



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

SÉRVULO JOSÉ FERREIRA ALVES

***ESTUDO DOS FUMOS E GASES GERADOS NO PROCESSO DE SOLDAGEM GAS
METAL ARC WELDING (GMAW) EM DUAS EMPRESAS DO SEGMENTO METAL
MECÂNICO DE PERNAMBUCO***

Recife
2016

SÉRVULO JOSÉ FERREIRA ALVES

***ESTUDO DOS FUMOS E GASES GERADOS NO PROCESSO DE SOLDAGEM GAS
METAL ARC WELDING (GMAW) EM DUAS EMPRESAS DO SEGMENTO METAL
MECÂNICO DE PERNAMBUCO***

Tese de Doutorado apresentada à
Universidade Federal de Pernambuco como
exigência para obtenção do Título de Doutor
em Engenharia Mecânica na área de Materiais
e Fabricação do Departamento de Engenharia
Mecânica da UFPE.

Orientador: Prof. Dr. Oscar Olimpio de Araujo Filho
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre R. Pereira Schuler

Recife
2016

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicea Alves Silva, CRB-4 / 1260

- A474e Alves, Sérvulo José Ferreira.
 Estudo dos fumos e gases gerados no processo de soldagem gás metal arc welding (gmaw) em duas empresas do segmento metal mecânico de Pernambuco / Sérvulo José Ferreira Alves - 2016.
 82 folhas, Il., Abre.; Equ.; Sigl.; Simb. e Tabs.
- Orientador: Prof. Dr. Oscar Olimpio de Araujo Filho.
 Coorientador: Prof. Dr. Alexandre R. Pereira Schuler.
- Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2016.
 Inclui Referências e anexos.
1. Engenharia Mecânica. 2. Fumos na soldagem. 3. Gases na soldagem. 4. Soldagem GMAW. 5. Coleta para análise de gases. I . Olimpio Filho, Oscar (Orientador). II. Schuler, Alexandre R. Pereira. III. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2016 – 157

29 de fevereiro de 2016.

“ESTUDO DOS FUMOS E GASES GERADOS NO PROCESSO DE SOLDAGEM
GAS METAL ARC WELDING (GMAW) EM DUAS EMPRESAS DO SEGMENTO
METAL MECÂNICO DE PERNAMBUCO”

SÉRVULO JOSÉ FERREIRA ALVES

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE MATERIAIS E FABRICAÇÃO

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA/CTG/EEP/UFPE

Prof. Dr. OSCAR OLÍMPIO DE ARAÚJO FILHO
ORIENTADOR/PRESIDENTE

Prof. Dr. ALEXANDRE RICARDO PEREIRA SCHULER
CO-ORIENTADOR

Prof. Dr. JORGE RECARTE HENRÍQUEZ GUERRERO
COORDENADOR DO PROGRAMA

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. OSCAR OLÍMPIO DE ARAÚJO FILHO (UFPE)

Prof. Dr. ALEXANDRE RICARDO PEREIRA SCHULER (UFPE)

Prof. Dr. RICARDO ARTUR SANGUINETTI FERREIRA (UFPE)

Prof. Dr. CEZAR HENRIQUE GONZALEZ (UFPE)

Prof. Dr. FRANCINÉ ALVES DA COSTA (UFRN)

Prof. Dr. TIAGO DE SOUSA ANTONINO (IFPE)

AGRADECIMENTOS

A Deus criador de tudo e por ter me permitido nascer e ainda estar vivo até o presente momento.

À memória dos meus pais Aristóteles Queiroz de Souza Alves e Maria Dalva Ferreira Alves por terem me concebido, educado e passado valores morais.

À minha esposa Regina Célia Magalhães Acioly Alves pela grande compreensão das abstenções de momentos de lazer durante o doutorado e na elaboração da presente tese.

À nossa filha Stella Magalhães Acioly Alves.

À minha irmã Professora Doutora Sandra Alves Sayão Maia pelos primeiros ensinamentos e por ser referência na minha formação de caráter, estudante e cidadão.

A UFPE - Universidade Federal de Pernambuco.

Ao DEMEC - Departamento de Engenharia Mecânica.

Ao PPGEM da UFPE - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFPE.

Ao orientador, Prof. Dr. Oscar Olimpio de Araujo Filho e ao coorientador Prof. Dr. Alexandre Ricardo Pereira Schuler pela condução dos trabalhos desta pesquisa.

Ao engenheiro químico e engenheiro de segurança do trabalho Antônio Marcos Figueiredo Soares CREA 041751 - PE que participou de todas as coletas.

Ao amigo Rogério Pontes de Araújo do doutorado do PPGEM da UFPE.

RESUMO

Na união de materiais metálicos, sobretudo nos aços, os processos de soldagens são predominantes e com grande destaque para soldas ao arco elétrico. E dentre os processos de soldas ao arco elétrico há no segmento metal mecânico mundial uma enorme utilização do GMAW que necessita de gases de proteção que evitam a contaminação das áreas soldadas pelos gases presentes na atmosfera, em especial o nitrogênio, o oxigênio e o hidrogênio. O GMAW por sua vez é subdividido em dois tipos de processos de soldagens que dependem das características físicas e químicas dos gases de proteção, bem como, do metal de base a ser soldado. O primeiro deles quando se usa como gás de proteção um gás inerte como o argônio e o hélio ou uma mistura de gases inertes sendo denominado então MIG. Já o segundo tipo ocorre quando no gás de proteção há a presença de um gás ativo como o oxigênio ou o dióxido de carbono ou uma mistura de gases ativos e inertes e é conhecido como MAG. Foi realizada a coleta e a análise em Pernambuco dos fumos (particulados) e gases gerados na soldagem GMAW, no soldador, em duas empresas do segmento metal mecânico de Pernambuco de acordo com a NR-15 e a ACGIH. A caracterização dos fumos foi obtida por ICP-OES enquanto, a dos gases ocorreu por cromatografia em fase gasosa. O objetivo deste trabalho foi coletar e analisar qualitativa e quantitativamente os fumos e os gases gerados no soldador no processo de soldagem GMAW. E desenvolver uma metodologia eficiente e de baixo custo na coleta e acondicionamento das amostras dos gases no soldador de duas empresas do segmento metal mecânico de Pernambuco. A conclusão deste trabalho se baseou nas análises dos fumos e dos gases, em cada um dos soldadores. E indicou que nas duas empresas, cada soldador não estava exposto a fumos acima dos limites da NR-15 e da ACGIH. As análises do CO₂ e do CO, indicaram que o soldador da empresa “A” não excedia os limites toleráveis da ACGIH e da NR-15. O soldador da empresa “B” ficou exposto apenas ao CO acima do limite da ACGIH e quanto ao CO₂ não excedeu os limites da NR-15 e da ACGIH.

Palavras chave: Fumos na soldagem. Gases na soldagem. Soldagem GMAW. Coleta para análise de gases.

ABSTRACT

In the union of metallic materials, mainly in steel, welding processes are predominant and with great emphasis on the electric arc welds. And among the processes of arc welding to metal segment in the world there is a huge mechanical use of GMAW that requires shielding gas to prevent contamination of the welded areas by gases present in the atmosphere, in particular nitrogen, oxygen and hydrogen. The GMAW is in turn subdivided into two types of welding processes that depend on the physical and chemical characteristics of shielding gases, as well, as the base metal being welded. The first of them when used as a shielding gas as an inert gas argon and helium or a mixture of inert gases then being called MIG. The second type occurs when there is the presence of an active gas such as oxygen or carbon dioxide or a mixture of active and inert gas in the shielding gas and is known as MAG. Was performed the collection and analysis in Pernambuco of the fumes (particulate) and gases generated in GMAW welding, in the welder, in two companies of Pernambuco mechanical metal segment of according to NR -15 and the ACGIH. The aim of this work was to collect and analyze qualitatively and quantitatively the fumes and gases, in the welder, in GMAW welding process. And develop an efficient methodology and low cost in the collection and packaging of the samples of gases, in the welder, in the GMAW welding in two metal mechanic segment companies Pernambuco. The characterization of the smoke was obtained by ICP-OES while the gases occurred by gas chromatography. The conclusion of this work was based on analysis of the fumes and gases in each of the welders. And indicated that the two companies, each welder was not exposed to fumes and gases or CO and CO₂ above the limits of the NR-15 and ACGIH. Analyses of CO₂ and CO indicated that the welder of the company "A" did not exceed the tolerable limits of the ACGIH and NR-15. Welder the company "B" was exposed only to CO above the ACGIH limit and how much CO₂ has exceeded the scope of the NR-15 and ACGIH.

Keywords: Fumes in welding. Gases in welding. GMAW welding. Collection for gas analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Soldagem por pressão ou deformação.....	04
Figura 2 - Equipamentos para soldagem pelo processo GMAW.....	09
Figura 3 - Processo de soldagem GMAW.....	09
Figura 4 - Componentes básicos de um cromatógrafo a gás.....	31
Figura 5(a) -Vista frontal da bomba de amostragem Instrutherm Sensidyne Gilian BDX II.....	33
Figura 5 (b) - Vista superior (b) da bomba de amostragem Instrutherm Sensidyne Gilian BDX II.....	34
Figura 5 (c) - Vista superior após a remoção da tampa do controle de saída da bomba de amostragem Instrutherm Sensidyne Gilian BDX II.....	34
Figura 5(d)- Vista lateral direita da bomba de amostragem Instrutherm Sensidyne Gilian BDX II.....	34
Figura 6 - Parte superior (orifício de saída) do cassete com o filtro antes (a) e após a coleta (b).....	35
Figura 7 - Parte inferior (orifício de entrada) do cassete com o filtro antes (a) e após a coleta (b).....	35
Figura 8 - Coleta individual (pessoal) - frente.....	37
Figura 9 - Coleta individual (pessoal) - costas.....	38
Figura 10 - Dispositivo de coleta para particulado total (cassete).....	38
Figura 11 - Máquina de solda da marca Bambozzi, modelo TMC 325B.....	41
Figura 12 - Posição de soldagem 6G em tubos.....	44
Figura 13 - Máquina de solda da marca Miller, modelo PipeWorx 400 Welding System 230/460.....	45
Figura 14 - Posição de soldagem 5G em tubos.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Típicos valores de rendimento térmico “ η ” para os processos de soldagem por fusão.....	11
Tabela 2 - Parâmetros de soldagem GMAW da empresa “A”.....	41
Tabela 3 - Composição típica do tubo de aço SAE 1008 (metal de base).....	42
Tabela 4 - Composição do arame AWS A.518-05, ER 70S6 (metal de adição).....	42
Tabela 5 - Composição do arame ESAB OK 12.51.....	43
Tabela 6 - Parâmetros de soldagem da empresa “B”.....	45
Tabela 7 - Composição típica do tubo de aço SAE 1010 (metal de base).....	46
Tabela 8 - Datas e durações das coletas das amostras dos fumos no soldador da empresa “A”.....	48
Tabela 9 - Valores das massas dos filtros antes e após as coletas das amostras dos fumos no soldador da empresa “A”.....	49
Tabela 10 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra 06 no soldador da empresa “A”.....	50
Tabela 11 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra 07 no soldador da empresa “A”.....	50
Tabela 12 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra T1 no soldador da empresa “A”.....	50
Tabela 13 - Valores das concentrações médias ponderadas pelo tempo dos fumos metálicos das amostras 06, 07 e T1 no soldador da empresa “A”.....	52
Tabela 14- Valores limites toleráveis de concentrações de fumos e gases de soldagem segundo AWS, 1979 e efeitos de partículas, fumos e óxidos metálicos, conforme a OSHA.....	53
Tabela 15 - Caracterização do CO e do CO ₂ no soldador GMAW da empresa “A”.....	54
Tabela 16 - Valores do CO e do CO ₂ conforme a NR -15.....	54
Tabela 17 - Valores do CO e do CO ₂ de acordo com a ACGIH.....	54
Tabela 18 - Datas e durações das coletas das amostras dos fumos no soldador da empresa “B”.....	56
Tabela 19 - Valores das massas dos filtros antes e após as coletas das amostras dos fumos no soldador da empresa “B”.....	56

Tabela 20 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra 17 da empresa “B”	57
Tabela 21 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra 18 no soldador da empresa “B”	57
Tabela 22 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra “T4” no soldador da empresa “B”	58
Tabela 23 - Valores das concentrações médias ponderadas pelo tempo dos fumos metálicos das amostras 17, 18 e T4 da empresa “B”	58
Tabela 24 - Caracterização do CO e do CO2 no soldador da empresa “B”	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AIHA	American Industrial Hygiene Association
AWS	American Welding Society
CEN	Comité Européen de Normalisation
CID	Charge Injection Device
DEMEC	Departamento de Engenharia Mecânica
ER	Eletrodo Revestido
FCAW	Flux Cored Arc Welding
FGR	Fume Generation Rate
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GES	Grupo de Exposição Similar
GMAW	Gas Metal Arc Welding
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding
ICP-OES	Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado
ISO	International Organization for Standardization
ITEP	Instituto Tecnológico de Pernambuco
LD	Limite de Detecção
MAG	Metal Active Gas
MIG	Metal Inert Gas
NHO 08	Norma de Higiene Ocupacional 08
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NR-15	Norma Regulamentadora 15 do Ministério do Trabalho
OSHA	Occupational Safety and Health Administration.
PNOS	Partículas Não Especificadas de Outra Maneira
PPM	Parte Por Milhão
SAE	Society Automotive Engineer
SMAW	Shielded Metal Arc Welding
SOBES	Sociedade Brasileira de Engenharia de Soldagem

TGF	Taxa geração de fumos
TIG	Tungsten Inert Gas
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

LISTA DE SÍMBOLOS

Al	Alumínio
Ar	Argônio
C	Carbono
C ₂ H ₂	Acetileno
C ₂ H ₄ O	Óxido de Etileno
Ca	Cálcio
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
Cr	Cromo
Cr ^{VI}	Cromo hexavalente
Cu	Cobre
Fe	Ferro
H	henry
He	Hélio
Li	Lítio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
N ₂	Nitrogênio
NO	Óxido nítrico
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
NO ₃	Trióxido de nitrogênio
NO ₅	Pentóxido de nitrogênio
O ₂	Oxigênio
O ₃	Ozônio
V	volt
A	ampère
W	Tungstênio

LISTA DE EQUAÇÕES

$$E = \frac{V \cdot I}{v} \cdot \eta \quad (1)$$

E = Energia de soldagem absorvida pela junta soldada [J/cm]

η = Rendimento do arco de solda = 0,78 para o processo GMAW (QUITES, 2002).

V = Tensão de soldagem [V]

I = Corrente de soldagem [A]

v = Velocidade de soldagem [cm/s]



$$\text{CMPT} = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots + C_n t_n}{t_{\text{total}}} \quad (3)$$

CMPT = Concentração Média Ponderada pelo Tempo

C_n = Concentração de material particulado obtida na amostra n

t_n = tempo de coleta da amostra n

t_{total} = tempo total de coleta = $t_1 + t_2 + \dots + t_n$

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	03
2.1 Objetivo Geral.....	03
2.2 Objetivos Específicos.....	03
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	04
3.1 União de metais.....	04
3.2 Definições de soldagem.....	05
3.3 Evolução histórica da união de materiais.....	05
3.4 GMAW (Gas Metal Arc Welding).....	07
3.5 Energia de soldagem absorvida pela junta soldada (aporte térmico).....	10
3.6 Breve resumo dos processos de produção dos gases Ar, He, N ₂ , O ₂ e CO ₂ ...	12
3.7 Fumos de soldagens.....	13
3.8 Gás de proteção no processo de soldagem GMAW.....	16
3.9 Gases efluentes no processo de soldagem GMAW.....	17
3.10 Doenças relacionadas a fumos e gases no processo de soldagem GMAW..	18
3.11 Norma de Higiene Ocupacional 08 (NHO 08).....	23
3.12 Exposição ocupacional.....	24
3.13 Grupo de exposição similar (GES).....	24
3.14 Jornada de trabalho.....	25
3.15 Local de trabalho.....	25
3.16 Material particulado.....	25
3.17 Particulado inalável.....	25
3.18 Particulado torácico.....	26
3.19 Particulado respirável.....	26
3.20 Particulado total.....	26
3.21 Partículas não especificadas de outra maneira (PNOS).....	27
3.22 Porta-filtro.....	27
3.23 Registro de campo.....	27
3.24 Risco ocupacional.....	27

3.25 Separador de partículas.....	28
3.26 Sistema de coleta.....	28
3.27 Suporte do filtro.....	28
3.28 Vazão de ar.....	28
3.29 Zona respiratória.....	29
3.30 Técnica de caracterização por ICP-OES.....	29
3.31 Técnica de caracterização por cromatografia em fase gasosa.....	30
4. METODOLOGIA.....	32
4.1 Coleta das amostras.....	32
4.2 Bomba de amostragem.....	33
4.3 Dispositivo de coleta cassete.....	35
4.4 Mangueiras utilizadas nas coletas das amostras.....	36
4.5 Conjunto bomba de amostragem, mangueira e cassete.....	36
4.6 Balança analítica.....	39
4.7 Caracterização dos fumos (particulados totais).....	39
4.8 Caracterização dos gases das amostras coletadas.....	39
4.9 Bolsas coletoras dos gases das amostras coletadas.....	39
4.10 Soldador da empresa “A”.....	40
4.11 Máquina de solda da empresa “A”.....	40
4.12 Parâmetros de soldagem da máquina de solda da empresa “A”.....	41
4.13 Material de base nas soldas da empresa “A”.....	42
4.14 Material de adição nas soldas da empresa “A”.....	42
4.15 Gás de proteção nas soldas GMAW da empresa “A”.....	43
4.16 Tipo de junta no material de base (tubos da empresa “A”).....	43
4.17 Posição de soldagem nos tubos da empresa “A”.....	43
4.18 Soldador da empresa “B”.....	44
4.19 Máquina de solda da empresa “B”.....	44
4.20 Parâmetros de soldagem da máquina de solda da empresa “B”.....	45
4.21 Material de base nas soldas da empresa “B”.....	46
4.22 Material de adição nas soldas da empresa “B”.....	46
4.23 Gás de proteção nas soldas GMAW da empresa “B”.....	46
4.24 Tipo de junta no material de base (tubos da empresa “B”).....	47

4.25 Posição de soldagem nos tubos da empresa “B”.....	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5.1 Resultados.....	48
5.1.1 Caracterização dos fumos (particulados totais) no soldador da empresa “A”.....	48
5.1.2 Caracterização dos gases CO e CO ₂ no soldador da empresa “A”.....	53
5.1.3 Caracterização dos fumos (particulados totais) no soldador da empresa “B”.....	55
5.1.4 Caracterização dos gases CO e CO ₂ no soldador da empresa “B”.....	58
5.2 Discussão.....	60
6. CONCLUSÕES.....	64
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	66
REFERÊNCIAS.....	67
ANEXOS.....	73
Figura 15 - Certificado de calibração da bomba de amostragem emitido pela Criffer.....	73
Figura 16 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra 6 da empresa “A”.....	74
Figura 17 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra 7 da empresa “A”.....	75
Figura 18 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra T1 da empresa “A”.....	76
Figura 19 - Análise dos gases das soldas GMAW das amostras 1, 2, 3 e 4 da empresa “A”.....	77
Figura 20 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra 17 da empresa “B”.....	78
Figura 21 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra 18 da empresa “B”.....	79
Figura 22 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra T4 da empresa “B”.....	80

Figura 23 - Análises dos gases das soldas GMAW das amostras 5, 6, 7 e 8 da empresa "B"	81
--	----

1. INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo é cada vez maior a necessidade de unir materiais em processos de fabricação industrial e estas associações, sobretudo de materiais metálicos, podem ocorrer de duas maneiras, a primeira por pressão ou deformação em que há predominância de forças macroscópicas, e a segunda por fusão. Na última, as forças envolvidas resultam de interações microscópicas e o que se busca é que as regiões destas uniões apresentem a maior similaridade possível de microestrutura em relação às microestruturas dos materiais que serão unidos, propiciando então propriedades físicas, químicas e metalúrgicas mais uniformes e esta é uma das definições de soldagem (MODENESI e MARQUES, 2006).

