

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

HENRIQUE BIANCHI

**RISCOS EXISTENTES NOS AMBIENTES DE SOLDAGEM EM UMA  
INDÚSTRIA METALÚRGICA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA-PR  
2014

HENRIQUE BIANCHI

**RISCOS EXISTENTES NOS AMBIENTES DE SOLDAGEM EM UMA  
INDÚSTRIA METALÚRGICA**

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

Orientador: Prof. MSc. Rui Bocchino Macedo

CURITIBA  
2014

**HENRIQUE BIANCHI**

**RISCOS EXISTENTES NOS AMBIENTES DE SOLDAGEM EM UMA  
INDÚSTRIA METALÚRGICA**

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

Orientador:

---

Prof. MSc. Rui Bocchino Macedo  
Professor do XXVIII CEEST, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

---

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

---

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

---

Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

CURITIBA  
2014

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

## RESUMO

O presente trabalho trata sobre um estudo de caso realizado em uma indústria do setor metal mecânico da cidade de Curitiba. Essa empresa possui e desenvolve atividades relacionadas à soldagem em seu processo produtivo, e como consequência seus trabalhadores acabam expostos a uma série de riscos e perigos relacionados a esta profissão. Por isso, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de levantar os riscos existentes no setor de soldagem da empresa visitada, realizando para isso uma análise qualitativa dos postos de trabalho. Para esta avaliação foi levado em consideração aspectos como: a utilização de equipamentos de proteção individual, obrigações da empresa, posto de trabalho e equipamentos. Verificou-se que os problemas mais críticos estão relacionados à captação dos fumos metálicos gerados durante os processos de soldagem e com a eletricidade na conservação e manutenção de instalações e equipamentos elétricos. Dessa maneira os principais riscos ambientais encontrados durante a visita foram: risco físico, químico, e de acidente. O trabalho é dividido essencialmente em duas partes, na primeira, uma revisão bibliográfica aborda os aspectos teóricos dos riscos ambientais e de soldagem. Na segunda passa-se ao estudo de caso onde se discorre sobre os riscos encontrados na atividade de trabalho nesta empresa. Assim, nesse trabalho teórico-prático, verifica-se a importância de se considerar as questões ambientais desde o envolvimento dos funcionários no cumprimento de normas de segurança, quanto à organização da empresa em fornecer uma estrutura adequada que possibilite essa prática, pois ambas impactam na melhora da segurança do ambiente de trabalho.

Palavra-chave: soldagem, riscos ambientais, posto de trabalho.

## **ABSTRACT**

This paper focuses on a case study done in a factory mechanic from Curitiba metal sector. This company owns and develops related to welding activities in its production process, and as a result their workers end up exposed to a number of risks and hazards related to this profession. Therefore, this work was designed to assess the risks involved in the welding of the visited company sector, for performing a qualitative analysis of this job. For this evaluation was taken into consideration aspects like: the use of personal protective equipment, the company's obligations, and work station equipment. It was found that the most critical problems are related to capture of welding fumes generated during welding and with electricity in the conservation and maintenance of electrical installations and equipment. Thus the main environmental risks encountered during the visit were: physical, chemical, and accident risk. The work is divided into two main parts, the first, a literature review discusses the theoretical aspects of environmental risks and welding. In the second pass is the case study where it talks about the risks found in the activity of work in this company. Thus, this theoretical and practical work, there is the importance of considering environmental issues since the involvement of employees in compliance with safety standards, the use of organization to provide an appropriate framework that allows this practice, because both impact the improves the safety of the work environment.

Keyword: welding, environmental risks, the workplace.

## SÚMARIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                       | 7  |
| 1.1 OBJETIVOS .....                             | 7  |
| 1.1.1 Objetivo geral.....                       | 7  |
| 1.1.2 Objetivos específicos .....               | 7  |
| 1.2 JUSTIFICATIVAS.....                         | 8  |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....            | 9  |
| 2.1 BREVE HISTÓRICO DE SOLDAGEM.....            | 9  |
| 2.2 FABRICAÇÃO DE AÇO .....                     | 10 |
| 2.3 SOLDAGEM.....                               | 11 |
| 2.3.1 Processos de soldagem por pressão.....    | 11 |
| 2.3.2 Processos de soldagem por fusão.....      | 12 |
| 2.3.3 Arco elétrico .....                       | 13 |
| 2.3.4 Soldagem com eletrodo revestido.....      | 14 |
| 2.3.5 Soldagem MIG/MAG.....                     | 16 |
| 2.3.6 Soldagem com arco submerso .....          | 17 |
| 2.2 HIGIENE E SEGURANÇA NA SOLDAGEM .....       | 19 |
| 2.2.1 Riscos ambientais.....                    | 19 |
| 2.2.1.1 Riscos físicos.....                     | 20 |
| 2.2.1.2 Riscos químicos.....                    | 20 |
| 2.2.1.3 Riscos biológicos.....                  | 20 |
| 2.2.1.4 Riscos ergonômicos .....                | 20 |
| 2.2.1.5 Riscos de acidentes .....               | 21 |
| 2.2.2 Riscos envolvidos durante a soldagem..... | 21 |
| 2.2.2.1 Ruído.....                              | 22 |
| 2.2.2.2 Radiação não ionizante.....             | 22 |
| 2.2.2.3 Choque elétrico.....                    | 23 |
| 2.2.2.4 Fumos e gases.....                      | 24 |
| <b>3 METODOLOGIA</b> .....                      | 28 |
| 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....              | 29 |
| <b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....           | 30 |
| 4.1 EPI .....                                   | 30 |
| 4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....                | 31 |
| 4.3 ELETRICIDADE .....                          | 35 |
| <b>5 CONCLUSÃO</b> .....                        | 37 |
| <b>6 REFERÊNCIAS</b> .....                      | 39 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Desenho esquemático do processo de soldagem por eletrodo revestido.....  | 15 |
| Figura 2 - Desenho esquemático do processo de soldagem MIG/MAG.....   | 17 |
| Figura 3 - Desenho esquemático do processo de soldagem Arco Submerso.....   | 18 |
| Figura 4 - Fluxograma do processo de produção.....  | 28 |
| Figura 5 - Visão geral do setor. Obstáculos diversos no setor.....  | 31 |
| Figura 6 - Gabarito de pré-montagem no local de soldagem com eletrodo Revestido. Ausência de exaustor local para captação de fumos metálicos..... | 32 |
| Figura 7 - Equipamento de arco submerso. Exaustor instalado na estrutura do equipamento.....  | 33 |
| Figura 8 - Local de soldagem MIG/MAG com máquina de solda e conjunto para oxicorte.....   | 35 |
| Figura 9 - Equipamentos elétricos. Fontes de soldagem.....  | 36 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Principais processos de soldagem e aplicações.....                       | 12 |
| Tabela 2 – Identificação por grupo e cores dos riscos ambientais.....               | 21 |
| Tabela 3 – Materiais tóxicos possíveis de serem encontrados durante a soldagem..... | 25 |

## 1 INTRODUÇÃO

Os metais ocupam um espaço importante no mundo da engenharia, devido a uma boa combinação de propriedades mecânicas, custo e disponibilidade, esses materiais são largamente utilizados nos dias de hoje. Devido aos mais diversos motivos, alguns produtos precisam ou podem ser fabricados em partes menores e unidas mais tarde conforme se deseja. Para que isso se tornasse possível diversas técnicas foram desenvolvidas ao longo dos anos, a soldagem é uma das principais e talvez a mais utilizada por aliar diversas características e propriedades que ela gere.

Conhecida como uma profissão que exige grande esforço por parte do profissional, a atividade de soldagem manual tem sido ultimamente substituída pela mecanização e/ou automatização. Porém quanto isso se torna de difícil realização (como soldas em campo, por exemplo) ou inviável financeiramente, a solda manual realizada pelo soldador continua sendo a alternativa mais aceita, por isso o trabalho deste profissional continua sendo necessário e de grande importância.

Tida como uma atividade insalubre e a qual expõem seus trabalhadores a uma série de perigos como eletricidade, químicos, altura, etc. os soldadores muitas vezes devido à baixa escolaridade e/ou por desconhecer seus direitos, ficam sujeitos à boa vontade da empresa para realizar uma determinada atividade com segurança. Sem isso, por desconhecer os riscos ou não ser capaz de identifica-los, acabam se sujeitando a trabalhar em condições que coloquem em risco a sua saúde física e mental.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo realizar o levantamento dos riscos existentes nos ambientes de soldagem de uma indústria metalúrgica.

