.A. (313)*
Carbono	1333-86-4	<0,5	N/A
Manganês	7439-96-5	<2,5	Sim
Silício	7440-21-3	<1,5	N/A
Cobre	7440-50-8	<0,5	Sim
Molibdênio	7439-98-7	<0,75	N/A
Alumínio	7429-90-5	<0,5	Sim
Titânio	7440-32-6	<0,5	N/A
Zircônio	7440-67-7	<0,5	N/A
Ferro	7439-89-6	Pesar	N/A

Fonte: FISPQ ER70S-6.

Nota: \*Seção 313 do EPCRA (Emergency Planning and Community Right-To-Know Act) – Inventário de lançamento de produtos tóxicos perigosos.

Em relação a FISPQ (ER70S-6), apenas faz algumas considerações sobre os fumos metálicos em geral. Ressalta que a exposição excessiva ao manganês, o qual pode afetar o sistema nervoso central, resultando na limitação de fala e movimentos.

Sobre a ATV3, os componentes químicos do eletrodo (E6013) são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 - Composição e informações sobre os ingredientes do revestimento.

Ingrediente do revestimento	Peso %	CAS N°	Classificação de risco <sup>1</sup>	IARC <sup>2</sup>	NTP <sup>3</sup>
Silicato de alumínio	10-15	12141-46-7	Não	-	-
Ferro	1-2	7439-89-6	Não	-	-
Calcário	20-30	1317-65-3	Não	-	-
Manganês	5-10	7439-96-5	Não	-	-
Quartzo	2-5	14808-60-7	*	1	K
Silicatos	10-15	1312-76-1	Não	-	-
Óxidos de titânio	>50	13463-67-7	Não	2B	-

Fonte: FISPIQ OK 46.00, ESAB.

Nota: Considerar notas da tabela 8 (ATV1).

Os ingredientes do revestimento são semelhantes a ATV1, excluindo o silício e os fluoretos. As considerações segundo a FISPQ (OK E6013) são semelhantes as citadas para ATV1, pois os fumos gerados são os mesmos.

Algumas informações constantes na FISPQ ressaltam que a inalação de fumos de soldagem e gases pode ser perigosa a saúde. Segundo a IARC (Agência Internacional para a Pesquisa Sobre o Câncer) os fumos de soldagem têm sido classificados como cancerígenos para os humanos (2B).

#### 4.1.4 Medidas de controle para riscos químicos

As medidas de controle para riscos químicos nos processos de soldagem podem ser de caráter coletivo (ventilação, exaustão) ou individual (EPI) protegendo apenas o operador. Quando se trata de processos de soldagem, os gases e fumos são gerados muito próximos ao operador, necessitando de um sistema de captação pontual. Muitos sistemas de ventilação/exaustão são montados nas bancadas de soldagem, porém, em soldagem de manutenção nem sempre pode ser feita em locais específicos. Dessa forma a proteção deve ser realizada no operador ou no próprio ponto de soldagem com tecnologia móvel.

Segundo Campos, Tavares e Lima (2012), alguns fabricantes/importadores mantêm opções de máscaras compatíveis com o uso de respiradores (exemplo PFF2, P2 etc.) para fumos metálicos (Figura 36). Estes podem ser aplicadas em processos de soldagem como SMAW, GMAW entre outros.



Figura 36 – Máscara com adaptação ao uso de respiradores.  
Fonte: Honeywellsafety.

Mesmo tendo a opção de usar máscaras adaptadas para o uso de respiradores, as operações de soldagem devem ser feitas em locais bem ventilados. Ainda, em últimos casos devem ser aplicados os respiradores, pois a sua adoção leva em consideração muitos parâmetros como: o tipo do respirador/filtro ideal, tempo de troca devido a saturação entre outros fatores que depende da aplicação de um *fit teste* periodicamente para efetividade da proteção.

Apesar das reparações em equipamentos de terraplanagem serem realizadas em locais inesperados e de difícil acesso ou impraticáveis de usar uma bancada, nos dias de hoje existem sistemas de ventilação apropriados para o emprego no ponto de soldagem com tecnologias móveis como também dispositivos acoplados em máscaras de solda (Figura 37).



Figura 37 – Sistema de captação móvel para fumos e gases (esquerda) e máscara com proteção respiratória.

Fonte: NEDERMAN, CARBOSTORM.

Os sistemas de captação móveis possibilitam a proteção contra gases e fumos em casos onde reparos não podem ser realizados em bancadas. Em casos de serviços a campo, é viável tecnicamente utilizar máscaras com sistemas de proteção respiratória como mostrado na Figura 37.

#### 4.1.5 Riscos ergonômicos

Os riscos ergonômicos foram avaliados de acordo com as posições de soldagem designadas para cada tipo de consumível. Em suma, os materiais de adição usados podem ser empregados em todas as posições, sendo elas caracterizadas na Figura 38.