Nas soldagens em geral, há a geração de fumos (particulados) e gases dependentes diretamente dos processos de soldas escolhidos que por sua vez estão relacionados ao material de base que será soldado. É possível fazer uma analogia e dizer que numa soldagem tanto os fumos quanto os gases gerados são os efluentes da soldagem, sendo o primeiro o efluente sólido e o segundo o efluente gasoso.

Na soldagem por fusão há grande destaque para o processo GMAW que é um tipo de solda ao arco elétrico no qual se utiliza arame consumível de alimentação como metal de adição e gás para proteger a poça de fusão. O GMAW é um processo semiautomático de soldagem e tem apresentado um contínuo desenvolvimento e flexibilidade, sendo o processo de soldagem mais adequado à automatização (MOREIRA, 2006).

Segundo Barbosa (2007) a proteção do arco e da poça de solda fundida vem inteiramente de um gás alimentado externamente, o qual pode ser inerte, ativo ou mistura destes.

Quando se utiliza como proteção apenas um gás ativo como o CO_2 , ou uma mistura de gases ativos como o O_2 e o CO_2 ou ainda gases ativos e inertes, o processo de soldagem é denominado de MAG. Se for usado apenas o gás de proteção CO_2 como ocorre na soldagem de aços carbono com baixo teor de C, por exemplo em móveis tubulares, a presença de respingos oriundos da soldagem não é um fator determinante. Por sua vez se o gás de proteção é um gás inerte como Ar ou o He ou ainda uma mistura de gases inertes é conhecido como MIG.

Para exemplificar, uma mistura com 3% de CO₂ em balanço de Ar é uma mistura de gases usada no processo de soldagem MAG contendo 97% de Ar que é indicada para soldas com aços inox. Contudo, na soldagem de aços carbono a mistura deverá apresentar um percentual maior de gás ativo e a faixa usual vai 12% a 25% de CO₂ em balanço de Ar. Na prática, porém, quando se usa como proteção apenas um gás inerte como o Ar é mais indicado o processo de soldagem TIG. No processo TIG na maioria das vezes são utilizadas varetas como material de adição e a tocha de soldagem apresenta eletrodo não consumível de W. A soldagem TIG é de baixa produtividade em relação aos processos MIG e MAG.

Materiais não ferrosos são comumente soldados por MIG. Por sua vez, a soldagem MAG, além de ser indicada para o aço carbono, também o é para materiais nobres tais como: os aços duplex, superduplex entre tantos outros. Por ser o GMAW o processo de soldagem predominante no mundo contemporâneo serviu de base ao presente trabalho.

Embora, em nosso país existam normas que determinem como devem ser coletados e analisados os fumos das soldagens, indicando os limites máximos de emissões permitidos, como a NHO 08 da FUNDACENTRO e a NR-15 do Ministério do Trabalho, muitas empresas utilizam rotineiramente processos fabris que negligenciam o grande potencial poluidor dos fumos e dos gases das soldas.

Nas lacunas das duas normas citadas, são usados os valores e metodologias de análises descritas na ACGIH, na NIOSH e na OSHA.

A produção científica sobre fumos e gases gerados nos processos de soldagens é insatisfatória no Brasil, e principalmente, em Pernambuco. E apesar de haver na Europa e Estados Unidos tecnologias que possibilitam a captura e até mesmo o acondicionamento de fumos de soldagens para posterior descarte, aqui não existe esta prática. Os fumos são constituídos de vários elementos químicos tais como: ferro, cobre, alumínio, magnésio, manganês, níquel e chumbo, dentre tantos outros que podem causar morbidades. No processo GMAW, os citados elementos são oriundos primordialmente do arame de alimentação, metal de adição, podendo vir também do metal de base a ser soldado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- O objetivo geral deste trabalho foi estudar e analisar os fumos gerados no processo de soldagem GMAW no soldador em duas empresas do segmento metal mecânico de Pernambuco.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho foram:

- Coletar e realizar as análises qualitativas e quantitativas em Pernambuco dos fumos no processo GMAW no soldador em duas empresas, “A” e “B”, do segmento metal mecânico de Pernambuco.

- Apresentar uma metodologia eficiente, de baixo custo, prática na coleta, transporte e armazenamento das amostras dos gases até que sejam analisadas.

- Coletar e analisar em Pernambuco os gases CO e CO₂ gerados no processo GMAW no soldador em duas empresas, “A” e “B”, do segmento metal mecânico de Pernambuco.

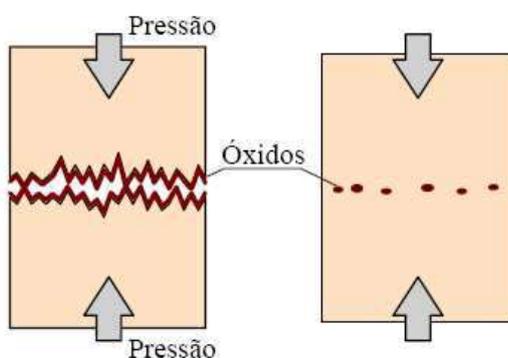
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 União de metais

Conforme mencionado anteriormente, há duas formas para se unir metais: uma por pressão ou deformação, ver a figura 1, como nos casos de juntas aparafusadas e juntas rebitadas em que a resistência mecânica total da junta depende da resistência ao cisalhamento do parafuso e ou do rebite, somada à adição das forças de atrito das superfícies em contato mútuo (MODENESI e MARQUES, 2006).

Outra maneira de união de metais é através da fusão na qual a junção ocorre pela aproximação de átomos e moléculas das partes que serão unidas e ou entre estas e um material intermediário. A união de materiais por fusão pode ocorrer de três maneiras. Na primeira por soldagem segundo (MODENESI e MARQUES, 2006). Na segunda, por brasagem que segundo Machado (1996) é a união de materiais quando ocorre pela fusão apenas do material de adição e este se funde a uma temperatura superior a 450°C e abaixo da temperatura de fusão do material de base. E na terceira, que é a solda branda, segundo o último autor citado se diferencia da brasagem apenas pelo fato da temperatura de fusão do material de adição ser inferior a 450°C . A figura 1 mostra a soldagem por pressão ou deformação.

Figura 1 - Soldagem por pressão ou deformação



Fonte: Mondenesi e Marques (2006)

3.2 Definições de soldagem

Operação que visa obter a união de duas ou mais peças, assegurando, na junta soldada, a continuidade de propriedades físicas, químicas e metalúrgicas (MODENESI e MARQUES, 2006).

A união de materiais em contato íntimo que ocorre por intermédio da fusão de ambos, ou pela fusão deles e adição de outro material fundido (MACHADO, 1996).

Técnica de reunir duas ou mais partes que passam a constituir um todo, assegurando a continuidade do material, assim como, as suas características mecânicas e químicas (MAGRINI, 1999).

Existem muitos processos de soldagens reconhecidos pela AWS e para inúmeros autores há diversos agrupamentos e subclassificações destes processos.

3.3 Evolução histórica da união de materiais

Há indícios que indicam que a união de materiais já era praticada por brasagem há mais de quatro mil e oitocentos anos atrás no antigo Egito e na Mesopotâmia.

No museu do Louvre em Paris existe em exibição um pingente em ouro que foi fabricado na Pérsia por volta de 4.100 a.c por soldagem mediante forjamento.

Um outro exemplo da união de materiais é o Pilar de Ferro de Délhi na Índia construído em data aproximada de um mil e setecentos anos atrás.

Nestes tempos remotos o ferro era produzido por redução direta e o minério de ferro era misturado ao carvão em brasa e soprado e a seguir conformado por martelamento na forma de pequenos blocos. E quando necessitavam de peças maiores faziam as soldagens de vários destes blocos menores por forjamento que era feito aquecendo o material ao rubro e ia adicionando areia gradativamente para escorificar as impurezas e martelando até que a soldagem fosse obtida.

E desde então, a soldagem já era muito requisitada e necessária na fabricação de armas e instrumentos cortantes.

A soldagem passou a apresentar maior progresso a partir da descoberta do gás C_2H_2 e da produção do arco elétrico que foi denominado de “chama voltaica” em 1801 por Sir Humphrey Davy (O’BRIEN, 1997).

O arco elétrico ocorreu pela primeira vez entre dois eletrodos de carvão. E passou a ser utilizado em larga escala em decorrência do desenvolvimento de novas fontes produtoras de energia elétrica que possibilitaram o aparecimento dos processos de soldagem por fusão.

Surgiu então em 1885 a primeira patente britânica e em 1887 a primeira patente americana para os russos Nikolai N. Bernardos e Stanislaus Olszewski do primeiro porta eletrodo conhecido para o eletrodo de carvão (O’BRIEN, 1997).

Em 1890, Charles L. Coffin, nos Estados Unidos, obteve a patente americana para a soldagem a arco elétrico com eletrodo metálico nu e no fim do século XIX, os processos de soldagem por resistência, por aluminotermia e a gás foram desenvolvidos (O’BRIEN, 1997).

Em 1910, Oscar Kjellberg, na Suécia obteve a patente do processo de soldagem a arco com eletrodo revestido desenvolvido em 1907 e que fora produzido por repetidas imersões e secagens da alma do eletrodo num banho de minerais densos, cuja função era unicamente estabilizar o arco (O’BRIEN, 1997).

Após a primeira Guerra mundial a soldagem sofreu um grande impulso e o primeiro navio completamente soldado foi fabricado na Inglaterra e a partir de então a soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido passou a ser o principal modo de soldagem.

Em 1926 nos E.U.A., Henry M. Hobart e Phillip K. Devers utilizaram os gases hélio e argônio para protegerem o arco e a poça de fusão de um processo de soldagem a arco elétrico com eletrodo não consumível sendo eles então os precursores do processo GTAW (O’BRIEN, 1997).

O GTAW é mais conhecido no Brasil como TIG. Em 1942 também nos E.U.A. foi obtida por Russel Meredith e V. H. Pauleka a patente do desenvolvimento do processo TIG inicialmente denominado de “Heliarc”, pois, utilizava o gás hélio para proteção de soldas de magnésio e suas ligas (O’BRIEN, 1997).

Foi patenteado em 1948 nos Estados Unidos da América, do processo de soldagem MIG utilizando o hélio como gás de proteção na soldagem de alumínio e suas ligas.

Em 1950, também nos E.U.A., foi registrada a patente da fonte de potência para soldagem ao arco elétrico com curva característica tensão constante. E em 1951 surgiu a primeira mistura composta de gás inerte com adições de oxigênio (gás ativo) para a soldagem de aço carbono (O'BRIEN, 1997).

Em 1953 foi desenvolvida a soldagem MAG utilizando apenas o CO₂ como gás de proteção (O'BRIEN, 1997).

Em seguida a partir de desenvolvimentos feitos na Inglaterra e nos Estados Unidos da América foi possível soldar no modo de transferência por curto circuito nos processos de soldagens MIG e MAG (O'BRIEN, 1997).

Porém, em 1961 foi popularizado o modo de transferência por aerossol nas soldagens MIG e MAG de aços e utilizando adição de O₂ nos gases inertes argônio e hélio no processo MAG, já que os gases inertes foram usados pioneiramente como gases de proteção na solda MIG (O'BRIEN, 1997).

Em 1965 foi desenvolvida na Inglaterra a soldagem a arco elétrico utilizando a corrente pulsada (O'BRIEN, 1997).

3.4 GMAW (Gas Metal Arc Welding)

O processo GMAW que é a soldagem ao arco elétrico com proteção gasosa é dividido em dois tipos. E os dois tipos dependem das características dos gases de proteção utilizados. Já os gases de proteção por sua vez são escolhidos em função do material de base que se deseja soldar. Quando se usa como gás de proteção apenas gases inertes como o argônio e o hélio ou ainda uma mistura de ambos é denominado de MIG (WILLEY, 2008). E ao ser utilizado como gás de proteção apenas gases ativos como o O₂ e o CO₂ ou uma mistura de gases ativos e gases inertes passa a ser chamado de MAG (WILLEY, 2008).

Willey (2008) descreve os processos MIG e MAG, mas não detalha quando o gás de proteção é uma mistura gasosa contendo gás inerte que ele denomina de neutro e gás ou gases ativos.

Na denominação do processo de soldagem em relação ao gás de proteção escolhido na soldagem segundo Modenesi e Marques (2006) e Machado (1996), basta que no gás de proteção haja a presença de um gás ativo como o O_2 ou CO_2 ou uma mistura gasosa de um destes gases em qualquer percentual e gases inertes como balanço para classificar o processo como MAG.

Em uma mistura gasosa é necessário que exista a presença de pelo menos dois gases. E quando um dos gases desta mistura está presente em maior percentual em volume ou em peso na mistura, este gás é então denominado de gás de balanço da mistura e a mistura gasosa tende a apresentar em regra geral as características físicas e químicas do gás de balanço.

Já no caso das misturas gasosas em que o gás de balanço é um gás inerte e que por definição não reage com outros gases, a mistura gasosa tende a apresentar as características físicas e químicas do(s) outro(s) gás(es) presente(s) na mistura. Por exemplo, em uma mistura que possui o percentual de 18% CO_2 em balanço de Ar, é uma mistura que segundo Modenesi e Marques (2006) e Machado (1996) define o processo de soldagem como o MAG.

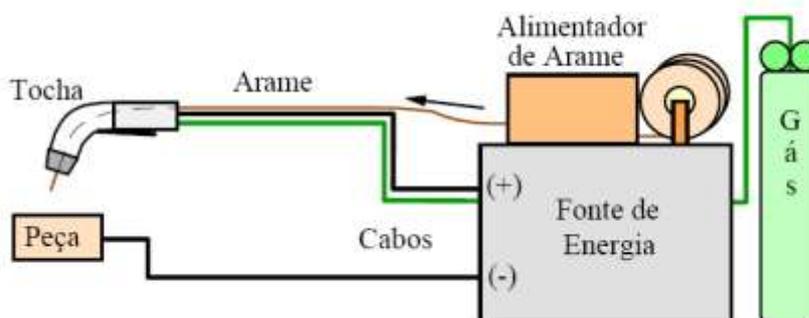
Porém, nos casos que ainda possam ocorrer dúvidas e até mesmo controvérsias é comum dizer apenas que a soldagem foi feita pelo processo GMAW. Sem, no entanto, entrar no detalhamento se é MIG ou se é MAG, principalmente quando se usa uma mistura gasosa de gases inertes e gases ativos como gás de proteção. Portanto, o autor Willey (2008) se preocupa com os componentes presentes no gás de proteção e não em detalhar se o processo de soldagem é MIG ou MAG. E para Modenesi e Marques (2006) e Machado (1996) pelo fato dos gases inertes serem estáveis e não se combinarem com outros gases presentes no gás de proteção, havendo a presença de gases ativos no gás de proteção, a mistura gasosa apresentará as características dos gases ativos.

A figura 2 ilustra os equipamentos necessários para que o soldador execute soldas pelo processo GMAW. Nesta figura é mostrada a fonte de energia, o alimentador de arame, a tocha de soldagem e seus acessórios, o cilindro de gás de

proteção (ou rede de gás), a peça a ser soldada, o arame de alimentação e os cabos de ligação à tocha e à peça e suas respectivas polaridades.

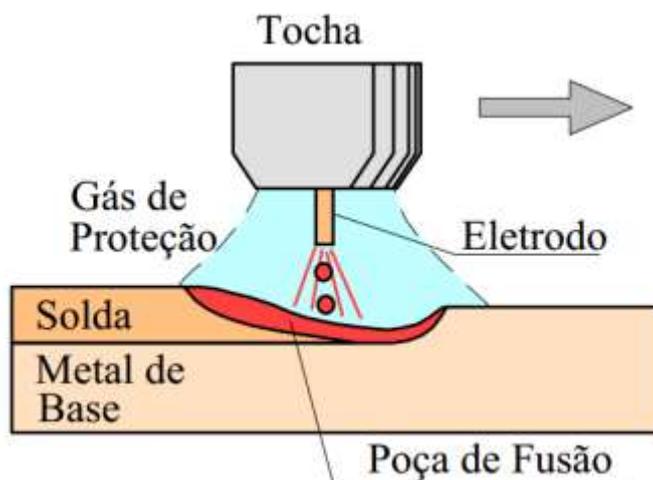
E a figura 3 mostra uma vista ampliada da tocha, do metal de adição, do metal de base e da poça de fusão durante a execução da solda.

Figura 2 - Equipamentos para soldagem pelo processo GMAW



Fonte: UFMG (2010)

Figura 3 - Processo de soldagem GMAW



Fonte: Barbosa (2007)

3.5 Energia de soldagem absorvida pela junta soldada (aporte térmico)

A energia de soldagem absorvida pela junta soldada segundo Quites (2002) é dada pela equação (1), onde: E = Energia de soldagem absorvida pela solda [J/cm]; η = Rendimento do arco de solda ; V = Tensão de soldagem [V]; I = Corrente de soldagem [A]; v = Velocidade de soldagem [cm/s]. O rendimento do arco de solda depende do processo de soldagem empregado, sendo seu valor de 0,78 para o GMAW segundo (QUITES, 2002).

$$E = \frac{V \cdot I}{v} \cdot \eta \quad (1)$$

Na tabela 1, constam os valores de rendimento térmico “ η ” para os processos de soldagem por fusão segundo (MESSLER, 2004).

Tabela 1 - Típicos valores de rendimento térmico “ η ” para os processos de soldagem por fusão.

Process	Transfer Efficiency
Oxyfuel gas	
Low combustion intensity fuel	0.25–0.50
High combustion intensity fuel	0.50–0.80
Gas -tungsten arc	
Low current DCSP mode	0.40–0.60
High current DCSP mode	0.60–0.80
DCRP mode	0.20–0.40
AC mode	0.20–0.50
Plasma arc	
Melt-in mode	0.70–0.85
Keyhole mode	0.85–0.95
Gas-metal arc	
Globular or short-arc transfer mode	0.60–0.75
Spray transfer mode	0.65–0.85
Shielded-metal or flux-cored arc	0.65–0.85
Submerged arc	0.85–0.99
Electroslag	0.55–0.85
Electron beam	
Melt-in mode	0.70–0.85
Keyhole mode	0.85–0.95+
Laser beam	
Reflective surfaces or vapors	0.005–0.50
Keyhole mode	0.50–0.75+

Fonte: MESSLER (2004)

Os valores da tabela 1 de rendimento térmico “ η ” para o processo de soldagem GMAW estão de acordo com o valor de 0,78 segundo (QUITES, 2002). E este valor de 0,78 foi o utilizado nos cálculos da energia de soldagem absorvida pelas juntas soldadas (aportes térmicos) neste trabalho.

3.6 Breve resumo dos processos de produção dos gases Ar, He, N₂, O₂ e CO₂

Os gases argônio, hélio, nitrogênio e oxigênio são produzidos industrialmente pelo processo conhecido por destilação fracionada do ar e foram obtidos com sucesso pela primeira vez em 25 de maio de 1908 pelo francês Georges Claude que juntamente com outro francês Paul Delorme fundaram em 08 de novembro deste mesmo ano a Air Liquide que em português significa ar líquido e que ainda hoje é a líder mundial em seu segmento.

Na destilação fracionada do ar ocorre exatamente o inverso da destilação fracionada do petróleo. Enquanto que na produção de derivados do petróleo se empregam altas temperaturas, ou seja, temperaturas positivas e acima da temperatura ambiente; na produção de gases extraídos do ar ocorre o contrário e são requeridas baixas temperaturas que são temperaturas negativas e então inferiores a temperatura ambiente. Para liquefazer o hélio é necessário atingir o valor de (-270°C) e é por isto que este gás na forma líquida é o que mais se aproxima do zero absoluto (-273°C) sendo o hélio imprescindível em aplicações de pesquisas avançadas de alta condução elétrica e também de eletromagnetismo como nos trens de altas velocidades no Japão, China e Europa.

