

GUILHERME AUGUSTO GONÇALVES SANTOS

MÁSCARA DE SOLDA COM SISTEMA DE EXAUSTÃO ADAPTADO:
AVALIAÇÃO POR AMOSTRAGEM DE FUMOS METÁLICOS

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de especialista em
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo
2010

AGRADECIMENTOS

A todos os professores do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho do Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da USP, em especial os professores Mauricio Torloni e Antonio Vladimir Vieira, pelo auxílio na construção deste trabalho.

Aos professores Benjamin, Landoulfo e Jair da Escola SENAI Mariano Ferraz, por viabilizarem a infra-estrutura necessária para realização da amostragem.

Aos familiares, amigos e a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na elaboração desta monografia.

Péssimo é o ganho que ocasiona a morte.
(Ramazzini)

RESUMO

Estudos sobre os aspectos técnicos da soldagem de ligas inoxidáveis apontam o câncer ocupacional como a situação extrema dos prejuízos provocados a saúde dos soldadores destes materiais. O presente trabalho avaliou um protótipo de proteção respiratória para soldadores, por meio da amostragem dos fumos metálicos gerados na soldagem do aço inoxidável tipo 316L. Para tanto, o agente químico cromo hexavalente, apontado como cancerígeno para humanos, foi utilizado como agente indicador para quantificar o nível da inalação destes fumos durante o processo de soldagem. Os resultados mostraram que a utilização da máscara de solda com sistema de exaustão adaptado reduziu em 30% a concentração do cromo hexavalente na zona respiratória do soldador, em comparação a concentração observada com o uso da máscara convencional. A atenuação observada aponta o protótipo como uma forma eficaz de atenuar a exposição dos soldadores aos fumos metálicos.

Palavras-chave: Soldagem. Aço Inoxidável. Cromo Hexavalente. Câncer Ocupacional. Amostragem.

ABSTRACT

Studies on the technical aspects of welding of stainless alloys shows the occupational cancer as an extreme case of damage to the health of welders. This study evaluated a prototype of respiratory protection for welders through the sampling of welding fumes generated during the stainless steel type 316L welding. The chemical hexavalent chromium, identified as carcinogenic to humans, was used as an indicator to measure the level of inhalation of welding fumes, during the welding process. The results showed that the use of the solder mask coupled with an exhaust system reduced 30% of hexavalent chromium concentration in the welder breathing zone, if compared with concentrations observed using the conventional mask. This attenuation indicates the prototype as an effective way to reduce the exposure of welders to the welding fumes.

Keywords: Welding. Stainless Steel. Hexavalent Chromium. Occupational Cancer. Sampling

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Desenho da máscara	15
Figura 2 – Esquema de funcionamento da máscara	16
Figura 3 – Composição da Liga 316L	18
Figura 4 – Principais processos de soldagem por fusão (Parte 1)	20
Figura 5 – Principais processos de soldagem por fusão (Parte 2)	21
Figura 6 – Processo de soldagem GMAW	22
Figura 7 – Instalação para soldagem GMAW	23
Figura 8 – Arame tubular – vista em corte	24
Figura 9 – Presença de fumos metálicos durante a soldagem	27
Figura 10 – Fluxograma do cromo	28
Figura 11 – Fluxograma das fases de intoxicação	30
Figura 12 – Quadro I Anexo I da NR-7	34
Figura 13 – Estratégia de prevenção de câncer da OMS	38
Figura 14 – Local de realização da amostragem	42
Figura 15 – Esquema de montagem do dispositivo de coleta.....	46
Figura 16 – Coleta nº1	47
Figura 17 – Cassete após amostragem nº1	48
Figura 18 – Coleta nº2	49
Figura 19 – Cassete após amostragem nº2	50
Figura 20 – Soldagem durante a coleta nº2.....	50
Figura 21 – Coleta nº3	51
Figura 22 – Cassete após amostragem nº3	52
Figura 23 – Soldagem durante a coleta nº3.....	52
Figura 24 – Funcionamento do sistema de exaustão adaptado.....	53
Figura 25 – Diagrama óptico do espectrofotômetro.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas brasileiras referentes ao ano de 2008 para as principais atividades que envolvem soldagem de metais	13
Tabela 2 – TLV® para CrVI	32
Tabela 3 – Limites de tolerância segundo ACGIH® (TLV®) e adaptado (LT _{BR})	33
Tabela 4 – BEIs® para cromo hexavalente	35
Tabela 5 – Número de substâncias classificadas pela IARC em abril de 2009.....	37
Tabela 6 – Principais Parâmetros do procedimento 7600	41
Tabela 7 – Equipamentos e materiais utilizados na amostragem	43
Tabela 8 – Dados da coleta nº1.....	47
Tabela 9 – Dados da coleta nº2.....	49
Tabela 10 – Dados da coleta nº3.....	51
Tabela 11 – Resultados das análises químicas para CrVI	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCâncer	Associação Brasileira do Câncer
ABHO	Associação Brasileira de Higiene Ocupacional
ACGIH®	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AEAT	Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
AWS	American Welding Society
BEIs®	Biological Exposure Indices
CAT	Comunicação de Acidentes do Trabalho
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
Cr(VI)	Cromo Hexavalente
FCAW	Flux Cored Arc Welding
GMAW	Gas Metal Arc Welding
IARC	International Agency for Research on Cancer
IBMP	Índice Biológico Máximo Permitido
INCA	Instituto Nacional do Câncer
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INSS	Instituto Nacional de Seguridade Social
LT	Limite de Tolerância
MAG	Metal Active Gas
MIG	Metal Inert Gas
MPS	Ministério da Previdência Social
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NR	Norma Regulamentadora
OMS	Organização Mundial de Saúde
PFF	Peça Facial Filtrante
PVC	Policloreto de Vinila
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
TLVs®	Threshold Limit Values
VR	Valor de Referência da Normalidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO	12
1.2 JUSTIFICATIVA	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 ESTATÍSTICAS BRASILEIRAS SOBRE DOENÇAS DO TRABALHO	14
2.2 MÁSCARA DE SOLDA COM SISTEMA DE EXAUSTÃO ADAPTADO	15
2.2.1 Funcionamento do sistema de exaustão	16
2.3 SOLDAGEM DE AÇOS INOXIDÁVEIS	17
2.3.1 Aço Inoxidável	17
2.3.2 Aço inoxidável austenítico - Liga 316L	17
2.3.3 Processos de soldagem	19
2.3.4 Processo de soldagem GMAW	22
2.3.5 Soldagem com arames tubulares	24
2.3.6 Gases de proteção	25
2.3.7 Mistura Ar + CO ₂	25
2.4 A PRESENÇA DOS FUMOS METÁLICOS E DO CROMO NOS PROCESSO DE SOLDAGEM	26
2.4.1 Fumos metálicos	26
2.4.2 Cromo	27
2.4.3 Cromo Hexavalente - Cr(VI)	29
2.4.4 Fases de intoxicação	30
2.5 LIMITES DE TOLERÂNCIA	31
2.5.1 Limite de exposição ocupacional	31
2.5.2 TLVs®	32
2.5.3 Índice biológico de exposição	34
2.5.4 BEIs®	35
2.6 EXTREMO DO ADOECIMENTO DE TRABALHADORES: Câncer OCUPACIONAL	36
2.6.1 Cromo Hexavalente e câncer de pulmão	39
3 MATERIAIS E MÉTODOS	40

3.1 ESCOLHA DO PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS	41
3.2 COLETA DE DADOS	42
3.2.1 Montagem do dispositivo de coleta	46
3.2.2 Coleta nº 1	47
3.2.3 Coleta nº2	49
3.2.4 Coleta nº3	51
3.3 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO MATERIAL COLETADO	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5 CONCLUSÃO	
LISTA DE REFERÊNCIAS	58
ANEXO A – Terminologia da amostragem	63
ANEXO B – Formulário para registro de dados	64
ANEXO C – Relatório de análise química da coleta nº 1	65
ANEXO D – Relatório de análise química da coleta nº 2	66
ANEXO E – Relatório de análise química da coleta nº 3	67

1 INTRODUÇÃO

Na soldagem de metais em geral, desprendem-se gases e vapores das peças em fusão, provenientes dos consumíveis utilizados, de substâncias presentes na superfície da peça, de materiais adicionados à solda para melhorar suas propriedades e gases utilizados como protetores da área onde os metais são fundidos (poça de fusão). Quando em contato com o ar, oxidam-se e formam os fumos da solda.

Os fumos de solda representam um sério risco à saúde dos soldadores, diversos são os prejuízos à saúde relacionados aos fumos de solda: febre dos fumos metálicos, rinite, asma, bronquite crônica, edema pulmonar, pneumonia, fibrose pulmonar, distúrbios no sistema nervoso central, câncer de pulmão, distúrbios no sistema reprodutivo entre outros. O risco se agrava de acordo com o tipo de processo e de metal. Na soldagem de aços inoxidáveis, são liberadas principalmente partículas de cromo hexavalente, substância considerada cancerígena para seres humanos (IARC 1987). Segundo o último registro do Ministério da Previdência Social, dentre as principais atividades econômicas passíveis da utilização de processos de soldagem, temos a cifra de 742 trabalhadores afastados por doenças originadas no trabalho.

Como forma de proteção às partículas metálicas, os soldadores têm à disposição no mercado: máscaras do tipo peça facial filtrante (PFF), máscaras de solda com sistema de insuflação de ar e exaustores. Eficácia comprometida pelo tamanho e pela colocação, custo elevado e utilização limitada a postos de trabalho fixos, são respectivamente os pontos a serem considerados a respeito dos equipamentos de proteção disponíveis para os soldadores.

Existe uma lacuna no mercado referente a equipamentos de atenuação à inalação de partículas metálicas. Não há uma máscara de solda de baixo custo que possibilite proteção respiratória ao soldador. Em 2007 foi desenvolvida uma máscara de solda com sistema de exaustão adaptado. O protótipo foi submetido a diversos testes com soldadores, apresentando resultados positivos, que indicaram a necessidade de um aprofundamento teórico no campo da engenharia de segurança do trabalho.

1.1 OBJETIVO

Esta monografia trata da realização de uma amostragem de fumos presentes no processo de soldagem Gas Metal Arc Welding (GMAW), utilizando aço inoxidável tipo 316L, na forma de arame tubular, que visa atingir os seguintes objetivos:

A – Explicar o processo de soldagem GMAW

B – avaliar o funcionamento da máscara com sistema de exaustão adaptado, através da amostragem de Cromo hexavalente.

1.2 JUSTIFICATIVA

Avaliar o protótipo da máscara de solda com sistema de exaustão adaptado é um importante passo no desenvolvimento de uma nova tecnologia que visa à redução da exposição dos soldadores aos fumos de solda.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ESTATÍSTICAS BRASILEIRAS SOBRE DOENÇAS DO TRABALHO

No ano de 2008, foram computados pelo Ministério da Previdência Social, 747.663 acidentes de trabalho, deste valor 18.576 refere-se a doenças de trabalho. Do número total de acidentes, 27% são classificados como “Sem CAT Registrada”, onde, segundo o MPS (2008), corresponde ao número de acidentes cuja Comunicação de Acidentes do Trabalho (CAT) não foi cadastrada pelo Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS).

Para refinar os valores estatísticos referentes a doenças do trabalho, foram selecionadas, através da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), as principais atividades que envolvem a utilização de processos de soldagem.

Tabela 1 – Estatísticas brasileiras referentes ao ano de 2008 para as principais atividades que envolvem soldagem de metais.

CNAE	Denominação	Número de acidentes 2008		
		Total	Doenças do trabalho	Sem CAT registrada
2511	Fabricação de estruturas metálicas	2895	52	514
2513	Fabricação de obras de caldeiraria pesada	830	16	121
2521	Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central	527	3	120
2522	Fabricação de caldeiras geradoras de vapor, exceto para aquecimento central e para veículos	169	3	29
2539	Serviços de usinagem, solda, tratamento e revestimento de metais	1903	50	388
2599	Fabricação de produtos de metal não especificados anteriormente	4323	100	606
2865	Fabricação de máquinas e equipamentos para as indústrias de celulose, papel e papelão e artefatos	221	3	27
2910	Fabricação de automóveis, camionetas	5786	418	1078
3011	Construção de embarcações e estruturas flutuantes	1476	18	248

continua

continuação

CNAE	Denominação	Número de acidentes 2008		
		Total	Doenças do trabalho	Sem CAT registrada
3031	Fabricação de locomotivas, vagões e outros materiais rodantes	435	58	50
3311	Manutenção e reparação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras, exceto para veículos	94	1	30
3314	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos da indústria mecânica	1383	19	301
3315	Manutenção e reparação de veículos ferroviários	103	-	15
3317	Manutenção e reparação de embarcações	63	1	12
Total		20208	742	3539

conclusão

Fonte: BRASIL. Ministério do Seguro Social (2008)

Para os 14 grupos de atividades selecionados, as doenças do trabalho representam um percentual de 4,5% do total de acidentes com CAT registrada. Dos 3539 casos sem CAT registrada, fica a incógnita da quantidade de ocorrências relacionadas a doenças do trabalho.

Estes números são importantes, porque através deles forma-se uma base para a indicação, aplicação e controle de medidas de prevenção, embora mostrem parte da realidade brasileira, dado que estas estatísticas representam apenas os trabalhadores em acordo com a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

Segundo Aquino apud BS 8750 (1996), estatísticas sobre acidentes e doenças do trabalho não retratam a dor e sofrimento que cada evento provoca nas vítimas, em seus familiares, companheiros de trabalho e amigos.

2.2 MÁSCARA DE SOLDA COM SISTEMA DE EXAUSTÃO ADAPTADO

O conjunto é formado por uma máscara de solda padrão e um jogo de mini-ventiladores que trabalham como exaustores dentro de uma pequena caixa posicionada na parte frontal da máscara.

