

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AMBIENTAL PROFISSIONAL
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA
AMBIENTAL – ÊNFASE EM GESTÃO

**MANEJO E DESCARTE DE RESÍDUOS CONTENDO
MERCÚRIO EM UMA MONTADORA DE VEÍCULOS**

MIRIAN CRISTINA REIS DE OLIVEIRA

Florianópolis
2012

MIRIAN CRISTINA REIS DE OLIVEIRA

**MANEJO E DESCARTE DE RESÍDUOS CONTENDO
MERCÚRIO EM UMA MONTADORA DE VEÍCULOS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Profissional, para a obtenção do Título de MESTRE PROFISSIONAL em Engenharia Ambiental.

Prof. Joel Dias da Silva, Dr. –
Orientador

Prof. Armando B. de Castilhos Jr.,
Dr. – Co-Orientador

Florianópolis
2012

MANEJO E DESCARTE DE RESÍDUOS CONTENDO MERCÚRIO
EM UMA MONTADORA DE VEÍCULOS

MIRIAN CRISTINA REIS DE OLIVEIRA

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre Profissional em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Profissional da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

Prof. Maurício Luiz Sens, Dr. ENS/UFSC - Coordenador do curso

Prof. Joel Dias da Silva, Dr.FURB/UFSC – Orientador

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^a. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto, Dr^a. – ENS/UFSC - Membro Interno

Prof. Maurício Luiz Sens, Dr. ENS/UFSC - Coordenador do curso

Prof^a. Delmira Beatriz Wolff - Dra. UFMS - Engenharia Civil – Membro Externo

Florianópolis, 13 de agosto de 2012.

Dedicatória

A Deus pela realização desse sonho e ao meu marido, Clarence, por ter permanecido ao meu lado, me incentivando a percorrer este caminho, por compartilhar angústias e dúvidas estendendo sua mão amiga em momentos difíceis e pelo amor dedicado.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, acreditam e me incentivam a correr atrás dos meus sonhos e ideais.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos certos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades além de me propiciar tantas oportunidades de estudos e por colocar em meu caminho pessoas amigas e preciosas.

A MINHA FAMÍLIA, especialmente ao Clarence e minha mãe Marli pelo carinho, paciência e incentivo. Aos meus irmãos e parentes que, mesmo estando a alguns quilômetros de distância, se mantiveram incansáveis em suas manifestações de apoio e carinho.

AOS AMIGOS de Mestrado que compartilharam comigo esses momentos de aprendizado, especialmente ao Anderson pelo incentivo, força e apoio e ao “cantinho feliz” (Anderson, Cecília, Eliane e Fellipe). Rimos, choramos e nos ajudamos mutuamente. Aos amigos da vida que mesmo seguindo caminhos diversos, sempre se fizeram presentes com lembranças, palavras de encorajamento e amor.

A MEU ORIENTADOR, Joel, um agradecimento especial por todos os momentos de paciência, compreensão, carinho, incentivo e competência.

A TODOS OS PARTICIPANTES desse estudo, setor de meio ambiente, Saúde e Segurança do trabalho da empresa em estudo. Em especial a professora Adelaide (UFMG) que sempre me incentivou com seu carinho e atenção.

AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFSC e ao ICE pelos momentos partilhados e a todos os professores que fizeram parte desse caminho.

AOS MEUS COLEGAS de trabalho que participaram diretamente deste trabalho e me ajudaram em todos os momentos, em especial a organização que me permitiu a realização desse estudo dentro da empresa.

AOS MEUS ALUNOS pela amizade, força e incentivo. Aprendo cada dia mais, graças a vocês!

Hoje eu sei que o mais importante para mim é a aprendizagem. Aprender o que ainda não sei ainda. Ah! E como existem coisas a serem aprendidas! E por isso serei sempre uma aprendiz.

Eu creio que esta parte de agradecimentos é uma tarefa difícil, pois muitas vezes cometemos injustiças e por esquecimento não mencionamos nomes de pessoas que também contribuíram para o trabalho. Portanto o meu agradecimento a todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram para que este sonho pudesse ser realizado. Muito Obrigada a todos.

Epígrafe

“Sei que o meu trabalho é uma gota no oceano, mas sem ele, o oceano seria menor.”

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

OLIVEIRA, Mirian Cristina Reis de. **MANEJO E DESCARTE DE RESÍDUOS CONTENDO MERCÚRIO EM UMA MONTADORA DE VEÍCULOS**. 2012. 127 f. Dissertação (Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental). UFSC, Florianópolis.

Os resíduos oriundos de origem industrial, contendo metais pesados em sua composição, ao se acumularem no solo e nas plantas, apresentam o potencial de atingir a cadeia alimentar, trazendo como consequência maior, o comprometimento da saúde humana. Os controles da geração de resíduos nas indústrias despertaram um interesse aos ambientalistas, técnicos e a sociedade incentivada pelas ondas ambientalistas devido a essa pressão externa várias empresas passaram a implementar o Sistema de Gestão Ambiental que controla o efetivo da geração, armazenamento, tratamento, reciclagem e reutilização, transporte, recuperação e depósito de resíduos perigosos. Essas medidas são importantes para a saúde pública, a proteção do meio ambiente, manejo dos recursos naturais e desenvolvimento sustentável do negócio além do cumprimento da legislação que responsabiliza o gerador por todo o seu resíduo produzido. As avaliações da poluição por metal apontam o mercúrio como um dos mais significativos no monitoramento global de poluição antrópica segundo as suas características, tais como: toxidez; comportamento no meio ambiente no qual ele se retém nos sedimentos sendo incorporados na cadeia alimentar, sua extensa utilização nas indústrias, seus riscos e danos causados através do descarte incorretos, entre outros. A dissertação realiza a avaliação do manejo e descarte de resíduos contendo mercúrio em uma grande montadora de veículos com ênfase na minimização de impactos ambientais. Para o desenvolvimento do estudo foi realizada a identificação, na planta industrial, dos pontos de geração de resíduos contendo mercúrio, determinando-se volume, concentração e bem como suas características. Procedeu-se então, a avaliação das formas de descaracterização e tratamento de resíduos contendo mercúrio, disponíveis e utilizados, ambiental e economicamente viáveis para a empresa e para a sociedade. O levantamento dos aspectos legais envolvendo o gerenciamento de resíduos contendo mercúrio foi realizado através de uma extensa pesquisa bibliográfica, buscando sempre apresentar uma contribuição para a discussão de minimização de impactos ambientais no seu

descarte, assim também, como na gestão de resíduos contendo mercúrio dentro da empresa abrangendo a parte legal, minimização dos resíduos e o seu manejo correto com uma destinação final mais ecologicamente correta. A metodologia utilizada no trabalho será através de um estudo de caso descritivo e exploratório, investigação da literatura e legislação vigente. Espera-se que, com os resultados desta avaliação da geração de resíduos contendo mercúrio em sua composição, abrangendo os aspectos de manejo dos mesmos, aspectos legais envolvidos no processo de descaracterização e tratamento do mercúrio possa contribuir positivamente tanto para a empresa como para a sociedade, na busca de soluções na minimização dos impactos ambientais produzidos pelo descarte inadequado do mercúrio, bem como de alternativas ambientalmente viáveis para a redução na geração de resíduos desta natureza.

Palavras-chave: Resíduos Industriais; Mercúrio; Impactos Ambientais; Gerenciamento.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Mirian Cristina Reis. MANAGEMENT AND DISPOSAL OF WASTE CONTAINING MERCURY IN A VEHICLE ASSEMBLY. 2012. 127 f. Dissertation (Master's in Environmental Engineering). UFSC, Florianópolis.

Waste from industrial origin containing heavy metals in its composition, to accumulate in soils and plants, have the potential to reach the food chain, bringing greater consequence, impairment of human health. The controls of waste generation industries awakened an interest to environmentalists, specialists and society encouraged by environmentalists waves due to external pressure that many companies started to implement the Environmental Management System that controls the effective generation, storage, treatment, recycling and reuse , transport, recovery and disposal of hazardous waste. These measures are important for public health, environmental protection, natural resource management and sustainable development of the business beyond compliance blaming the generator for all your waste produced. Evaluations indicate pollution by metal mercury as one of the most significant global monitoring anthropogenic pollution according to their characteristics, such as toxicity, behavior in the environment in which he retains in sediment being incorporated into the food chain, their extensive use industries, its risks and damages caused by incorrect disposal, among others. The paper performs the assessment of the handling and disposal of mercury-containing waste in a large auto manufacturer with emphasis on minimizing environmental impacts. For the development of the study was the identification in the industrial plant, the points of generation of mercury-containing waste, determining volume and concentration as well as its features. We then performed the evaluation of forms of adulteration and treatment of waste containing mercury, used and available, environmentally and economically viable for the company and for society. The survey of legal issues involving the management of waste containing mercury was conducted through an extensive literature search, seeking always make a contribution to the discussion of minimizing environmental impacts at their disposal, so, as in the management of waste containing mercury within the company covering the cool part, minimization of waste and its proper handling with a more environmentally friendly disposal. The methodology will work through a case study descriptive and exploratory research literature

and law. It is hoped that the results of this evaluation of the generation of waste containing mercury in its composition, covering aspects of management of the same, legal aspects involved in adulteration and treatment of mercury can contribute positively to both the company and society , in seeking solutions to minimize the environmental impacts produced by improper disposal of mercury, as well as environmentally viable alternatives to reduce the generation of waste of this nature.

