

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO**  
**TRABALHO**

**FRANCINE DE RAMOS LEONCIO**

**ANÁLISE DO CAPTOR NUM SISTEMA DE VENTILAÇÃO LOCAL**  
**EXAUSTORA PARA REMOÇÃO DE FUMOS METÁLICOS DE UMA**  
**ESTAÇÃO DE SOLDAGEM**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2017**

**FRANCINE DE RAMOS LEONCIO**

**ANÁLISE DO CAPTOR NUM SISTEMA DE VENTILAÇÃO LOCAL  
EXAUSTORA PARA REMOÇÃO DE FUMOS METÁLICOS DE UMA  
ESTAÇÃO DE SOLDAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia e Segurança do Trabalho, Área de Conhecimento: Higiene e Segurança do Trabalho, do Curso de Especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Luiz Eduardo Melo Lima

**PONTA GROSSA**

**2017**



---

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

Título do artigo nº. 006/2017

### **ANÁLISE DO CAPTOR NUM SISTEMA DE VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA PARA REMOÇÃO DE FUMOS METÁLICOS DE UMA ESTAÇÃO DE SOLDAGEM**

Desenvolvido por:  
Francine de Ramos Leoncio

Este artigo foi apresentado no dia 13 de dezembro de 2017 às 14 horas como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Ariel Orlei Michaloski  
1º membro

---

Antonio Carlos Frasson  
2º membro

---

Luiz Eduardo Melo Lima  
Orientador

Analysis of the captor in a local exhaust ventilation system for the removal of metallic fumes from a welding station

**Abstract:** In this work the problems caused by toxic gases and metallic fumes in a welding station are described, as well as a proposal to modify the captors in a local exhaust ventilation system with the purpose of promoting improvements in the operating conditions of the users. This study is characterized as a research of the type applied, with possibility of practical application, however it is also necessary to carry out an exploratory study of the existing literature for the development and modification of the captors in the ventilation system. One of the biggest problems in a welding station is the fumes that emerge from the vapors of the molten metals. These vapors are filled with impurities such as gases, metals and residues, which if aspirated by the user can cause occupational diseases. It has been theoretically found that the exchange of the captor type from the exhaust system of the welding station results in an improvement of the system providing a more pleasant environment for the persons using the laboratory. Therefore, from the equations for designing ventilation systems, the choice of a better type of captor applicable to the local exhaust ventilation system for welding fumes was achieved.

Keywords: Exhaust ventilation, design, safety and health, fumes, welding.



## **Análise do captor num sistema de ventilação local exaustora para remoção de fumos metálicos de uma estação de soldagem**

Francine de Ramos Leoncio (UTFPR-PG) E-mail: [francinederamos@hotmail.com.br](mailto:francinederamos@hotmail.com.br)

Luiz Eduardo Melo Lima (UTFPR-PG) E-mail: [lelima@utfpr.edu.br](mailto:lelima@utfpr.edu.br)

**Resumo:** Neste trabalho são descritos os problemas ocasionados por gases tóxicos e fumos metálicos numa estação de soldagem, bem como é apresentada uma proposta de modificação dos captores num sistema de ventilação local exaustora, com o intuito de promover melhorias nas condições de operação dos usuários. Este estudo se caracteriza como uma pesquisa do tipo aplicada, com possibilidade de aplicação prática, contudo torna-se necessário também a realização de um estudo exploratório da literatura existente para o desenvolvimento e modificação dos captores no sistema de ventilação. Um dos maiores problemas numa estação de soldagem são os fumos que surgem dos vapores dos metais derretidos. Estes vapores são cheios de impurezas como gases, metais e resíduos, que se aspirados pelo usuário podem ocasionar doenças do trabalho. Verificou-se teoricamente que a troca do tipo de captor do sistema de exaustão da estação de soldagem resulta numa melhoria do sistema proporcionando um ambiente mais agradável para as pessoas que utilizam o laboratório. Portanto, a partir das equações para dimensionamento de sistemas de ventilação, chegou-se a escolha de um melhor tipo de captor aplicável ao sistema de ventilação local exaustora para fumos da soldagem.

