CHUMBO EM ATIVIDADE COM SOLDA MIG

André Demetrio Brustolim BROETTO[1], Bruno Henrique DRUN[1], Davi Zacarias de SOUZA[2]

[1]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil.

[2] Departamento de Química e Ciências Biológicas (DAQBI)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Francisco Beltrão
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

E-mails: andrebroetto@hotmail.com, brunodrun@alunos.utfpr.edu.br, daviz@utfpr.edu.br

Resumo: *A soldagem é um processo de união de materiais metálicos e não metálicos produzida por aquecimento até uma temperatura adequada. Os processos de soldagem por fusão são de relevância industrial, destacando-se a soldagem a arco com proteção gasosa (GMAW). No Brasil, os processos GMAW são conhecidos como MIG (Metal Inert Gas) e MAG (Metal Active Gas). Durante as atividades de soldagem as pessoas estão expostas a fumos metálicos que podem comprometer a sua integridade. Dessa forma, esses riscos estão relacionados aos problemas de saúde ocupacional. O estudo visa determinar a concentração de chumbo presente no processo de solda MIG de estruturas metálicas em empresa no estado do Paraná e comparar a sua concentração com os limites da NR 15 anexo 11 e da ACGIH (2023) e nível de ação da NR 9. A amostragem de material e a coleta de dados, seguiu a metodologia de amostragem e análises determinadas na NIOSH 7303 ICP – Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Indutivamente Acoplado. O resultado obtido na quantificação foi de MPT 0,052 mg/m³. Valor abaixo do limite de tolerância da NR 15 e acima do limite de tolerância da ACGIH e nível de ação da NR 9, sendo passível de riscos à saúde dos trabalhadores caso não se mantenham medidas de controle ou melhorias no processo. Deste modo se faz necessário realizar novas quantificações levando em consideração, a caracterização do processo, a qualidade e limpeza dos produtos, a periodicidade da atividade durante os dias, semanas e meses.*

Palavras-chave: *Exposição respiratória, saúde, metal pesado, higiene ocupacional*

INTRODUÇÃO

Os processos de soldagem são utilizados nos mais variados seguimentos, sendo aplicáveis desde a confecção de componentes eletrônicos, placas de comando, equipamentos, construção de grandes estruturas (metálicas e construção civil), navios,

aeronaves, veículos e na reforma, melhorias e adaptações de equipamentos ou materiais já existentes.

A definição de soldagem adotada pela Associação Americana de Soldagem (*American Welding Society* – AWS), é um processo de união de materiais metálicos e não metálicos produzida por aquecimento até uma temperatura adequada (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2011). Ou seja, a soldagem é utilizada para unir duas ou mais estruturas de metal, formando uma nova parte, onde se possa assegurar a continuidade do material e as propriedades químicas e mecânicas deste novo conjunto (MAGRINI, 1999).

Os processos de soldagem por fusão, onde a fonte de energia é o arco elétrico são de aplicação industrial, devido as reações do material fundido com os gases presentes na atmosfera. Há diferentes processos por fusão, dentre os quais pode-se destacar a soldagem a arco com proteção gasosa (*Gas Metal Arc Welding* – GMAW). No Brasil os processos GMAW são conhecidos como MIG (*Metal Inert Gas*) e MAG (*Metal Active Gas*) (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2011).

Na atualidade ocorre uma crescente utilização dos processos GMAW no ramo industrial por apresentarem capacidade produtiva, alta taxa de fusão e automatização dos processos. Entretanto, apresentam uma complexa correlação entre suas variáveis, uma de suas restrições ocorrem devido as limitadas ações metalúrgicas devido a quantidade de composições de arames disponíveis no mercado (SOUZA; FERRARESI, 2013).

Entre as diversas funções que podem causar danos a integridade dos trabalhadores estão os processos de soldagem, podendo ocorrer exposição a riscos químicos como os fumos (BARROS; MORAIS, 2017). Segundo Lyttle, 2019 (apud MACHADO, 1999, p. 117), nas atividades de solda ocorrem a vaporização e o derretimento do eletrodo consumível, formando partículas sólidas conhecidas como fumos metálicos. Esses fumos metálicos são gerados no decorrer das atividades e ficam dispersos no ar do ambiente, onde a possível exposição a esses agentes podem causar problemas na saúde das pessoas expostas a este local.