Keywords: Mercury, environmental impacts and Management.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Ciclo do mercúrio em ambientes naturais.....	23
FIGURA 2 Ciclo biogeoquímico do mercúrio adaptado para os sistemas lagunares.....	29
FIGURA 3 Ciclo biogeoquímico resumido do Hg na biosfera.....	30
FIGURA 4: Fluxograma de Scrap e reciclar em lâmpadas.....	33
FIGURA 5 Esquema do ciclo de intoxicação do meio ambiente pelo mercúrio.....	37
FIGURA 6 Frascos com mercúrio armazenados dentro da empresa....	67
FIGURA 7 Armazenamento do mercúrio nos vidros.....	67

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Propriedades do Mercúrio.....	18
QUADRO 2: Resumo sobre alternativas adequadas para o gerenciamento de resíduos que contém mercúrio.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABILUX – Associação Brasileira da Indústria de Iluminação;
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- ANTT – Agência Nacional Transporte Terrestre;
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária;
- CA – Certificado de Aprovação;
- CEPA – Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada;
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;
- CRLV – Certificado de Registro e Licenciamento Veicular;
- DMSA – Dimercaptosuccínico Acid;
- DMPS – 2,3-Dimercapto-1-Propanesulfonic Acid;
- EPI – Equipamento de Proteção Individual;
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis;
- INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia;
- ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Padronização);
- MMCO – Mercurialismo ou Hidrargirismo Metálico Crônico Ocupacional;
- MOPP – Movimentação Operacional de Produtos Perigosos;
- MTE – Ministério do Trabalho e Emprego;
- MTR – Manifesto de Transporte de Resíduo;

NBR – Norma Brasileira;

NR – Norma Regulamentadora;

OMS – Organização Mundial de Saúde;

PDCA – *Plan, Do, Check and Act* (Planejar, Executar, Verificar e Agir);

PGRSS – Programa de Gerenciamento de Resíduo Sólido de Saúde;

QM – Quociente de Memória;

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada;

RNTRC – Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas;

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável;

SESI – Serviço Social da Indústria;

SGA – Sistema de Gestão Ambiental;

SISI – *Short Increment Sensitivity Index* (Teste de Sensibilidade Auditiva);

SNC – Sistema Nervoso Central;

TGO – Transaminase Glutâmica Oxalacética;

TGP – Transaminase Glutâmica Pirúvica;

USEPA – *United States Environmental Protection Agency* (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos);

SUMÁRIO

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO	17
1.1 Problemática	22
1.2 Objetivo Geral	24
<i>1.2.1 Objetivos específicos</i>	24
1.3 Justificativa	24
1.4 Desenvolvimento da Pesquisa	25
CAPÍTULO II REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1 Elemento Mercúrio: conceituação	27
2.2 Utilizações do mercúrio	30
2.3 Impactos ambientais e na saúde	35
2.4 Impactos Ocupacionais	39
2.5 Medidas Preventivas de Contaminação	45
2.6 Resíduos: Manejo e Descarte	46
2.7 Legislação	53
CAPÍTULO III METODOLOGIA	61
3.1 Análise dos dados	63
CAPÍTULO IV ESTUDO DE CASO	65
4.1 Manejo e Descarte do resíduo	65
4.2 Primeiro Impacto – Medida mitigadora	67
CAPÍTULO V CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ESTUDO DE CASO	77
CAPÍTULO VI CONCLUSÕES	83
REFERENCIAS	84
ANEXO	95

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

No início da história humana, as ações realizadas pelo homem, apresentavam uma pequena influência sobre o meio em que vivia, porém, com o domínio das técnicas de agricultura e tecnologias para produção em escala industrial, trouxe consigo a melhoria da qualidade de vida e, em consequência, impactos mais significativos ao ambiente. (COSTA, 2010).

Esturari (2005), falando de tal desenvolvimento, acrescenta ainda que, a indústria em seus primórdios, pouco se importou com a degradação do meio ambiente, e que este era simplesmente tratado como um mero fornecedor de recursos naturais.

Para Aguiar et al. (2002) citados por Santos (2009), lembram que os resíduos oriundos das atividades humanas, destacadamente os de origem industrial, contendo metais pesados em sua composição, ao se acumularem no solo e nas plantas, apresentam o potencial de atingir a cadeia alimentar, trazendo como consequência maior, o comprometimento da saúde humana.

Santos (2009) cita Filgueira (2007) ao mencionar que o conceito de metais pesados é usado para classificar os metais poluentes do meio ambiente, ou seja, aqueles elementos químicos que possuem peso específico maior do que 5 g/cm^3 ou número atômico maior do que 20, desta forma, englobando metais, semi-metais e mesmo os não metais, como é o caso do selênio. Os metais pesados são reativos e bioacumuláveis, definidos como um grupo de elementos situados entre o cobre e o chumbo na tabela periódica. Além disso, o mercúrio, chumbo e cádmio não possuem nenhuma função nos organismos vivos, e sua acumulação pode provocar doenças graves principalmente nos mamíferos.

A massa terrestre e o seu processo geotérmico são fontes naturais do mercúrio, que pode ser encontrado em todos os lugares: no ar, água, solo, rochas, sedimentos, plantas, animais e homem sendo originado de fontes naturais e parte de poluição industrial ou a partir da agricultura, causando danos a vida aquática, aos animais e ao homem. (DALMASO *et al*, 2004).

PROPRIEDADE	VALOR	PROPRIEDADE	VALOR
1. Classificação Periódica	Grupo II B	11. Condutibilidade Térmica	0,0196 cal/cm ² /cm/°C/s (20°)
2. Número Atômico	80	12. Potencial de Oxidação	Hg Hg+2 + 2e- -0,788 V
3. Massa Atômica	200,59	13. No de Valência	1, 2
4. Isótopos Naturais	196, 198, 199, 200, 201, 202, 204	14. Equivalente Eletroquímico	3,7420 g/A.H
5. Densidade	13,546g/cm ³ (20°)	15. Raio Iônico	(Hg+2) 1.10 Å
6. Ponto de Fusão	-38,87°C	16. Potencial de Elétron de Valência	26,18
7. Ponto de Ebulição	356,58°C	17. Elétrons de Valência	6s ²
8. Calor Latente de Fusão	2,8cal/g	18. Forma Cristalina	Romboédrica
9. Calor Específico	0,03325cal/g/°C (20°)	19. Secção Nuclear de Choque	360 barns
10. Potencial de Ionização	10,43 eV	20. Pressão de Vapor	261,7°C

Quadro 1: Propriedades do Mercúrio
Fonte: Olivares, 2003 *apud* Costa e Rohlf's, 2009.

Na década de 80, o mercúrio ainda não era produzido no Brasil, sendo importado até o ano de 1989 principalmente do México em um quantitativo aproximado de 340 toneladas. É importante ressaltar que até o ano de 1984, esse consumo era de 160 toneladas, e teve seu aumento principalmente relacionado a necessidade do mercúrio devido a exploração de ouro na região Norte do país. (LACERDA, 1997).

A contaminação ambiental por metais pesados, desde a década de 70 tem sido uma preocupação da comunidade científica, devido aos severos danos provocados à saúde humana bem como ao ambiente. Devido as técnicas rudimentares aplicadas no beneficiamento do mercúrio nas áreas de mineração artesanal de ouro, amalgamação e concentração gravítica, as emissões antropogênicas de mercúrio têm sido lançadas para a atmosfera, e posteriormente depositadas sobre a superfície dos solos ou sedimentos continentais. (KIM *et al*, 1995 *apud* CÉSAR *et al*, 2008).

Segundo Marins *et al*, 2004, o mercúrio tem como principais emissões antropogênicas descargas difusas associadas à produção de energia, tendo como exemplo a combustão de carvão e derivados de petróleo, ou queima de resíduo, principalmente do resíduo hospitalar; de efluentes ou resíduos nas antigas plantas eletroquímicas que produziam cloro-soda; despejo inadequado de rejeitos provenientes de indústrias químicas, petroquímicas, de mineração e aplicação de agroquímicos. As

fontes geogênicas de contaminação comumente podem estar relacionadas à presença de depósitos hidrotermais, e ao intemperismo de rochas sulfetadas contendo elementos metálicos. Outra fonte geológica de considerável importância são as erupções vulcânicas, capazes de liberar altas quantidades de metais para a atmosfera.

