

## METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DE NANOPARTICULADOS EM INDÚSTRIAS DE BATERIAS E A SUA RELAÇÃO COM A LONGEVIDADE

Cristiane Zocatelli Ribeiro<sup>1</sup>; Rafaela Pinheiro Barreto<sup>2</sup>; Leandro da Conceição<sup>2</sup>; Carla Kazumi Carrascoza Yoshida Narita<sup>3</sup>; Alessandra Rolim Pescosolido<sup>3</sup>

*Centro de Inovação Sesi Longevidade Produtividade<sup>1</sup>, Instituto Senai de Inovação em Eletroquímica<sup>2</sup>, Serviço Social da Indústria<sup>3</sup>*

**Resumo:** A capacidade para o trabalho e a saúde são aspectos fundamentais para o envelhecimento bem-sucedido; esse cuidado deve ser construído durante a vida profissional, dessa forma, evita-se que o ambiente de trabalho aumente a incidência de doenças e a probabilidade de deficiências funcionais. Espera-se que o ambiente laboral, de suporte para uma boa manutenção cognitiva e física, e garantir que os trabalhadores tenham acesso a ambientes mais saudáveis e seguros é atribuição da alta gestão das empresas. Em muitos setores industriais, principalmente as indústrias de produção de baterias de chumbo-ácido, há a emissão de particulados de diferentes tamanhos. Partículas que possuem diâmetros inferiores 2,5 $\mu$ m são mais nocivas, pois podem ultrapassar as barreiras dos equipamentos de proteção do trabalhador e podem entrar no corpo pelas vias aéreas, pele, trato gastrointestinal e dentro do corpo, há uma alta probabilidade dessas partículas interagirem com células do sistema imune, desencadeando processos inflamatórios, supressão do sistema imunológico, aumentando a possibilidade de infecções ou até mesmo doenças autoimunes e câncer. O grande desafio da primeira fase desse projeto, é desenvolver uma metodologia que consiga coletar e caracterizar as propriedades físico-químicas das partículas nanométricas de chumbo, e o nível destas nanopartículas dispersas no ambiente de trabalho, em locais supostamente controlados, considerando as metodologias de higiene ocupacional aprovadas e regulamentadas pelo Ministério do Trabalho e do Emprego.

**Palavras-chave:** Nanopartículas, chumbo, capacidade para o trabalho, higiene ocupacional, impactador em cascata Moudi.

### 1 INTRODUÇÃO.

Estamos assistindo um rápido progresso da nanotecnologia e a sua aplicação em diversos setores, como por exemplo, na produção de medicamentos, cosméticos, na indústria têxtil, eletrônicos, etc. As nanopartículas são definidas como partículas com tamanho inferior a 0,1 micrômetro ( $\mu$ m), isso significa que essas partículas têm uma proporção maior de átomos em sua superfície e, portanto, podem alterar propriedades físico químicas. No entanto, essas mesmas características tornam as nanopartículas mais nocivas aos organismos vivos, devido ao aumento da reatividade e fácil penetração nos organismos e células (KONONENKO; NARAT; DROBNE, 2015).

Estudos mostram que partículas de mesma composição, mas que apresentam tamanhos diferentes também representam riscos diferentes; partículas menores são mais prejudiciais, pois podem entrar no corpo involuntariamente pelas vias aéreas, pele, trato gastrointestinal e dentro do corpo, há uma alta probabilidade dessas partículas interagirem com células do sistema imune, desencadeando processos inflamatórios, supressão do sistema imunológico, aumentando a susceptibilidade à infecções ou até mesmo doenças autoimunes e câncer (KONONENKO; NARAT; DROBNE, 2015). Considerando a nocividade das nanopartículas, a Organização Mundial da Saúde (OMS) cada vez mais tem optado pela avaliação das frações menores que 2,5  $\mu\text{m}$ , pois a partir desse tamanho, as partículas conseguem atingir a região alveolar do pulmão e conseqüentemente serem absorvidas com maior eficiência. (WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO, 2006).