**Palavras-chave:** Ventilação exaustora, dimensionamento, segurança e saúde, fumos, soldagem.

### **1. Introdução**

A qualidade do ar em ambientes que não possuem ventilação, principalmente em ambientes de trabalho tem sido muito pesquisada nos últimos anos, pelo fato de que quando o ar é de má qualidade podem acarretar muitas doenças no trabalhador (GIODA, 2003). A má qualidade do ar se dá às baixas taxas de troca do ar no ambiente, fazendo com que a quantidade de poluentes químicos e biológicos seja muito elevada, afirma Brickus (1999).

De acordo com Gioda (2003), a qualidade do ar em ambientes de trabalho faz parte da saúde ocupacional, cuja finalidade é manter a saúde e bem estar do trabalhador, adaptando o ambiente e o posto de trabalho ao homem. Caso equipamentos de proteção individual ou coletiva específicos para cada tipo de atividade não atendam a necessidade exigida, a má qualidade do ar pode trazer riscos a saúde do trabalhador (COSTA, 2002).

Um ambiente bem ventilado e livre de poluentes ajuda a contribuir para saúde e segurança dos trabalhadores. A ventilação exaustora é um meio muito eficaz de controlar o ar que está em um ambiente diminuindo a exposição dos trabalhadores a possíveis contaminantes químicos que estejam presentes, afirma Lied (2011).

A soldagem é um importante processo de união de elementos e é utilizada em diversas áreas como eletrônica, construção civil, mecânica, entre outras. Contudo a emissão de fumos resultantes deste processo é prejudicial à saúde do trabalhador, pois os agentes químicos contidos nos fumos (ligas de aço, chumbo, manganês e ferro) podem causar danos

irreversíveis à saúde do trabalhador. Segundo Nederman (2017), estes riscos podem ser intensificados dependendo da substância, da sua concentração e da intensidade em que os trabalhadores estão expostos.

A emissão de fumos no processo de soldagem não pode ser evitada, porém é possível que os danos causados à saúde do trabalhador sejam minimizados, melhorando as condições de trabalho através da ventilação adequada do local.

Observou-se que o sistema de ventilação exaustora das estações de soldagem do Laboratório de Soldagem, instalado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, não apresenta condições aparentemente satisfatórias para a realização das atividades. Durante as atividades de soldagem, os usuários possivelmente estariam expostos a contaminantes provenientes do processo de soldagem. O presente trabalho apresenta uma proposta de modificação dos captores de um sistema de ventilação local exaustora para ser aplicado em laboratório. Este sistema de ventilação, se bem executado, poderá proporcionar que os fumos gerados no processo sejam imediatamente retirados do laboratório, oferecendo um ambiente de trabalho com melhores condições principalmente para os usuários que tem mais contato com as atividades de soldagem.

## **2. Revisão da literatura**

Nesta seção são apresentadas algumas definições sobre as Normas Regulamentadoras voltadas ao processo de soldagem, limites de tolerância previstos em leis para gases tóxicos e materiais contaminantes que podem prejudicar a saúde do soldador. Além disto, é apresentado também, de maneira breve, como funciona um sistema de ventilação local exaustora e seus componentes.

### **2.1 Normas Regulamentadoras**

As Normas Regulamentadoras (NR's) se referem à segurança e saúde do trabalho e são obrigatórias para todas as empresas públicas e privadas, indústrias ou instituições que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Caso o empregador não cumpra com os regulamentos sofrerá penalidades previstas em leis, de acordo com a NR-1 que trata sobre as disposições gerais. Todas as normas estão disponíveis no *site* do Ministério do Trabalho para qualquer pessoa que queira consultá-las. Para o processo de soldagem deve-se ater principalmente às normas NR-6, NR-7, NR-9 e NR-15, que são descritas a seguir (**MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2013, 2014, 2015, 2016**):

a) NR-6: Equipamento de Proteção Individual (EPI) é qualquer dispositivo que seja de uso individual que o trabalhador utiliza para sua segurança ou saúde no trabalho. Todo EPI deve ter o Certificado de Aprovação (CA) do Ministério do Trabalho e deve ser fornecido para o trabalhador gratuitamente sendo que o equipamento deve ser adequado ao risco.