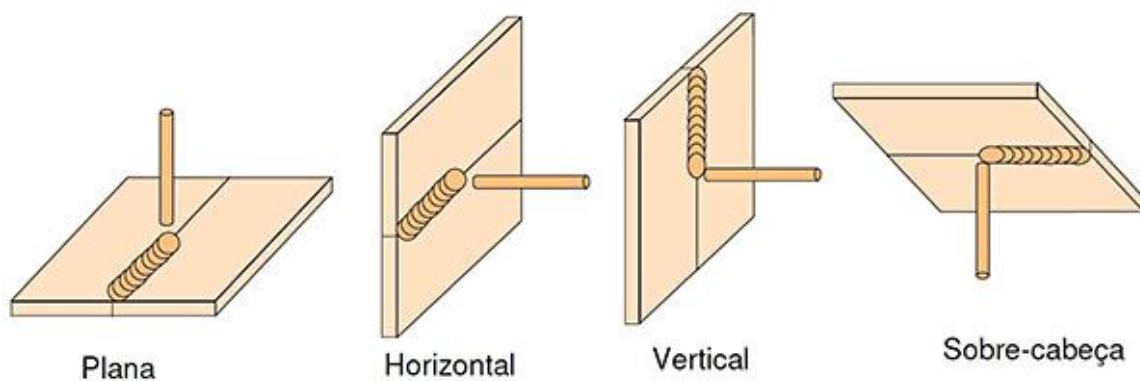


Figura 38 – Posições de soldagem.  
Fonte: Marques; Modenesi; Bracarense, 2009.

Para auxiliar na análise das posturas de trabalho, as Figuras 39, 40 e 41 servirão de base para comparar os ângulos que competem a forma postural do operador em três posições (Sobre-cabeça, Horizontal/Vertical e Plana). As posições vertical e horizontal são mencionadas separadamente na Figura 38 devido a direção percorrida pelo eletrodo, porém, em relação a postura do operador se constitui a mesma posição de soldagem.



Figura 39 – Posição plana (destaque no ângulo do pescoço).  
Fonte: Acervo do autor.



Figura 40 – Posição de soldagem Horizontal/Vertical.  
Fonte: Acervo do autor.





Figura 41 – Posição de soldagem Sobre-cabeça com detalhe de ângulo de pescoço, cotovelo e ombro.

Fonte: Acervo do autor.

Primeiramente foi aplicado o *Check list* de Couto para avaliação simplificada do fator biomecânico. Os resultados são apresentados na Figura 42.

CHECK LIST DE COUTO

**ITENS DO CHECK LIST**

SOBRECARGA FÍSICA   
  POSTURA NO TRABALHO   
  REPETITIVIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO  
 FORÇA COM AS MÃOS   
  POSTO DE TRABALHO E ESFORÇO ESTÁTICO   
  FERRAMENTAS DE TRABALHO

**ANÁLISE DO RESULTADO**

**CRITÉRIO DE INTERPRETAÇÃO**

De 0 a 3 pontos	Ausência de fatores biomecânicos - AUSÊNCIA DE RISCO
Entre 4 e 6 pontos	Fator biomecânico pouco significativo - AUSÊNCIA DE RISCO
Entre 7 e 9 pontos	Fator biomecânico de moderada importância - RISCO IMPROVÁVEL, MAS POSSÍVEL
Entre 10 e 14 pontos	Fator biomecânico significativo - RISCO
15 ou mais pontos	Fator biomecânico muito significativo - ALTO RISCO

SOMATÓRIO DE PONTOS

12

Figura 42 – Resultado para análise simplificada do fator biomecânico.

Fonte: ERGOLÂNDIA.

O valor da somatória de pontos (12) mostrado na Figura 42 resulta em “fator biomecânico significativo”, ou seja, apresenta risco. Tal resultado justifica a aplicação de outra ferramenta para analisar a exposição de posturas e atividades musculares e aquisição de LER/DORT para os membros superiores usados nos processos de soldagem (método RULA). O método RULA realiza avaliação considerando ângulos diversos da postura em relação a braço, antebraço, punho, rotação do punho, ombro, pescoço, tronco, perna e a atividade em questão.

Os resultados da análise para a posição Plana utilizando o método de RULA é apresentado na Figura 43.

The screenshot shows the 'MÉTODO RULA' software interface. At the top, there are radio buttons for selecting body parts: Braço, Punho, Pescoço, Pernas, Antebraço, Rotação do Punho, Tronco, and Atividade. Below this, the 'RESULTADO' section displays 'PONTUAÇÃO FINAL DO MÉTODO RULA: 4'. A table provides details on action levels and interventions. An arrow points to the row for a score of 3 or 4. To the right of the table is a 'SALVAR DADOS' button.

PONTUAÇÃO	NÍVEL DE AÇÃO	INTERVENÇÃO
1 ou 2	1	Postura aceitável
3 ou 4	2	Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.
5 ou 6	3	Deve-se realizar uma investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
7	4	Devem ser introduzidas mudanças imediatamente.

Figura 43 – Resultado do método RULA para posição de soldagem Plana.  
Fonte: ERGOLÂNDIA.

Observa-se na Figura 43, que pela pontuação resultante no método RULA “deve-se realizar observações a medida que podem ser necessárias mudanças”. Tal resultado pode ter significância pela inclinação significativa do pescoço e suave do tronco. Essa postura é efetuada de forma intuitiva para proporcionar a visão do cordão de solda. Do contrário, o ponto de soldagem ficaria afastado visualmente, já que se trata de uma atividade de precisão.

Quanto a posição Horizontal/Vertical, a mesma resultou em um valor semelhante a faixa de avaliação da análise da posição Plana, sendo que a pontuação de valores de 3 a 4 propõem a mesma conclusão. No entanto, a pontuação foi menor em relação a posição Plana (pontuação igual a 3).