O processo de mineração libera concentrações significativas do mercúrio na forma metálica para rios e solos, além dos rejeitos que são deixados a céu aberto. É utilizado no garimpo para separar as partículas finas de ouro através da amalgamação e posterior separação gravimétrica. O amalgama separado é então queimado, liberando grandes quantidades de mercúrio para a atmosfera, além do processo de purificação do ouro em altas temperaturas que também contribui com a contaminação dos ambientes de trabalho. Estudos realizados sobre os garimpos no Brasil concluem que a emissão de mercúrio para a atmosfera é bem mais representativo do que a emissão para solos e rios, variando geralmente de 65% a 83% da emissão total. A produção anual de ouro por garimpos variou de 80 a 200 toneladas anuais na década de 90 e resultou numa emissão total de mercúrio da ordem de 100 a 260 toneladas para o meio ambiente. (LACERDA, 1997).

As avaliações da poluição por metal apontam o mercúrio como um dos mais significativos no monitoramento global de poluição antrópica segundo as suas características, tais como: toxidez; comportamento no meio ambiente no qual ele se retém nos sedimentos sendo incorporados na cadeia alimentar, sua extensa utilização nas indústrias, seus riscos e danos causados através do descarte incorretos, entre outros. (MARINS *et al*, 2004).

A produção de cloro e soda era a responsável por mais de 80% do consumo de mercúrio no Brasil. Porém, o consumo industrial de mercúrio diminuiu devido a uma legislação de controle mais eficiente que resultou no banimento do uso de mercúrio em certos setores como defensivo agrícola, na substituição de tecnologias (células de mercúrio na indústria de cloro-soda), e no controle mais eficiente de efluentes industriais. (LACERDA, 1997).

O estudo preliminar do Regime jurídico do Mercúrio no Brasil impresso em Curitiba (2010) realizou uma síntese das legislações sobre o mercúrio no Brasil e relata que o Decreto Federal nº 97.634/1989 estabelece o registro obrigatório dos importadores, produtores e comerciantes como uma condição prévia para o desempenho das atividades relacionadas com mercúrio no país. Já a Portaria IBAMA nº 32/1995 estabelece os pormenores do registro e a obrigação de

notificação prévia para importações de mercúrio metálico. (SOHN, NYCZ, 2010)

O Decreto Legislativo nº 197/2004 aprova a Convenção de Roterdã no Brasil, ratificada pelo Decreto nº 5360/2005, e a Instrução Normativa IBAMA nº 02/2000 estabelece regras para o controle das pilhas e baterias contendo mercúrio. A respeito do transporte interno de substâncias perigosas existe apenas uma regra geral sobre movimentação nacional de substâncias perigosas da ANTT (Resolução nº 420/2004) que menciona o mercúrio como parte de uma longa lista de substâncias.

Devido o desenvolvimento, crescimento e a diversificação industrial do Brasil, a partir da década de 50, o consumo de mercúrio voltou a crescer e teve como consequência uma diversificação de usos do mercúrio no país destacando-se agora na área industrial, como na indústria eletroeletrônica (lâmpadas fluorescentes, baterias), indústria de tintas e outras indústrias químicas, como também na produção de chapéus de feltro, equipamentos médicos e ambientais, refinarias de petróleo, amálgamas, indústria de papel e de cloroálcalis. (AZEVEDO, 2004).

Uma grande preocupação com o mercúrio nessas atividades industriais é a liberação do mesmo do processo industrial junto ao produto final, de modo que, o seu destino final será provavelmente aterros sanitários ou depósitos de resíduos sólidos, na maioria das vezes, despreparados para recebê-los. (LACERDA, 1997).

McBride (1995) lembra ainda que, nestes processos industriais, o descarte inadequado dos resíduos e subprodutos do processo industrial contendo concentrações de mercúrio, sem qualquer descaracterização dos mesmos, aumenta a possibilidade de contaminação e acumulação na cadeia alimentar, pois os mesmos não são degradados de forma natural (biológica ou quimicamente) principalmente em sedimentos aquáticos e ambientes terrestres, tornando-se ainda mais perigosos quando interagem com alguns componentes do solo.

Sabe-se ainda que o mercúrio é um metal que se acumula na maioria dos organismos, não sendo essencial a qualquer processo metabólico. O seu ciclo biogeoquímico tem uma natureza trifásica, com seus processos ocorrendo na terra, no mar e na atmosfera. Para a avaliação de toxicidade desse metal é preciso que se conheçam todas as suas espécies, sendo que os compostos organomercuriais, como metil, etil e dimetil mercúrio, são de alta toxicidade para o ser humano. Além disso, as ligações alquil de cadeia curta são facilmente absorvidas, mal

metabolizadas e têm um longo tempo de permanência no corpo. (WINDMOLLER *et al*, 2007).

O estudo do mercúrio utilizado em uma montadora de veículos e, conseqüentemente o manejo e descarte dos resíduos contendo mercúrio em sua composição, fez-se importante devido a sua toxicidade amplamente conhecida, bem como pela variedade de fontes antropogênicas e severos danos potenciais à saúde humana e ambiental, assim também como pela dificuldade de tratamento desse resíduo produzido na empresa.

A empresa em estudo é uma multinacional, montadora de veículos localizada na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, atuante no mercado brasileiro há bem mais de 35 anos. A planta da empresa é constituída por linhas de produção do modelo clássico de organização do trabalho desenvolvido por Henry Ford, na década de 20, mas ao mesmo tempo, com flexibilidade para atender a produtividade e a qualidade de seus produtos. Sua produção é realizada através do método de gestão de produção conhecido como “*Just in time*” e controle de mercadorias que procura minimizar o nível de estoque nos armazéns das indústrias.

A presença do elemento mercúrio na área de estudo, se dá prioritariamente nos resíduos de lâmpadas fluorescentes queimadas utilizadas em toda a sua estrutura física, no amálgama dentário utilizados nos três consultórios odontológicos dentro da planta física da fábrica, e do resíduo de mercúrio dos barômetros que até o ano 2000 era de coluna de mercúrio e utilizado para medir a pressão barométrica do motor e, hoje, encontra-se estocado no Laboratório de Materiais. Devido a sua toxicidade esses resíduos não podem ser descartados de qualquer forma, pois se transformarão em um grande problema na saúde das pessoas e no meio ambiente.

Diante do cenário apresentado, faz-se necessária uma maior abordagem no uso correto do mercúrio e na destinação correta dos produtos que o utilizam, a fim de dar-lhes a disposição final adequada.

Além disso, a empresa em estudo trabalha com a melhoria contínua do seu Sistema de Gestão Ambiental através de uma administração por resultados no qual tem como objetivo avaliar continuamente o desempenho ambiental da organização. Existe ainda uma preocupação constante com o uso racional dos recursos naturais, a coleta seletiva dos resíduos sólidos para aplicabilidade de reciclagem, bem como um tratamento adequado dos resíduos e efluentes. A empresa também avalia o ciclo de vida dos seus produtos desde o projeto até a

entrega final para o seu cliente, bem como sua utilização na sociedade em prol da redução dos impactos no meio ambiente.

O estudo contempla uma abordagem dos aspectos ambientais e legais no uso do mercúrio e seu ciclo de vida, levando-se também em consideração os impactos ambientais e na saúde dos trabalhadores, além das medidas mitigadoras do uso do mercúrio na indústria automobilística. A pesquisa bibliográfica realizada para o trabalho forneceu considerações teóricas para a estruturação do trabalho possibilitando fazer um comparativo, direto com a realidade prática vivenciada na empresa.

1.1 Problemática

O mercúrio é retirado principalmente do Cenóbio, que contém 86% de mercúrio e é explorado desde os tempos do Império Romano. Além disso, pode ser encontrado no ambiente associado a outros elementos tais como: o enxofre que juntos forma o minério cinabre (HgS), composto de cor vermelha ou preta, cujas maiores reservas encontram-se na Espanha (Almaden) e na Itália. O mercúrio metálico é obtido por aquecimento do cinabre seguido de condensação. Sendo assim o solo é a interface entre a atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera (WINDMOLLER *et al*, 2007).

Os solos possuem uma elevada capacidade de reter e armazenar mercúrio, principalmente os solos argilosos, devido à forte associação deste com o carbono, formando um complexo com o material orgânico (como exemplos os ácidos húmicos e fúlvicos), podendo este acúmulo persistir por muitos anos. A quantidade de mercúrio acumulada dependerá da história de deposição, da idade e das características do solo. (MICARONI *et al*, 2010).

A figura 1 apresenta o ciclo do mercúrio em ambientes naturais.