b) NR-7: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) esta NR estabelece que seja obrigatório, por parte dos empregadores, a elaboração e implementação de um programa com o objetivo de promover e preservar a saúde dos trabalhadores. O PCMSO deverá ter caráter de prevenção, rastreamento e diagnóstico de problemas relacionados à saúde do trabalhador causados pelo trabalho, inclusive de natureza subclínica, além da constatação da existência de casos de doenças profissionais ou danos irreversíveis à saúde dos trabalhadores.

c) NR-9: Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) que visa preservar a saúde e integridade dos trabalhadores. Este programa funciona da seguinte forma, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos

ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais. Cada empresa possui um PPRA diferente e é de responsabilidade do empregador. O PPRA deve ser estruturado de acordo com as demais NR's, pois é uma parte integrante das demais iniciativas da empresa visando à saúde e integridade do trabalhador. A NR-7 também faz parte desta iniciativa.

d) NR-15: Atividades e Operações Insalubres esta NR trata de limites de tolerância para atividades em que é constatada a insalubridade, ou seja, a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral. A atividade pode ser considerada de grau mínimo, médio ou máximo dependendo do contaminante.

## 2.2. Fumos metálicos

Na sociedade atual em que vivemos, por mais tecnologias que surgem todos os dias para substituir o trabalho do homem por máquinas ainda se vê a necessidade do trabalho humano em determinadas áreas. A transformação da matéria-prima está diretamente ligada à mão de obra humana e como consequência isto pode trazer riscos ocupacionais à saúde do trabalhador (COSTA, 2010). Portanto, é necessário que o ambiente de trabalho ofereça condições para que não haja dano à saúde do trabalhador.

Os fumos de solda surgem no processo de soldagem e são partículas muito finas de metais que podem ser arsênio, cobre, ferro, chumbo, níquel, silicatos, zinco, berílio, cádmio, cobalto, cromo e diversos outros metais. De acordo com Matheus (2009), a toxicidade dos fumos da solda depende do tipo da solda e das condições de exposição e podem afetar diversas partes do corpo, como, pulmões, coração, rins e sistema nervoso central. Os fumos metálicos representam um risco químico, pois vapores são emitidos e absorvidos pelo organismo pelas vias respiratórias (MATHEUS, 2009).

De acordo com Gomes (2002), atividades como as de soldagem devem ser feitas em ambientes limpos, ventilados e se possível limitar a exposição do soldador. Ele ainda ressalta que uma ventilação local exaustora nos pontos de formação dos fumos e gases é muito importante para minimizar as doenças que podem ser ocasionadas pela aspiração, caso isso não seja possível deve-se utilizar equipamentos de proteção respiratória.

Uma exposição de curto prazo, como por exemplo, com fumos de solda contendo zinco, magnésio, cobre e cádmio pode trazer sintomas dentro de 4 horas como calafrios, febre, sede, dor muscular, dores no peito, tosse, fadiga, náusea e um gosto metálico na boca (MATHEUS, 2009). A Tabela 1 apresenta alguns gases tóxicos presentes no processo de soldagem e limites máximos de tolerância para até 48 horas semanais de trabalho, bem como os efeitos sobre a saúde do soldador e o grau de insalubridade.

Tabela 1 – Gases tóxicos presentes nos fumos de solda

<b>Gás tóxico</b>	<b>Limite de tolerância</b>	<b>Efeitos sobre a saúde</b>	<b>Grau de insalubridade</b>
Dióxido de nitrogênio	7 mg/m <sup>3</sup>	Edema pulmonar	Máximo
Monóxido de carbono	43 mg/m <sup>3</sup>	Asfixia	Máximo

Fonte: Adaptado de Ministério do Trabalho (2014)

A Tabela 2 apresenta também alguns contaminantes presentes no processo de soldagem e limites máximos de tolerância, bem como os efeitos sobre a saúde do soldador e o grau de insalubridade, de forma semelhante à Tabela 1.