Em relação a postura da posição Sobre-cabeça, a Figura 44 apresenta o resultado da aplicação do método RULA.

The screenshot shows the 'MÉTODO RULA' software interface. At the top, there are radio buttons for selecting body parts for evaluation: Braço, Punho, Pescoço, Pernas, Antebraço, Rotação do Punho, Tronco, and Atividade. To the right are buttons for RESULTADO, BANCO DE DADOS, CONTROLE, and INFORMAÇÕES. The main area displays 'PONTUAÇÃO FINAL DO MÉTODO RULA: 7'. Below this is a table with three columns: PONTUAÇÃO, NÍVEL DE AÇÃO, and INTERVENÇÃO. An arrow points to the row with a score of 7.

PONTUAÇÃO	NÍVEL DE AÇÃO	INTERVENÇÃO
1 ou 2	1	Postura aceitável
3 ou 4	2	Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.
5 ou 6	3	Deve-se realizar uma investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
7	4	Devem ser introduzidas mudanças imediatamente.

Figura 44 – Resultado do método RULA para posição Sobre-cabeça.  
Fonte: ERGOLÂNDIA.

Dentre as três posturas analisadas, a posição Sobre-cabeça resultou numa pontuação mais elevada. De acordo com a Figura 44, a pontuação resultante foi de 7 pontos, onde a intervenção sugerida é “introduzir mudanças imediatamente”. Uma hipótese para essa postura resultar um nível elevado, é em relação a posição do braço (acima da linha do ombro) e quanto a flexão do pescoço. Essa posição foi realizada apenas na atividade 2, por um tempo relativamente curto, apenas para transcorrer o cordão de solda na parte inferior do reforço. A posição Plana foi usada

em todas as atividades (na ATV1 foi usada somente Plana), enquanto a Horizontal/Vertical usadas nas atividades 2 e 3.

Por fim, vale ressaltar que os métodos de avaliação ergonômica usados assumem uma jornada de trabalho onde o trabalhador realiza tal função ou certa postura ao longo da sua atividade diária. Dessa forma, correlacionando as atividades 1,2 e 3, não ultrapassaram carga horária intermitente maior que 4 horas. Todavia, se alguma atividade de soldagem de manutenção suprir uma carga horária de 8 horas, esses dados se mostram mais relevantes.

#### 4.1.6 Medidas de controle para riscos ergonômicos

As medidas de controle discutidas neste item apenas dizem respeito aos resultados apresentados relacionando com as atividades ATV1, ATV2 e ATV3. No entanto, somente algumas propostas na correção postural podem ser levadas em consideração em posteriores serviços que tenham certa similaridade as atividades analisadas.

Na ATV1, onde apenas a posição plana foi usada, considerando recomendações do método RULA (realizar observações) pode-se considerar algumas alterações na forma de execução. Sendo elas:

- Evitar inclinação maior que 20° no pescoço;
- Corrigir a postura em relação ao tronco, se mantendo o mais ereto possível;
- Analisar a possibilidade de executar a soldagem na posição horizontal/vertical (inclui análise técnica quanto a forma de deposição do material fundido e suas dificuldades de penetração).

Na ATV2, onde houve a utilização da postura na posição Sobre-cabeça, mesmo por um curto período de tempo, a necessidade de intervenção foi de ação imediata. Assim, uma possível medida de correção postural seria evitar a posição Sobre-cabeça. Nesse caso, há boas chances de utilizar um patamar para a elevação do operador, o qual poderia executar a soldagem em posição horizontal/vertical ao invés da Sobre-cabeça. Do contrário, mesmo não podendo executar a soldagem em posição horizontal/vertical, um patamar ajudaria ao ponto de diminuir a flexão do pescoço como também na altura do braço em relação a linha do ombro.

Em relação a ATV3, as posturas foram Plana e Horizontal/Vertical. As medidas a serem adotadas são apenas de correção postural. Lembrando que na atividade ATV3 a reparação foi realizada a campo. Tais tipos de manutenção não são tão frequentes sendo realizadas esporadicamente, ou seja, atividades como essa somente são realizadas se forem possíveis de serem executadas em curtos períodos de tempo. Do contrário outras medidas devem ser adotadas.

#### 4.1.7 Riscos de acidente

Os riscos de acidente considerados neste trabalho são os de caráter elétrico e os quais dizem respeito a incêndio e explosão. Em inspeção no ambiente laboral (inclui serviço a campo) foi possível levantar algumas situações que caracterizam esses riscos.

Primeiramente, a inspeção ocorreu nos dois processos de soldagem que compuseram as três atividades analisadas, neste contexto foram destacados pontos negativos e positivos. Em relação ao processo de soldagem SMAW, a Figura 45 mostra a situação dos condutores de ligação por onde passa a corrente elétrica que forma o arco elétrico.



Figura 45 – Cabos de ligação com destaque na avaria do isolamento (esquerda); Zoom do cabo de retorno com condutor de cobre exposto (direita).  
Fonte: acervo do autor.

A Figura 45 mostra um ponto negativo referente ao processo SMAW, o qual se refere ao risco de choque elétrico. Os motivos que levam a avaria desse tipo são geralmente a manipulação dos cabos onde há o contato com superfícies extremamente aquecidas. Outro fato agravante é quando corpos aquecidos ao

serem manipulados perto do ponto de soldagem (inclui os próprios materiais de base) são derrubados, a queda dos mesmos danifica o isolamento dos cabos. Como ponto positivo, pode-se destacar a ligação a rede elétrica, que é realizada com dispositivos de fixação adequados para a corrente nominal, o mesmo vale para o processo GMAW (Figura 46).