A criogenia é definida como a temperatura que seja inferior a (-90°C). Esta temperatura é obtida apenas nos gases criogênicos que são os gases obtidos por destilação fracionada do ar. O N₂ liquefaz na temperatura de (-196°C), o Argônio em (-186°C) e o O₂ em (-183°C).

O CO₂ apresenta a temperatura de liquefação de (-70°C) não sendo este então um gás criogênico e que pode ser obtido na forma gasosa a partir de processos de fermentação, na produção de álcool e cerveja ou pela queima de hidrocarbonetos. Após os processos de purificação, o CO₂ é liquefeito e acondicionado em tanques. Posteriormente pode ser envasado em cilindros de aço que são utilizados nos clientes de soldas que apresentem menor consumo deste gás, clientes varejo.

Os gases de proteção necessários nas soldas MIG e MAG podem ser acondicionados em cilindros de aço com capacidade hidráulica de até 50 litros e a uma pressão manométrica de até 200 Kgf/cm². E com estes valores de volume e

pressão, totaliza um volume de gás de 10 m³, ou seja, de 10.000 litros de gás de proteção. As vazões requeridas dependem do material de base e podem chegar até 13 litros por minuto que equivale a 780 litros por hora para apenas uma tocha ou máquina de solda MIG ou MAG.

À medida que o consumo do gás de proteção requerido na soldagem MIG e MAG aumenta como no caso de grandes indústrias, a geração da mistura (gás de proteção) pode ser feita “on site”, portanto, nas instalações das próprias indústrias. O fornecimento da mistura gasosa pode ser realizado por baterias de cilindros interligados e ou por tanques ou ainda por uma combinação de tanques e baterias de cilindros. Nas duas empresas onde coletamos as amostras do presente trabalho a mistura gasosa é fornecida pela empresa Air Liquide e fabricadas “on site”. Através de um tanque criogênico de argônio líquido interligado a um vaporizador atmosférico e este por sua vez a um misturador de gases. O misturador de gases basicamente é composto de orifícios calibrados interligados a um programador lógico programável. O misturador também é conectado a uma bateria de cilindros de CO₂. A jusante do misturador, na saída do mesmo, temos a mistura de Ar e CO₂ pronta para uso e de acordo com os percentuais programados no misturador de gases que por sua vez, depende das características do metal de base a ser soldado. Este trabalho foi baseado na coleta de amostras de fumos e gases nos soldadores do processo de soldagem GMAW em duas empresas do segmento metal mecânico de Pernambuco denominadas de “A” e “B”. Tanto na empresa “A” quanto na empresa “B”, o gás de proteção utilizado é uma mistura que apresenta a composição de 11,2% de CO₂ em balanço de Ar.

3.7 Fumos de soldagens

Para Lyttle (1999) fumos são partículas sólidas produzidas da vaporização e derretimento do eletrodo consumível, metal de adição, apresentando tamanhos reduzidos entre 0,01 a 1 µm. Segundo Goldman (2000) as intoxicações por eles causadas dependem do processo de soldagem e conseqüentemente das características do metal de base e ou do metal de adição utilizados. Os fumos são

os responsáveis pelo alto índice de doenças respiratórias e doenças que afetam os pulmões dos soldadores. Segundo Antonini e Murthy (1998) e a (AIHA, 1984) em decorrência dos fumos de soldas possuem pequeno tamanho, o volume dos particulados no ambiente não podem ser avaliados pela visão humana. Conforme Lucas e Carter (1999), o processo de soldagem ao arco elétrico com arame tubular FCAW em aços inox, além de produzir muitos fumos neles ainda há a presença de cromo hexavalente (Cr^{VI}). Para Engblon e Falck (1992) este processo também gera muitas faíscas. Há estudos que objetivam a redução dos fumos de soldagens pelo processo FCAW, através da modificação da composição do fluxo fusível geralmente utilizado neste processo e do gás de proteção, segundo Harris e Castner (2002). Conforme Lucas e Carter (1999), no processo de soldagem MIG e MAG os fumos gerados apresentam grandes concentrações do metal de adição. Para Quimby e Ulrich (1999), estudos sobre a TGF referenciada em inglês como FGR são complexos e influenciados por muitas variáveis, além da dificuldade de ser feita uma análise comparativa dos resultados disponíveis e de propor modelos teóricos que possam explicar o aumento da TGF. Segundo Hewitt (1999), a soldagem TIG, embora produza menos fumos em relação aos outros processos de soldagens ao arco elétrico, há uma maior presença de O_3 nos gases gerados neste processo quando se solda o alumínio. Para este mesmo autor os processos que geram menos ozônio produzem mais fumos, pois, segundo ele, os fumos inibem a formação deste gás.

Estudos revelaram que o aumento da corrente de soldagem aumenta a TGF e tal fato decorre do aumento da temperatura do arco, uma vez que esta elevação na temperatura proporciona uma maior vaporização dos metais presentes (CASTNER, 1995) e (YAMAME, 2007).

Lancaster (1986) cita que o aumento da corrente não interfere na temperatura do arco.

Para Jenkins, Mendez e Eagar (2000), no processo GMAW o fumo é predominantemente oriundo da evaporação da ponta do eletrodo, metal de adição. Estes autores concluíram que a temperatura nessa região é maior do que na poça de fusão, devido à alta densidade de calor.

Segundo Rosado et al. (2009), arames tubulares se diferenciam dos arames sólidos por serem ocos e produzirem uma taxa maior de fumos para uma mesma

intensidade de corrente do que arames do tipo “metal cored” (sólidos), uma vez que o efeito resistivo no arame tubular é maior do que no “metal cored”, resultando num maior aquecimento e evaporação do fluxo.

Foi verificado que o aumento do teor de CO₂ no gás de proteção resulta num aumento da condutividade térmica do gás e então para manter o mesmo nível de corrente requer uma faixa de tensão de trabalho maior do que quando se utiliza o argônio (STARLING e MODENESI, 2008)

Estudos dos efeitos dos fumos de soldagem nas doenças dos sistemas respiratórios de soldadores, mostram que há uma significativa prevalência de bronquites crônicas (21%) no grupo de soldadores versus (9%) de um grupo de controle (GROTH e LINGENBO, 1989).

As bronquites crônicas são mais comuns entre soldadores (24%) do que em não soldadores (5%) segundo (ERKINJUNTTI-PEKKANEN et al., 1999).

Na soldagem de aços inox com os consumíveis contendo cromo (Cr), a formação do cromo hexavalente (Cr^{VI}) é tida como determinante na ocorrência de casos de câncer (MORTAZAVANI, 1997).

Foi observado grande risco de baixa na qualidade nos espermatozoides entre soldadores e que ainda é bastante aumentado para soldadores que soldam aços inox e a soldagem deste material está fortemente ligada ao risco de redução também da quantidade dos espermatozoides (MORTENSEN, 1988).

Os principais riscos à saúde causados por exposições a fumos metálicos durante a soldagem a arco com eletrodo metálico coberto dependem do metal que está sendo soldado e da composição do metal de adição, (BURGESS, 1997).

Na soldagem cujo metal de base é o aço doce predomina no fumo gerado o óxido de ferro. Os danos causados pela exposição ao fumo de óxido de ferro parecem ser limitados. A deposição de partículas de óxido de ferro no pulmão causa, uma “pneumoconiose” benigna conhecida como siderose em que não há enfraquecimento funcional do pulmão, nem proliferação de tecido fibroso.

Particulados dos fumos de soldagem, provenientes do arco de gás formado durante o processo de solda são os maiores causadores de riscos para a integridade da saúde dos soldadores (THORNTON, 1994).

O fumo produzido durante a soldagem consiste num aerossol resultante da condensação e da oxidação de metal vaporizado (CHUNG et al., 1997)

A composição dos fumos pode incluir outros materiais que originalmente fazem parte dos componentes de consumo da soldagem ou do metal que está sendo soldado. Esta miscigenação de gases e partículas no ar respirado por soldadores e demais trabalhador representa um risco para a saúde, conforme a composição, a concentração do fumo e o período de exposição (COLACIOPPO, 1985).

Os fumos de soldagem representam os principais agentes químicos que os soldadores estão expostos, aliado ainda às várias patologias que cada substância pode desenvolver individualmente (COLACIOPPO, 1985).

Nos processos manuais e semiautomatizados de soldagens é possível reduzir a contaminação da zona respiratória do soldador, que é uma das maiores preocupações, devido aos fumos de soldagem, se a intensidade da sua formação for diminuída na zona do arco de soldagem (GORBAN, 1990).

3.8 Gás de proteção no processo de soldagem GMAW

O gás de proteção escolhido no processo de soldagem GMAW é dependente do material de base que será soldado e corriqueiramente é uma mistura que pode conter os gases CO_2 , O_2 e N_2 em balanço de argônio. O Ar é um gás sem cor e sem odor, não inflamável, número atômico 18, peso molecular 28.9, portanto, mais pesado que o ar (FISPQ, 2012). Aproximadamente 0,8% do ar da atmosfera da terra é argônio e este gás também pode ser encontrado nos gases oriundos de vulcões. O argônio é um gás inerte e gases inertes não reagem com outros elementos e por este motivo é usado como gás de proteção em alguns processos de soldagens ao arco elétrico.

O Ar é produzido comercialmente na forma líquida cuja temperatura de fusão é de (-216°C) segundo a (FISPQ, 2012).

O CO_2 apresenta temperatura de ebulição de $(-56,56^\circ\text{C})$ segundo a (FISPQ, 2010). É usado isoladamente ou em adição ao argônio como gás de proteção no processo de soldagem GMAW na fabricação de peças de aço carbono.

O O_2 quando no estado físico gasoso é insípido inodoro e incolor, exceto no estado líquido que apresenta a cor azul clara e está presente na natureza com a concentração aproximada de 21% em volume (O'BRIEN, 1997).

O N_2 , também é um gás que ocorre naturalmente na atmosfera numa concentração aproximada de 77,8% em volume (O'BRIEN, 1997).

3.9 Gases efluentes no processo de soldagem GMAW

Nas soldagens pelo processo GMAW, além da geração de fumos ocorre também a de gases e os mais comumente presentes são o CO, o CO_2 e o O_3 , além de vários outros segundo a empresa (NEDERMAN, 2013).

Os gases que saem da solda MAG quando nesta se utiliza mistura gasosa contendo o CO_2 , o O_2 ou o N_2 e Ar são resultantes de reações químicas envolvendo estes componentes do gás de proteção, afora os do metal de adição e os do metal de base e ainda destes e o ar atmosférico a partir das altas temperaturas atingidas no arco elétrico, além das radiações. Um destes gases é o O_3 que é um gás instável formado a partir de radiação ultravioleta que incide sobre o O_2 e cuja concentração decai a cada vinte minutos e cuja presença também faz parte dos gases gerados nas soldas pelos processos MIG e MAG para o autor (GAREIS, 1994).

O N_2O é um grande poluente da atmosfera e resulta da combustão de qualquer substância que contenha o nitrogênio (EDNA,1992) e (LOARINI, 1993).

A exaustão de motores de combustão interna apresentam aproximadamente 1.000 ppm de óxido nítrico; a título de curiosidade a fumaça de cigarro contém em média de 200 a 650 ppm de NO_2 e a de cachimbo cerca de 1.000 ppm de NO_2 . Quando reage com o oxigênio do ar o NO forma o NO_2 e esta reação é lenta, sendo tanto mais acelerada à medida que aumente o percentual de O_3 presente no ar. O NO_2 é relativamente estável e teoricamente pode servir como um padrão na determinação da qualidade do ar. É um irritante pulmonar e devido a sua baixa solubilidade é pouco absorvido nas porções superiores da via respiratória e provoca lesões nas áreas periféricas do pulmão e se a exposição for elevada a

morte ocorre por edema pulmonar. Também transforma a hemoglobina em metaemoglobina que é incapaz de transportar o oxigênio aos diversos tecidos humanos e a morte ocorre então por asfixia. O limite de tolerância para exposição industrial ao dióxido de nitrogênio é de 4 ppm que equivale a aproximadamente 7 mg/m³.

O CO possui o peso molecular de 28,01 e apresenta a temperatura de ebulição de (-191,45°C) é um gás sem cor e sem odor, mas é tóxico e formado por combustão incompleta de carbono ou de compostos de carbono segundo a (FISPQ, 2009). E a sua presença nos fumos decorre das operações de soldagens.

3.10 Doenças relacionadas a fumos e gases no processo de soldagem GMAW

Ozônio (O₃):

O O₃ diminui a acuidade visual, causa falta de ar, tosse, constrição torácica, perturbação da coordenação e dependendo da concentração causa a morte (FISPQ, 2013).

Os gases e vapores irritantes do O₃ produzem uma inflamação nos tecidos das vias respiratórias que podem levar ao edema pulmonar, derrame pleural e outras reações. Eles também podem causar manifestações como rinite, faringite e laringite, tosse e dor no peito que pode ser encarada como um sinal de agravamento e de alarme para prevenir exposições excessivas que podem afetar gravemente o aparelho respiratório. Também irrita os brônquios, originando bronquites ou broncopneumonia (FISPQ, 2013).

A Sociedade Brasileira de Engenharia de Soldagem (2013) assim define o O₃: “é um severo irritante das mucosas. É um gás incolor, muito reativo com cheiro característico que aparece, por exemplo, na solda”.

O O₃ é tóxico se inalado e pode causar dores de cabeça, irritação nos olhos, nariz, garganta e na pele, problemas respiratórios, acidez na boca e anorexia (FISPQ, 2013).

A exposição acima de 3ppm pode causar sintomas como: dificuldades respiratórias, tosse, batimento cardíaco irregular, vertigem, alterações no campo

visual, queda da pressão sanguínea, dores no peito e no corpo. A inalação de mais de 20 ppm por uma hora ou 50 ppm por trinta minutos pode ser fatal (FISPQ, 2013).

A recuperação da intoxicação por ozônio é lenta e geralmente ocorre de 10 a 14 dias de hospitalização e os sintomas ainda podem permanecer por até 9 meses. O O₃ apresenta poderosa capacidade de corrosão e oxidação, é um gás não inflamável e pode acelerar fortemente a ignição e riscos de incêndios. As informações toxicológicas disponíveis relatam que o O₃ pode ocasionar lacrimejamento, redução da pulsação, queda da pressão sanguínea, provocar tosse, dificuldades respiratórias e outras alterações (FISPQ, 2013).

Exposições a 0,3 ppm de O₃, causam irritações na garganta, nariz e tosse (MACHADO, 1996).

Estudos de Machado (1996) também indicaram que a exposição a 0,5 ppm deste gás pode ocasionar garganta e boca secas, irritações respiratórias, dor de cabeça, fadiga e náuseas e para valores de 1,0 ppm e acima pode causar bronquite.

Dióxido de carbono (CO₂):

Não é um gás inflamável, mas a sua exposição ao fogo pode provocar a ruptura ou explosão do recipiente que o acondiciona (FISPQ, 2008). Deve-se garantir que a concentração de oxigênio esteja acima de 19,5% em volume como medida de segurança nos trabalhos que existam a presença do CO₂ (FISPQ, 2008).

Monóxido de carbono (CO):

É um gás extremamente inflamável que apresenta toxicidade aguda, toxicidade à reprodução e toxicidade à diversos órgãos do corpo (FISPQ, 2009). Sendo tóxico se inalado e pode afetar a fertilidade e o nascituro, além de provocar danos aos órgãos do sistema respiratório (FISPQ, 2009). Seu limite máximo de exposição é de 25 ppm e em caso de exposição deve ser utilizado equipamento de respiração autônoma (FISPQ, 2009). Seu limite inferior de inflamabilidade é de

12,5% em volume e o limite superior é de 74% em volume e a apresenta a temperatura de autoignição de 620° C segundo (FISPQ, 2009). Reage com o ferro, a borracha natural, o neoprene, o zinco e o oxigênio (FISPQ, 2009). Apresenta como toxicidade aguda a concentração de 3.760 ppm em ratos (FISPQ, 2009).

Fumos:

O conteúdo dos fumos de soldagem depende do metal de base e do processo envolvido (NEWHOUSE et al., 1985).

As partículas inaladas produzem uma variedade de reações no trato respiratório que dependem da natureza, tamanho, forma e concentração destas partículas, duração da exposição e da suscetibilidade individual do trabalhador (CAMPBELL e SCHONELL, 1984).

A maioria das partículas com tamanhos entre 0,1 e 3 mm de diâmetro são depositadas nos alvéolos e as partículas menores do que 0,1 milímetros permanecem no fluxo de ar e são exaladas (SHEPPARD, 1990).

Além dos fumos, no processo de soldagem há a presença de agentes físicos: eletricidade, ambiente quente, vibração, radiação ultravioleta, radiação ionizante, ruído e luz visível segundo (BECKETT, 1996).

Nos fumos, as propriedades químicas mais importantes que influenciam a resposta do trato respiratório é a acidez ou alcalinidade do agente inalado (MORGAN, 1984).

A bronquite crônica é definida clinicamente como tosse e produção de expectoração persistente por pelo menos três meses do ano por dois anos consecutivos segundo (WOLDEYOHANNES, 1991) e (STULBARG et al., 1996).

Vários estudos anteriores notaram que a bronquite crônica é mais prevalente em soldadores, no entanto, essa associação não foi encontrada em todos os estudos (BRADSHAW, 1998).

Os sintomas de bronquite crônica são presentes em 22% dos indivíduos que trabalham em indústrias com processos de soldagens e também sinais de suspeita de fibrose radiológica em 18% deles (SULOTTO et al., 1989).

Os efeitos dos fumos da soldagem do aço inoxidável sobre a saúde dos soldadores determinou os efeitos crônicos da exposição que estes soldadores correm rotineiramente (SOBASZEK, 1998).

A doença pulmonar intersticial atinge 40,9 % dos indivíduos que trabalham com soldas e sofrem de doença pulmonar restritiva (ERHABOR et al., 2001).

O tempo decorrido entre a ejaculação até a liquefação do sêmen em soldadores foi maior do que em não soldadores. E ainda, o volume de sêmen, contagem de espermatozoides viáveis e percentual foram significativamente menores nos soldadores. Enquanto a análise de regressão passo a passo sugere um efeito tóxico direto do manganês presente nos fumos de soldas, na produção de esperma e este elemento também atua na liquefação e na qualidade dos espermatozoides (WU et al., 1996).

Diversas pesquisas foram feitas para correlacionar doenças decorrentes da exposição dos soldadores aos fumos e gases nas soldas, como câncer (BEAUMONT, 1981) e (WEISS, 1989).

Os estudos mostraram que os fumos também ocasionam pneumonia Collen (1946) e Coggon et al. (1994), além de bronquite segundo (COTES et al., 1989) e (AKBARKHANZADEH, 1980).

A febre decorrente da exposição aos fumos metálicos é uma doença temporária produzida pelo zinco presente em materiais galvanizados e é muito comum entre soldadores segundo a (AIHA, 1984).

No longo prazo a exposição aos fumos de soldagem dentre muitas outras doenças, causa nos pulmões dos soldadores a siderose (LUCAS e CARTER, 1999).

Já outras pesquisas mostram que os fumos de soldagens isoladamente não causam doenças irreversíveis, bastando o afastamento dos trabalhadores da exposição a fumos de soldas para que as doenças desapareçam. Porém, a exposição a fumos de soldagens combinada com o tabagismo acentua os problemas de saúde que acometem os soldadores segundo (COGGON et al., 1994), (FAWER et al., 1982) e (FROSIG et al., 2001).

Em soldadores é comum encontrar problemas na visão e dentre eles: convergência, siderose ocular e corpos estranhos intraoculares e por esses motivos os soldadores apresentam córneas embaçadas e granulares sendo

corriqueira a identificação de soldadores, especialmente os que possuem muitos anos exercendo a profissão (MARINI, 1994).

Na pesquisa de Goldman (2000) 50% dos soldadores entrevistados apresentaram queixas de problemas oftalmológicos.

Há tochas de soldagem MIG que extraem por aspiração até 40% dos fumos na soldagem e desta forma minimizam um pouco os efeitos maléficos da exposição aos fumos e aos gases das soldas e a adversidade desta iniciativa é a remoção simultânea também do gás de proteção (FACHINETTO, 1996).