O risco químico é o perigo a que determinado indivíduo está exposto ao manipular produtos químicos que podem causar-lhe danos físicos ou prejudicar sua saúde. Os danos à saúde podem advir de exposições relacionadas ao contato de produtos químicos com a pele

e olhos, bem como a inalação de seus vapores, resultando em doenças respiratórias, do sistema nervoso, nos rins e fígado, e até mesmo alguns tipos de câncer Fiocruz (2004).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Dentre os riscos relacionados a atividade de solda, a exposição a fumos metálicos se destaca como sendo a mais nocivas a integridade das pessoas envolvidas a esse processo. Estudos epidemiológicos mostraram que muitos soldadores apresentam algum tipo de doença respiratória, onde os efeitos observados em atividades realizadas em tempo integral incluem bronquite, irritação das vias aéreas, alterações na função pulmonar e um possível aumento na incidência de câncer de pulmão (ANTONINI, 2003).

Vários agentes químicos que são passiveis de afetar a saúde humana, podem estar presentes nos processos de soldagem, como: zinco (Zn), níquel (Ni), manganês (Mn), cobre (Cu), alumínio (Al), ferro (Fe), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr). Vale destacar que parte das partículas geradas nesses processos provém do revestimento do metal, como tintas, óleos e camadas de outros metais, aumentando significativamente a geração de resíduos no ambiente conforme descrito por Gareis, 1994 (apud, BARROS, 2017, pg. 65).

A NR 1 tem como objetivo estabelecer as disposições gerais, o campo de aplicação, os termos e definições relativas à segurança e saúde no trabalho, trazendo as diretrizes e os requisitos para o gerenciamento de riscos e medidas de prevenção (Brasil, 1978a), ela estabelece as bases e princípios que orientam as demais Normas Regulamentadoras relacionadas à segurança e saúde no trabalho (FAGUNDES, 2023).

O item 1.5 (Gerenciamento de riscos ocupacionais) da NR 1, informa que as medidas a serem tomadas para prevenir e gerenciar os riscos ocupacionais, devem evitar que os trabalhadores sejam expostos a perigos e como proceder caso ocorra alguma exposição, garantindo assim a integridade de todos (Brasil, 1978a). A NR 1 exige a implementação de medidas de prevenção e gerenciamento dos riscos ocupacionais garantindo assim um ambiente seguro e saudável (FAGUNDES, 2023).

Os fumos metálicos estão dispersos no ar do ambiente em que é realizado o processo de solda, os trabalhadores ficam expostos a esses agentes, desse modo a NR 15 (Atividades e Operações Insalubres), apresenta em seu anexo 11, os limites de tolerância de agentes

químicos, válidos para jornadas de trabalho de até 48 horas por semana. Na coluna "VALOR TETO" estão assinalados os agentes químicos cujos limites de tolerância não podem ser ultrapassados em momento algum da jornada de trabalho (Brasil, 1978b).

A ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists) 2023*, os limites de tolerância (TLVs) que são as concentrações das substâncias químicas dispersas no ar e representam as condições que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente dia após dia, durante toda a vida laboral sem sofrer efeitos adversos a saúde.

Entre os limites de tolerância apresentados na ACGIH (2023), podemos citar o TLV-STEL, que é o limite de exposição média ponderada em 15 minutos, que não deve ser ultrapassado em nenhum momento da jornada de trabalho. O limite STEL (*Short Term Expourse Limit*) é um limite para exposições de curta duração que pode causar efeitos como irritação, lesão tissular crônica ou irreversível, narcose e efeitos rápidos (MAGALHÃES, 2020).

O limite TLV-TWA é a concentração média ponderada no tempo, para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, a qual entende-se que a maioria dos trabalhadores possa estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos a saúde. Esse limite não visa proteger contra efeitos rápidos da população exposta, como no caso da sensibilização e irritação (TLV-STEL e TLV-C) (MAGALHÃES, 2020).

A NR 15 em seu anexo 11 traz como limite de tolerância para jornada de trabalho de até 48 horas por semana para o Pb o valor de 0,1 mg/m³ (Brasil, 1978b) e na ACGIH (2023) o limite de tolerância para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias é de de 0,05 mg/m³. Tanto na NR 15 como na ACGIH, não existem limites de tolerância para exposições de curta duração.

