

# ANALISE DO SISTEMA SUCCIONADOR DE FUMAÇA E ODORES PROVENIENTES DO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DO CHUMBO EM PLACAS PARA BATERIAS

G. A. Pelegrini<sup>1</sup>, M. T. Bau<sup>2</sup>, G. N. Caprario<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Prof. IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Chapecó, Departamento de Mecânica, Mestre em Eng. Agrícola; Tecnol. Eletromecânica, [graciela@ifsc.edu.br](mailto:graciela@ifsc.edu.br), Tel 55 (49) 3312-0950, Fax 55 (49) 3322-9346

<sup>2</sup> Prof. IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Chapecó, Departamento de Mecânica, Mestre em Eng. Civil; Eng Mecânica, [marlibau@desbrava.com.br](mailto:marlibau@desbrava.com.br), Tel 55 (49) 3329-5841, Fax 55 (49) 3322-9346

<sup>3</sup> Prof. UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão, Mestre em Eng. de produção; Eng. Mecânico, [gnc2001@hotmail.com](mailto:gnc2001@hotmail.com), Tel 55 (49) 3329-5841, Fax 55 (49) 3322-9346

## RESUMO

*A fabricação de baterias automotivas tipo chumbo-ácido poderia representar, hoje, um exemplo de processo produtivo ecologicamente correto, pois permite a reciclagem completa de todos os seus componentes. No entanto, o índice de recuperação de baterias nos países desenvolvidos é baixo e a produção possui pontos críticos de contaminação ambiental e de risco para a saúde e segurança do trabalhador. Os principais pontos críticos encontram-se na fundição e na preparação do óxido de chumbo, pois emitem vapores de chumbo e partículas tóxicas e danosas ao meio ambiente. Para garantir a redução dos níveis de contaminação foram desenvolvidas legislações ambientais e de saúde cada vez mais restritivas e sua adequação representa um grande investimento para as empresas. Este artigo faz a avaliação dos sistemas coletores de partículas de três empresas do oeste de Santa Catarina, Brasil e sugere uma forma de adequação às novas legislações.*

## 1 - INTRODUÇÃO

Com quase 150 anos, desde sua invenção pelo francês Gaston Pianeti, as baterias automotivas de chumbo-ácido tiveram uma evolução moderada, mantendo-se os processo químicos e o formato. Os avanços dizem respeito à qualidade dos materiais, aos processos de fabricação e a de algumas alterações na composição das placas.

Este tipo de bateria é pesada, volumosa e a carga dura pouco, devendo ser constantemente recarregada. Porém, seu custo é relativamente baixo, e em tempos de proteção ao meio ambiente, seu índice de reciclagem é alto, o

que facilita o surgimento de pequenas fábricas de baterias chumbo-ácido a partir da matéria prima reciclada.

A produção de baterias chumbo-ácido universalmente utilizadas como fonte de energia em veículos automotores, em sistema de fornecimento de energia elétrica e em produtos de consumo em geral, representa o segmento industrial responsável pelo maior consumo de chumbo nos países em desenvolvimento.

As pesquisas realizadas sobre baterias automotivas concentram-se na mobilidade, isto é,

na relação massa-energia acumulada e vida útil. Além disso, o campo de estudo de baterias em geral, não apenas automotivas, abrem novas possibilidades de aplicação, antes impedidas por questões de mobilidade e vida útil.

No entanto, o uso de novos materiais não dá a atenção necessária à reciclagem, fazendo com que toneladas de pilhas e baterias, constituídas de materiais contaminantes, sejam lançadas em aterros sanitários especializados ou não.

No Brasil, há uma resolução (n.º 257, de 30 de junho de 1999) do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), do Ministério do Meio Ambiente, que proíbe esta prática, mas a fiscalização tem sido pouco eficiente. No entanto, quando se trata de baterias chumbo-ácido, o índice de reciclagem supõe-se maior (não há dados), pois, além de haver uma exigência quanto à troca da bateria, o seu valor de venda como material reciclado é bem atrativo.

No Brasil, 90% da produção de chumbo é dedicada à indústria de baterias automotivas (DNPM, 2009) e não há dados precisos sobre a efetiva reciclagem destes materiais (TRIVELATO, 2006).