#### 1.1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos deste trabalho procuram-se:

- Identificar potenciais perigos existentes na ambiente estudado, localizando-os no setor analisado;

- Verificar se a empresa cumpre com suas obrigações no que tange um a segurança de seus trabalhadores.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

A soldagem é um setor que está sempre sujeita a fiscalização por parte das autoridades responsáveis. No entanto tais eventos ocorrem quase sempre em grandes empresas e oriundas de denúncias. Por uma política de segurança ou para evitar uma repercussão negativa dessa natureza, ou ainda por qualquer outro motivo, é de se espera que essas grandes companhias estejam sempre em dia com suas obrigações legais e trabalhistas. No entanto não se pode dizer o mesmo de tantas outras indústrias pequenas e médias que existem em todo o Brasil. Lugares estes onde a falta de conhecimento por parte dos trabalhadores (devido ao nível de estudo, acesso a informação, política da empresa, etc.) sobre seus direitos, faz com que esses profissionais estejam quase sempre expostos a algum tipo de risco gerado no posto de trabalho. Foi em cima desta característica que este trabalho foi proposto, realizar um estudo de caso para levantar os riscos aos quais estão expostos os profissionais de soldagem em uma indústria da região de Curitiba, lugar este que representa a realidade de muitas outras, onde a fiscalização é menor ou inexistente e a atuação dos sindicatos dos trabalhadores é fraca e/ou ineficiente.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fabricação de produtos metálicos ocupa um grande espaço na indústria dos dias de hoje. Ao aliar boas propriedades mecânicas e um custo viável, os materiais metálicos, em especial o ferro, aço e suas ligas, atendem de maneira satisfatória à maioria das necessidades do ser humano quanto a sua utilização. É dentro deste cenário, a união destes materiais se torna muitas vezes necessários pelos mais diversos motivos, esta união de metais pode ser dividida em duas categorias principais, aquelas que estão baseadas em forças mecânicas macroscópicas entre as partes a serem unidas e aquelas baseadas em forças microscópicas (interatômicas ou intermoleculares). O primeiro tipo é ocorre quando resistência da união se da pela resistência a tensão de cisalhamento, como quando se utiliza parafuso e/ou rebites. No segundo tipo, a união ocorre pela aproximação dos átomos moléculas das partes a serem unidas até distancias suficientemente pequenas para a formação de ligações químicas primarias. Como exemplo deste tipo união pode citar a soldagem (MODENESI, 2011).

A soldagem é amplamente empregada na união de diversos tipos de estruturas metálicas e nos mais diversos campos de aplicação como construção naval, estruturas civis, vasos de pressão até reparos, manutenção e recuperação de peças danificadas. É considerado por isso uns dos principais meios de fabricação da atualidade na construção de estruturas (OKUMURA, 1982).

### 2.1 BREVE HISTÓRICO DE SOLDAGEM

A soldagem como se conhece hoje, se consiste em uma variedade grande de processos, equipamentos e técnicas bem conhecidas e já estabelecidas. Porém os primeiros indícios da utilização da soldagem se da em torno do ano 1500 a.c. quando o ferro começou a ser fabricado e substituiu o cobre e o bronze na confecção de diversos artefatos. O ferro era produzido em fornos e conformado por martelamento na forma de blocos com um peso de poucos quilogramas. Quando peças maiores eram necessárias, estes blocos eram soldados por forjamento. Nesse processo os materiais a serem unidos (no caso o ferro) eram aquecidos até ficarem rubro, as peças então eram aproximadas para ocorrer o martelamento dos materiais até a formação da solda (MODENESI, 2011).

Durante muito tempo a soldagem foi mantida como um processo de fabricação secundário devido ao desenvolvimento de inúmeras outras técnicas e processos tidos como melhores para a época, mantendo-se aplicada apenas em pequenas aplicações e reparos. Foi nos anos 1800 que esta história começou a mudar, com a descoberta do acetileno e o aparecimento das primeiras fontes produtoras de energia elétrica se tornou possível a soldagem por fusão. Diversas técnicas começaram a surgir em cima dessas descobertas e expandiram o campo de soldagem, no entanto foi a partir da 1ª guerra mundial que a soldagem se consolidou como processo de fabricação, devido à necessidade da época, a soldagem passou a ser utilizada mais intensamente na fabricação por sua flexibilidade de manuseio e resultados satisfatórios obtidos. Mais recentemente com avanço da eletrônica, diversas variações e técnicas de soldagem surgiram, novos equipamentos possibilitam cada vez mais um maior controle e precisão sobre a solda, assegurando assim uma maior qualidade em seu produto final. Existem hoje dezenas de diferentes processos de soldagem nos mais diversos segmentos da indústria desde segmentos de baixa tecnologia até aqueles com elevada tecnologia e complexidade por isso estudos relativos a eles se tornam cada vez mais e mais necessário e importante (WEMAN, 2004).

## 2.2 FABRICAÇÃO DE AÇO

A principal utilização da soldagem se consiste na união de materiais metálicos. Esses em sua grande maioria possuem o ferro como sua matéria-prima em maior ou menor grau. Por isso, uma boa compreensão dos processos de soldagem passa pelo conhecimento do seu principal elemento. O ferro, principal elemento de diversas ligas de aço, não existe na natureza como é conhecido, o que existe de fato é o minério de ferro, que até chegar à indústria passa por diversas transformações nas usinas. A ciência que trabalha e estuda este segmento da engenharia é a siderurgia. O processo siderúrgico está subdividido em três grandes etapas: Redução, Refino, e Conformação Mecânica. A redução envolve a transformação do minério de ferro em ferro gusa, o refino a transformação dos produtos da redução até a composição desejada e adequada e a conformação mecânica a transformação dos aços em produtos para utilização (SCHEID, 2010). Um estudo mais detalhado e aprofundado pode ser realizado nesses processos em

diversas literaturas técnicas existente, porém neste trabalho não será mais abordado em virtude dos objetivos propostos.

## 2.3 SOLDAGEM

Tentar definir o conceito de soldagem é uma situação bastante complicada. Devido as mais diversas técnicas, equipamentos e utilização da soldagem nos dias de hoje, a definição de soldagem nos leva a uma limitação caso a façamos. Antigamente adotava-se como junção de metais por fusão. Todavia nem sempre é preciso recorrer à fusão e nem só metais são soldáveis. Além disso, com as técnicas existentes nos dias de hoje pode-se realizar soldagem a frio, solda-se com ultrassom, com luz (raio laser), soldagem por atrito que é uma soldagem no estado sólido, e brazagem onde apenas o metal de adição funde. Em virtude de todas essas variáveis a soldagem já foi definida de varias maneiras por diversos estudiosos, e dentre as limitações que foram discutidas, uma das conceituações mais aceitas e adotada pela AWS (AWS 3.0), é a seguinte:

Soldagem é um processo de união que produz a coalescência dos materiais aquecendo-os até a temperatura de soldagem, com ou sem a aplicação de pressão ou através da aplicação de pressão por si só, e com ou sem a utilização de material de adição (AWS 3.0, 2001, p.42).

Com a definição descrita acima observar-se que todos os processos e materiais (possíveis de serem soldados) são abrangidos, além disso, se assegura a continuidade das propriedades químicas e físicas dos materiais a serem unidos, uma vez que processos de união por rebite, parafuso e colagem não garantem essas propriedades (QUITES, 1979).

### 2.3.1 Processos de soldagem por pressão

Processos de soldagem por pressão (ou por deformação) são processos que se baseiam na aplicação de pressões elevadas de forma a deformar plasticamente as superfícies metálicas até distâncias muito pequenas da ordem atômica. Em geral as peças são aquecidas localmente para facilitar a sua deformação, além disso,

atingem temperaturas inferiores as do processo por fusão isso dificulta muitas as alterações microestruturais significativas às vezes desejadas no material (MODENESI, 2011).

### 2.3.2 Processos de soldagem por fusão

Soldagem por fusão é um processo de união de metais no qual a coalescência destes é conseguida por fusão. Devido ao grande número de processos de soldagem por fusão, estes são normalmente separados em subgrupos, uma das mais adotadas é com relação ao tipo de fonte de energia usada pelo processo (MODENESI, 2011). A tabela 1 apresenta alguns dos principais processos existentes hoje.

**Tabela 1 – Principais processos de soldagem e aplicações.**

| <b>Processo</b>                   | <b>Fontes de Calor</b>                        | <b>Agente Protetor</b>                     | <b>Principais aplicações</b>  |
|-----------------------------------|---|--|---|
| Soldagem por eletro-escória       | Aquecimento por resistência da eletro-escória | Escória                                    | Soldagem aços carbono, baixa e alta liga. Soldagem de materiais com grandes espessuras.                                     |
| Soldagem por arco submerso        | Arco elétrico                                 | Escória e gases gerados                    | Soldagem de aços carbono, baixa e alta liga. Peças estruturais, tanques, vasos de pressão, etc.                             |
| Soldagem com eletrodos revestidos | Arco elétrico                                 | Escória e gases gerados                    | Soldagem de quase todos os metais exceto cobre puro, metais reativos e de baixo ponto de fusão. Usado na soldagem em geral. |
| Soldagem com Arame Tubular        | Arco elétrico                                 | Escória e gases gerados por fonte externa  | Soldagem de aços carbono  |
| Soldagem MIG/MAG                  | Arco elétrico                                 | Argônio, Hélio, CO <sub>2</sub> , Misturas | Soldagem de aço carbono, baixa e alta liga. Não ferrosos. Todas as posições. Soldagem de tubos e chapas.                    |
| Soldagem a Plasma                 | Arco elétrico                                 | Argônio, Hélio, Misturas                   | Todos os metais importantes em Engenharia exceto Zn e Be  |
| Soldagem TIG                      | Arco elétrico                                 | Argônio, Hélio, Misturas                   | Soldagem de todos os metais exceto Zn e Be. Soldagem de não ferrosos e aço inox.  |
| Soldagem por feixe eletrônico     | Feixe eletrônico                              | Vácuo                                      | Soldagem de praticamente todos os materiais. Indústria nuclear e aeroespacial.  |

**Tabela 1 – Principais processos de soldagem e aplicações.**

(conclusão)

| <b>Processo</b>  | <b>Fontes de calor</b> | <b>Agente protetor</b>  | <b>Principais aplicações</b>   |
|------------------|------------------------|---|--|
| Soldagem a laser | Feixe de luz           | Argônio ou Hélio  | Soldagem de praticamente todos os materiais. Indústria nuclear e aeroespacial      |
| Soldagem a gás   | Chama oxi-acetilênica  | Gás (CO, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O) | Soldagem manual de aço carbono, Cu, Al, Zn, Pb e bronze. Soldagem de chapas finas. |

*Fonte: Tabela adaptada de MODENESI, 2011.*

Como se observa as três fontes de energia mais utilizadas dentro dos processos de soldagem por fusão são: gás, arco elétrico, e feixes de luz. O que difere cada uma dessas fontes é principalmente a densidade de energia envolvida no processo. Outros fatores também podem e devem ser levados em conta na seleção do equipamento, esses vão desde a capacidade produtiva, qualidade final desejada do produto até o investimento disponível para aquisição.