Segundo a Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos (LINACH), classifica o Pb no grupo 2B, agente possivelmente carcinogênico para humanos. Onde os agentes designados para esse grupo com base em evidências epidemiológicas e experimentais de carcinogenicidade e outros dados relevantes. O termo possivelmente carcinogênico não tem nenhum significado quantitativo e são utilizados como descritores de diferentes níveis de evidência de carcinogenicidade em humanos, com “provavelmente

carcinogênico" (2A) significando um maior nível de evidência que "possivelmente carcinogênico" (2B) (BRASIL, 2014).

Na Base do TLV da ACGIH (2023) traz para o Pb, as anotações de comprometimento do sistema nervoso central e do sistema nervoso periférico e efeitos hematológicos. Os TLVs são fundamentados em informações publicamente disponíveis, os danos à saúde considerados incluem aqueles que reduzem a expectativa de vida das pessoas expostas.

A Norma Regulamentadora 7 (NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO), estabelece as diretrizes e requisitos para o desenvolvimento do PCMSO. Com o objetivo de proteger e preservar a saúde dos empregados em relação aos riscos ocupacionais, em seu anexo I são apresentados indicadores biológicos de exposição com significado clínico, que evidenciam disfunções orgânicas e efeitos adversos a saúde. Nesse anexo, a substância chumbo (CAS 7439-92-1) está incluída, como indicador de monitoramento no sangue (Pb-S) e/ou ácido-delta-amino-levulínico na urina (ALA-U), necessários quando houver exposições acima dos níveis de ação determinados na NR 9 (Brasil, 1978c). Segundo a NR 9, o nível de ação é a metade do limite de tolerância da NR 15 (BRASIL, 1978d).

O referido estudo visa medir a concentração de chumbo (CAS 7439-92-1) a qual os trabalhadores estão expostos durante o processo de solda MIG de estruturas metálicas em empresa no estado do Paraná. A partir dos dados obtidos, comparar com os limites da NR 15 anexo 11 e da ACGIH (2023) e nível de ação da NR 9.

METODOLOGIA

A coleta de material (chumbo) e de dados levantados no posto de trabalho foram realizados segundo a metodologia de amostragem e análises determinadas na NIOSH 7303. As análises foram realizadas com a técnica de ICP – Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Indutivamente Acoplado (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 2003), utilizando amostrador tipo cassete de poliestireno de 37 mm de duas seções, com filtro de éster de celulose com porosidade de 0,8 µm, vazão de coleta devendo estar entre 1 e 4 L/min e volume de ar coletado entre 10 e 2.000 L.

O equipamento utilizado para análise laboratorial possui limite de quantificação de 0,25 µg (laboratório devidamente certificado de acordo com a legislação vigente), conforme a metodologia de coleta. O amostrador não possui nenhum cuidado específico para o seu envio, sendo considerado o transporte como estável. O local de coleta da amostra e das análises laboratoriais foram mantidos em sigilo devido a confidencialidade.

A amostra de ar foi coletada na altura da zona respiratória do trabalhador na realização da atividade, com bomba de sucção afixada ao trabalhador em sua linha de cintura, onde o amostrador de coleta foi acoplado à bomba por meio de uma mangueira de silicone. A bomba e demais equipamentos necessários para a quantificação, se encontram devidamente calibrados.

Foi utilizado para a coleta uma bomba gravimétrica, equipamento responsável pela aspiração de ar contaminado até o sistema de deposição do material (filtro). A bomba gravimétrica é um instrumento portátil e leve que fornece uma vazão de até 6 litros/minuto, possuindo sistema de controle de vazão constante (FUNDACENTRO, 2002).

Para a correta análise laboratorial se faz necessário encaminhar algumas informações para o laboratório junto com o amostrador do estudo, como a vazão de coleta (variação de volume x tempo), o tempo coleta e volume de ar coletado, umidade, pressão e temperatura, esses últimos parâmetros são necessários de acordo com a metodologia empregada para a análise (MAGALHÃES, 2020).

