

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Bruno Alexandre Santos Casagrande**

**SEGURANÇA NOS PROCESSOS DE  
SOLDAGENS**

**Taubaté – SP**

**2009**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Bruno Alexandre Santos Casagrande**

**SEGURANÇA NOS PROCESSOS DE  
SOLDAGENS**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização de Engenharia de Segurança do Trabalho do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Esp. João Alberto Bajerl

**Taubaté – SP**

**2009**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Variação de energia potencial para um sistema composto de dois átomos em função da distância de separação entre eles.	13
Figura 2	Formação teórica de uma solda pela aproximação das superfícies das peças.	13
Figura 3	Representação esquemática da superfície metálica limpa.	14
Figura 4	Soldagem por pressão ou deformação.	15
Figura 5	(a) Representação esquemática da solda por fusão. (b) Macrografia de uma junta.	15
Figura 6	Máquina de Solda Tubular.	19
Figura 7	Circuito de Soldagem MIG/MAG.	20
Figura 8	Bocal da Solda MIG/MAG.	20
Figura 9	Máquina Solda MIG/MAG.	21
Figura 10	Bocal da Solda TIG.	22
Figura 11	Máquina Solda TIG.	22
Figura 12	Processo de Soldagem Elétrica (Eletrodo Revestido).	23
Figura 13	Máquina Solda Elétrica.	24
Figura 14	Processo de Soldagem a Ponto.	24
Figura 15	Tocha MIG/MAG.	26
Figura 16	Tocha TIG.	26
Figura 17	Porta Eletrodo.	26
Figura 18	Máquina de Solda Ponto.	27
Figura 19	Mesa de Solda.	28
Figura 20	Gabarito de Solda.	29
Figura 21	Sistema de Ventilação Geral.	43
Figura 22	Sistema de Ventilação Geral.	43
Figura 23	Exaustão Localizada Fixo.	44
Figura 24	Exaustão Localizada Móvel.	44
Figura 25	Tocha Aspirada.	46
Figura 26	Máscara Automática.	49
Figura 27	Máscara Padrão.	49
Figura 28	Escudo para solda.	49
Figura 29	Luva de raspa – punho longo.	50

Figura 30 Avental de Raspa.	50
Figura 31 Jaqueta de Raspa.	50
Figura 32 Mangote de Raspa.	51
Figura 33 Bota de Couro com biqueira de aço.	51
Figura 34 Touca de Proteção.	52
Figura 35 Perneira de Raspa.	52
Figura 36 Óculos de proteção.	52
Figura 37 Protetor Auricular.	52
Figura 38 Máscara de respiração.	52
Figura 39 Biombo de Soldagem Móvel.	53
Figura 40 Biombo de Soldagem Fixo.	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>06</b>
1.1 Objetivo.....	07
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>08</b>
2.1 Métodos de União dos Metais.....	08
2.2 Definição de Soldagem.....	08
2.3 História da Soldagem.....	09
2.4 Formação de uma Junta Soldada.....	12
2.5 Normas e Qualificação em Soldagem.....	15
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>18</b>
4.1 Processo de Soldagem.....	18
4.1.1 Equipamento de soldagem.....	25
4.1.2 Subprodutos dos processos de soldagem.....	29
4.2 Problemas de Saúde dos Soldadores.....	34
4.3 Segurança na Soldagem.....	40
4.4 Medidas Preventivas.....	42
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho do soldador é reconhecido como um trabalho que exige grande esforço e que representa risco para o profissional. É até mesmo considerado símbolo de tal tipo de trabalho, vindo a ser, em vários países, objeto de pesquisas que buscam identificar os elementos responsáveis tanto pelo esforço como pelos riscos enfrentados pelos soldadores. Profundamente ligado ao tipo de processo de soldagem empregado, o tipo de risco a que o soldador está submetido é definido, geralmente, com base em dados ambientais ou estudos de posturas de trabalho.

Este trabalho apresenta na revisão bibliográfica, os princípios de união dos metais, definição de soldagem, história da soldagem, formação de uma junta de soldagem, normas e qualificações em soldagem.

A metodologia mostra quais os métodos utilizados para elaboração deste trabalho, assim como, quais são as normas pertinentes ao assunto.

Nos resultados e discussões, são apresentados os processos de soldagens, os equipamentos de soldagens, subprodutos dos processos de soldagens, os problemas de saúde dos soldadores, segurança na soldagem e quais as medidas preventivas para melhoria da segurança nos processos de soldagens.

## **1.1 Objetivo**

O presente trabalho de conclusão de curso tem por objetivo abordar o tema segurança nos processos de soldagem MIG/MAG, TIG, Eletrodo Revestido, Tubular e Solda Ponto.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 Métodos de União dos Metais**

Os métodos de união de metais podem ser divididos em duas categorias principais, isto é, aqueles baseados no aparecimento de forças mecânicas macroscópicas entre as partes a serem unidas e aqueles baseados em forças microscópicas (interatômicas ou intermoleculares). No primeiro caso, do qual são exemplos a parafusagem e a rebiteagem, a resistência da junta é dada pela resistência ao cisalhamento do parafuso ou rebite, mais as forças de atrito entre as superfícies em contato. No segundo caso, a união é conseguida pela aproximação dos átomos e moléculas das partes a serem unidas, ou destas e um material intermediário, até distâncias suficientemente pequenas para a formação de ligações metálicas e de Van der Waals. Como exemplos desta categoria citam-se: a soldagem, a brasagem e a colagem.

### **2.2 Definição de Soldagem**

Um grande número de diferentes processos utilizados na fabricação e recuperação de peças, equipamentos e estruturas é abrangido pelo termo SOLDAGEM. Classicamente, a soldagem é considerada como um método de união, porém, muitos processos de soldagem ou variações destes são usados para a deposição de material sobre uma superfície, visando a recuperação de peças desgastadas ou para a formação de um revestimento com características especiais. Diferentes processos relacionados com os de soldagem são utilizados para o corte ou para o recobrimento de peças. Diversos aspectos dessas operações de recobrimento e cortes são similares à soldagem e, por isso, muitos aspectos destes processos são abordados juntamente com esta.

Algumas definições de soldagem são:

- "Processo de junção de metais por fusão". (Deve-se ressaltar que não só metais são soldáveis e que é possível soldar metais sem fusão).
- "Operação que visa obter a união de duas ou mais peças, assegurando, na junta soldada, a continuidade de propriedades físicas, químicas e metalúrgicas".
- "Operação que visa obter a coalescência localizada produzida pelo aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a aplicação de

pressão e de metal de adição." (Definição adotada pela AWS - American Welding Society).

- “Processo de união de materiais baseado no estabelecimento, na região de contato entre os materiais sendo unidos, de forças de ligação química de natureza similar às atuantes no interior dos próprios materiais.”

### **2.3 História da Soldagem**

Para nós, que vemos as atuais modernidades das máquinas de soldagem disponíveis na indústria, é um pouco difícil voltar no tempo e imaginar como foi o início deste processo.

Em 1809, Sir Humphrey Davy prometia transformar o dia em noite com a "magia" de seu arco elétrico. Talvez nem imaginasse que estivesse lançando a base para um dos processos de produção que viriam a alterar radicalmente os conceitos de união de materiais e construção de grandes conjuntos mecânicos.

Antes disto, praticamente não se pode falar em soldagem nos nossos dias, porém a arqueologia tem nos mostrado achados de soldagens e brasagens que nos deixam até hoje querendo saber como foram feitas. O exemplo mais claro disto são os pilares de ferro da cidade de Delhi. Estes são estruturas sólidas com aproximadamente 400 mm de diâmetro e 20 metros de comprimento, que foram soldadas por forjamento há aproximadamente 2000 anos.

Existem várias razões para explicar o porque de tanto sucesso desta tecnologia.

Ao contrário dos demais processos de fabricação, a soldagem adiciona material.

Pode parecer simples, mas, esta simples alteração em relação aos processos concorrentes (peças fundidas, rebiteagem, aparafusamento, usinagem) possibilita o controle de adicionar somente o material necessário, o que causará substanciais alterações: redução de desperdícios e possibilidade de construir um conjunto e pequenos subconjuntos, onde os diversos problemas são menores. Mesmo nos casos de rebiteagem ou aparafusamento, o início do trabalho é sempre um enfraquecimento da estrutura.

A idéia de poder construir um grande conjunto em partes menores possibilita que grandes construções sejam montadas já em seu local final, simplificando com isto o transporte e conseqüentemente o custo. É impensável que construções como

refinarias ou plataformas de prospecção de petróleo, tivessem que usar furos para rebites e parafusos, nos componentes a serem montados.

Nem sempre foi assim. Após a primeira guerra mundial, era comum encontrar-se nos contratos de vendas de carros usados uma cláusula citando que o veículo encontrava-se isento de partes quebradas ou soldadas. Isto é fácil de entender porque no princípio, a soldagem era uma tecnologia utilizada unicamente para manutenção.

A grande incentivadora desta tecnologia foi sem dúvida a indústria automobilística. As concepções de veículos exigiam suspensões independentes no lugar dos tradicionais chassis excessivamente reforçados, com formas grotescas e pesos exagerados. A adoção desta tecnologia reduziu o peso dos chassis pela metade, e seus custos na ordem de 20 a 50%.

O segundo grande incentivo foi a segunda guerra mundial. Para se ter uma idéia, em 1941 a construção de um cargueiro de 10.000 ton. em 300 dias era considerado um prazo muito bom. Quase no fim desta guerra (1944) navios de 12.000 ton. eram produzidos em 300 horas.

Como um avanço tecnológico sempre puxa o outro, a adoção da tecnologia de soldagem abriu um leque de possibilidades que os processos tecnológicos de até então não ofereciam como, por exemplo: juntas totalmente estanques (ao contrário da rebitagem), possibilidade de montagens com um único lado de acesso (ao contrário do aparafusamento), leveza da estrutura como um todo, e possibilidade de suportar esforços no próprio plano (ao contrário da rebitagem).

A maioria das mais importantes descobertas que vieram a resultar os modernos processos de soldagem de hoje, ocorreram num período muito curto. Os mais significativos avanços foram em apenas 20 anos (entre 1880 e 1900).

É interessante destacar que o avanço tecnológico ocorreu quando a energia elétrica se tornou mais facilmente disponível, a soldagem a oxi-gás, que em princípio não é dependente deste tipo de energia, também teve seus avanços mais significativos nesta época.

Fazendo um estudo destes principais avanços, pode-se notar que descobertas na soldagem oxi-gás e na soldagem elétrica ocorreram quase que simultaneamente. Os principais avanços, com as devidas lembranças a estes pioneiros, são apresentados a seguir:

- **1801** - Sir Humprey cria um arco elétrico entre dois terminais de um circuito;
- **1836** - Davy descobre o acetileno, que em 1832 Wohler ligava ao carbureto de cálcio como meio de obtenção do acetileno;
- **1837** - Richemont estuda a chama aero-hídrica;
- **1847** - Hare funde 1 Kg de platina com o maçarico oxi-hídrico (oxigênio + hidrogênio);
- **1850** - Saint-Claire-Deville estudam a chama oxi-hídrica;
- **1856** - Joule acidentalmente realiza uma soldagem por resistência de fios de aço;
- **1877** - Thomson sistematiza e estuda a soldagem por resistência elétrica com auxílio de pressão mecânica. É considerado o "pai" da soldagem por resistência. Obteve sua primeira patente para este processo em 1886 e a esta se seguiram outras 150. Seus estudos concentraram-se especificamente na soldagem de fios metálicos;
- **1880** - Moissan estuda o arco elétrico para fornos. Em 1892, fabrica o carbureto de cálcio no forno elétrico;
- **1885** - Bernardos utiliza o eletrodo de carvão para fusão localizada do aço. Como curiosidade é interessante lembrar que a tensão do arco variava de 100 a 300 V, a corrente de 600 a 1000 A. O modo de operação consistia em iniciar a passagem de corrente em curto-circuito e em seguida o operador estabelecia um arco de 5 a 10 cm de diâmetro. Os diâmetros dos eletrodos utilizados variavam entre 5 a 35 mm, e os porta eletrodos tinham aproximadamente 50 cm de comprimento. Bernardos realiza também a primeira soldagem a ponto por resistência utilizando-se novamente de eletrodos de carvão;
- **1887** - Fletcher realiza os primeiros ensaios de perfuração de aço sob jato de oxigênio;
- **1891** - Slavianoff realiza a primeira soldagem de chapas de aço com eletrodo metálico nu;
- **1895** - Le Chatelier estuda a chama oxi-acetilenica, e prevê suas aplicações industriais;
- **1898** - Linde produz o oxigênio industrialmente;

- **1901** - Fouche e Picard apresentam o primeiro maçarico oxiacetilênico industrial.
- **1902** - Musener (empresa) patenteia a chama de aquecimento e jato de oxigênio combinados;
- **1902** - Claude aperfeiçoa a unidade de produção de oxigênio;
- **1904** - Picard apresenta o maçarico de oxicorte;
- **1907** - Oscar Kjellberg revolucionou a soldagem a arco pela introdução dos eletrodos revestidos. Este melhoramento deu um enorme impulso a este processo já que assaram a ser obtidas soldagens com características mecânicas muito boas e freqüentemente superiores àquelas oriundas de soldagens por chama;
- **1930** - Aparecem diversos desenvolvimentos do processo de soldagem por eletrodos revestidos. O mais representativo foi sem dúvida o arco submerso, desenvolvido simultaneamente na União Soviética e nos Estados Unidos;
- **1933** - Hobart e Denver desenvolvem o processo TIG;
- **1936 aproximadamente** - Baseado no mesmo sistema de proteção gasosa utilizado no processo TIG, aparece o processo MIG que no início era limitado aos materiais não ferrosos;
- **1939 aproximadamente** - Como variação do processo MIG para ser utilizado para a soldagem de materiais ferrosos aparece o processo MAG.