Figura 46 – Conexão a rede elétrica trifásica (esquerda) e detalhe dos pinos de conexão do cabo de ligação (direita).

Fonte: Acervo do autor.

No processo GMAW não foi detectado nenhum problema técnico. A razão é devido ao processo ter sido adquirido pela empresa a pouco tempo, ou seja, o equipamento se encontra em ótimo estado (Figura 47).



Figura 47 – Processo GMAW.  
Fonte: Acervo do autor.

Na ATV1 não foram detectados riscos de acidente (elétrico ou incêndio) além do relacionado com os condutores da fonte de soldagem, pois se tratando de soldagem de uma peça móvel, foi possível realizar numa bancada.

Sobre a ATV2, algumas considerações sobre a disposição de tambores (de óleo diesel e lubrificante) foram analisadas. Por um lado, pode-se alocá-los em outro lugar (longe do ponto de soldagem), ou se possível realizar a soldagem longe dos mesmos. Isto se for possível realocar o equipamento a ser reparado, na medida em que envolve a disponibilidade de espaço (Figura 48).



Figura 48 – Tambores fechados vazios de óleo diesel (esquerda) e tambor aberto com óleo lubrificante usado.

Fonte: Acervo do autor.

Todavia via, a melhor forma de controlar os riscos é preveni-los. No caso de incêndio, como toda edificação regulamentada possui medidas de controle, o ambiente laboral consta com extintores específicos para combater os materiais combustíveis no local (Figura 49).



Figura 49 – Extintor de incêndio de classe B e C.

Fonte: Acervo do autor.

Na ATV3 foram constatados ambos os riscos, elétrico e de incêndio. Na Figura 50 é destacado cada risco e comentado posteriormente. Tais riscos se mostram presentes devido a uma dificuldade operacional de execução de serviços a campo. A indisponibilidade de energia elétrica com conexões apropriadas em locais próximos a áreas de serviço, tal como tensões elétricas indisponíveis necessárias para operação das fontes de soldagem geram riscos de alto grau.



Figura 50 - Conexão direta improvisada na rede para obtenção de tensão e corrente necessária para o funcionamento da fonte, risco elétrico (esquerda); Resíduos florestais depositados na proteção do motor acumulados em serviços de enleiramento ou limpeza de lavoura, risco de incêndio (direita). Fonte: Acervo do autor.

A figura 50 (esquerda) mostra a ligação da fonte de soldagem de forma improvisada. O risco para execução da ligação é extremamente ariscado, não sendo uma boa prática. Na Figura 50 (direita) mostra uma situação inevitável, a qual é o acúmulo de folhagens e galhos que são depositados na proteção inferior do motor, mesmo com proteções laterais que impeçam a entrada de resíduos. Qualquer fagulha gerada pelo arco elétrico pode facilmente iniciar a combustão desse material depositado, pois já é de conhecimento que em casos de períodos quentes (verão), o próprio calor do motor pode ocasionar a combustão do mesmo. A Figura 50 (direita) não é de origem da ATV3, mas equivale a mesma proteção do equipamento desmontado em outro período.

Fatos como esse são esporádicos, pois não se pode prever em quais locais os equipamentos irão apresentar problemas. Mesmo quando constatados, há casos onde é inviável a remoção para um local apropriado para ser reparado, dessa forma a manutenção é feita no local se for de fácil reparação. Isto exemplifica algumas dificuldades e riscos que envolvem atividades a campo.



#### 4.1.8 Medidas de controle para riscos de acidente

Como medidas de controle são apresentados dois tópicos. Um deles corresponde a itens relevantes a operação em geral e outro corresponde a um *check-list* (Tabela 10). Ambos são propostos por Campos; Tavares e Lima (2012).

##### 4.1.8.1 Medidas de controle para soldagem elétrica em geral

- Evitar ligar retificadores/transformadores (máquinas de solda), no circuito de iluminação. Usar tomadas específicas para este fim, de preferência protegidas por um dispositivo a corrente diferencial-residual (dispositivo DR);
- Todas as conexões e ligações do circuito de solda, e também o fio terra, devem estar perfeitamente isolados;
- Nunca consertar cabos de solda, usar somente conexões de boa qualidade;
- Nunca colocar cabos de solda sobre os ombros;
- Não segurar o suporte de eletrodos embaixo dos braços nas pausas de soldagem. Nos intervalos, o suporte de eletrodo deve ficar sobre a base isolante;
- No caso de interrupção prolongada, retirar o eletrodo do suporte;
- Conduzir o terminal de terra sempre diretamente a peça a ser trabalhada ou a entrada prevista para a peça;
- Cuidado com as fagulhas ao soldar, remover objetos combustíveis das proximidades. Manter na área de solda um extintor de incêndio;
- Nunca soldar peças que ainda estão úmidas da limpeza com hidrocarbonetos clorados, caso contrário forma-se o fosgênio, altamente venenoso.

Tabela 10 – Check-list de segurança de processos de soldagem elétrica.