Dados da amostragem realizada: vazão de coleta, 1L/min, tempo de amostragem, 251 min, volume de ar coletado, 251L, temperatura, 21,5ºC, umidade, 64%, pressão, 723hpa. Após a realização da coleta em campo, foi encaminhado o amostrador junto com suas informações para a análise laboratorial. A coleta foi realizada em apenas um único dia, utilizando um amostrador (atendendo todas as recomendações e exigências da NIOSH 7303), o período de coleta de aproximadamente 4 horas contínuas (tempo de realização do processo de solda), não foi realizado coleta da jornada de trabalho total, ou seja, 8 horas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado obtido na quantificação foi de 0,10030 mg/m³, (251 min de coleta). Entretanto o LT da NR 15 é para MPT para jornada de até 48 horas semanais e a ACGIH

MPT para jornada de trabalho de 8 horas diárias, desse modo como a atividade não é realizada durante toda a jornada de trabalho, (não existe tempo pré-definido para a realização da tarefa), se faz necessário realizar o cálculo de MPT para 8 horas diárias para achar a real concentração. MPT da coleta realizada é de 0,052mg/m³.

O valor está abaixo do LT estabelecido na NR 15 (LT 0,1 mg/m³), e acima do limite TWA da ACGIH (2023) (TWA 0,05 mg/m³) e do nível de ação da NR 9 (0,05 mg/m³), demonstrando que o ambiente pode apresentar riscos à saúde dos trabalhadores que realizam a atividade de solda no ambiente analisado.

Deste modo para a efetiva proteção aos trabalhadores que estão expostos ao agente químico chumbo acima do LT ACGIH e do nível de ação da NR 9, se faz necessário manter as medidas para neutralizar a exposição ao referido agente.

Manter o monitoramento da saúde dos trabalhadores realizando o controle o chumbo no sangue (Pb-S) e/ou ácido delta amino levulínico na urina (ALA-U), conforme indicação do Médico do Trabalho responsável pelo monitoramento do PCMSO (Brasil, 1978c).

Os trabalhadores devem continuar a utilizar durante toda a jornada laboral na realização das atividades respirador adequado a proteção, o respirador/filtro mínimo é o P2 ou P3 (semifacial P2 ou P3 para particulados) (3M, 2020).

O respirador selecionado deve possuir Fator de Proteção Atribuído (FPA) adequado a exposição, esse fator é o nível mínimo de proteção respiratória que se espera alcançar no local de trabalho, usado durante todo o tempo que o usuário permanece na realização da atividade, para os respiradores P2 e P3 o FPA é de 10 (FUNDACENTRO, 2016).

O Fator de Proteção Mínimo Requerido (FPMR) é obtido dividindo-se a concentração do contaminante pelo TLV (3M, 2020), desse modo o FPMR para a área em estudo é de 1,04 em relação ao TWA da ACGIH, desse modo a seleção dos amostradores é a adequada a exposição do agente uma vez que o FPA é maior que o FPMR.

Deve-se manter o Programa de Proteção Respiratória (PPR) que é o processo para seleção, uso e manutenção dos respiradores com a finalidade de assegurar proteção adequada para o usuário, antes de se utilizar um respirador, é essencial que seja estabelecido o programa, devendo ser implantado, avaliado e atualizado sempre que necessário, de modo a

refletir as mudanças de condições do ambiente de trabalho que possam afetar o uso de respirador (FUNDACENTRO, 2016).

Outro ponto a ser analisado é a implantação de novas medidas de engenharia para o sistema de exaustão aumentar a sua eficácia na coleta dos fumos metálicos presentes no ambiente, se faz necessário nova quantificação do agente chumbo para comprovação da eficiência do sistema instalado e neutralização do "possível" risco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado obtido na quantificação ficou acima do limite TWA da ACGIH e do nível de ação da NR 9, demonstrando que existe a probabilidade de o ambiente analisado apresentar riscos à saúde dos trabalhadores que realizam solda.

Desse modo o referido estudo serve de base para novas análises mais detalhadas em ambientes que realizam processos de solda, uma vez que a quantificação foi realizada apenas em um ponto de trabalho com solda MIG em apenas uma atividade especifica durante sua realização em aproximadamente 4 horas (a amostra não foi coletada durante as 8 horas da jornada de trabalho).

O estudo não considerou a periodicidade da realização da atividade durante os dias, semanas ou meses, quais itens utilizados no processo de soldagem, sua qualidade e limpeza, indicadores esses que podem contribuir para novas análises, deve-se também realizar o monitoramento nos diversos segmentos e ramos de soldagem de metais afim de comprovar a real exposição a fumos metálicos, tanto chumbo como outros metais que podem estar presentes no ambiente e passíveis de acarretar em danos à saúde.