Após estes, já estamos próximos aos tempos modernos e, principalmente após a segunda guerra, diversos processos foram sendo descobertos como, por exemplo: eletroescória, ultra-som, eletrogás, fricção, feixe de elétrons, plasma, laser, etc.

Nos dias de hoje, pode-se quase afirmar que não existe material ou liga que não possa ser soldada ou brasada por pelo menos um, dos quase 50 processos de soldagem existentes atualmente.

Este trabalho, apesar de reconhecer a importância do processo de soldagem oxigás (oxiacetilênico), estará mais direcionado para os processos de soldagem a arco voltagem, ou seja, a nossa conhecida solda elétrica, MIG/MAG, TIG e solda ponto.

## **2.4 Formação de uma Junta Soldada**

De uma forma simplificada, uma peça metálica é formada por um grande número de átomos dispostos em um arranjo espacial característico (estrutura

crystalina). Átomos localizados no interior desta estrutura são cercados por um número de vizinhos mais próximos, posicionados a uma distância  $r_0$ , na qual a energia do sistema é mínima, como mostra a figura 1.

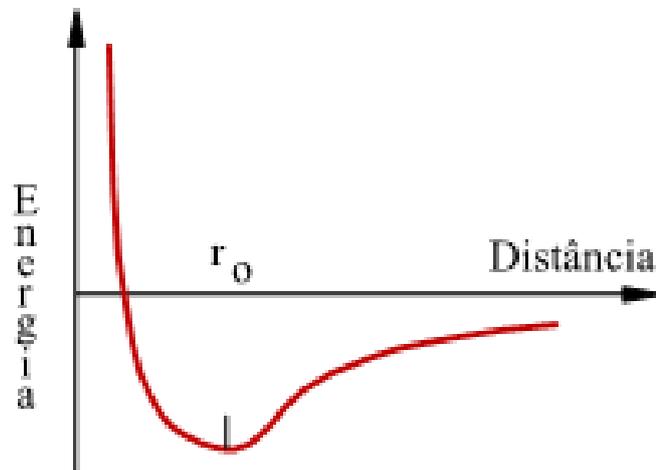


Figura 1: Variação de energia potencial para um sistema composto de dois átomos em função da distância de separação entre eles.

Fonte: Modenesi, Paulo. 2000.

Nesta situação, cada átomo está em sua condição de energia mínima, não tendendo a se ligar com nenhum átomo extra. Na superfície do sólido, contudo, esta situação não se mantém, pois os átomos estão ligados a menos vizinhos, possuindo, portanto um maior nível de energia do que os átomos no seu interior. Esta energia pode se reduzida quando os átomos superficiais se ligam a outros. Assim, aproximando-se duas peças metálicas a uma distância suficientemente pequena para a formação de uma ligação permanente, uma solda entre as peças seria formada, como ilustrado na figura 2. Este tipo de efeito pode ser obtido, por exemplo, colocando-se em contato íntimo dois blocos de gelo.

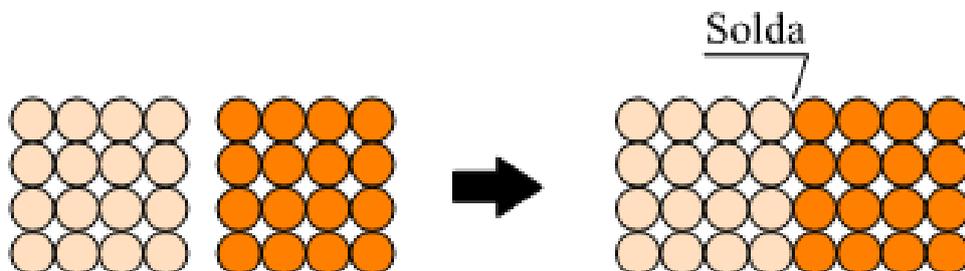


Figura 2: Formação teórica de uma solda pela aproximação das superfícies das peças.

Fonte: Modenesi, Paulo. 2000.

Entretanto, sabe-se que isto não ocorre para duas peças metálicas, exceto em condições muito especiais. A explicação para isto está na existência de obstáculos

que impedem uma aproximação efetiva das superfícies até distâncias da ordem de  $r_0$ . Estes obstáculos podem ser de dois tipos básicos:

- As superfícies metálicas, mesmo as mais polidas, apresentam uma grande rugosidade em escala microscópica e sub-microscópica (figura 3).

Mesmo uma superfície com um acabamento cuidadoso apresenta irregularidades da ordem de 50nm de altura, cerca de 200 camadas atômicas. Isto impede uma aproximação efetiva das superfícies, o que ocorre apenas em alguns poucos pontos de contato, de modo que o número de ligações formadas é insuficiente para garantir qualquer resistência para a junta.

- As superfícies metálicas estão normalmente recobertas por camadas de óxidos, umidade, gordura, poeira, etc., o que impede um contato real entre as superfícies, prevenindo a formação da solda. Estas camadas se formam rapidamente e resultam exatamente da existência de ligações químicas incompletas na superfície.

Dois métodos principais são utilizados para superar estes obstáculos, os quais originam os dois grandes grupos de processos de soldagem. O primeiro consiste em deformar as superfícies de contato permitindo a aproximação dos átomos a distâncias da ordem de  $r_0$  (figura 4). As peças podem ser aquecidas localmente de modo a facilitar a deformação das superfícies de contato.

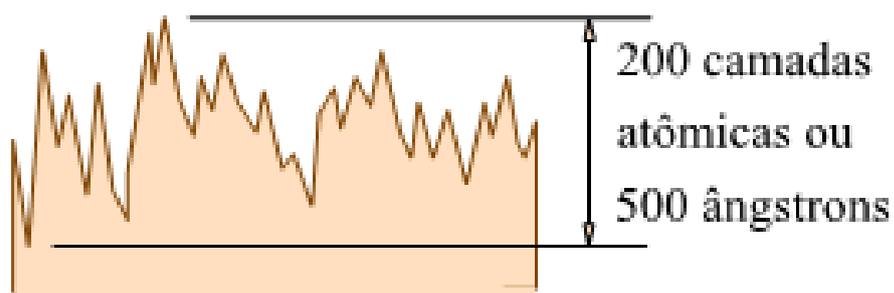


Figura 3: Representação esquemática da superfície metálica limpa.  
Fonte: Modenesi, Paulo. 2000.

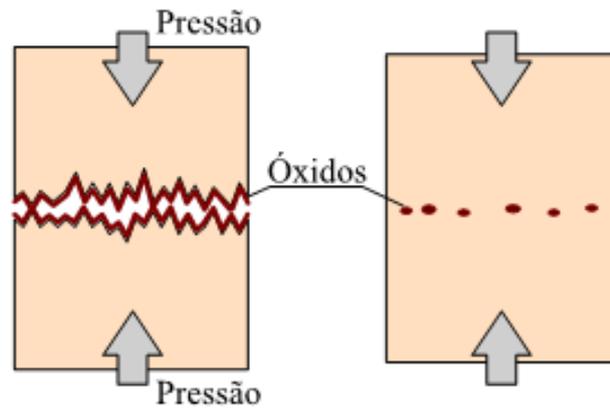


Figura 4: Soldagem por pressão ou deformação.  
Fonte: Modenesi, Paulo. 2000.

O segundo método se baseia na aplicação localizada de calor na região de união até a sua fusão e do metal de adição (quando este é utilizado), destruindo as superfícies de contato e produzindo a união pela solidificação do metal fundido (figura 5).

Desta forma, uma forma de classificação dos processos de soldagem consiste em agrupá-los em dois grandes grupos baseando-se no método dominante para produzir a solda: (a) processos de soldagem por pressão (ou por deformação) e (b) processos de soldagem por fusão.

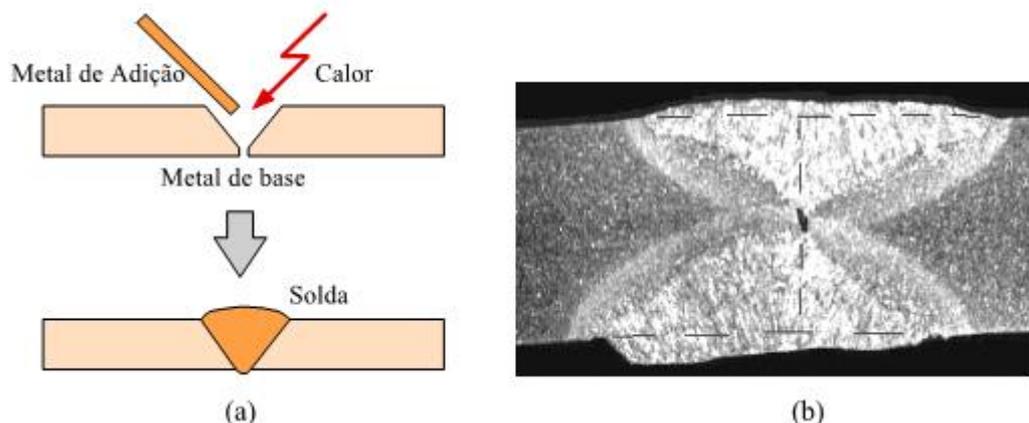


Figura 5: (a) Representação esquemática da solda por fusão. (b) Macrografia de uma junta.  
Fonte: Modenesi, Paulo. 2000.

## 2.5 Normas e Qualificação em Soldagem

Nas operações de soldagem, a realização de soldas inadequadas durante a fabricação de certos tipos de estruturas ou equipamentos, tais como navios, pontes, oleodutos, componentes automotivos e vasos de pressão, pode resultar em sérios acidentes com grandes perdas materiais e, eventualmente, humanas e danos ao

meio ambiente. Como consequência, as operações de soldagem para diversas aplicações são reguladas por diferentes códigos segundo a aplicação específica.

Estes códigos e especificações podem cobrir as mais diferentes etapas de soldagem incluindo, por exemplo, a especificação de material (metal de base e consumíveis), projeto e preparação da junta, qualificações de procedimento e de operador e procedimento de inspeção.

Para diversas aplicações, as normas relevantes exigem que, antes da execução da soldagem de produção, especificações dos procedimentos que serão adotados para a sua execução sejam preparadas e qualificadas. Este processo visa demonstrar que, através do procedimento proposto, soldas adequadas, de acordo com os requisitos colocados pela norma ou estabelecidos em contrato, possam ser obtidas. Além disto, ele permite uniformizar e manter registro das condições especificadas de soldagem para controle do processo e eventual determinação de causas de falha.

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado através de uma pesquisa bibliográfica. As informações técnicas foram obtidas em sites, publicações como revistas da área de segurança e saúde ocupacional, livros e cartilhas escritas por profissionais da área de solda.

A Portaria 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 1978) que contempla as Normas Regulamentadoras (MTE 1978), foi utilizada para demonstração das diretrizes que devem ser seguidas para os trabalhos realizados neste tema, além das normas internacionais e nacionais, como as:

- ASME Boiler and Pressure Vessel Code (vasos de pressão), *Normas e Qualificação em Soldagem – 3*;
- ANSI – American National Standards Institute (ANSI Z49.1 e ANSI Z87.1);
- API STD 1104, Standard for Welding Pipelines and Related Facilities (tubulações e dutos na área de petróleo);
- AWS D1.1, Structural Welding Code (estruturas soldadas de aço carbono e de baixa liga);
- DNV, Rules for Design, Construction and Inspection of Offshore Structures (estruturas marítimas de aço);
- Especificações diferentes de associações como a International Organization for Standardization (ISO), American Welding Society (AWS), British Standard Society (BS), Deustches Institute fur Normung (DIN), Association Francaise de Normalisation (NF), Instruções Técnicas (IT), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), etc.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Processos de Soldagem

Os diversos processos de soldagem empregam grande concentração de energia (MAGRINI, 1999) e é a origem da energia utilizada que define parcialmente estes processos. Assim, conforme a fonte de energia, os processos classificam-se em sete áreas: fase sólida, termoquímica, resistência elétrica, arco não protegido, arco protegido por fluxo fusível, arco protegido por gás e energia radiante. Além disso, o processo de soldagem necessita ser correlacionado ao controle da atmosfera que envolve o local da solda (MACHADO, 1996).