### 2.3.3 Arco elétrico

Como pode ser observada, quase a totalidade dos processos de soldagem exigem a aplicação de calor de alguma forma para que a solda seja possível, em maior ou menor intensidade variando de acordo com a tecnologia envolvida. Para o caso da soldagem por fusão uma das formas mais comumente utilizada para se obter esse calor é através de um arco elétrico. Por apresentar uma boa combinação de características que incluem uma concentração adequada de energia para a fusão localizada do metal base, facilidade de controle, baixo custo relativo do equipamento e um nível aceitável de risco à saúde dos seus operadores, é um modo de principal de geração de calor de muitos processos (MODENESI, 2007).

O arco voltaico é uma região plasmática existente entre a ponta de um eletrodo para soldagem e o metal de base, por onde passa uma grande quantidade de corrente, produzindo uma alta intensidade de calor e luz. Na soldagem por fusão, a união de metais acontece pela ação direta e localizada deste arco voltaico, agindo como fonte de calor (SCOTTI e PONOMAREV, 2008).

Uma das propriedades que os gases possuem é a de que em condições normais eles são isolantes (elétricos, térmicos, etc.). Entretanto, sob condições favoráveis (alta temperatura, baixíssima pressão ou submetidos a um campo elétrico

de altíssima intensidade), os gases podem se ionizar, ou seja, seus átomos podem liberar ou receber elétrons, tornando-se cátions (íons com carga positiva), ou em menor probabilidade, ânions (íons com carga negativa), respectivamente. Devido a estas mudanças, os gases passam para o quarto estado da matéria, chamado plasma. Os plasmas, por sua vez, são condutores de eletricidade (SCOTTI e PONOMAREV, 2008).

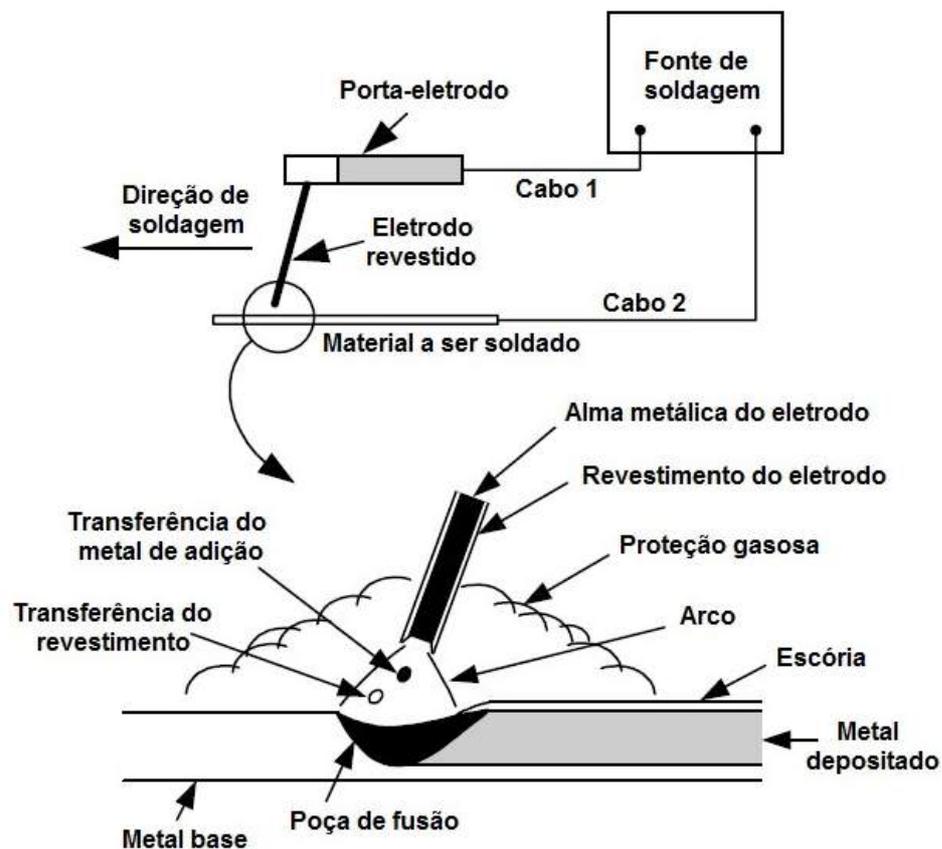
#### 2.3.4 Soldagem com eletrodo revestido

A soldagem a arco com eletrodos revestidos (Shield Metal Arc Welding - SMAW) é um processo de no qual a coalescência dos materiais é obtida pelo aquecimento destes com um arco estabelecido entre um eletrodo especial revestido e a peça. O eletrodo é formado por um núcleo metálico (“alma”) e recoberto por um revestimento feito de minerais (argila, fluoretos, carbonatos, etc) e/ou outros materiais (celulose, ferro ligas, etc.). A alma do eletrodo conduz a corrente elétrica e serve como metal de adição. O revestimento gera escoria e gases que protegem da atmosfera a região a ser soldada e estabilizam o arco. Na figura 1 é representado esquematicamente o processo de soldagem por eletrodo revestido. O revestimento pode ainda conter elementos que são incorporados à solda, influenciando sua composição química e características metalúrgicas. O calor do arco funde a ponta do eletrodo e um pequeno volume do metal de base formando a poça de fusão. A soldagem é realizada manualmente com o soldador controlando o comprimento do arco e a poça de fusão (pela manipulação do eletrodo) e deslocando o eletrodo ao longo da junta (MODENESI, 2006). A seguir são apresentados os principais tipos de eletrodo em função de seu revestimento.

- Eletrodos Celulósicos: Por apresentar uma grande quantidade de material orgânico, a utilização deste eletrodo gera grande quantidade de gases, sendo os principais o  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (vapor). Sua utilização é limitada a certos grupos de materiais e estruturas, pois a presença de altos teores de hidrogênio pode levar a fragilização da solda. Possui um arco bastante instável e com grande quantidade de respingos, mas com alto poder de penetração.
- Eletrodos Rutílicos: Eletrodo de uso em geral, apresenta uma quantidade significativa de rutilo ( $\text{TiO}_2$ ) no seu revestimento. Forma uma grande

quantidade de escoria, porém de fácil remoção. São eletrodos de fácil manuseio em soldagem, produzindo cordões de bom acabamento e de média penetração.

- Eletrodos Básicos: É geralmente o eletrodo que apresenta as melhores propriedades mecânico/metalúrgicas entre todos os apresentados, destacando-se principalmente quanto à tenacidade, por isso sendo recomendado para soldagens de maior responsabilidade. Os elevados teores de carbonato de cálcio e fluorita geram um metal de solda altamente desoxidado e dessulfurado, diminuindo assim o risco de trincas de solidificação. Apresenta bom acabamento e fácil remoção de escoria, porém requer um cuidado especial contra umidade, pois é altamente hidrocópio.



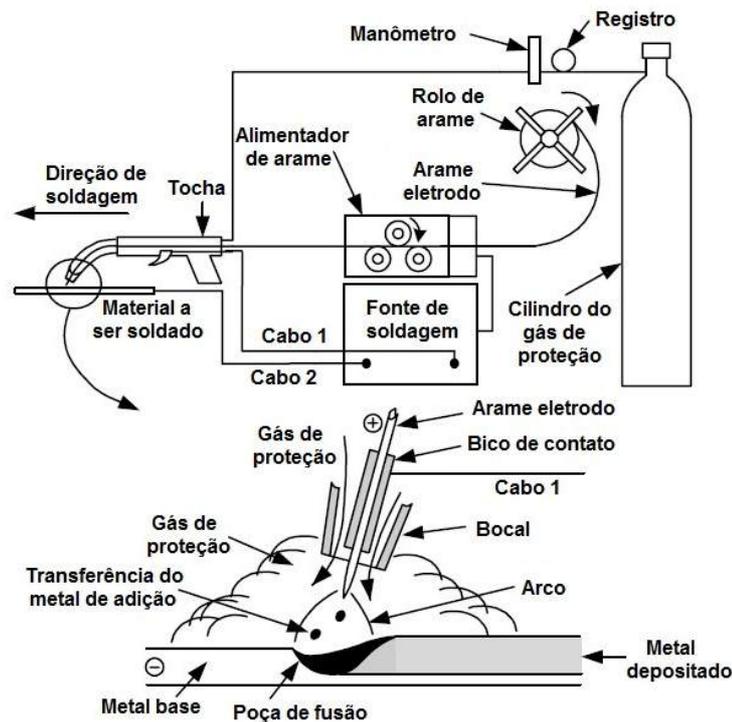
**Figura 1 – Desenho esquemático do processo de soldagem por eletrodo revestido.**

*Fonte: Kou, 2002.*

### 2.3.5 Soldagem MIG/MAG

O processo de soldagem conhecido como MIG/MAG é mais um processo que utiliza o arco elétrico como fonte de calor para fusão dos materiais a serem soldados. Porém a maior diferença entre os processos apresentados até agora está na forma de manutenção do arco elétrico propriamente dito. Na soldagem MIG/MAG o arco é estabelecido entre um eletrodo continuamente alimentado e a peça a ser soldada. Esta característica do processo permite algumas vantagens em relação aos demais como: um alto fator de ocupação do soldador, alta densidade de corrente e apresenta uma elevada produtividade (MODENESI, 2006).