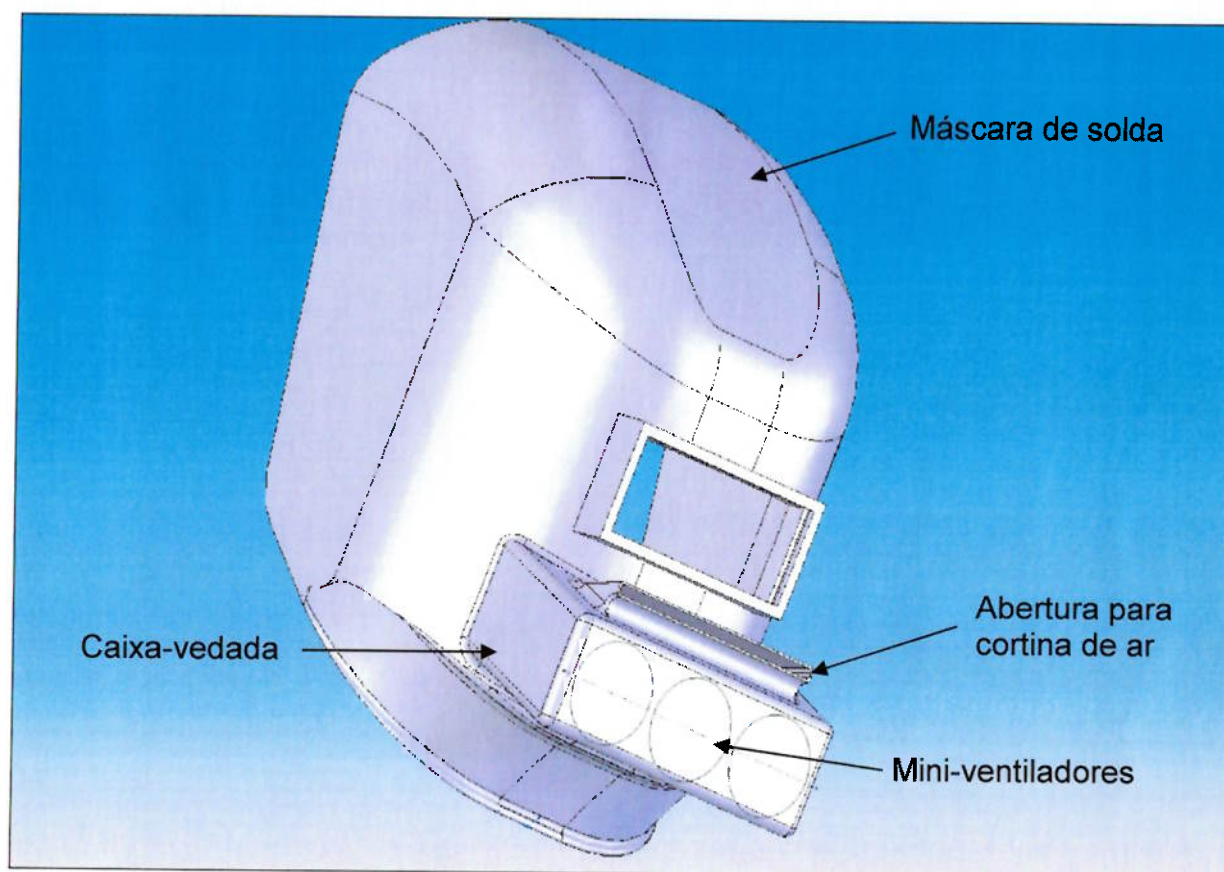


Figura 1 – Desenho da máscara

2.2.1 Funcionamento do sistema de exaustão

O sistema é alimentado por energia elétrica, bateria ou adaptador conectado à rede elétrica. Os mini-ventiladores desviam o fluxo da fumaça antes de ela chegar à parte interna da máscara. A caixa de exaustão tem uma abertura em sua parte superior, de onde sai uma cortina de ar que afasta os fumos e gases que venham em direção ao soldador.

O sistema entra em funcionamento através de uma chave de contato que está posicionada no lado de dentro do elmo. Quando o operador o abaixa a chave, fecha circuito e aciona o sistema de exaustão.

Os fumos metálicos e gases que seguirem em direção ao operador são sugados pelo fluxo de exaustão ou são afastados pela cortina de ar.

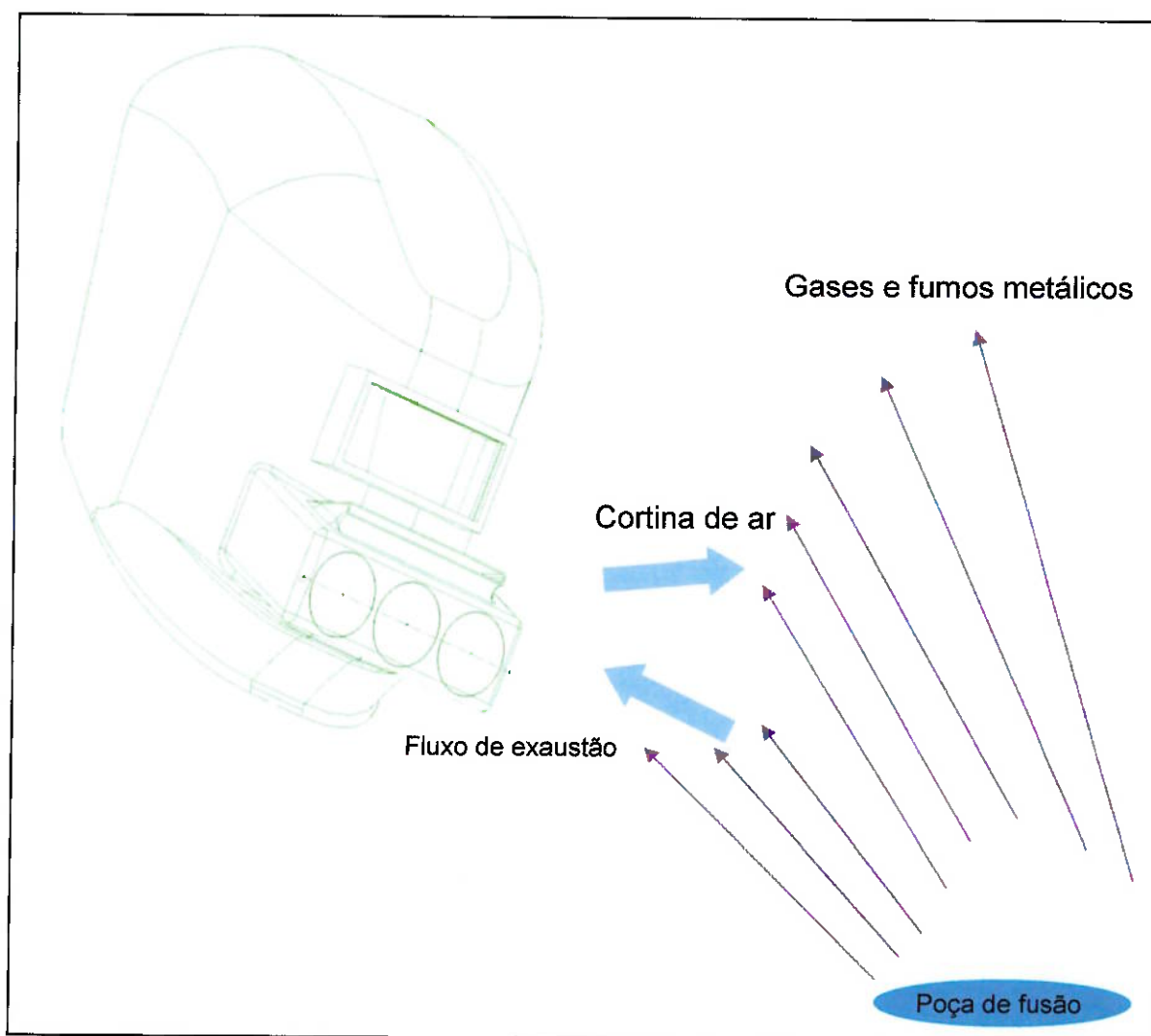


Figura 2 – Esquema de funcionamento da máscara

2.3 SOLDAGEM DE AÇOS INOXIDÁVEIS

2.3.1 Aço Inoxidável

Aço inoxidável é toda liga de aço e cromo, contendo ou não outros elementos. A característica principal é a resistência à corrosão, obtida pela taxa de pelo menos 11% de cromo. Para Kelly (2006), os aços inoxidáveis podem ser classificados em seis categorias básicas: ferríticos, martensíticos, martensíticos temperados, austeníticos-ferríticos, austeníticos e ligas de níquel.

2.3.2 Aço inoxidável austenítico - Liga 316L

Aços inoxidáveis austeníticos contêm uma combinação de cromo, níquel e manganês. São características a resistência à corrosão e oxidação, a rápida expansão térmica, a ductilidade e a soldabilidade.

A American Welding Society (1997) afirma que o tipo 316L apresenta como propriedade alta tensão de ruptura, a mais elevada de toda a categoria. De acordo com Kelly (2006), o tipo 316L é o aço inoxidável austenítico mais utilizado, muito comum em equipamentos para processos químicos.

Composição dos aços inoxidáveis austeníticos									
Tipo	UNS	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Outros
201	S20100	0.15	5.5-7.5	1.00	16.0-18.0	3.5-5.5	0.06	0.03	0.25 N
202	S20200	0.15	7.5-10.0	1.00	17.0-19.0	4.0-6.0	0.06	0.03	0.25 N
301	S30100	0.15	2.00	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	0.045	0.03	
302	S30200	0.15	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.045	0.03	
302B	S30215	0.15	2.00	2.0-3.0	17.0-19.0	8.0-10.0	0.045	0.03	
303	S30300	0.15	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.20	0.15 min	0-0.6 Mo
303Se	S30323	0.15	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.20	0.06	0.15 Se min
304	S30400	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-10.5	0.045	0.03	
304L	S30403	0.03	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-12.0	0.045	0.03	
305	S30500	0.12	2.00	1.00	17.0-19.0	10.5-13.0	0.045	0.03	
308	S30800	0.08	2.00	1.00	19.0-21.0	10.0-12.0	0.045	0.03	
309	S30900	0.20	2.00	1.00	22.0-24.0	12.0-15.0	0.045	0.03	
309S	S30908	0.08	2.00	1.00	22.0-24.0	12.0-15.0	0.045	0.03	
310	S31000	0.25	2.00	1.50	24.0-26.0	19.0-22.0	0.045	0.03	
310S	S31008	0.08	2.00	1.50	24.0-26.0	19.0-22.0	0.045	0.03	
314	S31400	0.25	2.00	1.5-3.0	23.0-26.0	19.0-22.0	0.045	0.03	
316	S31600	0.08	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo
316L	S31603	0.03	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo
317	S31700	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	11.0-15.0	0.045	0.03	3.0-4.0 Mo
317L	S31703	0.03	2.00	1.00	18.0-20.0	11.0-15.0	0.045	0.03	3.0-4.0 Mo
321	S32100	0.08	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-12.0	0.045	0.03	5 x %C Ti min

Figura 3 – Composição da liga 316L

Fonte: KELLY, J. (2006)

2.3.3 Processos de soldagem

Soldagem está definida pela American Welding Society (AWS) como um processo de união localizada de materiais metálicos e não-metálicos, dado através do aquecimento até uma adequada temperatura, com ou sem aplicação de pressão e/ou deposição de material de adição.

Modenesi e Marques (2005) dividem os processos de soldagem em dois grandes grupos, Soldagem por Fusão e Soldagem por Pressão (ou por Deformação) e afirmam que na atualidade os processos por fusão assumem o papel de maior importância industrial. Os dois grupos somados apresentam vinte diferentes processos de soldagem, onze pertencentes à categoria fusão e nove da categoria pressão.

PROCESSO	FONTES DE CALOR	TIPO DE CORRENTE E POLARIDADE	AGENTE PROTETOR OU DE CORTE	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES
Soldagem por eletro-escória	Aquecimento por resistência da escória líquida	Continua ou alternada	Escória	Automática/Mecanizada. Junta na vertical. Arame alimentado mecanicamente na poça de fusão. Não existe arco	Soldagem de aços carbono, baixa e alta liga, espessura ≥ 50 mm. Soldagem de peças de grande espessura, eixos, etc.
Soldagem ao Arco Submerso	Arco elétrico	Continua ou alternada. Eletrodo +	Escória e gases gerados	Automática/mecaniz. ou semi-automática. O arco arde sob uma camada de fluxo granular	Soldagem de aços carbono, baixa e alta liga. Espessura ≥ 10 mm. Posição plana ou horizontal de peças estruturais, tanques, vasos de pressão, etc.
Soldagem com Eletrodos Revestidos	Arco elétrico	Continua ou alternada. Eletrodo + ou -	Escória e gases gerados	Manual. Vareta metálica recoberta por camada de fluxo	Soldagem de quase todos os metais, exceto cobre puro, metais preciosos, reativos e de baixo ponto de fusão. Usado na soldagem em geral
Soldagem com Arame Tubular	Arco elétrico	Continua. Eletrodo +	Escória e gases gerados ou fornecidos por fonte externa. Em geral o CO_2	O fluxo está contido dentro de um arame tubular de pequeno diâmetro. Automático ou semi-automático	Soldagem de aços carbono com espessura ≥ 1 mm. Soldagem de chapas
Soldagem MIG/MAG	Arco elétrico	Continua. Eletrodo +	Argônio ou Hélio, Argônio + O_2 , Argônio + CO_2 , CO_2	Automática/mecaniz. ou semi-automática. O arame é sólido	Soldagem de aços carbono, baixa e alta liga, não ferrosos, com espessura ≥ 1 mm. Soldagem de tubos, chapas, etc. Qualquer posição

Figura 4 – Principais processos de soldagem por fusão (Parte 1)

Fonte: MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J. (2005)

PROCESSO	FONTES DE CALOR	TIPO DE CORRENTE E POLARIDADE	AGENTE PROTETOR OU DE CORTE	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES
Soldagem a Plasma	Arco elétrico	Contínua. Eletrodo -	Argônio, Hélio ou Argônio + Hidrogênio	Manual ou automática. O arame é adicionado separadamente. Eletrodo não consumível de tungstênio. O arco é construído por um bocal	Todos os metais importantes em engenharia, exceto Zn, Be e suas ligas, com espessura de até 1,5 mm. Passes de raiz
Soldagem TIG	Arco elétrico	Contínua ou alternada. Eletrodo -	Argônio, Hélio ou misturas destes	Manual ou automática. Eletrodo não consumível de tungstênio. O arame é adicionado separadamente.	Soldagem de todos os metais, exceto Zn, Be e suas ligas, espessura entre 1 e 6 mm. Soldagem de não ferrosos e aços inox. Passe de raiz de soldas em tubulações
Soldagem por Feixe Eletrônico	Feixe eletrônico	Contínua. Alta Tensão. Peça +	Vácuo ($>10^{-4}$ mm Hg)	Soldagem automática. Não há transferência de metal. Feixe de elétrons focalizado em um pequeno ponto.	Soldagem de todos os metais, exceto nos casos de evolução de gases ou vaporização excessiva, a partir de 25 mm de espessura. Indústria nuclear e aeroespacial
Soldagem a Laser	Feixe de luz		Argônio ou Hélio	Como acima	Como acima. Corte de materiais não metálicos
Soldagem a Gás	Chama oxí-acetilênica		Gás (CO, H ₂ , CO ₂ , H ₂ O)	Manual. Arame adicionado separadamente	Soldagem manual de aço carbono, Cu, Al, Zn, Pb e bronze. Soldagem de chapas finas e tubos de pequeno diâmetro

Figura 5 – Principais processos de soldagem por fusão (Parte 2)

Fonte: MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J. (2005)

2.3.4 Processo de soldagem GMAW

Gas Metal Arc Welding (GMAW), também conhecido como MIG/MAG (MIG – Metal Inert Gas e MAG – Metal Active Gas), é um processo de soldagem que utiliza consumíveis na forma de arame e gases inertes ou ativos como forma de proteção da poça de fusão. O arco funde continuamente o arame à medida que este alimenta a poça de fusão, o gás (ou mistura de gases) inerte ou ativo executa o isolamento entre os gases presentes na atmosfera e o metal no momento da fusão.