Diversos soldadores sequer possuem conhecimentos sobre os riscos à saúde de exposições a fumos e gases que correm em seus dia a dia de trabalho e até mesmo por conta deste desconhecimento não exigem controles e sistemas de proteção que reduzam os fumos e gases oriundos das soldas em seus postos de trabalho e ao meio ambiente.

Nos Estados Unidos e na Europa há algumas pesquisas sobre fumos e gases de soldas e já existem tecnologias que propiciam a captura e a destinação final, sobretudo, de fumos; aqui no Brasil são raras as iniciativas e os trabalhos de pesquisas que apontem tecnologias que atenuem às exposições dos soldadores a fumos e gases de soldas e quando vemos algumas poucas ações que são na verdade iniciativas tímidas como sistemas de ventilação e exaustão nos ambientes de soldas. E que apenas retiram parte dos poluentes das áreas de trabalhos com soldas e os colocam no meio ambiente, sem nenhum tratamento prévio. Também há carências de trabalhos mais profundos sobre o absenteísmo de soldadores ocasionado por exposições a fumos e gases de soldas. Além de trabalhos epidemiológicos que acompanhem as doenças manifestadas em soldadores que exerçam a atividade laboral. E a evolução de tais doenças até que ocorram os óbitos de tais grupos de pessoas e deste modo, poderemos entender mais claramente os pontos críticos que as empresas e o governo terão que combaterem visando, o bem comum dos soldadores e da população em geral.

3.11 Norma de Higiene Ocupacional 08 (NHO 08)

A NHO 08 da FUNDACENTRO normatiza a coleta de material particulado sólido suspenso no ar dos ambientes de trabalho. E para um claro entendimento as principais definições da NHO 08 são descritas no presente trabalho. A NHO 08 recomenda que a coleta de amostras deve ocorrer com dispositivos que classificam as partículas por seleção de tamanhos correspondentes a regiões específicas de deposição no trato respiratório (FUNDACENTRO, 2007).

Foi padronizada pela NHO 08, a coleta de material particulado sólido em filtros de membrana com a finalidade de obter amostras representativas das partículas suspensas no ar dos ambientes de trabalho (FUNDACENTRO, 2007).

A bomba de amostragem foi utilizada na vazão de 2 litros por minuto nas coletas de todas as amostras (FUNDACENTRO, 2007).

O planejamento das coletas das amostras foi baseado na coleta individual (pessoal) no próprio soldador e foi escolhido tanto na empresa “A” quanto na empresa “B” um único soldador que executa soldas apenas pelo processo de soldagem GMAW (FUNDACENTRO, 2007). E ambos foram escolhidos por apresentarem o maior risco de exposição em cada uma das empresas e que foi confirmado através do ciclo de trabalho destes soldadores.

O ciclo de trabalho é relação do tempo em que o soldador efetivamente executa soldas em relação ao tempo total de trabalho disponível.

E esta metodologia foi adotada para seguir a determinação da NHO 08 da Fundacentro (2007). E também para não impactar os processos produtivos das duas empresas na formação de um grupo exposição similar de trabalhadores (GES) que necessitaria de mais soldadores em cada uma delas e com maiores paradas das suas produções o que seria inoportuno e indesejável.

A presente pesquisa não analisou os tamanhos de partículas coletadas e sim o particulado total. E o particulado total é o material particulado suspenso no ar coletado em porta filtro de poliestireno de 37 mm de diâmetro, de três peças, com face fechada e orifício para a entrada do ar de 4 mm de diâmetro, conhecido como cassete (FUNDACENTRO, 2007).

Foram coletadas em cada uma das empresas doze amostras de fumos de tempo integral. E cada amostra coletada corresponde ao total de horas de trabalho diário de cada um dos soldadores de cada uma das duas empresas em que foram coletadas. Sendo que duas destas amostras “testemunhos” servem para quantificar os desvios padrões das amostras coletadas. Desta maneira, as coletas das amostras dos fumos só foram interrompidas durante o intervalo de almoço.

Portanto, cada amostra corresponde ao total coletado no período de trabalho anterior ao almoço e ao período de trabalho posterior ao almoço de cada soldador em cada uma das duas empresas.

A coleta de gases efluentes das soldas requer aparato tecnológico de alto valor. Para viabilizar a pesquisa, reduzindo custos, foi utilizada a bomba de amostragem que serviu tanto para coletar os fumos quanto os gases. Tal instrumento é portátil e leve fornecendo uma vazão de até 6,0 litros/min, sendo a sua bateria recarregável e blindada contra explosão. A bomba apresenta um sistema automático de controle de vazão dentro de um intervalo de ($\pm 5\%$) que foi mantido durante o tempo de coleta (FUNDACENTRO, 2007).

3.12 Exposição ocupacional

Situação onde um ou mais trabalhadores podem interagir com agentes ou fatores de risco no ambiente de trabalho (FUNDACENTRO, 2007).

3.13 Grupo de exposição similar (GES)

Grupo de trabalhadores que experimentam situações de exposições semelhantes de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de qualquer trabalhador desse grupo seja representativo da exposição dos demais trabalhadores (FUNDACENTRO, 2007).

3.14 Jornada de trabalho

Refere-se ao período durante o qual o trabalhador exerce, efetivamente, a sua atividade. Exemplos: jornada diária de 8 horas; turno noturno de 6 horas; jornada semanal de 48 horas (FUNDACENTRO, 2007).

3.15 Local de trabalho

Corresponde à área onde o trabalhador desenvolve suas atividades (FUNDACENTRO, 2007).

3.16 Material particulado

Partículas sólidas, produzidas por ruptura de um material originalmente sólido, suspensas ou capazes de se manterem suspensas no ar (FUNDACENTRO, 2007).

3.17 Particulado inalável

É a fração de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 100 μm , capaz de entrar pelas narinas e pela boca, penetrando no trato respiratório durante a inalação. É apropriada para avaliação do risco ocupacional associado com as partículas que exercem efeito adverso quando depositadas no trato respiratório como um todo (FUNDACENTRO, 2007).

3.18 Particulado torácico

É a fração de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 25 μm , capaz de passar pela laringe, entrar pelas vias aéreas superiores e penetrar nas vias aéreas dos pulmões. É apropriada para avaliação do risco ocupacional associado com as partículas que exercem efeito adverso quando depositadas nas regiões traqueobronquial e de troca de gases (FUNDACENTRO, 2007).

3.19 Particulado respirável

É a fração de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 10 μm , capaz de penetrar além dos bronquíolos terminais e se depositarem na região de troca de gases dos pulmões, causando efeitos adverso nesse local (FUNDACENTRO, 2007).

3.20 Particulado total

É o material particulado suspenso no ar coletado em porta filtro de poliestireno de 37 mm de diâmetro, de três peças, com face fechada e orifício para a entrada do ar de 4 mm de diâmetro, conhecido como cassete. A coleta de particulado total deve ser utilizada quando não houver indicação específica para coleta de particulado inalável, torácico ou respirável (FUNDACENTRO, 2007).

3.21 Partículas não especificadas de outra maneira (PNOS)

Partículas para as quais ainda não há dados suficientes para demonstrar efeitos adversos à saúde em concentrações geralmente encontradas no ar dos locais de trabalho. Essa definição se refere às partículas que não tenham um limite de exposição estabelecido; que sejam insolúveis ou fracamente solúveis em água ou nos líquidos aquosos dos pulmões; não sejam citotóxicas, genotóxicas ou quimicamente reativas com o tecido pulmonar; não emitam radiação ionizante (FUNDACENTRO, 2007).

3.22 Porta-filtro

Componente do dispositivo de coleta que abriga e sustenta o suporte do filtro e o filtro de membrana (FUNDACENTRO, 2007).

3.23 Registro de campo

É o registro de todos os dados ou ocorrências observadas durante a avaliação do ambiente de trabalho. As informações devem ser tomadas de maneira organizada e anotadas em formulários apropriados de modo que possam contribuir para as conclusões da avaliação (FUNDACENTRO, 2007).

3.24 Risco ocupacional

É a possibilidade de um trabalhador sofrer um determinado dano à saúde em virtude das condições de trabalho. Para qualificar um risco, de acordo com a

sua gravidade, avaliam-se conjuntamente a probabilidade de ocorrência e a severidade do dano (FUNDACENTRO, 2007).

3.25 Separador de partículas

Componente do dispositivo de coleta utilizado para separar partículas dentro de uma faixa de tamanhos pré-determinada (FUNDACENTRO, 2007).

3.26 Sistema de coleta

Sistema composto por bomba de amostragem, dispositivo de coleta e mangueira (FUNDACENTRO, 2007).

3.27 Suporte do filtro

Disco de celulose, metal ou outro material adequado ao tipo de porta filtro em uso. Sua função é facilitar a distribuição do fluxo de ar e sustentar o filtro de membrana impedindo que o mesmo se rompa (FUNDACENTRO, 2007).

3.28 Vazão de ar

Volume de ar, em litros, que passa através do dispositivo de coleta, por unidade de tempo, em minutos (FUNDACENTRO, 2007). Foi utilizado na bomba de amostragem a vazão de 2 litros por minuto nas coletas de todas as amostras do presente trabalho (FUNDACENTRO, 2007).

3.29 Zona respiratória

Região hemisférica com um raio de 150 ± 50 mm, medido a partir das narinas do trabalhador (FUNDACENTRO, 2007).

3.30 Técnica de caracterização por ICP-OES

A determinação de baixas concentrações de metais requer a utilização de equipamentos e técnicas sensíveis e versáteis. Para satisfazer esta necessidade a espectrometria óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) pode ser utilizada por proporcionar baixos limites de detecção (LDs). Outra vantagem desta técnica é a capacidade multielementar de análises podendo analisar aproximadamente 70 elementos químicos (NOLTE, 2003). A faixa de trabalho para detecção de diversos elementos corresponde normalmente às concentrações em amostras ambientais (NOLTE, 2003). Na literatura há diversos relatos que a nebulização das amostras e a introdução das amostras no espectrômetro são etapas críticas e que podem acarretar interferência e ruídos que prejudicam a qualidade da análise e o LD. Nesta técnica costuma ocorrer interferências espectrais nos elementos que possuem linhas espectrais próximas (NOLTE, 2003). Quando ocorre a interferência espectral ela é corrigida através da medição da intensidade de emissão do elemento interferente em outro comprimento de onda, obtendo-se um fator de correção segundo (NOLTE, 2003) e (BOSS e FREEDEN, 1997).

Para que as amostras sólidas possam ser analisadas por espectrometria necessitam que seja feita a digestão prévia das mesmas e no ITEP onde foram realizadas as análises por ICP-OES, há um digestor por micro-ondas do fabricante Milestone, modelo Ethos One, com potência que alcança 1500 W, com câmera integrada que permite acompanhar o processo interno.

O ácido nítrico é o agente oxidante mais comum que é usado para digerir amostras orgânicas, de acordo com a seguinte reação:



Os Metais são convertidos em nitratos solúveis, disponíveis para análise.

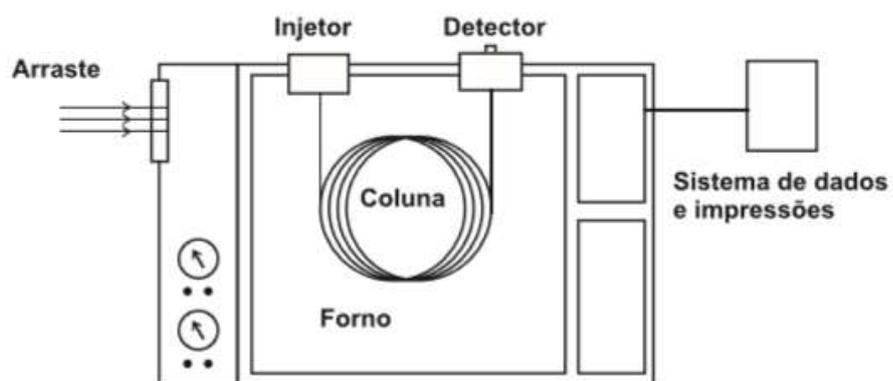
A quantidade de amostra influencia diretamente a pressão gerada no interior do vaso. Portanto, alguma limitação com relação à quantidade de amostra pode ser aplicada.

3.31 Técnica de caracterização por cromatografia em fase gasosa

Pode-se definir a cromatografia como um processo físico-químico de separação em que os constituintes da amostra são distribuídos entre uma fase estacionária (fe) e uma fase móvel (fm) segundo (CIOLA, 1985). A fase móvel é sempre um fluido (líquido, na chamada cromatografia líquida ou gás, na cromatografia gasosa). Na cromatografia gasosa, a amostra é carregada por um gás, chamado de gás de arraste, através de uma coluna, onde diferenças entre a interação dos constituintes da amostra com o material que compõe a coluna (chamado de fase estacionária) faz com que cada constituinte percorra em diferentes tempos, o que causa a separação. O tempo transcorrido entre a injeção da amostra e o pico do constituinte de interesse é denominado tempo de retenção. Após percorrerem a coluna, os compostos de interesse são detectados por um detector apropriado. A figura 4 ilustra a configuração típica do sistema de cromatografia gasosa.

As principais partes de um cromatógrafo são: a coluna cromatográfica (responsável pela separação dos constituintes da amostra); o forno (onde a coluna é aquecida e mantida a uma temperatura constante); o detector e o integrador que são responsáveis pela detecção e determinação dos picos dos constituintes de interesse.

Figura 4 - Componentes básicos de um cromatógrafo a gás.



FONTE: Adaptado de Ciola (1985).

4. METODOLOGIA

Este trabalho foi baseado no estudo dos fumos e dos gases gerados na soldagem GMAW em duas indústrias do segmento metal mecânico de Pernambuco. Este processo de soldagem foi escolhido por ser o processo predominante de solda por fusão no mundo atual e também por apresentar alta produtividade e ser um processo semiautomático que pode ser automatizado.

4.1 Coleta das amostras

As amostras dos fumos e dos gases oriundos da soldagem GMAW foram coletadas em duas empresas estabelecidas e em funcionamento no Estado de Pernambuco. A primeira delas denominada de “A” fabrica um produto de consumo feito em tubos de aço carbono soldados pelo processo de soldagem GMAW e fica localizada na região norte da cidade do Recife, capital do Estado de Pernambuco.

A segunda empresa chamada então de “B” produz “spools” que são carretéis de tubulações e nesta produção realiza soldas, além de soldar tubos de aço carbono de grandes diâmetros cujas soldas também são feitas primordialmente pelo processo GMAW. As amostras coletadas, portanto, refletem a realidade do processo fabril de duas empresas existentes e em pleno funcionamento em Pernambuco. As coletas das amostras e análise foram feitas de acordo com a NHO 08 da FUNDACENTRO, com a NR-15 do Ministério do Trabalho e a ACGIH.

A caracterização dos fumos foi obtida ICP-OES no ITEP e a dos gases ocorreu por cromatografia em fase gasosa na SM Controle de Qualidade Ltda.

4.2 Bomba de amostragem

No presente trabalho de pesquisa foi utilizada a bomba de amostragem que é mostrada nas figuras 5 (a), 5 (b), 5 (c) e 5 (d), da marca Instrutherm, modelo Sensidyne Gilian BDX II, SN 20120901088, com certificado de calibração n° 49.953.A-02.13 datado de 25/02/2013 e válido por um ano.

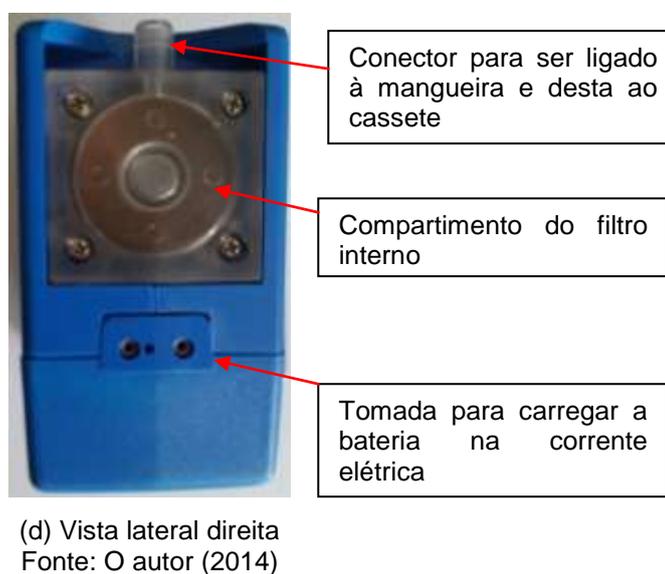
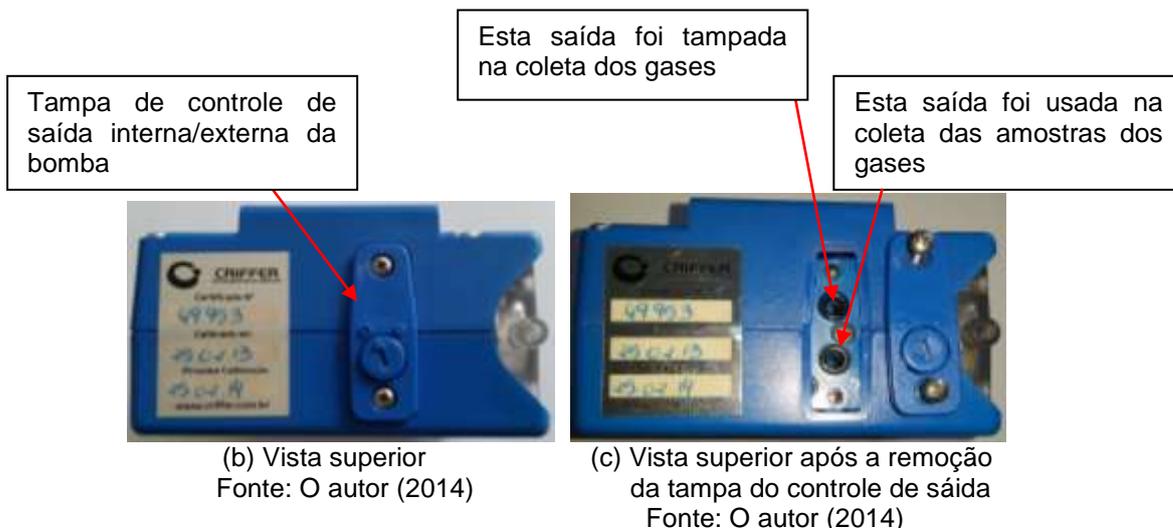
A bomba ao ser ligada faz uma pressão negativa similar a um aspirador e aspira os fumos e os gases da zona de respiração do soldador, sendo que os fumos ficam impregnados no filtro do cassete conforme mostrado nas figuras 6 (a), 6(b), 7 (a) e 7 (b). Na figura 5 (c) e mostrado que os gases saem por uma das saídas existentes por baixo da tampa do controle de saída que é mostrada nas figuras 5 (b) e 5 (c). O fabricante da bomba de amostragem no manual de instruções que a acompanha, recomenda que a posição do circulo aberta da tampa de controle de saída seja utilizada para ambientes úmidos e de atmosfera corrosiva e a posição do circulo fechado da tampa de controle de saída para ambientes de muita poeira. No presente trabalho foi utilizado a posição do circulo fechado da tampa de controle de saída, conforme é recomendado pelo fabricante da bomba de amostragem para locais com muita poeira.

Figura 5 - Vista frontal (a), vista superior (b), vista superior após a remoção da tampa do controle de saída e vista lateral direita (d) da bomba de amostragem Instrutherm Sensidyne Gilian BDX II



(a) Vista frontal

Fonte: O autor (2014)



Neste trabalho foi criada uma metodologia para que a bomba de amostragem seja utilizada tanto na coleta dos fumos e também na coleta dos gases. A metodologia criada foi baseada no estudo das duas saídas superiores da bomba de amostragem que são mostradas na figura 5 (c). Sendo possível após este estudo, tampar uma saída e tendo usado a outra saída conectada à mangueira que por sua vez é interligada na bolsa coletora “bio bag” para coletar a amostra gasosa da zona de respiração do soldador. Esta metodologia que foi criada neste trabalho propiciou agilidade na coleta das amostras gasosas e grande redução de custo, pois, não foi necessário adquirir outros equipamentos destinados à coleta dos gases e que apresentam custos expressivos.

