



Eduardo Guiomar Engel

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE EXAUSTÃO
DE FUMOS DO CORTE PLASMA**

Horizontina

2014

Eduardo Guiomar Engel

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE EXAUSTÃO DE
FUMOS DO CORTE PLASMA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Richard Thomas Lermen; Dr.

Horizontina

2014

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

“Desenvolvimento de um Dispositivo de exaustão de fumos do corte plasma”

Elaborada por:

Eduardo Guiomar Engel

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 05/11/2014
Pela Comissão Examinadora**

**Prof. Dr. Richard Thomas Lermen
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Prof. Dr. Ademar Michels
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Prof. Esp. Leonardo Teixeira Rodrigues
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2014**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que de alguma forma me auxiliaram para que pudesse concluir este trabalho, em especial aos meus pais e minha noiva, e toda minha família por me acompanhar durante esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por estar sempre ao meu lado dando forças e iluminando o caminho a ser seguido.

Aos meus pais e familiares por me apoiar nas decisões que tenho tomado, minha noiva por estar sempre ao meu lado me auxiliando e torcendo para que meus objetivos sejam alcançados.

Em especial agradecimento ao meu orientador Dr. Richard Thomas Lermen, pelos ensinamentos e dedicação dispensados no auxílio á concretização desse trabalho, meu muito obrigado.

Por fim, agradeço a todos os professores do Curso de Engenharia Mecânica pelos ensinamentos passados, a Faculdade Horizontina – FAHOR, pelo acolhimento e estrutura disponível ao aprendizado.

EPÍGRAFE

“Para nós os grandes homens não são aqueles que resolveram os problemas, mas aqueles que os descobriram” (Albert Schweitzer).

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho foi construir um dispositivo de exaustão de fumos gerados no corte plasma. A metodologia utilizada foi descrita em três partes: a primeira parte descreve o projeto e funcionamento do dispositivo de exaustão de fumos; a segunda apresenta os equipamentos e materiais utilizados para fabricação do dispositivo; e a terceira apresenta materiais e métodos usados para verificação do funcionamento da exaustão. Este dispositivo foi construído utilizando os seguintes equipamentos: exaustor, motor elétrico, um bocal de extremidade plana e outro de boca arredondada. Os testes experimentais consistiram em comparar a quantidade de fumos no ambiente de corte plasma sem exaustão e com exaustão usando os dois tipos de bocais. Sem o uso do exaustor, se tem uma grande concentração de fumos no local do corte. Com o exaustor e o bocal de extremidade plana os fumos foram coletados parcialmente. Já com o bocal de boca arredondada não houve acúmulo de fumos na mesa de corte, sendo assim, este foi o bocal que atendeu o objetivo principal de captação dos fumos gerados no corte plasma, deixando o ambiente mais limpo para o operador, evitando assim, futuras doenças. Portanto, um dispositivo coletor de fumos foi desenvolvido com a função de deixar o ambiente de corte plasma menos insalubre.

Palavras-chave: Corte plasma. Coletor de fumos. Fumos de corte.



ABSTRACT

The principal objective of this project was to build a exhaustion device of fume generated for plasma cutting. The methodology was described in three parts: the first part describes the design and operation of the smoke exhaust device. The second shows the materials and equipment used for manufacturing the device. The third shows the materials and methods used for checking the function of exhaustion. This device was built using the following equipments: exhauster, electric motor, a nozzle flat end and another rounded nozzle. The experimental tests were carried out to compare the amount of smoke in the plasma ambient without exhaustion of cutting, and using two types of nozzle. Without the use of the exhauster, it has a large concentration of fume on site of the cut. With the exhauster and the nozzle of flat end the fumes was collected partially. Already with rounded nozzle there was no accumulation of fumes on the cutting table. So, this was the nozzle that we found to get the main objective, capture the fumes generated from of plasma cutting system, leaving a cleaner environment for the operator and preventing future diseases. So, a smoke collection device was developed with the function of leaving the plasma cutting environment less unhealthy.

Keywords: Plasma Cutting. Collector of Fumes. Cutting Fumes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fumos gerados pelo corte plasma.	17
Figura 2: Mesa de corte aspirada.....	18
Figura 3: Ventilador centrífugo.....	19
Figura 4: Rotor de pás para trás.	19
Figura 5: Posicionamento do exaustor na mesa de corte.....	22
Figura 6: Exaustor, Bocal e Motor do dispositivo.	23
Figura 7: Desenho esquemático dos bocais utilizados.....	24
Figura 8: CNC de corte plasma e fonte de potência.....	24
Figura 9: Bocal de extremidade plana.....	26
Figura 10: Bocal de boca arredondada.	27
Figura 11: Acumulo dos fumos.	27
Figura 12: Máscara com fumos absorvidos.....	28
Figura 13: Acumulo de micropartículas na superfície.....	28
Figura 14: Uso do bocal sem flange em chapas finas.....	29
Figura 15: Uso do bocal sem flange na chapa grossa.....	29
Figura 16: Uso do bocal de boca arredondada.	30
Figura 17: Tecido sujo do teste.....	30
Figura 18: Máscara de proteção após uso.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Componentes presentes nos fumos	16
Tabela 2 – Coeficiente de entrada (K_e) e de perda de carga (K_c) para bocal.....	20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVO	13
1.2.1	OBJETIVO GERAL	13
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	FUMOS NA SOLDAGEM	14
2.1.1	FUMOS ASFIXIANTE E TÓXICOS	14
2.2	FORMAÇÃO DE FUMOS	15
2.3	EFEITOS NOCIVOS DO PLASMA PARA O OPERADOR	17
2.3.1	DISPOSITIVOS PARA CAPTAÇÃO DOS FUMOS	18
2.4	PREVENÇÃO DE RISCOS AO TRABALHADOR	20
3	MATERIAIS E METODOLOGIA	22
3.1	EQUIPAMENTOS PARA SUÇÃO E CORTE	23
3.2	DESCRIÇÕES DOS TESTES	25
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	26
4.1	PROJETO E FABRICAÇÃO DOS BOCAIS	26
4.2	RESULTADOS DOS TESTES EXPERIMENTAIS	27
4.2.1	TESTES SEM USO DO EXAUSTOR	27
4.2.2	TESTES COM USO DO BOCAL DE EXTREMIDADE PLANA	29
4.2.3	TESTES COM USO DO BOCAL DE BOCA ARREDONDADA	30
5	CONCLUSÕES	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

Com a finalidade de eliminar os gases tóxicos e a fumaça envolvida no corte de chapas por plasma, procurou-se uma solução barata e também viável para a exaustão dos fumos gerados. A elaboração do estudo teve como base uma forma de proporcionar o bem estar aos operadores destas máquinas sem que haja danos a saúde, tornando o local para trabalho limpo de impurezas tóxicas e mantendo equipamentos eletrônicos como plasma fora da exposição das micropartículas metálicas.