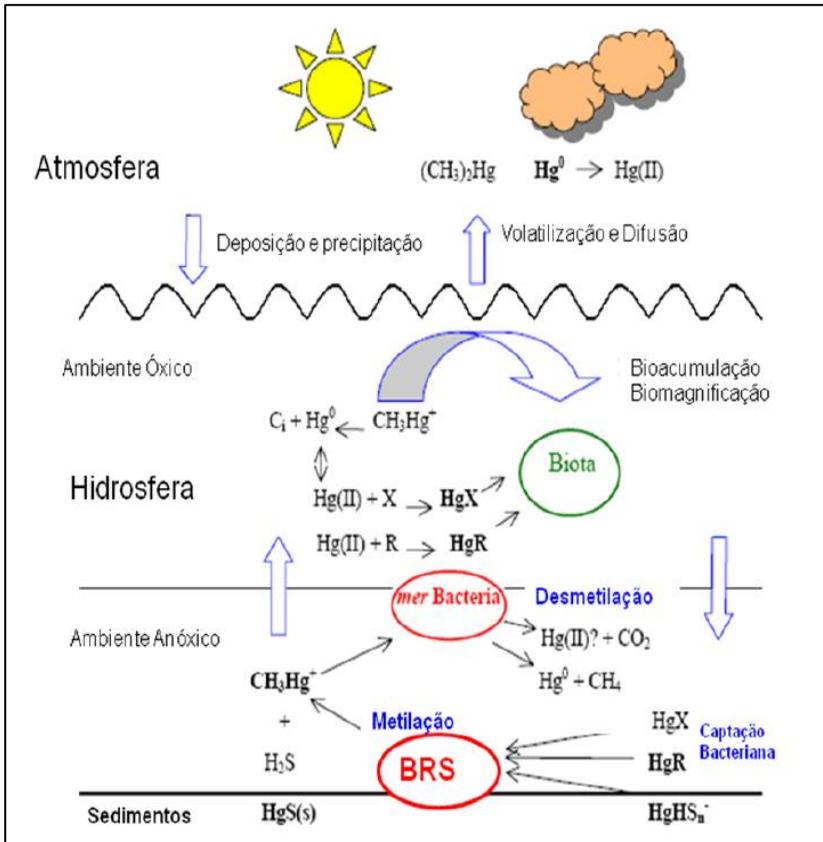


Figura 1: Ciclo do mercúrio em ambientes naturais
 Fonte: Adaptado de Barrocas, 2004 apud Costa, 2010.

As globalizações mundiais, juntamente com aumento de produtos que possuem em sua composição o elemento mercúrio, geraram a necessidade de investimentos e alternativas ambientais corretas e sustentáveis. Diante desse cenário, as questões que nortearam a necessidade do estudo são:

1. Qual é a melhor alternativa para a descaracterização do mercúrio nos processos da indústria?
2. É possível substituir o mercúrio em todos os produtos?

1.2 Objetivo Geral

Avaliar o manejo e descarte de resíduos contendo mercúrio em sua composição dentro de uma montadora de veículos na Grande Belo Horizonte, em Minas Gerais.

1.2.1 Objetivos específicos

1. Identificar, na planta industrial, os pontos de produção de resíduos contendo mercúrio, determinando-se volume, concentração e características;
2. Avaliar as formas de descaracterização, manejo e tratamento de resíduos contendo mercúrio;
3. Efetuar um levantamento dos aspectos legais envolvendo o gerenciamento de resíduos contendo mercúrio;
4. Avaliar a possibilidade de substituição do mercúrio em todos os processos e legislação vigente priorizando a minimização de impactos.

1.3 Justificativa

O consumo de mercúrio na indústria automobilística pode ser identificado tanto na linha de produção, como quanto nos postos odontológicos instalados na planta fabril, assim como também em lâmpadas fluorescentes utilizadas em sua infraestrutura. Devido à falta de empresas legalizadas no mercado e destinadas ao tratamento correto e/ou a descaracterização dos resíduos contendo mercúrio, a opção encontrada tem sido o armazenamento dos resíduos em galões com água, estocados em um laboratório químico do setor de pintura da fábrica.

Os resíduos das lâmpadas fluorescentes queimadas e trocadas na fábrica são destinadas a uma empresa especializada na descaracterização do mercúrio e na reciclagem dos outros produtos, tais como o vidro, o metal entre outros encontrados na lâmpada.

As responsabilidades na segregação correta dos resíduos contendo mercúrio são realizadas de forma compartilhada pelos setores geradores e a equipe de gestão da ISO 14001. A empresa em estudo foi a primeira montadora de veículos de Minas Gerais a ter certificado o seu Sistema de Gestão Ambiental (SGA), baseada na norma NBR ISO

14.001, que valorizam a avaliação do desempenho e a melhoria contínua do seu processo.

A norma ISO 14001 divulgada no Brasil, pela versão em português da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como Norma Brasileira (NBR) ISO 14001, é um modelo de sistema de gerenciamento ambiental amparado pelos parâmetros do conceito – “*Plan, Do, Check, Act*” (PDCA) – Planejar, Executar, Verificar e Agir – tendo como objetivo um plano de gestão ambiental claro e metas definidas a fim de cumprir a legislação vigente em nível federal, estadual e municipal; monitoramento e garantia de ações corretivas em desvios ocorridos; além de medidas de melhoria contínua dos processos tendo como consequência a redução dos resíduos gerados e melhores práticas ambientais a fim de evitar ou minimizar os impactos. (ESTURARI, 2005).

Desta forma, os processos, bem como os produtos da empresa, passam por constantes aprimoramentos tecnológicos e modificações devido às necessidades dos clientes internos e externos além de garantir um destaque no mercado competitivo e globalizado. A gestão ambiental da empresa é primordial e realiza o monitoramento constante dos aspectos e impactos ambientais nos seus processos, a fim de se evitar surpresas e garantir a sustentabilidade do seu negócio.

1.4 Desenvolvimento da Pesquisa

O estudo foi dividido em duas partes, sendo a primeira uma revisão bibliográfica a fim de levantar os riscos ambientais e ocupacionais do mercúrio, formas de descaracterização e tratamento de resíduos contendo mercúrio em sua composição. A segunda parte do estudo consistiu em um trabalho de campo, exploratório, desenvolvido em uma montadora de veículos, onde os resíduos de mercúrio gerados em sua planta foram identificados. O trabalho foi descrito em 6 capítulos.

CAPÍTULO II

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Elemento Mercúrio: conceituação

O mercúrio é um metal explorado pelas civilizações antigas e um dos primeiros elementos a ser estudado na alquimia. O símbolo químico do mercúrio é Hg devido a sua origem nominal que vem do grego, *hydro* que significa água e *argyros*, o nome grego da prata sendo então latinizado com o nome *hidrargirium*. O mercúrio é encontrado no meio ambiente associado a outros elementos sendo que o mais comum é o enxofre, com quem forma o minério cinábrio (HgS). O mercúrio é obtido pela combustão do sulfeto (HgS) ao ar livre e possui características tais como boa condutividade elétrica, ser insolúvel em água e solúvel em ácido nítrico. É um produto perigoso quando inalado, ingerido ou em contato dérmico, causando irritação na pele, olhos e vias respiratórias. É compatível com o ácido nítrico concentrado, acetileno, amoníaco, cloro e com outros ametais. (BRASIL, 2006)

O mercúrio (Hg) é um metal de cor branca prateado, inodoro, com baixo ponto de fusão (-38,87°C) e de fácil volatilização. Na natureza é encontrado em três formas: mercúrio metálico, sais inorgânicos de mercúrio e mercúrio orgânico, que se diferem pelos aspectos toxicológicos de absorção, transporte e excreção (do metal). O mercúrio não faz parte da constituição normal do organismo dos seres vivos e também não desempenha funções nutricionais ou bioquímicas, sendo assim, quando absorvido de forma continuada, independente da concentração, representa um grave risco para o homem e para os seres vivos em geral devido ao seu efeito cumulativo pode ocasionar perturbação crônica e progressiva das funções metabólicas e celulares dos indivíduos que a ele estão expostos. (ATSDR, 1999; AZEVEDO *et al*, 2003; JESUS; MARINHA; MOREIRA, 2010).

Este metal se acumula em ambientes restritos, ácidos, redutores e com muita matéria orgânica, como pântanos e fundo de mares e lagos independente de sua forma química. Além disso, esse metal possui características geoquímicas muito particulares tais como: calcófilo, moderadamente móvel em ambientes oxidantes e imóvel em redutores e

em ambiente superficiais podem estar vinculadas a fontes geológicas (emanações vulcânicas, mineralizações sulfatadas e rochas sedimentares carbonosas ou petróleo) ou a ações antrópicas (fundições, emissões industriais e garimpos de ouro). (SANTOS *et al*, 2003).