Tabela 2 – Materiais contaminantes presentes nos fumos de solda

Contaminante	Limite de tolerância	Efeitos sobre a saúde	Grau de insalubridade
Cromo VI	0,05 mg/m <sup>3</sup>	Asma, câncer de pulmão, afeta a qualidade do esperma	Máximo
Manganês	6 mg/m <sup>3</sup>	Impacto no sistema nervoso	Máximo
Óxido de ferro	5 mg/m <sup>3</sup>	Problemas respiratórios, doenças cardíacas	Médio
Alumínio	5 mg/m <sup>3</sup>	Efeito no sistema nervoso	Médio
Chumbo	0,1 mg/m <sup>3</sup>	Efeitos no sistema nervoso, má formação fetal	Máximo
Zinco	5 mg/m <sup>3</sup>	Febre, dores musculares	Médio

Fonte: Adaptado de Ministério do Trabalho(2014), Nederman (2017) e ACGIH (1998)

Como um complemento às normas brasileiras que não apresentam limites de tolerância para cromo VI, óxido de ferro, alumínio e zinco, utilizou-se como referência os limites norte-americanos com a diferença de jornada de trabalho diminuída para 40 horas semanais, de acordo com a ACGIH (1998).

De acordo com Matheus (2009), os fumos de solda também podem trazer irritabilidade para os olhos e nariz e podem também aumentar o risco de pneumonia. Pode-se afirmar que os fumos de solda podem trazer inúmeros problemas para o trabalhador, bem como para outras pessoas que estejam utilizando o mesmo ambiente onde não exista uma ventilação adequada.

### 2.3. Sistema de ventilação local exaustora

Diversos processos de fabricação têm a grande possibilidade de geração de resíduos. Estes resíduos muitas das vezes são substâncias sólidas muito pequenas que ficam dispersas no ar e podem ser aspiradas (LIED, 2011). Um destes processos de fabricação é a soldagem em que os trabalhadores estão expostos, dentre outros riscos, ao risco químico provenientes dos fumos de solda. Segundo Matheus (2009), estes fumos de solda que ficam dispersos em locais pequenos e mal ventilados trazem grande risco a saúde do trabalhador, por isso é tão importante que o ambiente de trabalho e os EPI's devam ser adequados à atividade que é exercida.

Existem duas classificações para um sistema de ventilação: geral e local exaustora. Ventilação Local Exaustora (VLE) remove as substâncias que são emitidas pelo processo diretamente da fonte. Este sistema de ventilação é considerado eficiente e é muito recomendado pela convenção nº 139/1974 da OIT (Organização Internacional do Trabalho), pois pode reduzir e até eliminar as substâncias contaminantes presentes no ar que podem trazer riscos à saúde (LIED, 2011).

Deste modo, o sistema de ventilação local exaustora consiste em remover o ar contaminado do local para a atmosfera utilizando um sistema exaustor que irá tratar os gases, vapores ou poeiras tóxicas e dar uma destinação correta sem causar nenhum dano ambiental (HEISLER, 2015). Este sistema existe principalmente para proteger a saúde do trabalhador e deve ser projetado, construído, supervisionado e mantido conforme as necessidades específicas do processo de trabalho (SANTOS, 2015). Os principais componentes de um sistema de ventilação local exaustora são:

- Captores: são instalados na fonte de emissão dos poluentes e realizam a captura do ar contaminado;
- Sistema ou rede de dutos: realizam o transporte dos gases capturados na fonte até o seu tratamento e/ou descarte;
- Coletor: retém os poluentes impedindo lançamento na atmosfera (coletores de



partículas, filtros, lavadores de gases e vapores, precipitadores eletrostáticos - podem ser instalados antes ou depois do ventilador);

- Ventilador: produz o deslocamento dos gases criando um diferencial de pressão entre captor e a saída do sistema, também chamado de exaustor;
- Chaminé: realiza o descarte dos gases para atmosfera.

### 3. Metodologia

O presente trabalho enquadra-se em uma pesquisa do tipo aplicada, com possibilidade de aplicação prática, que surge a partir de uma proposta de modificação dos captores num sistema de ventilação local exaustora para fumos metálicos de uma estação de soldagem. Contudo, torna-se necessário a realização de um estudo exploratório a respeito de Normas Regulamentadoras, fumos metálicos e funcionamento do sistema de ventilação local exaustora para o desenvolvimento deste trabalho.