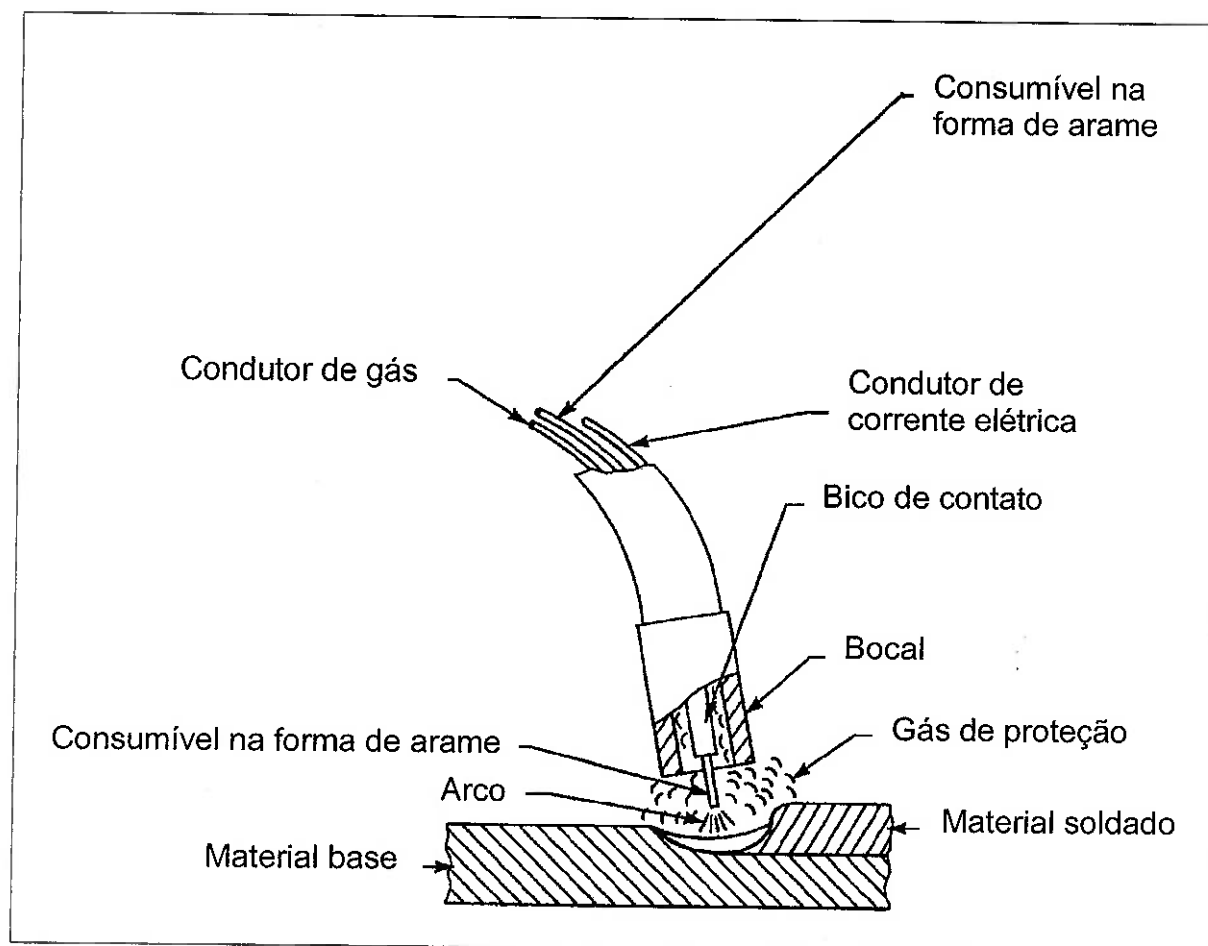


Figura 6 – Processo de soldagem GMAW

Fonte: GRAVILLE, B. A. et al.(1982)

Conforme a AWS (1997), o conceito básico de *GMAW* foi introduzido em 1920, porém tornou-se comercialmente viável após 1948. Primeiramente foi utilizado com um gás de proteção inerte na soldagem de alumínio como metal base. O

processo foi aperfeiçoado a ponto de permitir atividades com baixas densidades de corrente e correntes contínuas pulsadas, emprego em todos os materiais comercialmente importantes, utilização em diversas posições, e o uso de gases de proteção reativos ou ativos (particularmente o dióxido de carbono) e misturas de gases.

Segundo ESAB (2005) o processo de soldagem funciona com corrente contínua (CC), normalmente com o arame no pólo positivo. São comumente empregadas correntes de soldagem de 50 A até mais de 600 A e tensões de soldagem de 15 V até 32 V.

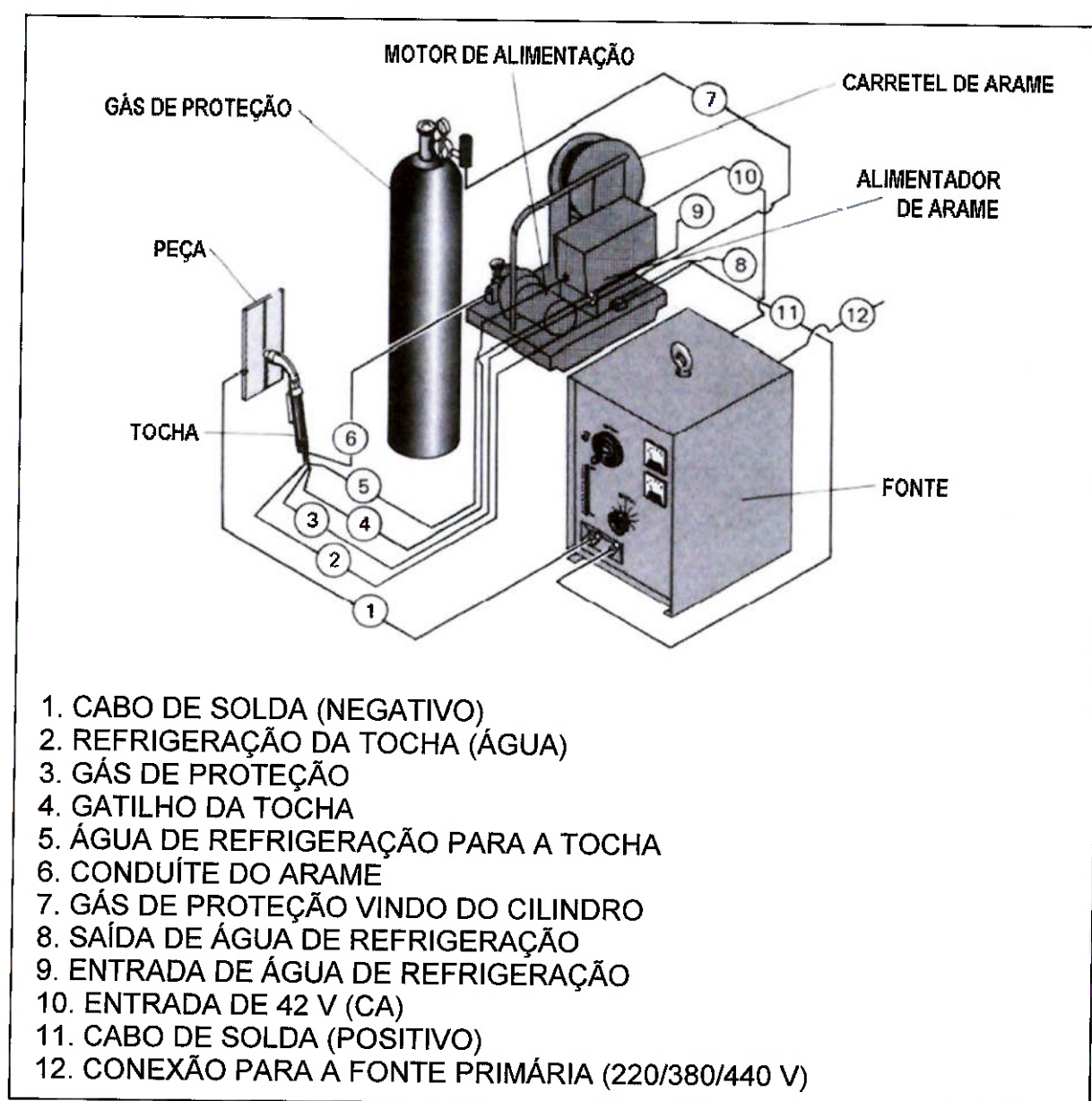


Figura 7 – Instalação para soldagem GMAW

Fonte: ESAB (2005)

2.3.5 Soldagem com arames tubulares

O arame tubular é definido pela AWS (1997) como um eletrodo contínuo de seção reta tubular, contendo elementos desoxidantes, formadores de escória e estabilizadores de arco na forma de um fluxo (pó). Segundo ESAB (2004), o arame tubular foi inicialmente desenvolvido na década de 50, tornando-se comercialmente disponível no início dos anos 60, limitado ao uso em aços carbono.

O processo de soldagem empregando arames tubulares é chamado de Flux Cored Arc Welding (FCAW), na opinião de Starling; Modenesi e Borba (2009), este processo faz a união do processo GMAW com os benefícios dos elementos contidos no fluxo, resultando em alto fator de trabalho do soldador, alta taxa de deposição, alto rendimento e melhor qualidade de acabamento.

Atualmente são produzidos arames tubulares em diversos tipos de ligas. A figura 5 extraída da Apostila de Arames Tubulares OK, mostra a vista em corte de um arame tubular.

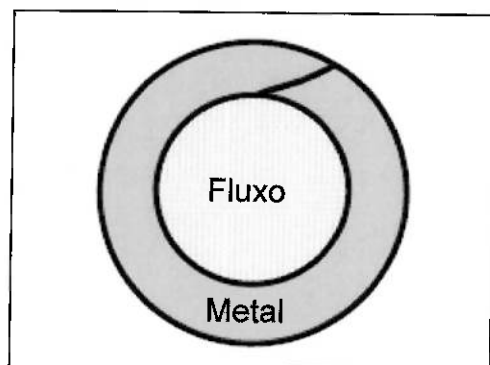


Figura 8 – Arame tubular – vista em corte

Fonte: ESAB (2004)

2.3.6 Gases de proteção

ESAB (2005) coloca que a principal função dos gases de proteção é expulsar o ar atmosférico da região de soldagem com o objetivo de evitar a contaminação da poça de fusão. A contaminação é causada principalmente pelo nitrogênio (N₂), oxigênio (O₂) e vapor d'água (H₂O) presentes na atmosfera. Os três principais gases utilizados para evitar a contaminação da poça de fusão são: argônio (Ar), hélio (He) e dióxido de carbono (CO₂). Misturas com pequenas quantidades de oxigênio (O₂), nitrogênio (N₂) e hidrogênio (H₂) provaram ser benéficas em algumas aplicações.

A AWS (1997) defende que a combinação entre o tipo de consumível e o gás de proteção está entre um dos mais importantes fatores a considerar na soldagem GMAW. O consumível, em combinação com o gás de proteção, produzirá o depósito químico que determina as propriedades físicas e mecânicas da solda.

2.3.7 Mistura Ar + CO₂

A combinação de gases de proteção entra no processo de soldagem como um fator de melhoria, pois sua utilização extrapola a função principal, contribuindo com a qualidade da solda em diversos parâmetros. A AWS (1997) cita como exemplos a definição do arco-elétrico, a redução da porosidade e a redução de respingos.

Misturas Ar + (3-10%) CO₂ apresentam bons resultados em diversos tipos de soldagem, por esse motivo, afirma ESAB (2005), esse gás obteve muita popularidade como uma mistura versátil.

2.4 A PRESENÇA DOS FUMOS METÁLICOS E DO CROMO NOS PROCESSO DE SOLDAGEM

2.4.1 Fumos metálicos

Em todos os processos de soldagem durante a fusão dos materiais, ocorre o desprendimento de vapores e gases provenientes da superfície da peça, do material de adição, do fluxo e de outras substâncias que possam estar presentes nos arredores da poça de fusão. Os vapores e gases oxidam rapidamente ao entrar em contato com o oxigênio do ar, formando os fumos metálicos.

A composição dos fumos varia de acordo com o processo de soldagem, a composição química do material base, a composição química do material de adição, a intensidade do arco elétrico, a presença de gases de proteção, a composição química do fluxo e de substâncias (óleo protetivo, tinta, verniz) aplicadas na superfície a ser soldada. O National Institute for Occupational Safety and Health (2007) atesta que as propriedades químicas e físicas dos fumos dependem dos componentes formadores.

Gomes (1984) lista como constituintes dos fumos metálicos os seguintes elementos: cobre, cromo, alumínio, fluoretos, ferro, chumbo, magnésio, manganês, níquel, cádmio, sílica e silicatos, titânio, vanádio e zinco.