4.3 Dispositivo de coleta cassette

Conjunto composto por porta filtro, suporte do filtro, filtro de membrana e quando necessário, um separador de partículas (FUNDACENTRO, 2007).

Os cassetes utilizados nas coletas dos particulados totais são todos de poliestireno, do tipo porta filtro de face fechada de 3 corpos com vazão de 2 litros por minuto e com filtro de membrana de éster de celulose com $0,8 \mu\text{m}$ de poro e 37 mm de diâmetro conforme as figuras 6 (a), 6 (b), 7 (a) e 7 (b).

Figura 6 - Parte superior (orifício de saída) do cassete com o filtro antes (a) e após a coleta (b)



(a)

Fonte: O autor (2014)

(b)

Fonte: O autor (2014)

Figura 7 - Parte inferior (orifício de entrada) do cassete com o filtro antes (a) e após a coleta (b)



(a)

Fonte: O autor (2014)

(b)

Fonte: O autor (2014)

4.4 Mangueiras utilizadas nas coletas das amostras

Foi utilizada uma mangueira nas coletas das amostras da empresa “A” e outra mangueira nas amostras coletadas na empresa “B” (FUNDACENTRO, 2007).

Este procedimento evita que ocorra o risco de contaminação cruzada das amostras coletadas nas referidas empresas. Caso fosse utilizada uma única mangueira na coleta de todas as amostras haveria contaminação. Ambas as mangueiras utilizadas foram fabricadas em material inerte, tipo Tygon®, com diâmetro externo de 4 mm e com 1,5 metros de comprimento e vieram acompanhando a bomba de amostragem.

4.5 Conjunto bomba de amostragem, mangueira e cassete

As figuras 8 e 9 foram extraídas da NHO 08 da Fundacentro (2007) e exibem um soldador de frente e de costas respectivamente. E estas figuras mostram: a bomba de amostragem, a mangueira, o cassete com o filtro e o filtro suporte nele afixados para as coletas individuais (pessoais) das amostras.

Figura 8 - Coleta individual (pessoal) - frente



Fonte: FUNDACENTRO (2007)

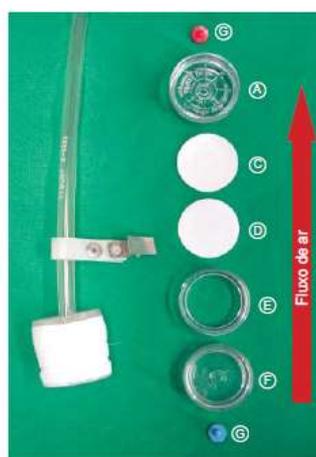
Figura 9 - Coleta individual (pessoal) - costas



Fonte: FUNDACENTRO (2007)

A figura 10 também foi retirada da NHO 08 da Fundacentro (2007) e exhibe o dispositivo de coleta (cassete), o filtro, o suporte do filtro e o sentido do fluxo de ar nas coletas das amostras.

Figura 10 - Dispositivo de coleta para particulado total (cassete)



- (A) Parte inferior do porta-filtro
- (C) Suporte do filtro
- (D) Filtro de membrana
- (E) Parte central do porta-filtro
- (F) Parte superior do porta-filtro com orifício de entrada de 4 mm.
- (G) Plugue

Fonte: FUNDACENTRO (2007)

4.6 Balança analítica

A balança analítica disponibilizada para esta pesquisa nas obtenções das massas dos filtros dos cassetes antes e após as coletas foi fabricada pela MARCONI, com precisão de 0,0001 g e disponível no laboratório de materiais cerâmicos avançados do DEMEC da UFPE.

4.7 Caracterização dos fumos (particulados totais)

A caracterização dos fumos foi obtida por ICP-OES no ITEP que possui um espectrômetro de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado, fabricado pela Thermo Scientific, modelo ICAP 6000 CID.

4.8 Caracterização dos gases das amostras coletadas

A caracterização dos gases das amostras coletadas foi feita por cromatografia em fase gasosa, mediante cromatografo do fabricante Varian, modelo 3400, na SM Controle de Qualidade Ltda.

4.9 Bolsas coletoras dos gases das amostras coletadas

Com o intuito de viabilizar economicamente a presente pesquisa, foram utilizadas bolsas coletoras “bio bags” que são destinadas para acondicionamento de urina coletadas de pacientes em unidades de saúde para acondicionarem as amostras gasosas coletadas. E esta segunda metodologia que foi criada na coleta e acondicionamento das amostras gasosas neste trabalho, utilizou os “bio bags”

que possuem capacidade volumétrica de 2 litros, fabricados e esterilizados a C_2H_4O pela MB Indústria Cirúrgica Ltda, situada no bairro de Paratibe, na cidade de Paulista - PE. As bolsas coletoras existentes no mercado são rotineiramente fabricadas em materiais como o Tedlar® (PVF) ou o Teflon® que não são materiais reativos e que também apresentam baixíssima permeabilidade e ótima flexibilidade. Ademais do baixo custo, os “bio bags” também apresentaram excelente propriedade de barreira com tempo de armazenamento das amostras, superior a trinta dias.

4.10 Soldador da empresa “A”

Soldador do sexo masculino, com altura de 1,69 m, 36 anos de idade e 10 anos de experiência na função de soldador GMAW. O soldador executa as soldas numa cabine e a exaustão dos gases ocorre diretamente no próprio ar ambiente, ou seja, não há sistema de exaustão forçada.

4.11 Máquina de solda da empresa “A”

A máquina de solda que foi utilizada na realização das soldas na empresa “A” é exibida na figura 11 é da marca Bambozzi, modelo TMC 325B, série 43350IP4199, corrente nominal 300 A, voltagem nominal 50 V, voltagem máxima em vazio 47 V, voltagem mínima em vazio 16 V, voltagens de alimentação 220 V, 380 V e 440 V nas correntes respectivas de 40 A, 23 A e 20 A, na frequência de 60 Hz propiciando potência de 15,2 KVA.

Figura 11 - Máquina de solda do fabricante Bambozzi, modelo TMC 325B (Bambozzi)



Fonte: www.bambozzi.com.br (2013)

4.12 Parâmetros de soldagem da máquina de solda da empresa “A”

Alimentação na voltagem de 380 V trifásica (corrente alternada). Esta máquina não propicia o controle de indutância. “Stick out” (é a distância do arame de alimentação medida a partir do tubo de contato da tocha até a peça a ser soldada) de 8 mm. E os parâmetros de soldagem constam na tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros de soldagem da empresa “A”

Voltagem CC+ (corrente contínua e polaridade inversa)	40 V
Corrente	155 A
Velocidade de soldagem	17 cm/s

Fonte: O autor

De acordo com os valores da tabela 2 e com a equação (1), a energia de soldagem absorvida (aporte térmico) foi de:

$$E = \frac{40 \cdot 155}{17} \cdot 0,78 = 0,28 \frac{\text{KJ}}{\text{cm}}$$

4.13 Material de base nas soldas da empresa “A”

Tubos em aço carbono, sem costura, SAE 1008 e com diâmetro nominal de 1” (25,4 mm), comprimento de 6,00 metros e espessura de 1,50 milímetros. A tabela 3 destaca a composição típica do tubo de aço SAE 1008.

Tabela 3 - Composição típica do tubo de aço SAE 1008 (metal de base)

C	Fe	Mn	P	S
máximo %				
0,10	99,31	0,50	0,04	0,05

Fonte: SAE

4.14 Material de adição nas soldas da empresa “A”

Arame sólido especificação OK 12.51, fabricado pela ESAB e classificação AWS ER 70S6, com diâmetro de 0,80 mm. A tabela 4 mostra a composição do metal de adição segundo a AWS ER 70S6.

Tabela 4 - Composição do arame AWS A.518-05, ER 70S6

C (%)	Fe (%)	Mn (%)	Si (%)
0,08	97,57	1,45	0,90

Fonte: AWS (2001)

A tabela 5 mostra a composição do metal de adição OK 12.51, fabricado pela ESAB.

Tabela 5 - Composição do arame ESAB OK 12.51

AWS	ESAB	C	Mn	Si	S	P	Mo	Outros
	65	0,07	0,90-1,40	0,40-0,70	≤0,035	≤0,025	-	0,05-0,15 Ti
ER70S-2								0,02-0,12 Zr 0,05-0,15 Al
ER70S-3	29S ou 82	0,06-0,15	0,90-1,40	0,45-0,75	≤0,035	≤0,025	-	-
ER70S-4	85	0,07-0,15	1,00-1,50	0,65-0,85	≤0,035	≤0,025	-	-
ER70S-5	-	0,07-0,19	0,90-1,40	0,30-0,60	≤0,035	≤0,025	-	0,50-0,90 Al
ER70S-6	OK 12.51	0,07-0,15	1,40-1,80	0,80-1,15	≤0,035	≤0,025	-	-
ER70S-7	87HP	0,07-0,15	1,50-2,00	0,50-0,80	≤0,035	≤0,025	-	-
ER80S-D2	83 ou Hi84	0,07-0,12	1,60-2,10	0,50-0,80	≤0,035	≤0,025	0,40-0,60	
ER70S-G	não especificado - requisitos a serem acordados entre o cliente e o fornecedor							

Fonte: ESAB (2005)

4.15 Gás de proteção nas soldas GMAW da empresa “A”

Foi utilizado como gás de proteção, a mistura gasosa de 11,2% de CO₂ em balanço de Ar, sendo o dióxido de carbono fornecido por bateria de cilindros (12 cilindros no total) e o argônio mediante tanque criogênico e a mistura fabricada “on site”, através de misturador de gases de fabricação Air Liquide. A vazão do gás de proteção utilizada foi de 10 litros por minuto.

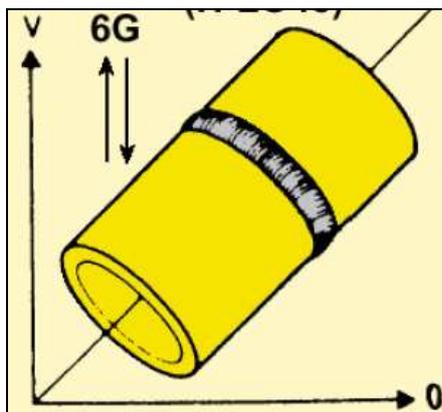
4.16 Tipo de junta no material de base (tubos da empresa “A”)

Junta de topo e sem chanfro.

4.17 Posição de soldagem nos tubos da empresa “A”

A posição das soldas foi a 6G descendente conforme a figura 12.

Figura 12 - Posição de soldagem 6G em tubos



Fonte: ESAB (2013)

4.18 Soldador da empresa “B”

Soldador do sexo masculino, com altura de 1,65 m, 44 anos de idade e 15 anos de experiência na função de soldador GMAW. Nesta empresa, assim como, na empresa anterior, o soldador também executa as soldas numa cabine e a exaustão dos gases ocorre diretamente no próprio ar ambiente, ou seja, não há sistema de exaustão forçada.

4.19 Máquina de solda da empresa “B”

A máquina de solda que foi utilizada na realização das soldas da empresa “B” é mostrada na figura 13, é da marca Miller, modelo Pipeworx 400 Welding System 230/460, série MB050143G, saída nominal 400 A @ 34Vcc a F.T=100%, faixa da tensão 10-44 V, voltagem em vazio 90 Vcc, voltagens de alimentação 230 V, 460 V e 575 V nas correntes respectivas de 42,9 A, 24 A e 20,5 A, na frequência de 60 Hz propiciando potência de até 20,5 KVA, Alimentação elétrica 24 Vca, 11 A.

Figura 13 - Máquina de solda Miller, modelo PipeWorx 400 Welding System 230/460



Fonte: www.miller.com.br (2013)

4.20 Parâmetros de soldagem da máquina de solda da empresa “B”

Alimentação na voltagem de 230 V trifásica (corrente alternada). Esta máquina possui a possibilidade do controle de indutância e o valor adotado foi de 48 H. “Stick out” de 9 mm.

Tabela 6 - Parâmetros de soldagem da empresa “B”

Voltagem CC+ (corrente contínua e polaridade inversa)	44 V
Corrente	195 A
Velocidade de soldagem	3,4 cm/s

Fonte: O autor

De acordo com os valores da tabela 5 e com a equação (1), a energia de soldagem absorvida (aporte térmico) é de:

$$E = \frac{44 \cdot 195}{3,4} \cdot 0,78 = 1,97 \frac{\text{KJ}}{\text{cm}}$$

4.21 Material de base nas soldas da empresa “B”

Tubos em aço carbono, sem costura, SAE 1010 e com diâmetro nominal de 20” (508,0 mm), Schedule 10, comprimento de 6,00 metros e espessura de 6,40 milímetros. A tabela 7 mostra a composição típica do tubo de aço SAE 1010.

Tabela 7 - Composição típica do tubo de aço SAE 1010 (metal de base).

C	Fe	Mn	P	S
máximo %				
0,13	99,18	0,60	0,04	0,05

Fonte: SAE

4.22 Material de adição nas soldas da empresa “B”

Arame sólido especificação ESAB OK 12.51 classificação AWS A.518-05 classificação AWS ER 70S6 com diâmetro de 1,00 mm, observar a composição química nas tabelas 4 e 5.

4.23 Gás de proteção nas soldas GMAW da empresa “B”

Como gás de proteção, foi usada a mistura gasosa de 11,2% CO₂ em balanço de Ar; o CO₂ é fornecido por bateria de cilindros (12 cilindros no total) e o Ar em tanque criogênico, sendo a mistura fabricada “on site” através de misturador de gases de fabricação Air Liquide. A vazão do gás de proteção utilizada foi de 12 litros por minuto.

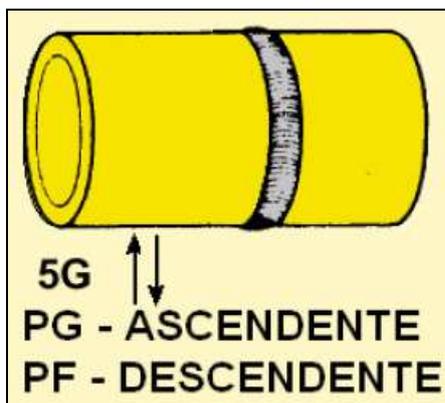
4.24 Tipo de junta no material de base (tubos da empresa “B”)

Junta de topo e com chanfro em “V”.

4.25 Posição de soldagem nos tubos da empresa “B”

A posição das soldas foi a 5G descendente que é mostrada na figura 14.

Figura 14 - Posição de soldagem 5G em tubos



Fonte: ESAB (2013)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados

5.1.1 Caracterização dos fumos (particulados totais) no soldador da empresa “A”

As massas dos filtros antes e após as coletas das amostras na empresa “A” foram obtidas na balança analítica disponível no laboratório de materiais cerâmicos avançados do DEMEC da UFPE e as coletas ocorreram nas datas e nos horários expostos na tabela 8.

Tabela 8 - Datas e durações das coletas das amostras dos fumos no soldador da empresa “A”

Data	Amostra	Manhã		Δt	Tarde		Δt	Total em h	Total em min
		Início	Término		Início	Término			
20/07/2013	1	07:35	11:55	04:20	13:05	17:08	04:03	08:23	503,00
03/07/2013	2	07:30	11:55	04:25	13:10	17:10	04:00	08:25	505,00
04/07/2013	3	07:30	11:55	04:25	13:05	17:10	04:05	08:30	4510,00
08/07/2013	4	07:20	11:55	04:35	13:10	17:10	04:00	08:35	515,00
09/07/2013	5	07:30	11:55	04:25	13:10	17:15	04:05	08:30	510,00
11/07/2013	6	07:30	11:55	04:25	13:10	17:11	04:01	08:26	506,00
24/07/2013	7	07:30	11:55	04:25	13:10	17:10	04:00	08:25	505,00
25/07/2013	8	07:35	11:55	04:20	13:10	17:10	04:00	08:20	500,00
30/07/2013	9	07:25	11:55	04:30	13:15	17:15	04:00	08:30	510,00
31/07/2013	10	07:25	11:55	04:30	13:15	17:15	04:00	08:30	510,00
20/06/2013	T1	07:16	11:55	04:39	13:10	17:09	03:59	08:38	518,00
01/08/2013	T2	07:25	11:55	04:30	13:10	17:15	04:05	08:35	515,00

Fonte: O autor

A massa de cada um dos filtros, em cada uma das amostras antes e após as coletas na empresa “A” estão descritas na tabela 9.

Tabela 9 - Valores das massas dos filtros antes e após as coletas das amostras dos fumos no soldador da empresa "A"

Amostras	Massas dos filtros (gramas)		Diferença
	Antes das coletas	Após as coletas	
1	0,0468	0,0543	0,0075
2	0,0466	0,0514	0,0048
3	0,0468	0,0493	0,0025
4	0,0466	0,0492	0,0026
5	0,0465	0,0565	0,0100
6	0,0467	0,0991	0,0524
7	0,0465	0,0683	0,0218
8	0,0467	0,0529	0,0062
9	0,0462	0,0494	0,0032
10	0,0463	0,0477	0,0014
T1	0,0461	0,0750	0,0289
T2	0,0461	0,0520	0,0059
Média	0,0465	0,0588	0,0123
Desvio padrão	0,0003	0,0152	0,0152

Fonte: O autor

Na tabela 9 constam os valores das doze amostras (1 a 10, T1 e T2). E destas doze amostras coletadas, três foram escolhidas, portanto, 25% do total das amostras coletadas para serem analisadas por ICP-OES pelo método NIOSH 7303 no ITEP. E a escolha destas três amostras foi feita de acordo com a impregnação de fumos no respectivo filtro, impregnação esta verificada pela maior diferença de massa, após coleta subtraída da massa anterior à coleta. As amostras que apresentaram os maiores valores de diferença de massa foram as 6, 7 e T1, respectivamente, e as suas análises são mostradas nas tabelas 10, 11 e 12.

Tabela 10 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra 6 no soldador da empresa "A".

Fumos	Amostra 06 (mg/m ³)	NR-15 (mg/m ³)	ACGIH, técnica NIOSH, método 7303 (mg/m ³)
Alumínio	0,013	-	5
Cobre total	0,010	-	0,2
Ferro total	0,455	-	5
Magnésio total	0,032	-	10
Manganês total	0,046	1	0,2
Níquel total	0,002	-	1,5
Zinco	< 0,002	-	2

Fonte: O autor

Tabela 11 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra 07 no soldador da empresa "A".

Fumos	Amostra 07 (mg/m ³)	NR-15 (mg/m ³)	ACGIH, técnica NIOSH, método 7303 (mg/m ³)
Alumínio	0,004	-	5
Cobre total	0,021	-	0,2
Ferro total	0,359	-	5
Magnésio total	< 0,025	-	10
Manganês total	0,059	1	0,2
Níquel total	< 0,001	-	1,5
Zinco	< 0,002	-	2

Fonte: O autor

Tabela 12 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra T1 no soldador da empresa "A".

Fumos	Amostra T1 (mg/m ³)	NR-15 (mg/m ³)	ACGIH, técnica NIOSH, método 7303 (mg/m ³)
Alumínio	0,005	-	5
Cobre total	0,010	-	0,2
Ferro total	0,415	-	5
Magnésio total	< 0,025	-	10
Manganês total	0,060	1	0,2
Níquel total	< 0,001	-	1,5
Zinco	< 0,002	-	2

Fonte: O autor

Conforme as tabelas 10, 11 e 12, podemos observar que os limites toleráveis de exposição aos fumos metálicos no soldador não foram excedidos para nenhum dos elementos analisados, tanto em relação à NR-15, como também à ACGIH pela técnica NIOSH e pelo método 7303.

Segundo a NHO 08 da Fundacentro (2007), o cálculo da concentração média ponderada pelo tempo CMPT é feito conforme a equação (3).

