

# LEAD FREE – IMPACTOS DA DIRETIVA DE RESTRIÇÕES DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS (RoHS) NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM)<sup>1</sup>

*Lizandro Manzato*<sup>2</sup>

*Lisa Marie Afonso Lopes*<sup>3</sup>

*Wagner dos Reis Marques Araujo*<sup>4</sup>

*Antonio Marcos de Oliveira Siqueira*<sup>5</sup>

*Raimundo Kennedy Vieira*<sup>6</sup>

## Resumo

Dentro do contexto da indústria eletroeletrônica, as relações entre empresa e meio ambiente se caracterizam de forma dinâmica. A tecnologia de componentes de montagem sobre superfície proporcionou um avanço na soldagem de componentes eletrônicos passando a utilizar uma liga Lead-Free, conciliando os princípios da ciência e engenharia de materiais para a preservação ambiental. Esse artigo apresenta uma análise de como a implantação da Diretiva RoHS influenciou as indústrias do Pólo Industrial de Manaus (PIM).

**Palavras-chave:** Pólo Industrial de Manaus; Restrição de uso de substâncias nocivas; Livres de chumbo.

## LEAD FREE – IMPACTOS DA DIRETIVA DE RESTRIÇÕES DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS (ROHS) NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM)

## Abstract

The relations between business and the environment are characterized so dynamic the context of electronics industry. The technology of assembly of components on surface provided a breakthrough in the welding of electronic components going to use an alloy Lead-Free, reconciling the principles of materials science and materials engineering for environmental preservation. This article presents a review of how the implementation of the RoHS Directive influenced the industries of the Industrial Pole of Manaus (PIM).

**Key words:** PIM; Restriction of Hazardous Substances; Lead-Free.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

<sup>2</sup> *Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais, Prof. MSc CEFET/AM e Pesquisador do NUTEC - Núcleo de Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM. lizandro@cefetam.edu.br*

<sup>3</sup> *Tecnóloga em Informática, aluna do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PEP – UFAM. lisamarielopes@yahoo.com.br*

<sup>4</sup> *Filosofo, aluno do Programa de Pós-Graduação em Sociedade e Cultura da Amazônia – PPGSCA – UFAM. wagner\_araujo1969@yahoo.com.br*

<sup>5</sup> *Eng. Químico, Prof. Dr. UFAM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PEP – UFAM. antonio\_siqueira@ufam.edu.br*

<sup>6</sup> *Eng. Químico, Prof. Dr. UFAM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PEP – UFAM. maneiro@ufam.edu.br*

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo está passando por uma série de mudanças e cada vez mais rápidas. A cada dia vão surgindo novos processos e novos equipamentos, com designs mais arrojados, com muito mais recursos. No entanto, essa evolução reduz também o ciclo de vida desses equipamentos e conseqüentemente os custos, implicando num volume cada vez maior de descarte desse material. Nesse sentido, a grande preocupação do mundo atual diz respeito a questões ambientais. O mundo entra, então, na era verde. Existe, hoje, um movimento em favor do planeta e do meio ambiente organizado não somente pela população civil, mas principalmente por meio de ações governamentais ou da iniciativa privada. Essa preocupação com o ambiente motivou a implantação de normas e leis específicas para tratar desse assunto. Em 2006, os países da União Européia estabeleceram duas diretivas. A primeira trata da “Restrição do uso de Substâncias Nocivas” na fabricação de certos produtos industrializados (*Diretiva RoHs - Restriction of Hazardous Substances*). Já a segunda diretiva trata da Reciclagem de Produtos Eletro-Eletrônicos (*Diretiva WEEE - Waste from Electrical and Electronics Equipment*). A Diretiva RoHS - Restrição de uso de Substâncias Nocivas, proibiu a comercialização na União Européia de produtos eletroeletrônicos que apresentassem substâncias que poderiam colocar em risco a saúde humana e o ambiente.

Vários equipamentos amplamente utilizados no dia-a-dia são afetados pela política como equipamentos de informática e telecomunicações; equipamentos eletrônicos em geral; luminárias e material elétrico em geral; ferramentas elétricas e eletrônicas (exceto máquinas industriais de grande porte); brinquedos, equipamentos esportivos e de lazer etc. Assim, muitos fabricantes de componentes eletrônicos e equipamentos eletro-eletrônicos estão alterando as matérias primas de seus produtos, seus processos para se atender as estas recomendações, mesmo em países que ainda não criaram normas ou leis específicas para este fim.

Quando se fala em substancias nocivas, o chumbo, por exemplo, é o que recebe a maior atenção, pois a maior parte dos componentes eletrônicos são soldados nas placas de circuito impresso. A solda tradicional é composta de cerca de 60% de Estanho (Sn) e 40% de Chumbo (Pb). Os fabricantes terão então que buscar materiais alternativos para fazer a solda dos componentes nas placas e lançar mão de materiais alternativos como a prata, o cobre ou o bismuto e alterar o processo produtivo, bem como capacitar os técnicos para esta nova situação. Claro que isso implica em mudanças de paradigmas, obviamente em custos adicionais.