De acordo com Turci (1994), os principais problemas de saúde relacionados aos fumos metálicos são: inflamação do sistema respiratório, febre dos fumos metálicos, bronquite crônica, distúrbios visuais, crise de asma, edema pulmonar, enfisema pulmonar, intoxicação, gastrite, dispnéia, manganismo, anemia, nefrite crônica, possibilidade de câncer e aumento da densidade dos ossos e ligamentos. A IARC complementa a lista com o reporte de casos de soldadores que apresentaram perda da qualidade do esperma.

É comprovado que os fumos metálicos são retidos nos pulmões. Torloni e Vieira (2003) explicam que as partículas presentes nos fumos são óxidos de metais, muito solúveis nos fluídos corpóreos e de dimensões extremamente pequenas, diâmetro médio mássico aerodinâmico aproximado entre 0,37 e 0,48 μm .

Em 1984, Colacioppo (1984) considerou os fumos metálicos como o maior problema para a Saúde Ocupacional, dado o número de patologias possíveis, entre

elas o desenvolvimento de câncer pulmonar, juntamente com a dificuldade do estabelecimento de um limite de tolerância.

Posição da cabeça, tipo de ventilação, número de soldadores, local, desenho da máscara de solda e limpeza da superfície a ser soldada, são os principais fatores de exposição julgados pela American Welding Society (1997).

A redução da exposição aos fumos metálicos pode ser feita através das boas práticas de soldagem, da utilização de exaustores (quando possível) e a utilização de protetores respiratórios. Caporali (2007) mostra que, com a utilização de exaustores localizados próximos à região de soldagem, é possível atenuar a exposição aos fumos em níveis significativos. Torloni (2002) define para contaminantes aerossóis termicamente gerados (categoria a qual se enquadra os fumos metálicos), a utilização de filtro classe P2.

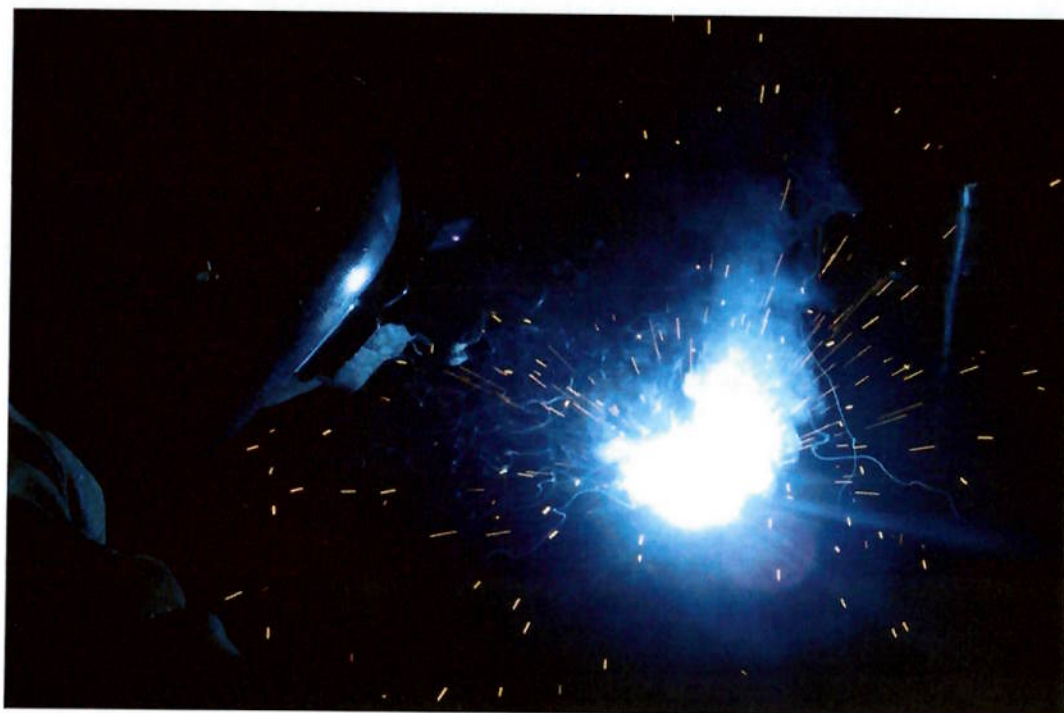


Figura 9 – Presença dos fumos metálicos durante a soldagem

2.4.2 Cromo

Depois do ferro, o cromo é o elemento químico de maior porcentagem nas ligas inoxidáveis. É o responsável pela resistência à corrosão, principal característica desses aços. O cromo não é um elemento livre na natureza, ele é encontrado principalmente no minério cromita.

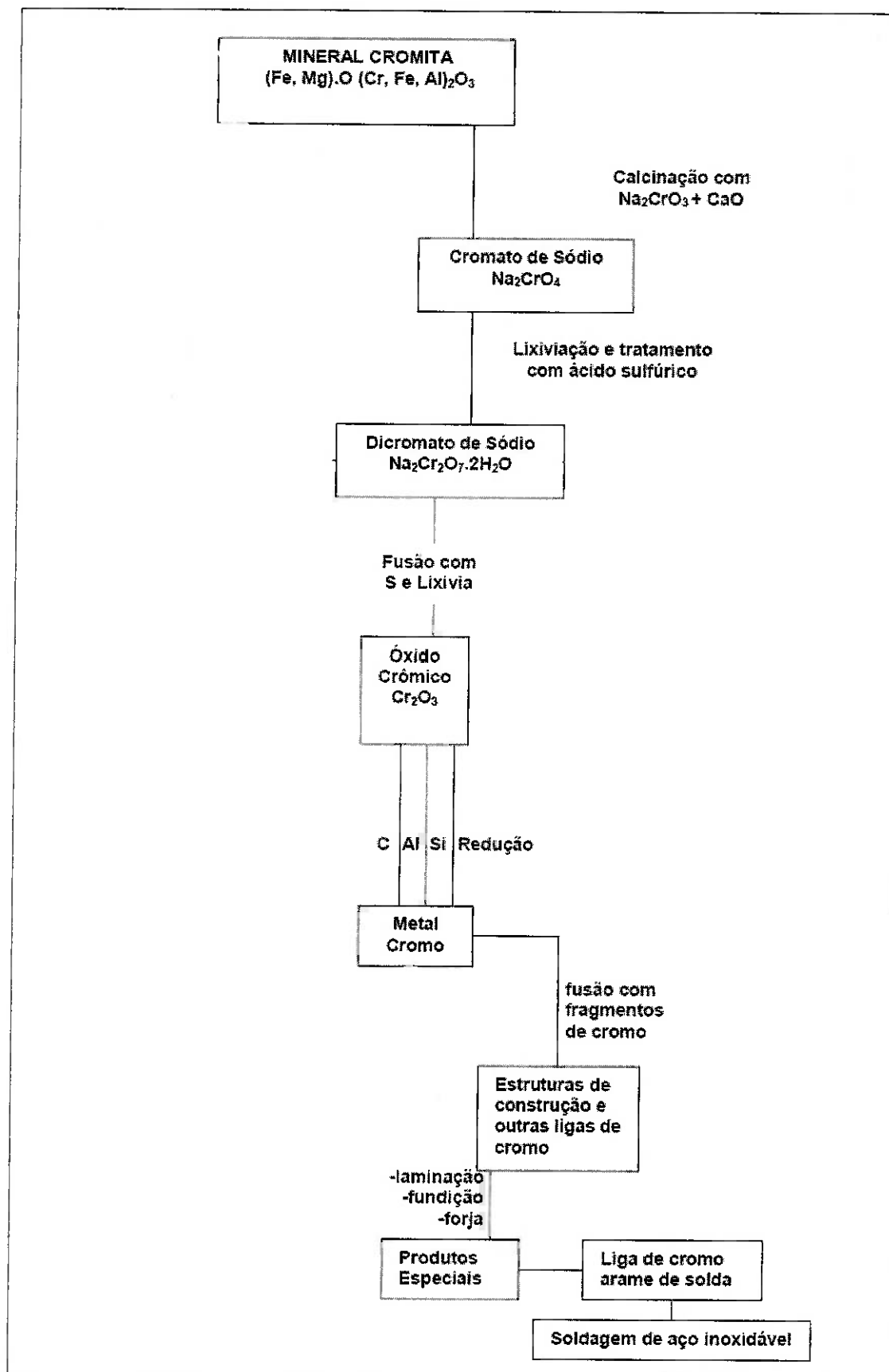


Figura 10 – Fluxograma do cromo

Fonte: SILVA, C. S.; PEDROZO, M. F. M. (2001)

Os estados de oxidação mais comuns são: +2, +3, +6. Além da elementar, tri e hexavalente apresentam as formas mais estáveis; para Turci (1994), são as que merecem maior atenção devido à grande presença no ambiente de trabalho.

2.4.3 Cromo Hexavalente - Cr(VI)

Costa e Langård (2007) explicam que, na soldagem de aços inoxidáveis, a alta temperatura do arco elétrico oxida o cromo presente no material base e no material de adição, formando o cromo hexavalente.

Os fumos metálicos gerados nos processos de soldagem de materiais inoxidáveis são ricos em Cr(VI). Conseqüentemente, produz uma condição de risco para os soldadores. A quantidade de cromo hexavalente nos fumos metálicos depende não só do material base e de adição; Keane et al. (2009) demonstram que para o processo Gas Metal Arc Welding (GMAW) a escolha do gás de proteção influi significativamente na produção de Cr(VI).

Silva e Pedrozo (2001) afirmam que a introdução de compostos de cromo é feita principalmente pela via pulmonar e que o cromo hexavalente é o estado de oxidação do cromo de maior toxicidade, dado a sua habilidade de penetração celular.

Em relação à exposição ao cromo, Turci (1994) coloca que a maioria dos efeitos crônicos são causados pelo Cr(VI), que possui efeito irritante quando inalado. As reações nos pulmões são variadas, entre elas estão lesões no tecido mucoso e submucoso, podendo gerar ruptura dos alvéolos. Em curta exposição, os tecidos conseguem se recuperar, em exposições crônicas a impossibilidade de recuperação dos tecidos representa o risco do desenvolvimento de câncer no local.

A International Agency for Research o Cancer (IARC) considera que o cromo hexavalente é carcinogênico para humanos. Silva e Pedrozo (2001) descrevem que, dentro das células, o Cr(VI) sofre uma reação de redução, que é a transformação de Cr(VI) para Cr(III), esta redução faz com que o cromo hexavalente passe para Cr(V), Cr(IV) tornando-se cromo trivalente. Os efeitos carcinogênicos estão relacionados aos radicais livres e estados intermediários produzidos na reação de redução. A interação do Cr(V), Cr(IV), Cr(III) e dos radicais livres com o DNA pode resultar em efeitos celulares e danos estruturais e funcionais ao próprio DNA.

2.4.4 Fases de intoxicação

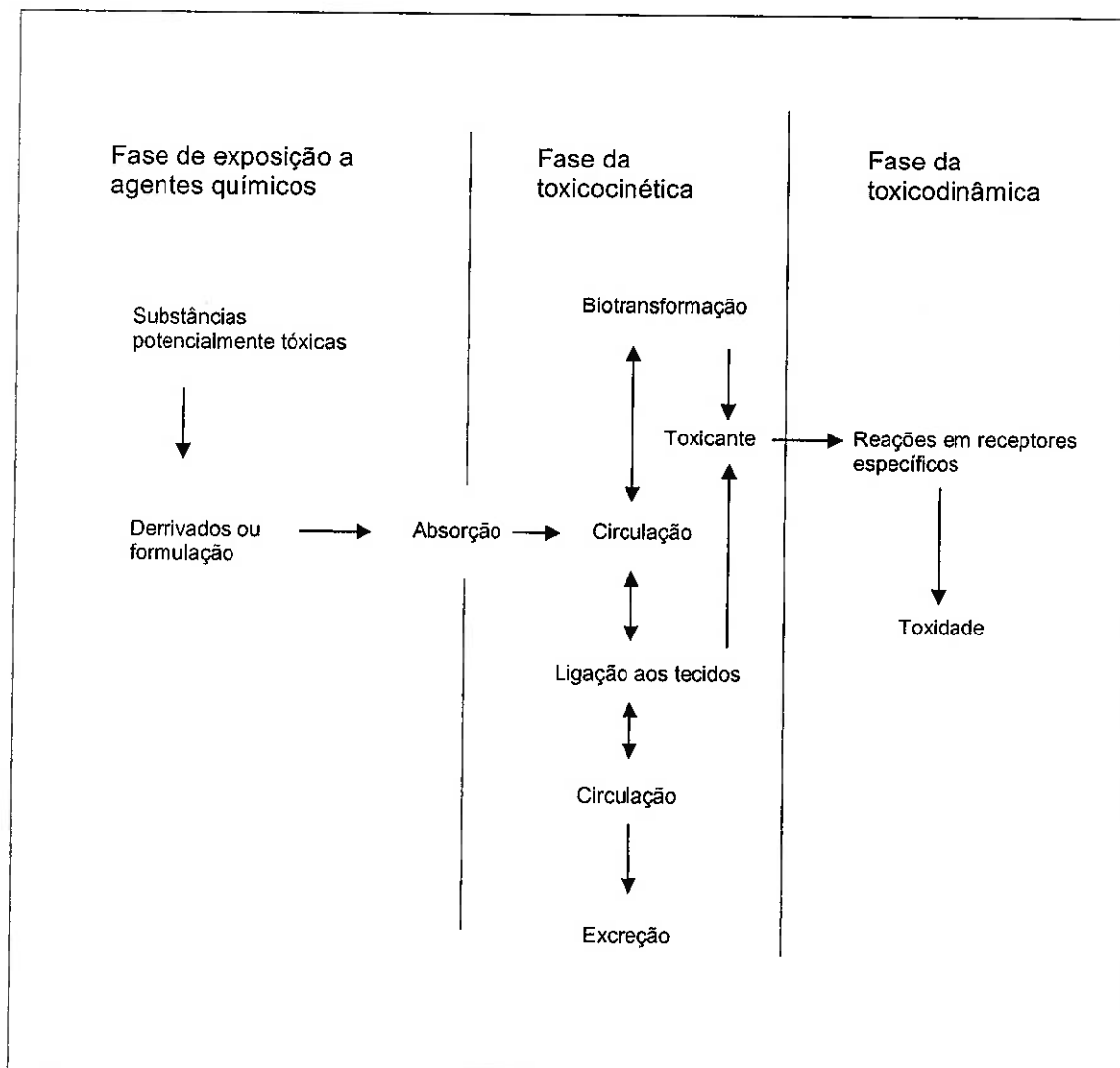


Figura 11 – Fluxograma das fases de intoxicação

Fonte: TORLONI, M.; VIEIRA, A.V. (2003)

2.5 LIMITES DE TOLERÂNCIA

2.5.1 Limite de exposição ocupacional

Torloni e Vieira (2003) definem limite de exposição ocupacional como a máxima concentração permitida de um contaminante no ar à qual um indivíduo pode estar exposto sem prejudicar a sua saúde. Podendo ser média ponderada, valor teto ou curta exposição. No caso dos fumos metálicos, essa concentração atmosférica pode ser analisada de duas maneiras: como um todo ou seus componentes isolados.