Item	Discriminação	Sim	Não
1	Os cabos de soldagem apresentam emendas e estão sem isolamento?		
2	A lente de proteção é inadequada para a corrente da máquina?		
3	O cabo terra da máquina de solda está rompido?		
4	O regulador de pressão é usado para qualquer gás de proteção?		
5	O movimento dos cabos é feito antes que a máquina seja desligada?		
6	O soldador está sem avental?		
7	O porta-eletrodo está em mau estado de conservação?		
8	O soldador, ao fazer reparos/inspeção, mantém a máquina energizada?		
9	O local onde a soldagem está sendo feita tem pouca ventilação?		
10	A roupa do soldador é de material sintético?		
11	Os cilindros de argônio estão sem capacetes e soltos na oficina de solda?		
12	O interruptor da tocha foi acionado antes de se iniciar a soldagem?		
13	Próximo a área de soldagem existem solventes ou outros inflamáveis?		
14	Os biombos de soldagem são feitos com materiais incombustíveis?		
15	Ao trocar o eletrodo o soldador está com as mãos nuas?		
16	Os trabalhos em ambientes confinados - tem a liberação da área?		
17	Os cabos elétricos da máquina de solda estão desprotegidos com relação ao trânsito de veículos e equipamentos?		
18	O porta-eletrodo está permitindo fugas?		
19	O soldador está com a roupa manchada de graxa, solvente ou qualquer outra substância que pode se inflamar?		
20	Para retirar escória com o martelo o soldador retirou os óculos de segurança?		

Fonte: Campos; Tavares; Lima (2012).

De acordo com cada resposta do *Check-list*, há várias ações que podem ser tomadas pelo operador ou pelo responsável á segurança do trabalho. Vale ressaltar que é de extrema importância realizar as inspeções de forma cautelosa e sem contar com o excesso de confiança, pois em processos de soldagem são muitos os perigos causados pelos agentes causadores de acidentes.

## 5 CONCLUSÃO

As atividades realizadas em soldagem de manutenção que utilizam os processos SMAW e GMAW apresentam riscos, dos quais foram classificados e destacados neste trabalho. Dentre os riscos mais relevantes analisados, os mais preocupantes são os riscos de acidentes (choque elétrico e incêndio) seguidos dos riscos físicos radiações não ionizantes. Esses riscos podem causar danos à saúde no instante em que se executa a soldagem, destacando possíveis choques elétricos que podem levar a morte do operador, incêndios ou explosões no local por combustíveis inflamáveis que comprometem a segurança da coletividade, seguido de radiações não ionizantes potencialmente causadoras de problemas oculares e queimaduras na pele se não forem adotadas medidas de controle adequadas. Dessa forma, o processo que demonstrou maiores riscos em relação a choque elétrico foi o processo SMAW devido as condições dos condutores elétricos. Quanto as considerações de incêndio e explosão as atividades 2 e 3 foram as mais preocupantes. Em relação ao risco físico RNI, a atividade ATV2 (GMAW) apresentou maiores índices, seguido da ATV1 e ATV3 devido as características do espectro eletromagnético e ao MA utilizado. Neste contexto, é de extrema importância seguir corretamente *checklists* específicos para riscos de acidente e utilizar EPI's adequados (máscara com filtro UV/IV e vestimentas de raspa de couro) como medidas de controle. Ainda, é de extrema importância a prática de dispor de extintores de incêndio em cada equipamento (máquina de terraplanagem).

Não menos importante, os riscos potenciais em longos períodos de exposição foram: riscos químicos (gases e fumos metálicos), físicos (ruído e calor) e ergonômicos. Em suma, o processo SMAW apresentou maiores riscos químicos em função da variedade de produtos contidos no revestimento dos eletrodos analisados (ATV1 e ATV3). Todavia, em ambos os processos é caracterizado o uso de máscaras com respiradores ou o uso de sistemas de captação de fumos e gases como medidas de controle.

Quanto ao ruído, as avaliações indicaram que em média as atividades geraram exposições de 120, 150 e 240 minutos, ficando abaixo do tempo de ação

previsto na NR 15 em seu anexo 01 para ruídos até 85 dB(A). Como o nível de ação foi de 80 dB(A), o tempo de exposições das atividades não indica o uso de EPI.

Em relação ao calor, a atividade 3 apresentou maiores riscos por ser realizada sob carga solar, sendo recomendado pausas, hidratação constante ou redução da carga de trabalho dependendo do tempo de exposição.

O fator ergonômico é comum nos dois processos analisados (3 atividades), sendo que a posição Sobre-cabeça mostrou-se a mais preocupante, necessitando de mudanças imediatas, tais como tomar medidas para adotar outras posições de soldagem menos agressivas como a posição horizontal/vertical, sendo necessário sempre que possível evitar a posição Sobre-cabeça.

Por fim, observa-se que as atividades de soldagem em manutenção são bastante dinâmicas e de difícil análise em relação a riscos em gerais. Isto porque a análise de riscos pode variar muito em relação ao tempo de exposição, que nesse caso teve seu maior valor na atividade 1 (240 minutos). Dessa forma, cada caso deve ser avaliado especificamente. Todavia, percebe-se que são muitos os riscos, sendo inadmissível realizar operações de soldagem sem as medidas de controle previstas. Finalmente vale ressaltar que este trabalho não teve por objetivo esgotar o tema referente a riscos ocupacionais em processos de soldagem, ao menos propor todas as medidas de controle para tal, sendo assim um documento geral para contribuir para saúde e segurança no trabalho em processos de soldagem de equipamento para terraplanagem.