O resultado de concentração de material particulado de cada amostra é utilizado para o cálculo da concentração média ponderada pelo tempo para a jornada de trabalho, conforme a seguinte expressão:

$$CMPT = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots + C_n t_n}{t_{total}} \quad (3)$$

sendo:

CMPT = Concentração Média Ponderada pelo Tempo

C_n = Concentração de material particulado obtida na amostra n

t_n = tempo de coleta da amostra n

t_{total} = tempo total de coleta = $t_1 + t_2 + \dots + t_n$

NOTA: No caso de amostra única, o tempo total de coleta é igual ao período de coleta. Portanto, a concentração de material particulado dessa amostra já é a concentração média, ponderada pelo tempo para a jornada de trabalho.

Os valores da tabela 13 confirmam que a concentração média ponderada pelo tempo das amostras 6, 7 e T1 no soldador da empresa "A" referente aos elementos Al, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni e Zn estão abaixo dos limites toleráveis de exposição aos fumos metálicos. Tanto em relação à NR15 quanto à ACGIH.

Tabela 13 - Valores das concentrações médias ponderadas pelo tempo dos fumos metálicos das amostras 06, 07 e T1 no soldador da empresa "A"

Fumos	Teor (mg/m ³)			CMPT	Desvio padrão
	Amostra 06	Amostra 07	Amostra T1		
Alumínio	0,013	0,004	0,005	0,007	0,003
Cobre total	0,010	0,021	0,010	0,014	0,004
Ferro total	0,455	0,359	0,415	0,410	0,034
Magnésio total	<0,032	< 0,025	< 0,025	-	-
Manganês total	0,046	0,059	0,060	0,055	0,006
Níquel total	0,002	< 0,001	< 0,001	-	-
Zinco	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-	-

Fonte: O autor

A tabela 14 mostra que a exposição a fumos de soldas contendo o manganês na concentração acima de 5,0 mg/m³ é propícia a risco de intoxicação e de contrair o manganismo que causa efeitos neurológicos similares ao "Mal de Parkinson".

Tabela 14 - Valores limites toleráveis de concentrações de fumos e gases de soldas e efeitos de partículas, fumos e óxidos metálicos

Elementos	Valores limites toleráveis (mg/m ³ / 8 horas)	Efeitos
Alumínio	ND	A,F
Cádmio	0,1	H,F,I,M*
Cromo	1,0	I,N,B
Cobre	0,1	A
Fluoretos (fluxos)	2,5	O,L,I
Ferro	10,0	C,B
Chumbo	0,2	H,L
Magnésio	15,0	A
Manganês	5,0	H,K
Níquel	1,0	N,A
Vanádio	0,1	A
Zinco	5,0	B
Monóxido de carbono	5,5	H
Óxidos nitrosos	-	A,C,F,G
Ozônio	0,2	A,E,F

*2500 mg/m³ é FATAL.

ND – Não determinado.

A – Inflamação do sistema respiratório e pulmão, dores de cabeça, letargia, irritação dos olhos.

B – Febre devido ao fumo: sabor de metal, calafrios, cede, febre, dor muscular, fadiga, dor de cabeça, náuseas, após 3 dias ocorre o desaparecimento dos sintomas.

C – Bronquite crônica.

D – Distúrbios visuais.

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

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

G – Enfisema.

H – Intoxicação.

I – Gastrite (inflamação do estômago e intestino).

J – Dispneia (dificuldade de respiração).

K – Manganismo (efeitos neurológicos similares ao “Mal de Parkinson”).

L – Anemia.

M – Nefrite crônica.

N – Possibilidade de câncer.

O – Aumento da densidade dos ossos e ligamentos.

Fonte: AWS(1979) e OSHA

5.1.2 Caracterização dos gases CO e CO₂ no soldador da empresa “A”

A caracterização dos gases CO e CO₂, ambos em % e em ppm nas amostras coletadas no soldador da empresa “A” foram feitas por cromatografia em fase gasosa na SM Controle de Qualidade Ltda. Para tanto, foi coletada uma amostra do ar ambiente em 29/10/2013 no estacionamento desta empresa distanciado de aproximadamente 300 metros da área de produção (soldas GMAW) que foi denominada de amostra 1 e foram coletadas mais três amostras denominadas de amostra 2 que foi coletada em 07/11/2013 após 10 minutos do

início do segundo turno de trabalho, ou seja, após o almoço deste dia; de amostra 3 coletada em 07/11/2013 após 10 minutos da coleta da amostra 2 e por fim a amostra 4 coletada em 07/11/2013 após 10 minutos da coleta da amostra 3. A duração média da coleta de cada uma das amostras foi de um minuto e trinta segundos (1min e 30 s), em função de ter que deixar encher cada bolsa coletora e em seguida esvaziar parcialmente numa espécie de purga parcial e em seguida enchê-la novamente por completo para ser analisada.

A tabela 15 mostra os resultados das amostras coletadas no soldador da empresa “A”.

Tabela 15 - Caracterização do CO e do CO₂ no soldador da empresa “A”

Data	Amostra	Teor (ppm)	
		CO ₂	CO
29/10/2013	01	655,7	3,7
06/11/2013	02	2597,3	9,1
06/11/2013	03	5136,0	35,2
06/11/2013	04	4671,0	35,6
Média amostras (02 a 04)		4134,8	26,6
Desvio padrão (amostras 02 a 04)		1103,6	12,4

Fonte: O autor

As tabelas 16 e 17 apresentam os valores de exposição ao CO e ao CO₂ na NR-15 e na ACGIH.

Tabela 16 - Valores do CO e do CO₂ conforme a NR-15 quadro 1

Gases	Teor (ppm)	Teor (mg/m ³)
CO ₂	3.900	7.020
CO	39	43

Fonte: NR-15

Tabela 17 - Valores do CO e do CO₂ de acordo com a ACGIH

Gases	Teor (ppm)	Teor (mg/m ³)
CO ₂	5.000	-
CO	25	-

Fonte: ACGIH

Dióxido de carbono (CO₂):

As amostras 2, 3 e 4 coletadas no soldador GMAW da empresa “A” apresentaram o valor médio de $4134,8 \pm 1103,6$ ppm de CO₂ e a amostra 1 coletada do ar ambiente da empresa “A” apresentou o valor de 655,7 ppm de CO₂, ver na tabela 15.

Monóxido de carbono (CO):

As amostras 2, 3 e 4 coletadas no soldador GMAW na empresa “A” apresentaram o valor médio de $26,6 \pm 12,4$ ppm de CO. A amostra 01 coletada do ar ambiente da empresa “A” apresentou o valor de 3,7 ppm de CO, observar na tabela 15.

Amostra do ar ambiente da empresa “A”:

A amostra 1 que é a amostra coletada do ar ambiente da empresa “A” apresentou o valor de 655,7 ppm de CO₂ e de 3,7 ppm de CO e estes valores foram inferiores aos valores obtidos nas amostras 2, 3 e 4 coletadas tanto do dióxido de carbono quanto do monóxido de carbono no soldador GMAW da empresa “A” que ratificam a qualidade das coletas das amostras, conforme a tabela 15.

5.1.3 Caracterização dos fumos (particulados totais) no soldador da empresa “B”

As massas dos filtros antes e após as coletas das amostras na empresa “B” também foram obtidas na balança analítica existente no laboratório de materiais cerâmicos avançados do DEMEC da UFPE.

As amostras dos fumos das soldas GMAW no soldador da empresa “B” foram coletadas nas datas e nos horários expostos na tabela 18.

Tabela 18 - Datas e durações das coletas das amostras dos fumos no soldador da empresa “B”

05/09/2013	11	08:00	11:45	03:45	12:30	17:10	04:40	08:25	505,00
06/09/2013	12	08:00	11:45	03:45	12:30	17:10	04:40	08:25	505,00
09/09/2013	13	08:00	11:45	03:45	12:30	17:10	04:40	08:25	505,00
10/09/2013	14	08:00	11:45	03:45	12:30	17:10	04:40	08:25	505,00
11/09/2013	15	08:00	11:45	03:45	13:10	17:10	04:40	08:25	505,00
13/09/2013	16	08:00	11:45	03:45	13:10	17:10	04:40	08:25	505,00
16/09/2013	17	08:00	11:45	03:45	13:10	17:10	04:40	08:25	505,00
17/09/2013	18	08:00	11:45	03:45	13:10	17:10	04:40	08:25	505,00
19/09/2013	19	07:30	11:45	04:15	12:45	17:10	04:25	08:40	520,00
23/09/2013	20	07:45	11:45	04:00	12:45	17:10	04:25	08:25	505,00
12/09/2013	T3	08:00	11:45	03:45	12:30	17:10	04:40	08:25	505,00
24/09/2013	T4	08:00	11:45	03:45	12:45	17:10	04:25	08:10	490,00

Fonte: O autor

A massa de cada um dos filtros de cada uma das amostras antes e após as coletas no soldador da empresa “B” estão descritas na tabela 19.

Tabela 19 - Valores das massas dos filtros antes e após as coletas das amostras dos fumos no soldador da empresa “B”

Amostras	Massas dos filtros (gramas)		Diferença
	Antes das coletas	Após as coletas	
11	0,0461	0,0462	0,0001
12	0,0461	0,0464	0,0003
13	0,0466	0,0468	0,0002
14	0,0470	0,0481	0,0011
15	0,0462	0,0465	0,0003
16	0,0464	0,0475	0,0011
17	0,0471	0,0513	0,0042
18	0,0469	0,0510	0,0041
19	0,0467	0,0489	0,0022
20	0,0464	0,0492	0,0028
T3	0,0466	0,0491	0,0025
T4	0,0465	0,0497	0,0032
Média	0,0466	0,0484	0,0018
Desvio padrão	0,0003	0,0017	0,0015

Fonte: O autor

Foi feito na empresa “B” o mesmo procedimento adotado no número de amostras da empresa “A” e conforme a tabela 19, também foram coletadas doze amostras (11 a 20, T3 e T4). E das doze amostras coletadas, foram escolhidas três, portanto, 25% do total das amostras coletadas para as respectivas análises por espectrometria e a escolha destas três amostras também foi feita de acordo com a impregnação de fumos verificada pela maior diferença de massa. E então as que apresentaram os maiores valores de diferença de massa foram as amostras 17, 18 e T4. A caracterização dos fumos das amostras 17, 18 e T4 coletadas das soldas GMAW na empresa “B” também foi obtida por ICP-OES pelo método NIOSH 7303 no ITEP, e estão apresentadas nas tabelas 20, 21 e 22.

A vazão utilizada na bomba de amostragem também foi de 2 l/min ou 0,12 m³/h, assim como ocorreu na empresa “A”.

Tabela 20 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra 17 no soldador da empresa “B”

Fumos	Amostra 17 (mg/m ³)	NR-15 (mg/m ³)	ACGIH, técnica NIOSH, método 7303 (mg/m ³)
Alumínio	0,061	-	5
Cobre total	< 0,002	-	0,2
Ferro total	0,860	-	5
Magnésio total	< 0,025	-	10
Manganês total	0,061	1	0,2
Níquel total	< 0,001	-	1,5
Zinco	< 0,002	-	2

Fonte: O autor

Tabela 21 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra 18 no soldador da empresa “B”

Fumos	Amostra 18 (mg/m ³)	NR-15 (mg/m ³)	ACGIH, técnica NIOSH, método 7303 (mg/m ³)
Alumínio	0,053	-	5
Cobre total	< 0,002	-	0,2
Ferro total	0,978	-	5
Magnésio total	0,048	-	10
Manganês total	0,148	1	0,2
Níquel total	< 0,001	-	1,5
Zinco	< 0,002	-	2

Fonte: O autor

Tabela 22 - Valores das concentrações dos fumos metálicos da amostra T4 no soldador da empresa "B"

Fumos	Amostra T4 (mg/m ³)	NR-15 (mg/m ³)	ACGIH, técnica NIOSH, método 7303 (mg/m ³)
Alumínio	0,036	-	5
Cobre total	0,003	-	0,2
Ferro total	0,656	-	5
Magnésio total	< 0,025	-	10
Manganês total	0,024	1	0,2
Níquel total	< 0,001	-	1,5
Zinco	< 0,003	-	2

Fonte: O autor

Os valores da tabela 23 confirmam que a concentração média ponderada pelo tempo das amostras 17, 18 e T4 referente aos elementos Al, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni e Zn estão abaixo dos limites toleráveis de exposição do soldador aos fumos metálicos em relação à NR-15 e também à ACGIH pela técnica NIOSH e pelo método 7303.

Tabela 23 - Valores das concentrações médias ponderadas pelo tempo dos fumos metálicos das amostras 17, 18 e T4 no soldador da empresa "B"

Fumos	Teor (mg/ m ³)			CMPT	Desvio padrão
	Amostra 17	Amostra 18	Amostra T4		
Alumínio	0,061	0,053	0,036	0,050	0,010
Cobre total	<0,002	<0,002	0,003	-	-
Ferro total	0,860	0,978	0,656	0,833	0,133
Magnésio total	<0,025	0,048	<0,025	-	-
Manganês total	0,061	0,148	0,024	0,078	0,052
Níquel total	<0,001	<0,001	<0,001	-	-
Zinco	<0,002	<0,002	<0,003	-	-

Fonte: O autor

5.1.4 Caracterização dos gases CO e CO₂ no soldador da empresa "B"

A caracterização do CO e do CO₂, ambos em percentual e em ppm nas amostras coletadas no soldador GMAW da empresa "B" também foram feitas por

cromatografia em fase gasosa na SM Controle de Qualidade. Foi coletada uma amostra do ar ambiente no estacionamento desta empresa distanciado de aproximadamente trezentos metros da área de produção, a amostra 5 e foram coletadas mais três amostras denominadas de amostra 6, 7 e 8. A duração média da coleta de cada uma das amostras foi de um minuto e trinta segundos, em função de deixar encher cada bolsa coletora e em seguida esvaziar numa espécie de purga parcial. E em seguida enchê-la novamente para ser analisada.

A tabela 24 mostra os resultados das amostras dos gases coletadas no soldador da empresa “B”.

Tabela 24 - Caracterização do CO e do CO₂ no soldador GMAW da empresa “B”

Data	Amostra	Teor (ppm)	
		CO ₂	CO
19/12/2013	5	889,6	15,9
19/12/2013	6	3356,4	29,7
19/12/2013	7	4565,1	39,1
19/12/2013	8	3776,7	66,9
Média amostras (6 a 8)		3899,4	45,2
Desvio padrão (amostras 6 a 8)		501,0	15,8

Fonte: O autor

Dióxido de carbono (CO₂):

As amostras 6, 7 e 8 apresentaram o valor médio de $3899,4 \pm 501,0$ ppm de CO₂ no soldador GMAW da empresa “B”, ver na tabela 24.

Monóxido de carbono (CO):

As amostras 6 a 8 apresentaram o valor médio de $45,2 \pm 15,8$ ppm de CO no soldador GMAW da empresa “B”, conforme é mostrado na tabela 24.

Amostra do ar ambiente da empresa “B”:

A amostra 5 coletada do ar ambiente da empresa “B” apresentou o valor de 889,6 ppm de CO₂ e de 15,9 ppm de CO e estes valores foram inferiores aos valores obtidos nas amostras coletadas no soldador GMAW na empresa “B”. Do mesmo modo como ocorreu na empresa “A” que é indicativo da boa qualidade das coletas das amostras, ver na tabela 24.

5.2 Discussão

➤ De acordo com o diâmetro nominal de 25,4 mm e a espessura de 1,50 milímetros dos tubos utilizados como metal de base na empresa “A” e com os parâmetros de soldagem empregados nas soldas desta empresa, mostrados na tabela 2. A energia de soldagem absorvida nas soldas foi de 0,28 KJ por centímetro.

➤ E conforme o diâmetro nominal de 508,0 mm e a espessura de 6,40 milímetros dos tubos utilizados como metal de base na empresa “B” e com os parâmetros de soldagem empregados nas soldas desta empresa, mostrados na tabela 6. A energia de soldagem absorvida pelas juntas soldadas foi de 1,97 KJ por centímetro.

➤ A diferença de energia de soldagem absorvida nas soldas da empresa “B” em relação a energia de soldagem absorvida nas soldas da empresa “A” se comportou conforme previsto na literatura, em decorrência da maior tensão, da maior corrente e da menor velocidade de soldagem empregadas nas soldas da empresa “B” em relação as da empresa “A”. E a maior energia de soldagem absorvida nas soldas, ocasiona uma maior radiação e esta dissocia mais ainda o CO₂ presente no gás de proteção em CO.

➤ Embora o metal de base da empresa “A”, conforme mostrado na tabela 3 e da empresa “B”, exibido na tabela 7, não apresentem em sua composição os

elementos químicos: alumínio, cobre, magnésio, níquel e zinco; a caracterização por ICP-OES das amostras dos fumos coletados no soldador desta empresa apresentou estes elementos. E a presença destes elementos químicos nos resultados das análises feitas no ICP-OES decorreu da presença deles no metal de adição. Segundo a ESAB (2005) os arames sólidos utilizados na soldagem MIG/MAG de aços carbono possuem elementos de liga adicionados intencionalmente para controlar a desoxidação da poça de fusão e ajudar a preservar as propriedades mecânicas da região da solda. A remoção do oxigênio da poça de fusão elimina a principal causa de porosidade no metal de solda (ESAB, 2005). O Silício (Si) é o elemento mais comumente empregado como desoxidante em arames usados na soldagem MIG/MAG de aços carbono (ESAB, 2005). Geralmente os arames contêm de 0,40% a 1,00% de silício (ESAB, 2005). O Manganês (Mn), também é utilizado como desoxidante e para aumentar a resistência mecânica (ESAB, 2005). O manganês está presente com 1,00% a 2,00% dos arames para soldar aço doce (ESAB, 2005). O alumínio (Al), o titânio (Ti) e zircônio (Zr) também são desoxidantes poderosos utilizados como desoxidar a poça de fusão das soldas e usualmente estão presentes com teor total de até 0,20% para cada um dos três elementos (ESAB, 2005). Outros elementos tais como: o níquel, o cromo e o molibdênio, também são frequentemente adicionados para melhorar as propriedades mecânicas e também a resistência à corrosão da região da solda (ESAB, 2005).

➤ A presença do magnésio mesmo que diminuta nos resultados das análises por ICP-OES pode ter ocorrido em função da nebulização das amostras, ou da introdução das amostras no espectrômetro por serem estas etapas críticas e que podem acarretar interferência e ruídos que prejudicam a qualidade da análise e o LD e nesta técnica também costuma ocorrer interferências espectrais nos elementos que possuem linhas espectrais próximas (NOLTE, 2003). As amostras sólidas para serem analisadas por espectrometria necessitam que seja feita digestão prévia etapa que também pode ocasionar ruídos nos resultados das análises.

➤ A primeira metodologia que foi criada nesta pesquisa tendo utilizado a mesma bomba de amostragem tanto nas coletas das amostras dos fumos e também nas coletas das amostras dos gases CO e CO₂ se mostrou muito adequada e o custo do trabalho foi otimizado.

➤ A segunda metodologia que foi criada neste trabalho, que utilizou os “bio bags” no acondicionamento das amostras dos gases também se mostrou ideal na captura das amostras, tendo apresentado baixo custo, prática na coleta, transporte e armazenamento das amostras dos gases até que fossem analisadas. E também apresentou ótima propriedade de barreira

➤ Foi coletado e analisado pela técnica ICP-OES, os fumos no soldador em cada uma das empresas e os valores foram comparados com os descritos na NR-15 e na ACGIH.

➤ Mesmo tendo reduzido o custo deste trabalho, por suas características, de necessitar de equipamentos e análises, apresentou elevado valor e foi disponibilizada uma bomba de amostragem com seus consumíveis. E esta bomba de amostragem com os seus consumíveis foi suficiente para coletar as amostras de fumos e gases em um soldador por empresa.

➤ Também foi coletado e analisado por cromatografia em fase gasosa, os gases CO e CO₂ no soldador, em cada uma das empresas e os valores obtidos então comparados com os descritos na NR-15 e na ACGIH.