Colacioppo e Gomes (1985) apresentam como formas de controle ambiental, o limite gravimétrico e o limite individual para cada material presente na atmosfera. O limite gravimétrico deve ser utilizado apenas para orientação e acompanhamento de medidas de controle. O limite de tolerância individual torna-se necessário para fins de controle de exposição, devido às diferenças geradas pelas especificidades de cada processo de soldagem. A opinião dos autores referente à adoção de um valor de concentração único para os fumos metálicos é a seguinte:

"Pode-se superestimar as concentrações de metais e recomendar medidas de controle não necessárias e não de acordo com a real quantidade de metais presentes na atmosfera. Por outro lado, deve-se notar que os limites de tolerância não são iguais para cada metal isoladamente; assim, é perfeitamente possível encontrar-se uma situação com concentração menor que o limite gravimétrico e com concentrações de cromo, cobre, chumbo, níquel ou outros, acima do limite individual." (Colacioppo; Gomes, 1985, p.13)

Com exceção do chumbo e do mercúrio, os metais não constam na tabela de limites de tolerância da Norma Regulamentadora nº15 (NR-15), portanto adota-se e adapta-se a orientação da American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®), instituição americana, privada, sem fins lucrativos, dedicada à promoção da saúde e segurança nos locais de trabalho. A ACGIH® anualmente publica um livro contendo os Threshold Limit Values - TLVs® (Valores Limites de Exposição) e os Biological Exposure Indices - BEIs® (Índices Biológicos de Exposição). Este livro é traduzido para o português pela Associação Brasileira de Higiene Ocupacional (ABHO).

2.5.2 TLVs®

A ACGIH® define os limites de exposição TLVs® da seguinte maneira:

“Os limites de exposição (TLVs®) referem-se às concentrações das substâncias químicas dispersas no ar e representam condições às quais, acredita-se, que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, durante toda uma vida de trabalho, sem sofrer efeitos adversos à saúde. Os TLVs® não protegerão adequadamente todos os trabalhadores.” (ACGIH, 2009, p. 3)

Tabela 2 – TLV ®para o Cr(VI)

Substância	Valores Adotados		
	TWA	Notações	Base do TLV®
Cromo e compostos inorgânicos			
Metal e compostos de Cr III	0,5 mg/m ³	A4	Irr pele e TRS
Compostos de Cr VI solúveis em água	0,05 mg/m ³	A1;BEI	Irr TRS; Câncer
Compostos de Cr VI insolúveis	0,01 mg/m ³	A1	Câncer de pulmão

Fonte: ESTADOS UNIDOS. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2009)

As orientações da ACGIH® são relativas à 40 horas semanais, realidade dos trabalhadores americanos. No Brasil consta no Inciso XIII do artigo 7º da Constituição Federal que a jornada de trabalho deve ser de 44 horas semanais. Esta diferença pode ser adaptada através de um cálculo: Hickey e Reist (1979) apresentam uma equação que leva em consideração o tempo necessário para redução de metade da concentração de uma substância em um determinado fluido, órgão ou todo o organismo (meia vida biológica), isto garante a correta adequação dos valores. Equação é a seguinte:

$$F_p = \frac{1 - e^{-8K}}{1 - e^{-8,8K}}$$

onde: F_p = Fator de correção do LT

$$K = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

$T_{1/2}$ = meia vida biológica

$T_{1/2}$ = 5 dias para o cromo (ATSDR, 2008)

8 = jornada de trabalho prevista pela ACGIH® em horas

8,8 = jornada de trabalho brasileira em horas

Efetuando-se o cálculo temos:

$$F_p = 0,95$$

Os valores corrigidos serão dados pela expressão:

$$LT_{BR} = 0,95 \times TLV^{\circ}$$

Aplicada a equação de correção, obtemos para o cromo e seus compostos os valores expressos na tabela 5:

Tabela 3 – Limites de tolerância segundo ACGIH® (TLV®) e adaptado (LT_{BR})

Substância	TLV® (µg/m³)	LT _{BR} (µg/m³)
Metal e compostos de Cr III	500	475
Compostos de Cr VI solúveis em água	50	47,5
Compostos de Cr VI insolúveis	10	9,5

2.5.3 Índice biológico de exposição

Índices biológicos de exposição representam a dose máxima de absorção de um agente químico sem gerar efeitos adversos à saúde do trabalhador. São valores guias de orientação para avaliar os resultados do monitoramento biológico.

No Brasil, a Norma Regulamentadora nº7 (NR-7) apresenta no Quadro I Anexo I, Parâmetros para Controle Biológico de Exposição de Alguns Agentes Químicos, onde estão listados os limites biológicos de exposição para uma série de agentes, entre eles o Cr(VI). A norma apresenta dois valores, o Valor de Referência da Normalidade (VR) e o Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP): o primeiro, expressa um valor possível de ser encontrado em uma população não exposta ao agente; o segundo, expressa o valor máximo que uma população ocupacionalmente exposta pode apresentar sem risco de dano à saúde.

QUADRO I Parâmetros para Controle Biológico da Exposição Ocupacional a Alguns Agentes Químicos							
Agente Químico	Indicador Biológico		VR	IBMP	Método Analítico	Amostragem	Vigência
	Mat. Biológico	Análise					
Cromo Hexavalente	Urina	Cromo	Até 5 ug/g creat.	30ug/ creat.	EA A	FS	EE

Figura 12 – Quadro I Anexo I da NR-7

Fonte: BRASIL. Ministério do Trabalho (1994)

2.5.4 BEIs®

Os estudos referentes a índices biológicos de exposição da ACGIH® são utilizados como principal referência em avaliações biológicas. Esses valores são chamados de BEIs® (Biological Exposure Índices).

Na introdução aos índices biológicos de exposição BEIs®, a ACGIH® afirma:

“Os BEIs® representam os níveis de determinantes que mais provavelmente serão observados em amostras coletadas de trabalhadores saudáveis que foram expostos a substâncias químicas na mesma intensidade que trabalhadores com exposição por via respiratória no Limite de Exposição (TLV®).” (ACGIH, 2009, p. 95)

Tabela 4 - BEIs® para o cromo hexavalente

Agente Químico e Determinante	Determinantes biológicos de exposição	
	Horário de coleta	BEI
Cromo VI, Fumos solúveis em água		
Cromo total na urina	Final da jornada e da semana	25 µg/L
Cromo total na urina	Aumento durante a jornada	10 µg/L

Fonte: ESTADOS UNIDOS. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2009)

2.6 EXTREMO DO ADOECIMENTO DE TRABALHADORES: CÂNCER OCUPACIONAL

De acordo com a Associação Brasileira do Câncer (2010), câncer é o termo utilizado para se referir a mais de 100 tipos de doenças nas quais células que sofreram alterações genéticas, chamadas então de neoplásicas ou cancerígenas, se dividem sem controle, podendo invadir tecidos do organismo por meio da circulação sangüínea e do sistema linfático.

Todos os cânceres se iniciam na célula, a menor unidade estrutural básica dos seres vivos. O organismo humano é composto por vários tipos de células, que crescem e se dividem de modo controlado e ordenado, garantindo o seu bom funcionamento. Uma vez que são responsáveis pela formação, crescimento e regeneração dos tecidos saudáveis do corpo, quando ficam velhas ou danificadas, as células morrem e são substituídas por novas. Mas é possível que este processo natural sofra erros. (ABCâncer,2010)

A Organização Mundial de Saúde (2001) afirma que câncer ocupacional não difere dos outros tipos de câncer, os sinais e sintomas são os mesmos. As causas de câncer ainda não estão completamente compreendidas, sabe-se que exposição a agentes carcinogênicos pode levar à formação de câncer e que existem certas substâncias que provocam alterações em determinados órgãos.

A primeira exposição ocupacional associada ao câncer foi descrita pelo médico britânico Sir Percivall Pott em 1775, quando ele estabeleceu o nexo causal entre a atividade de limpadores de chaminés londrinos e o câncer de escroto. Em plena revolução industrial, a limpeza das chaminés era executada por crianças e adolescentes, devido ao pequeno porte, necessário para a função. A retirada da fuligem presente nas paredes das chaminés estava relacionada com a prevenção a incêndios. Pott observou entre seus clientes a grande incidência de câncer de escroto, relacionando-a ao passado profissional destes que na infância e adolescência trabalharam como limpadores de chaminés.

Kitamura (1995) relata que grande parte dos pesquisadores tem como verdadeira a informação de que a causa da maioria dos cânceres está relacionada com algum fator ambiental. Filho e Kitamura (2006) dividem em quatro grupos os fatores ambientais relevantes: hábitos e condições de vida; ambiente de trabalho;

meio ambiente e intervenção terapêutica. Os fatores citados desempenham o papel central na causa dos cânceres; no entanto, para a formação de neoplasias é necessário um fator secundário, a suscetibilidade individual.

Desde a década de setenta, mais de novecentos agentes foram avaliados pela International Agency for Research on Cancer (IARC), destes aproximadamente quatrocentos foram classificados como carcinogênicos ou potencialmente carcinogênicos para os seres humanos (IARC 2010). Para Boffetta et al. (1998), a IARC é uma instituição que goza de grande reputação na comunidade científica, suas avaliações representam um dos maiores esforços de revisão sistemática e consistente de dados sobre câncer.

A IARC classifica os agentes químicos, grupos de agentes químicos, processos industriais ou exposições ocupacionais da seguinte maneira:

Grupo 1 – Cancerígeno para seres humanos: quando há evidência suficiente para assegurar a associação causal entre exposição e câncer.

Grupo 2A – Provavelmente cancerígeno para seres humanos: quando há evidência limitada de carcinogenicidade para o homem e evidência suficiente em animais experimentais.

Grupo 2B – Possivelmente cancerígeno para seres humanos: quando há evidência inadequada ou inexistente de carcinogenicidade em humanos e evidência suficiente em animais experimentais.

Grupo 3 – Não classificável como cancerígeno para seres humanos: quando o agente químico, grupo de agentes químicos, processo industrial ou exposição ocupacional não se enquadra no grupo 1 ou no grupo 2.

Grupo 4 – Provavelmente não cancerígeno para seres humanos: quando há suspeita de evidência de carcinogenicidade em seres humanos e animais experimentais.

Tabela 5 – Número de substâncias classificadas pela IARC em abril de 2009

Grupo 1	108
Grupo 2A	63
Grupo 2B	248
Grupo 3	515
Grupo 4	1

Fonte: INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (2009)

A ocupação pode fazer com que trabalhadores se exponham a um agente em concentração ou intensidade muito mais elevada que aquela que a população geral se expõe. A exposição ocupacional ocorre ao longo do tempo, muitas vezes durante toda a vida laboral do trabalhador, dia após dia, de maneira crônica e repetida. Para Kitamura (1995), a grande maioria dos trabalhadores são incapazes de identificar os riscos a que estão ou estiveram expostos, principalmente os nomes de substâncias químicas. A OMS (2008) afirma que grande parte das indústrias não possuem informações sobre a carcinogenicidade dos agentes presentes nos processos utilizados.

Boffetta, Kogevinas e Pearce (1998) colocam que o câncer ocupacional é em grande parte uma doença passível de prevenção. De acordo com Gustavsson (1998), os cânceres ocupacionais podem ser evitados mediante a adoção das disposições pertinentes. De acordo com a estratégia de controle de câncer da OMS, a prevenção a exposição é primeira medida a ser adotada. É descrita como a eliminação ou redução da exposição a substâncias cancerígenas. As etapas seguintes da estratégia são: Detecção precoce; Diagnóstico e tratamento; e Palição.

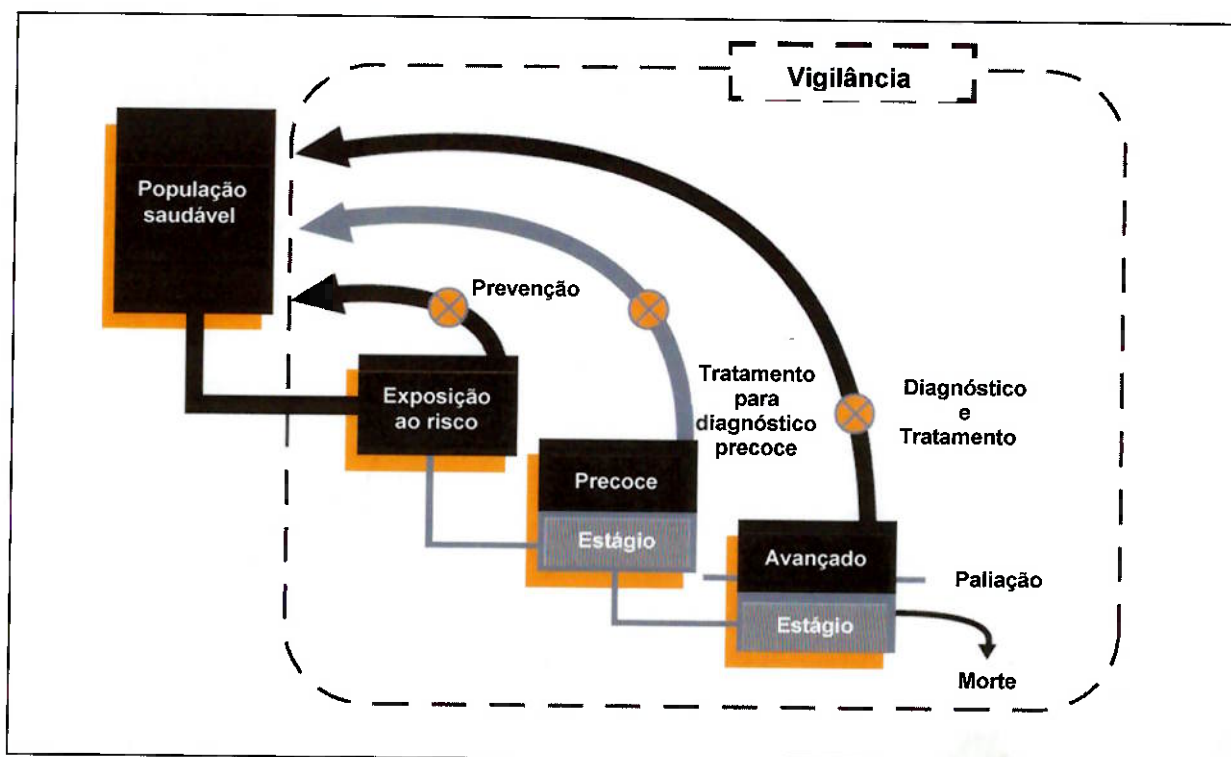


Figura 13 – Estratégia de prevenção de câncer da OMS

Fonte: INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (2008)

2.6.1 Cromo Hexavalente e câncer de pulmão

Classificado pela IARC como cancerígeno para seres humanos, o Cr(VI) apresenta relação direta com neoplasias nos pulmões. Trabalhadores ao redor do mundo inteiro estão expostos a fumos, poeiras e névoas contendo cromo hexavalente. Segundo a IARC (1997), a soldagem de aços inoxidáveis está entre as atividades de maior exposição ao Cr(VI).