#### 3.1. Análise do sistema de ventilação e proposta de modificação do captor

Verificou-se que o Laboratório de Soldagem da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa, possui um sistema de ventilação local exaustora aparentemente adequado à realização dos estudos práticos. Porém, é possível que a forma dos captores não seja tão eficiente, para algumas situações nas operações de soldagem que ocorram fora do raio de alcance da captura dos contaminantes sobre a bancada de soldagem, permitindo o escape de contaminantes e um possível contato com o usuário. Deste modo, torna-se necessário elaborar uma proposta de modificação dos captores do sistema de ventilação local exaustora em funcionamento, para que possa atender esta necessidade sem acarretar custos significativos. A Figura 1 apresenta fotografias do laboratório e do sistema de ventilação local exaustora atual: (a) estação de soldagem com captor; (b) conjunto de estações de soldagem e rede de dutos; (c) coletor de contaminantes e exaustor.



Figura 1 – Laboratório de soldagem com sistema de ventilação local exaustora: (a) estação de soldagem com captor; (b) conjunto de estações soldagem e rede de dutos; (c) coletor de contaminantes e exaustor

Fonte: Autoria própria

Os captosres do sistema são de abertura plana circular, com diâmetro igual ao da tubulação conectada a ele. A sua rede de dutos é de metal para resistir à pressão, leve e maleável, com baixo coeficiente de atrito e possuindo um aumento gradativo de seção das entradas (captosres) para a saída do sistema. O exaustor deste sistema possui uma eficiência satisfatória e autolimitação de potência, além de silencioso e autolimpante. O coletor é um lavador de gases com grande capacidade de remoção de fumos de soldagem, podendo atender satisfatoriamente aumentos na demanda de ar para tratamento, com mínimo aumento na perda de carga.

A proposta de modificação deste sistema de ventilação local exaustora baseia-se na seleção de um tipo de captor, cuja forma possa proporcionar melhorias nas condições operacionais sem acarretar um aumento significativo da perda de carga do sistema. Deste modo, para escolha do captor optou-se por um que possa envolver ao máximo a fonte de contaminantes, com mínima seção de boca possível, não atrapalhe o trabalho a ser executado e seja de fácil manutenção e limpeza. Algumas formas de captosres para soldagem (com ou sem flange) são apresentadas na Figura 2 (ACGIH, 1998): (a) captor de abertura plana circular; (b) captor afunilado circular; (c) captor afunilado retangular.

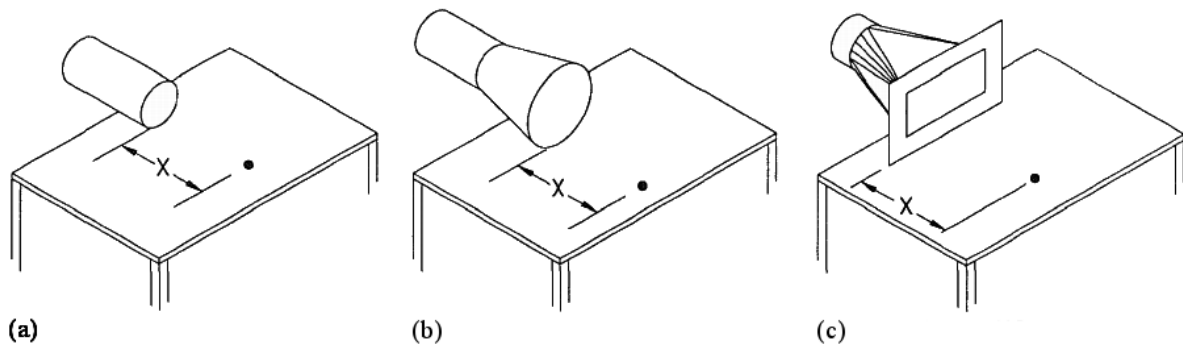


Figura 2 – Forma dos captosres para operações de soldagem: (a) captor de abertura plana circular; (b) captor afunilado circular; (c) captor afunilado retangular com flange  
Fonte: ACGIH (1998)

Como base para o dimensionamento do tamanho do captor a ser utilizado, considera-se as dimensões da superfície da bancada de soldagem (60 cm x 40 cm). O captor deve ser capaz de remover os fumos metálicos gerados sobre esta superfície, a partir de uma distância sem atrapalhar as operações de soldagem sobre a bancada. No sistema atual, o captor é de abertura plana circular, com diâmetro de aproximadamente 15 cm. Na modificação proposta, adota-se um captor afunilado retangular sem flange com um bocal de entrada de 30 cm de comprimento, 15 cm de largura e afunilamento de 45° (redução de área do captor até o duto). Em ambos os casos, o bocal de seção transversal do captor está alinhado perpendicular ao centro da superfície da bancada por uma distância de captura a ser determinada.