Segundo Battery Universit (2009), as baterias chumbo-ácido são responsáveis por metade da demanda de baterias recarregáveis, sendo que o setor automotivo o seu maior consumidor. Como é um produto de baixo custo e confiável, as projeções apontam para um crescimento, pelo menos até 2012, quando novas tecnologias poderão substituí-la.

Algumas das ameaças referem-se a vida útil e sua baixa capacidade de armazenamento, o que poderá levar à sua substituição gradual por baterias de lítio, mais caras, mas com uma vida útil bem superior e maiores capacidades de armazenamento, permitindo, por exemplo, manter o ar condicionado do veículo ligado por mais tempo com o carro parado.

No entanto, a reciclagem deste tipo de bateria ainda é cara e pode gerar mais lixo acumulado no planeta.

Além da questão ambiental, o processo produtivo de baterias chumbo-ácido, possuem vários pontos que ameaçam a saúde do

trabalhador. No Brasil, mais especificamente no sul, os departamentos de vigilância sanitária estaduais tem sido duros com essa questão, exigindo o cumprimento de normas e legislações cada vez mais restritivas. As empresas tem sido obrigadas a realizar grandes investimentos nesta área, mudando arranjos físicos, instalando complexos sistemas de renovação de ar, exigindo o uso de equipamentos de proteção individual e a realização periódica de exames médicos para avaliar, dentre outros itens, o teor de chumbo.

Uma das adequações mais importantes refere-se à instalação de sistemas de ventilação, para a retirada de gases e óxidos de chumbo contido nos processos mais críticos de fabricação. Esta exaustão tem por objetivo o transporte de material contaminado, o qual deverá ser separado do ar e reutilizado no processo produtivo, evitando que seja lançado no meio ambiente.

Em razão das propriedades tóxicas do chumbo e das condições de trabalho prevalentes na maioria dessas indústrias, os trabalhadores desse setor encontram-se frequentemente expostos a elevadas concentrações desse elemento e, conseqüentemente, sujeitos à intoxicação.

Este trabalho teve por objetivo analisar três sistemas de filtragem de fumaça e vapores provenientes da queima realizada pelas máquinas fundidoras de placas para baterias, essa análise foi realizada em três fabricas localizadas na região oeste do estado de Santa Catarina, Sul do Brasil, e avaliou a estrutura montada e eficiência, vantagens e desvantagens de cada um dos três sistemas.

Sendo assim, mesmo por força de resoluções, as baterias chumbo-ácido devem continuar sendo produzidas por muito tempo, o que exigirá pesquisas por processos produtivos limpos e ambientalmente corretos.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

A fabricação dessas baterias utiliza tecnologia bastante simples, podendo ser realizada em pequena escala, tornando-se, atraente para esses países.

Tecnicamente existem parâmetros para a seleção do melhor sistema para a retirada dos poluentes do ambiente, no entanto estes, ficam condicionados a rigorosidade da legislação pertinente as questões ambientais da política energética bem como da experiência profissional dos projetistas.

Esses parâmetros podem ser classificados como: grau de purificação desejada; concentração; rendimento; facilidade de limpeza e manutenção; método de eliminação do material coletado; princípio e custo.

Para a realização deste trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica nas áreas de baterias automotivas, legislação ambiental, segurança e higiene do trabalho e sistemas de ventilação, com ênfase em coletores de contaminantes. Posteriormente, foi feita uma pesquisa de campo, para avaliar o uso dos coletores de contaminantes e de adequação da empresa à legislação ambiental e a de segurança e higiene do trabalho.

Foram avaliados os sistemas de produção de baterias automotivas de três empresas de pequeno porte no oeste de Santa Catarina, denominadas empresas A, B e C. Destacaram-se nesta avaliação, os coletores de contaminantes do sistema de ventilação.

A efetividade destes coletores deve atender as legislações ambientais brasileiras, bem como as de higiene e segurança do trabalho.