Nos processos industriais, a formação de poeira de fumos e de gases tem se tornado um elemento de estudo em relação a sua inalação e doenças causadas, nos últimos anos há diversas restrições que foram instituídas por órgãos de fiscalização. No corte das chapas de aço há geração de fumos e gases, um efeito das reações físico-químicas que acontecem na poça de fusão devida a altas temperaturas nos locais do corte.

Para Burgess (1997) os riscos a saúde causado pela exposição aos fumos metálicos dependem do metal que está sendo utilizado. Por exemplo, o óxido de ferro, sendo o componente principal do fumo, causa uma pneumoconiose benigna como siderose que significa a inalação de partículas de ferro que é alojado nos pulmões.

As normas de trabalho estão sendo cada vez mais rígidas em relação a exposição de riscos aos operadores. Trabalhando neste conceito, os fumos gerados pelo plasma não estão tendo a devida atenção para sua captação e tratamento adequado. Os fumos gerados no corte plasma são similares aos fumos da solda, porém este contém além de gases tóxicos, micro partículas de ferro que aumentam as chances de futuras doenças respiratórias, muitas vezes detectadas em um estado avançado.

1.1 JUSTIFICATIVA

Cada dia há uma maior preocupação com os trabalhadores da área metal mecânica onde é fundamental proporcionar a eles um ambiente saudável e seguro, para realização de suas tarefas. Baseado nesta ideia, este trabalho tem como foco,

apresentar uma forma simples para solucionar o problema de acúmulo de fumos em um ambiente fechado.

Durante o corte plasma é produzido uma grande concentração de calor, juntamente com a chapa de aço, produz a fumaça e os gases tóxicos prejudiciais a saúde do homem, sendo a característica tóxica dos fumos variada de acordo com o material cortado. O local de trabalho ideal para o plasma é uma área com boa ventilação, muitas vezes há fatores que impeçam esta realização devido à falta de espaço no ambiente de trabalho, tendo necessidade de serem implantados métodos para suprir a insuficiente ventilação. Desta forma o corte de chapas necessita de algum auxílio para remoção dos fumos.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho foi desenvolver um equipamento capaz de captar os fumos produzidos pelo processo de corte plasma, diminuir a presença da fumaça e gases tóxicos na respiração do operador.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para concretizar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram adotados:

- ✓ Adequar o exaustor para colocar dois tipos de bocais;
- ✓ Projetar dois bocais para captação dos gases e fumos;
- ✓ Comparar os dois tipos de bocais;
- ✓ Confrontar as diferenças sem exaustão, e com exaustão;
- ✓ Verificar a quantidade de fuligem aspirada em determinado tempo, comparando o corte de três diferentes espessuras de chapas de aço SAE 1020.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura tem grande importância para o estudo, pois há uma necessidade de rever alguns conceitos sobre os fumos, tais como: formação dos fumos na soldagem; principais tipos de fumos; efeitos dos fumos ao operador; forma de captação dos fumos.

2.1 FUMOS NA SOLDAGEM

Barra (2014) afirma que os fumos originados na região do arco elétrico consistem de partículas e gases gerados a partir do metal de base, eletrodo, diferentes fluxos e gases de proteção. Os principais elementos da nuvem visível são os óxidos metálicos, produzidos pela condensação de metal líquido, que consistem de ultrafinas partículas “fumos de soldagem”.

Os fumos em média tem o tamanho de micropartículas, um conjunto de partículas metálicas e não metálicas geradas da fusão do aço com o arco elétrico plasma, permanece junto ao ar que respiramos, potencialmente torna-se perigoso as pessoas expostas neste ambiente de trabalho.

2.1.1 Fumos Asfixiantes e Tóxicos

Barra (2014) divide os fumos metálicos em dois tipos:

- Fumos/gases asfixiantes são relacionados com gases de proteção, gera a asfixia através do deslocamento de oxigênio do ar circundante, quantidades excessivas juntamente com as condições inadequadas de ventilação podem causar asfixia no operário. Os principais gases que podem causar a asfixia são: argônio (Ar), hélio (He) e nitrogênio (N₂).
- Fumos/gases tóxicos podem se apresentar tanto na forma gasosa (por exemplo, ozônio (O₃) e monóxido de carbono (CO)) quanto na forma de partículas, representam uma grave ameaça para a saúde do operário, em curto prazo (por exemplo, irritação nos olhos e no trato respiratório), ou em longo prazo (por exemplo, doença pulmonar obstrutiva crônica ou câncer de pulmão).

2.2 FORMAÇÃO DE FUMOS

Os fumos originados do corte de chapas pelo plasma tem uma similaridade muito grande com os fumos de soldagem, em ambas situações o aço é aquecido há uma temperatura superior à temperatura de fusão. A diferença que na soldagem os fumos são gerados a partir do gás e da temperatura da peça, no plasma seria a temperatura elevada da chapa mais micropartículas de aço fundidas durante o corte.

Para Matheus e Daher (2009) os fumos de solda são partículas sólidas de óxido de metais muito finas, formadas durante o processo de soldagem. Os tipos de substâncias e suas respectivas quantidades, inaladas pelo profissional soldador, dependem do método de soldagem, das condições nas quais a solda é realizada e dos tipos de metais a serem soldados. Como exemplo de metais encontrados nos fumos de solda podem ser citados: arsênico, berílio, cádmio, cromo, cobalto, cobre, ferro, chumbo, manganês, níquel, silicatos, selênio, vanádio e zinco. Os fumos possuem toxicidades diferentes, dependendo das condições de exposição, eles podem afetar diversas partes do corpo, incluindo pulmões, coração, rins e sistema nervoso central.

Nederman (2014) esclarece que em um teste realizado em condições normais de trabalho, um único soldador produz de 20-40 g de fumos por hora, correspondendo a cerca de 35-70 Kg por ano. Danos causados pelos fumos não estão baseados somente no operador, afetam os equipamentos automáticos, como robôs, que podem estar sujeitos a fumos residuais e também necessitam de proteção.