Devido a sua característica volátil (a partir de 12°C), o mercúrio tem uma grande capacidade de se acumular ao longo da cadeia alimentar, processo esse conhecido como biomagnificação. Além disso, a capacidade de liberar vapor metálico inodoro e incolor faz com que ele possua um alto risco de ser inalado sem que a pessoa perceba. (UNEP, 2007 *apud* JÚNIOR e WINDMOLLER, 2008).

É uma substância tóxica principalmente para os indivíduos ocupacionalmente expostos e por esse motivo o mercúrio foi a primeira substância química a ser submetida a uma legislação para controle da exposição ocupacional, além de estar na lista elaborada pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA) que relaciona os poluentes atmosféricos de maior risco para a saúde humana. (SCHHUTE *et al*, 1994 *apud* JESUS; MARINHA; MOREIRA, 2010).

O mercúrio é classificado como substância perigosa para o meio ambiente, seres humanos e com grau máximo de insalubridade para o trabalhador a ele exposto através das normas regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho e Emprego e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBRs). (BRASIL, 1978; GRIGOLETTO *et al*, 2008; OIKAWA *et al*, 2007; PERNAMBUCO, 2001 *apud* JESUS; MARINHA; MOREIRA, 2010).

Conforme o estudo de Plastina (2009) há dois ciclos de transporte e distribuição de mercúrio para o meio ambiente: global e local. O ciclo global compreende as fontes naturais e o ciclo local as fontes antrópicas, conforme destacado a seguir:

- Ciclo Global (fontes naturais): Erupções vulcânicas, de gaseificação da crosta terrestre, erosão e dissolução das rochas e a evasão oceânica. Os mais importantes minérios naturais de Hg são o cinábrio (HgS vermelho) e o metacinábrio (HgS preto), porém são encontrados em poucos lugares da superfície terrestre. (EPA, 1993 *apud* PLASTINA, 2009).
- Ciclo Local (fontes antrópicas): Combustão de carvão, produção de cloro soda, atividades de mineração, fundição, garimpo, incineração de resíduo hospitalar, combustão de resíduo doméstico, combustão de derivados de

petróleo e o uso de tintas. (EPA, 1993 *apud* PLASTINA, 2009).

A figura 2 mostra-se o ciclo biogeoquímico do mercúrio adaptado para os sistemas lagunares com os principais mecanismos de trocas envolvidos.

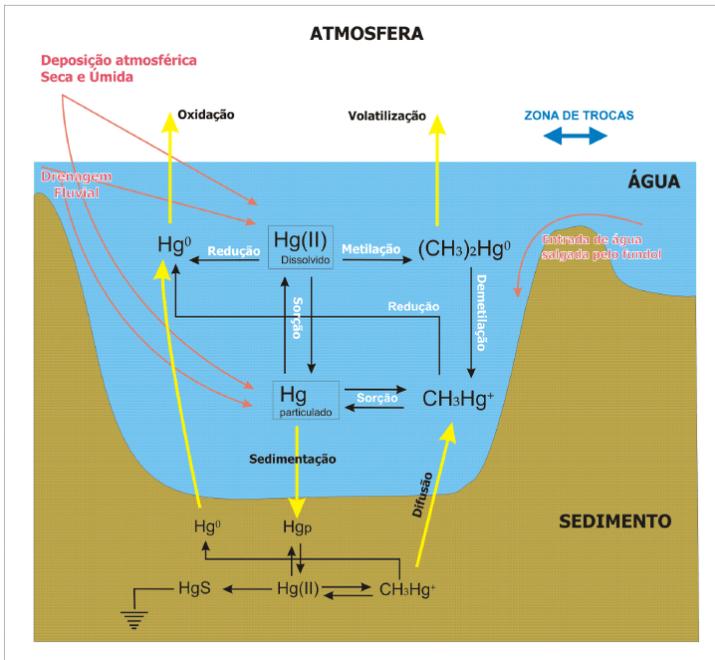


Figura 2: Ciclo biogeoquímico do mercúrio nos sistemas lagunares.

Fonte: Adaptado de Lacerda, 1997; Paraquetti, 2005 *apud* Plastina, 2009.

O mercúrio é conhecido pela sua alta toxicidade e devido às suas propriedades físico-químicas se difere das outras formas de metal pesado, por exemplo, por sua forma líquida em temperatura ambiente. Faz parte da mesma família do Zn e Cd (família 12 da tabela periódica), o Hg possui elevado peso (80) e número atômico (200,59). Seu cátion divalente é caracterizado por grande raio iônico e sua configuração eletrônica é $4f^{14}5d^{10}6s^2$. Seu ponto de fusão é de $-38,4^{\circ}C$ e uma temperatura de ebulição de $357^{\circ}C$. Possui uma baixa resistividade elétrica, elevada tensão superficial e condutividade térmica, além de uma uniforme expansão de volume ao longo da gama líquida. A

concentração de vapor de Hg depende da temperatura, variando, por exemplo, de 5,5 mg. m⁻³ a 10 °C a cerca de 72 mg.m⁻³ a 100°C, sendo bastante volátil com o aumento da temperatura ambiente. (JACKSON, 1998 *apud* DINIZ, 2010).

O ciclo biogeoquímico de um elemento químico demonstra como ele é absorvido e reciclado por componentes bióticos (seres vivos) e abióticos (ar, água, solo) da biosfera, e às vezes pode se acumular durante um longo período de tempo em um mesmo lugar. É através desse ciclo que os elementos químicos e compostos químicos são transferidos entre os organismos e, globalmente, entre diferentes locais do planeta. A avaliação do ciclo contribui para a identificação de potenciais impactos ambientais causados pela introdução de substâncias potencialmente perigosas nos diversos ecossistemas. (Ministério do Meio Ambiente - Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde 2010).

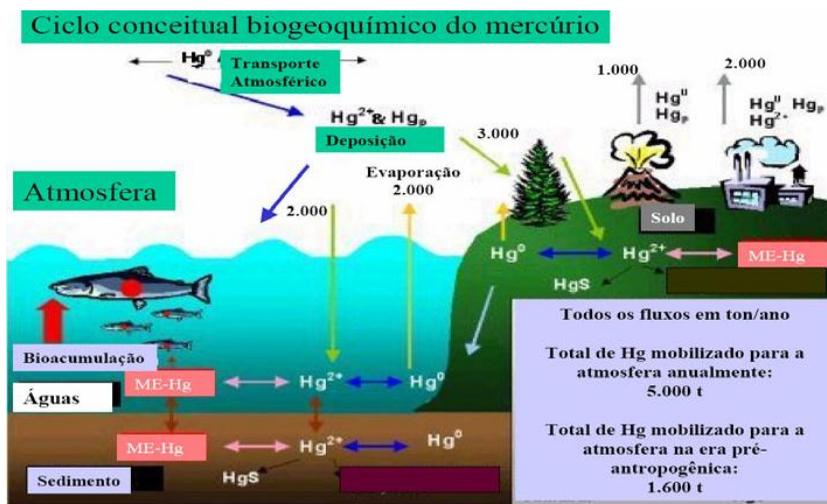


Figura 3: Ciclo biogeoquímico resumido do Hg na biosfera.

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2010

2.2 Utilizações do mercúrio

O mercúrio é utilizado em várias formas dentro do nosso cotidiano, sendo suas principais utilidades: iluminação através das lâmpadas fluorescentes (tubulares e compactas) e lâmpadas de descarga (mista, vapor de mercúrio, vapor de sódio, vapor metálico), no

amalgama, na fabricação de químicos e aplicações eletro-eletrônico. O mercúrio é um metal encontrado em mais de 10.000 produtos diferentes, como lâmpadas fluorescentes, baterias, telas de televisores e computador, resíduos militares, químicos, dentários e médicos, termômetros, filtros, relays, retificadores, manômetros, etc. (CLARO; ITO; BASTOS e RIBEIRO 2003; JÚNIOR e WINDMOLLER 2008; MICARONI; BUENO e JARDIM, 2000).

A lâmpada fluorescente foi inventada em 1938 e o seu nome técnico era lâmpada de mercúrio de baixa pressão. Atualmente essa lâmpada é responsável por 70% da luz artificial presente no mundo, no Brasil elas são provenientes de importadores associados da ABILUX (Associação Brasileira da Indústria de Iluminação) ou independentes. Entre os associados estão Dynacom, Fujilux, General Electric, Osram, Philips, Sadokin e Sylvania. (NAIME e GARCIA, 2004).

As lâmpadas fluorescentes funcionam através de uma descarga no gás do interior do tubo, levando os elétrons do gás a colidir com os átomos de Mercúrio. Assim, a energia ultravioleta, gerada pelo vapor de mercúrio em um gás inerte à baixa pressão, ativa uma camada de material fluorescente, constituída por fósforo, colocada na parede interna do tubo de vidro, que converte a radiação ultravioleta em luz visível. (NAIME e GARCIA, 2004).