Existem aproximadamente 100 processos de soldagem e técnicas conexas reconhecidos pela *American Welding Society* – AWS, incluindo corte térmico e pulverização térmica (MACHADO, 1996).

Neste trabalho os processos pesquisados são: MIG (*Metal Inert Gas*) / MAG (*Metal Active Gas*), TIG (*Tungsten Inert Gas*), solda tubular, solda ponto e solda com eletrodo revestido, todos processos de soldagem por fusão. Todos os processos têm em comum o consumo de energia elétrica, cuja proximidade faz com que os soldadores estejam expostos a risco de choques elétricos.

Portanto, estes processos serão descritos mais detalhadamente a seguir:

- **Soldagem a arco com eletrodo tubular** (*Flux Cored Arc Welding: FCAW*), processo que apresenta o consumível alimentado continuamente e contendo um fluxo fusível no seu interior, o que garante a execução das reações pirometalúrgicas, benéficas ao processo, sem impedir a soldagem em posições diferentes da horizontal e vertical, além da redução da contaminação do mesmo pela umidade e dejetos do ambiente. A proteção da poça de fusão também pode ser feita por gás, como no processo MIG/MAG (MACHADO, 1996). Por ser um processo de arco aberto, em que o metal do consumível é transferido através do arco para ser depositada na junta, a soldagem com eletrodo tubular – FCAW está entre os processos que produzem grande quantidade de fumo. Os fumos emitidos por este processo normalmente contêm quantidades significativas de cromo hexavalente – CrVI, que exige medidas de controle mais rígidas (LUCAS e CARTER, 1999). Existem estudos, porém, que buscam a redução na emissão de

fumos com modificação na especificação tanto da composição do fluxo fusível, quando do gás de proteção (HARRIS e CASTNER, 2002). Outra desvantagem apontada para este processo é a de produzir muitas faíscas (ENGBLOM e FALCK, 1992).



Figura 6: Máquina de Solda Tubular.  
Fonte: Autor, 2009.

- **Soldagem a arco com proteção por gás e eletrodo consumível** (*Gas Metal Welding - GMAW*), tendo como variações a proteção por gás inerte, cujo processo é conhecido como **MIG** (*Metal Inert Gas*); ou a proteção por gás ativo (oxidante), cujo processo é conhecido como **MAG** (*Metal Active Gas*). Neste caso, a soldagem é realizada por um arco elétrico, estabelecido entre um arame nu, continuamente alimentado, e a peça. A proteção do mesmo e da poça de fusão é realizada por gás que flui pelo bocal, tendo o arame no centro do fluxo. Geralmente, os gases utilizados são inertes, como argônio e hélio, ou do tipo oxidante, também denominado “ativo”, como CO<sub>2</sub>, ou argônio + CO<sub>2</sub>, ou argônio + O<sub>2</sub>, ou combinação destes três gases. A operação é semi-automática ou automática, podendo ser soldadas ligas ferrosas e não-ferrosas, sendo este processo considerado adequado para robotização (MACHADO, 1996). Assim como o Eletrodo Tubular, a solda MIG/MAG também é um processo de arco aberto com transferência de metal através do arco, estando, portanto, entre os processos que produzem grande quantidade de fumo. Os fumos gerados por estes processos

normalmente contêm grandes concentrações do metal sendo depositado (LUCAS e CARTER, 1999). Além da escolha do eletrodo e da composição do gás de proteção, outros parâmetros de soldagem são a voltagem, a amperagem e o tipo de corrente elétrica, que pode ser contínua ou pulsada. A corrente pulsada oferece vantagens como à redução de fumos (HARRIS e CASTNER, 2002) e de faíscas, maior produtividade em certas aplicações e menor porosidade do cordão de solda, e é usada, principalmente para soldagem de alumínio e aço inoxidável (ENGBLOM e FALCK, 1992).

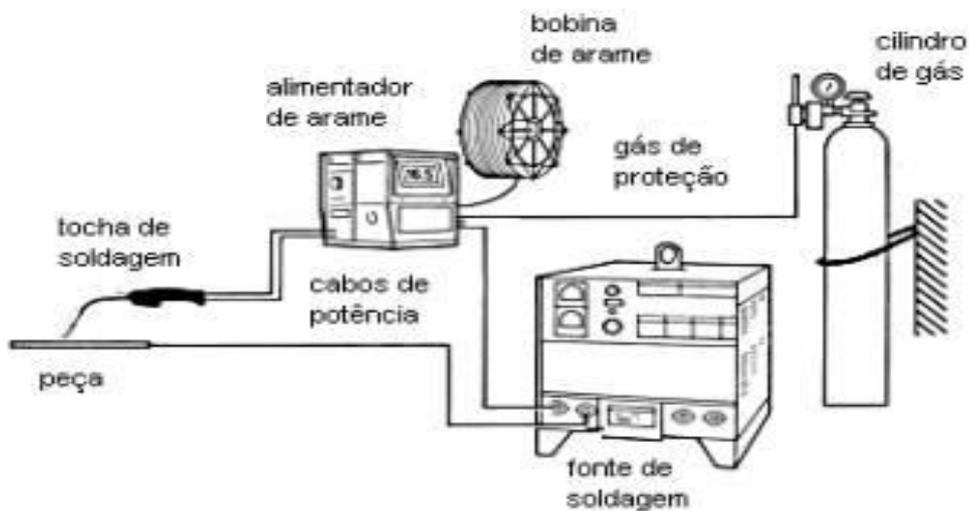


Figura 7: Circuito de Soldagem MIG/MAG.  
Fonte: Site Labsolda – UFSC, 2009.

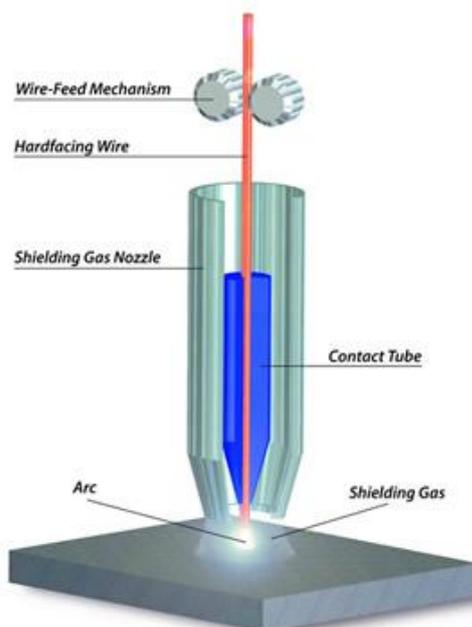


Figura 8: Bocal da Solda MIG/MAG.  
Fonte: Site Stellite, 2009



Figura 9: Máquina Solda MIG/MAG.  
Fonte: Autor, 2009.

- **Soldagem a arco com proteção por gás e eletrodo não consumível** (*Gas Tungsten Arc Welding – GTAW*), que é conhecida como **TIG** (*Tungsten Inert Gas*). Este processo geralmente se destina à realização de soldas sobre peças de pequena espessura, no entanto, também é empregado sobre peças espessas quando for essencial a qualidade. O arco elétrico é formado entre um eletrodo não consumível (de tungstênio ou outros compostos com este elemento) e a peça. O eletrodo e a poça de fusão são protegidos por gás, geralmente inerte, que flui num bocal, envolvendo o eletrodo. O arco atua, portanto, somente como fonte de calor, sendo possível a adição manual de metal (no formato de varetas) ou automaticamente (na forma de arame fino) (MACHADO, 1996). É o único processo de arco aberto que não transfere material através do arco, resultando em menor produção de fumos (LUCAS e CARTER, 1999). No entanto, a produção de ozônio é maior, principalmente na soldagem de alumínio (HEWITT, 1999). A alimentação elétrica da solda TIG emprega energia elétrica de alta frequência para iniciar e estabilizar o arco. Porém, por estar em um nível muito baixo de corrente, não oferece risco de choque elétrico. O perigo que este tipo de energia oferece é de causar queimaduras profundas se atingir a pele, pois pode chegar a furar as luvas de proteção. A energia de alta frequência também

gera emissões eletromagnéticas, que podem interferir com outros equipamentos (LUCAS E CARTER, 1999).

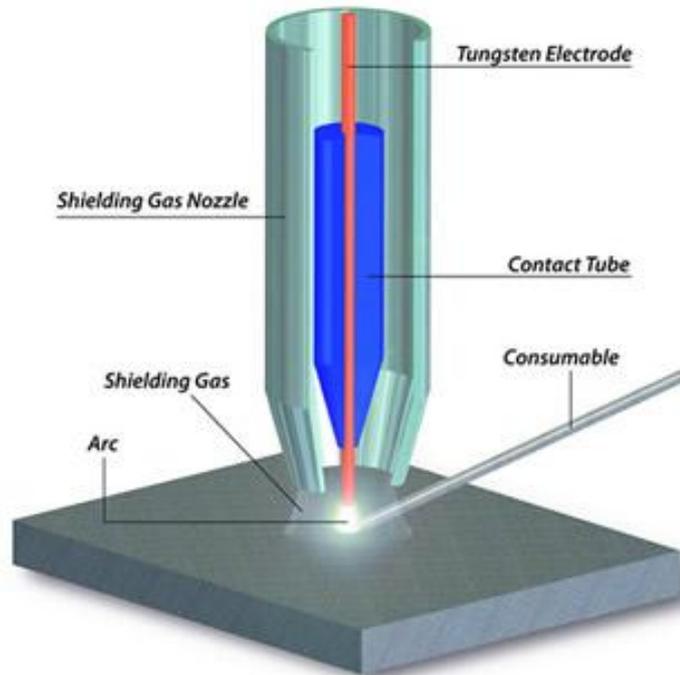


Figura 10: Bocal da Solda TIG.  
Fonte: Site Stellite, 2009



Figura 11: Máquina Solda TIG.  
Fonte: Autor, 2009.

- **Soldagem a arco com eletrodo revestido** (*Shielded Metal Arc Welding: SMAW*). Grande responsável pela expansão da soldagem, este processo foi o primeiro a obter aceitação como método produtivo e de alta qualidade. O consumível (no caso, o eletrodo revestido) consiste num arame (alma) revestido com uma massa formada de diversos minérios e compostos químicos. Este revestimento permite que o arco se mantenha, protege o metal fundido da atmosfera, estabelece as características operacionais do consumível e provê várias propriedades mecânico-metalúrgicas do metal de solda. Trata-se de um processo manual em que o soldador inicia a operação estabelecendo um curto-circuito entre a superfície da peça e o eletrodo, afastando-o logo em seguida e formando, assim, o arco e a poça de fusão. Este processo pode ser usado em praticamente todas as ligas ferrosas e muitas não-ferrosas, sendo inconveniente para metais altamente reativos, ou de muito baixo ponto de fusão (MACHADO, 1996). É grande gerador de fumo, como os demais processos de arco aberto com transferência de metal através do arco (LUCAS E CARTER, 1999).

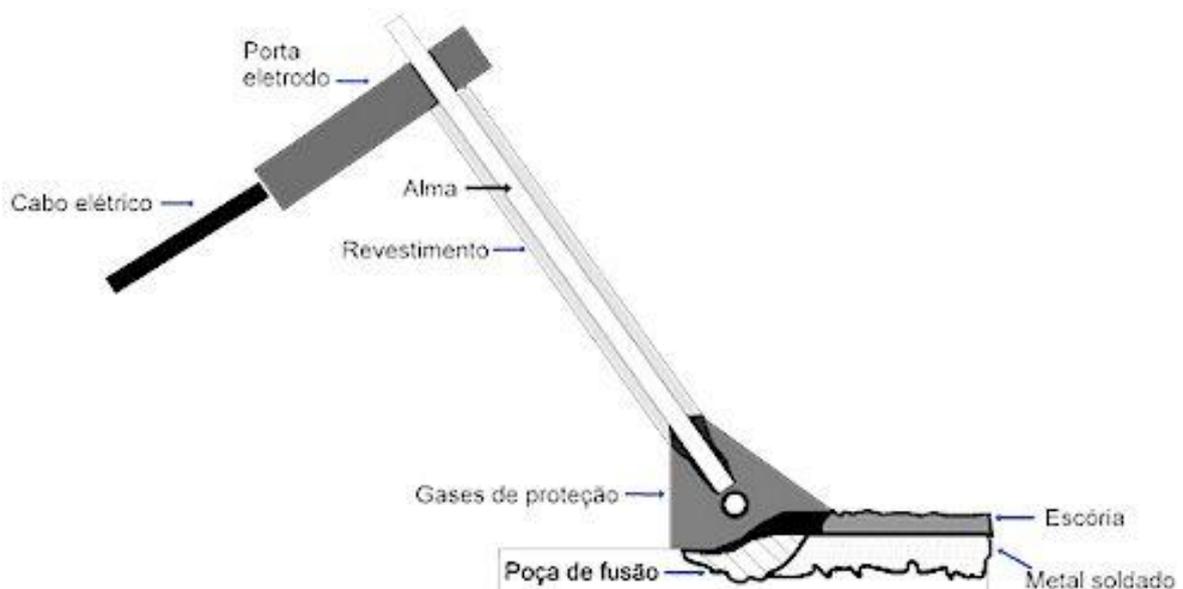


Figura 12: Processo de Soldagem Elétrica (Eletrodo Revestido).