Na Tabela 1 são apresentados alguns componentes e limites máximos, presentes nos fumos de soldagem e corte com as consequências a saúde do operador, dividido em material sendo analisado o aço de baixo carbono, contaminante corresponde as partículas de fluoretos com características metálicas que permitem o acúmulo nos tecidos humanos, TLV/TWA (*Threshold Limit Value – Time Weighted Average*) é o termo americano que expressa o limite de exposição para concentrações máximas de gases tóxicos, referentes a jornada de trabalho de 8 horas diárias e 40 semanais. No Brasil deve ser corrigido para 8 horas diárias e 48 semanais. Para verificação de limites máximos da quantidade dos fumos presente no ambiente, é verificada a partir da quantidade de massa contaminante, em miligrama, por metro cúbico de ar (mg/m^3).

Tabela 1. Componentes químicos presentes nos fumos.

Material	Contaminante	TLV/TWA	Efeitos sobre a saúde
Aço doce	Total das partículas	5.0 mg/m ³	Possível alteração nos pulmões, detectados por raio-X, irritação, incapacidade óssea progressiva.
	Fluoretos	2.5 mg/m ³	
Aço manganês	Manganês	1.0 mg/m ³	Moleza, debilidade nas pernas, transtornos emocionais.
Monel	Cobre	0.2 mg/m ³	Irritação, náusea, câncer pulmonar.
	Níquel	0.05 mg/m ³	
Alumínio	Alumínio	5.0 mg/m ³	Possíveis alterações pulmonares, irritação, redução da capacidade respiratória.
	Ozônio	0.1 ppm Valor teto	
Aço inoxidável	Cromo	0.5 mg/m ³	Úlcera cutânea, irritação nasal, câncer.

Fonte: Barra (2014)

Para (Macyntire, 1990, apud Lisboa, 2008) o TLV (*Threshold Limit Value*) termo americano que significa no Brasil o limite de tolerância de 8 horas diárias e 48 horas semanais referentes às condições limites de qualidade do ar em ambientes de trabalho e representa os valores sobre os quais se acredita que a quase totalidade dos trabalhadores possa ser repetidamente exposta, dia após dia, sem efeito adverso. Por causa de grande variação de suscetibilidade individual, uma pequena percentagem destes trabalhadores pode experimentar desconforto com algumas substâncias em concentração igual ou abaixo do valor limite.

As elevadas temperaturas produzidas pelo plasma proporcionam a fusão do metal, produzindo vapores dos elementos presentes na chapa (tintas, óleos, graxas, ferrugem etc.). A geração do fumo é totalmente baseada nos materiais e processos empregados, a sua concentração tem a total influência do ambiente onde o trabalho é realizado, pendente das condições de circulação de ar do local, lugares fechados e galpões impedem a exaustão dos fumos.

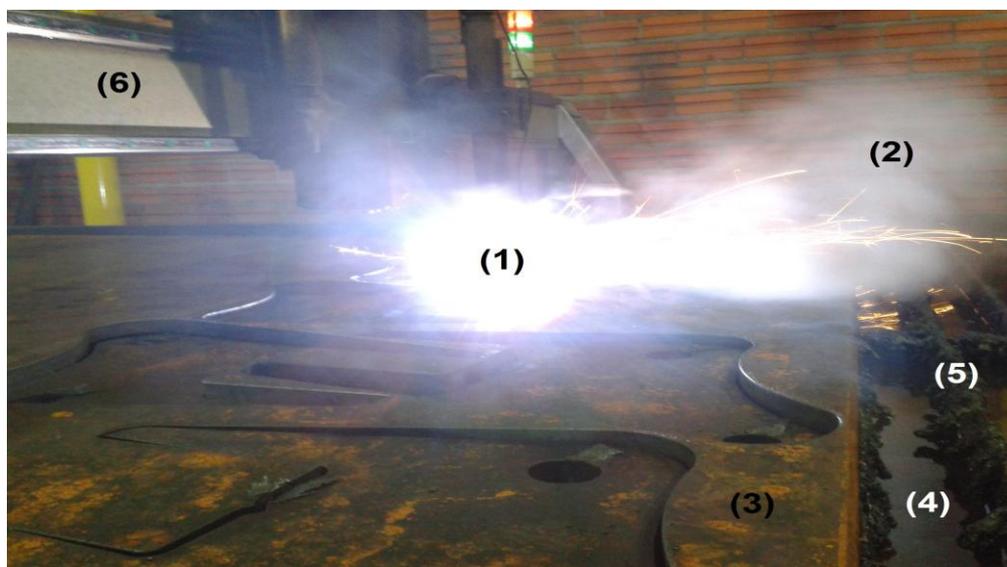
Em situações que o nível de contaminação do ar exceda limites prescritos no TLV, são necessárias medidas de engenharia para reduzir a contaminação através de ventilação, exaustão ou aspiração forçada.

2.3 EFEITOS NOCIVOS DO PLASMA PARA O OPERADOR

Turri (2014) descreve o aperfeiçoamento da legislação brasileira nos dias atuais, a segurança do operador de máquinas, os projetos das mesas de corte devem atender a NR-15, apresentando soluções para redução dos fumos nos processos de corte térmico.

A CIPA (2011) ressalta sobre a exposição contínua de poeiras e fumos metálicos sem proteção, provocará danos irreversíveis ao sistema respiratório, podendo afetar outros órgãos do corpo humano, sendo a intoxicação específica de acordo com o metal. Na Figura 1 é mostrada a operação de corte plasma com a liberação de fumos durante o corte de chapa com espessura de 12,7 mm. Pode-se observar o arco elétrico do plasma indicado como (1); os fumos produzidos durante o corte (2); chapa de 12,7 mm (3); abaixo da chapa há um tanque de água (4); para sustentação da chapa de aço sobre a água é usado uma estrutura de aço (5) com finalidade de redução das partículas fundidas serem emitida ao ambiente externo e redução dos gases tóxicos; no item (6) o plasma CNC.

Figura 1 – Fumos gerados pelo corte plasma.

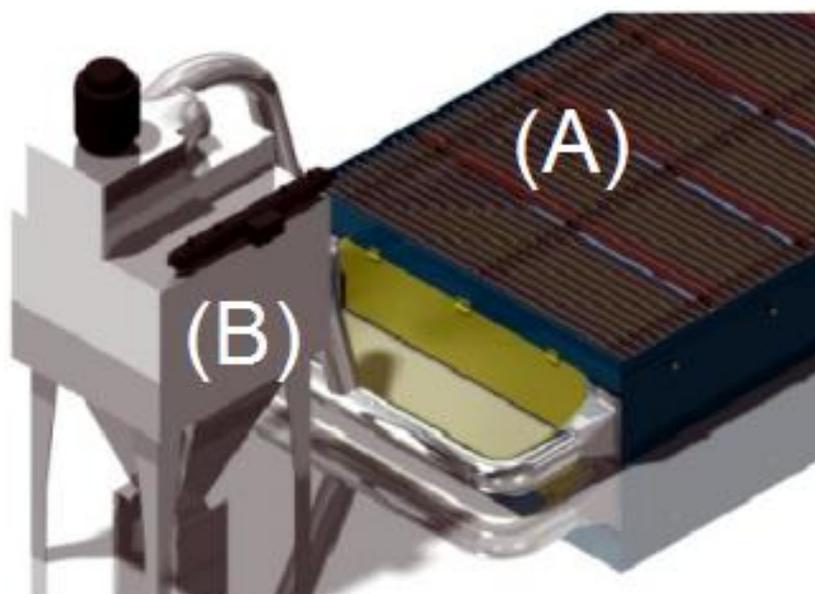


Os produtos químicos podem introduzir-se ao corpo humano de forma respiratória, bem como poeiras, fumos e gases, como também entrar em contato através da pele ou ingestão. Durante o processo de corte, o maior risco são as poeiras e os fumos metálicos serem inalados pelo operador.