### **3 - RESULTADOS**

O contaminante avaliado neste artigo é o chumbo, e seus compostos. Este metal, com baixo ponto de fusão e facilmente moldável, é utilizado pelo ser humano a muito tempo. O grego Hipocrates foi o primeiro a relatar possíveis intoxicações deste metal, além dele, Paracelso (1493 – 1540) descreve a “doença dos mineiros” e associa-o à intoxicação por chumbo. (MALTA et al, 1998)

Mas coube a Tanquerel em 1839, com base em 1.200 casos, um estudo moderno e

completo, avaliando os sintomas causados pela intoxicação por chumbo, sendo aceitos até hoje.

Mesmo assim, com todo o avanço científico da medicina, a intoxicação por chumbo ainda é comum nos países em desenvolvimento, apesar do grau mais brando dos sintomas. (FORTES, 2003)

A intoxicação por chumbo é considerada uma doença crônica, onde o efeitos podem se tornar irreversíveis. Dependendo da sensibilidade individual ao chumbo e da concentração, ele pode prejudicar o funcionamento de diversas partes do corpo, em especial o sistema nervoso central, sendo mais susceptível em pessoas mais jovens. (TRIVELATO, 2006 e FORTES, 2003).

No Brasil, a NR (Norma Regulamentadora)-15, publicada pela Portaria 3.214, “Atividades e Operações Insalubres”, em seu Anexo nº 11- lista os agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho.

Segundo ela, o valor do limite à exposição máxima ao chumbo não pode ultrapassar a concentração de 0,1 mg / m<sup>3</sup> de ar (calculado pela média aritmética das concentrações das amostras). Este limite, refere-se à ambientes de trabalho onde o chumbo se apresente como um aerodispersóide, caracteristicamente nos processos de fabricação do óxido de chumbo.

Internacionalmente, alguns dos limites estabelecidos pelas principais instituições internacionais, para exposição ocupacional (ambiente interno) estabelecem limites mais rigorosos. A ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) é uma das principais fontes de referência para estes limites. A ACGIH publica periodicamente os valores limites de tolerância – TLV (*threshold limit values*), dividido em dois critérios, o TWA (*time weighted average*) correspondente a concentrações ponderadas pelo tempo para uma jornada de trabalho de 8h diárias e uma semanal de 40h que o trabalhador pode ser

exposto repetidamente, sem risco de efeitos adversos; e o STEL (*short term exposure limit*) que corresponde à concentração que os trabalhadores podem ser expostos por um tempo máximo de 15 min, considerando-se um intervalo mínimo de 60 min entre duas exposições sucessivas, com até quatro exposições repetidas em um dia. (CLEZAR e NOGUEIRA, 1996) Para estes casos temos  $0,45 \text{ mg/m}^3$  (TLV-STEL) e  $0,05 \text{ mg/m}^3$  (TLV - TWA).

Já, o limite para a exposição não ocupacional, no ambiente externo, segundo a EPA (*Environmental Protection Agency*) dos Estados Unidos, é de  $2\mu\text{g/m}^3$ . (FORTES, 2003)

A forma de retirada dos contaminantes do local de trabalho pode ser feita de três formas, ventilação natural, ventilação geral diluidora e ventilação local exaustora. O primeiro tipo é inadequado, as forças de convecção são insuficientes para carregar partículas muito densas como o chumbo. O ideal é a instalação de captadores corretamente dimensionados, nos diversos postos de trabalho (local exaustora) e de um sistema paralelo, redundante, para a retirada de contaminantes (diluidora), que escaparem dos captadores. Ambos os sistemas devem contar um sistema coletor de contaminantes que garanta não apenas os índices exigidos pela legislação, mas a saúde do trabalhador e uma produção mais limpa.

O processo produtivo de baterias automotivas é apresentado em um fluxograma (Fig 1).

Os pontos mais críticos do processo produtivo, no que diz respeito aos contaminantes, são a fundição e a preparação do óxido de chumbo. No entanto, todos os outros postos de trabalho precisam ser considerados quanto à questão de transporte de contaminantes, como por exemplo, a inclusão do eletrólito.