A RoHs entrou em vigor em 1° de julho de 2006 e é conhecida como a “Lei do sem Chumbo” (*Lead Free*). Muitas empresas já estão se adequando a essa realidade, trabalhando com produtos *Lead Free*, contudo, para isso tiveram que reestruturar seu processo produtivo como temperatura de soldagem, composição fisico-química de solda, entre outros.

Vale lembrar que a empresa que não estiver em conformidade com a Legislação terá também outros problemas como a questão da sua imagem e reputação. O efeito destas medidas é percebida principalmente no controle de equipamentos onde a WEEE vai controlar o reuso e o descarte dos produtos obsoletos e a RoHS vai controlar o uso de substâncias tais como chumbo, cádmio, mercúrio, cromo hexavalente, bifenóis polibromados e éteres difenil-polibromados. A Tabela 1 apresenta os quatro metais e os dois retardantes de chama que devem respeitar os valores máximos permitidos, conforme a diretiva RoHS,

**Tabela 1.** Valores máximos de concentração (VMC) permissíveis na Diretiva RoHS.

Substâncias	VMC (mg/Kg)
Chumbo	1.000
Mércurio	1.000
Cádmio	100
Cromo Hexavalente	1.000
Polibromobifenilos	1.000
Polibromobifeniléteres	1.000

O conceito do VMC é muito importante para a conformidade com a diretiva RoHS. A orientação da comissão da União Européia indica que o VMC se aplica no nível homogêneo, e define este nível para ser de um único material que não possa mecanicamente ser separado de outro material.

Segundo Oliveira e Lima<sup>(1)</sup> na indústria eletroeletrônica o impacto será sobre a mudança da composição da solda e dos revestimentos de placas e componentes eletrônicos. A nova tecnologia, conhecida como *Lead-Free* (Livre de Chumbo) altera parâmetros de processo e custos de produção. Ainda vale a pena ressaltar que a implantação da política *Lead-Free* é de caráter extremamente ecológica e não financeira.

De acordo com Moreira e Moreira<sup>(2,3)</sup> o chumbo é um elemento tóxico não essencial que se acumula no organismo, sendo que a toxicidade deste elemento químico pode gerar desde efeitos claros, ou clínicos, até efeitos sutis, ou bioquímicos. Estes últimos envolvem vários sistemas de órgãos e atividades bioquímicas. Nas crianças, os efeitos críticos atingem o sistema nervoso, enquanto que nos adultos com exposição ocupacional excessiva, ou mesmo acidental, os efeitos estão relacionados com a neuropatia periférica e a nefropatia crônica. Em situações raras, os efeitos sobre a síntese da heme proporcionam indicadores de exposição ao chumbo na ausência de consequências quimicamente perceptíveis. Também os sistemas gastrintestinal e reprodutivo são alvo da intoxicação pelo chumbo.

Além da Europa o Japão é adepto dessa nova política ambiental. Em outros países como os Estados Unidos e Canadá não existem legislações nacionais, embora existam algumas regiões, como o estado da Califórnia e a província de Alberta, respectivamente, que já seguem esta orientação de restrição a substâncias perigosas. Na China e Costa Rica, a implantação de legislações semelhantes está em fase de implementação. Na América do Sul, a Argentina está realizando estudos para implantação de uma legislação que incorpore tanto a WEEE e a política RoHS. Por outro lado, a legislação brasileira permite o uso do chumbo em soldas de componentes, porém a indústria local tem questionado cada vez mais esse procedimento e tende a reduzir o uso de chumbo e implementar as ligas sem chumbo para a adaptação às exigências do mercado mundial. Este novo processo está alinhado com o que preconiza a ISO 14.000, norma que diz respeito ao desenvolvimento de produtos e processos que causem grande impacto ambiental.

### **1.1 O Pólo Industrial de Manaus e o Processo de Soldagem Lead-Free**

O Pólo Industrial de Manaus (PIM) é um modelo de desenvolvimento econômico implantado pelo governo brasileiro, objetivando viabilizar uma base econômica na Amazônia Ocidental, e ao mesmo tempo, promover a melhor integração produtiva e social dessa região do país, de modo a garantir a soberania nacional sobre suas fronteiras. O PIM possui mais de 450 indústrias de alta tecnologia gerando mais de meio milhão de empregos, diretos e indiretos. Diversas empresas do PIM utilizam

fornecedores que são responsáveis pela certificação dos componentes utilizados na produção. Cada fabricante de componentes arca com os gastos da certificação de suas mercadorias e, para obter o laudo final de certificação do produto acabado, a empresa deveria investir em um laboratório para análise de conformidade, ou seja, avaliar o produto final e emitir um atestado de conformidade que certifica a ausência ou presença, dentro de limites específicos, de substâncias restritas. Este documento é fundamental para o ingresso destes produtos nos países da União Européia e em diversos estados norte-americanos.