No Brasil, o Instituto Nacional de Câncer (2010) estima, para os anos de 2010 e 2011, a ocorrência de 489.270 novos casos de câncer. Para o câncer de pulmão esperam-se 27.630 novos casos.

O câncer de pulmão é tido pela OMS (2008) como o tipo mais comum de câncer no mundo, o passado de grande exposição ao tabagismo é a justificativa dada pelo INCA (2010). Geralmente é detectado em estágios avançados, uma vez que não apresenta sintomas nas fases iniciais. Isso faz com que o câncer de pulmão seja uma doença altamente letal.

Algranti e Greco (1997) afirmam que o período de latência entre o início da exposição ao cromo hexavalente e o aparecimento do carcinoma de pulmão tem uma média de 24 anos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento bibliográfico foi dividido em três grupos: processo de soldagem, saúde dos soldadores e metodologia de amostragem. Basicamente a pesquisa foi realizada com base em sítios da internet e bibliotecas da Universidade de São Paulo, entre os principais estão os sítios Biblioteca virtual de Saúde < <http://regional.bvsalud.org/php/index.php> >, Scientific Eletronic library online < <http://www.scielo.br/> >, a biblioteca da faculdade de saúde pública da USP e a biblioteca da FUNDACENTRO.

No grupo processos de soldagem, abordou-se a soldagem como um todo, do material base e de adição, ao gás de proteção, passando pela especificação do processo de soldagem escolhida. As principais referências são os manuais de soldagem a AWS, que deram base para toda a fundamentação teórica do processo de soldagem GMAW, as apostila de ESAB, fabricante de máquinas e consumíveis de solda, oferecendo dados mais específicos da composição do consumível. As informações básicas sobre processos soldagem foram extraídas da apostila da disciplina de soldagem I do curso de engenharia metalúrgica da UFMG.

As informações relativas à saúde dos soldadores foram inicialmente baseadas em teses de doutorado e livre docência da Faculdade de Saúde Pública da USP, juntamente com informações da ACGIH. O aprofundamento se deu com o levantamento de informações relativas ao câncer ocupacional, estas foram obtidas através de pesquisas no sítio da OMS, da IARC e de trabalhos publicados em revista e jornais da área de saúde ocupacional.

Para metodologia de amostragem utilizou-se o método indicado pelo NIOSH (7600) e a norma de higiene ocupacional brasileira (NHO-08), juntamente com informações provenientes dos fabricantes de equipamentos e livros de química analítica que fortaleceram o embasamento teórico da amostragem.

Nesta pesquisa, foi avaliado o funcionamento do sistema de exaustão adaptado a máscara de solda, utilizando como parâmetro a concentração de cromo hexavalente na zona respiratória do soldador. A avaliação foi realizada com uma bomba de amostragem posicionada na zona respiratória do soldador. Foram feitas três amostragens, a primeira com o dispositivo de coleta posicionado fora da máscara, mas respeitando os limites da zona respiratória, a segunda e a terceira o

dispositivo de coleta estava posicionado dentro da máscara, próximo à narina do operador, coletou-se o material com o sistema de exaustão desligado e com o sistema ligado, respectivamente.

Não existe apenas uma estratégia de amostragem para avaliações ambientais, portanto para cada situação deve-se estudar o modo mais adequado de realizar a coleta de material. Colacioppo lista seis pontos que devem ser observados no planejamento de uma avaliação ambiental:

- “A – Disponibilidade, custo operacional do equipamento de amostragem;
- B – Disponibilidade e custo das análises do material coletado;
- C – Disponibilidade e custo do pessoal envolvido na coleta;
- D – Localização dos trabalhadores;
- E – Precisão, sensibilidade e exatidão dos métodos analíticos;
- F – Número de amostras necessárias.”

(COLACIOPPO, 1984, P. 9)

3.1 ESCOLHA DO PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

O National Institute for Occupational Safety and Health (1994) possui dois métodos de amostragem para o cromo hexavalente, colorimétrico e cromatografia iônica, 7600 e 7604 respectivamente. O procedimento 7604, segundo o NIOSH, é o menos sensível, cada amostra necessita de um volume mínimo de 100L, enquanto as amostras do 7600 necessitam de 8L. Com o objetivo de atingir um volume de material coletado próximo ao valor médio indicado pelo procedimento, no menor intervalo de tempo possível, este trabalho utilizou o procedimento 7600.

Tabela 6 – Principais parâmetros do procedimento 7600

Técnica:	Espectrofotometria
Filtro de membrana:	PVC – 5 µm
Vazão:	1 – 4 L/min
Volume mínimo:	8 L
Volume máximo:	400 L

Fonte: NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (1994)

3.2 COLETA DE DADOS

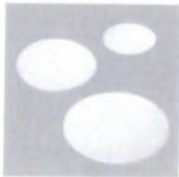
A coleta de material particulado foi realizada em uma das cabines de solda da Célula de Soldagem da Escola SENAI Mariano Ferraz. A área utilizada possui dimensões de 1,90 m x 1,53 m, equipada com sistema de exaustão (desligado durante a amostragem), cortina de proteção e bancada para trabalho.



Figura 14 – Local de realização da amostragem

Cada amostra teve um tempo total de trinta minutos, o intervalo entre cada uma variou de dez a vinte minutos, a bomba de amostragem foi ajustada para vazão de 4L/min, a máquina de solda e a vazão do gás de proteção foram reguladas de acordo com as recomendações do fabricante do consumível, 130A - 25V e 20 L/min conforme ESAB (2007), o material base foi uma chapa de aço inoxidável tipo 316L de dimensões 500 mm x 150 mm x 12,7 mm, todas as amostras foram feitas pelo mesmo operador. A tabela 11 lista todos os equipamentos utilizados na amostragem.

Tabela 7 – Equipamentos e materiais utilizados na amostragem

Material	Descrição	
	Chapa de aço inoxidável tipo 316L	Fabricante: Arcelor Mittal Dimensões (mm): 500 x 150 x 12,7
	Arame Tubular 316L	Fabricante: ESAB Marca: OK Tubright 316L Dimensões (mm): Ø 1,2 Peso (kg): 15
	Máquina de solda MIG	Fabricante: White Martins Modelo: TR83/P
	Cilindro de Gás – Mistura Ar + CO2	Fabricante: White Martins Capacidade (L): 10
	Bomba de amostragem	Fabricante: Sensidyne Marca: Gil Air 5 Capacidade (L/min): 1 – 5
	Filtro de membrana	Fabricante: SKC Modelo: 225-8-01 Dimensões (mm): Ø 37 Material: PVC Tipo: 5 µm Lote: T922171

continua

continuação

Material		Descrição
	Respirador semi facial	Fabricante: Dräger Modelo: X-Plore 1620 Tipo: PFF-2 CA: 19343
	Protetor Auricular	Fabricante: 3M Modelo: 1100 Tipo: Espuma moldável CA: 5674
	Óculos de segurança	Fabricante: Danny Modelo: Águia CA: 14990
	Blusão de Vaqueta	Fabricante: Fujiwara CA: 12251
	Máscara de solda	Fabricante: Ledan Modelo: Visor fixo Tipo: Celeron CA: 3702
	Máscara de solda com sistema de exaustão adaptado	Modelo: Protótipo Tipo: Polipropileno

continua

continuação

Material

Descrição

Botina de
segurançaFabricante: Marluvas
Tipo: Sem Bico de Aço
C.A: 9018

Luva em raspa

Fabricante: Fujiwara
C.A: 10383

conclusão

3.2.1 Montagem do dispositivo de coleta

O dispositivo de coleta utilizado neste trabalho é composto pelos seguintes elementos: porta-filtro, suporte do filtro, filtro de membrana e plugues de vedação. A montagem correta do cassete é fundamental para a amostragem, o principal ponto de atenção é o posicionamento do filtro de membrana, este deve estar voltado para o lado de entrada do ar, face lisa do porta-filtro.

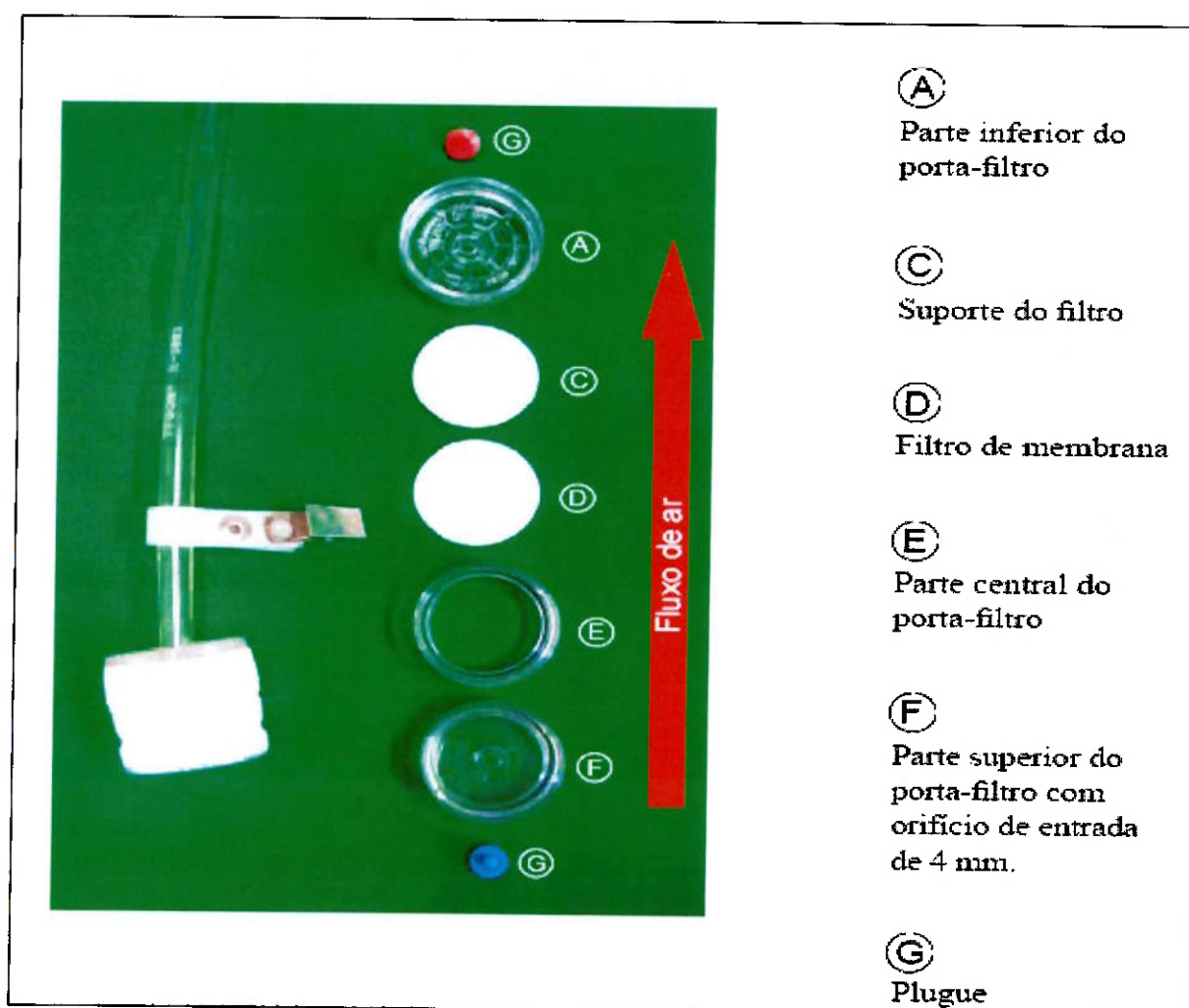


Figura 15 – Esquema de montagem do dispositivo de coleta

Fonte: FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO (2009)

3.2.2 Coleta nº 1

Nesta primeira amostragem, o dispositivo de coleta foi posicionado no lado de fora da máscara, respeitando o limite da zona respiratória (150 ± 50 mm a partir da narina do operador). O tempo de coleta foi de 30 minutos, gerando um volume de ar coletado de $0,12 \text{ m}^3$.

Tabela 8 - Dados da coleta nº 1

Data:	27/03/2010
Operador:	JLA
Material particulado:	Cr(VI)
Código da Bomba:	800883
Código do Filtro:	0001/10
Vazão da Bomba:	4L/min
Filtro:	5 μm – PVC
Máscara de solda:	Normal
Início:	13:35h
Término:	14:05h



Dispositivo de coleta posicionado a aproximadamente 200 mm da narina do operador, face lisa voltada para baixo.

Presença de cavanhaque: redução da eficiência da parte facial filtrante.

Figura 16 – Coleta nº1



Material particulado captado no
filtro de membrana.

Figura 17 – Cassete após amostragem nº1

3.2.3 Coleta nº2

A segunda amostra de material particulado foi realizada com o dispositivo de coleta posicionado dentro da máscara de solda, próximo à narina do operador. O tempo de coleta e o volume amostrado foram iguais ao da coleta nº1.