## REFERÊNCIAS

3M. Segurança Pessoal (EPI). Disponível em: <[http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt\\_BR/PPE\\_SafetySolutions\\_LA](http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/PPE_SafetySolutions_LA)>. Acesso em ago. 2014.

AEPS – **Anuário estatístico da previdência social**. Disponível em: [http://www.mpas.gov.br/arquivos/office/1\\_121023-162858-947.pdf](http://www.mpas.gov.br/arquivos/office/1_121023-162858-947.pdf). Acesso em: 1 de set. de 2013.

ARAÚJO, N. M. C. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. p. 76-94.

BAMBOZZI. Manuais. Disponível em: <[http://www.bambozzi.com.br/website/suporte\\_on.php?emp=1](http://www.bambozzi.com.br/website/suporte_on.php?emp=1)> . Acesso em dez. de 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho: **NR 4**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em jun. de 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Equipamento de Proteção Individual - EPI: **NR 6**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em jun. de 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Programa de Prevenção de Riscos Ambientais: **NR 9**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em jun. de 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Atividades e Operações Insalubres: **NR 15**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em jun. de 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Ergonomia: **NR 17**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em jun. de 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção: **NR 18**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em jun. de 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval: **NR 34**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em jun. de 2014.

CAMPOS, A.; TAVARES, J. C.; LIMA, W. **Prevenção e controle de risco em máquinas, equipamentos e instalações**. São Paulo: SENAC São Paulo, 2012.

CARBOSTORM. Máscara com respirador. Disponível em: <<http://www.carbostorm.com.br/>>. Acesso em ago. 2014.

CEC. Casa & Construção – EPs. Disponível em: < <http://www.cec.com.br/dicas-seguranca-equipamentos-de-protecao-epis?id=107>>. Acesso em ago. 2014.

CIMM - Centro de informação Metal Mecânica. Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/portal/>>. Acesso em dez. de 2013.

COUTINHO, A. S. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. p. 210-231.

DINIZ, R. L.; SOARES, M. M. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. p. 325-331.

ERGOLÂNDIA. *Software* Ergolândia 5.0 (demo). Disponível em: <<http://www.fbfsistemas.com/ergonomia.html>>. Acesso em jul. de 2014.

ESAB BRASIL – Apostilas de soldagem. Disponível em: <<http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/index.cfm>>. Acesso em dez. de 2013.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Telecurso: profissionalizante de mecânica: **Processos de fabricação**. 1 ed. Rio de Janeiro: Fundação Roberto Marinho, 2009.

FUNDACENTRO. **Introdução a Higiene Ocupacional**. São Paulo: Fundacentro, 2004.

HONEYWELL – Safety products. Disponível em: <[http://www.honeywellsafety.com/BR/Product\\_Catalog/Prote%C3%A7%C3%A3o\\_respirat%C3%B3ria\\_\(BR\).aspx](http://www.honeywellsafety.com/BR/Product_Catalog/Prote%C3%A7%C3%A3o_respirat%C3%B3ria_(BR).aspx)>. Acesso em ago. 2014.

IFA – Institut für Arbeitsschutz. **Emission of UV radiation during arc welding**. Disponível em: <[http://www.dguv.de/medien/ifa/en/fac/strahl/pdf/uv\\_emission\\_schweissen\\_en.pdf](http://www.dguv.de/medien/ifa/en/fac/strahl/pdf/uv_emission_schweissen_en.pdf)>. Acesso em jul. 2014.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. Belo Horizonte: UFMG. 2009.

MÁSCULO, F. S. O. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. p. 261-300.

MATTOS, U. A. O. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. p. 6-34.

MEDEIROS, V. S. P. **Análise no processo produtivo de uma metalúrgica, com ênfase no jateamento e pintura de tubos de aço com costura**. Recife, UPE. 69 p. 2010. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho).

MELO JR, A. S. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. p. 96-118.

MENEGON, N.; RODRIGUES, M. F.. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. p. 120-144.

MILANEZ, B.; PORTO, M. F. S.. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. p. 186-210.

MIRANDA, C. R.; DIAS, C. R. PPRA/PCMSO: auditoria, inspeção do trabalho e controle social. **Cad. Saúde pública** Rio de Janeiro, v. 20, n.1, p. 224-232, jan/fev. 2004.

NEDERMAN. **Riscos e soluções para fumos de solda**. Disponível em: <[http://www.nederman.com.br/solutions/~-/media/ExtranetDocuments/PublishedCatalogue/BR\\_PT\\_MANUALSAUDESOLDADORES1.ashx](http://www.nederman.com.br/solutions/~-/media/ExtranetDocuments/PublishedCatalogue/BR_PT_MANUALSAUDESOLDADORES1.ashx)>. Acesso em: ago. 2014.

NOTAS DE AULA. Disciplina: Higiene Industrial (Temperatura – Calor). Fevereiro, 2013.

NORMAS LEGAIS. Tribunal Superior do Trabalho – Resolução 186 de 14/09/2012. Disponível em: < <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/resolucao-tst-186-2012.htm>>. Acesso em jul. 2014.

OLIVEIRA, P. A. B. **Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. p. 53-77.

PETZOLD, M. F.. **Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. p. 4-8.