Fonte: Site CWbookstore, 2009.



Figura 13: Máquina Solda Elétrica.  
Fonte: Autor, 2009.

- **Soldagem por resistência a ponto** (*Resistance Spot Welding – RSW*). Este método emprega o calor produzido pela passagem da corrente elétrica em um condutor. A solda é realizada entre peças que geralmente estão superpostas por meio da fusão local provocada pela corrente elétrica entre dois eletrodos (fabricados com ligas de cobre), que pressionam as superfícies das mesmas. Este processo é bastante aplicado na fabricação de peças com chapas relativamente finas (MACHADO, 1996). A soldagem a ponto pode produzir fumos se houver resíduos ou óleo sobre as peças sendo soldadas e, se a máquina não estiver regulada corretamente, são lançadas faíscas que podem atingir o soldador ou demais indivíduos presentes no posto de trabalho (CORLETT e BISHOP, 1978).

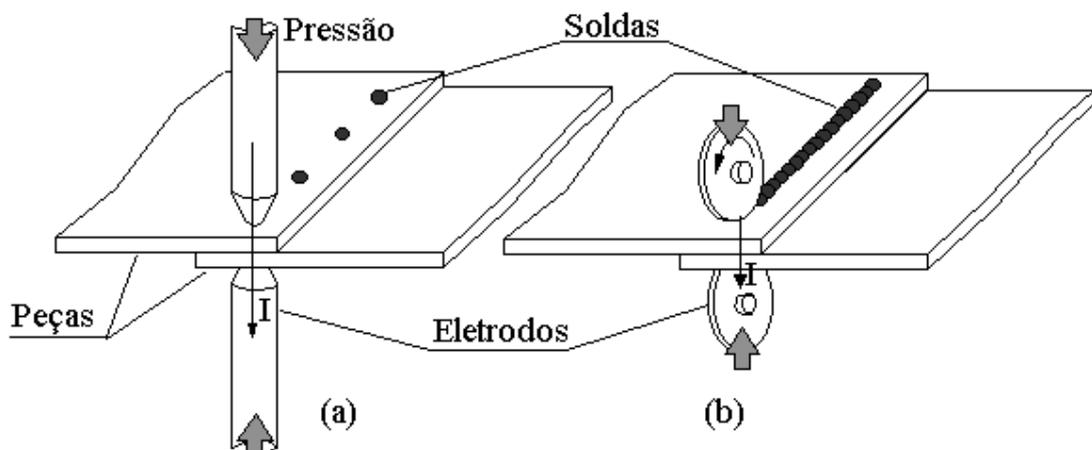


Figura 14: Processo de Soldagem a Ponto.  
Fonte: Site Demet - UFMG, 2009.

### 4.1.1 Equipamentos para soldagem

Os equipamentos necessários em um posto de trabalho com soldagem são classificados, em três categorias: equipamentos de processo (tochas, lixadeiras, escova de aço, dentre outros, assim como a infra-estrutura para abastecimento desses equipamentos com energia ou material de suporte); equipamentos de apoio (equipamento para transporte e posicionamento de peças e ferramentas); equipamento ambiental (exaustores, insufladores, materiais absorventes de ruído), as máscaras de soldagem estão incluídas neste item, bem como os biombos de proteção, que protegem os funcionários que se encontram ao redor do posto de soldagem da radiação UV e das fagulhas.

- **A tocha de soldagem.** A tocha de soldagem é a ferramenta básica do soldador. É com ela que o soldador executa a soldagem nos processos MIG/MAG, TIG e eletrodo tubular. A tocha é alimentada com cabos de energia elétrica, de gás e, no caso dos processos MIG/MAG e eletrodo tubular, com o eletrodo consumível. As características físicas da tocha, como formato, dimensões e peso, afetam o usuário, seja na ativação muscular, seja na facilidade de pega e manuseio. O peso da tocha influi na carga muscular estática, sendo recomendável que as tochas de soldagem tenham peso reduzido, para diminuir o risco de fadiga ou distúrbios musculoesqueléticos, cuja ocorrência também sofre impacto do formato da tocha, pois este também influi no grau de ativação muscular. O formato da pega depende de correto dimensionamento, mas, também, de atenção com o desenho de sua seção transversal e da textura da superfície de pega, para que seja facilitada a pega firme e confortável da ferramenta, com um mínimo de esforço. O gatilho de ativação da tocha também deve receber atenção especial, para que exija pouca força de pressão. Além disso, é importante que as tochas de soldagem tenham cabos flexíveis e capacidade de absorção de vibração, apresentando baixo módulo de flexão (TREGASKISS e DUTTA, 1993). O peso da ferramenta é dependente, também, do dimensionamento dos cabos e do eletrodo. Assim, existem tochas de soldagem que apresentam um sistema de extração dos fumos gerados durante o processo, que podem influenciar em seu peso. Estas tochas são resultado de uma evolução cujas primeiras tentativas de remoção dos fumos próxima à fonte consistiram do acoplamento de dutos de extração de fumos

às tochas (CORNU e MULLER, 1993). Este sistema contribui para o peso da ferramenta e é responsável pela extração de até 40% dos fumos gerados, tornando assim, o ambiente mais salubre (FACHINETTO, 1996).



Figura 15: Tocha MIG/MAG.  
Fonte: Site RRmaquinas, 2009.



Figura 16: Tocha TIG.  
Fonte: Labsolda – UFSC, 2009.



Figura 17: Porta Eletrodo.  
Fonte: Site Franca Ferramentas, 2009.

- **Máquina de solda ponto.** Podem ser encontrados dois tipos básicos de máquina de solda ponto: a fixa e a suspensa. No uso da máquina de solda ponto fixa a peça a ser soldada é movida junto aos eletrodos para a execução dos pontos de soldagem, cujo comando é feito, geralmente, por acionamento podal. Este tipo de máquina já foi objeto de estudo ergonômico para melhorias na interface com o usuário, resultando, também, em melhora na produtividade do trabalhador que representou 10% do preço da máquina em economia (CORLETT e BISHOP, 1978). No uso da máquina suspensa de solda ponto, a peça é montada em um gabarito e a máquina de solda é movida pelo soldador ao longo da peça para a execução dos pontos de soldagem, cujo acionamento é manual. A máquina suspensa de solda ponto existe em diferentes tamanhos, o que influi no peso que o soldador tem que

deslocar durante a soldagem, mesmo a máquina estando suspensa por um balancim.



Figura 18: Máquina de Solda Ponto.  
Fonte: Site Cimm, 2009.

- **Mesa de soldagem, gabarito e posicionadores.** De acordo com o tamanho e a conformação da peça sendo soldada, o trabalho se dá sobre uma mesa de soldagem ou em um gabarito ou dispositivo. Em geral, o gabarito é utilizado para conformação da peça final, onde são montadas as partes a serem soldadas. Algumas peças de pequenas dimensões, no entanto, também necessitam serem montadas em pequenos gabaritos que são apoiados sobre a mesa de soldagem. Neste caso, o posto de soldagem é classificado como do 1º tipo, sobre mesa ou bancada, pois a postura do soldador no posto de trabalho é semelhante à da postura quando trabalhando com uma peça simplesmente apoiada sobre a mesa de soldagem. Por ser de pouco peso e pequenas dimensões, a peça pode ser girada e posicionada sobre a mesa da maneira que o soldador julgar mais conveniente para a execução da tarefa e acesso às juntas a serem soldadas. No caso do 2º tipo de posto de trabalho, onde as peças são montadas em um gabarito ou dispositivo por apresentarem maiores dimensões e peso, a postura de trabalho do soldador depende da possibilidade oferecida pelo gabarito de mudar o posicionamento da peça. O plano de trabalho do soldador varia conforme a junta a ser soldada, portanto

não só a altura do gabarito deve ser variável, mas este deve permitir que a peça possa ser girada tanto no eixo horizontal como no eixo vertical. Em geral, os gabaritos oferecem regulagem de altura e giro no eixo horizontal. Além disso, os gabaritos possuem alavancas de fixação das partes da peça, que precisam ser planejadas de maneira a não oferecer obstáculo tanto para a tocha de soldagem como para a visualização do soldador das juntas a serem soldadas. Os posicionadores são dispositivos controlados por comandos elétricos ou automáticos, que permitem o giro da peça tanto no plano horizontal, como vertical, permitindo diversas combinações e maior controle do posicionamento da junta. Este tipo de equipamento é, geralmente, empregado nos postos de solda robotizados, mas pode representar redução da carga física sobre o soldador, se utilizado em postos de soldagem manual (BOEKHOLT, 2000).



Figura 19: Mesa de Solda.  
Fonte: Autor, 2009.



Figura 20: Gabarito de Solda.

Fonte: Autor, 2009.

- **Equipamentos auxiliares de transporte e suspensão.** Para evitar o manejo de cargas, são empregados equipamentos auxiliares para suspensão e transporte de peças e ferramentas. Peças que excedam a capacidade de força do trabalhador, de acordo com a postura adotada, não devem ser manipuladas sem o auxílio de equipamento. Os balancins podem ser utilizados para suspender ferramentas e cabos, bem como equipamentos fornecedores de energia para as ferramentas utilizadas no posto de trabalho. Para peças maiores, inadequadas não só para manipulação sem auxílio, mas também, para as quais é necessário equipamento de auxílio com comando elétrico, para permitir paradas rápidas de movimento, as talhas ou pontes rolantes são mais adequadas (KADEFORS, LARING e BENGTTSSON, 1993).

#### 4.1.2 Subprodutos dos processos de soldagem

Se os produtos da soldagem são a união das peças e o produto acabado, os subprodutos da soldagem são os resíduos ou emissões, tanto de energia como de partículas e gases, que representam desperdício energético e de material, e que contaminam o ambiente, prejudicando a saúde dos trabalhadores e, mesmo, da população.

Os processos de soldagem podem produzir elementos como fumos, gases, partículas e radiação, além de ruído. E a emissão de cada elemento, bem como sua quantidade, depende de vários fatores: material base, revestimento sobre o material base, processo de soldagem, composição do eletrodo, revestimento do eletrodo, composição do gás de proteção, tipo de alimentação da máquina de soldagem, voltagem e amperagem, ou seja, os parâmetros de soldagem.

Geralmente o ponto de partida para a escolha de um determinado processo de soldagem é a avaliação da relação entre a qualidade requerida e o custo de produção. Por isso, a primeira escolha normalmente recai sobre os processos de alta produtividade (LUCAS e CARTER, 1999). No entanto, outros fatores devem ser levados em conta, como emissão de resíduos, consumo de energia e risco à saúde do trabalhador. Assim, considerando os principais subprodutos da soldagem, temos:

#### **a) Fumos**

As partículas sólidas que são produzidas em consequência da vaporização e derretimento do eletrodo consumível, apresentando tamanhos reduzidos, entre 0,01 e 1,0 microm, compõem os fumos de soldagem (LYTTLE, 1999). Parte da poluição ambiental é provocada pelo material base, principalmente quando coberto por impurezas, como resíduos de óleo, e possíveis revestimentos, como tintas, óleo ou camadas de zinco, no caso de recobrimento galvanizado, que aumentam significativamente a emissão de fumos durante a soldagem (GAREIS, 1994; HEWITT, 1999). Porém, normalmente, os consumíveis de soldagem são os responsáveis pela maior parte dos fumos gerados durante a soldagem: 85-90% (LUCAS e CARTER, 1999; LYTTLE, 1999; HEWITT, 1999). Deve ser considerado, ainda, que a avaliação do volume dos fumos lançados no ambiente não deve ser visual, pois as partículas respiráveis que compõem os fumos de soldagem têm, na sua maioria, tamanho inferior ao que o olho humano pode perceber (AIHA, 1984). Além dos elementos presentes no metal base ou no consumível, há, também, elementos que são formados durante o processo de soldagem, por reação dos componentes do processo (LYTTLE, 1999). Entre os elementos que têm sido associados aos problemas de saúde dos soldadores estão o zinco, o níquel, o manganês, o cobre, o cádmio e o cromo. O zinco, o manganês e o cobre podem causar febre por fumos metálicos – *metal fume fever*. Efeitos agudos da exposição a cobre também incluem irritação do nariz e da garganta e náusea. A exposição crônica a manganês pode causar problemas no sistema nervoso central. Os efeitos

agudos da exposição a níquel incluem irritação nos olhos, nariz e garganta. A exposição ao cádmio pode causar efeitos agudos como irritação pulmonar grave e, mais tarde, edema pulmonar, e efeitos crônicos podem incluir enfisema e danos nos rins (AIHA, 1984). O cromo hexavalente – CrVI é associado à ocorrência de câncer e é gerado na soldagem de aço inoxidável e, principalmente, no uso de consumíveis compostos de aço inoxidável (MORTAZAVI, 1997). Os problemas de saúde associados aos fumos de soldagem são, na sua maioria, de curto prazo, como irritação do trato respiratório ou febre por fumos metálicos – *metal fume fever*. No entanto, também podem ocorrer efeitos de longo prazo, como siderose (LUCAS e CARTER, 1999). O sistema de proteção geralmente empregado é a diluição dos fumos através de ventiladores, ou o uso de máscaras com filtros. Alguns poucos postos de trabalho utilizam ventilação de exaustão (GAREIS, 1994).