O processo MIG/MAG apesar de ser genericamente conhecido desta maneira, é na verdade dois processos distintos. A diferença entre eles está no tipo de gás utilizado na proteção da poça de fusão, caso um gás inerte seja usado na soldagem temos MIG (Metal Inert Gas), por outro lado se o gás for ativo temos o MAG (Metal Active Gas). Essa diferenciação é fundamental na soldagem, pois estes influenciam de maneira significativa a soldabilidade e qualidade do produto final. Os gases utilizados devem ser selecionados de acordo com os materiais a serem soldados. Gases inertes puros são, em geral, usados na soldagem de metais e ligas não ferrosas, misturas de gases inertes com pequenas quantidades de gases ativos são usadas, em geral com aços ligados, enquanto que misturas mais ricas em gases ativos ou CO<sub>2</sub> puro são usados na soldagem de aços carbonos. Os dois processos são conhecidos desta maneira principalmente pelo fato de utilizarem o mesmo equipamento de soldagem (fonte, alimentador, tocha, etc). Na figura 2 é representado esquematicamente o processo de soldagem MIG/MAG. Utilizado normalmente de forma semi-automática, pode ser facilmente mecanizado e automatizado, sendo também o principal processo de soldagem a arco usado com robôs industriais. Por essa e outras características o MIG/MAG se tornou um processo largamente utilizado em vários setores da indústria aliando produtividade, custo e simplicidade de utilização (MODENESI, 2006).



**Figura 2 – Desenho esquemático do processo de soldagem MIG/MAG.**

*Fonte: Kou, 2002.*

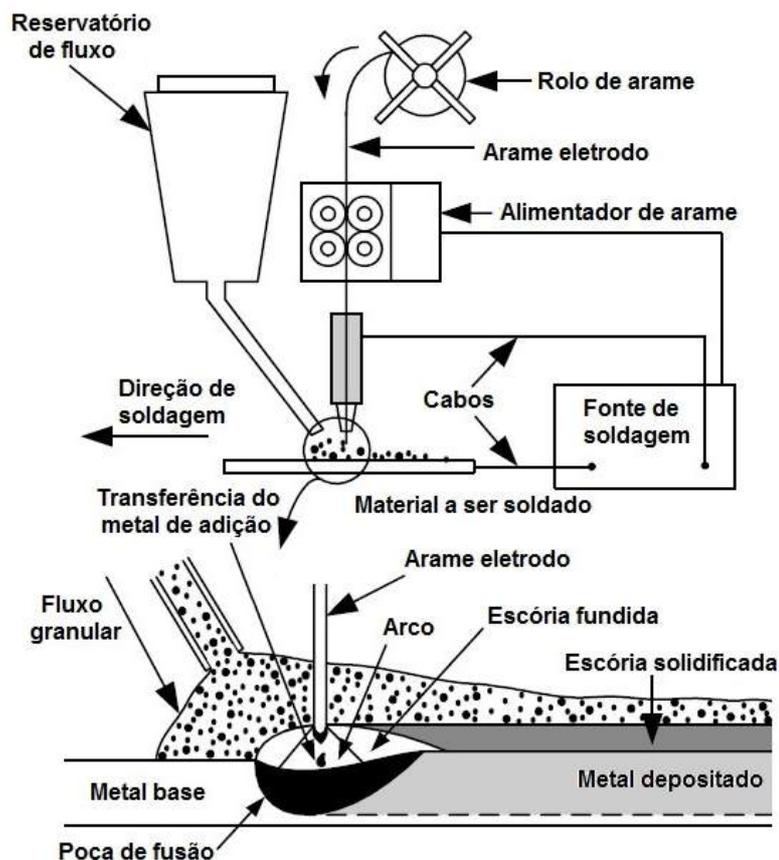
### 2.3.6 Soldagem com arco submerso

A soldagem pelo processo de arco submerso é outro processo de soldagem que utiliza um arco elétrico como fonte de calor para produzir a fusão e união dos materiais. Esse arco é também obtido e mantido entre a ponta de um eletrodo continuamente alimentado e a peça a ser soldada. Uma das principais características deste processo ocorre na forma de proteção da região a ser soldada, um material fusível granuloso (fluxo) é colocado sobre a peça momentos antes da passagem do eletrodo com o arco, esse fluxo localizado na região próxima do arco se funde, protegendo desta maneira o arco elétrico e a poça de fusão. A figura 3 representa de maneira esquemática o processo de soldagem por arco submerso. Posteriormente, ao se solidificar, este material forma uma escória sobre o cordão, devendo ser removido em uma etapa seguinte, o fluxo que não se fundiu pode ser reaproveitado e utilizado novamente. Como arco elétrico esta sob esse fluxo durante a realização da soldagem ele não é visível, daí o nome do processo (MODENESI, 2006).

O fluxo utilizado pode ainda desempenhar, além da proteção da poça de fusão, outras funções durante o processo de soldagem. Dependendo do tipo ou

combinação do fluxo utilizado, estes podem atuar na estabilização do arco elétrico, na adição de elementos de liga, controle da geometria do cordão, e facilitar a remoção da escória. A necessidade de utilização do fluxo produz também uma das principais limitações do processo, que é quanto à posição de soldagem. Pelo fato do fluxo ser um material granulado e ser depositado anteriormente a passagem do arco, esta solda pode ser realizado somente na posição plana ou horizontal (GIMENES e RAMALHO, [200-?]).

A soldagem por arco submerso é um processo frequentemente selecionado quando se deseja soldar diversos tipos de estruturas metálicas. Por possibilitar a utilização de elevados níveis de corrente é um processo que pode apresentar altas taxas de deposição de material, possibilitando desta maneira um aumento de produtividade do processo (MODENESI, 2006).



**Figura 3 – Desenho esquemático do processo de soldagem Arco Submerso.**

*Fonte: Kou, 2002.*

## 2.2 HIGIENE E SEGURANÇA NA SOLDAGEM

O problema dos acidentes e doenças ocupacionais não é recente, pelo contrário, tem acompanhado o desenvolvimento das atividades do homem através dos séculos. Devido às condições sub-humanas nas quais se desenvolviam as atividades fabris até o século XVIII, os acidentes de trabalho e as doenças provocadas pelas substâncias e ambientes hostis geravam um grande número de doentes e mutilados. Foi somente a partir desse período, que com as profundas alterações tecnológicas iniciadas com o advento da Revolução Industrial é que começaram a surgir às primeiras medidas e estudos de proteção dos trabalhadores as quais limitavam a jornada de trabalho e melhorias sanitárias nas instalações. Apesar de essas medidas terem sua importância nos anos seguintes, a segurança no trabalho de um modo geral evoluiu de maneira lenta ao longo dos tempos. Foi somente após a segunda guerra mundial é que a segurança no trabalho começou a tomar forma, quando se compreendeu a necessidade de se manter os trabalhadores em condições ambientais apropriadas, uma vez que os afastamentos e a grande rotatividade dos empregados influenciavam a produção e a economia das fábricas. Nesse período surgem também as primeiras leis de amparo ao trabalhador e o seguro social, a fim de reparar os danos sofridos por estes no trabalho (FANTAZZINI, 1997).

### 2.2.1 Riscos ambientais

Os locais de trabalho pela própria natureza da atividade desenvolvida, pelas características da organização e as relações interpessoais expõem os trabalhadores a uma série de riscos que podem comprometer sua saúde e a segurança em curto, médio e longo prazo, provocando lesões imediatas, doenças ou a morte, além de prejuízos de ordem legal e patrimonial para a empresa. Daí a importância de um bom processo de reconhecimento e identificação de riscos a fim de se proporcionar um ambiente de trabalho mais seguro (SESI, 2005).

Segundo a Portaria N.º 3214, do Ministério do Trabalho do Brasil de 1978, os riscos no ambiente laboral são classificados em cinco grupos distintos, sendo eles: Riscos Físicos, Riscos Químicos, Riscos Biológicos, Riscos Ergonômicos e Riscos

de Acidente. Esta portaria contém uma serie de normas regulamentadoras que consolidam a legislação trabalhista, relativas à segurança e medicina do trabalho.

#### 2.2.1.1 Riscos físicos

Consideram-se agentes de risco físicos as diversas formas de energia a que possam estar expostas os trabalhadores. São os riscos gerados pelos agentes que têm capacidade de modificar as características físicas do meio ambiente. Tais agentes caracterizam-se pela necessidade de um meio de transmissão para propagarem sua nocividade, causarem lesões crônicas e agirem também sobre pessoas sem contado direto com a fonte de risco (FERREIRA, [200-?]).