Tabela 9 - Dados da coleta nº 2

Data:	27/03/2010
Operador:	JLA
Material particulado:	Cr(VI)
Código da Bomba:	800883
Código do Filtro:	0002/10
Vazão da Bomba:	4L/min
Filtro:	5 µm – PVC
Máscara de solda:	Normal
Início:	14:25h
Término:	14:55h



Dispositivo de coleta posicionado próximo à narina do operador, face lisa voltada para frente.

Figura 18 – Coleta nº2



Material particulado captado no
filtro de membrana.

Figura 19 – Cassete após amostragem nº2



Figura 20 – Soldagem durante a coleta nº 2

3.2.4 Coleta nº3

Esta última amostragem foi feita com os mesmos parâmetros da segunda coleta, a diferença está na máscara de solda utilizada, nesta terceira amostragem o operador utilizou a máscara com sistema de exaustão adaptado.

Tabela 10 - Dados da coleta nº 3

Data:	27/03/2010
Operador:	JLA
Material particulado:	Cr(VI)
Código da Bomba:	800883
Código do Filtro:	0003/10
Vazão da Bomba:	4L/min
Filtro:	5 µm – PVC
Máscara de solda:	Protótipo da Máscara de solda com sistema de exaustão adaptado
Início:	15:05h
Término:	15:35h



Dispositivo de coleta posicionado próximo à narina do operador, face lisa voltada para frente.

Figura 21 – Coleta nº3



Material particulado captado no filtro de membrana.

Figura 22 – Cassete após amostragem nº3



Figura 23 – Soldagem durante a coleta nº3

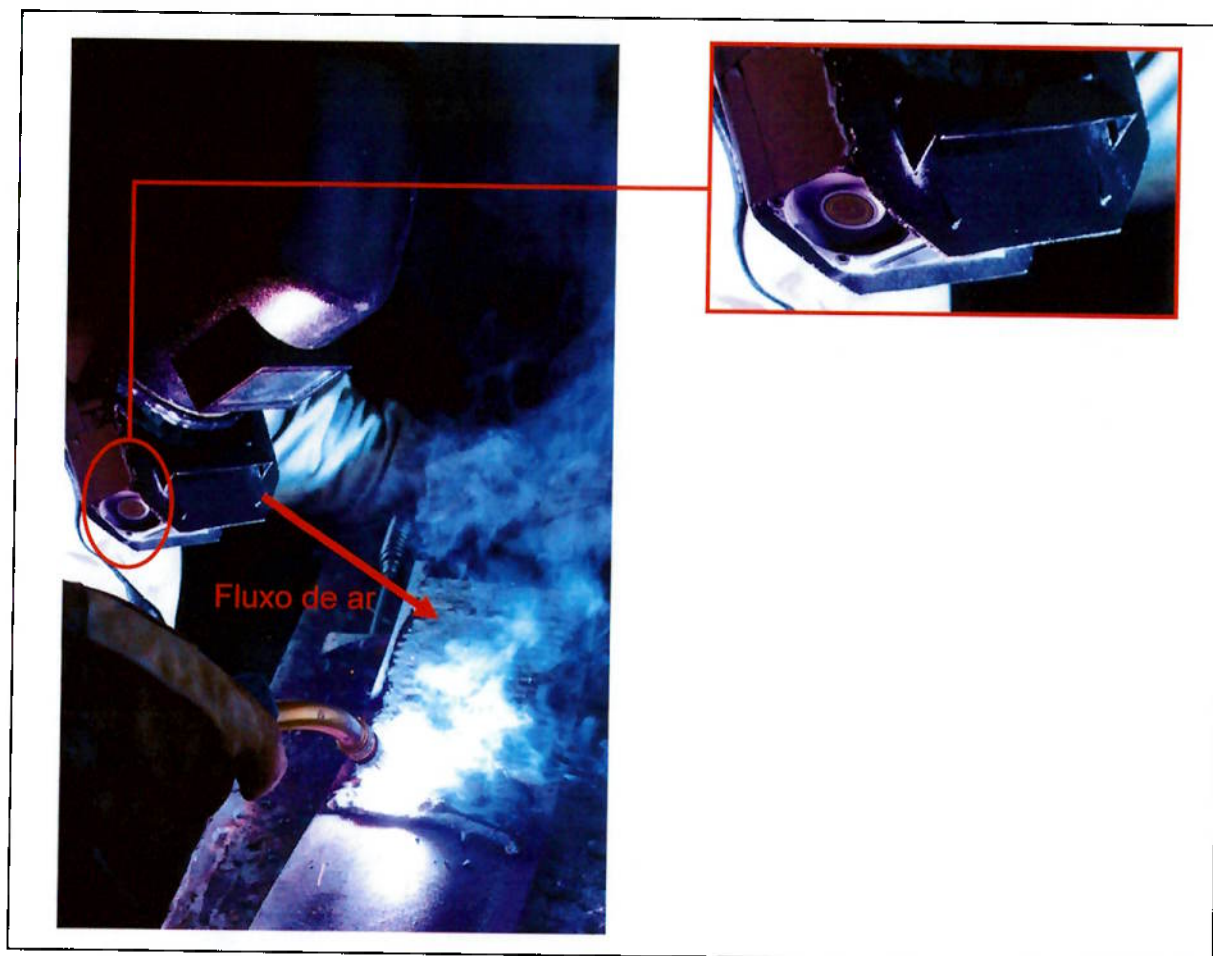


Figura 24 – Funcionamento do sistema de exaustão adaptado

3.3 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO MATERIAL COLETADO

Após coletado, o material foi enviado para um laboratório de análise química acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). A técnica de análise das amostras é determinada pelo procedimento de coleta, que neste trabalho foi o método NIOSH 7600, este indica a utilização da espectrofotometria de absorção visível, como método de análise química. Segundo Hayes (2008), a espectrofotometria tem sido durante anos o principal método de análise química. Ela implica na medição da luz absorvida pelas substâncias dentro de um determinado comprimento de onda, para a absorção visível, são necessários comprimentos entre 380 a 900 nm. Pelo o método NIOSH 7600, será observada a quantidade de luz absorvida pelas substâncias no comprimento de onda de 540 nm.

Espectrofotômetro é o equipamento utilizado para se obter medidas de absorção, de acordo com Skoog et al. (2008) é um instrumento espectrocópio que utiliza um policromador junto com um transdutor para converter as intensidades radiantes em sinais elétricos.

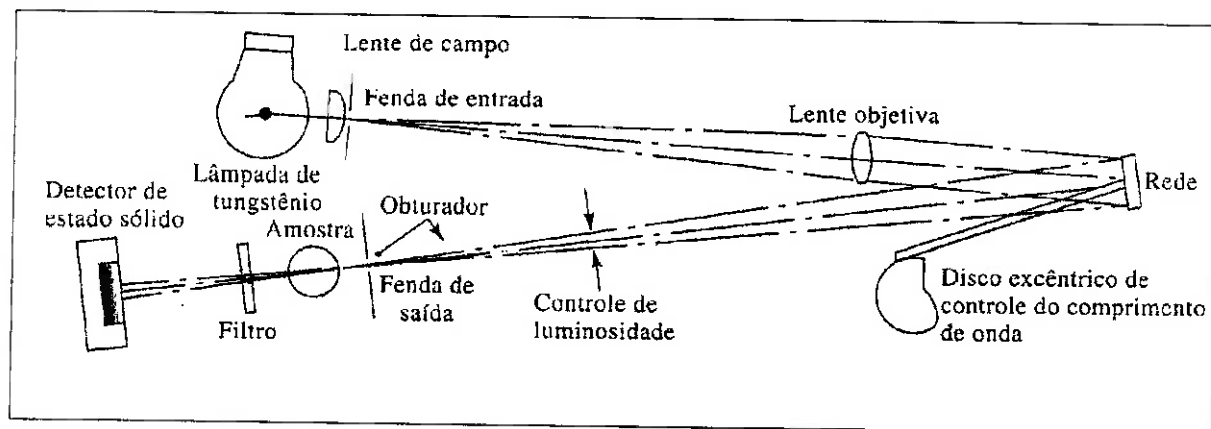


Figura 25 – Diagrama óptico do espectrofotômetro

Fonte: SKOOG, D. A. et al (2008)

Skoog et al. (2008) descrevem o funcionamento de um espectrofotômetro da seguinte maneira: a radiação de uma fonte de filamento de tungstênio passa através de uma fenda de entrada para o monocromador. Uma rede refletora difrata a radiação e uma faixa selecionada de comprimentos de onda passa através da fenda de saída para câmara da amostra. Um detector de estado sólido converte a intensidade de luz em um sinal elétrico que é amplificado e apresentado em um mostrador.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para Bussacos (1997), os resultados de análises toxicológicas são principalmente indicadores de exposição de pessoas a agentes tóxicos, no entanto, podem servir para mostrar se foram tomadas medidas adequadas para evitar ou reduzir as emissões de agentes, estabelecer nexos causais de uma doença ocupacional e verificar se indivíduos expostos a agentes estão ou não intoxicados.

Neste trabalho, os resultados das análises realizadas atingem dois pontos: a exposição do soldador ao cromo hexavalente e o grau de atenuação proporcionado pelo sistema de exaustão adaptado.

Tabela 11 – Resultados das Análises Químicas para CrVI

Amostra	Resultado (mg/m ³)
0001-10	<0,003
0002-10	0,012
0003-10	0,008

Bussacos (1997) afirma que toda amostragem está sujeita ao aparecimento de um valor aberrante, que tem como causa diversos fatores, tais como problemas na amostra, método analítico, equipamento sem calibração, entre outros. Pode-se observar na tabela 14 que a amostra 0001-10, corresponde a um valor aberrante, segundo a análise, foi encontrada uma concentração inferior a 0,003 mg/m³, onde deveria ser a amostra que apresentaria a maior concentração, pois o coletor estava posicionado fora da máscara. As anotações contidas no diário de campo apontam a possível causa do valor aberrante, pois consta que durante a primeira amostragem, o operador parou de soldar para explicar o processo GMAW aos alunos presente na célula de soldagem, a pausa ocorreu no período de 13:50 a 13:57, resultando na redução do material coletado.

Os resultados encontrados nas amostras 0002-10 e 0003-10 demonstram o nível de atenuação proporcionado pelo sistema de exaustão da máscara. A concentração de 0,012 mg/m³ deve ser compreendida como o valor de referência da exposição ao cromo hexavalente a qual o operador está sujeito. O valor encontrado na terceira análise mostra que o soldador utilizando a máscara com sistema de

exaustão adaptado ficou exposto a uma concentração de CrVI de 0,008 mg/m³. A diferença entre os dois valores resulta em 0,004 mg/m³, valor que expressa uma redução da concentração de cromo hexavalente presente na zona respiratória do soldador de aproximadamente 30%. Assim, pode-se dar como atendido, o objetivo de avaliar o funcionamento do sistema de exaustão adaptado através da amostragem de CrVI.

5 CONCLUSÃO

Por meio da amostragem do cromo hexavalente presente nos fumos metálicos da soldagem do aço inoxidável tipo 316L, utilizando o método NIOSH 7600 e posicionando o dispositivo de coleta próximo à narina do operador, aponta-se a máscara com sistema de exaustão adaptado como uma forma eficaz de atenuar a exposição dos soldadores aos fumos metálicos presentes nos processos de soldagem elétrica.

Embora aborde apenas parte do universo da soldagem de metais, acredita-se que esta monografia se inclui nos esforços de prevenção e proteção da saúde do trabalhador.

LISTA DE REFERÊNCIAS

- ALGRANTI, E.; GRECO, L. **Doenças ocupacionais pulmonares**. São Paulo: Serviço Social da Indústria, 1997. p.145-6.
- AQUINO, J.D. **Considerações críticas sobre a metodologia de coleta e obtenção de dados de acidentes do trabalho no Brasil**. 1996. 116p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO CÂNCER. **Definição de câncer**. 2010. Disponível em: <http://www.abcancer.org.br/portal/index.php?module=conteudo_fixo&id=585>. Acesso em 03 mar. 2010.
- BOFFETTA, P.; KOGEVINAS, M.; PEARCE, N. **Enciclopedia de salud y seguridad em el trabajo – 4 ed.** Geneva, WHO, 1998. p.2.2 .
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.
- BRASIL. Ministério do Seguro Social. **Anuário estatístico de acidentes do trabalho: AEAT 2008**. Brasília: MTE / MPS, 2008. 892 p.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 24, 29 de dezembro de 1994. **Norma regulamentadora nº7**.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3.214, 08 de junho de 1978. **Norma regulamentadora nº 15 - Anexo nº 11**.
- BUSSACOS, M. A. **Estatística aplicada à saúde ocupacional**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1997. 103 p.

COLACIOPPO, S. **Avaliação da exposição profissional a fumos metálicos em operações de solda**. 1984. 98 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

COLACIOPPO, S.; GOMES, J. R. **Limites de tolerância para fumos de soldas**. SOS, n. 20(1), p. 12-4, 1985.

COSTA, M.; LÄNGARD. S. **Handbook on the toxicology of metals – 3 ed.** USA, Academic Press, 2007. p.501.

ESAB. **Arames tubulares OK**. Belo Horizonte, [2004]. 103 p.

ESAB. **OK tubright 316L**: Arame tubular para soldagem de aços inoxidáveis com gás de proteção externo. Belo Horizonte, [2007]. 1 p. (1900992 rev. 3 – 05/2007).

ESAB. **Soldagem MIG/MAG**. Belo Horizonte, [2005]. 135 p.

ESTADOS UNIDOS. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Draft toxicological profile for chromium**. Atlanta: 2008. p.226-8.

ESTADOS UNIDOS. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. **Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposures indices**. Cincinnati: 2009. 263 p.

ESTADOS UNIDOS. National Institute for Occupational Safety and Health. **NIOSH pocket guide to chemical hazards**. 3th ed. Cincinnati: 2007. 454p.

FILHO, M. T.; KITAMURA, S. **Câncer pleuropulmonar ocupacional**. Jornal Brasileiro de Pneumologia, Brasil, n. 32 (supl 1): S60-S8, 2006.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. **NHO-08**: Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho. São Paulo, 2009. 24 p.

GOMES, J. R. **Saúde do trabalhador em operações de soldagem**. 1984. 139 p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

GRAVILLE, B. A. et al. **Welding handbook**. 7th. ed. Miami: AWS, 1982. 5v em 4.

GUSTAVSSON, P. **Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo – 4 ed.** Geneva, WHO, 1998. p.2.15 .