As três empresas visitadas, chamadas de A, B e C, correspondem a empresas de pequeno porte, com até 50 empregados e produção anual de até 100.000 baterias. A empresa A, iniciou suas atividades

recuperando baterias usadas e hoje produz baterias a partir de chumbo primário (novo) e secundário (reciclado), possui um sistema de ventilação misto (local exaustora e diluidora) e conta com um filtro de manga. No momento busca adequar-se às novas legislações ambientais e de saúde do trabalhador.

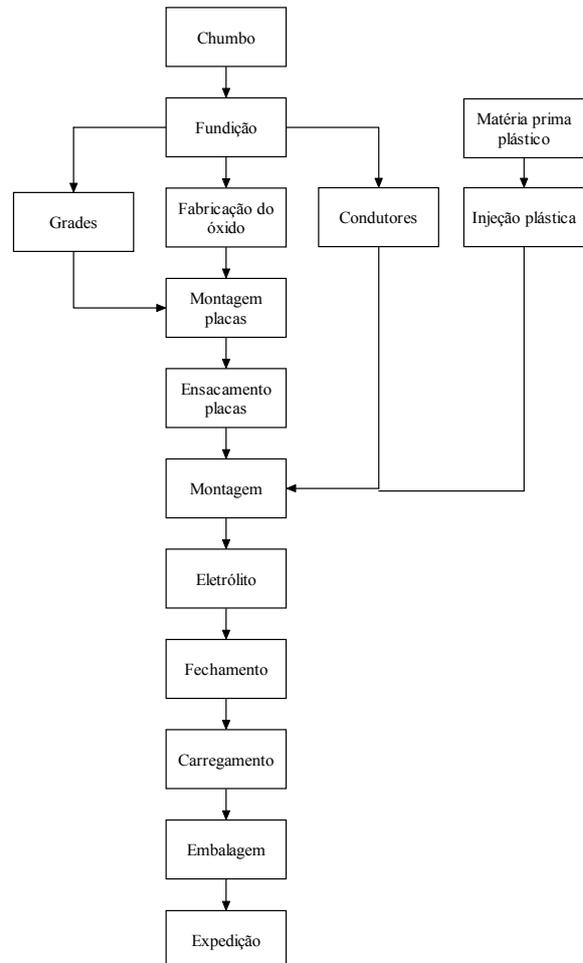


Fig. 1 - Fluxograma do processo produtivo

A empresa B, maior, possui um sistema de ventilação mais robusto, apenas local exaustora, com captadores em quase todos os postos de trabalho e conta com dois sistemas de filtragem, ciclone e manga (Tabela 1). Ainda há itens a serem considerados para sua completa adequação ambiental e de saúde do trabalhador.

Já a empresa C, é o caso mais crítico, inicia sua adequação ambiental e de higiene. Possui um sistema de ventilação

local exaustora em alguns postos de trabalho, e apenas um sistema coletor de contaminantes, um lavador de gases. Ciente dos problemas, a empresa possui um projeto para a instalação de um novo sistema de ventilação, contando com captadores em todos os postos de trabalho e um sistema coletor de contaminantes contendo um ciclone e um filtro de manga (Tabela 1).

**Tabela 1** - Coletores de contaminantes instalados nas empresas pesquisadas

Empresa	Ciclone	Filtro de manga	Lavador
A		X	
B	X	X	
C			X

O processo de transporte de contaminantes através dos dutos deve garantir o transporte das maiores partículas, produzidas no processo de obtenção do óxido de chumbo para a lama. Sobre este aspecto, é importante citar que os dutos devem ser metálicos e que após sua vida útil, estes não podem ser simplesmente descartados, sendo necessário que o chumbo impregnado depois de anos de uso seja retirado. O mesmo deve ocorrer com todos os outros acessórios do sistema de ventilação.

As empresas pesquisadas estão reaproveitando a maioria dos dutos em suas adequações e receberam orientação quanto ao descarte dos dutos e demais acessórios usados.