2.3.1 Dispositivos para captação dos fumos

Nederman (2014) explana sobre mesas de corte aspiradas, observa-se na Figura 2 que são construídas por uma estrutura de suporte da chapa a ser cortada e um sistema de compartimentos (setores) e válvulas (dampers) que possibilitam a captação dos poluentes via sistema de exaustão e filtragem. São as mais utilizadas em mercados tecnologicamente avançados, possui um sistema de dampers indicado por (A), acoplada a um sistema de exaustão e filtragem apontado em (B), faz a coleta dos poluentes e os conduz, via tubulação, até o filtro.

Figura 2 – Mesa de corte aspirada.

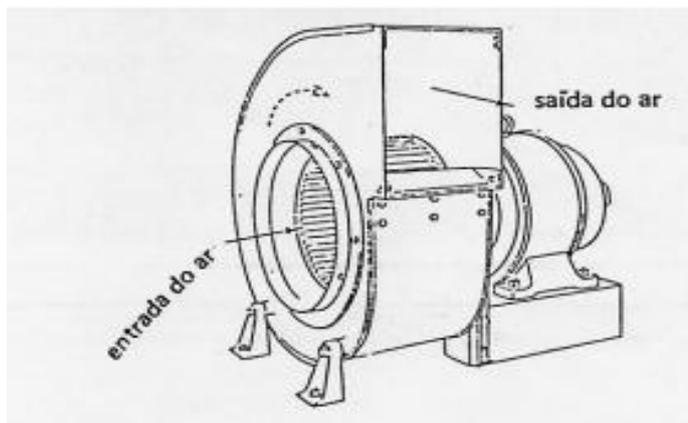


Fonte: Nederman (2014)

Utilizando a mesa de corte aspirada não tem a necessidade da utilização de água para redução dos fumos, todo fumo produzido é captado e conduzido até o filtro. Um processo vantajoso quando comparado com uso de tanques d'água, pois os tanques necessitam de um grande tempo para sua limpeza. Desvantajoso em relação ao custo, para pequenas empresas o custo de implantação é inviável.

Na captação dos fumos, geralmente é utilizado o ventilador centrífugo com pás retas voltadas para trás, tendo sua destinação para movimentação de ar numa ampla faixa de vazões e pressões, representado na Figura 3.

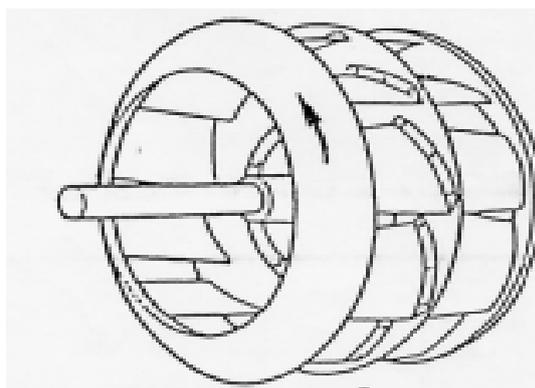
Figura 3 – Ventilador centrífugo.



Fonte: Lisboa (2007)

Ventiladores centrífugos de pás para trás, apresentado na Figura 4, são ventiladores de alta eficiência chegando a atingir eficiências maiores que 80% e seu funcionamento é silencioso. Uma importante característica desse ventilador é a autolimitação de potência, característica essa importante quando a perda de carga do sistema é variável, evitando assim a sobrecarga do motor. As pás planas podem ser utilizadas para transportar ar sujo já que apresentam a característica de serem auto-limpantes (LISBOA 2007).

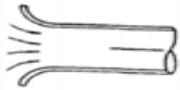
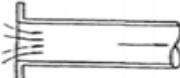
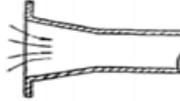
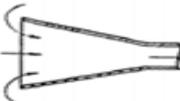
Figura 4 – Rotor de pás para trás.



Fonte: Lisboa (2007)

Para a exaustão, o bocal utilizado para captação dos fumos é de forma cilíndrica, pois, para Silva (1967), tem maior eficiência para captura dos poluentes, na Tabela 2 são apresentados vários modelos de bocais, a boca arredondada tem o melhor coeficiente de entrada do ar, e menor perda de carga, comparado com outros apresentados.

Tabela 2 – Coeficiente de entrada (k_e) e de perda de carga (k_c) para bocal.

TIPO DE BOCA	DESCRIÇÃO	K_e	K_c
	Boca arredondada	0,98	0,04
	Extremidade plana sem flange	0,72	0,93
	Extremidade do duto flangeado	0,82	0,49
	Cone flangeado com ângulo de 13 graus;	0,94	0,13
	Cone flangeado com ângulo de 30 graus	0,90	0,24
	Cone sem flange com ângulo de 13 graus;	0,82	0,49
	Cone sem flange com ângulo de 30 graus	0,79	0,60

Fonte: Lisboa (2007)

2.4 PREVENÇÃO DE RISCOS AO TRABALHADOR

Conforme as normas vigentes no Brasil (NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais), na maioria dos países industrializados, as medidas de combate a contaminação ambiental no trabalho deve obedecer á seguinte hierarquia:

- 1) Medidas que eliminem ou reduzem a utilização ou a formação de agentes prejudiciais a saúde;
 - 2) Medidas que reduzem a liberação ou a disseminação desses agentes no ambiente de trabalho;
 - 3) Medidas que previnem a liberação ou a disseminação desses agentes no ambiente de trabalho.
- ✓ No primeiro caso está relacionado em eliminar ou reduzir a fumaça e o pó produzido durante o corte de chapas, tendo como meta eliminar totalmente os resíduos.
 - ✓ No segundo caso, relaciona a reduzir a liberação ou a disseminação dos agentes químicos, incluído equipamentos para captação dos resíduos.