#### 2.2.1.2 Riscos químicos

Consideram-se agentes de risco químico qualquer elemento químico, só ou em mistura, quer se apresente no seu estado natural quer seja produzido, utilizado ou liberado, inclusive liberado como resíduo, por uma atividade laboral, quer seja ou não produzido intencionalmente ou comercializado. Suas principais formas de absorção pelo organismo do trabalhador ocorrem pela via respiratória, contato através da pele e ingestão (MENDES, 2007).

#### 2.2.1.3 Riscos biológicos

Consideram-se como agentes de risco biológico aquele que contenha informação genética e seja capaz de autorreprodução ou de se reproduzir em um sistema biológico, gerando a ocorrência de efeitos adversos à saúde humana, animal e ao ambiente, em decorrência da manipulação de agentes ou material biológico infectado (BRASIL, 2010).

#### 2.2.1.4 Riscos ergonômicos

Consideram-se agentes de risco ergonômicos é qualquer fator que possa interferir nas características psicofisiológicas do trabalhador, causando desconforto ou afetando sua saúde. Podem estar ligado a fatores externos do ambiente e interno no plano emocional (GOIAS, 2012).

### 2.2.1.5 Riscos de acidentes

Consideram-se agentes de risco de acidente qualquer fator que coloque o trabalhador em situação vulnerável e possa afetar sua integridade, e seu bem estar físico e psíquico (MENDANHA, 2011).

Um fato importante a se observar é que os danos à saúde do trabalhador poderá não será causado necessariamente pela simples presença do agente causador, mas que isso vai depender da combinação ou inter-relação de diversos fatores, como a concentração e a forma do contaminante no ambiente de trabalho, o nível de toxicidade e o tempo de exposição da pessoa (FANTAZZINI, 1997).

Esses riscos podem ser classificados por sistema de cores o que possibilita um reconhecimento mais rápido e direto, tabela 2 apresenta essa classificação junto com os principais agentes causadores.

**Tabela 2 – Identificação por grupo e cores dos riscos ambientais.**

| <b>Grupo 1 Verde</b>   | <b>Grupo 2 Vermelho</b>    | <b>Grupo 3 Marrom</b> | <b>Grupo 4 Amarelo</b>  | <b>Grupo 5 Azul</b>  |
|------------------------|----------------------------|-----------------------|---|--|
| Riscos Físicos         | Riscos Químicos            | Riscos Biológicos     | Riscos Ergonômicos  | Riscos de Acidente   |
| Ruídos                 | Poiras                     | Vírus                 | Esforço físico intenso  | Arranjo físico inadequado  |
| Vibração               | Fumos                      | Bactérias             | Levantamento e transporte                                     | Máquinas e equipamentos  |
| Radiação ionizante     | Névoas                     | Protozoários          | Exigência de postura inadequada                               | Ferramentas inadequadas ou defeituosas   |
| Radiação não ionizante | Neblina                    | Fungos                | Controle rígido de produtividade                              | Iluminação inadequada  |
| Frio                   | Gases                      | Parasitas             | Imposição de ritmos excessivos                                | Eletricidade   |
| Calor                  | Vapores                    | Bacilos               | Trabalho em turno e noturno                                   | Probabilidade de incêndio ou explosão  |
| Pressões anormais      | Produtos químicos em geral |                       | Jornadas de trabalho prolongadas                              | Armazenamento inadequado   |
| Umidade                |                            |                       | Monotonia e repetitividade                                    | Animais peçonhentos  |
|                        |                            |                       | Outras situações causadores de estresse físico e/ou psíquico. | Outras situações de risco que poderão contribuir para ocorrência de acidentes. |

Fonte: Campos, 1999 p.113

## 2.2.2 Riscos envolvidos durante a soldagem

### 2.2.2.1 Ruído

O ruído está presente em quase todas as atividades industriais, na soldagem não é diferente. Operações dessa natureza podem produzir ruídos que tem sua origem nos mais diversos lugares, essas fontes podem ser do próprio processo, da fonte de energia, outro equipamento ou ainda na própria atividade com os materiais a serem soldados, geralmente metálicos ao se tocarem ou baterem podem produzir uma intensidade elevada de ruído (PARANHOS, 2004). Sabe-se que a exposição excessiva pode ocasionar danos à saúde dos trabalhadores como perda de audição, produtividade, irritação. O MTE através de suas normas regulamentadoras estabelece os limites de tolerância e tempo de exposição ao qual pode estar sujeito um trabalhador durante sua atividade laboral. Algumas medidas para tentar atender tais limites (FANTAZZINI, 1997):

- Sempre que possível atuar na fonte causadora do ruído (isolamento, manutenção e projeto da fonte causadora);
- Criar barreiras entre a fonte do ruído e os trabalhadores (enclausuramento parcial);
- Controle do ruído no trabalhador com a utilização dos protetores auriculares, redução do tempo de exposição, e conscientização dos trabalhadores.

### 2.2.2.2 Radiação não ionizante

A grande maioria dos processos de soldagem como já mencionado, utiliza um arco elétrico como fonte de calor para realizar o aquecimento dos materiais. Com este arco aberto uma grande quantidade de energia é liberada durante o processo na forma de ondas eletromagnéticas. Essas ondas transmitem diversos tipos de radiações liberados pelo arco, como ultravioleta, infravermelho, etc. Essas radiações podem provocar danos à saúde do soldador como queimaduras na pele e nos olhos, caso este funcionário não esteja devidamente protegido. Os sintomas geralmente se apresentam com efeito retardado sendo, portanto notados somente depois de algumas horas após a exposição (FANTAZZINI, 1997).

Algumas medidas para diminuir riscos provocados pela radiação ao qual estão expostos os soldadores, algumas são descritas a abaixo (AWS WELDING HANDBOOK, 1997):

- Uso de lentes (filtros) apropriadas, selecionados conforme a necessidade de cada processo utilizado;
- Roupas de proteção (luvas, perneiras, macacão, etc. de raspas de couro);
- Divisórias em áreas de soldagem (separação dos demais setores);
- Uso de materiais não refletivos;
- Uso de protetor solar.

### 2.2.2.3 Choque elétrico

O choque elétrico é caracterizado quando uma corrente elétrica atravessa o corpo de uma pessoa em uma magnitude capaz de criar efeitos adversos a essa pessoa. A severidade desse dano vai estar ligado diretamente a intensidade dessa corrente, o tempo de exposição a corrente, caminho que a corrente percorreu e do estado de saúde da pessoa. O choque elétrico pode causar desde pequenos “formigamento” até lesões graves como “queimadura” não sendo raro ocorrer até mesmo à morte do trabalhador. Como a maioria dos equipamentos de soldagem utiliza algum tipo de equipamento elétrico com altas correntes, o risco de choque elétrico esta sempre presente na atividade, porém na grande maioria das vezes a presença deste risco acontece de maneira negligente com a má conservação dos equipamentos (SANTOS, [201-?]).

O risco de choque elétrico não pode ser eliminado por completo, algumas atitudes que podem minimizados os riscos de acidente como a seguir (PARANHOS, 2004):

- Equipamento: uma correta seleção do equipamento para a realização de um determinado serviço pode ajudar em muito o operador, evitando assim riscos desnecessários como um superdimensionamento do equipamento;
- Treinamento: um bom treinamento em segurança deve ser realizado aos operadores desses equipamentos antes de permitir a sua utilização;
- Instalação: instalar tais equipamentos em locais limpos e secos, não sendo possível isso, proteger os equipamentos de poeira, umidade etc.;
- Aterramento: providenciar um bom aterramento do equipamento, muitos produtos de soldagem podem conduzir corrente elétrica;

- Cabos e conexões: manter os cabos e conexões elétricas sempre em bom estado de conservação, distantes de materiais que possam causar algum tipo de dano ao seu isolamento;
- Manutenção: um bom programa de manutenção periódica dos equipamentos deve ser mantido pela empresa, isso evita muitas vezes paradas indesejáveis na produção com defeitos no equipamento e uma segurança a mais para o operador.

#### 2.2.2.4 Fumos e gases

Os fumos metálicos são partículas sólidas de óxidos de metais muito finas, formadas pelo processo de soldagem, por isso se caracterizam como um dos riscos químico envolvido na função do soldador. São formadas principalmente pelo produto da vaporização, oxidação e condensação dos componentes presentes nos consumíveis utilizados (MATHEUS, 2009).

No entanto os fumos e gases provenientes de um processo da soldagem ou corte a arco não podem ser classificados tão simplesmente dessa maneira. A composição e quantidade desses fumos e gases dependem de vários fatores como: a composição do metal base; do processo e consumível utilizado; do tipo de revestimento que o material possui (pintura, galvanização, etc); contaminantes atmosféricos (resíduos de produtos químicos que eventualmente possam ter sido utilizado na limpeza previa dos materiais a serem soldados); e outros fatores. Devido a todas essas variáveis envolvidas é possível que se encontre uma composição razoavelmente diferente daquela do eletrodo utilizados. É comum em fumos metálicos produto como monóxido de carbono, dióxido de carbono, fluoretos, óxidos de nitrogênio e ozônio (AWS WELDING HANDBOOK, 1997).