### 3.2. Capacidade de sucção

Para a verificação da proposta de modificação do captor do sistema de ventilação em questão, considera-se uma produção do contaminante fumo de óxido de ferro, proveniente da operação de soldagem com arco elétrico, de 20,0 g/kg de eletrodo consumível. Considera-se também um consumo de eletrodo de 1,0 kg/h. Portanto, a vazão mássica de fumo de óxido de ferro produzido é de 20,0 g/h. Adota-se o valor limite de tolerância de 5,0 mg/m<sup>3</sup> de óxido de ferro composto em fumos metálicos, de acordo com a Conferência Americana de Higienista Industrial Governamental, do inglês *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (ACGIH). A taxa de ventilação requerida para remoção do contaminante ( $Q_p$ ) é obtida dividindo a vazão mássica de contaminante gerado ( $\dot{m}_p$ ) pela concentração máxima permitida do contaminante ( $C_{max}$ ), conforme a Equação (1) (ACGIH, 1998):

$$Q_p = \frac{\dot{m}_p}{c_{max}} \quad (1)$$

Para os valores adotados, resulta numa taxa de ventilação requerida para remoção do contaminante  $Q_p = 4000 \text{ m}^3/\text{h} \approx 1,111 \text{ m}^3/\text{s}$ . Este valor é utilizado como referência para o dimensionamento do projeto em questão.

### 3.3. Vazão volumétrica de captura

Para o cálculo da vazão volumétrica, considera-se a velocidade de captura recomendada de 1,0 m/s, induzida no ponto mais desfavorável em relação à posição do captor, que deveria ser suficiente para arrastar o contaminante e opor-se aos efeitos dispersivos das correntes de ar e ao movimento inicial adverso. A Equação (2) é utilizada para o cálculo da vazão volumétrica em captores circulares e retangulares largos sem flange (ACGIH, 1998):

$$Q = V_c(10x^2 + A) \quad (2)$$

Sendo  $Q$  a vazão volumétrica,  $V_c$  a velocidade de captura recomendada,  $A$  a área da abertura do captor e  $x$  a distância entre o captor e a fonte do contaminante.

### 3.4. Diâmetro do tubo e diâmetro equivalente

Para o cálculo do diâmetro das tubulações do sistema de ventilação utiliza-se a Equação (3), levando em consideração velocidades recomendadas para cada trecho do sistema:

$$D = \frac{4Q}{\pi V} \quad (3)$$

Para a tubulação conectada diretamente ao captor, a velocidade média recomendada para o transporte de fumos metálicos é  $V = 15 \text{ m/s}$  (ACGIH, 1998).

O diâmetro equivalente para dutos de seção retangular pode ser calculado a partir da Equação (4), expressa por:

$$D = 1,3 \frac{(a b)^{0,625}}{(a+b)^{0,25}} \quad (4)$$

Sendo  $a$  o comprimento e  $b$  a largura da seção retangular.

### 3.5. Perdas de carga

A perda de carga é influenciada pela velocidade do fluido resultando em atrito no duto, perdas distribuídas, e pela resistência dos acessórios dispostos ao longo do duto, perdas localizadas ou por restrições. Segundo Geleski (2015), os acessórios que mais contribuem para o aumento de carga localizada são: curvas, cotovelos, joelhos, expansões, bocas de captação, reduções, entre outros. No presente trabalho, o objetivo é verificar a troca de um captor de abertura plana circular por um captor afunilado retangular, deste modo, torna-se necessário determinar as perdas de carga (localizadas) provocadas por estes dois tipos de captores. A perda de carga localizada ( $\Delta p$ ) resultante da presença de um acessório é calculada a partir da Equação (5):