- ✓ Para o terceiro caso a norma NR 9 relaciona para prevenção a liberação ou disseminação dos agentes químicos, incluído a captação e tratamento do poluente antes da liberação ao meio ambiente.

A norma NR-15 (Atividades e Operações Insalubres), Anexo nº11 explana sobre agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limites de tolerância e inspeção no local de trabalho:

- 1) Nas atividades ou operações nas quais os trabalhadores ficam expostos a agentes químicos, a caracterização de insalubridade ocorrerá quando forem ultrapassados os limites de tolerâncias;
- 2) Limites de tolerância são válidos para absorção apenas por via respiratória;
- 3) Avaliação das concentrações dos agentes químicos é feita de métodos de amostragem instantânea de leitura direta, repetitivas em intervalos de tempo;
- 4) O limite de tolerância é considerado excedido quando a média das concentrações ultrapassar os valores fixados.

No caso dos testes sobre fumos metálicos o limite máximo prescrito pela NR-15 é de 5 mg/m³ de ar, acima disso é caracterizado como insalubre, tendo então a necessidade de promover formas de amenizar a quantidade de impurezas no ambiente.

3 MATERIAIS E METODOLOGIA

A metodologia é descrita em três partes: a primeira parte descreve o projeto e funcionamento do dispositivo de exaustão de fumos; a segunda apresenta os equipamentos e materiais utilizados para fabricação do dispositivo; e a terceira apresenta materiais e métodos usados para verificação do funcionamento da exaustão.

Os materiais utilizados para construção do dispositivo coletor de fumos foi baseado em equipamentos disponíveis na metalúrgica onde foi realizado todos os testes de coletas dos fumos, sendo os principais equipamentos: o exaustor, movido por uma correia de perfil V, um motor elétrico e dois bocais. O posicionamento do bocal, conforme a Figura 5, foi em frente há mesa de corte, com altura do bocal 100 mm acima do tanque d'água, com diâmetro do bocal projetado com 200 mm para que tenha maior força de sucção.

As análises foram realizadas com corte plasma de três tipos diferentes de chapas de aço SAE 1020. O corte da primeira chapa analisada foi com espessura 3,75 mm, a segunda com espessura de 6,30 mm, a terceira com 12,7 mm. Nas três chapas foram produzidos testes: sem a utilização do exaustor; com exaustor utilizando o bocal de boca arredondada; com exaustor utilizando bocal de extremidade plana sem flange. Na saída de ar do exaustor foi colocado um tecido branco para comparação da quantidade de fuligem absorvida em cada caso.

Figura 5 – Posicionamento do exaustor na mesa de corte.

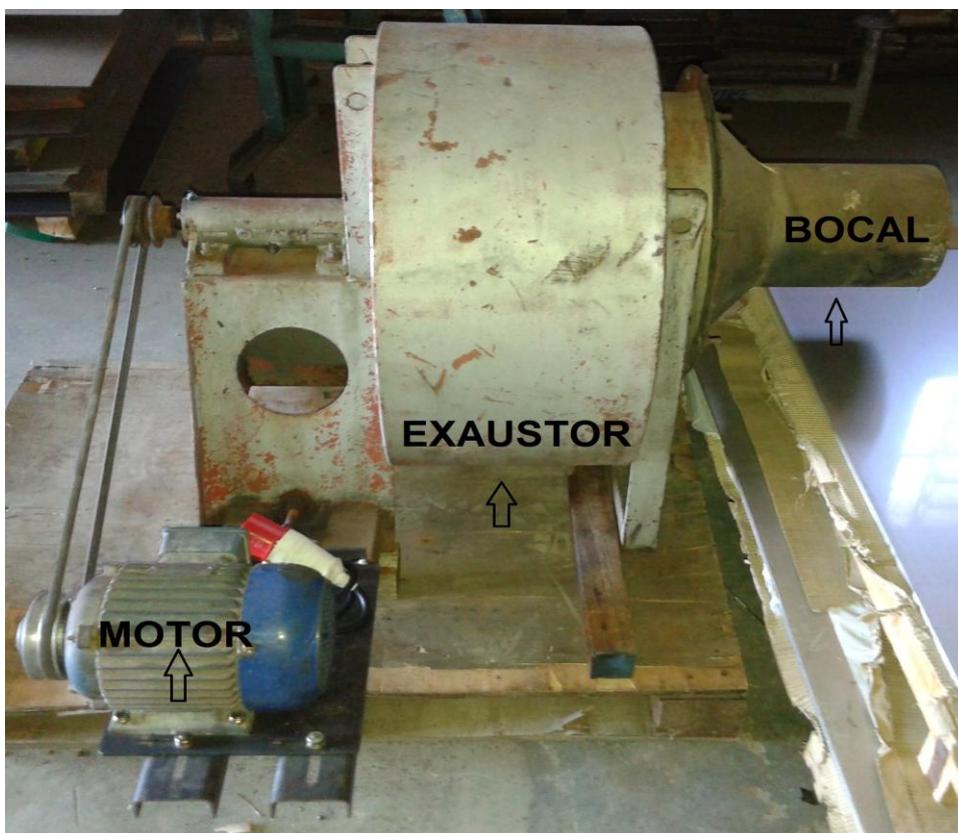


Os testes foram elaborados a fim de identificar os comportamentos visíveis dos fumos na região do corte, variando as espessuras das chapas, parâmetros da máquina plasma e consumíveis, utilizando dois tipos de bocais: de melhor coeficiente de entrada e menor perda de carga; e de menor coeficiente de entrada e maior perda de carga, mantendo a mesma distância das três chapas em relação ao bocal de sucção.