Em ambientes industriais a emissão de partículas é um fenômeno comum dentro de muitos processos que ocorrem na linha de produção, torna-se então, necessário o controle da quantidade de particulados, que são emitidos no ambiente. Dentro dos tipos de particulados que são emitidos, os compostos a base de chumbo estão entre os de maior preocupação; o departamento americano responsável pela saúde ocupacional do trabalhador, *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), estima que aproximadamente 804.000 trabalhadores da indústria em geral e 838.000 trabalhadores da indústria da construção civil estão expostos à contaminação por chumbo particulado, consequência de processos industriais, tais como reciclagem, uso, manutenção, descarte, transporte, etc (OSHA, 2017). No Brasil, o maior consumidor de chumbo são as indústrias de baterias automotivas (DELMOND, 2012).

Além de cumprir a legislação brasileira, proporcionar um ambiente seguro e melhorar as condições de saúde no ambiente de trabalho é um encargo da alta administração das empresas. Estudos demonstram que medidas preventivas em saúde, segurança e no ambiente de trabalho aumentam a produtividade e diminuem os afastamentos por motivos de saúde (SILVA; DANIEL; OLIVEIRA, 2012).

O Centro de Inovação Sesi Longevidade e Produtividade trabalha com a manutenção da capacidade para trabalho ao longo da vida do trabalhador, em que o autocuidado, cuidados com a saúde e segurança no ambiente de trabalho são aspectos essenciais para o envelhecimento bem-sucedido; esse cuidado deve ser construído durante a vida profissional, dessa forma, proporciona que o ambiente de trabalho não aumente a incidência de doenças e a probabilidade de deficiências funcionais.

Levando em conta a nocividade do chumbo e sabendo que as normas, metodologias elaboradas e utilizadas para a avaliação dessas partículas no ambiente de trabalho não levam em consideração o tamanho e distribuição das mesmas (ARAUJO, U. C., PIVVETA, F. R., & MOREIRA, J. C. 1999), o Centro de Inovação Sesi Longevidade e Produtividade em parceria com o Instituto Senai de Inovação em Eletroquímica e a Unidade de Apucarana do Serviço Social da Indústria - Sesi, tem como objetivo, aumentar a longevidade e a qualidade de vida dos trabalhadores da indústria de baterias de chumbo-ácido, considerando, o diagnóstico dos níveis de particulados de chumbo no ambiente, e a implantação de um sistema de proteção coletiva no ambiente industrial.

O Instituto Senai de Inovação em Eletroquímica realizou a pesquisa com o propósito do desenvolvimento de uma metodologia eficaz para a coleta e análises das características físicas químicas das partículas micrométricas de chumbo.

Complementarmente, a Unidade Sesi Apucarana aplicou a metodologia da higiene ocupacional convencional, fundamentada na legislação brasileira atual e aprovada pelo Ministério do Trabalho e Emprego. Foram realizadas avaliações quantitativas em triplicatas nos setores de produção de uma fábrica de baterias de chumbo. Utilizou-se a metodologia internacional da National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH 7303- ICP- Espectrometria de Emissão Ótica por plasma indutivamente acoplado. Nessa etapa da avaliação, foi verificar o nível de exposição de chumbo contido no ambiente de trabalho e a variabilidade dos processos para a exposição ambiental.

## 2 METODOLOGIA

Os ensaios realizados pela Unidade Sesi Apucarana foram nas áreas produtivas de uma fábrica de baterias de chumbo (empaste, fundição de grade, moinho, montagem manual-quebra de placas, montagem manual-envelopadeira, montagem manual- solda, montagem automática, refino), contemplando 24 amostragens de chumbo entre janeiro e março de 2018.