HEXAVALENT CHROMIUM (CrVI) PRESENCE IN THE INDUSTRY. Produção de Universidad de Puerto Rico – Recinto de Ciencias Médicas. Coordenação de Sergio Caporali. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, 2007. DVD (60 min), son., color.

HAYES, A. W. **Principles and methods of toxicology**. New York: Informa Healthcare, 2008. p. 2073-81.

HICHEY, J. L. S.; REIST P. C. **Adjusting occupational exposure limits for moonlighting, overtime, and environmental exposures**. American Industrial Hygiene Association Journal, n. (40)8 p.727-33, 1979.

HOLLIDAY, D.B. et al. **Welding handbook**. 8th. ed. Miami: AWS, 1991. 3v. em 2.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **Agents reviewed by the IARC monographs: volumes 1-100A**. Lyon, IARC/WHO, 2009.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risks to humans. Supp 7, Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42**. Lyon, IARC/WHO, 1987.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: chromium, nickel and welding**. Lyon, IARC/WHO, 1997. (monograph nº 49).

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **World cancer report 2008**. Lyon, IARC/WHO, 2008.

JUNIOR, Y. M. F.; KITAMURA, S. **Câncer Ocupacional: Introdução ao tema e propostas para uma política de prevenção e controle**. São Paulo: Fundação Oncocentro de São Paulo, 1992.

KEANE, M. et al. **Hexavalent chromium content in stainless steel welding fumes is dependent on the welding process and shield gas type**. Journal of Environmental Monitoring, n. 11, p. 418-24, 2009.

KELLY, J. **Mechanical engineers handbook**. 3th. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2006. p.39-58.

KITAMURA, S. **Câncer ocupacional**. Brasília Médica, Brasília, n. 32(2), p. 41-46, abril-Junho 1995.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J. **Introdução aos processos de soldagem**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 54 p. Apostila para disciplina de graduação do Departamento de Engenharia Metalúrgica – Soldagem I.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. **Estimativa 2010: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro, 2009. p. 30-1.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **CHROMIUM, HEXAVALENT: METHOD 7600**. Cincinnati, 1994. 4 p.

SENSIDYNE, LP. **Constant flow air sampling pump GilAir-5**. Florida, [2009]. 1 p. (GilAir Datasheet Rev. C 10.09.09).

SILVA, C. S.; PEDROZO, M. F. M. **Ecotoxicologia do cromo e seus compostos**. Salvador: CRA, 2001. 100 p.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de química analítica**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p. 729-31.

TORLONI, M. (coord.). **Programa de proteção respiratória, recomendações, seleção e uso de respiradores**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2002. 127 p.

TORLONI, M.; VIEIRA, A.V. **Manual de proteção respiratória**. São Paulo: ABHO, 2003. 518 p.

TURCI, S. R. B. **Avaliação toxicológica, clínica, laboratorial e citogenética de soldadores da indústria naval**. 1994. 125 p. Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1994.

ANEXO A – Terminologia da amostragem

Tabela 12 – Definições dos termos utilizados no procedimento de amostragem

Termo	Descrição
Bomba de Amostragem	Instrumento portátil e leve, que forneça uma vazão de até 6,0 L/min, com bateria recarregável e blindada contra explosão. A bomba deve possuir capacidade de manter a vazão constante em um intervalo de $\pm 5\%$, durante o tempo da coleta.
Dispositivo de coleta	Conjunto composto por porta-filtro, suporte do filtro e filtro de membrana. Comercialmente conhecido como cassete.
Filtro de membrana	Filtro de malha rígida, uniforme e contínua, de material polímero com tamanhos de poro determinados precisamente durante a fabricação.
Sistema de coleta	Sistema composto por bomba de amostragem, dispositivos de coleta e mangueira.
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 a ruptura do mesmo.
Porta-filtro	Componente do dispositivo de coleta que abriga e sustenta o suporte do filtro e o filtro de membrana.
Vazão de ar	Volume de ar, em litros, que passa através do dispositivo de coleta, por unidade de tempo, em minutos.
Zona respiratória	Região hemisférica com raio de 150 ± 50 mm, medido a partir das narinas do trabalhador.
Registro de campo	É o registro de todos os dados ou ocorrências observados durante a avaliação do ambiente de trabalho.

Fonte: FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO (2009)

ANEXO B – Formulário para registro de dados

Dados de coleta											
Empresa			Responsável pela coleta			Data da coleta					
Setor			Material particulado			Nº da bomba de amostragem			Código do filtro		
Atividade/Equipamento/Local avaliados			Nome do trabalhador			Horário de trabalho					
Tipo de coleta		Tipo do dispositivo de coleta		Fração coletada		Tempo de coleta					
Individual	Estática			Respirável	Horário	1º	2º	3º	4º	Tempo total (min)	
				Torácica	Liga						
				Inalável	Desliga						
				Total	Subtotal(min)						
Descrição da atividade/equipamento						Observações gerais quanto às medidas de controle, sistema de exaustão, substâncias presentes, entre outras					
Bomba de amostragem											
Calibração inicial						Calibração final					
Tempo inicial (s)						Vazão inicial (L/min)	Tempo final (s)		Vazão final (L/min)		Volume de ar (m³)
						Tempo inicial médio (s)	Tempo final médio (s)	Tempo final médio (s)	Vazão final (L/min)		
						Variação média:	Variação da vazão:		Variação da vazão:		

Fonte: FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. (2009)

ANEXO C – Relatório de análise química da coleta nº 1

Laboratório de Análises Químicas Acreditado pela Cgcre/Inmetro de acordo com a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0380	
RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 050610-1	Página 1 de 1

Dados do Cliente

Contratante:

Endereço:

Avaliado: ESCOLA SENAI MARIANO FERRAZ - CÉLULA DE SOLDAGEM.

Endereço: R. A Jaguaré Minim, 71 - Cidade: São Paulo - Estado: SP

Solicitação de Serviço: 0506.10

Data de Recebimento da Amostra: 29/03/2010

Dados da Amostragem

Função:

Função: Professor de Processos de Solda

Volume de ar Amostrado: 120 Litros

Sede: Célula de Soldagem - Amostragem realizada com o cassete fora da máscara e sem exaustão.

Data da Amostragem: 27/03/2010

Número de Amostrador: 0001-10

Tipo de Amostrador: Cassete com filtro de PVC de Sum

Amostragem: Foram utilizados os dados fornecidos pelo interessado. Todos os resultados estão em função do volume de ar amostrado.

Rastreabilidade das Medições

Código	Descrição	Calibrado por	Certificado Nº	Calibrado em	Validade
S039	Espectrofotômetro VIS	IPT	93385-101	26/03/09	mar-12
S038	Balão Volumétrico (25mL)	Lamevol "FGG"	0891/2008	26/03/08	mar-11
S073	Pipeta Volumétrica (0,5mL)	Lamevol "FGG"	0907/2008	18/03/08	mar-11

Método de Análise Utilizado

A análise foi realizada por Espectrofotometria no visível, conforme metodologia interna MA-008 - Revisão 02, conforme método NIOSH 7600.

Resultados da Análise

Data da Análise = 31/03/2010

Agente Químico	Resultado		LIMITES (ACGIH - 2008)		NR-15 Anexo 11
			TWA	STEL / TETO (C)	
	mg/m³	± U ⁽⁴⁾ mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Cromo Hexavalente (A1)*	<0,003	0,0007	CS= 0,05 CI= 0,01	-	0,04

CS= Compostos de Cromo VI solúveis em água.

CI= Compostos de Cromo VI insolúveis

Observações:

- 1) Este Relatório somente pode ser reproduzido em sua forma integral. Reproduções parciais devem ser previamente autorizadas pela SOLUTECH.
- 2) Os resultados expressos neste relatório se referem exclusivamente a amostra acima identificada.
- 3) Os Limites de Tolerância são demonstrados apenas para fins de referência. É de responsabilidade do interessado a utilização dos mesmos apropriados à finalidade de avaliação.
- 4) A incerteza expandida de medição relatada e declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2,00$, o qual para distribuição t com n graus de liberdade efetivos correspondente a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
- 5) LQ = O Limite de Quantificação é a menor massa (μg) abaixo da faixa de trabalho, que pode ser determinado com um nível aceitável de precisão.
- 6) LQ = Acido Crômico: 0,38 μg .
- 7) Bruto de Campo: Não Fornecido.

Santo André,

31 de março de 2010.

ANEXO D – Relatório de análise química da coleta nº 2

Laboratório de Análises Químicas Acreditado pela Cgcre/Inmetro de acordo com a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0380	
RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 050610-2	Página 1 de 1

Dados do Cliente

Contratante:

Endereço:

Avaliado: ESCOLA SENAI MARIANO FERRAZ - CÉLULA DE SOLDAGEM.

Endereço: Rua Jaguaré Mirim, 71 - Cidade: São Paulo - Estado: SP

Solicitação de Serviço: 0506.10

Data de Recebimento da Amostra: 29/03/2010

Dados da Amostragem

Funcionário:

Função: Professor de Processos de Soldagem

Volume de ar Amostrado: 120 Litros

Setor: Célula de Soldagem - Amostragem realizada com o cassete dentro da máscara e sem exaustão.

Data da Amostragem: 27/03/2010

Número do Amostrador: 0002-10

Tipo de Amostrador: Cassete com filtro de PVC de Sum

Amostragem: Foram utilizadas os dados fornecidos pelo interessado. Todos os resultados estão em função do volume de ar amostrado.

Rastreabilidade das Medições

Código	Descrição	Calibrado por	Certificado Nº	Calibrado em	Validade
S039	Espectrofotômetro VIS	IPT	93385-101	26/03/09	mar-12
S038	Balão Volumétrico (25mL)	Lamevol "FGG"	0891/2008	26/03/08	mar-11
S073	Pipeta Volumétrica (0,5mL)	Lamevol "FGG"	0907/2008	18/03/06	mar-11

Método de Análise Utilizado

A análise foi realizada por Espectrofotometria no visível, conforme metodologia interna MA-008 - Revisão 02, conforme método NIOSH 7600

Resultados da Análise

Data da Análise = 31/03/2010

Agente Químico	Resultado		LIMITES (ACGIH - 2008)		NR-15 Anexo 11
			TWA	STEL / TETO (C)	
	mg/m³	± U ⁽⁴⁾ mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Cromo Hexavalente (A1)*	0,012	0,0007	CS= 0,05 CI= 0,01	-	0,04

CS= Compostos de Cromo VI solúveis em água.

CI= Compostos de Cromo VI insolúveis

Observações:

- 1) Este Relatório somente pode ser reproduzido em sua forma integral. Reproduções parciais devem ser previamente autorizadas pela GOLUTECH.
- 2) Os resultados expressos neste relatório se referem exclusivamente a amostra acima identificada.
- 3) Os Limites de Tolerância são demonstrados apenas para fins de referência. É de responsabilidade do interessado a utilização dos mesmos apropriados à finalidade de avaliação.
- 4) A incerteza expandida de medição relatada e declarada, como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2,00$, o qual para a distribuição t com n graus de liberdade efetivos correspondente a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
- 5) LQ = O Limite de Quantificação é a menor massa (µg) abaixo da faixa de trabalho, que pode ser determinado com um nível aceitável de precisão.
- 6) LQ - Ácido Crômico: 0,38 µg.
- 7) Branco de Campo: Não Fornecido.

Santo André,

31 de março de 2010.

ANEXO E – Relatório de análise química da coleta nº 3

Laboratório de Análises Químicas Acreditado pela Cgcre/Inmetro de acordo com a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0380	
RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 050610-3	Página 1 de 1

Dados do Cliente

Contratante:

Endereço:

Avaliado: ESCOLA SENAI MARIANO FERRAZ - CELULA DE SOLDAGEM.

Endereço: Rua Jaguaré Mirim, 71 - Cidade: São Paulo - Estado: SP

Solicitação de Serviço: 050610

Data de Recebimento da Amostra: 29/03/2010

Dados da Amostragem

Funcionário:

Função: Professor de Processos de Soldagem

Volume de ar Amostrado: 120 Litros

Sector: Célula de Soldagem - Amostragem realizada com o cassete dentro da máscara e com exaustão.

Data da Amostragem: 27/03/2010

Número do Amostrador: 0003-10

Tipo de Amostrador: Cassete com filtro de PVC de 5µm

Amostragem: Foram utilizados os dados fornecidos pelo interessado. Todos os resultados estão em função do volume de ar amostrado.

Rastreabilidade das Medições

Código	Descrição	Calibrado por	Certificado Nº	Calibrado em	Validade
S009	Espectrofotômetro VIS	IPT	93395-101	26/03/09	mar-12
S038	Balão Volumétrico (25mL)	Lamevol "FGG"	0891/2008	26/03/08	mar-11
S073	Pipeta Volumétrica (0,5mL)	Lamevol "FGG"	0907/2008	18/03/08	mar-11

Método de Análise Utilizado

A análise foi realizada por Espectrofotometria no visível, conforme metodologia interna MA-008 - Revisão 02, conforme método NIOSH 7600.

Resultados da Análise

Data da Análise = 31/03/2010

Agente Químico	Resultado		LIMITES (ACGIH -2008)		NR-15 Anexo 11
			TWA	STEL / TETO (C)	
	mg/m³	± U ⁽⁴⁾ mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Cromo Hexavalente (A1)*	0,008	0,0007	CS= 0,05 CI= 0,01	-	0,04

CS= Compostos de Cromo VI solúveis em água.

CI= Compostos de Cromo VI insolúveis

Observações:

- 1) Este Relatório somente pode ser reproduzido em sua forma integral. Reproduções parciais devem ser previamente autorizadas pela SOLUTECH.
- 2) Os resultados expressos neste relatório se referem exclusivamente a amostra acima identificada.
- 3) Os Limites de Tolerância são demonstrados apenas para fins de referência. É de responsabilidade do interessado a utilização dos mesmos apropriados a finalidade de avaliação.
- 4) A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2,00$, o qual para distribuição t com n graus de liberdade efetivos correspondente a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação 3A-4/02.
- 5) LQ = O Limite de Quantificação é a menor massa (Lq) abaixo da faixa de trabalho, que pode ser determinado com um nível aceitável de precisão.
- 6) LQ = 4000 C/m com 0,30 µg.
- 7) Branco de Campo: Não Fornecido.

Santo André,

31 de março de 2010.