3.1 EQUIPAMENTOS PARA SUCÇÃO E CORTE

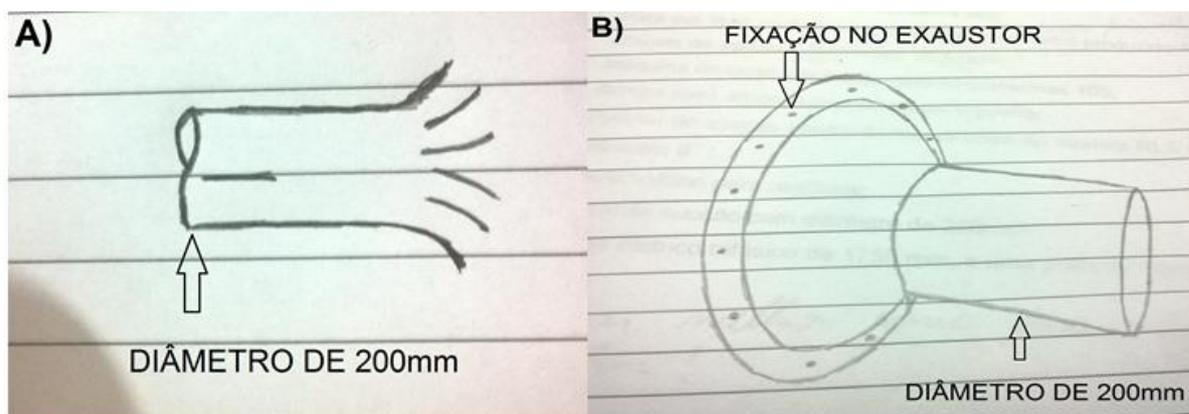
Para coleta dos fumos foi necessário a utilização de um motor elétrico trifásico com 3 kW de potência, rotação de 1750 rpm e uma polia de 279,4 mm, na sucção foi usado um exaustor de marca OTAM modelo RLS 400, com pás retas voltadas para trás, movida através de uma correia. Na Figura 6 o exaustor está montado com o bocal de extremidade plana sem flange.

Figura 6 – Exaustor, Bocal e Motor do dispositivo.



Para realização dos testes foi utilizado dois tipos de bocais, a Figura 7 indicação (A) com a boca arredondada, e indicação (B) com boca de extremidade plana sem flange, o bocal (B) foi fixado no exaustor e projetado de maneira para o bocal (A) possa ser encaixado sobre a extremidade do bocal (B), afim que possa ser feito os testes com os dois bocais de maneira simples.

Figura 7 – Desenho esquemático dos bocais utilizados.



A máquina CNC de corte plasma usada para os testes, com a fonte powermax 105. A Figura 8 indicação (A) demonstra a máquina plasma, e sua fonte de potência na (B).

Figura 8 – CNC de corte plasma e fonte de potência.



Para a realização do corte, em cada espessura da chapa foi necessário substituir os consumíveis da máquina plasma, e alterar a amperagem da fonte de potência.

Os consumíveis usados para cortar a chapa de 3,75 mm foram: capa ôhmica; bocal de 45 ampere; bico de corte finecut 45 ampere; eletrodo e capa de retenção de gás. Na fonte de potência a amperagem utilizada foi 45 ampere.

Para o corte da chapa 6,30 mm os consumíveis usados foram: capa ôhmica; bocal de 85 ampere, bico de corte 85 ampere, eletrodo e capa de retenção de gás. Na fonte de potência a amperagem usada foi 85 ampere.

No corte da chapa 12,7 mm os consumíveis usados foram: capa ôhmica; bocal de 105 ampere; bico de corte 105 ampere; eletrodo e capa de retenção de gás. Na fonte de potência a amperagem usada foi 105 ampere.

3.2 DESCRIÇÕES DOS TESTES

Para verificação do funcionamento da captação dos fumos gerados, foi necessária a utilização de um tecido branco. Este tecido foi colocado na saída de ar do exaustor, com finalidade de analisar a quantidade de fuligem capturada no tecido em determinado tempo de corte, comparando as três espessuras das chapas e os dois tipos de bocais.

Foram utilizadas duas máscaras de proteção contra os fumos, uma usada com o exaustor desligado, e a outra com exaustor ligado, com bocal de boca arredondada durante as 8 horas e 48 minutos de trabalho, para fazer uma comparação visível entre elas. Não foi usado máscara de proteção no teste com bocal de extremidade plana, pois a quantidade de fumos sugados pelo bocal foi basicamente nula.

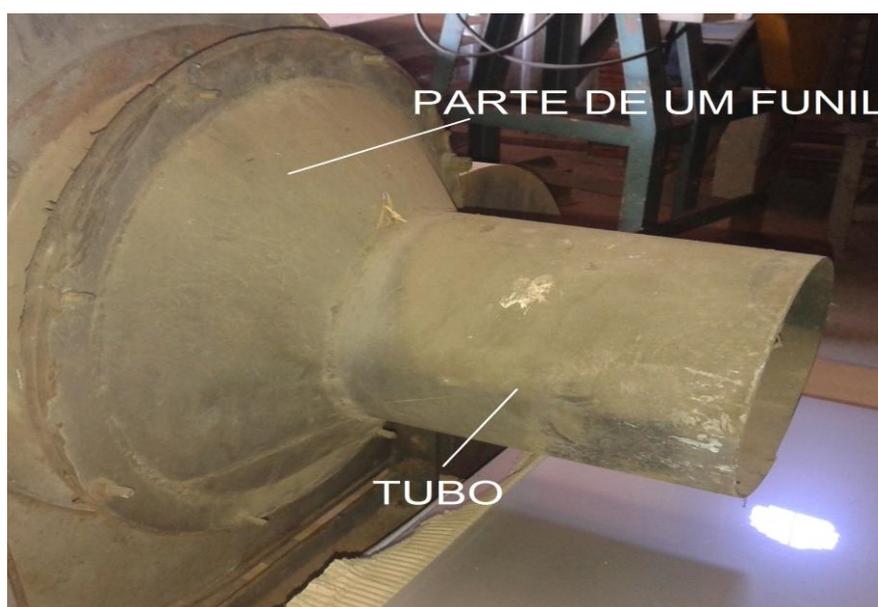
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados são expostos em duas etapas, à primeira apresenta a fabricação dos bocais, e na segunda foi a realização da comparação através de testes experimentais realizados com exaustor e os bocais (bocal de extremidade plana; bocal de boca arredondada), e sem o uso do exaustor.

4.1 PROJETO E FABRICAÇÃO DOS BOCAIS

Para fabricação do bocal de extremidade plana foi utilizado um tubo de 200 mm de diâmetro e uma peça em formato de funil, onde foi retrabalhado de maneira que poderia ser fixado ao exaustor com o tubo soldado na frente.

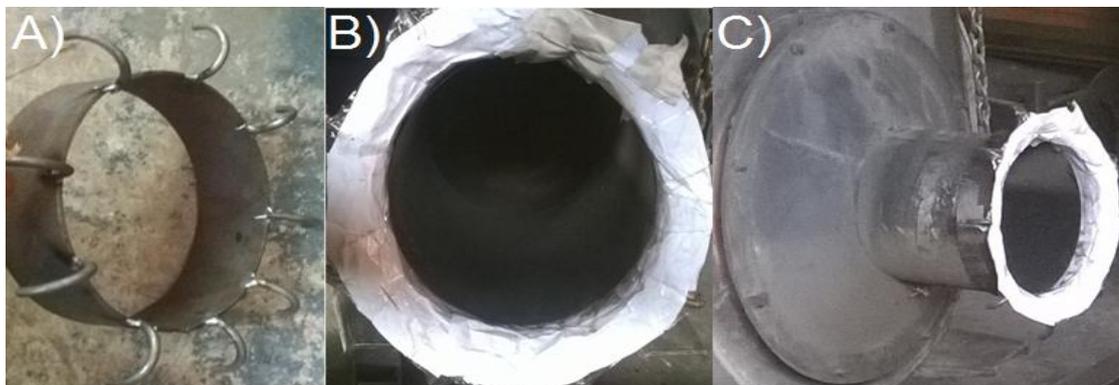
Figura 9 – Bocal de extremidade plana.