$$\Delta p = k\rho \frac{V^2}{2} \quad (5)$$

Sendo  $\rho$  a massa específica do ar dada em  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,  $V$  a velocidade do ar dada em  $\text{m/s}$  e  $k$  o coeficiente de perda do acessório, cujo valor e tabelado de acordo com o acessório. Segundo ACGIH (1998), o coeficiente de perda para um captor de abertura plana circular é de 0,93. Para um captor afunilado retangular, o coeficiente de perda depende do ângulo de afunilamento do captor. Para o ângulo de afunilamento de  $45^\circ$ , do captor adotado nesta análise, tem-se um coeficiente de perda de 0,15.

#### 4. Resultados e Análise

Na Tabela 3 são apresentados os resultados comparativos dos captores de abertura plana circular (sistema atual) e afunilado retangular (proposta de modificação do sistema atual) para uma estação de soldagem do Laboratório de Soldagem. A vazão volumétrica ( $Q$ ) para cada tipo de captor foi considerada como sendo 50% acima da taxa de ventilação requerida para a remoção do contaminante ( $Q_p = 1,111 \text{ m}^3/\text{s}$ ), obtida da Equação (1). As áreas dos captores ( $A$ ) foram calculadas de acordo com as dimensões de cada um deles. A distância de cada captor até a fonte do contaminante ( $x$ ) foi obtida a partir da Equação (2), considerando a velocidade de captura recomendada de 1,0 m/s. A velocidade no captor ( $V$ ) foi obtida por conservação da massa, considerando uma velocidade recomendada de 15,0 m/s na tubulação conectada diretamente ao captor. O diâmetro equivalente ( $D_{eq.}$ ) foi obtido a partir das Equações (3) e (4), respectivamente para cada captor. Os coeficientes de perda de carga ( $k$ ) foram obtidos da literatura. Finalmente, a perda de carga ( $\Delta p$ ) de cada um dos captores foi obtida a partir da Equação (5).

Tabela 3 – Resultados comparativos dos captores de abertura plana circular (sistema atual) e afunilado retangular (proposta de modificação do sistema atual)

Captor	$Q/[\text{m}^3/\text{s}]$	$A/[\text{m}^2]$	$x/[\text{m}]$	$V/[\text{m}/\text{s}]$	$D_{eq.}/[\text{m}]$	$k$	$\Delta p/[\text{mmH}_2\text{O}]$
Abertura plana circular	1,667	0,018	0,41	15,0	0,14	0,93	13,1
Afunilado retangular	1,667	0,045	0,40	5,9	0,23	0,15	0,3

Fonte: Autoria própria

Da Tabela 3, é possível observar algumas características comparando o captor afunilado retangular proposto contra o captor de abertura plana circular do sistema atual: um aumento da área ( $A$ ) e do diâmetro equivalente ( $D_{eq.}$ ) do bocal de captura; as distâncias de captura ( $x$ ) dos bocais são aproximadamente iguais; uma redução da velocidade no captor ( $V$ ); uma redução no coeficiente de perda ( $k$ ) e, conseqüentemente, na perda de carga do captor ( $\Delta p$ ).

#### 5. Conclusões

Este trabalho tem como objetivo propor uma modificação num sistema de ventilação local exaustora para remoção de gases tóxicos e fumos metálicos de uma estação de soldagem do Laboratório de Soldagem da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa. Com base na teoria e manuais disponíveis na literatura, foi sugerida uma análise comparativa entre tipos de captores: de abertura plana circular, atualmente empregados neste sistema de ventilação local exaustora, e afunilado retangular sem flange, como uma proposta de melhoria do sistema em questão. Esta proposta tem a finalidade de verificar uma possível minimização dos danos na saúde dos usuários, visto que a aspiração de fumos provenientes do processo de soldagem podem afetar vários órgãos do corpo humano, além de tentar reduzir a perda de carga no sistema, melhorando a eficiência e durabilidade do sistema.