Também algumas medidas são adotadas para minimizar os efeitos dos fumos ao trabalhador como (PARANHOS, 2004; AWS WELDING HANDBOOK, 1997):

- Posição do soldador: treinar e qualificar o soldador para o seu correto posicionamento durante a soldagem, evidenciando a necessidade de se manter numa direção oposta aos fumos provenientes da solda;
- Ventilação: um dos fatores que tem maior influencia no quantitativo de fumos na área de trabalho, a ventilação depende de inúmeras variáveis, porém, deve ser projetada de modo a manter a região de trabalho com teores dentro do limite permitido;

- Número de soldadores: tentar quando possível manter um sistema de rodízio por parte dos soldadores na execução de um determinado serviço;
- Utilização dos EPI: uma correta seleção dos equipamentos de proteção individual diminuirá a quantidade de compostos químicos absorvidos pelo soldador, indo desde um filtro apropriado até uma máscara com design facilitador de escoamento do fumo.

Uma preocupação especial deve ser tomada quando se utilizam materiais de elevada toxicidade. Na presença desses elementos durante a soldagem, é dever assegurar no ambiente de trabalho concentrações de tais elementos dentro de limites estabelecidos por normas e organizações. Além disso, medidas mais restritivas de acesso às áreas de trabalho devem ser adotadas, uma ventilação especial deve ser providenciada, e evitar qualquer tipo de alimentação no local (AWS WELDING HANDBOOK, 1997). A tabela 3 apresenta alguns elementos químicos tóxicos encontrados em alguns tipos de ligas metálicas.

**Tabela 3 - Materiais tóxicos possíveis de serem encontrados durante a soldagem.**

| Material base ou metal de adição          | Metais que podem estar presentes              |
|---|---|
| Aços carbono e baixa liga                 | Crômio, Manganês, Vanádio.                    |
| Aços inoxidáveis                          | Crômio, Níquel.                               |
| Aços ao manganês e aços de elevada dureza | Crômio, Cobalto, Manganês, Níquel, Vanádio.   |
| Ligas de cobre                            | Berílio, Crômio, Cobre, Chumbo, Níquel        |
| Aços revestidos ou cobreados              | Cádmio, Crômio, Cobre, Chumbo, Níquel, Prata. |

*Fonte: Tabela adaptada de AWS Welding Handbook v. 5 p. 395.*

Abaixo são descritos os efeitos adversos de alguns elementos e/ou compostos químicos encontrados em algumas ligas metálicas, o qual podem durante a soldagem ser liberados e entrar na região de respiração a qual o soldador esteja presente e causar alguma intoxicação (FANTAZINNI, 1997) e (LOBO, 2011).

- Cádmio: A soldagem de ligas que contém cádmio expõe o trabalhador ao risco de contrações elevadas de fumos deste metal, por isso devem-se tomar cuidados extremos. A inalação de fumos de cádmio é altamente lesiva para o pulmão e rins. Curtas exposições, mas em alta concentração podem resultar

em edema pulmonar e morte. Causa também descoloração do colo dos dentes e anosmia. Elemento químico ainda é carcinogênico.

- Zinco: Presente principalmente na forma de revestimento na galvanização, o zinco em forma de fumos de zinco é irritante, pode produzir náuseas e ainda um potente causador da febre dos fumos metálicos.
- Níquel: A ocorrência de fumos de níquel é maior nas soldas de aço inoxidável. Pode ocasionar febre dos fumos metálicos, mas o mais comum são as reações de sensibilização da pele na forma de dermatites, embora seus efeitos mais importantes sejam os carcinogênicos e mutagênicos.
- Manganês: O manganês se reveste de importância por ser um dos componentes mais comuns nos eletrodos e pela patologia que ocasiona. A exposição prolongada a fumos de manganês pode acarretar danos ao sistema nervoso central e aumento de incidência de doenças respiratórias.
- Cromo: O cromo tem um grande significado nas operações de soldagem de aço inoxidável, pois os fumos liberados tem elevada proporção de cromo. A exposição mais especificamente ao cromo hexavalente, implica um risco de aumento de incidência de câncer de pulmão. Demais efeitos podem ser observados como dermatites, úlceras de pele e perfuração do septo nasal, porém nestes casos mais relacionadas com exposição a nevoas ácidas das operações de cromagem e não nas operações de soldagem.
- Vanádio: Componente de certas ligas, o vanádio envolve riscos de intoxicação de gravidade. Após curtas exposições a concentrações elevadas, o trabalhador apresenta lacrimejamento profuso, sensação de queimadura nos olhos, rinite serosanguinolenta, angina, tosse, bronquite com expectoração e dor torácica. Exposições longas podem levar a doenças pulmonares crônicas com enfisema.
- Monóxido de Carbono: O monóxido de carbono origina-se na decomposição do dióxido de carbono usado em alguns processos de soldagem. Ao ingressar no organismo ele interfere na perfeita oxigenação dos tecidos. Não interfere na concentração de oxigênio existente no ar, mas, quando inalado junto com o oxigênio, não permite que este último seja adequadamente aproveitado pelo organismo. É um asfixiante químico.

- Dióxido de Carbono: Formado pela decomposição do revestimento, alma dos eletrodos ou ainda usado como gás de proteção da soldagem. É considerado um gás asfixiante simples, ou seja, quando se aumenta sua concentração reduz-se a do oxigênio, sendo esta deficiência de oxigênio o que ocasiona o dano. Concentrações maiores que 10% em volume de ar, leva à inconsciência e ao óbito por redução de pressão parcial de oxigênio no ar aspirado. Em baixas concentrações, pode haver uma ação tóxica sobre a membrana celular e alterações bioquímicas.
- Ozônio: Variação alotrópica do oxigênio é resultado da ação da radiação ultravioleta do arco elétrico sobre o oxigênio atmosférico. Gás altamente oxidante e tóxico produz forte irritação do aparelho respiratório. Em altas concentrações pode ocasionar edema pulmonar e óbito.
- Óxido de Nitrogênio: Os óxidos de nitrogênio são formados pela oxidação do nitrogênio atmosférico por ação direta da alta temperatura gerada pelo arco elétrico. São agentes irritantes pulmonares que podem ocasionar a morte imediata por broncoespasmos e parada respiratória em alta concentração.
- Fluoretos: Processo de soldagem que utilizam fluxos como proteção para a soldagem podem durante o processo gerar fumos com flúor na sua composição. Em virtude dos teores de cálcio, sódio e potássio que alguns eletrodos possuem, durante a soldagem pode haver reações entre estes elementos e fluxo utilizado havendo a possibilidade de formação de alguns fluoretos. A intoxicação por fluoretos é conhecida como fluorose. É uma doença crônica e incapacitante, caracterizada principalmente por osteoclerose generalizada. Pode causar um aumento da densidade óssea e calcificações de ligamentos, membranas enterósseas e fâscias, evoluindo para a limitação de movimentos.

### 3 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi proposto um estudo de caso a fim de se levantar os riscos ambientais aos quais estão expostos os trabalhadores de uma indústria metalúrgica instalada na região de Curitiba.

A metodologia adotada se consistiu em realizar uma visita técnica a essa empresa e através de uma avaliação qualitativa dos postos de trabalho levantar os riscos aos quais estão expostos esses os trabalhadores, identificar os perigos existentes e em potenciais. Informações também foram levantadas junto à empresa e os próprios funcionários sejam por meio de observações diretas, indiretas ou entrevista.

A empresa é atuante do meio metal mecânico, porém um dos setores de maior relevância para suas atividades é o segmento de fabricação de estruturas metálicas, onde atua em todas as etapas de industrialização, indo desde o corte da matéria-prima até o acabamento final do produto. A figura 4 mostra o fluxograma do processo.



**Figura 4 - Fluxograma do processo de produção.**

Fonte: Arquivo do autor.

Recebimento e inspeção de matéria-prima.

A primeira etapa do processo se inicia no setor de almoxarifado onde o material a ser utilizado é recebido. Uma primeira inspeção de qualidade do material é realizada por pessoal responsável sendo liberada ou podendo ser devolvida ao fornecedor se alguma não conformidade for identificada.

Corte do material

A segunda etapa consiste na realização do corte do material nas dimensões especificadas pelo cliente.

### Pré-montagem

A etapa de pré-montagem consiste no posicionamento do material cortado anteriormente em gabaritos. As peças são então ponteadas mantendo assim suas formas finais.

### Soldagem

A soldagem é a etapa onde o produto assume a sua forma final. As peças ponteadas são levadas ao local de trabalho onde o operador realiza a soldagem do produto.

### Acabamento

Terminada a soldagem, um processo de acabamento é realizado, dando assim formas finais ao produto. Em seguida o item é encaminhado ao setor de expedição onde se encarrega para dar destino ao produto.

Para a fabricação a empresa dispõe de equipamentos para a soldagem manual e mecanizada (dependendo do produto a ser fabricado).

No entanto como proposta desse trabalho, a análise dos riscos ambientais limitou-se especificamente ao setor de soldagem da empresa, sendo, portanto levantados os riscos referentes às funções de soldador de ajudantes de soldador.

## 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

### Grau de risco

De acordo com a Norma Regulamentadora NR4 – SESMT- Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho, a empresa em questão se enquadra conforme discriminação abaixo:

### Atividade principal

- ✓ Grau de risco: 04
- ✓ Código de atividade: 25.11-0
- ✓ Atividade: Fabricação de estruturas metálicas.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através da visita ao setor de soldagem da indústria em questão, os postos de trabalho puderam ser observados. Os resultados das observações são agora apresentados divididos em tópicos a seguir.