➤ Quando o teor de carbono do arame e ou da peça a ser soldada ultrapassar 0,12%, o metal de adição (arame) perderá carbono na forma de CO e esse fenômeno pode causar porosidade (ESAB, 2005). E o metal de adição que foi usado nas soldas da empresa “A” e da empresa “B”, o arame OK 12.51, fabricado pela ESAB pode ter em sua composição até 0,15% de carbono, conforme mostrado na tabela 5.

➤ O soldador da empresa “B” ficou exposto ao CO acima do limite tolerável da ACGIH. E esta exposição provavelmente existiu pela maior energia de soldagem absorvida na solda que propiciou uma radiação maior que dissociou

ainda mais ainda o CO₂ presente no gás de proteção em CO em relação ao soldador da empresa "A".

➤ A maior energia de soldagem absorvida nas soldas da empresa "B", muito provavelmente também contribuiu para a perda de carbono na forma de CO.

➤ Caso tivessem sido disponibilizadas mais quatro bombas de amostragens com os seus respectivos acessórios e consumíveis totalizando então, cinco bombas de amostragens tinha sido possível ter coletado e analisado quantidade de amostras suficientes para fazer inferência estatística e testes de hipóteses.

6. CONCLUSÕES

➤ Como a coleta das amostras dos fumos e dos gases foram feitas em duas empresas do segmento metal mecânico de Pernambuco, houve enorme redução de custos neste trabalho. Não foi necessário comprar máquina de solda, metal de base, metal de adição e nem gás de proteção.

➤ As amostras coletadas dos fumos e dos gases refletem a realidade do processo fabril das duas empresas do segmento metal mecânico de Pernambuco.

➤ Com este trabalho foi dado ao ITEP todo o suporte de normas para poder analisar as amostras de fumos coletadas no soldador da empresa “A” e no soldador da empresa “B” pela técnica ICP-OES. Sendo estas as primeiras análises de fumos feitas em Pernambuco.

➤ Com esta pesquisa, também foi feito na SM Controle de Qualidade, o mesmo trabalho de suporte de normas para análises das amostras dos gases coletados na zona respiratória do soldador da empresa “A” e do soldador da empresa “B” pela técnica de cromatografia em fase gasosa. Sendo obtido também, em Pernambuco, os primeiros resultados das análises de gases efluentes de soldas.

➤ Os resultados das análises dos fumos por ICP-OES indicaram que nas duas empresas, cada soldador não estava exposto a fumos acima dos limites da ACGIH e da NR-15.

➤ As análises do CO₂ e do CO por cromatografia em fase gasosa, indicaram que o soldador da empresa “A” não ficava exposto acima dos limites toleráveis da ACGIH e da NR-15.

➤ Os resultados das análises do CO₂ e do CO, mostraram que o soldador da empresa “B” não estava exposto ao CO₂ acima dos limites da ACGIH e da NR-15 e nem ficava exposto ao CO além do limite tolerável da NR-15. Porém, este soldador ficou exposto ao CO acima do limite tolerável da ACGIH para este gás.

➤ O CO possui o peso molecular de 28,01 e apresenta a temperatura de ebulição de (-191,45°C) é um gás sem cor e sem odor, mas é tóxico e formado por combustão incompleta de carbono ou de compostos de carbono segundo a (FISPQ, 2009).

➤ E conforme já relatado, em 5.2 Discussão, o soldador da empresa “B” ficou exposto ao CO acima do limite tolerável da ACGIH. E esta exposição provavelmente existiu pela maior energia de soldagem absorvida na solda que propiciou uma radiação maior que dissociou ainda mais ainda o CO₂ presente no gás de proteção em CO em relação ao soldador da empresa “A”. E também em decorrência da maior energia de soldagem absorvida nas soldas da empresa “B”, que muito provavelmente também contribuiu para a perda de carbono na forma de CO.

➤ Os efeitos poluidores causados pelos fumos e pelos gases efluentes de processos de soldagens ao arco elétrico são resultantes do somatório de soldadores ativos nas empresas e sendo muito comum em estaleiros e grandes indústrias, haver centenas de soldadores.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Estudar os fumos e os gases gerados por outros processos de soldagens ao arco elétrico, tais como: GTAW, SMAW, GMAW utilizando apenas o dióxido de carbono como gás de proteção.

- Analisar os fumos e os gases gerados pelo processo de soldagens ao arco elétrico FCAW e comparar com os gerados no processo de soldagem GMAW.

- Analisar aqui, em Pernambuco, óxidos de nitrogênio (Nox) presentes nos gases efluentes das soldas ao arco elétrico.

- Quantificar as irradiações presentes nos processos de soldagens ao arco elétrico.

- Pesquisar as morbidades causadas nos soldadores que executam soldas ao arco elétrico.

REFERÊNCIAS

- AKBARKHANZADEH, Farhang. **Long-Term Effects of Welding Fumes Upon Respiratory Symptoms and Pulmonary Function**. Journal of Occupational Medicine, v. 22, n. 5, p. 337-341, 1980.
- AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION - AIHA. **Arc Welding and Your Health. A Handbook of Health Information for Welding**. Fairfax: AIHA Publications, 1984a, 16 p.
- ANTONINI J. M.; MURTHY G. G. K. **How welding fumes affect the welder**. Welding Journal 1998, v. 77, n. 10, p. 55-59.
- AWS. **Introductory Welding Metallurgy**. American Welding Society, 3. ed., Miami, USA, 1979.
- AWS. **Welding Handbook, Welding Science & Technology**. American Welding Society, v. 1, 9. ed., 2001.
- BARBOSA, R. P. **Metalurgia da Soldagem Soldabilidade dos Materiais**, Apostila, UNILESTEMG, Minas Gerais, MG, 2007.
- BEAUMONT, James J.; WEISS, Noel S. **Lung Cancer Among Welders**. Journal of Occupational Medicine, v. 23, n°. 12, p. 839-844, Dec 1981.
- BECKETT, W. S. **Welding. In: Occupational and environmental respiratory disease**. Edited by Philip, Harber, Marc, B., Shenker, and John, R. Balmes, Mosby, London, 1996; pp. 704.
- BOSS, C.; FREEDEN, K.; **Concepts, Instrumentation, and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry**; PerkinHelmer; USA, 1997.
- BRADSHAW, L. M.; FISHWICK, D.; SLATER, T. and PEARCE, N. **Chronic bronchitis, work related respiratory symptoms, and pulmonary function in welders in New Zealand**. Occup. Environ. Med., 1998; 55: 150-154.
- BURGESS, William A. **Identificação de possíveis riscos à saúde do trabalhador nos diversos processos industriais**. Tradução Ricardo Baptista. Belo Horizonte: Ergo Editora, 1997.
- CAMPBELL, I. and SCHONELL, M. **Respiratory Medicine**, Second edition, Churchill Livingstone, Edingburgh, 1984; pp. 212.
- CASTNER, Harvey R. **Gas Metal Arc Welding Fume Generation using Pulsed Current**, Welding Journal, 1995, v. 74, n. 2, p. 59-68.

CHUNG, K. Y. K.; AITKENT, R. J.; BRADLEY, D. R. **Development and Testing of a new sampler for welding fume.** *Annals of Occupational Hygiene*. v. 41, n. 3, Jun 1997, p. 355-372.

CIOLA R. , **Fundamentos da Cromatografia a gás**, Editora Edgard Blucher Ltda,. São Paulo, 1985.

COGGON, David; INSKIP, Hazel; WINTER, Paul and PANNET, Brian. Lobar **Pneumonia: an Occupational Disease in Welders.** *The Lancet*, v. 344, p. 41-43, 1994.

COLACIOPPO, Sérgio. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional.** v. 13, n. 49, janeiro, fevereiro, março, 1985, p. 50-77.

COLLEN, Morris F. **A Study of Pneumonia in Shipyards Workers, with Special Reference to Welders.** *Journal of Industrial Hygiene and Toxicology*, v. 29, n. 2, p. 113-122, 1946.

COTTES, J. E.; FEINMANN, E. L.; MALE, V. J.; RENNIE, F. S.; WICKHAM, C. A. **C. Respiratory Symptoms and Impairment in Shipyard Welders and Caulker/Burners.** *British Journal of Industrial Medicine*, v. 46, n. 10, p. 292-301, 1989.

EDNA et al. **Monitorização Biológica de Trabalhadores Expostos a Substâncias Químicas.** Belo Horizonte, Ergo Editora, 1992.

ENGBLOM, Gunnar; FALCK, Katarina. **Trends In Material, Welding and Cutting. Welding Processes Welding in The World/Le Soudage dans le Monde**, Roissy, v. 30, n. 7/8, p. 201-209, 1992.

ERHABOR, G. E.; FATUSI, S.; OBEMBE, O. B. **Pulmonary functions in ARC-welders in East.** *Afr Med J.* 2001; 78(9):461-4.

ERKINJUNTTI-PEKKANEN, R.; SLATER, T.; CHENG, S.; FISHWICK, D.; BRADSHAW, L.; KIMBELL-Dunn, *et al.* **Two year follow up of pulmonary function values among welders in New Zealand.** *Occup Environ Med* 1999; 56(5):328-33.

ESAB. **Apostila de soldagem MIG/MAG.** São Paulo, 2005.

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

FAWER, R. F.; WARD Gardner, A.; OAKES, D. **Absences Attributed to Respiratory Diseases in Welders.** *British Journal of Industrial Medicine.* v. 39, n.4, p. 149-152, 1982.

FISPQ - **(Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) do dióxido de carbono**, Disponível em:

<http://www.br.airliquide.com/file/otherelement/pj/e0/d1/78/7f/23.010%20%20di%C3%B3xido%20de%20carbono%20%C3%ADquido%20refrigerado7015882178484633319.pdf> >. Acesso em: 12 mar. de 2008.

FISPQ - **(Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) do monóxido de carbono**, Disponível em:

<http://www.br.airliquide.com/file/otherelement/pj/41/d5/ca/78/23.015%20%20mon%C3%B3xido%20de%20carbono1146763889900870661.pdf>>. Acesso em: 19 set. de 2009.

FISPQ - **(Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) do argônio**, Disponível em:

<http://www.br.airliquide.com/file/otherelement/pj/d3/2f/41/63/23.008%20%20arg%C3%B4nio%20comprimido2837941995461623964.pdf>>. Acesso em: 16 out. de 2012.

FISPQ - **(Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) do ozônio**, Disponível em:

www.br.airliquide.com/file/otherelement/pj/23018%20o187148.pdf>. Acesso em: 19 ago. de 2013.

FROSIG, Anne; BENDIXEN, Hanne; SHERSON, David. **Pulmonary Deposition of Particles in Welders: On-Site Measurements**. Archives of Environmental Health, local, v. 56, n. 6, p. 513-521, Nov/Dec 2001.

GAREIS, Bernardo. **A Soldagem, Simples como Ela É**. Coleção Manuais Técnicos, n. 9, Recife, SACTES, 1994, 223 p.

GOLDMAN, Cláudio Fernando. **Análise de Acidentes de Trabalho Ocorridos na Atividade da Indústria Metalúrgica e Metal Mecânica do Estado do Rio Grande do Sul em 1996 e 1997: Breve Interligação sobre o Trabalho do Soldador**, Porto Alegre, 2000 135 p. Dissertação - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GORBAN, L. N. **Hygienic assessment of new welding processes and materials**. Gigiena Truda i Professional'nye Zabolevaniya, n. 11, 1990, p. 50- 54.

GROTH, M.; LINGENBO O. **Respiratory symptoms in Danish welders**. Scand J Soc Med 1989; 17(4):271-6.

HARRIS, Ian D.; CASTNER, HARVEY R. **Reducing Worker Exposure to Welding Fume in Shipbuilding. Welding in The World/Le Soudage dans le Monde**, Roissy, v. 46, Special Issue: ADVANCED PROCESSES AND TECHNOLOGIES IN WELDING ALLIED PROCESSES, p. 129-138, 2002.

HEWIIT, Peter. **Occupational Health in Metal Arc Welding. Welding in The World/ Le Soudage dans le Monde**, Roissy, v. 43, n. 5, p. 12-19, 1999.

JENKINS, N. T.; MENDEZ, P. F.; EAGAR, T.W.; **Effect of Arc Welding Electrode Temperature on Vapor and Fume Composition. Proceedings of the Gas Metal Arc Welding for the 21 st Century Conference**; Orlando, FL, Dec 6-8, 2000, p. 2.

LANCASTER, J. F. **The Physics of Welding**. 2 Ed, Oxford, Pergamon Press, 1986, 340 p.

LOARINI, Lourival. **Toxicologia** 2ª. Ed., São Paulo, Editora Manole, 1993.

LUCAS, W; CARTER, G. **Factors to Be Considered in the Safe Use of Arc and Oxi Fuel Welding Processes. Welding in The World/Le Soudage dans le Monde**, Roissy, v. 43, Supplementary Issue: THE HUMAN FACTOR AND ITS ENVIRONMENT, p. 31-43, 1999.

LYTTLE, Kevin A. **Decrease Fume, Increase Productivity: Optimized Consumables Selection for an Improved Working Environment and Reduced Welding Costs. Welding in The World/Le Soudage dans le Monde**, Roissy, v. 43, Supplementary Issue: THE HUMAN FACTOR AND ITS ENVIRONMENT, p. 75-84, 1999.

MACHADO, Ivan Guerra. **Soldagem e técnicas conexas: Processos**, p. 2, 1996.

MACHADO, Ivan Guerra. **Soldagem e técnicas conexas: Processos**, p. 430, 1996.

MAGRINI, Rui de Oliveira. **Segurança do Trabalho na Soldagem Oxiacetilênica**. 2ª. Ed. São Paulo (FUNDACENTRO), 72 p., 1999.

MARINI, François. **Visual Function of the Welder: a Permanent Preoccupation. Welding in the World/Le Soudage dans le Monde**, Roissy, v. 33, n. 2, p. 87-90, 1994.

MELKILD, Ann; LANGARD, Sverre; ANDERSEN, Aage; STRAY Tonnensen, JOHAN N. **Incidence of Cancer Among Welders an other Workers in a Norwegian Shipyard**. Scandinavian Journal of Work Environment and Health, v. 15, p. 387-394, 1989.

MODENESI, P. J.; MARQUES, P. V. **Introdução aos Processos de Soldagem**. UFMG, Minas Gerais, MG, Novembro 2000.

MODENESI, Paulo J.; MARQUES, Paulo Villani. **Introdução aos Processos de Soldagem**, Soldagem I, p. 1, 2006.

MOREIRA, A. F., GALLEGOS, J., TOKIMATSU, R., YAMAKAKI, W. A. **Caracterização de revestimentos soldados com arame tubular**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 17º., 2006, Foz do Iguaçu, p. 5330-5340.

MORGAN, W. K. C. **The deposition and clearance of dust from the lungs, their role in the etiology of occupational lung disease.** In: Occupational lung diseases. Edited by Morgan, W.K.C. and Seaton, A., W.B. Saunders Philadelphia, 1984; pp. 78.

MORTAZAVANI, Seyed B. **Engineering Control of Occupational Exposure to Welding Fume by Process Modification. Welding Processes Welding in The World/Le Soudage dans le Monde**, Roissy, v. 39, n. 6, p. 297-303, 1997.

MORTENSEN, J. T. **Risk for reduced sperm quality among metal workers, with special reference to welders. Scand J Work Environ Health** 1988; 14(1): 27-30.

NEDERMAN. **Riscos e soluções para os fumos de solda.** Disponível em: <<http://www.nederman.com.br/Downloads/MANUALSAUDESOLDADORES.pdf>>. Acesso em: 15 mar. de 2013.

NEWHOUSE, M. L.; OAKES, D. and WOOLLEY, A. J. **Mortality of welders and other craftman at a shipyard in England.** Br. J. Ind. Med., 1985; 42: p. 400-410.

Nolte, J.; **ICP Emission Spectrometry, A practical Guide.** Willey-VCH; Weinheim, 2003, 267 p.

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL - NHO 08: **Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho.** São Paulo: Fundacentro, 2007.

O'BRIEN, Robert L. **JEFFERSON'S WELDING ENCYCLOPEDIA.** American Welding Society, Eighteenth Edition, 1997, p. 40-334.

PIPELINES WELDING HANDBOOK - ESAB Publication. ESAB Soldagem de Tubulações, Técnicas de soldagem, **Consumíveis de soldagem defeitos e soluções**, p. 12. Traduzido e adaptado por Fortes, Cleber - Assistência Técnica de Consumíveis, última revisão em Mar 2013.

QUIMBY, B. J.; ULRICH G.D. **Fume Formation Rates in Gas Metal Arc Welding. Welding Journal**, Apr 1999, p. 142-149.

QUITES, A. M. **INTRODUÇÃO A SOLDAGEM A ARCO VOLTAICO.** FLORIANÓPOLIS: SOLDASOFT, 2002, 352 P.

ROSADO, T.; PIRES I.; QUINTINO L. **Opportunities to Reduce Fume Emissions in Gas Metal Arc Welding**, ISQ-doc. VIII-2094-09.

SHEPPARD, D.; HUGHSON, W. G. and SHELLITO, J. **Occupational lung diseases.** In: Occupational Medicine. Edited by Joseph La Dou, Appleton and Lange, USA, 1990; p. 221-236.

SOBASZEK, A.; EDME, J. L.; BOULENGUEZ, C; SHIRALI, P.; MEREAU, M.; ROBIN, H.; HAGUENOER, J. M. **Respiratory symptoms and pulmonary function among stainless steel welders**. J. Occup Environ Med 1998; 40(3):223-9.

SOBES - Sociedade Brasileira de Engenharia de Segurança. **Gases e vapores no ambiente de trabalho**. Disponível em:<www.sobes.org.br>. Acesso em: 17 mai. de 2013.

STARLING, C. M. D.; MODENESI, P. J. **Caracterização do Cordão na Soldagem FCAW com um Arame Tubular Básico**. Soldagem e Inspeção, v. 13, n. 4, 2008, p. 304-318.

STULBARG, M. S. and ZIMMERMAN, L. **Chronic obstructive pulmonary disease**. In: **occupational and environmental respiratory disease**. Edited by Philip Harber, Marc, B. Shenker, and John, R. Balmes. Mosby London, 1996; pp. 228-239.

SULOTTO, F.; ROMANO, C.; PIOLATTO, G.; CHIESA, A.; CAPELLARO, E. **Discalzi G. Respiratory impairment and metal exposure in a group of 68 industrial welders**. Med Lav, 1989; 80:201-10.

THORNTON, M.; STARES, L. **Analysis of particulate fume generation rates from gas metal arc welding**. Welding Review International. v. 13, n. 4, nov 1994, p. 363-365.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Técnica Operatória da Soldagem GMAW**. Disponível em: <http://www.demet.ufmg.br/grad/disciplinas/emt019/pratica_gmaw.pdf>. Acesso em: 10 set. de 2010.

WILLEY, John. **Metallurgy and Mechanics Of Welding (process and Industrial Applications)**, Edited by Régis Blondeau, p. 441- 446, 2008.

WOLDEYOHANNES, M.; BERGEVIN, Y.; MGENI, A.Y. and THERIAULT, G. **Respiratory problems among cotton textile mill workers in Eithopia**. Br. J. Ind. Med., 1991; 48: 110-115.

WU, W.; ZHANG, Y.; ZHANG, F. **Studies on semen quality in workers exposed to manganese and electric welding**. Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi, 1996; 30 (5): 266-8.

YAMAME, K. **Low Fume Types of Welding Materials improve the Welding Environment**. Welding International, v. 21, n. 5, 2007, p. 337- 346.

ANEXOS

Figura 15 - Certificado de calibração da bomba de amostragem emitido pela Criffer





Certificado de Calibração
Nº 49.953.A-02.13

Data: 25-02-2013

Ciente: Servulo Jose Ferreira Alves
Rua: Capitão Sampaio Xavier, 435/802 - Graças - Recife/PE

Instrumento: Bomba de amostragem
Marca: Sensidyne

Modelo: GilAir BDX II
Nº de Série: 20120901088

Acessórios: LF-500 Kit de baixa vazão

Procedimento de calibração: PCA-007 - Rev. A

Rastreabilidade:

028 - Multímetro digital, marca: Agilent, modelo: 34401A número de série: 3146A43878, certificado de calibração número: E2048/2012, emitido pelo laboratório LABELO (RBC), com validade até dezembro de 2014.