Para a avaliação de chumbo presente no ambiente de trabalho foi utilizada a metodologia de avaliação quantitativa de chumbo estabelecida pela norma de Higiene Ocupacional N° 08, aprovada pelo Ministério do Trabalho e do Emprego (FUNDACENTRO, 2009). Essa avaliação utiliza bomba de amostragem (ou bomba gravimétrica pessoal) com sistema de compensação de fluxo, para controlar a vazão constante (Figura 1). O amostrador, utilizado na metodologia, é um cassete de poliestireno, de 37 mm referencia SKC 225-2250 com filtro de éster de celulose



com porosidade de 0,8  $\mu\text{m}$  referência, SKC 225-5. A vazão varia de 1 a 4 litros/minuto e o volume de 150 a 960 litros.



*Figura 1 - Imagem esquemática coleta de amostra de chumbo no ambiente de trabalho para determinação do teor de chumbo presente no ambiente de trabalho.*

A quantificação das partículas de chumbo no ambiente de trabalho, foi medida considerando a metodologia de análise da NIOSH 7303 - utilizando a Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Indutivamente acoplado (ICP- OES), também conhecido como Espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-AES), consiste em um método analítico instrumental que faz uso de uma fonte de excitação de plasma de argônio em alta temperatura (7.000 - 10.000 K) para produzir, em uma amostra introduzida sob forma de neblina, no centro do plasma, átomos excitados que emitem radiação, em comprimentos de onda na faixa de 125 a 950 nanômetro, característicos dos elementos nela presentes. A radiação emitida, após a separação por seu comprimento de onda, por sistemas ópticos, tem a intensidade medida por detectores de radiação específicos (foto multiplicadoras - PMT- ou detectores de estado sólido - CCD ou CID), e correlacionada à concentração correspondente através de curvas de calibração obtidas pela medição prévia de Padrões Certificados de Referência (CRM - *Certificate Reference Material*).

Foram realizadas avaliações em triplicatas nos setores de empaste, fundição de grade, moinho, montagem e refino, nos dias 10/01/2018, 11/01/2018 e 19/03/2018. A análise do desvio padrão e os critérios de controle de processo foi fundamentada na AIHA - *American Industrial Hygiene Association*. O desvio padrão é um indicador de dispersão dos dados em torno da média. Quanto maior esse valor, maior a dispersão. Dados que possuem um alto desvio padrão

nos indicam que existe uma alta variabilidade ambiental nas exposições. A variabilidade ambiental é expressa em DPG - Desvio Padrão Geométrico. O valor de DPG até 1,3 corresponde a nenhuma variação, ou seja, uma concentração ambiental constante. Valores de DPG maiores que 2, correspondem a variações consideradas como relativamente elevadas (alta variabilidade), e podem indicar que o processo não se encontra estável ou controlado.

O resultado desta metodologia é representado pela concentração em miligramas por metros cúbicos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), não sendo possível demonstrar o tamanho das partículas existentes nas concentrações. Apenas a análise da existência de chumbo no ambiente e a concentração detectada traz uma dimensão dos processos que atualmente se encontram controláveis, ou seja, pouca variabilidade do processo.

Os ensaios realizados pelo Instituto Senai de Inovação em Eletroquímica, foram apenas na área de fundição de grade - devido à alta temperatura no processo produtivo, facilitam a formação de partículas de diâmetros submicrométricos (DONG-UK, P., NAM-WON, P. 2002). Nesta área foram feitas duas amostragens, a primeira no mês de dezembro de 2017 e a segunda em fevereiro de 2018, cada ensaio com oito horas de duração.

Foi utilizado um Impactador em Cascata *Moudi* modelo 110-R, este equipamento possui como princípio de funcionamento um sistema de “peneiras” dispostas uma seguida da outra, das quais os diâmetros dos furos diminuem gradativamente, simulando assim a morfologia do sistema respiratório dos próprios trabalhadores e separando as partículas em dez estágios, em faixas de tamanhos entre  $18 \mu\text{m}$  a  $0,056 \mu\text{m}$ . O fracionamento das partículas em estágios facilita as análises, sendo que para estágios com tamanhos inferiores a  $2,5 \mu\text{m}$ , só é possível uma boa avaliação empregando as técnicas de imagem por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET), Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) e Espectroscopia de Absorção Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP/OES, *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*).