Na fabricação do bocal com boca arredondada, foi usada uma chapa metálica calandrada de 200 mm de diâmetro, ao seu redor foram fixadas pequenas barras de aço calandradas para servir de estrutura, formando a boca arredondada, ilustrada na Figura 10 indicado por (A). Foi utilizado papel com fita adesiva para formação da boca arredondada, conforme a Figura 10 indicação (B). Este bocal foi construído de maneira que possa ser encaixado sobre o bocal de extremidade plana, como pode

ser visto na Figura 10 indicação (C), havendo facilidade de realização dos testes com os dois bocais.

Figura 10 – Bocal de boca arredondada.



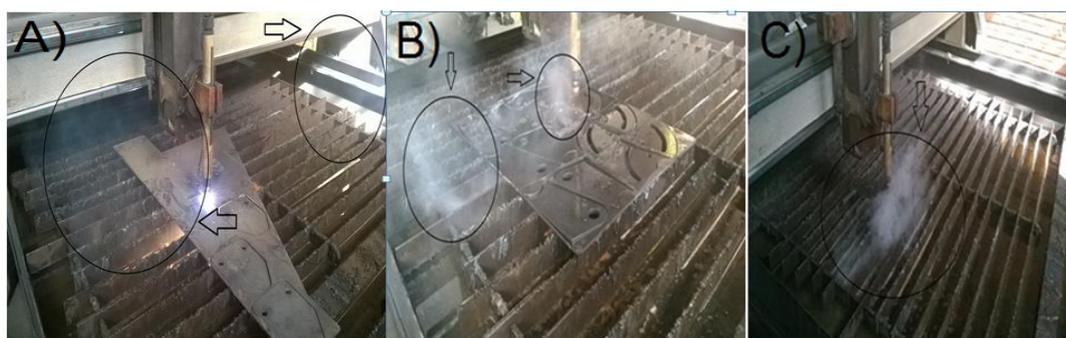
4.2 RESULTADOS DOS TESTES EXPERIMENTAIS

Os resultados são apresentados em três partes: sem uso do exaustor; com uso do exaustor com bocal de extremidade plana; e uso do exaustor com bocal de boca arredondada. Em todos os testes as condições de trabalho foram as mesmas.

4.2.1 Testes sem uso do exaustor

Primeiramente os testes foram feitos sem o uso de exaustor, utilizando as três espessuras de chapas. A Figura 11 indicado por (A) com a chapa 3,75 mm mostra um acúmulo de fumaça; em (B) a chapa 6,30 mm há um maior percentual da fumaça; em (C) com a chapa 12,7 mm, pode-se ver uma grande concentração dos fumos na área do corte e ao seu redor.

Figura 11 – Acumulo dos fumos.



Para verificar a quantidade de fumos inalada pelo operador durante seu turno de trabalho que corresponde 8 horas e 48 minutos, o operador usou uma máscara de proteção contra fumos e poeira durante todo trabalho, cortando várias espessuras de chapas, ao término do trabalho tirou a máscara e verificou uma grande quantidade absorvida.

Figura 12 – Máscara com fumos absorvidos.



Também se pode verificar micropartículas oriundas do corte acumuladas nas superfícies da máquina plasma, podendo futuramente danificar o funcionamento da máquina.

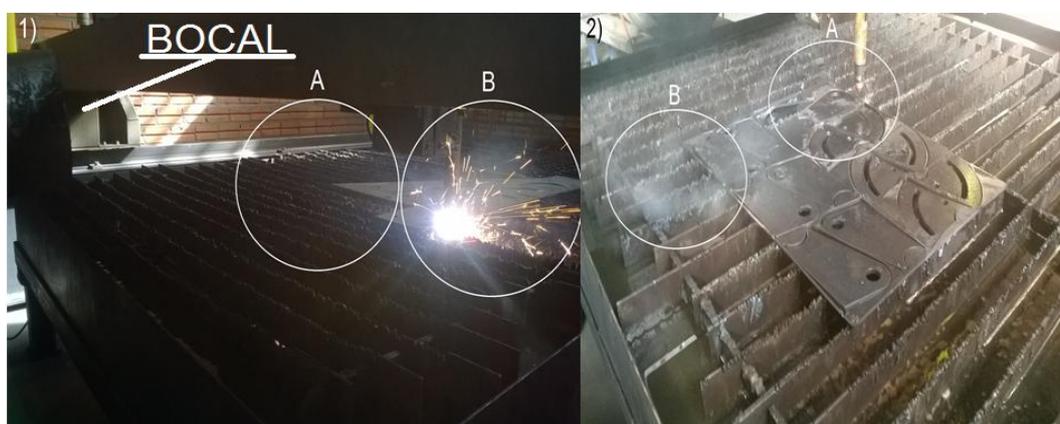
Figura 13 – Acumulo de micropartículas na superfície.



4.2.2 Testes com uso do bocal de extremidade plana

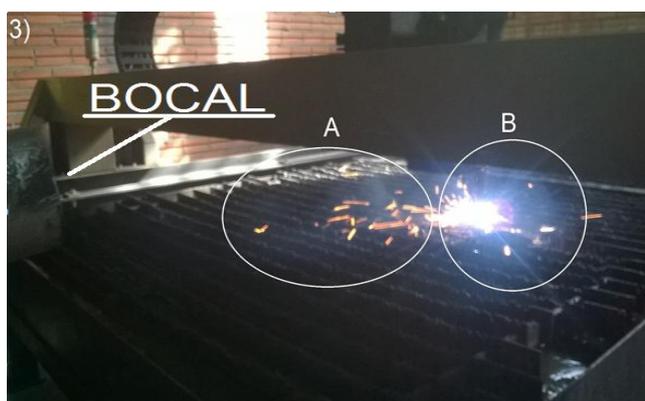
Usando o bocal de extremidade plana, os fumos são captados apenas onde o bocal foi direcionado, o restante dos fumos se espalha no ar. Exemplo disso pode ver visualizado na Figura 14, os dois pontos (A) foram focados como pontos de sucção, não havendo acúmulo de fumos neste local. Nos dois pontos (B) onde não foi direcionado o bocal, há uma grande concentração dos fumos se dissipando no ar. As espessuras das chapas são Figura 14 indicação (1) de 3,75 mm; na enumeração (2) com 6,30 mm.