#### **b) Gases**

Os gases liberados durante o processo de soldagem podem ser tanto os gases utilizados para proteger a poça de soldagem, como gerados por influência do processo de soldagem sobre a atmosfera ou os gases de proteção. Um dos gases produzidos durante os processos de soldagem é o ozônio, uma forma instável de oxigênio, produzido pela influência da radiação ultravioleta. Sua presença é mais relevante nos processos que utilizam gases de proteção, como MIG/MAG e TIG (GAREIS, 1994). Outros gases formados pelos processos de soldagem são os óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono – CO, que pode causar falta de coordenação e confusão mental. Este gás pode ser formado em consequência do uso de gás de proteção, no caso do processo MAG, que contenha dióxido de carbono – CO<sub>2</sub> (AIHA, 1984).

#### **c) Partículas**

Alguns processos de acabamento que ocorrem muitas vezes no posto de soldagem podem produzir, também, partículas sólidas de tamanho maior que o respirável. Estas partículas maiores são produzidas, geralmente, na preparação e finalização de trabalhos de soldagem, quando também são usados equipamentos como lixadeiras, rebolos e outros abrasivos. As partículas produzidas por este tipo de equipamento podem atingir os olhos ou produzir irritação na pele (GAREIS, 1994).

#### **d) Radiações Ionizantes e não-ionizantes**

Radiações não ionizantes, como o próprio nome diz, são as que não produzem ionizações, ou seja, não possuem energia capaz de produzir emissão de elétrons de átomos ou moléculas com quais interagem. De modo geral estas radiações podem ser divididas em sônicas (vibrações, ultra som, etc.) e eletromagnéticas.

Radiações ionizantes são aquelas que se caracterizam pela sua habilidade de ionizar átomos da matéria com qual interagem. A habilidade de ionizar, (retirar elétrons) depende da energia dos fótons e do material com qual a radiação interage. A energia necessária para fazer com que o elétron de valência escape de sua orbita num átomo, varia de 2,5 a 25 eV ( $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Joule) dependendo do elemento.

De modo geral, as radiações eletromagnéticas que possuam energias menores que 10 eV, são chamadas de Radiação Não-Ionizantes. As radiações eletromagnéticas, com comprimento de onda  $\lambda$  maiores que 200nm são consideradas não-ionizantes, visto que comprimentos de ondas menores, já fazem parte do ultravioleta remoto, ou raios x moles, (dependendo da natureza da radiação). Estas radiações compreendem entre outras a radiação ultravioleta, luz visível, infravermelho, microondas, radiofrequências, etc.

A maioria dos processos de soldagem, especialmente os que utilizam arco elétrico, produzem radiação visível e invisível. Outros processos que podem produzir radiação são os de corte; como corte oxi-acetilênico, plasma e laser, entre outros (GAREIS, 1994).

#### **e) Emissões Eletromagnéticas**

Apesar de não terem sido comprovados quais os efeitos das emissões eletromagnéticas sobre o organismo, é recomendado que o trabalhador não se exponha a este tipo de emissão. Os campos eletromagnéticos podem ser gerados por equipamentos elétricos de soldagem e podem afetar outros equipamentos, como marcapassos (IIW, 1999). No entanto, campos elétricos e magnéticos de frequências extremamente baixas (ELF, na sigla em inglês) e frequências muito baixas (VLF, na sigla em inglês) representam uma faixa de frequências de 0 a 300 kHz, na qual os comprimentos de onda variam do infinito a 10 km: Portanto, os campos elétricos e magnéticos agem independentemente e devem ser tratados separadamente. Tanto os campos elétricos como os magnéticos podem agir sobre as pessoas induzindo campos elétricos e correntes dentro do corpo. Os efeitos desta exposição podem ser percebidos de acordo com sua intensidade podendo tornar-se irritantes (REPACHOLI, 1998). Além disso, sensações de tremor visual podem ser induzidas

por exposição a campos magnéticos pouco intensos ou correntes elétricas diretamente aplicadas sobre a cabeça, o que sugere que as funções mais sutis do sistema nervoso central, como raciocínio e memória, possam ser afetadas por correntes com densidades acima de 10 mA/m<sup>2</sup> (NRPB, 19931 *apud* REPACHOLI, 1998). Algumas áreas da interação destes campos com organismos vivos ainda necessitam pesquisas, pois o conhecimento sobre elas ainda é insuficiente, como, por exemplo, na mudança dos círculos circadianos induzidos em animais pela exposição a campos elétricos e magnéticos de frequência extremamente baixa (ELF), ou nos possíveis efeitos deste tipo de campo magnético no processo de desenvolvimento de carcinogênese. É importante considerar, neste contexto, que roupas de proteção não enfraquecem a influência do campo magnético (REPACHOLI, 1998). O que se recomenda é que o trabalhador evite ficar cercado por cabos elétricos, mantendo-os agrupados e tão afastados quanto possível, bem como se manter afastado do equipamento gerador do campo (IIW, 1999).

#### **f) Emissões ambientais**

Se os gases e fumos lançados no ambiente de soldagem representam um risco para o soldador e os demais trabalhadores que compartilham o mesmo local de trabalho, estes resíduos, quando lançados na atmosfera sem tratamento, passam a afetar o resto da população. Estes resíduos, quando na atmosfera, estarão bastante diluídos, dificilmente representando risco semelhante para o resto da população que para os trabalhadores no ambiente de trabalho. Porém, mesmo que o efeito acumulado com os outros resíduos emitidos por outras indústrias e meios de transporte não chegue a representar risco para a população e o meio ambiente, é importante considerar que a fabricação dos elementos e equipamentos utilizados na indústria de soldagem também libera resíduos, além de consumir energia. Assim, também pode ser considerado como subproduto dos processos de soldagem o conjunto de emissões e resíduos provenientes da fabricação dos equipamentos e consumíveis (PEKKARI, 1999). O consumo de energia dos processos de solda, bem como da fabricação da matéria-prima utilizada na soldagem, também é questão que representa impacto ambiental, principalmente na busca, de cada vez mais países, por formas sustentáveis de produção. A busca por equipamentos e processos que consumam menos energia já vem mobilizando governos, fabricantes e empresas em alguns países e sua escolha por parte dos responsáveis pela determinação dos parâmetros de soldagem e compra dos equipamentos depende, não só de

legislação, da escassez de recursos e da necessidade de redução de custos, mas da conscientização dos responsáveis por esta escolha. Os esforços que vêm sendo feitos na reciclagem de produtos visam a preservação dos recursos naturais e afetam, também, a indústria da soldagem, pois são fatores que se estão tornando determinantes na especificação do material que conforma os produtos. Neste caso, além do material que conforma o produto, também é poupada energia na fabricação da matéria-prima e reduzida as emissões de efluentes e de resíduos na atmosfera (ENGBLOM e FALCK, 1992). Além disso, este trabalho depende, também, da conscientização dos trabalhadores, enquanto envolvidos no processo e enquanto componentes da sociedade (PEKKARI, 1999).

## **4.2 Problemas de Saúde dos Soldadores**

Entre as pesquisas desenvolvidas na área de saúde ocupacional, as que incluem ou dizem respeito aos soldadores apontam, entre os problemas de saúde relacionados ao trabalho:

- a) Distúrbios Musculoesqueléticos;
- b) Problemas Respiratórios;
- c) Efeitos da radiação UV;
- d) Queimaduras por faíscas e respingos de solda;
- e) Ruído;
- f) Vibração;
- g) Acidentes;
- h) Visão.

Destes, os mais intensamente investigados têm sido os problemas relacionados aos sistemas musculoesquelético e respiratório, assim temos:

- **Problemas Musculoesqueléticos.**

As posturas que os soldadores adotam durante a execução de suas tarefas típicas são basicamente estáticas, com movimentos curtos, sendo que ele pode adotar uma determinada posição por meia hora ou até por um dia inteiro, o que representa um fator de estresse físico. A maioria dos estudos sobre os problemas musculoesqueléticos dos soldadores se concentra nos problemas relacionados ao complexo articular do ombro, por este receber grande parte da carga resultante tanto da postura como da manutenção de ferramenta pela mão, com conseqüente aumento do momento sobre o ombro. Alguns estudos têm mostrado que os

soldadores têm alta prevalência – 66% (TORNER *et al.*, 1991) – de sintomas musculoesqueléticos e sinais clínicos devido, primeiramente, à carga estática sobre os ombros, pescoço e região lombar (TORNER *et al.*, 1991).

Assim, o trabalho dos soldadores é descrito como sendo “um trabalho estático com posturas típicas caracterizadas por padrões específicos de movimentos do complexo articular do ombro” (HERBERTS e KADEFORS, 1976; p. 382). Posturas comuns de serem adotadas pelos soldadores, além do trabalho em pé e sentado, são: de joelhos, em decúbito dorsal ou ventral, ou de cócoras, e cada uma destas posturas vai definir os grupos musculares que serão mais sobrecarregados, bem como o tempo durante o qual cada postura é mantida. Para cada postura geral do corpo, existem variações no posicionamento dos braços e das mãos, para as quais a tarefa do soldador necessita que sua posição e atitude no espaço sejam de alta precisão (HERBERTS, KADEFORS e BROMAN, 1980).

Alguns estudos experimentais e epidemiológicos fornecem evidências da associação entre trabalho e distúrbios musculares, dos quais é possível considerar alguns fatores de risco relacionados ao trabalho: Trabalho físico pesado; Manejo de carga; Posturas elevadas do braço; Posturas do tronco fora da neutralidade; Posturas estáticas; Trabalho repetitivo; Ausência de pausas; Vibração; Fluxo de ar que possa causar desconforto no pescoço e ombros e Fatores de organização do trabalho. Os fatores de organização do trabalho também devem ser considerados como possíveis influenciadores no risco de distúrbios no ombro influenciando a intensidade, frequência ou duração de fatores de carga física, pois eles podem também afetar o relato dos distúrbios ou a recuperação dos trabalhadores (VIKARI-JUNTURA, 1999).

- **Problemas respiratórios.**

As pesquisas sobre problemas respiratórios relacionados ao trabalho com solda têm sido desenvolvidas em vários países, como Estados Unidos, Holanda, Dinamarca, Rússia, Noruega, Irã, Canadá e no Reino Unido. A principal busca destas pesquisas tem sido para identificar problemas que causem danos irreversíveis aos trabalhadores, que resultem em invalidez e, mesmo, morte. Além da mortalidade dos soldadores, morbidade e absenteísmo problemas específicos têm sido pesquisados, como câncer, pneumonia e bronquite, associados à exposição dos soldadores a elementos suspeitos de causarem danos à saúde, como óxidos de nitrogênio, ozônio e várias composições de pós metálicos.

Os diferentes elementos presentes ou liberados durante a soldagem podem representar risco, tanto para a saúde dos trabalhadores que lidam diretamente com o processo, como os que trabalham na vizinhança dos postos de soldagem. Estes elementos são variáveis e dependem de diversos fatores, como o tipo de processo empregado na soldagem, o tipo e composição do material sendo soldado, a existência de revestimento sobre este material, além do tipo deste revestimento. Também podem ser encontrados elementos químicos, utilizados para remover este revestimento, que estejam depositados sobre o material sendo soldado, ou mesmo presentes no ambiente de soldagem. Exemplo disto pode ser a presença de elementos voláteis para remover óleo de proteção de peças metálicas contra corrosão, que, além de estar depositados sobre as peças sendo soldadas, podem estar estocados próximo aos postos de soldagem ou serem trazidos por correntes de ar no processo de ventilação do ambiente (CHALLEN, 1962 *apud* DOIG; CHALLEN, 1964). Considerando o processo de soldagem adotado, podem ser fatores variantes: o gás de proteção da poça de soldagem (no caso de solda MIG/MAG, TIG ou eletrodo tubular), a composição do eletrodo consumível, bem como a composição do seu revestimento, no caso de eletrodo revestido.