As lâmpadas constituídas de mercúrio apresentam vantagens sobre as que não o contêm, ou seja, têm eficiência luminosa de 3 a 6 vezes superior, têm vida útil de 4 a 15 vezes mais longa e 80% de redução de consumo de energia em relação a lâmpada comum. (ABILUX, 2005 *apud* JÚNIOR e WINDMOLLER, 2008).

Portanto essas lâmpadas geram menos resíduos e reduzem o consumo de recursos naturais para a iluminação, diminuindo dependência da termoeletricidade, significativa economia doméstica, comercial e industrial, mas por outro lado é gerado um novo resíduo advindo das lâmpadas queimadas. O risco do mercúrio de uma única lâmpada é desprezível, mas quando consideramos o número de lâmpadas consumidas no Brasil enfrentamos um problema de impacto ambiental. (ABILUX, 2005 *apud* JÚNIOR e WINDMOLLER, 2008).

Marins, Paraquetti e Ayres (2002) afirmam que a intensidade da fluorescência da lâmpada é diretamente proporcional à quantidade de mercúrio presente na lâmpada. Atualmente a quantidade de mercúrio em uma lâmpada fluorescente de 40 W, segundo a U.S. EPA (*United States Environmental Protection Agency*) *apud* Júnior e Windmoller (2008) é

em média de 21mg, mas pode variar de acordo com o tipo de lâmpada, o fabricante e o ano de fabricação.

O tipo de mercúrio encontrado nas lâmpadas é aproximadamente composto de 0,2%, ou seja, 0,042 mg sob a forma de mercúrio elementar, no estado de vapor e o restante, 99,8% (20,958 mg) estão sob a forma de Hg^{2+} , adsorvido sobre a camada fosforosa e o vidro (JÚNIOR e WINDMOLLER, 2008).

Existem vários sistemas de reciclagem em operação em diversos países da Europa, EUA e Japão. No Brasil o processo mais utilizado na reciclagem das lâmpadas é constituído de duas fases, sendo a primeira chamada de fase preparatória, na qual, por meio de um processo físico, as lâmpadas são implodidas e quebradas em pequenos fragmentos e depois introduzidas em processadores que realizam a separação de gravimétricos e eletromagnéticos, latão, terminais de alumínio e pinos. Depois um sistema de exaustão permite separar a poeira fosforosa juntamente com a maioria do mercúrio. No final os resíduos das lâmpadas fluorescentes são separados em quatro grupos: os terminais de alumínio com seus componentes ferro-metálicos; o vidro; o pó de fósforo rico em mercúrio; e o isolamento baquelítico que existe nas extremidades das lâmpadas e é o único composto que não será reciclado. (JÚNIOR e WINDMOLLER, 2008).

A segunda fase é realizada através de um processo químico ou um processo térmico que tem como objetivo a recuperação do mercúrio contido no resíduo de pó de fósforo. No processo térmico, o material é aquecido a temperaturas muito altas (maiores que 600°C). O material desse processo é condensado e coletado em recipientes especiais ou decantadores e novamente passa por uma nova destilação para se removerem impurezas. Já no processo químico, ou lixiviação, o resíduo é tratado através de extração por um líquido e a solução final passa por outro tratamento para recuperar o mercúrio. Esse método de lixiviação é menos utilizado que o térmico devido suas desvantagens, ou seja, a complexidade do processo, a necessidade de diversas etapas, a utilização de reagentes químicos e, especialmente, a geração de efluentes que deverá passar por um tratamento adequado para serem descartados. Portanto as lâmpadas fluorescentes são consideradas um perigo ambiental devido a apresentarem um teor de mercúrio elevado que pode se espalhar no meio ambiente com o seu descarte inadequado. (JÚNIOR e WINDMOLLER, 2008).

A figura 4 mostra o fluxograma de reciclagem de lâmpadas fluorescentes evidenciando cada uma das etapas.

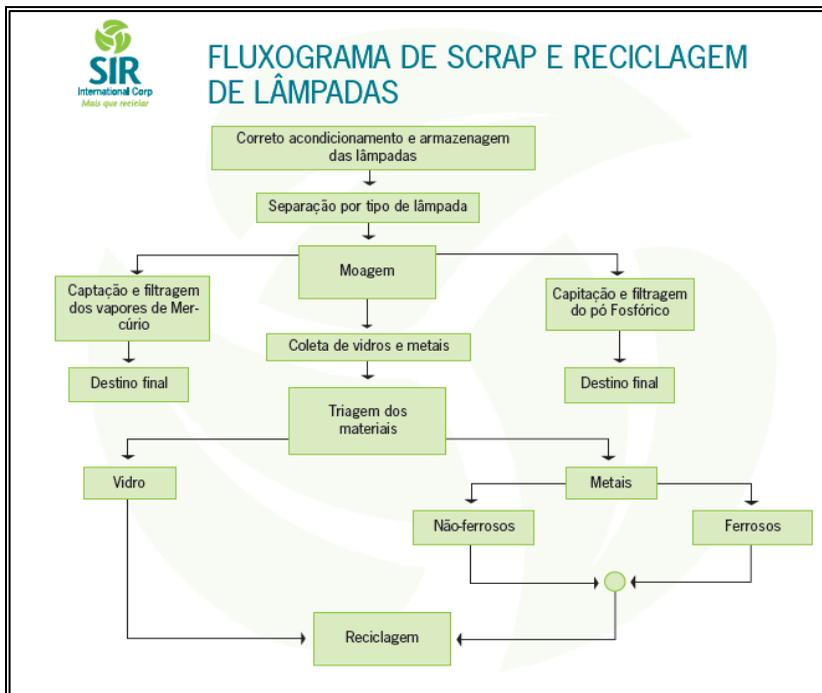


Figura 4: Fluxograma de Scrap e reciclagem de lâmpadas

Fonte: Apliquim, 2009 *apud* Ministério do Meio Ambiente - Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde, (2010).

O mercúrio também é utilizado no amálgama que é uma pasta prateada utilizada na odontologia em restaurações dentárias permanentes compostas de prata (Ag), estanho (Sn), mercúrio (Hg) e outros metais na qual a percentagem de mercúrio varia de 43 a 54%. Apesar dos pontos desfavoráveis, tais como alta toxicidade do mercúrio em sua forma metálica, de seu uso restrito ou proibido em alguns países e da estética desfavorável, o amálgama é muito utilizado em obturações diretas permanentes em dentes posteriores, como base para grandes restaurações e para a confecção de núcleos precursores de coroas metálicas devido às suas características físicas, mecânicas, durabilidade, baixo custo e facilidade de manuseio, resistência à corrosão e ao atrito. (ANUSAVICE, 2005; CARDOSO, 2001; CRAIG *et al*, 2006 *apud* JESUS; MARINHA e MOREIRA, 2010).

O descarte e o armazenamento incorreto dos resíduos de amálgama dentário é um risco de contaminação ambiental e exposição ocupacional. (JESUS; MARINHA e MOREIRA, 2010).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) são despejados anualmente aproximadamente 7,41 mil toneladas de mercúrio no meio ambiente na forma desse composto. Usualmente a recomendação é que os resíduos de amálgama sejam armazenado sem recipientes com água, solução fixadora de radiografia ou glicerina, sendo essa a mais eficiente na contenção da volatilização do mercúrio. (OMS, 2005 *apud* JESUS; MARINHA e MOREIRA, 2010).

Segundo Ferreira e Appel (1991) *apud* SESI Saúde (2009) cerca de 16 toneladas de mercúrio são utilizados em serviços odontológicos no Brasil anualmente sendo que 55% do amálgama preparado são perdidos e nem sempre descartados corretamente. Estudos demonstram que aproximadamente 8 toneladas de mercúrio são descartados no meio ambiente oriundos dos consultórios odontológicos.

Na Amazônia a garimpagem de ouro teve seu início no século XVIII, mas intensificou-se na década de 70 do século XX, devido à construção das rodovias Transamazônica e de Cuiabá-Santarém. Antes a atividade era manual e se localizava, tradicionalmente, nas planícies de inundação dos cursos de água, nos paleo-aluviões e, mais raramente, em aluviões ativas. Com o desenvolvimento da atividade máquinas passaram a ser utilizadas nos locais como nos rios Madeira e Tapajós, sendo realizada no próprio leito ativo das drenagens com a utilização de balsas e dragas agredindo o ecossistema aquático e contribuindo com o assoreamento do rio(SÁ *et al*, 2006).

O garimpo na Amazônia é um assunto polêmico devido à diversidade de questões sociais, políticas, econômicas e dos problemas ambientais gerados, com a utilização do mercúrio (Hg) no processo de extração e a emissão do mercúrio para o ambiente. O mercúrio pode ser liberado para o ambiente nas seguintes etapas: concentração dos sedimentos aluvionares, coluvionares, do fundo dos rios e durante o processo de incineração do amálgama realizada ao ar livre. (BRABO, E. S. *et al*, 1999).