Foi verificado através desta análise teórica, que para a substituição do captor de abertura plana circular por um captor afunilado retangular especificado, ocorre um aumento da área de captura, mantendo-se aproximadamente a mesma distância de captura, garantindo assim uma melhor remoção dos contaminantes gerados no processo de soldagem com arco elétrico sobre a bancada. Além disto, verificou-se uma redução significativa na perda de carga do captor, que se constitui também como uma perda de carga no sistema, ainda que o sistema como um todo conta com um total de nove captores, que podem ser utilizados simultaneamente.

Para ter uma maior garantia dos resultados obtidos, torna-se necessário a realização de uma análise experimental, a partir de medições precisas que possam confirmar as conclusões obtidas nesta análise.

## Referências

**ACGIH.** *Industrial Ventilation: a Manual of Recommended Practice for Design*. 23rd. ed. Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc., 1998.

**BRICKUS, Leila R. S.; NETO, Francisco R. de A.** *A qualidade do ar de interiores e a química*. Química Nova, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, 1999. Disponível em: <[http://www.ambientesquimicos.eq.ufrj.br/Nosso\\_ambito\\_2\\_files/1999AqualidadedoardeinterioreseaQuimicaBri ckuseAquinoNeto1140.pdf](http://www.ambientesquimicos.eq.ufrj.br/Nosso_ambito_2_files/1999AqualidadedoardeinterioreseaQuimicaBri ckuseAquinoNeto1140.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2017.

**COSTA, Maria de Fátima Barrozo da.; COSTA, Marco Antonio Ferreira da.** *Exposição ocupacional a compostos orgânicos voláteis na indústria naval*. Química Nova, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n3/9330.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

**COSTA, L.G.; AGNOLETTI, R.A.; CATALI, R.E.; ROMANO, C.A.; MATOSKI, A.** *Análise do ruído na ocupação de soldador em empresas de Curitiba e região metropolitana*. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Carlos, 2010. Anais... São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/ebook/2010/CONGRESSOS/ENEGEP/36.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

**GIODA, A.; AQUINO NETO, F.R.** *Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não-industriais no Brasil: uma abordagem comparativa*. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 19, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v19n5/17811.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

**GOMES, A.A.; RUPPENTHAL, J.E.** *Aspectos de higiene e segurança na soldagem com eletrodos revestidos em microempresas do tipo serralheria*. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, 2002. Anais... Curitiba, 2002. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002\\_TR45\\_1110.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR45_1110.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2017.

**HEISLER, Vinícius Roberto.** *Dimensionamento de Sistema de Exaustão para Fumos de Soldagem*. 2015. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade Horizontina, Horizontina, 2015.

**LIED, Eduardo B.** *Dimensionamento de sistema de ventilação local exaustora (VLE): estudo de caso de uma indústria de móveis, em Sf. Terezinha de Itaipu, PR, Brasil*. Estudos Tecnológicos, Rio Grande do Sul, v. 7, n. 1, jan./abr. 2011. Disponível em: <[http://revistas.unisinos.br/index.php/estudos\\_tecnologicos/article/view/4509](http://revistas.unisinos.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/view/4509)>. Acesso em: 12 jun. 2017.

**MATHEUS, Bruna; DAHER, Maria Jose E.** *Risco químico relacionado aos fumos de solda e poeira metálica*. Revista Rede de Cuidados em Saúde, Rio de Janeiro, v. 3, 2009. Disponível em: <<http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/rcs/article/view/509/568>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

**MINISTÉRIO DO TRABALHO.** *Norma Regulamentadora Nº 6 – Equipamento de Proteção Individual – EPI*. 2015. 8 p. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR6.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

**MINISTÉRIO DO TRABALHO.** *Norma Regulamentadora Nº 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional*. 2013. 13 p. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR7.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

**MINISTÉRIO DO TRABALHO.** *Norma Regulamentadora Nº 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais*. 2016. 13 p. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR09/NR-09-2016.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

**MINISTÉRIO DO TRABALHO.** *Norma Regulamentadora Nº15 – Atividades Insalubres*. 2014. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO15.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

**NEDERMAN.** *How to protect against hazardous welding fumes*. Disponível em: <<http://knowledge-center.nederman.se/cn/af4fp/fumefree welding>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

**SANTOS, Bruna Karine dos.** *Proposta de um Sistema de Exaustão para Estação de Soldagem: Estudo de Caso de uma Empresa do Setor Agrícola*. 2015. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2015.