### 4.1 EPI

Quanto à utilização dos equipamentos de proteção individual, pode-se observar que a empresa fornecia todos os equipamentos necessários para o desempenho das funções.

A empresa possuía e mantinha arquivado um bom controle atualizado da retirada dos EPI de cada funcionário. Durante todo o período de visita verificou-se que todos os trabalhadores estavam realmente utilizando os EPI. No caso dos soldadores em especial foi constatado a presença dos seguintes equipamentos de proteção:

- Máscara de solda;
- Avental de raspa de couro;
- Luvas de raspa de couro;
- Calçado de segurança;
- Mangotes e perneiras de raspa de couro;
- Capuz;
- Óculos de segurança;
- Filtro respiratório;
- Capacete.

Em conversa com os trabalhadores foi possível verificar também que os mesmo demonstraram conhecimento quanto à correta utilização dos equipamentos de proteção individual fornecido pela empresa, afirmaram também terem recebido treinamento ao adentrarem a empresa.

Também em conversar com os funcionários, todos afirmaram estarem realizando atividades relacionadas à sua profissão (soldador, ajudante de soldador, mecânicos, etc.) tendo realizado treinamento previamente, portanto todos sendo qualificado para as atividades.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

A indústria metalúrgica visitada ocupa um terreno de grande dimensão da região de Curitiba. A fabricação das estruturas é realizada dentro de um barracão coberto com pé direito elevado, de boa iluminação e ventilação.

A área física destinada ao setor de soldagem é relativamente grande e bem dividida dos demais setores e funcionários da empresa, sendo somente permitido o acesso e permanência no local destes profissionais.

Apesar de grande, devido ao grande volume de produto sendo produzido no momento, foi possível observar uma quantidade grande de itens dispersos no chão da fábrica, ver figura 5. Como não havia uma área específica de circulação, foi comum ver funcionários se deslocando no setor entre os produtos sendo fabricados. Caminhos estes que poderiam provocar riscos de queda, tanto dos funcionários sobre os materiais, quanto queda dos materiais sobre os funcionários uma que alguns itens estavam armazenados sobre cavaletes.



**Figura 5 – Visão geral do setor - Obstáculos diversos no setor.**

*Fonte: Arquivo do autor.*

Na parte de ergonomia não se notou grandes problemas nos postos de trabalho, todas as soldas que são realizadas manualmente são realizadas sobre cavaletes que permitem uma boa posição de trabalho por parte do soldador. Apesar

dos itens soldados serem de grande peso, e obrigarem momentos de utilização de força para pequenos ajustes de posicionamento, isso ocorre de maneira isolada, toda movimentação e transporte de material é feita por intermédio de ponte rolante.

Apesar do bom arranjo físico do setor, foi possível notar a ausência de alguns equipamentos importantes, como exaustores para captação de fumos metálicos em áreas onde ocorre a soldagem propriamente dita. A pré-montagem da estrutura é realizada sobre um gabarito, ver figura 6, o eletrodo revestido utilizado como processo de soldagem nesta etapa formava uma grande quantidade de fumos metálicos o qual se deslocava na mesma direção do soldador. Alguns sabiam genericamente do que se tratavam os fumos metálicos, mas desconheciam completamente seus efeitos ao organismo.



**Figura 6 – Gabarito de pré-montagem no local de soldagem com Eletrodo Revestido. Ausência de exaustor local para captação de fumos metálicos.**

*Fonte: Arquivo do autor.*

Para a etapa seguinte, a montagem, o processo de arco submerso é utilizado para a soldagem da estrutura metálica. Neste processo nota-se que diferentemente do anterior, um exaustor foi adaptado e instalado na estrutura do equipamento, próximo da região onde os soldadores ficam durante a soldagem, ver figura 7.



**Figura 7 – Equipamento de arco submerso. Exaustor instalado na estrutura do equipamento.**

*Fonte: Arquivo do autor.*

Essa foi uma medida importante tomada pela empresa, como a solda acontece sob uma camada de fluxo, não há arco elétrico visível, a máscara de soldagem se torna de difícil utilização, pois como existe a necessidade do controle da operação por parte do soldador este acaba utilizando apenas os óculos de segurança durante a soldagem. Mesmo o processo de arco submerso liberando uma quantidade menor de fumos metálicos em comparação com o eletrodo revestido, este também apresentava uma quantidade visível saindo da região da solda. Com esta medida nota-se um melhor posto de trabalho em relação ao anterior, quanto saúde e segurança, pois os fumos metálicos fluíam na direção do exaustor durante a operação e não na direção do operador.

A figura 7 mostra também outro perigo ao quais os soldadores da empresa estão sujeito ainda neste processo:

- Queda

O fluxo utilizado pelo processo é armazenado em um reservatório localizado em cima da estrutura do equipamento. O fluxo alimenta o processo de soldagem por ação da gravidade, e à medida que esse fluxo é consumido a reposição deve ser providenciada. Olhando a figura da esquerda percebe-se uma altura de uns 4 m o

qual é alcançado por meio de uma escada metálica. Durante o período da visita, foi possível ver essa operação de reposição do fluxo, um ajudante subiu a escada levando um saco de fluxo de 25 kg nos ombros, um risco de queda pode acontecer nessa atividade.

- Esmagamento

O produto a ser soldado por este processo é deslocado no sentido longitudinal do equipamento. Esse movimento é produzido por uma transmissão mecânica que ao rotacionar um disco este por sua vez deslocar o item a ser soldado. Este disco fica exposto e em uma região próxima ao operador, gerando um risco de esmagamento ou amputação de algum membro.

O processo de soldagem MIG/MAG é utilizado pela empresa geralmente quando a geometria da estrutura metálica a ser soldada é muito complexa e o emprego do arco submerso não é possível. Também é utilizado quando pequenos reparos e retrabalho se fazem necessário em algum produto. Por isso e pela sua fácil manipulação e aplicação, o MIG/MAG acaba ocupando um espaço importante no setor de soldagem da empresa.

Alguns pontos puderam ser observados nesta etapa, figura 8. Novamente a falta de algum tipo de equipamento para fazer a exaustão no posto de trabalho ficou evidente, apesar do MIG/MAG também não ser um processo com grande geração de fumos metálicos, ainda assim produz em certa quantidade. O soldador tem ainda um volume considerável de gases de proteção utilizados no processo, mesmo os gases utilizados sendo inertes, em grande quantidade poderiam ocasionar intoxicação.

Os cilindros de gás utilizados estavam devidamente armazenados e presos, porém os medidores de pressão e vazão instalados nos cilindros não estavam realizando as medições (um inclusive apresentando o visor danificado). Na figura 8 pode-se observar ainda um conjunto de oxigás (utilizado para corte de chapas de aço) que estava presente no setor, notou-se um aparente mau estado de conservação do cilindro e mangueiras com um odor característico de GLP (gás liquefeito de petróleo) próximo ao equipamento. Todos esses fatos trazem grandes riscos às operações a serem realizadas no local, por desconhecer a vazão de gás, o soldador pode em operação aumentar consideravelmente o volume de gás no ambiente podendo gerar uma alta concentração no local e ocasionar uma

intoxicação, além disso, o desconhecimento da real pressão existente no cilindro, e o vazamento de gás combustível pode aumentar o risco de explosões durante a soldagem e operações correlatas. Isto tudo sem considerar ainda os fatores técnicos e econômicos do processo, como vazão maior ou menor do que o ideal para a manutenção correta do processo e perdas de consumíveis de maneira desnecessária e prematura.



**Figura 8 – Local de soldagem MIG/MAG com máquina de solda e conjunto para oxicorte.**

*Fonte: Arquivo do autor.*

Outro fator importante ainda levando em conta a figura 8, se consiste nas divisórias individuais para a realização da soldagem neste processo. Devido a grande radiação emitida pelos processos de soldagem uma separação acaba sendo necessária a fim de evitar que demais funcionários sejam prejudicados. Essa divisória era feita por meio da utilização de biombos, o qual deixava o soldador isolado dos demais funcionários. Na imagem não é possível visualizar tal divisória, pois o produto tinha acabado de ser posicionado na área, no entanto após tal ato foi realizado tal procedimento de separação.

#### 4.3 ELETRICIDADE

Os riscos de acidente envolvendo a parte elétrica no setor analisado foram talvez os mais preocupantes observados durante a visita. Nota-se claramente certo

descaso ou talvez um completo desconhecimento dos riscos envolvidos nas instalações elétricas aos quais estivessem expostos os trabalhadores. Durante a operação de soldagem uma elevada corrente elétrica circulava pelos cabos e equipamentos, o que eleva ainda mais os possíveis danos à saúde do operador em um eventual choque elétrico. Apesar de serem equipamentos robustos, projetados para suportar condições severas na sua utilização, não são isentos de falha por descuido.

Na figura 9 nota-se diversas situações claras de riscos de choque elétrico:

- Cabos elétricos estavam dispostos no chão desordenadamente, alguns apresentavam falhas visíveis em seu isolamento devido a sobreposição de materiais sobre os mesmos;
- Quase todos os terminais elétricos estavam expostos sem nenhum tipo de proteção;
- Objetos pequenos diversos estavam depositados sobre o equipamento gerando risco de algum destes entrarem no equipamento e provocarem um curto circuito;
- O próprio estado de conservação do equipamento demonstrava certa falta de preocupações com a parte elétrica.