Segundo Azevedo (2003) *apud* Sá *et al* (2006) são despejados anualmente na natureza cerca de 100 toneladas de mercúrio utilizados nos garimpos de ouro da Amazônia. Além disso, outras atividades que liberam o metal aumentaram nos últimos anos e contribuíram para a exposição ocupacional e ambiental ao mercúrio na região amazônica.

2.3 Impactos ambientais e na saúde

A exposição do homem ao mercúrio ocorre de forma ocupacional ou através do consumo de peixes, moluscos, entre outros organismos aquáticos. A Portaria 685, de 1998, do Ministério da Saúde do Brasil, fixou os “níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos” registrando, para o mercúrio, os valores de 0,5 mg/Kg para peixes e produtos da pesca (exceto predadores) e 1,0 mg/Kg para peixes predadores. (BOUDOU e RIBEYGRE, 1997; HSDN, 2000; USEPA, 1999 *apud* Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde, 2010).

O mercúrio causa danos à saúde principalmente ao sistema nervoso. Os danos ocorrem devidos aos compostos inorgânicos e orgânicos do mercúrio. Sendo que os compostos inorgânicos são dosados no sangue e urina e os orgânicos no cabelo. (GONÇALVES e GONÇALVES 2004).

Segundo Zavariz e Glina (1993), nos seres humanos, a principal fonte de contaminação com mercúrio é através da absorção do vapor de mercúrio por via pulmonar, através da inalação sendo que a porcentagem de retenção nos pulmões pode variar de 74 a 80%.

Raramente o mercúrio é encontrado livremente na natureza podendo ocorrer em diferentes espécies químicas com a solubilidade, reatividade e toxicidades distintas e podendo causar impactos no ecossistema e na saúde humana distribuída por toda crosta terrestre. Os principais efeitos da contaminação por mercúrio no ser humano são os problemas renais e neurotóxicos tendo como sinais e sintomas os tremores, depressão, insônia, dificuldade para concentração, fobias e diminuição da memória. Esses danos são causados devido à afinidade do mercúrio pelo grupo sulfidríla das proteínas que causa inativação enzimática e desestruturação proteica. Quando o enxofre está presente fazendo a ponte peptídica de proteínas, o mercúrio divalente substitui o átomo de hidrogênio para formar mercaptanos. Desse modo, mesmo em baixas concentrações no organismo, o mercúrio interfere no metabolismo e funções celulares (GIOVANELLA *et al* 2011).

O mercúrio é rapidamente difundido em todas as membranas alveolares do pulmão para o sangue (cerca de 80%), quando inalado, e distribuído para todo o organismo. No cérebro, o mercúrio metálico é oxidado ao cátion divalente e perde sua característica de lipossolubilidade, e o íon mercúrio fica armazenado nesse órgão, onde tem meia-vida de um ano. (ATSDR, 1999 *apud* JESUS, MARINHA e

MOREIRA, 2010). Portanto a exposição repetida, mesmo em baixas concentrações, é perigosa para as pessoas devido ao acúmulo no cérebro e aos danos às células nervosas.

Os vapores de mercúrio metálico e os compostos orgânicos podem afetar diferentes áreas do cérebro e suas funções associadas. Além disso, a alimentação é outra via importante de contaminação do metal principalmente para as populações ribeirinhas e indígenas no qual tem o pescado como principal fonte de alimentação. O grau de contaminação dos peixes depende de vários fatores, tais como sua idade, tamanho e posição na cadeia alimentar. (ZAVARIZ e GLINA 1993; TSALEV *et al.*, 1983 *apud* JESUS, MARINHA e MOREIRA, 2010).

Estudos demonstram que os órgãos mais prejudicados pelo mercúrio são os rins e o sistema Nervoso central (SNC). As doenças ‘mercurialismo’ ou ‘hidrargirismo’ ocorrem nos seres humanos devido a uma exposição crônica ao metal e que são manifestadas através de sintomas característicos: estomatites (gingivite, sialorreia e linha escura na gengiva marginal), eretismo (mudanças de comportamento e de personalidade: neurastenia, aumento de excitabilidade e irritabilidade, depressão, déficit de memória, delírios, alucinações, melancolia suicida, psicose maníaco depressiva) e tremores (ATSDR, 1999; SCHHUTE *et al*, 1994 *apud* JESUS, MARINHA e MOREIRA, 2010; ZAVARIZ e GLINA, 1993).

A maior parte do mercúrio (54 a 60%) nos rins se liga à proteína metalotioneína e se distribui nas células contribuindo para a bioacumulação do metal nesses órgãos e quando a capacidade satura ela contribui para a toxicidade renal. (ATSDR, 1999; SCHHUTE *et al*, 1994; TSALEV *et al*, 1983 *apud* JESUS; MARINHA e MOREIRA, 2010).

Alguns estudos demonstram que devido à lipossolubilidade do mercúrio esse metal é acumulado na placenta e nas membranas fetais de cirurgiãs-dentistas grávidas (GRIGOLETTO *et al*, 2008 *apud* JESUS; MARINHA e MOREIRA, 2010).

Além disso, o mercúrio pode se apresentar no leite materno devido à exposição de baixas doses e e causar na vida intrauterina do feto, ou logo após o nascimento, efeitos neuroteratogênicos, havendo déficit de inteligência, coordenação motora e outros problemas neurológicos nos produtos dessas gestações. (ATSDR, 1999; AZEVEDO *et al*, 2003; PERNAMBUCO 2001; TSALEV *et al*, 1983 *apud* JESUS, MARINHA e MOREIRA, 2010).

Segundo Micaroni, Bueno, Jardim (2000), o primeiro desastre ambiental de repercussão mundial do mercúrio ocorreu na Baía de Minamata, sudoeste do Japão por volta de 1953. O acidente ocorreu devido ao despejo do metilmercúrio no efluente que contaminou a água da vizinhança e a biota marinha chegando à cadeia alimentar através dos frutos do mar.

Conforme o estudo de Rybak (1992) *apud* Azevedo (2004), o estudo de mais de 80 % dos pacientes portadores de Doença de Minamata apresentavam perda auditiva. Em estágios iniciais e médios da intoxicação pelo mercúrio pode ocorrer a lesão coclear comprometendo a região apical da cóclea, enquanto em estágios mais avançados a perda auditiva provavelmente resulta de lesão neurológica. Entretanto em estágios avançados teríamos comprometimento retrococlear demonstrado através da Audiometria de Békesy e do teste de SISI (*Short Increment Sensitivity Index*). Em casos sérios de intoxicação pelo mercúrio, a perda auditiva pode ser profunda. (AZEVEDO 2004).

A figura 5 é sobre o ciclo de contaminação do mercúrio no meio ambiente.

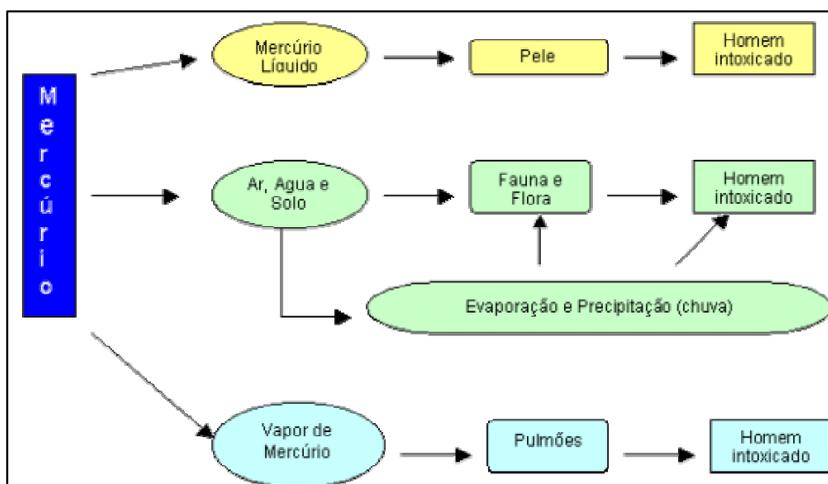


Figura 5: Esquema do ciclo de intoxicação do meio ambiente pelo mercúrio.

Fonte: DAMALSO *et al*, 2004

O resíduo de mercúrio quando despejado no meio ambiente sedimenta-se no fundo das águas e se transforma em outro composto mais tóxico, o metilmercúrio, através do processo realizado pelas bactérias processadoras de sulfato (SO_4), que liberam o composto na água, contaminando o plâncton que é consumido por peixes, que são pescados e comercializados, contaminando assim a espécie humana, entre outros. (MICARONI; BUENO e JARDIM, 2000 *apud* CLARO; ITO; BASTOS e RIBEIRO, 2003).