O equipamento foi instalado de modo com que a entrada de fluxo de ar ficasse a uma altura de aproximadamente 1,60m, altura média correspondente ao trato respiratório dos trabalhadores. Para a impactação das partículas foi utilizado substratos de alumínio de 47 mm de diâmetro e o equipamento foi ligado com um fluxo constante de 30L/min durante o período correspondente a uma jornada de trabalho de 8 horas. A Figura 2, representa o sistema completo de coleta.

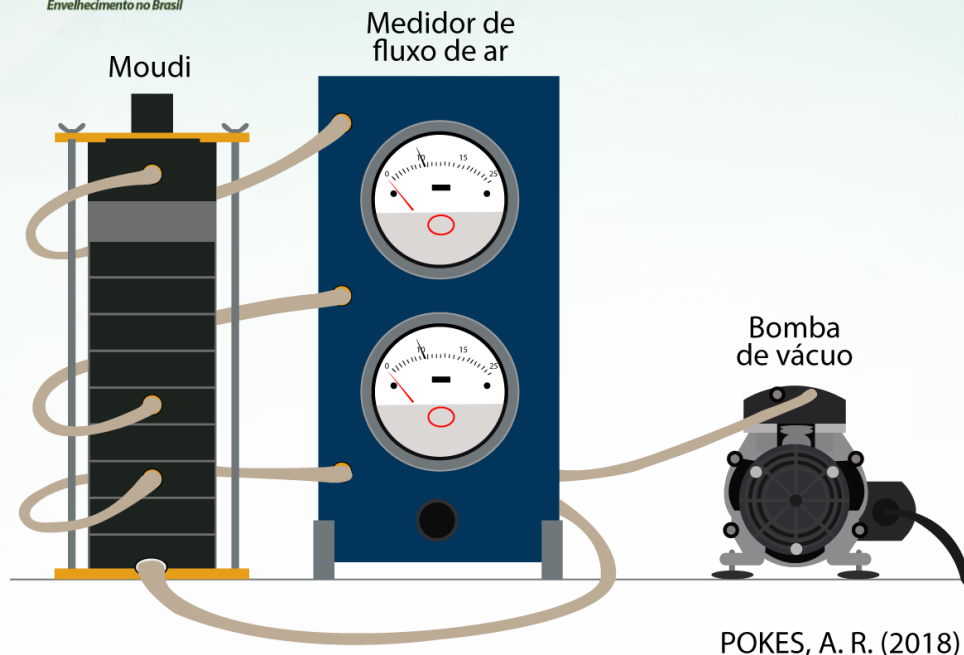


Figura 2 – Imagem esquemática do sistema de amostragem contemplando o Impactador em Cascata Moudi modelo 110-R, medidor de fluxo e bomba de vácuo

Após a avaliação, os substratos foram retirados do Impactador e em seguida, as partículas contidas nele, foram extraídas com isopropanol.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da avaliação de higiene ocupacional mostrou que a quantificação de chumbo no setor de empaste, teve um resultado de  $DPG > 2$ , isto quer dizer, que nesse setor, as medidas de controle não estão adequadas para a variabilidade do processo, como: quantidade de produção, modo operacional e matéria prima. O processo nos setores do moinho, montagem 1- quebra de placas, montagem 1- solda, montagem 4- automática e refino apresentaram resultados de DPG variando entre 1,3 a 2, esse resultado indica que os setores possuem medidas de controle, mas, as mesmas não estão garantindo baixa variabilidade do processo. Nos setores de fundição de grade e envelopadeira, os resultados de DPG apresentaram resultado abaixo de 1,3, representa que esses setores possuem medidas de controles e estes estão controláveis.