**Figura 9 – Equipamentos elétricos (fontes de soldagem).**

*Fonte: Arquivo do autor.*

## 5 CONCLUSÃO

Com base na visita técnica realizada a um setor de soldagem de uma indústria metalúrgica, como tema deste trabalho, pode-se concluir que os riscos encontrados neste setor desta empresa são: risco físico, risco químico e risco de acidente.

Os riscos químicos se apresentaram principalmente na forma de fumos metálicos e gases utilizados durante o processo de soldagem e operações correlatas a função dos soldadores. A ausência de um bom sistema de captação e/ou exaustão dos fumos metálicos (gerados durante a solda) foi o principal fato notado nesse quesito, porém vale destacar também o desconhecimento quase total por parte dos funcionários sobre os perigos e efeitos maléficos causados pelos fumos aos quais se expunham os trabalhadores.

Os riscos de acidentes estavam presentes no ambiente como possibilidade de quedas tanto de altura como sobre os materiais fabricados que eram dispostos no chão da fábrica. Partes móveis de alguns equipamentos estavam expostas e próximas ao posto de trabalho dos soldadores, estas por sua vez ofereciam possibilidade de esmagamento de membros. O risco de choque elétrico foi talvez a situação mais preocupante observada, equipamentos elétricos e seus periféricos se apresentam em condições ruins de conservação e sem nenhum tipo proteção para os operadores, talvez por não estar tão intuitivamente ligado a função do soldador a eletricidade demonstra como um dos principal risco de acidente encontrado.

Os únicos riscos físicos encontrado foram ruído, temperatura e iluminação. Como proteção ao ruído e a temperatura os soldadores estavam devidamente protegidos pela utilização correta dos EPI's sendo destes cobrados sua utilização. Já a iluminação devido ao bom arranjo físico da empresa não apresentou maiores problemas desta natureza, era bem servida tanto por iluminação natural como artificial.

A empresa cumpre apenas parcialmente com suas obrigações em relação à saúde e segurança no ambiente de trabalho. Possui uma política de segurança, fornece e exige do trabalhador a utilização dos equipamentos de proteção individual, há uma preocupação sim da empresa com seus funcionários, mas carece um pouco na estrutura física de segurança no posto de trabalho propriamente dito. Uma manutenção aparentemente deficitária nos equipamentos e a ausência de alguns

equipamentos básicos e fundamentais ocasionam riscos ambientais desnecessários no ambiente de trabalho expondo seus trabalhadores aos mais diversos riscos.

## 6 REFERÊNCIAS

AMERICAN WELDING SOCIETY. **AWS 3.0: Standard Welding Terms and Definition**. Miami, 2001.

AMERICAN WELDING SOCIETY. **Welding Handbook**. v. 5. 7.ed. Miami, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento do Complexo Industrial e Inovação em Saúde. **Classificação de risco dos agentes biológicos**. – 2. ed. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: <<http://www2.fcfar.unesp.br/Home/CIBio/ClassificRiscoBiologico.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2014.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Portaria 3214/78**.

CAMPOS, Armando. **CIPA Comissão Interna de Prevenção de acidentes Uma nova abordagem**. SENAC São Paulo Editora. 8. ed. São Paulo, 1999.

FANTAZZINI, Mario Luiz. **Coleção Tecnologia SENAI - Soldagem**. 553p. São Paulo SP, 1997. Capítulo 1 (Pag. 09) - Higiene e Segurança na soldagem.

FERREIRA, Célio T. **Ruído, acústica e vibração - Agentes Físicos**. [200-?] Disponível em: <[http://www.segurancaetrabalho.com.br/t-riscos-fisicos\\_diversos.php](http://www.segurancaetrabalho.com.br/t-riscos-fisicos_diversos.php)>. Acesso em: 04 fev. 2014.

GOIAS. Secretária do Estado de Gestão e Planejamento. Gerência de Saúde e Prevenção. **Manual de Elaboração Mapa de Risco**. 2012. Disponível em: <<http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2012-11/manual-de-elaboracao-de-mapa-risco.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2014.

JR, Luiz Gimenes; RAMALHO, Jose Pinto. **Processo de soldagem por arco submerso**. Infosolda. [200-?]. Disponível em: <[http://www.infosolda.com.br/images/Downloads/Artigos/processos\\_solda/processo-de-soldagem-ao-arco-submerso.pdf](http://www.infosolda.com.br/images/Downloads/Artigos/processos_solda/processo-de-soldagem-ao-arco-submerso.pdf)>. Acesso em: 31 jan. 2014.

KOU, Sindo. **Welding Metallurgy 2<sup>nd</sup> Edition**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2002.

LOBO, Frederio. **Metais tóxicos e suas consequências para a saúde humana**. Ecodebate: Cidadania & Meio Ambiente, 2011. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2011/08/01/metais-toxicos-e-suas-consequencias-para-a-saude-humana-artigo-de-frederico-lobo/>>. Acesso em: 19 fev. 2014.

MATHEUS, Bruna P.; DAHER, Maria José E. Risco químico relacionado aos fumos de solda e poeira metálica. **Revista Rede de Cuidados em Saúde**, n.3, v.3, 2009. Disponível em: <<http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/rcs/article/viewFile/509/568>>. Acesso em: 18 fev. 2014.

MENDANHA, Marcos Henrique. **O que considerar como “risco de acidente”**. **Saúde Ocupacional, Medicina do Trabalho e Perícias Médicas**. 2011. Disponível em: <<http://www.saudeocupacional.org/2011/06/o-que-considerar-como-risco-de-acidente.html>>. Acesso em: 06 fev. 2014.

MENDES, Paula. Agentes químicos perigosos – Algumas diretrizes praticas para implementação da legislação. **Revista Tecnometal**, n. 168, jan. fev. 2007. Disponível em: <[http://www.factor-segur.pt/artigos/artigos/agentes\\_quimicos\\_perigosos\\_1.pdf](http://www.factor-segur.pt/artigos/artigos/agentes_quimicos_perigosos_1.pdf)>. Acesso em: 04 fev. 2014.

MODENESI, Paulo J.; BRACARENSE, Alexandre Q. **Introdução à física do arco elétrico e suas aplicações na soldagem dos metais**. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.iem.unifei.edu.br/professores/edmilson/Arco.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2014

MODENESI, Paulo J.; MARQUES Paulo V. **Soldagem I – Introdução aos processos de soldagem**. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <<file:///C:/Users/wn7/Downloads/SOLDAGEM+UFMG.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2014.

MODENESI, Paulo J.; MARQUES Paulo V.; SANTOS, Dagoberto B. **Introdução à metalurgia da soldagem**. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/metalurgia.pdf>>. Acesso em 21 jan. 2014.

OKUMURA, Toshie; TANIGUCHI, Celio. **Engenharia de Soldagem e Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1982.

PARANHOS, Ronaldo, et. al. **Informações sobre a segurança na soldagem: Choque elétrico**. Infosolda – O site brasileiro da soldagem, 2004.

Disponível em: <http://www.infosolda.com.br/images/Downloads/Artigos/higiene/informaes-sobre-segurana-de-soldagem-choque-eletrico.pdf>>. Acesso em 13 fev. 2014.

PARANHOS, Ronaldo, et. al. **Informações sobre a segurança na soldagem: Fumos e Gases**. Infosolda – O site brasileiro da soldagem, 2004.

Disponível em: <http://www.infosolda.com.br/images/Downloads/Artigos/higiene/informacoes-de-segurana-na-soldagem-fumos-e-gases.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2014.

PARANHOS, Ronaldo, et. al. **Informações sobre a segurança na soldagem: Ruído**. Infosolda – O site brasileiro da soldagem, 2004.

Disponível em: <http://www.infosolda.com.br/images/Downloads/Artigos/higiene/informaes-de-segurana-na-soldagem-rudos.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2014.

QUITES, Almir Monteiro; DUTRA, Jair Carlos. **Tecnologia da soldagem a arco voltaico**. Florianópolis: EDEME, 1979.

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. **Choque elétrico, um verdadeiro perigo**. [201-?].

Disponível em: <http://www.mundoeducacao.com/fisica/choque-eletrico-um-verdadeiro-perigo.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2014.

SCHEID, Adriano. **Curso básico de aços**. Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia Mecânica. Curitiba, 2010.

Disponível em: <ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM049/A%C7OS.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2014.

SCOTTI, Américo; PONOMAREV Vladimir. **Soldagem MIG/MAG: melhor entendimento, melhor desempenho**. São Paulo: Artliber Editora, 2008.

SESI. **Dicas de Prevenção de Acidentes e Doenças no Trabalho**: SESI – SEBRAE Saúde e Segurança no Trabalho: Micro e Pequenas Empresas. Brasília: SESI-DN, 2005.

Disponível em: [http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1227209981.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1227209981.pdf)>. Acesso em: 03 fev. 2014.

WEMAN, Klas. Uma história da soldagem, Edição Especial Tradução da Revista Svetsaren editada pela ESAB da Suécia, em comemoração aos 100 anos da

empresa. **Revista Solução**, pag.30. abril. 2005. Disponível em:  
<[http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/revista\\_solucao/upload/Revista\\_Solucao\\_200505.pdf](http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/revista_solucao/upload/Revista_Solucao_200505.pdf)>. Acesso em 24 jan. 2014.