- **Efeitos da radiação UV**

Ela é gerada pelos processos de soldagem que empregam arco elétrico, como MIG/MAG, TIG, e pode causar danos tanto aos soldadores como aos demais trabalhadores dos postos vizinhos aos de solda. São relatados danos à pele e aos olhos. Os locais mais comuns de sofrerem queimaduras por radiação UV são as laterais e a frente do pescoço (ROSS, 1978). A pele desprotegida ou mesmo coberta por tecido muito fino pode ficar avermelhada, semelhante à que sofre queimadura provocada por raios solares (BEAUMONT e WEISS, 1980).

Apesar de não ser a maior responsável pelos danos ocorridos nos olhos dos soldadores (72% são danos causados pela entrada de partículas nos olhos) a radiação é responsável por 23% dos danos aos olhos dos soldadores (REESAL *et al.*, 1992).

A radiação UV pode danificar a conjuntiva por desnaturação de proteína e resultar em uma fotoqueratocunjunvite, acompanhada por sintomas como dor, lacrimejo, sensação de areia nos olhos e fotofobia. No Japão, foi divulgada pela *Japan Welding Engineering Society – JWES* (JWES, 1984 *apud* OKUNO, 2001) pesquisa que apontou que 85% dos trabalhadores dos ambientes de soldagem já

havia apresentado fotoqueratoconjuntivite em algum ponto do passado e que, na época da pesquisa, 45% dos trabalhadores apresentavam-na mais de uma vez ao mês.

A pesquisa de Okuno (2001) mediu a radiação UV proveniente do processo MAG com gás de proteção CO<sub>2</sub> que, de acordo com as medições de Dennis *et al.* (1997) tem padrão de emissão semelhante ao processo de solda MIG. As medições para solda MAG com CO<sub>2</sub>, feitas a 1,00m de distância do arco de soldagem, atingiram níveis que, de acordo com os padrões estabelecidos pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH* (ACGIH, 2005 *apud* OKUNO, 2001) corresponderiam a um tempo permitido de exposição diária de 4s a 100s. Considerando que a radiação UV obedece à lei do inverso do quadrado (a qual postula que a intensidade da radiação é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o ponto de medição e a fonte), como confirmado nas medições de Okuno (2001), o efeito da radiação sobre o soldador, que trabalha normalmente a uma distância muito inferior a 1,00m, é muito maior. As medições de Okuno (2001) também confirmam que a distâncias maiores a radiação ainda oferece risco. A 10,00m de distância, a radiação decresceu somente 1% do nível apresentado a 1,00m de distância, o que resulta em um tempo permitido de exposição diária de apenas 6 minutos a 3 horas, significando que não apenas os soldadores correm risco com a exposição à radiação UV, mas todos os trabalhadores em um raio de 10,0m ao redor de cada posto de soldagem.

- **Queimaduras por faíscas e respingos de solda**

Outros fatores de risco que existem no ambiente de soldagem são as faíscas e respingos provenientes da soldagem. Os respingos de solda são pequenas porções de metal derretido que podem desprender-se do ponto onde se realiza a solda. Em geral, estes respingos caem verticalmente, mas pode ocorrer que sejam projetados em outras direções, atingindo os soldadores. Em postos de trabalho em que os soldadores trabalham sobre o próprio produto, principalmente quando vários soldadores trabalham ao mesmo tempo, pode ser bastante comum a ocorrência de queimaduras por respingos de solda pelo trabalho dos colegas. Dependendo do local do corpo atingido, da maneira como é atingido e do tempo que o metal derretido fica em contato com a pele, os danos podem ser mais graves.

As faíscas provenientes dos processos a arco elétrico saltam em várias direções e podem atingir distâncias que ultrapassam os limites do posto de

soldagem. Estas faíscas podem atingir os olhos, causando queimaduras na conjuntiva. Também podem atingir a pele descoberta ou mesmo a pele que estiver coberta por tecidos menos espessos. As faíscas também podem se alojar dentro de dobras da roupa, entrar nos calçados dos soldadores ou atrás do cinto o que, considerando o tempo necessário para retirá-las, pode resultar em queimaduras mais graves (ROSS, 1978).

- **Ruído**

O soldador está exposto a um ambiente ruidoso, seja em conseqüência do equipamento que utiliza, do emprego de ferramentas de acabamento, como lixadeiras, que muitas vezes compartilham o mesmo posto de trabalho, seja pelo uso de marretas na correção do posicionamento das peças eventualmente deformadas durante a soldagem, seja pelo ruído gerado nos outros postos de trabalho que compartilham o mesmo ambiente.

A escolha do processo de soldagem empregado é um dos fatores que vão determinar o nível de ruído a que o soldador será exposto. Por exemplo, o processo de corte por plasma e o processo de corte por goivagem a arco, que estão entre os mais ruidosos, este chegando a ultrapassar os 115 dB(A) (AIHA, 1984)..

Devido ao risco de diminuição da capacidade de audição ou, mesmo, de perda auditiva a que o soldador está exposto, ele deve ser protegido de níveis sonoros superiores a, para a AIHA, 90 dB(A) e, para a NR 15 (MTE, 2003b), 85 dB(A) para 8 horas de trabalho, principalmente porque o efeito é acumulativo e não se manifesta antes de muitos anos de exposição, porém, quando se manifesta é irreversível (AIHA, 1984). Além do risco de perda auditiva, o ruído no ambiente de trabalho também pode interferir na comunicação entre os trabalhadores, perturbar ou distrair as pessoas expostas ou alterar o desempenho de algumas tarefas.

- **Vibração**

Dependendo da ferramenta que utilizam, os soldadores podem estar expostos à vibração, o que pode causar danos, principalmente nas extremidades em contato com a ferramenta. Como por exemplo, a Síndrome de Raynaud, ou Síndrome do Dedo Branco. Os dedos ficam brancos ou azuis em dias frios, principalmente pela manhã, sendo que alguns apresentam, também, entorpecimento, formigamento ou dor nos dedos afetados (ROSS, 1978).

- **Acidentes**

Os soldadores estão sujeitos a sofrer acidentes de diversas naturezas, como os do tipo “impacto sofrido”, quando um objeto é agente do impacto, ou do tipo “impacto contra”, quando o próprio trabalhador é o agente do impacto, além de choques elétricos e das doenças ocupacionais já comentadas. Os acidentes do tipo “impacto contra” contribuíem para 6,67% dos registros de acidentes com soldadores, podendo ser um indicador, juntamente com os acidentes do tipo “impacto sofrido”, da desorganização ou mau dimensionamento do posto de trabalho destes profissionais.

Outra hipótese levantada para a causa dos acidentes com os soldadores é a destes sofrerem intoxicação por fumos de soldagem, que podem causar dores de cabeça, tonturas e estresse. O surgimento de distúrbios musculoesqueléticos a que o soldador está sujeito, pode gerar fadiga muscular que poderia justificar, juntamente com a intoxicação por fumos de soldagem, o fato de o soldador estar se acidentando devido à queda de objetos. Esta queda pode ocorrer, não no momento da soldagem, mas após a soldagem, onde seus músculos se apresentam cansados e extenuados devido à operação de soldagem que, em muitos casos, pode levar até um dia. Doenças como Tendinite, Tenossinovite, Epicondilite e Síndrome do túnel de carpo, podem ser causadas devido às características do posto de trabalho do soldador.

- **Visão**

Deve-se, ainda assim, prestar atenção à questão da visão dos soldadores, pois problemas com visão podem causar tontura e dor de cabeça, além de diminuir a capacidade de realização de tarefas pelo soldador, pela sua menor acuidade visual e conseqüente redução da atenção. Estes são fatores que também podem contribuir para a incidência de acidentes com os soldadores, principalmente quando estes estão fora de seus postos de trabalho. Além disso, é importante considerar, na análise da situação do soldador quanto à sua visão, que o período crítico para visão é a troca de procedimento e adaptação para as novas situações (GOLDMAN, 2000).

Entre os problemas de visão encontrados nos soldadores, pode-se citar problemas de convergência, queratite por UV, siderose ocular, corpos estranhos intraoculares. Além disso, os soldadores apresentam córnea embaçada e granular, podendo-se identificar um soldador pelos olhos, principalmente aquele que atua por muitos anos na profissão (MARINI, 1994). Entre as questões comentadas com relação à visão dos soldadores, está o uso de lentes de contato. Embora existam relatos sobre acidentes com soldadores usuários de lentes de contato, em princípio,

não existe impedimento para seu uso, porém seu manuseio consiste em ponto frágil para o contato de produtos químicos ou resíduos com os olhos (MARINI, 1994).

### **4.3 Segurança na Soldagem**

O trabalho com solda apresenta diversas situações de risco para os trabalhadores, seja no emprego de equipamentos elétricos, que podem ocasionar choques elétricos; de elementos em combustão, que podem ocasionar queimaduras, explosões e gerar fumos; de gases combustíveis, que podem ocasionar incêndios e explosões; de arco elétrico, que pode gerar radiação visível, podendo ofuscar e até causar a perda da visão, e invisível, que pode causar queimaduras, entre outros efeitos nocivos aos seres humanos. Além destes, também há o risco de doenças do sistema musculoesquelético, para os quais os soldadores estão entre os grupos de trabalhadores com incidência acima da média. Também devem ser considerados os acidentes que ocorrem no ambiente de trabalho do soldador. Tanto os acidentes do tipo impacto contra, como os acidentes de impacto sofrido: vários soldadores têm os olhos atingidos por partículas provenientes da soldagem ou de trabalhos com lixadeiras.

Diversas entidades governamentais, como o *National Institute for Occupational Safety and Health* – NIOSH (2001), *Occupational Safety and Health Administration* – OSHA (1992), ou *Canadian Centre for Occupational Health and Safety* – CCOHS (2001), assim como associações de soldadores em vários países, como a *American Welding Society* – AWS (1998), ou o *Welding Technology Institute of Australia* – WTIA (1999), desenvolvem, organizam ou patrocinam pesquisas sobre a segurança no trabalho e disponibilizam em seus *sites* na *internet* guias de segurança para o trabalho com os diversos processos de soldagem de acordo com o tipo de risco a que os trabalhadores estão expostos. Existe, ainda, o *International Institute of Welding* – IIW, que mantém uma comissão permanentemente investigando as questões de saúde e segurança dos soldadores. A Comissão VIII do IIW acompanha a literatura científica na área e publica seus pareceres no periódico da instituição, o *Welding in the World/Le Soudage dans le Monde*. Entidades brasileiras que desenvolvem ou organizam pesquisa na área do trabalho com a soldagem, como a Fundação Brasileira para a Tecnologia da Soldagem – FBTS, ou a Associação Brasileira da Soldagem – ABS oferecem cursos e divulgam publicações.

A maioria dos guias diz respeito ao uso de Equipamentos de Proteção Individual – EPIs, como os do CCOHS (2001), que falam do risco da radiação para os olhos e pele e seus efeitos, recomendando o uso de elmo (máscara de soldagem) para a face e o cuidado na escolha dos filtros de proteção para os olhos. Também são oferecidos conselhos sobre os cuidados necessários contra choques no uso de equipamentos elétricos. O NIOSH (2001) disponibiliza documentos alertando sobre o risco dos fumos de soldagem.

Já o OSHA (1992), disponibiliza documentação com interpretações técnicas sobre assuntos relacionados aos riscos ocupacionais, como o risco de infertilidade para os homens expostos à radiação ionizante proveniente de alguns processos de soldagem.

Institutos de soldagem, como o AWS, disponibilizam conselhos sobre saúde e segurança que abrangem vários tipos de risco, como fumos e gases, radiação, ruído, a presença de cromo e níquel no fumo de solda, riscos elétricos, prevenção contra fogo e explosão, proteção contra queimaduras, riscos mecânicos, tropeços e quedas, queda de objetos, trabalho em espaços confinados, uso de lentes de contato, ergonomia no ambiente de solda, símbolos gráficos para avisos, e, também, estilo de guias para documentos sobre segurança e saúde, o uso de marca-passos por quem solda, campos elétricos e magnéticos (*electromagnetic fields* – EMF), segurança da solda a laser e de corte, segurança da pulverização térmica.

O WTIA (1999) oferece um conjunto de instruções para minimização de fumos, tanto em soldagem como em corte, brasagem e solda branda, composto de 16 itens sobre regulamentos a respeito de substâncias perigosas, opções de controle de fumos, materiais utilizados na soldagem, soldagem manual a arco (*Manual Metal Arc Welding* – MMAW), soldagem a arco com proteção a gás (*Gas Metal Arc Welding* – GMAW), soldagem com eletrodo tubular (*Flux Cored Arc Welding* – FCAW), corte a plasma, corte oxigás, processos com baixo teor de fumos, brasagem e solda branda – indústria de tubulação, solda branda – indústria eletro/eletrônica, solda branda geral, brasagem industrial geral, soldagem a alta temperatura.