Observa-se que de todos os processos avaliados, o setor de fundição de grades e envelopadeira apresentaram resultados de chumbo abaixo do limite de tolerância estabelecido pela Norma Regulamentadora N. 15 ( $0,1\text{mg}/\text{m}^3$ ), que indicam uma condição de salubridade para os trabalhadores desses setores.



Tabela 1 –Resultado da avaliação quantitativa de chumbo nos processos de uma indústria de fabricação de baterias

	Amostra 1 10/01/2018	Amostra 2 11/01/2018	Amostra 3 19/03/2018	Análise dos resultados de 2018	Análise dos resultados de 2018	Conclusão <sup>1</sup>
Setor	Concentração (mg/m <sup>3</sup> )	Concentração (mg/m <sup>3</sup> )	Concentração (mg/m <sup>3</sup> )	Média geométrica	Desvio padrão geométrico	Base ACGIH- DPG
Empaste	0,34	0,31	1,45	0,535	2,376	DPG>2
Fundição de grade	0,03	0,04	0,04	0,036	1,181	DPG<1,3
Moinho	1,64	3,82	1,53	2,124	1,664	1,3<DPG<2
Montagem 1 (quebra de placas)	0,29	0,59	0,37	0,399	1,435	1,3<DPG<2
Montagem 1 (envelopadeira)	0,75	1,05	0,71	0,824	1,236	DPG<1,3
Montagem 1 (solda)	0,92	não realizado	0,53	0,698	1,477	1,3<DPG<2
Montagem 4 (automático)	2,08	2,63	4,44	2,896	1,474	1,3<DPG<2
Refino	0,14	0,4	0,13	0,194	1,875	1,3<DPG<2

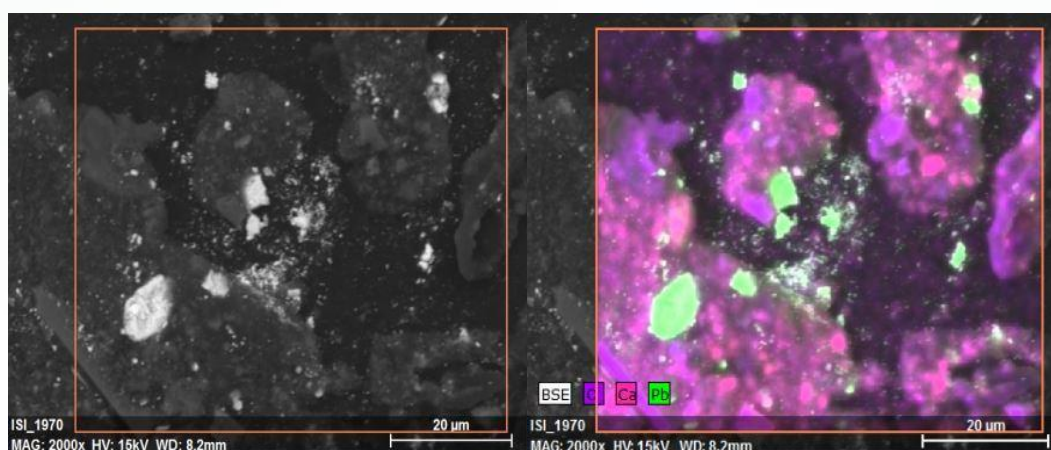
*DPG<1,3- Baixa variabilidade - processos sob controle com baixa variação de concentrações de chumbo no processo ; 1,3<DPG<2- Média variabilidade- processos com média variação de concentrações de chumbo no processo; DPG>2- Alta variabilidade- processos com alta variação de concentrações de chumbo no processo*

Após a amostragem realizada pelo Impactador em Cascata Moudi, (Figura 3) é possível observar as partículas que estavam no ar e foram impactadas pelo equipamento, é importante ressaltar que estas partículas não são apenas de chumbo, mas também de poeira e outros elementos que estavam ali presentes. Por serem provenientes de um substrato do estágio 9, o diâmetro médio das partículas estava na faixa de dimensão de 0,10 µm.