As empresas do PIM tem tido a necessidade de um tratamento mais científico na busca de alternativas e soluções envolvidas na implementação de processos usando a política *Lead-Free*, pois o impacto da mudança traz diferenças consideráveis na qualidade e produtividade dos processos de produção.

Mais especificamente, a soldagem é um processo onde quimicamente e mecanicamente dois metais são unidos a um ponto baixo de fusão. A soldagem se dá a uma temperatura de 40°C acima do ponto de fusão da liga da solda. Isto vale para qualquer tipo de soldagem, inclusive a soldagem eletrônica.

No caso de soldagem *Lead-Free*, esta é uma tecnologia nova, e utilizada porque nasceu da necessidade de banir as substâncias que causam danos ao homem e ao meio ambiente e que são usadas nas indústrias em geral, seguindo o movimento que surgiu na Europa e se espalhou por todo o mundo. A necessidade de migrar os processos de soldagem para este novo tipo de tecnologia exige das empresas uma estratégia de mudança adequada à manutenção dos processos atuais e sua gradual substituição por processos de soldagem *Lead-Free* e suas implicações.

## **1.2 A política Lead-Free como uma estratégia empresarial**

A utilização de estratégias está originariamente relacionada a fenômenos de natureza militar. A ocupação de posições e movimentações de tropas para ocupação de espaços do inimigo encontrou eco no meio empresarial, pela forma com que muitas empresas buscam conquistar mercado impondo-se perante seus concorrentes e fixando imagem favorável de suas marcas e produtos juntos aos clientes. Segundo Aloise<sup>(4)</sup> a estratégia empresarial, é um ato pensado e planejado com objetivos pré-definidos no tempo caracterizado por posicionamentos de natureza concorrencial, mercadológica, produtiva, tecnológica e de gestão.

Na conceituação de Oliveira,<sup>(5)</sup> planejamento estratégico é “o progresso gerencial que possibilita o executivo estabelecer o rumo e ser seguido pela empresa como vistas a obter um nível de otimização na relação da empresa com o seu ambiente”. A definição dada por esse autor implica para a empresa a necessidade de analisar os fatores ambientais onde ela está inserida e que interfere na sobrevivência. Ou seja, o ajustamento da empresa ao ambiente constitui a estratégia empresarial. Segundo pesquisa informal realizada pelos autores no pólo industrial de Manaus, a maioria dos grandes fabricantes planejou e preparou esta mudança com alguma antecedência. No entanto, muitas empresas só agora começaram a enfrentar este desafio. Um dos empecilhos da migração para a nova tecnologia está na composição da solda tradicional, ou seja, os fabricantes terão que buscar outros materiais. Os materiais alternativos, no entanto, implicam em vários desafios. Primeiro que a solda tradicional funde a 180°C enquanto que a solda livre de chumbo funde a 227°C. Isto significa que componentes eletrônicos devem ser capazes de suportar esta nova temperatura de soldagem de modo a permitir que a

solda sem chumbo seja usada – e até hoje não existe um padrão industrial para a solda sem chumbo.

Portanto, a transição para uma montagem livre de chumbo levanta uma série de desafios, os quais pode-se destacar:

- Seleção e compatibilidade de materiais;
- Produtividade e rendimento;
- Capacidade de processamento e dos equipamentos;
- Comportamento funcional;
- Definição de confiabilidade e de valores de referência;
- Higiene e segurança.

A transição de tecnologias com chumbo para aquelas livres de chumbo é um tanto complexa, conforme levantado por Nogueira, Queiroz Neto e Manzato,<sup>(6)</sup> de modo que várias pesquisas estão sendo realizadas em laboratórios especializados em materiais, em geral solicitados por empresas interessadas. A maior parte dos resultados, no entanto, não se encontra disponibilizado em na forma de publicação científica e, portanto se encontram indisponíveis para acesso, consulta ou pesquisa. Isto talvez, em função da necessidade de manutenção de algum segredo industrial relacionados as estratégias da organização ou mesmo pelo simples desinteresse das empresas em divulgar tais dados e informações.