As diretrizes de algumas destas entidades se referem à ergonomia nos ambientes de trabalho: apesar do enfoque geral das diretrizes do CCOHS (2001) ser microergonômico, priorizando as questões posturais, também foram incluídas questões sobre iluminação e a cor do ambiente; já as diretrizes do AWS (1998) têm enfoque mais próximo do modelo macroergonômico seguido neste trabalho,

aconselhando a participação do trabalhador no processo de proposta de soluções, e, também, incluindo questões ambientais e de conteúdo do trabalho.

#### **4.4 Medidas Preventivas**

Os riscos poderão ser controlados, utilizando-se medidas de proteção coletiva ou individual (EPI). As medidas de proteção coletivas sempre deverão ser preferidas.

Além da entrega do EPI, que deverá ser adequado para a finalidade a que se destina e possuir CA (Certificado de Aprovação) do Ministério do Trabalho, o empregador deverá providenciar a manutenção em boas condições, bem como a sua higienização, motivando, ainda, os empregados para o uso dos mesmos.

Esta providência eliminará, reduzirá ou neutralizará a ação dos riscos sobre os empregados. Uma vez suprimida a condição insalubre ou perigosa, os adicionais respectivos deixam de ser devidos. Visando isso, é proposto algumas medidas, cuja viabilidade técnica e econômica poderá ser estudada pela empresa.

- **Ventilação e Exaustão**

Os sistemas de renovação de ar dos ambientes podem ser classificados em dois tipos básicos: ventilação natural ou espontânea e ventilação artificial ou forçada. A ventilação *Natural* se dá por meio de diferenças de pressão causadas pelos ventos ou diferenças de temperatura entre o ambiente externo e o interno (COSTA,1980). Neste tipo de ventilação, é necessário evitar desconforto causado pelas condições externas, ou resultante da alta velocidade dos ventos, bem como evitar fluxos de ar que transportem poeiras e poluentes, além de buscar o melhor compromisso entre as condições de conforto no inverno e no verão (ALLARD, 1998). A ventilação *Forçada* é a que ocorre por meios mecânicos, ou seja, ventiladores. Este tipo de ventilação pode ser feito de duas maneiras: ventilação geral diluidora e ventilação local exaustora (COSTA, 1980).

- *Ventilação geral*: é entendida como a movimentação de quantidades relativamente grandes de ar por espaços confinados. A ventilação geral pode ter vários objetivos, como: a proteção à saúde do trabalhador; a segurança do trabalhador; o conforto e eficiência do trabalhador; e a proteção de materiais e equipamentos. Existem três métodos de fornecimento de ventilação geral: por aspiração – insuflação natural e exaustão mecânica; por insuflação – insuflação mecânica e exaustão natural; e misto – insuflação e exaustão mecânicas (COSTA,

1980). Além disso, em locais que apresentem leiaute flexível, é mais fácil de adaptar que a ventilação de exaustão localizada (MACINTYRE, 1988).



Figura 21: Sistema de Ventilação Geral.  
Fonte: Site Renovar Ventilação, 2009.



Figura 22: Sistema de Ventilação Geral.  
Fonte: Site Renovar Ventilação, 2009.

- *Exaustão localizada*: este tipo de exaustão tem como objetivo captar os poluentes antes que atinjam a zona de respiração do trabalhador e consiste de um captor, ou boca de exaustão, em cada ponto de captação dos postos de trabalho, que é conectada em um sistema de tubos que exaurem o ar contaminado para um coletor (COSTA, 1980). Além dos poluentes, também pode auxiliar na remoção do calor do ambiente, bem como de possibilitar a captação e tratamento dos poluentes emitidos

NOÇÕES, 2002). Ele pode ser encontrado em dois formatos básicos: o primeiro, em que a tubulação de exaustão é fixa; e o segundo, em que a tubulação de exaustão é móvel, possibilitando ao trabalhador, localizar a boca de exaustão conforme sua conveniência. No primeiro tipo, em geral, encontram-se as coifas de exaustão sobre a bancada de trabalho ou fixas junto à parede posterior ou lateral da bancada, no caso de postos delimitados por divisórias que caracterizem paredes. A distância da boca de exaustão influi significativamente na eficiência do sistema – diminuição de 38% a 58% a uma distância de 420 mm – bem como a existência de um sistema de insuflação e aspiração (WATSON, 2001).



Figura 23: Exaustão Localizada Fixo.  
Fonte: Site Ederman, 2009.



Figura 24: Exaustão Localizada Móvel.  
Fonte: Site Anpraco, 2009.

- *Exaustão integrada à tocha de soldagem*: existe a possibilidade de o sistema de extração poder remover, juntamente com os fumos, o gás de proteção da poça de soldagem, o que é indesejado, pois prejudica o trabalho. Assim, as tochas são analisadas para evitar este tipo de interferência. A posição da tocha no momento da soldagem, bem como a presença de correntes de ar, são fatores que têm grande influência, principalmente se somados, na eficiência do sistema de extração integrado às tochas de soldagem. Outros fatores que influenciam são a velocidade da sucção e a intensidade do fluxo de gás de proteção (CORNU e MULLER, 1993). A eficiência do sistema de exaustão integrado à tocha de soldagem pode chegar a 90-95% se forem seguidas instruções dos fabricantes, como a de posicionar a tocha a  $90^\circ \pm 15^\circ$  em relação ao plano de soldagem. Porém, o tamanho e formato da peça sendo soldada são condicionantes que podem dificultar para o soldador, manter este posicionamento da tocha, reduzindo a eficiência do sistema (SMARGIASSE, 2000). Em geral, a exaustão integrada à tocha de soldagem apresenta relativa eficiência na remoção dos fumos de solda, cerca de 40%. Entre os três sistemas propostos, o mais eficiente é o braço de exaustão com tubulação flexível, podendo remover cerca de 90% dos fumos de solda. No entanto, este sistema obriga o operador a reposicionar constantemente o braço de exaustão, conforme muda o local da soldagem (FACHINETTO, 1996). O uso do sistema de ventilação geral também é importante para manter o equilíbrio nos níveis de fornecimento de ar e, conseqüentemente, na diluição dos fumos lançados no ambiente de trabalho, durante as diferentes estações do ano (SMARGIASSE, 2000).



Figura 25: Tocha Aspirada.  
Fonte: Site Nederman, 2009.

- **Radiação Ultravioleta (UV)**

A exposição à radiação UV pode resultar em efeitos específicos na pele, eritemas semelhantes aos obtidos em exposição solar, e nos olhos. Deve-se salientar que os efeitos da radiação UV aparecem de 6 a 12 horas após a exposição. Assim, são bastante comuns casos de superexposição, pois as pessoas não se dão conta da radiação nociva.

As atividades exercidas sob exposição à radiação não-ionizante serão consideradas insalubres em grau médio (20% do salário mínimo). O uso de mascarões de segurança, aventais especiais de proteção, botinas e luvas elidem o adicional de insalubridade respectivo.

- **Proteção Auditiva**

Segundo a Norma Regulamentadora nº06, Equipamento de Proteção Individual, os protetores auditivos somente deverão ser fornecidos para os empregados, quando forem esgotadas todas as alternativas para manter o nível de ruído no ambiente de trabalho dentro dos limites de tolerância estabelecidos.

O ruído, quando superior ao limite de tolerância atua no sistema nervoso provocando irritabilidade, nervosismo, vertigens e outros, além de acelerar o ritmo cardíaco; sendo intenso e súbito, acelera o pulso, eleva a pressão arterial, contrai os músculos do estômago, entre outras alterações e, conseqüentemente, sobre o

organismo em geral, o ruído contribui para aumentar a incidência de distúrbios gastro-intestinais e os relacionados com o sistema nervoso central e o aparelho cardiovascular; O efeito mais comum, no entanto, é a perda da audição.

No item 9.3.6 da Norma Regulamentadora nº 9, Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, estabelece que nos locais onde o nível de ruído ultrapasse a 50% da dose diária permitida, ou seja, 80dB(A) para 8 horas de exposição, é atingido o nível de ação. Nos locais onde o nível de ação é atingido, a empresa deve realizar medidas de proteção e monitoramento, visando prescrever a saúde dos funcionários.

As atividades com exposição ao ruído serão considerados insalubres em grau médio (20% do salário) somente quando o limite de tolerância de 85dB(A) para 8 horas de exposição for ultrapassado. O uso de protetor auditivo de forma correta elide o adicional de insalubridade respectivo.

#### ▪ Iluminação

A boa iluminação dos locais de trabalho proporciona vantagens tais como: aumento de produção, melhor acabamento do trabalho, diminuição do desperdício de material, redução do número de acidentes, diminuição da fadiga ocular geral, maior rendimento dos indivíduos idosos e portadores de defeitos visuais e melhor supervisão dos trabalhos. Para que os níveis de iluminação atendam aos limites estabelecidos pela NBR 5413, NR nº17, é sugerido:

- Aumentar o número e/ou potência das lâmpadas;
- Efetuar manutenções periódicas das instalações, incluindo-se a substituição de lâmpadas queimadas, limpeza de lâmpadas, luminárias, janelas e telhas translúcidas;
- Aproximar as lâmpadas dos campos de trabalho;
- Pintar tetos e paredes com cores claras;
- Que o aclaramento seja uniforme, evitando que uma parte iluminada seja quatro vezes mais clara que outra menos iluminada;
- Posicionar as luminárias adequadamente sobre as máquinas ou postos de trabalho.

*Cor do ambiente de soldagem:* O recomendado é evitar o uso das cores azul e turquesa no ambiente de soldagem por refletirem radiação UV, assim como o uso de superfícies reflexivas (CCOHS, 2001). Tintas com dióxido de titânio e ou óxido de zinco apresentam baixa refletividade, mas o uso de pós ou partículas metálicas não

é recomendado, somente de pigmentos que não aumentem a refletividade das superfícies (WELDING, 2001).

▪ **EPI's Adequados:**

Os soldadores normalmente utilizam uma série de Equipamentos de Proteção Individual – EPI's como forma de proteção contra os riscos apresentados pelo ambiente e processos de soldagem. Qualquer equipamento que o trabalhador tenha que vestir para utilizar representa um obstáculo entre si, o ambiente onde está inserido e seu trabalho, e deve, necessariamente, ajustar-se aos contornos e medidas do corpo do usuário, sob pena de causar desconforto, baixar sua produtividade ou, mesmo, resultar em acidentes quando deveria proteger.

Os EPI's básicos utilizados pelos soldadores são: máscara de soldagem, luvas, avental, sapatos de segurança. Além destes equipamentos, o soldador utiliza, ainda, óculos de segurança, protetores auriculares, roupa de mangas e pernas compridas. Também podem utilizar: touca, mangas de couro sobre a roupa de trabalho quando o avental utilizado não tiver mangas, perneiras de couro e botas ou botinas de segurança em substituição do sapato de segurança.

Podem ser encontrados três tipos básicos de máscara de soldagem:

1) uma máscara com filtro fixo, com um cabo onde o soldador segura com uma mão, mantendo-a na posição correta em frente à face, enquanto segura a tocha de soldagem com a outra mão;

2) uma máscara com filtro fixo, com suporte para encaixar na cabeça e articulação, permitindo ao soldador erguê-la no momento de inspecionar o trabalho;

3) uma máscara com filtro ajustável à intensidade de luz presente no ambiente a partir de um leitor localizado na frente na máscara. Esta máscara também possui suporte para encaixar na cabeça e não necessita ser erguida para a inspeção do trabalho, mas possui articulação no visor para permitir ao soldador aumentar sua visibilidade, caso sinta necessidade.

As máscaras de soldagem que se encaixam na cabeça também são chamadas de elmos. Os filtros fixos das máscaras 1 e 2 podem ser trocados e cada filtro corresponde à intensidade de luz produzida por cada processo de soldagem. Todas estas devem estar em conformidade com NR nº6, ANSI Z87.1 e possuir o CA (Certificado de Aprovação).



Figura 26: Máscara Automática.  
Fonte: Site Cobequi, 2009.



Figura 27: Máscara Padrão.  
Fonte: Site Madrisa, 2009.



Figura 28: Escudo para solda.  
Fonte: Site Protesil, 2009.

As luvas utilizadas pelos soldadores normalmente são de couro ou raspa de couro, para proteger tanto do risco de choques elétricos como de faíscas e respingos de solda, também devem estar de acordo com ANSI Z49.1. O inconveniente do uso de luvas é a diminuição da capacidade de apreensão, bem como de sensibilidade tátil (BISHU, 1999).



Figura 29: Luva de raspa – punho longo.  
Fonte: Site Weldcenter, 2009.

O avental utilizado pelos soldadores tem o objetivo de protegê-los, principalmente, das faíscas e respingos de solda, além de oferecerem proteção adicional contra a radiação proveniente do processo e devem estar de acordo com ANSI Z49.1. Apesar de também poderem ser encontradas vestimentas de proteção em couro, o avental geralmente é confeccionado em raspa de couro, com mangas ou sem mangas. Quando o avental não apresenta mangas, alguns soldadores utilizam mangas separadas, que são fixadas à roupa de trabalho por meio de botões ou fitas adesivas sobre os ombros.