Figura 3- partículas impactadas em substrato de alumínio de estágio 9.

Para identificar as partículas de chumbo coletadas, foi realizada a técnica de EDS, a partir dela foi possível distinguir quimicamente as partículas encontradas, a figura 4 mostra essa técnica, na imagem da esquerda as partículas brancas e reflexivas representam as mesmas partículas laranja da imagem à direita, que foram identificadas como chumbo. A presença de cálcio, mostrado em rosa na imagem, é justificado pela sua utilização como aditivo na composição da grade nesse processo de fundição, que acabou sendo coletado juntamente com as partículas de chumbo.



**Figura 4- imagens de MEV a esquerda e imagem de EDS da mesma a direita**

A Figura 5 apresenta uma imagem de MEV de amostra do estágio 2, nela é possível ver, a partir do dimensionamento, que mesmo sendo proveniente de um substrato em que o diâmetro médio das partículas deveriam estar dentro da faixa de  $5,6\mu\text{m}$ , há presença de uma grande quantidade de partículas com diâmetro inferiores a  $1\mu\text{m}$  e partículas com diâmetros maiores, mas inferiores a  $2,5\mu\text{m}$ , em menor quantidade, isto deve-se a pequena massa dessas partículas que acabam sendo arrastadas por outras maiores e mais pesadas. Esse fenômeno se repetiu em todos os estágios de impactação.



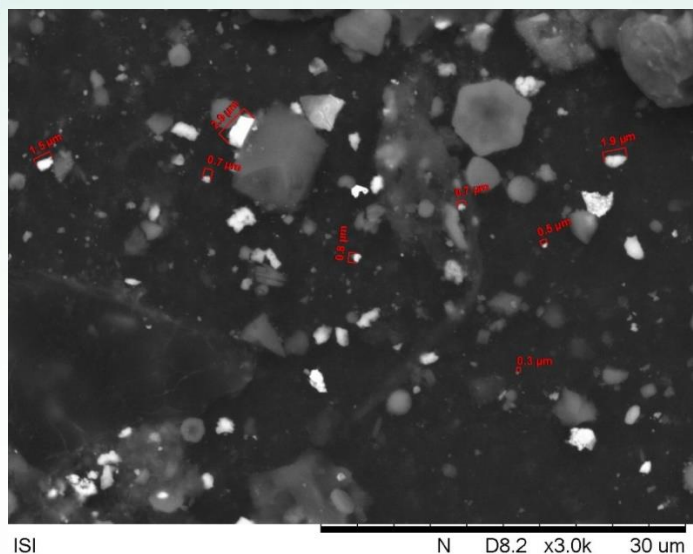


Figura 5-Imagem de MEV de uma amostra do estágio 2 de impactação

As análises feitas no Microscópio Eletrônico de Transmissão JEOL JEM 1200EX-II foram realizadas com o objetivo de observar a morfologia que as nanopartículas de chumbo apresentam ao entrar no sistema respiratório. Na imagem da Figura 6 é possível visualizar essas características.