RODRIGUES, C. L. P. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. p. 35 - 49.

ROSSI, M. L.; VILARINHO, O. L. **Medição de radiação UV-Visível durante a soldagem a arco visando questões de segurança e saúde do trabalho**. Revista Soldagem Insp. São Paulo, v. 13, n. 4 p. 296-303, out./dez. 2008.

SENAI-PR. Competências transversais - curso de segurança do trabalho. Disponível em: <<http://ct.aticenter.com.br/course/index.php>>. Acesso em dez. de 2012.

SENAI-SP – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (São Paulo). **Soldagem: Área Metalurgia**. São Paulo: SENAI-SP, 2013. 719 p.

SESI – Serviço Social da Indústria. **Técnicas de Avaliação de Riscos Ambientais: manual SESI**. Brasília: SESI/DN, 2007.

SETON. Cortina de solda. Disponível em: <<http://www.seton.com.br/cortina-de-soldac5591w.html>>. Acesso em: set. 2014.

SOUZA, J. A L.; BARRA, S. R. **Exposição à radiação em processo a arco elétrico: consequência à saúde e formas de controle.** Revista corte e conformação de metais. São Paulo – SP: Aranda, 2012.

VEIGA, E. **Segurança na soldagem.** São Paulo: Globus, 2012. 213 p.



## ANEXOS

### ANEXO A – Limites de tolerância para exposição ao ruído contínuo ou intermitente

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
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 hora 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

Figura A.1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente (NR 15, anexo 1).  
 Fonte: MTE (2014).

## ANEXO B – Limites de Tolerância para exposição ao calor

REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO (por hora)	TIPO DE ATIVIDADE		
	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Figura B.1 – Limites de Tolerância para exposição ao calor em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço (NR 15, anexo 3).

Fonte: MTE (2014).

M (Kcal/h)	MÁXIMO IBUTG
175	30,5
200	30,0
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	26,0
450	25,5
500	25,0

Figura B.2 - Limites de Tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com período de descanso em outro local (local de descanso) (NR 15, anexo 3).

FONTE: MTE (2014).

TIPO DE ATIVIDADE	Kcal/h
<b>SENTADO EM REPOUSO</b>	100
<b>TRABALHO LEVE</b>	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia).	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir).	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.	150
<b>TRABALHO MODERADO</b>	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.	300
<b>TRABALHO PESADO</b>	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá).	440
Trabalho fatigante	550

Figura B.3 – Taxa de metabolismo por tipo de atividade (NR 15, anexo 3).

Fonte: (MTE, 2014).

## ANEXO C – Gases e fumos metálicos em alguns processos de soldagem

Tabela C.1 – Fumos metálicos e gases.

Operação	Origem dos contaminantes		Contaminantes a serem avaliados				
			Contaminantes	TLV – ACGIH*	Efeitos*		
Soldagem	Base material	Aço carbono	Óxidos de	Ferro	5 mg/mg <sup>3</sup>	Pode levar a pneumoconiose.	
				Manganês	0,2 mg/mg <sup>3</sup>	Ataca pulmões, efeito reprodutivo e sistema nervoso central.	
		Aço inox		Cromo	0,5 mg/mg <sup>3</sup>	Provoca irritação, dermatite e ataca rins, fígado e sistema respiratório.	
				Níquel	1,5 mg/mg <sup>3</sup>	Provoca dermatite, pneumoconiose.	
		Ferro fundido		Níquel	Ver inox.		
		Latão e bronze		Cobre	Ver cobreado		
				Alumínio	Alumínio	5 mg/mg <sup>3</sup>	Provoca irritação nos pulmões.
					Chumbo	0,01 mg/mg <sup>3</sup>	Ataca rins, sangue, efeito reprodutivo e sistema nervoso central.
				Cobre	Ver cobreado		
				Ferro	Ver aço carbono		
				Manganês	Ver aço carbono		
		Galvanizado		Níquel	Ver inox.		
				Zinco	5 mg/mg <sup>3**</sup>	Provoca febre de fumos	
				Zinco	Ver latão e bronze		
	Revestimento do material		Cromado	Cromo	0,5 mg/mg <sup>3</sup>	Provoca irritação, dermatite e ataca rins, fígado e sistema respiratório.	
				Níquel	Ver inox.		
			Cobreado	Cobre	0,2 mg/mg <sup>3</sup>	Provoca irritação e febre de fumos	
		Com cádmio	Cádmio	0,01 mg/mg <sup>3</sup>	Ataca os rins		
	Óleos	Acroleína	0,1 ppm	Provoca irritação e edema pulmonar			
	Desengraxantes	Fosgênio	0,1 ppm	Provoca irritação anóxia e edema pulmonar			
Eletrodo Revestido	Material	Revestimento de eletrodo	Ácidos	Sílica amorfa	2 mg/mg <sup>3</sup>	Provoca irritação e febre	
			Rutílico	Óxido de titânio	10 mg/mg <sup>3</sup>	Provoca efeitos nos pulmões	
			Básico	Fluoretos	2,5 mg/mg <sup>3</sup>	Provoca irritação, aumento de densidade dos ossos e ligamentos, fluorose	
Arco com CO <sup>2</sup>		Dióxido de carbono	Monóxido de carbono	25 ppm	Impede a hemoglobina de transportar oxigênio aos tecidos		
Autógenas		Fundentes	Fluoretos	Ver fluoretos			

(continua)

(conclusão)

Operação	Origem dos contaminantes		Contaminantes a serem avaliados		
			Contaminantes	TLV – ACGIH*	Efeitos*
Arco	Reações com o ar	Radiação UV	Ozônio	0,2 ppm	Provoca inflamação no sistema respiratório e pulmão, crise de asma e edema pulmonar.
Autógena		Oxidação (N2)	Óxido nítrico e Dióxido nítrico	50 ppm para o óxido nítrico	Provoca inflamação no sistema respiratório, bronquite crônica, edema pulmonar e enfisema.