Figura 30: Avental de Raspa.  
Fonte: Site PicasawEb, 2009.



Figura 31: Jaqueta de Raspa.  
Fonte: Site lojas maxipas, 2009.



Figura 32: Mangote de Raspa.  
Fonte: Site Maxipas, 2009.

Os sapatos de segurança são utilizados para proteger os soldadores contra choques elétricos e queda de objetos. Como alternativa ao uso de sapatos de segurança, alguns soldadores utilizam botinas ou botas de couro.



Figura 33: Bota de Couro com biqueira de aço.  
Fonte: Site Calçados Madeira, 2009.

Como proteção complementar, alguns soldadores utilizam perneiras para cobrir as pernas abaixo da linha do avental e toucas, para proteger a nuca e o pescoço.



Figura 34: Touca de Proteção.  
Fonte: Site Solostocks, 2009.



Figura 35: Perneira de Raspa.  
Fonte: Site Tomirottis, 2009.

Os demais equipamentos de proteção: protetores auriculares, óculos de segurança (de acordo com ANSI Z87.1) e máscaras de respiração são comuns aos demais trabalhadores, não exclusivos nos postos de soldagem.



Figura 36: Óculos de proteção.  
Fonte: Site Esegvendas, 2009.

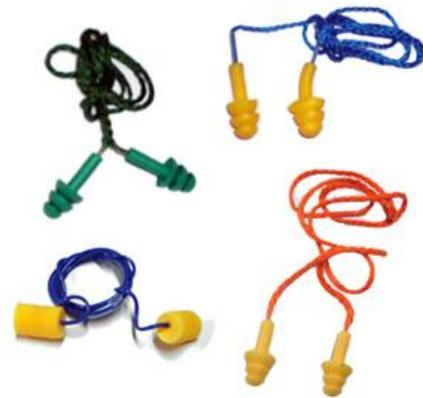


Figura 37: Protetor Auricular.  
Fonte: Site Soldaseg, 2009.



Figura 38: Máscara de respiração.  
Fonte: Site GGkitborrachas, 2009.

- **Biombos de soldagem**

As cortinas de soldagem têm a função de proteger os demais trabalhadores, que se encontram fora do posto de soldagem, da radiação produzida durante o processo. Estas cortinas são encontradas em diferentes cores, sendo as mais comuns amarela e verde. Também existem cortinas de soldagem na cor cinza. A cor da cortina é recomendada em função da reflexão de radiação na faixa de frequência que a cortina é capaz de absorver, mas é recomendado que seja transparente, para permitir a visualização, pelo soldador do que acontece fora do posto de soldagem (KADEFORS, 1997). No entanto, como a cortina é um obstáculo físico, deve ser considerada sua interferência na circulação de ar dentro do ambiente, portanto elas devem ser projetadas e instaladas de tal modo que permitam a ventilação do ambiente, seja por cima ou por baixo das mesmas (WELDING, 2001).



Figura 39: Biombo de Soldagem Móvel.  
Fonte: Site Rayflex, 2009.



Figura 40: Biombo de Soldagem Fixo.  
Fonte: Site Alflepxvc, 2009.

- **Precauções antes, durante e depois do trabalho**

Antes do trabalho

- Avaliar se existem materiais combustíveis na área;
- Verificar se o trabalho pode ser realizado em um lugar mais seguro;
- Livrar a área de materiais combustíveis procedendo da seguinte maneira:
  - a) Manter os produtos sólidos a pelo menos 12 m de distância do ponto de trabalho;
  - b) Avaliar a separação dos materiais combustíveis com relação às condições de execução do trabalho;
  - c) Manter os recipientes de líquidos e gases inflamáveis (cheios ou vazios), a pelo menos 12 m de distância do ponto de trabalho;
  - d) Esvaziar e inertizar os reservatórios e tubulações de líquidos e gases inflamáveis.
  - e) Se necessário, empregar analisadores de gases para comprovar a inexistência de vapores ou gases inflamáveis.

- f) Eliminar resíduos tais como: óleos; graxas; resíduos de tinta; pó; trapos e estopas impregnadas de graxa; papel; lixo e similares, sobre o piso, estrutura e nas proximidades.
- Proteger os materiais combustíveis que não puderem ser retirados:
  - a) Cobrindo os materiais e os elementos construtivos com lonas ou outras proteções incombustíveis e maus condutoras de calor;
  - b) Certificando-se de que as fagulhas de solda não irão ultrapassar as proteções e atingir os materiais;
- Cobrir com materiais incombustíveis e maus condutores de calor todas as aberturas, frestas e buracos existentes no chão, paredes ou teto, num raio de 12 m.
- Evitar a condução do calor através de tubulações e outros elementos metálicos onde será executado o trabalho:
  - a) Afastando os materiais combustíveis dos materiais que podem conduzir calor;
  - b) Procedendo ao resfriamento das superfícies que podem conduzir calor.
- Evitar que possíveis chamas secundárias provoquem a ignição de materiais combustíveis e propaguem o fogo através de passagens estreitas.
- Antes de utilizar o equipamento de trabalho, comprovar suas condições de manutenção e funcionamento.
- Manter no local meios adequados para extinção de incêndios (mínimo um extintor de pó ABC e uma linha de mangueiras com água até o esguicho).

#### Durante o trabalho

- Um operário deve permanecer de prontidão no local e deve estar treinado para intervir utilizando os meios de extinção disponíveis.
- O maçarico ou eletrodo deve ser posicionado de forma que as fagulhas tenham o menor alcance possível.
- Não executar trabalhos de solda e similares nas proximidades de cilindros de gás.
- O operário de prontidão deve ficar atento ao seguinte:
  - a) A projeção das fagulhas e seu efeito;
  - b) A transmissão de calor por elementos metálicos;
  - c) O alcance da chama;

- d) Necessidade de resfriar as superfícies e elementos metálicos afetados, capazes de transmitir calor por condução.
- Depositar as pontas de eletrodos em recipientes com água ou areia.

#### Após do trabalho

- Resfriar todos os elementos que sofreram aquecimento (ou acompanhar seu esfriamento até atingir a temperatura ambiente);
- Realizar inspeção minuciosa nos seguintes pontos:
  - a) Local onde foi realizado o trabalho;
  - a) Áreas adjacentes;
  - b) Os pontos atingidos pela projeção de fagulhas incandescentes;
  - c) Todos os locais onde existe a possibilidade do calor ter sido transmitido.
- Manter inspeção contínua durante pelo menos uma hora após a conclusão do trabalho (inúmeros incêndios ficaram em estado latente e só foram percebidas horas depois de finalizadas as operações). Inspeções intermitentes devem ser rigorosamente realizadas até o dia seguinte.

## **5 CONCLUSÃO**

Conclui-se que a segurança está empenhada não só em eliminar acidentes no trabalho, mas também deve favorecer um processo contínuo de melhoria no ambiente de trabalho que começa na mudança da cultura da empresa, primeiramente com os administradores e gestores até o chão de fábrica (soldadores e outros). Para isso deve haver um trabalho de conscientização e um envolvimento de todos a estarem dispostos em eliminar os riscos e as condições inseguras do local de trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

ANSI. “**Practice for Occupational and Educational Eye and Face Protection, Z87.1**”. Editado por ANSI – American National Standards Institute.

ANSI. “**Safe User of Lasers, Z136.1**” Editado por ANSI – American National Standards Institute.

AWS. “**Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes, Z49.1**”. Editado por AWS – American Welding Society.

AWS Welding Handbook eight edition volume 2 - **Welding process**

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. **NR 10 – Segurança em Instalações e serviços em eletricidade**. Disponível em <http://www.mte.gov.br>. Acessada em 16/09/09.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. **NR 15 – Atividades e Operações Insalubres**. Disponível em <http://www.mte.gov.br>. Acessada em 16/09/09.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. **NR 17 – Ergonomia**. Disponível em <http://www.mte.gov.br>. Acessada em 16/09/09.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. **NR 6 – Equipamentos de Proteção Individual**. Disponível em <http://www.mte.gov.br>. Acessada em 16/09/09.

BRASIL. MINISTERIO DO TRABALHO E EMPREGO - **FUNDACENTRO**.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. **NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. Disponível em <http://www.mte.gov.br>. Acessada em 16/09/09.

CAMPANHOLE, Hilton Lobo, **Consolidação das Leis do Trabalho e Legislação Complementar**. 107 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

COSTA, Ennio Cruz da. **Ventilação**. Porto Alegre: CEUE, 1980, 143 p.

**EPI's DE SOLDADORES**. Disponível em <http://www.extinfar.com.br/epis.html>. Acessado em 18/09/2009.

**EPI's DOS PÉS A CABEÇA**. Disponível em <http://www.scribd.com/doc/6576454/EPIS-Dos-pes-a-Cabeca>. Acessado em 17/09/2009.

**ESCUDO DE SOLDA**. Disponível em [http://www.royalmaquinas.com.br/loja/sistema/conv/ref\\_605-300x200\\_06\\_2009\\_15\\_47.jpg](http://www.royalmaquinas.com.br/loja/sistema/conv/ref_605-300x200_06_2009_15_47.jpg). Acessado em 18/09/2009.

FACHINETTO, Jeferson Luiz. **Avaliação dos Fumos Produzidos por Diferentes Processos de Soldagem**. Porto Alegre: 1996, 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FATEC **Processos usuais de soldagem II** - Apostila do curso superior de tecnologia de soldagem.

**GUIAS BÁSICOS DE SEGURANÇA EM SOLDAGEM**. Disponível em <http://www.saudeetrabalho.com.br/download/solda-guia.pdf>. Acessado em 16/09/2009.

IBQN Soldagem I - **Processos de soldagem** - Apostila do curso de formação de supervisores técnicos independentes - abril 1987

IRIE, Maria Regina. **Prevenção de LER/DORT em Soldadores na Indústria da Montagem**. Revista CIPA, São Paulo, n. 283, p. 26-37, Jun 2003.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação Industrial e Controle da Poluição**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 403 p.

MAGRINI, Rui de Oliveira **Segurança do Trabalho na Soldagem Oxiacetilênica**. 2.ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 1999. 72 p.

MARTINS, Sérgio Pinto, **Direito do Trabalho**, 16ª edição, São Paulo: Atlas, 2002.

**MASCARA DE SOLDA**. Disponível em [https://ssl221.locaweb.com.br/cobequi/loja/config/imagens\\_conteudo/produtos/imagensGRD/GRD\\_976\\_511.jpg](https://ssl221.locaweb.com.br/cobequi/loja/config/imagens_conteudo/produtos/imagensGRD/GRD_976_511.jpg). Acessado em 18/09/2009.

MODENESI, Paulo J. 2000 – Título: **Introdução aos Processos de Soldagens**. Monografia do Curso de Eng<sup>a</sup> Metalúrgica da Universidade Federal de Minas Gerais. 52p.

**NOÇÕES DE VENTILAÇÃO INDUSTRIAL**. Disponível em [http://www.geocities.com/Athens/Troy/8084/Vent\\_int.html](http://www.geocities.com/Athens/Troy/8084/Vent_int.html) . Acessado em 16/09/2002.

PARANHOS, R. **“Segurança em Operações de Soldagem e Corte”**. Editado por Infosolda.

**PRECAUÇÕES NOS TRABALHOS DE SOLDAGEM**. Ed. 21. Abril de 2009. Disponível em <http://www.gruporacco.com.br>. Acessado em 17/09/2009.

**PROCESSOS MIG/MAG, TIG, ELETRODO REVESTIDO, TUBULAR**. Disponível em <http://pt.esab.net/pt/pt/education/>. Acessado em 16/09/2009.

**Rayflex BIOMBOS**. Disponível em <http://www.rayflex.com.br/img/biombos/Gr01.jpg>. Acessado em 03/10/2009.

**SAF Guia do soldador de soldadura manual** Publicação conjunta da Arlíquido Portuguesa e da SAF - Soudure Autogéne Française 1\_ edição – 1981.

**Segurança e Medicina do Trabalho**, 62ª edição, São Paulo: Atlas, 2008.

SENAI. **Manual de soldagem ao arco elétrico**. SENAI- SP – 1976.

**SOLDA – RISCOS EM OPERAÇÕES**. Disponível em <http://www.segurancaetrabalho.com.br/.../soldas-e-procedimentos.doc>. Acessado em 16/09/2009.

**SOLDAS E PROCEDIMENTOS**. Disponível em <http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/soldas-e-procedimentos.doc>. Acessado em 16/09/2009.

**TIPOS DE SOLDAS**. Disponível em <http://images.google.com.br/images?gbv=2&hl=pt-BR&um=1&sa=1&q=tipos+de+soldas&aq=f&oq=&start=0>. Acessado em 18/09/2009.

TORTORELL, Jayme Aparecido. **Acidentes do Trabalho**: 2.ª ed. Editora, São paulo, 1996.