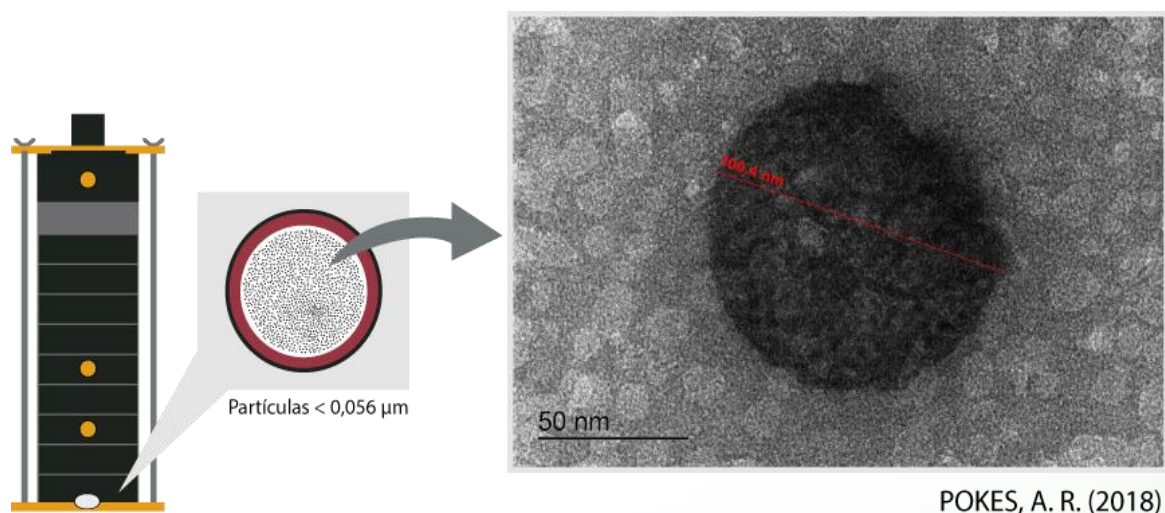


Figura 6- Imagem de MET de nanopartícula de chumbo isolada.

Por fim, com a técnica de espectrometria de absorção atômica por plasma acoplado indutivamente, utilizando o equipamento Agilent ICP/OES 720, foi possível estimar a quantidade de partículas de chumbo com diâmetros diferentes, que são emitidas no período de uma jornada de 8 horas de trabalho. A Tabela 2 mostra esta aproximação para os níveis de impactação que foram realizados a técnica, ou seja, apenas para partículas submicrométricas.

**Tabela 2- quantidade de partículas de chumbo emitidas no ambiente durante uma jornada de trabalho.**

Estágios	Diâmetro da partícula ( $\mu\text{m}$ )	[Pb] (mg/L)	[Pb] (mg/min)
N5	1,00	0,09	0,000188
N6	0,56	0,38	0,000792
N7	0,32	0,22	0,000458
N8	0,18	0,60	0,00125

Os dados apresentados na Tabela 2 mostram que a medida que o diâmetro de impactação da partícula decresce a concentração aumenta, o que comprova a existência de partículas nanométricas no ambiente de coleta e o que reforça o que foi observado pelas análises de MEV.

#### 4 CONCLUSÃO

As avaliações da higiene ocupacional demonstraram variabilidade ambiental de processo, exceto para os setores de fundição de grades e envelopadeira. Isto significa que o processo atual possui medidas de controles que não expõem o trabalhador à quantidade de chumbo em concentrações variáveis. No que diz respeito ao setor de fundição de grade, considerando a Norma Regulamentadora NR-15, o ambiente não foi considerado insalubre, pois os resultados das avaliações quantitativas ficaram abaixo do limite de tolerância estabelecido. Ainda que os resultados da metodologia da higiene ocupacional tenham sido considerados satisfatórios nos ambientes, a nova metodologia desenvolvida para avaliação das emissões de nanopartículas, utilizando o Impactador em Cascata Moudi 110-R mostrou a existência de uma quantidade considerável de partículas submicrométricas.

Essa existência foi comprovada a partir da técnica qualitativa de imagens por MEV para as micropartículas e MET para nanopartículas, que mostraram respectivamente a presença dessas partículas em todos os estágios de impactação não apenas nos de diâmetros inferiores e 1,0  $\mu\text{m}$  como também a morfologia das partículas encontradas no ambiente e inaladas pelos trabalhadores. A técnica de ICP/OES serviu para reforçar a existência de nanopartículas no ambiente, porém, devido à presença dessas partículas em todos os substratos de impactação a quantificação desta ficou inviabilizada por meio desta técnica.