Devido aos fatos levantados, este trabalho apresenta uma contribuição interessante, ao meio empresarial e acadêmico, no sentido em que foi realizado, além de uma pesquisa bibliográfica, uma pesquisa de campo em empresas do Pólo Industrial de Manaus, de modo se pudesse compreender as mudanças no processo de fabricação da solda livre de chumbo, numa época em que a preocupação com as questões ambientais é tema de discussão em todos os meios.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Por se tratar de uma tecnologia recente, e por fazer uso de materiais com características físicas singulares, o processo de soldagem *Lead-Free* lança desafios a serem vencidos em todas as fases do processo produtivo. Neste contexto, é de fundamental importância ter pleno conhecimento das diferenças dos materiais, diferenças de processo e equipamentos a serem utilizados nesta nova fase. As empresas do PIM tem tido a necessidade de um tratamento mais científico na busca de problemas e soluções envolvidos na implementação de processos usando solda *Lead-Free*, pois o impacto da mudança traz diferenças consideráveis na qualidade e produtividade dos processos de produção.

A pesquisa de campo iniciou-se com uma entrevista para o setor eletroeletrônico com relação ao uso da política *Lead-Free* onde foram determinadas sete características e o resultados da implantação da tecnologia em indústrias do PIM.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A pesquisa de campo foi realizada ao final de 2007 junto a empresas do PIM que fornecem e utilizam com soldagem *lead free*, por meio de entrevistas e questionários. O levantamento teve como objetivo caracterizar a soldagem livre de chumbo, identificando os principais fornecedores e produtos que utilizam a tecnologia. Foi investigada a satisfação (no que se refere a qualidade e produtividade) nos processos *Lead-free*. Uma síntese qualitativa dos resultados das entrevistas são apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Resultado da pesquisa de campo no PIM

Características	Comentários
Principais Produtos	Bens de Informática
Principais Fornecedores	Indústrias Chinesas
Índice de Qualidade	Resultados considerados bons considerando que o 1º lote produzido com a nova tecnologia, 98% de aprovação.
Índice de Produtividade	Quando implementada houve uma redução na produtividade de aproximadamente 15%, devido ao processo duplo (Tin/Lead e Lead-Free) fato que ao longo da utilização da nova tecnologia foi contornado e estabilizado.
Principais Dificuldades	Mão de obra qualificada. Houve treinamento para operadores, técnicos e supervisores. Dificuldades no ajuste dos equipamentos.
Principais Estratégias de Manufatura	Utilizar verbas de Pesquisa e Desenvolvimento para melhorar os índices de qualidade e produtividade. Adquirir novos equipamentos e otimizar os processos.

#### 4 CONCLUSÃO

O estudo desdobrou-se em duas partes. A primeira consistiu em uma revisão crítica da bibliografia. Esta primeira parte buscou, por um lado, apresentar o estado da arte, bem como justificar as contribuições do trabalho, a relevância e o ineditismo do estudo. A segunda parte, por sua vez, consistiu no projeto e realização de uma pesquisa de campo para analisar a usabilidade do processo *lead free* na manufatura de equipamentos eletroeletrônicos no Pólo Industrial de Manaus.

O artigo apresentou o impacto da tecnologia *Lead-Free* no Pólo Industrial de Manaus (PIM) sugestões teóricas e práticas a fim de apontar que o Brasil está atento às mudanças mundiais de manufatura, quanto ao ramo eletroeletrônico. A tendência mundial é que a população procure os produtos ecologicamente corretos e está na hora de começarmos a pensar na implementação das diretrizes WEEE e RoHs em nosso país. Vale destacar que a indústria eletroeletrônica é global, apresentando fabricação terceirizada de seus componentes em todo o mundo, envolvendo geralmente processos químicos que geram uma grande quantidade de material nocivo.

O Brasil ainda não estabeleceu nenhuma legislação específica sobre este tema, mas tanto a indústria nacional como regional, atenta ao mercado consumidor externo, visa a abertura para outros mercados que, em breve, devem seguir o padrão europeu.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido por empresários do Pólo Industrial de Manaus, que possibilitaram a realização da pesquisa de campo e ao corpo docente da Faculdade de Tecnologia da UFAM pelo apoio a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- 1 OLIVEIRA, C.A.P. e LIMA, C.R.C. Aspectos Fundamentais da Tecnologia de Soldagem em Superfície na Indústria Eletrônica, Proceedings of XXX CONSOLDA, RJ, setembro, 2004, CD ROM.
- 2 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.
- 3 MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. Ciência e Saúde Coletiva, [S. l.], v. 1, p. 167-181, 2004.
- 4 ALOISE, P.G. Estratégias da produção utilizadas por empresas multinacionais instaladas no pólo industrial de Manaus. Manaus, 2005. 124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção)-Universidade Federal do Amazonas.
- 5 OLIVEIRA, D.P.R., Planejamento Estratégico, Conceitos, Metodologias, Práticas. Ed. Atlas, São Paulo, 1994.
- 6 NOGUEIRA, C.L.A.; QUEIROZ NETO, J.P.; MANZATO, L. O impacto do uso de solda lead free no processo de tecnologia de montagem em superfície (SMT), II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, João Pessoa, PB, 2007.