Figura 14 – Uso do bocal sem flange em chapas finas.



Na Figura 15 foi cortada a chapa de 12,7 mm, a quantidade de fumos gerada nesta chapa é maior, assim pode ser registrado um pequeno fluxo de fumos sendo captados pelo exaustor no ponto (A), já no ponto (B) os fumos estão acumulados no ar.

Figura 15 – Uso do bocal sem flange na chapa grossa.



Com a utilização do tecido na saída de ar do exaustor, com tempo de captação de 3 minutos para cada chapa, constatou-se que não teve alterações visíveis de absorção de partículas entre as três espessuras das chapas.

4.2.3 Testes com uso do bocal de boca arredondada

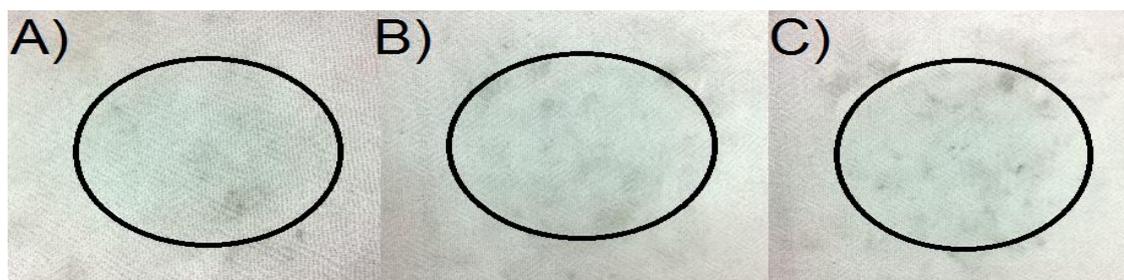
No teste com o bocal de boca arredondada na Figura 16, nas três espessuras das chapas não há nenhum acúmulo de fumos na mesa de corte, pode-se verificar apenas o arco elétrico do plasma.

Figura 16 – Uso do bocal de boca arredondada.



Com o tempo de 3 minutos para o corte de cada chapa do teste, todo material captado pelo bocal passou pelo tecido branco na saída de ar. Na Figura 17 em (A) foi utilizada a chapa de 3,75 mm, apresentando uma menor quantidade dos fumos metálicos aderido ao tecido; em (B) foi utilizada a chapa 6,30 mm, apresentando uma quantidade intermediária de fumos no tecido; na (C) a chapa cortada foi 12,7 mm, pode-se observar uma maior quantidade de partículas no tecido, isso se deve ao corte de chapas mais espesas, onde a maior quantidade de fumos é liberada.

Figura 17 – Tecido sujo do teste.



Utilizando este bocal durante um dia de trabalho que corresponde 8 horas e 48 minutos, cortando vários tipos diferentes de chapas, o operador usou uma máscara de proteção contra fumos e poeira, no final do expediente tirou e verificou a quantidade dos fumos presente na máscara.

Figura 18 – Máscara de proteção após uso.



Após análise visual, verificou-se que a quantidade absorvida foi praticamente nula, pode ser visto apenas marcas onde são usadas as mãos para colocar e tirar a máscara do rosto.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos durante os testes e análises realizadas, pode-se concluir que:

- Um dispositivo de captação dos fumos foi desenvolvido com a função de deixar o ambiente de corte plasma menos insalubre, com baixo custo de implantação;
- O teste realizado sem o uso do exaustor, nos mostrou uma grande concentração de fumos em toda mesa de corte e ao seu redor, com isso são depositados micropartículas metálicas nas superfícies da máquina plasma, e ao operador são depositadas em sua máscara de proteção;
- Em relação ao bocal de extremidade plana, o resultado obtido não teve grande êxito, pois os fumos produzidos são captados apenas parcialmente pelo exaustor, fazendo com que grande parte se dispersa facilmente no ar;
- Usando o bocal de boca arredondada foi observado que durante o corte das três espessuras das chapas não houve acúmulo de fumos na mesa de corte, portanto o objetivo principal de eliminar os fumos foi alcançado;
- Quanto maior a espessura da chapa, mais fumos metálicos são produzidos, por isso se teve essa diferença nos três cortes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRA, R. S. **O que são e como se formam os fumos em soldagem**. Disponível em <<http://www.sitedasoldagem.com.br/conceito%20basico/>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

BRASIL. Decreto-lei nº. 6.514, de dezembro de 1977. NR 9 – PPRA. In: Manuais de Legislação Atlas: **Segurança e Medicina do Trabalho**. 54. Ed. São Paulo: Atlas, 2004, p. 101-105.

BRASIL. Ministério do trabalho. Limite de tolerância. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 – NR 15 – anexo 11.

BURGESS, William A. **Identificação de possíveis riscos á saúde do trabalhador nos diversos processos industriais**. Belo Horizonte: Ergo Editora. 1997.

CIPA. **Boletim Cipa**. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/Home/cipa/boletimcipa/boletim-cipa-08-09-11---riscos-quimico-e-medidas-de-protecao.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2014.

HERZER, L. S. CIPA: **Comissão interna de prevenção de acidentes**. Porto Alegre: Edição dos Autores, 1997.

HYPERTHERM. **Treinamento e educação**. Disponível em: <http://www.hypertherm.com/pt/Training_and_education/Intro_to_plasma/What_is_plasma/what_is_plasma.jsp>. Acesso em: 04 jun. 2014.

LISBOA, M. H. **Controle da Poluição Atmosférica**. Capítulo VI. Ventilação Industrial. Montreal. Primeira versão, out. 2007.

MATHEUS, B.; DAHER, M. J. E. Risco químico relacionado aos fumos de solda e poeira metálica. **Revista Rede de Cuidados em Saúde**, Vol. 3, nº 3. 2009.

NEDERMAN. **Soluções**. Disponível em: <<http://www.nederman.com.br/solu%C3%A7%C3%B5es/extraction-and-filtration>>. Acesso em: 27 ago. 2014.

SILVA, B. R. **Ventilação**. FEI – Escola Politécnica da USP – Ed. Grêmio Politécnico, São Paulo, 204p. 1967.

TURRI, W. Como as novas legislações afetam o ambiente de corte térmico na indústria brasileira. **Revista Corte & Conformação**, Aranda editora, Anexo x, nº 109, p. 104-105, maio. 2014.