O uso de equipamentos de proteção individual (EPI) e equipamentos de proteção coletiva (EPC) no ambiente de trabalho, em alguns casos eliminam todos os riscos, em outras situações, minimizam. Em ambientes que existam nanopartículas, mesmo com o uso de EPI's ou EPC's pode haver contaminação do trabalhador devido às partículas serem facilmente absorvidas pela

pele e/ou inaladas. Para garantir que os trabalhadores se mantenham ativos e trabalhando com boas condições de saúde, faz-se necessário mitigar os riscos da contaminação por partículas submicrométricas de chumbo, dessa forma, a segunda etapa do projeto prevê a implementação de sistema de exaustão para livrar o ambiente dessas partículas. Medidas preventivas em saúde, contribuem para garantir a saúde do trabalhador, evitando contaminações e possíveis afastamentos de trabalhadores por adoecimento.

## 5 AGRADECIMENTOS

O Instituto Senai de Inovação em Eletroquímica agradece ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro ao instituto.

A Unidade Sesi Apucarana agradece à equipe da área de saúde, a Gerente da Unidade e a Gerente Executiva de Segurança e Saúde para a Indústria que concedeu a participação de seus colaboradores neste projeto.

## 6 REFERÊNCIAS

AIHA (United States). American Industrial Hygiene Association (Org.). **“The Occupational Environment: Its Evaluation, Control, and Management.** 3141 Fairview Park Dr Suite 777: Aiha, 2003.

ARAUJO, U. C., PIVETTA, F. R., & MOREIRA, J. C. (jan-mar de 1999). **Avaliação da exposição ocupacional ao chumbo: proposta de uma estratégia de monitoramento para prevenção dos efeitos clínicos e subclínicos.** *Cad. Saúde Pública*, 15, 123-131.

DELMOND, Kezia Aguiar. **Genotoxicidade e estresse oxidativo em *Astyanax serratus* (Characidae) expostos ao chumbo inorgânico (Pb II) e nanopartículas de dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) isolados e em associação.** 2012. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Genética, Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

DONG-UK, P., & NAM-WON, P. (2002). **Effect on Blood Lead of Airborne Lead Particles Characterized by size.** *Ann Occup. Hyg*, 46, pp. 237-242.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. **NHO 08:** NHO08: Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho. 01 ed. São Paulo: Fundacentro, 2009. 24 p.

KONONENKO, VENO; NARAT, MOJCA; DROBNE, DAMJANA. **Nanoparticle interaction with the immune system / Interakcije nanodelcev z imunskim sistemom.** *Archives Of Industrial Hygiene And Toxicology*, [s.l.], v. 66, n. 2, p.97-108, 1 jun. 2015. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1515/aiht-2015-66-2582>>.

MOREIRA, F. R., MOREIRA, J. C. **Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde.** *Rev Panam Salud Publica*. 2004;15(2):119-29.



NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **NIOSH 7303: ELEMENTS** by ICP - Method 7303 Issue 1. 1 ed. Washington: Niosh, 2003.

OSHA. (31 de Março de 2017). **Occupational Safety and Health Administration - OSHA**. Fonte: United States Department of Labor. Disponível em: <  
<https://www.osha.gov/SLTC/lead/>>.

SALIBA, Tuffi Messias; CORRÊA, Márcia Angelim Chaves (Ed.). **Insalubridade e Periculosidade- Aspectos Técnicos e Práticos**. 11. ed. São Paulo: Ltr, 2012. 256 p.

SILVA, Elias Hans Dener Ribeiro da; DANIEL, Bruna Henemann; OLIVEIRA, Diogo Balestrin de. Os Sistemas de Gestão em Segurança e Saúde no Trabalho em Auxílio à Prevenção de Acidentes e Doenças Ocupacionais. **Revista de Gestão em Sistemas de Saúde**, [s.l.], v. 01, n. 02, p.157-172, 1 dez. 2012. University Nove de Julho. <http://dx.doi.org/10.5585/rgss.v1i2.23>.

World Health Organization - WHO. (2006). **WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005, summary of risk assessment**. Switzerland: WHO Press.