Quanto ao sistema de filtragem, o uso de um conjunto filtro de manga-ciclone ou apenas filtros de manga demonstrou ser insuficiente para atender as legislações ambientais e de saúde. É possível o uso, apenas de filtros de manga, porém o não uso de um ciclone antes, provoca um rápido desgaste dos tecidos das mangas, além de aumentar a frequência e a potência (contaminação por partículas grandes) dos sistemas de limpeza. Além disso a instalação de mangas com uma malha muito fechada exige a instalação de exaustores que garantam uma grande pressão dinâmica.

A empresa C, que possui apenas um lavador de impacto como coletor de contaminantes, precisa realizar constantes tratamentos dos efluentes, os quais tornam o processo dispendioso. Além disso, o fluido atinge seu limite de uso muito rapidamente e pode liberar pequenas partículas de chumbo no ar. Não raro, o processador de óxido de chumbo precisou ser desligado para manutenções corretivas do sistema.

#### 4 - CONCLUSÃO

Sugere-se o uso de um sistema ciclone, filtro de manga e lavador com leito filtrante. Isto é necessário para aumentar a vida útil de cada elemento e a redução do custo operacional sem perda de eficiência (Tabela 2).

O ciclone será responsável pela retirada de partículas até no mínimo 20  $\mu\text{m}$ , as quais podem ser recolhidas automaticamente em transportadores helicoidais ou manualmente através de válvulas.

O filtro de manga com fluxo reverso deve retirar as partículas até 5  $\mu\text{m}$ . É possível a retirada de partículas menores, porém o custo operacional e de instalação torna-se muito dispendioso.

Porém não basta a instalação dos filtros, constatou-se ao longo da linha produtiva das três empresas, diversas inadequações no que se refere aos captadores, permitindo que poeiras e gases escapem para o meio ambiente. Desta forma, é necessário o dimensionamento, e a instalação adequada de captadores, além da equalização da pressão em todos eles.

#### 5 - REFERÊNCIA

<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/chumbo.pdf>

<http://www.batteryuniversity.com/parttwo-55.htm>

TRIVELATO, G. C. Os (des)caminhos e riscos do chumbo no Brasil. Estudo de caso: análise sistêmica da gestão de riscos na reciclagem de baterias chumbo-acido, 1976-2005. Tese de Doutorado. Univer-

**Tabela 2** – Comparação entre os sistemas de filtragem

	Ciclone		Filtro de manga	Torre de lavagem (com leito filtrante)
	Baixa pressão	Multi- ciclone		
	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]
Grau de purificação desejada	20-40	10-30	20 – 0,25	1-5
Concentração	Alta	Alta	Media	Baixa
Rendimento	até 80%		até 99,9%	até 90%
Facilidade de limpeza e manutenção	Não há peças móveis.		Pulse Jet ou jato reverso	A água precisa ser tratada e recirculada.
Método de eliminação do material coletado.	A retirada do contaminante pode ser feita automaticamente.		O material pode ser coletado automaticamente.	Tratamento de efluentes.
Princípio	Centrífugo		Filtração sobre tecido de feltro	Coleta por líquido
Custo	Baixo custo de instalação e operacional		Mais caro que o ciclone, troca periódicas das mangas.	Alto custo, principalmente devido ao tratamento do efluente líquido

**Fonte:** Clezar e Nogueira, 1996; MACINTYRE, 1990 e. HDU – Ventilação (Chapecó-SC)

cidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2006.

Fortes, Júlio Domingos Nunes A intervenção técnica em pequenas indústrias de fabricação e reforma de baterias chumbo-ácidas: proposta para melhoria da qualidade do ar e preservação da saúde o trabalhador. / Júlio Domingos Nunes Fortes. Rio de Janeiro : s.n., 2003.

MACINTYRE, A. J. Ventilação industrial e controle da poluição.- 2a ed.-Rio de Janeiro: LTC Editora, 1990. 430 p.

MALTA, C. G. T.; TRIGO, L. A . S. C.; CUNHA, L. S., “Chumbo”, Trab. Pós-Grad. Med. do Trabalho, Esc. Medicina, F. T. E. Souza Marquez. Área de Toxicologia. R.J., 1998. Disponível em:

CLEZAR, Carlos Alberto e NOGUEIRA, Antônio Carlos Ribeiro, Ventilação Industrial, Florianópolis: Editora da UFSC, 1996