Fonte: ABHO/ACGIH (2003) – Adaptado por Campos; Lima; Tavares (2012).

\*Fonte: *American Conference of Governmental Industrial Hygienists & Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais*, Limites de exposição (TVL) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição (2003); Adaptado por Campos; Lima e Tavares (2012).

\*\* Limite de exposição permitido da *Occupation Safety and Health administration* (OSHA).

Tabela C.2 – Casos mais comuns de problemas de saúde de operadores de soldagem.

Partículas – Fumos e óxidos metálicos	Padrões OSHA (mg/m <sup>3</sup> /8horas)	Efeitos possíveis na saúde
Alumínio	ND	A,F
Cádmio	0,1	H,F,I,M**
Cromo	1,0	I,N,B
Cobre	0,1	A
Fluoretos (fluxos)	2,5	O,L,I
Ferro	10,0	C,B
Chumbo	0,2	H,L
Magnésio	15,0	A
Manganês	5,0	H,K
Níquel	1,0	N,A
Vanádio	0,1	A
Zinco	5,0	N
Monóxido de Carbono	5,5	-
Óxidos Nítricos	-	A,C,F,G
Ozônio	0,2	A,E,F

Fonte: Veiga (2012).

Notas:

\*OSHA – Occupation Safety and Health Administration – USA

\*\*2500 mg/m<sup>3</sup> de fumo é fatal

ND – Não determinado

A – Inflamação do sistema respiratório e pulmão: causa dores de cabeça, letargia, irritação da visão, excesso de fluido no pulmão.

B – Febre devido aos fumos: “sabor de metal”, calafrio, “sede”, febre, dor muscular, fadiga, dor de cabeça, náuseas, três dias de sintomas, sem sintomas residuais.

C – Bronquite crônica.

D – Distúrbios visuais.

E – Crise de asma (quando tiver a presença de elementos alérgicos).

F – Edema pulmonar (excesso de fluido nos tecidos intercelulares).

G – Enfisema.

H – Intoxicação.

I – Gastrite (inflamação do estômago e intestino).

J – Dispneia (dificuldade de respiração).

K – Manganismo (efeito neurológico similar ao “Mal de Parkinson”).

L – Anemia.

M – Nefrite crônica.

N – Possibilidade de câncer.

O – Aumento de densidade dos ossos e ligamentos.

Tabela C.3 – Limites de tolerância (TWA) para concentração média de gases tóxicos que podem ser formados durante a soldagem.

<b>Substância</b>	<b>Limite (ppm)</b>	<b>Observações</b>
Ozônio	0,08	Formado quando o oxigênio é dissociado em consequência da radiação UV. Volátil e reativo.
Óxido Nítrico	25	Formado devido a altas temperaturas durante a soldagem. Volátil e reativo.
Dióxido de nitrogênio	4	Pode ser formado da mesma forma que o NO, mas também através de reação com o O <sub>3</sub> . Relativamente estável.
Monóxido de Carbono	39	Formado devido a dissociação do CO <sub>2</sub> no arco. Relativamente estável.

Fonte: Veiga (2012).

## ANEXO D – Especificações gerais dos equipamentos avaliados

Tabela D.1 – Especificações gerais da fonte retificadora TTR 300 DC.

<b>Especificações gerais (TTR 300 DC)</b>	
Corrente a 100%	193 A
Corrente a 60%	250 A
Ciclo de trabalho	60%
Regulagem de corrente	50 a 250 A
Tensão livre	65 V
Tensão	220 V
Corrente	65 A
Frequência	60 HZ
Peso	98,6 kg
Potência aparente	14,3 kVA
Potência real	9 kW

Fonte: BAMBOZZI.

Tabela D.2 – Dados técnicos MB 350K.

<b>Primário</b>	
Tensão (V)	3x220/380
Frequência (Hz)	50 ou 60
Potência Máxima (kVA)	17,5
Potência Nominal (kVA)	8,8
Corrente Máxima (A)	46/26,5
Corrente Nominal (A)	23,2/13,4
Fator de Potencia (cos.φ)	0,80
<b>Secundário</b>	
Tensão a vazio (V)	18 a 48
Tensão de trabalho (V)	15,5 a 36,5
Faixa de corrente (A)	30 a 450
Classe de isolamento Térmica (tipo)	H
Tipo de fonte	CV/CC
Proteção térmica (termostato)	Sim
Ventilação (tipo)	Forçada
Peso (kg)	125
Dimensões (mm)	950x470x720
<b>Gerai</b>	
Indicação de sobretensão	Sim
Veloc. do alimentador (m/min.)	0,7 a 15
Diâmetro de arames (mm)	0,6/0,8/1,0/1,2

Fonte: MERKLE BALMER.