013 - Calibrador de fluxo marca: FGG, número de série: BU-7494, certificado de calibração: 1370/2011, emitido pelo laboratório LAMEVOL - Laboratório de Metrologia Volumétrica, com validade até julho de 2013.

Condições ambientais:

Temperatura: 22,0°C ±0,2°C
Umidade Relativa do Ar: 60% UR ±7%UR

Resultado da calibração:

Vazão em (l/min)

Valor verdadeiro convencional	Valor no instrumento em calibração	Erro (%)	± IM (ml)
0,100	0,102	2,00	1
0,200	0,200	0,00	1
1,700	1,702	0,12	1
2,500	2,523	0,92	1

* Nas medições de vazão de 0,100 e 0,200 l/min, foi utilizado o Kit de baixa Vazão.

Notas:

Este certificado de calibração atende aos requisitos da NBR-ISO/IEC 17025 - 2005 e é válido apenas para unidade sob teste acima caracterizada.

A incerteza expandida de medição (IM) é declarada como a incerteza padrão combinada, multiplicada pelo fator de abrangência de k=2, o qual corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%, determinada em conformidade com o procedimento NIT-DICLA-021.

Este certificado refere-se exclusivamente ao item calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Recomendamos recalibrar o instrumento 01 ano após a data de emissão deste certificado.


 Faiblan Ferreira
 Responsável Técnico

Soluções Inteligentes em Instrumentos para Análise de Riscos Físicos, Químicos, Biológicos e Ergonômicos

Figura 16 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra 6 da empresa "A"

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 088.436 A



Recife, 16 de Outubro de 2013

Cliente: SÉRVULO JOSÉ FERREIRA ALVES			
Endereço: Rua Capitão Sampaio Xavier, nº435 – Aptº 802 – Graças – Recife - PE			
Natureza do trabalho: Análise físico - química		Material: Outros	
Ref. amostra: Fumo de Soldagem – Amostra nº06 – 1,01m ³ Filtrado			
Procedência amostra: Indústria Estabelecida em PE			
Local coleta: Máquina de Soldagem Mig (Fumo Soldagem)			
Data coleta: 1º dia de Trabalho - Junho 2013		Hora coleta: 8 - 17h	
Data recebimento amostra: 25/09/2013		Responsável coleta: Cliente	
	Resultados		
Parâmetros	mg/filtro	mg/m³	Método
Alumínio	0,014	0,013	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Cobre total	0,010	0,010	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Ferro total	0,462	0,455	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Magnésio total	0,033	0,032	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Manganês total	0,047	0,046	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Níquel total	0,002	0,002	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Zinco	<0,002	<0,002	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*

*Adaptado para digestão por microondas

Observações:

- Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam exclusivamente à amostra analisada.
- Os resultados apresentados neste documento não podem ser usados para fins promocionais.
- É proibida a reprodução parcial ou total deste documento sem a devida aprovação formal do laboratório.
- As datas dos ensaios listados neste Relatório são registrados na planilha de bancada.
- O volume filtrado foi fornecido pelo cliente.


 Silvio Mario Pereira da Silva
 Msc. Tecnologia Ambiental
 CRBIO 67.204/05-D PE
 Laboratório de Química Analítica

LQA nº 11369
OS nº 3067/2013

Relatório de Ensaio nº 088.436 A
fl. 1/1

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO - ITEP
 Av. Professor Luiz Freire, 700 – Cidade Universitária – Recife – PE – CEP: 50.740-540
 PABX: 81 3183.4399 Fax: 81 3183.4272 www.itep.br e-mail: itep@itep.br

Fonte: ITEP

Figura 17 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra 7 da empresa "A"

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 088.437 A



Recife, 16 de Outubro de 2013

Cliente: SÉRVULO JOSÉ FERREIRA ALVES			
Endereço: Rua Capitão Sampaio Xavier, nº435 - Aptº 802 - Graças - Recife - PE			
Natureza do trabalho: Análise físico - química		Material: Outros	
Ref. amostra: Fumo de Soldagem - Amostra nº7 - 1,01m ³ Filtrado			
Procedência amostra: Indústria Estabelecida em PE			
Local coleta: Máquina de Soldagem Mig (Fumo Soldagem)			
Data coleta: 1º dia de Trabalho - Junho 2013		Hora coleta: 8 - 17h	
Data recebimento amostra: 25/09/2013		Responsável coleta: Cliente	
Parâmetros	Resultados		Método
	mg/filtro	mg/m ³	
Alumínio	0,005	0,004	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Cobre total	0,021	0,021	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Ferro total	0,362	0,359	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Magnésio total	<0,025	<0,025	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Manganês total	0,060	0,059	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Níquel total	<0,001	<0,001	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Zinco	<0,002	<0,002	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*

*Adaptado para digestão por microondas

Observações:

- Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam exclusivamente à amostra analisada.
- Os resultados apresentados neste documento não podem ser usados para fins promocionais.
- É proibida a reprodução parcial ou total deste documento sem a devida aprovação formal do laboratório.
- As datas dos ensaios listados neste Relatório são registrados na planilha de bancada.
- O volume filtrado foi fornecido pelo cliente.


 Sílvia Maria Pereira da Silva
 Msc. Tecnologia Ambiental
 CRBIO 67.204/05-D PE
 Laboratório de Química Analítica

LQA nº 11370
OS nº 3067/2013

Relatório de Ensaio nº 088.437 A
fl. 1/1

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO - ITEP

Av. Professor Luiz Freire, 700 - Cidade Universitária - Recife - PE - CEP: 50.740-540
PABX: 81 3183.4399 Fax: 81 3183.4272 www.itep.br e-mail: itep@itep.br

Fonte: ITEP

Figura 18 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra T1 da empresa "A"

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 088.438 A



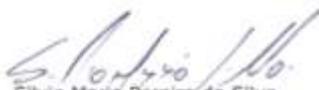
Recife, 16 de Outubro de 2013

Cliente: SÉRVULO JOSÉ FERREIRA ALVES			
Endereço: Rua Capitão Sampaio Xavier, nº435 - Aptº 802 - Graças - Recife - PE			
Natureza do trabalho: Análise físico - química		Material: Outros	
Ref. amostra: Fumo de Soldagem - Amostra Nº T1 - 1,016m ³ Filtrado			
Procedência amostra: Indústria Estabelecida em PE			
Local coleta: Máquina de Soldagem Mig (Fumo Soldagem)			
Data coleta: 1º dia de Trabalho - Junho 2013		Hora coleta: 8 - 17h	
Data recebimento amostra: 25/09/2013		Responsável coleta: Cliente	
Parâmetros	Resultados		Método
	mg/filtro	mg/m ³	
Alumínio	0,005	0,005	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Cobre total	0,011	0,010	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Ferro total	0,420	0,415	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Magnésio total	<0,025	<0,025	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Manganês total	0,061	0,060	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Níquel total	<0,001	<0,001	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Zinco	<0,002	<0,002	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*

*Adaptado para digestão por microondas

Observações:

- Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam exclusivamente à amostra analisada.
- Os resultados apresentados neste documento não podem ser usados para fins promocionais.
- É proibida a reprodução parcial ou total deste documento sem a devida aprovação formal do laboratório.
- As datas dos ensaios listados neste Relatório são registrados na planilha de bancada.
- O volume filtrado foi fornecido pelo cliente.


 Silvio Mario Pereira da Silva
 Msc. Tecnologia Ambiental
 CRBIO 67.204/05-D PE
 Laboratório de Química Analítica

LQA nº 11371
OS nº 3067/2013

Relatório de Ensaio nº 088.438 A
fl. 1/1

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO - ITEP

Av. Professor Luiz Freire, 700 - Cidade Universitária - Recife - PE - CEP: 50.740-540
PABX: 81 3183.4399 Fax: 81 3183.4272 www.itep.br e-mail: itep@itep.br

Fonte: ITEP

Figura 19 - Análises dos gases das soldas GMAW das amostras 1,2,3 e 4 da empresa "A"



CONTROLE DE QUALIDADE LTDA.

Recife, 30 de Novembro de 2013

Relatório Nº: 3371/13

Para: Sr Sérvulo Alves

De: SM Controle de Qualidade Ltda.

Serviço executado:

Determinação dos teores de Monóxido e Dióxido de Carbono de quatro amostras de ar coletadas pelo cliente em bolsas coletoras de capacidade 2 litros.

Metodologia analítica usada:

As análises foram efetuadas por cromatografia em fase gasosa usando cromatógrafo marca Varian 3.400 equipado com detectores de ionização de chama e condutividade térmica, metanador e colunas de Porapak N e Peneira Molecular. Para calibração foi usada mistura padrão contendo teores conhecidos de Hidrogênio, Metano, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Etileno, Etano e Acetileno, sendo o balanço efetuado com Nitrogênio.

Os teores dos gases em estudo no padrão são: Monóxido de Carbono: 0,497% CO e Dióxido de Carbono: 0,503% CO₂.

Os resultados das amostras foram obtidos comparando as áreas dos picos do CO e CO₂ referentes às amostras com as referentes ao padrão.

Características da amostragem: Foram efetuadas com bomba succionadora com vazão de 2 litros por minuto. Cada coleta foi realizada durante um minuto e trinta segundos.

Identificação das amostras:

Amostra 1: Ar ambiente antes da soldagem. Coleta: 29/10/13; Análise: 30/10/13.

Amostra 2: Ar ambiente 10 minutos após início da soldagem. Coleta: 06/11/13; Análise: 07/11/13.

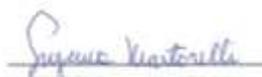
Amostra 3: Ar ambiente 20 minutos após início da soldagem. Coleta: 06/11/13; Análise: 07/11/13.

Amostra 4: Ar ambiente 30 minutos após início da soldagem. Coleta: 06/11/13; Análise: 07/11/13.

Resultados obtidos:

REFERÊNCIAS DAS AMOSTRAS	% CO	ppm CO	% CO ₂	ppm CO ₂
Amostra 1	0,00037	3,7	0,06557	655,7
Amostra 2	0,00091	9,1	0,25973	2.597,3
Amostra 3	0,00352	35,2	0,51360	5.136,0
Amostra 4	0,00356	35,6	0,46770	4.671,0


 Químico EDMILSON O. DOS SANTOS
 CRQ nº 01203911


 Eng^a SUZANA MARTORELLI
 CRQ nº 01300574

Rua Florentino O. dos Santos, 54 Alagados - Recife - PE - CEP 50830-470 - CNPJ: (M.F.) 41.054.453/0001-88 - Inscrição Estadual Isento
 Fone: (81) 3428.3284 / Telefax: (81) 3428.2466
 e-mail: sm-controle@quol.com.br

Figura 20 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra 17 da empresa "B"

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 089.759



Recife, 11 de Novembro de 2013

Cliente: SÉRVULO JOSÉ FERREIRA ALVES			
Endereço: Rua Capitão Sampaio Xavier, nº435 – Aptº 802 – Graças – Recife – PE			
Natureza do trabalho: Análise físico - química		Material: Outros	
Ref. amostra: Fumo Metálico de Soldagem MIG – 17 – 1,01m ³ Filtrado			
Procedência amostra: Não Informada			
Local coleta: Empresa Estabelecida em PE Região Sul do Estado			
Data coleta: 16/09/2013		Hora coleta: 08:00 às 17:10h	
Data recebimento amostra: 21/10/2013		Responsável coleta: Cliente	
	Resultados		
Parâmetros	mg/filtro	mg/m³	Método
Alumínio	0,062	0,061	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Cobre total	<0,002	<0,002	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Ferro total	0,869	0,860	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Magnésio total	<0,025	<0,025	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Manganês total	0,061	0,061	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Níquel total	<0,001	<0,001	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Zinco	<0,002	<0,002	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*

*Adaptado para digestão por microondas

Observações:

- Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam exclusivamente à amostra analisada.
- Os resultados apresentados neste documento não podem ser usados para fins promocionais.
- É proibida a reprodução parcial ou total deste documento sem a devida aprovação formal do laboratório.
- As datas dos ensaios listados neste Relatório são registrados na planilha de bancada.
- O volume filtrado foi fornecido pelo cliente.


 Silvio Mario Pereira da Silva
 Msc. Tecnologia Ambiental
 CRBIO 67.204/05-D PE
 Laboratório de Química Analítica

LQA nº 11618
OS nº 3067/2013

Relatório de Ensaio nº 089.759
fl. 1/1

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO - ITEP

Av. Professor Luiz Freire, 700 – Cidade Universitária – Recife – PE – CEP: 50.740-540
PABX: 81 3183.4399 Fax: 81 3183.4272 www.itep.br e-mail: itep@itep.br

Fonte: ITEP

Figura 21 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra 18 da empresa "B"

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 089.760



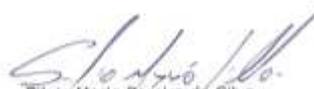
Recife, 11 de Novembro de 2013

Cliente: SÉRVULO JOSÉ FERREIRA ALVES			
Endereço: Rua Capitão Sampaio Xavier, nº435 - Aptº B02 - Graças - Recife - PE			
Natureza do trabalho: Análise físico - química		Material: Outros	
Ref. amostra: Fumo Metálico de Soldagem MIG - 18 - 1,01m ³ Filtrado			
Procedência amostra: Indústria Estabelecida em PE			
Local coleta: Empresa Estabelecida em PE Região Sul do Estado			
Data coleta: 17/09/2013		Hora coleta: 08:00 às 17:00h	
Data recebimento amostra: 21/10/2013		Responsável coleta: Cliente	
Parâmetros	Resultados		Método
	mg/filtro	mg/m ³	
Alumínio	0,054	0,053	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Cobre total	<0,002	<0,002	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Ferro total	0,987	0,978	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Magnésio total	0,049	0,048	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Manganês total	0,150	0,148	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Níquel total	<0,001	<0,001	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Zinco	<0,002	<0,002	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*

*Adaptado para digestão por microondas

Observações:

- Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam exclusivamente à amostra analisada.
- Os resultados apresentados neste documento não podem ser usados para fins promocionais.
- É proibida a reprodução parcial ou total deste documento sem a devida aprovação formal do laboratório.
- As datas dos ensaios listados neste Relatório são registrados na planilha de bancada.
- O volume filtrado foi fornecido pelo cliente.


 Silvio Mario Pereira da Silva
 Msc. Tecnologia Ambiental
 CRBIO 67.204/05-D PE
 Laboratório de Química Analítica

LQA nº 11619
OS nº 3067/2013

Relatório de Ensaio nº 089.760
fl. 1/1

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO - ITEP

Av. Professor Luiz Freire, 700 - Cidade Universitária - Recife - PE - CEP: 50.740-540
PABX: 81 3183.4399 Fax: 81 3183.4272 www.itep.br e-mail: itep@itep.br

Fonte: ITEP

Figura 22 - Análise dos fumos da solda GMAW da amostra T4 da empresa "B"


ITEP
 Instituto de Tecnologia
 de Pernambuco

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 089.755

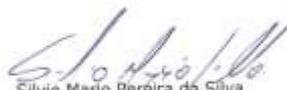
Recife, 11 de Novembro de 2013

Cliente: SERVULO JOSÉ FERREIRA ALVES			
Endereço: Rua Capitão Sampaio Xavier, nº435 - Aptº 802 - Graças - Recife - PE			
Natureza do trabalho: Análise físico - química		Material: Outros	
Ref. amostra: Fumo Metálico de Soldagem MIG T4- 0,98m ³ Filtrado			
Procedência amostra: Indústria Estabelecida em PE			
Local coleta: Empresa Estabelecida em PE Região Sul do Estado			
Data coleta: 24/09/2013		Hora coleta: 08:00 às 17:00h	
Data recebimento amostra: 21/10/2013		Responsável coleta: Cliente	
Resultados			
Parâmetros	mg/filtro	mg/m ³	Método
Alumínio	0,035	0,036	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Cobre total	0,003	0,003	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Ferro total	0,643	0,656	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Magnésio total	<0,025	<0,025	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Manganês total	0,024	0,024	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Níquel total	<0,001	<0,001	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*
Zinco	<0,002	<0,003	LQA-PT-015/ NIOSH METHOD 7303*

*Adaptado para digestão por microondas

Observações:

- a) Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam exclusivamente à amostra analisada.
- b) Os resultados apresentados neste documento não podem ser usados para fins promocionais.
- c) É proibida a reprodução parcial ou total deste documento sem a devida aprovação formal do laboratório.
- d) As datas dos ensaios listados neste Relatório são registrados na planilha de bancada.
- e) O volume filtrado foi fornecido pelo cliente.


 Silvio Mario Pereira da Silva
 Msc. Tecnologia Ambiental
 CRBIO 67.204/05-D PE
 Laboratório de Química Analítica

LQA nº 11614
 OS nº 3067/2013

Relatório de Ensaio nº 089.755
 fl. 1/1

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO - ITEP

Av. Professor Luiz Freire, 700 – Cidade Universitária – Recife – PE – CEP: 50.740-540
 PABX: 81 3183.4399 Fax: 81 3183.4272 www.itep.br e-mail: itep@itep.br

Figura 23 - Análises dos gases das soldas GMAW das amostras 5,6,7 e 8 da empresa "B"



CONTROLE DE QUALIDADE LTDA.

Recife, 06 de Janeiro de 2014

Relatório Nº: 0003/14

Para: Sr Sérvulo Alves

De: SM Controle de Qualidade Ltda.

Serviço executado:

Determinação dos teores de Monóxido e Dióxido de Carbono de quatro amostras de ar coletadas pelo cliente em bolsas coletoras de capacidade 2 litros.

Metodologia analítica usada:

As análises foram efetuadas por cromatografia em fase gasosa usando cromatógrafo marca Varian 3.400 equipada com detetores de ionização de chama e condutividade térmica, metanador e colunas de Porapak N e Peneira Molecular. Para calibração foi usada mistura padrão contendo teores conhecidos de Hidrogênio, Metano, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Etileno, Etano e Acetileno, sendo o balanço efetuado com Nitrogênio.

Os teores dos gases em estudo no padrão são: Monóxido de Carbono: 0,497% CO e Dióxido de Carbono: 0,503% CO₂.

Os resultados das amostras foram obtidos comparando as áreas dos picos do CO e CO₂ referentes às amostras com as referentes ao padrão.

Características da amostragem: Foram efetuadas com bomba succionadora com vazão de 2 litros por minuto. Cada coleta foi realizada durante um minuto e trinta segundos.

Identificação das amostras:

Amostra 5: Ar ambiente antes da soldagem. Coleta: 19/12/13 (9h:15min); Análise: 19/12/13.

Amostra 6: Ar ambiente 25 minutos após início da soldagem. Coleta: 19/12/13 (9h:40min); Análise: 19/12/13.

Amostra 7: Ar ambiente 40 minutos após início da soldagem. Coleta: 19/12/13 (9h:55min); Análise: 19/12/13.

Amostra 8: Ar ambiente 55 minutos após início da soldagem. Coleta: 19/12/13 (10h:10min); Análise: 19/12/13.

Resultados obtidos:

REFERÊNCIAS DAS AMOSTRAS	% CO	ppm CO	% CO ₂	ppm CO ₂
Amostra 5	0,00159	15,9	0,08896	889,6
Amostra 6	0,00297	29,7	0,33564	3.356,4
Amostra 7	0,00391	39,1	0,45651	4.565,1
Amostra 8	0,00669	66,9	0,37767	3.776,7

Edmilson O dos Santos

Químico EDMILSON O. DOS SANTOS
CRQ nº 01203911

Suzana Martorelli

Eng^o SUZANA MARTORELLI
CRQ nº 01300574

Rua Florentino O. dos Santos, 54 - Afogados - Recife - PE - CEP 50830-470 - CNPJ: (M.F.) 41.054.453/0001-88 - Insc. Est: ISENTA

Fone: (81) 3428.3284 / Telefax: (81) 3428.2466

e-mail: smcontroleq@gmail.com sm-controle@uol.com.br

Fonte: SM Controle de Qualidade