REFERÊNCIAS

3M. Guia de Seleção de Respiradores. 3M Ciência Aplicada à vida. 2020. Disponível em: https://multimedia.3m.com/mws/media/1829014O/3m-respirator-selection-guide-brazil.pdf?utm_medium=redirect&utm_source=short-url&utm_campaign=. Acesso em: 17 jun. 2023.

ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Limites de exposição ocupacional (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BEIs®). Tradução: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais – ABHO, São Paulo – SP, 2023.

ANTONINI, J. M. Health effects of welding. *Crit Rev Toxicol*, v. 33 (1), p. 61 – 103, 2003. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12585507/. Acesso em: 16 jun. 2023.

BARROS, J. P. de A.; MORAIS, M. V. G. Identificação dos Riscos Químicos no Processo de Soldagem e suas Medidas de Proteção. *Nucleus Revista Científica da Fundação Educacional de Ituverava.* Itupeva, SP, v.14, n. 2, p. 63-76, 2017. Disponível em https://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/2693. Acesso em: 16 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 1: Disposições Gerais e Gerenciamentos de Riscos Ocupacionais. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 06 jul. 1978a. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-01-atualizada-2022-1.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 07: Programa de controle médico de saúde ocupacional. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 06 jul. 1978c. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-07-atualizada-2022-1.pdf Acesso em: 15 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 09: Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 06 jul. 1978d. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-09-atualizada-2021-com-anexos-vibra-e-calor.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 15: atividades e operações insalubres. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 06 jul. 1978b. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-15-atualizada-2022.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 9 de 7 de outubro de 2014. Pública a Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos (LINACH), como referência para formulação de políticas públicas, na forma do anexo a esta Portaria. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 08 out. 2014. Disponível em: https://www.abho.org.br/wp-content/uploads/2014/10/Lista-de-Agentes.pdf Acesso em: 15 jun. 2023.

FAGUNDES, L. E. Segurança e Saúde no Trabalho Comentadas & Explicadas NR-01 a NR-38. 1 ed. Sr.SMS, 2023.

FIOCRUZ. Riscos Químicos, Conceitos. Fundação Oswaldo Cruz, 2004. Disponível em: http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/riscos_quimicos.html. Acesso em: 15 fev. 2023.

FUNDACENTRO. Norma de Higiene Ocupacional, Procedimento Técnico, Calibração de Bombas de Amostragem Individual pelo Método de Bolha de Sabão – NHO 07. *Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO*, São Paulo, SP, 2002. Disponível em: http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/C187BQUBSQU4RF4SMFG8AYG5D76526.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.

FUNDACENTRO. Programa de Proteção Respiratória, Recomendações, seleção e uso de respiradores. *Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO*, São Paulo, SP, 4 ed, 2016. Disponível em: http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/TVBBD65RVMUX25NF4DFJ7K8VKDIM2I.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.

MACHADO, M. W. K. A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 4. v. 4. *Atena*, 2018.

MAGALHÃES, L. 101 Perguntas e Respostas sobre Agentes Químicos para a Higiene Ocupacional, um guia de cabeceira para não errar nas avaliações de campo. 2 ed. *Lux*, 2020.

MAGRINI, R. O. Segurança do Trabalho na Soldagem Oxiacetilênica. 2.ed. São Paulo: *FUNDACENTRO*, 1999. 72 p.

MARQUES, P. V.; MONDENESI, J.P. BRACARENSE, A. Q. Soldagem fundamentos e tecnologia. 3 ed, *Editora UFMG*, 2011.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. NIOSH Manual of Analytical Methos, NIOSH 7303, Elements by ICP (Hot Block/HCL/HNO3 Digestion). 4.ed. *National Institute for Occupational Safety And Health*, Whashington, D.C, 2003. Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7303.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

SOUZA, I. C.; FERRARESI, V. A. Análise Comparativa dos Processos de Soldagem GMAW e FCAW com Transferência Metálica por Curto-circuito na Posição Horizontal. *Soldag Insp*, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 268-280, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/si/a/b535rw6qw7bMpkhtbQyKYYd/?lang=pt. Acesso em: 16 jun. 2023.