Em 1956 a “Doença de Minamata” foi oficialmente descoberta devido à hospitalização de uma pessoa com paralisia dos pés e mãos sendo que vários outros casos semelhantes estavam sendo acompanhados desde 1953, próximos à baía de Minamata. Além disso, o acidente foi responsável por mortes de peixes e mariscos, enquanto pássaros e gatos morriam violentamente com desordens nervosas. Esse acidente foi responsável pela mortalidade de cerca de 20% das pessoas contaminadas e os sobreviventes ficaram permanentemente incapacitados. A proporção exata deste acidente é incerta, uma vez que os números variam nas diversas fontes da literatura consultadas. (MICARONI; BUENO e JARDIM, 2000).

Claro *et al* (2003) ao realizarem um levantamento bibliográfico sobre a utilização do mercúrio em amalgama odontológico verificaram que:

- Stock (1935), o vapor do mercúrio liberado nas restaurações de amálgama é rapidamente absorvido pela mucosa das narinas e se depositam no cérebro;
- Frykholm (1957) concluiu que a quantidade de mercúrio no amálgama deve ser calculada para não causar dano à saúde do paciente;
- Wannag e Skjaerasen (1975) demonstraram em seu estudo que a exposição de dentistas grávidas ao mercúrio contribui para o acúmulo do metal na placenta e nas membranas fetais das mulheres sendo esses órgãos protetores do feto contra a exposição ao metal;
- Dodes (2001) concluiu que existem diversos erros lógicos e metodológicos nas pesquisas sobre os efeitos do amálgama odontológico para a saúde humana afirmando que é um material seguro para ser usado na odontologia, e que os cirurgiões-dentistas devem orientar seus pacientes e desmistificar o mito criado a esse material.

Diante deste cenário, os autores concluíram que a substituição do amalgama por restaurações de resinas fotopolimerizáveis nos dentes posteriores tem contribuído para a redução da utilização do mercúrio em odontologia, mas aumentou a contaminação ambiental através da água captada pelos sugadores e pelas bombas a vácuo dos consultórios odontológicos, misturada aos resíduos das restaurações removidas de amálgama que é despejada na rede de esgotos, indo até as estações de tratamento ou diretamente aos rios e aos oceanos.

O mercúrio metálico é um elemento tóxico quando não manipulado de forma adequada na odontologia e pode causar intoxicações severas e graves sequelas físicas e neurológicas e, até mesmo, a morte. Portanto a sua utilização na odontologia requer cuidados em sua manipulação, armazenagem de seus resíduos, bem como em seu despejo, visando à proteção de profissionais, estudantes, pacientes e do meio ambiente. A literatura não demonstra uma coerência e nem um consenso absoluto sobre os malefícios que o mercúrio presente nas restaurações de amálgama pode causar aos usuários.

Micaroni, Bueno e Jardim (2000) relatam que o uso de metilmercúrio nos fungicidas confirmou o risco do uso de mercúrio e acabou causando mais acidentes no Irã, Paquistão e Guatemala. O metilmercúrio liga-se aos grupos sulfidrilas existentes nas proteínas dos seres humanos e rapidamente se converte em um complexo protéico, mantendo grande mobilidade através dos tecidos animais. A lipossolubilidade dos compostos organomercuriais também facilita a sua passagem através dos tecidos. Estes compostos também podem ser absorvidos pela pele, e aproximadamente 100% (comparado com menos de 10% para compostos inorgânicos) pelo trato gastrointestinal.

Os principais sintomas associados à toxicidade por exposição ao mercúrio incluem tremor, vertigem, entorpecimento, dor de cabeça, cãibra, fraqueza, depressão, distúrbios visuais, dispnéia, tosse, inflamações gastrointestinais, queda de cabelo, náusea e vômitos. (MICARONI, BUENO e JARDIM, 2000; DALMASO, SOBREIRA, JÚNIOR e PEREIRA, 2004).

2.4 Impactos Ocupacionais

Segundo o Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde (2010) do Ministério do Meio Ambiente.

Os derramamentos de mercúrio em hospitais, clínicas e laboratórios expõem médicos, enfermeiros, pacientes e outros trabalhadores da saúde, ao mercúrio elementar. À temperatura ambiente, o mercúrio metálico (líquido), pode se transformar em vapor em quantidades significativas, expondo os trabalhadores ou os pacientes do local a níveis potencialmente altos de exposição. Estes vapores são aspirados sem que a pessoa perceba e entra no organismo através do sangue, instalando-se nos órgãos. (Ministério do Meio Ambiente - Manual de Gerenciamento dos resíduos de mercúrio nos serviços de saúde, p. 16, 2010).

A Lista de Doenças Relacionadas com o Trabalho, do Ministério da Saúde (elaborada em cumprimento da Lei 8.080/90 - inciso VII, parágrafo 3º do artigo 6º - disposta segundo a taxonomia, nomenclatura e codificação da CID-10) *apud* Ministério do Meio Ambiente - Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde 2010, as doenças ocupacionais relativas ao mercúrio e seus componentes tóxicos são:

- transtornos mentais decorrentes de lesão e disfunção cerebrais e de doença física (F06.-);
- transtornos de personalidade e de comportamento decorrentes de doença, lesão e de disfunção de personalidade (F07.-);
- transtorno mental orgânico ou sintomático não especificado (F09.-);
- episódios depressivos (F32.-);
- neurastenia (inclui “Síndrome de Fadiga”) (F48.0);
- ataxia cerebelosa (G11.1);
- outras formas especificadas de tremor (G25.2);
- transtorno extrapiramidal do movimento não especificado (G25.9);
- encefalopatia tóxica aguda (G92.1);
- encefalopatia tóxica crônica (G92.2);
- arritmias cardíacas (I49.-);
- gengivite crônica (K05.1);
- estomatite ulcerativa crônica (K12.1);
- dermatite alérgica de contato (L23.-);
- doença glomerular crônica (N03.-);

- nefropatia túbulo-intersticial induzida por metais pesados (N14.3) e
- efeitos tóxicos agudos (T57.1).

O mercúrio tem sua abreviatura do latim Hydrargyrum (prata líquida) Hg, e é um metal líquido tóxico usado muitos anos antes de Cristo pelos egípcios, fenícios, gregos e chineses para extração de ouro. Utilizado na alquimia e, por ser um metal prateado líquido, tinha um significado mágico e era conhecido como “mensageiro dos deuses”. É um metal tóxico devido às suas propriedades químicas (metálica, iônicas Hg⁺ Hg⁺⁺ e compostos orgânicos), elevada volatilidade e insolubilidade em água e lipídios facilitando a transposição através dos alvéolos pulmonares e da barreira hematoencefálica, fixação e lesão do sistema nervoso, grande reatividade com os grupos sulfidril, inibição de várias enzimas e ação autoimune. (FARIA, 2003).

Segundo Jesus, Marinha e Moreira (2010), as principais atividades ocupacionais no Brasil com risco de exposição ao mercúrio são a odontologia, garimpo de ouro, indústrias de produtos químicos, elétricos, automotores e de construção. Os profissionais de odontologia possuem um risco de inalação dos vapores de mercúrio dispersos no ar devido às atividades odontológicas que possuem manipulação com mercúrio. Os riscos de contaminação por mercúrio pode causar efeitos graves na saúde do ser humano levando a limitação de atividades econômicas e sociais.

Os profissionais da odontologia estão expostos ao risco de contaminação pelos vapores de mercúrio em seus ambientes de trabalho através do contato do metal com a pele ou da inalação dos vapores dispersos no ambiente, decorrentes de higiene inadequada do ambiente de trabalho, de falhas na refrigeração durante a remoção de restaurações de amálgama, além do derramamento acidental de gotas de mercúrio no piso dos consultórios. (JOSELOW, 1968; MANTYLA; WRIGHT, 1976; GLINA, SATUT e ANDRADE, 1997 *apud* CLARO, ITO, BASTOS e RIBEIRO, 2003).

Biossegurança é o conjunto de ações voltadas para a prevenção, minimização ou eliminação de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento, tecnologia e prestação de serviço visando à saúde do homem, dos animais, a preservação do meio ambiente e a qualidade dos resultados. (PROTOCOLO DE

Além disso, a presença de fontes geradoras de calor, tais como a autoclaves e estufas no mesmo ambiente onde o amálgama é manipulado ou utilizado, aumenta as possibilidades de intoxicação mercurial, pois a volatilização do mercúrio ocorre a partir de -12 °C, e se a temperatura sofrer uma elevação de 20 °C para 50 °C, a volatilização do metal se multiplica oito vezes. A armazenagem inadequada das sobras de amálgama nos consultórios odontológicos também é uma fonte de contaminação através dos vapores de mercúrio. (RUPP; PAFFENBERGER, 1971; GLINA, ANDRADE e SATUT, 1998 *apud* CLARO, ITO, BASTOS e RIBEIRO 2003; ZAVARIZ, GLINA, 1993).

O mercúrio é um dos metais tóxicos que requerem um monitoramento da exposição ocupacional no qual realiza a quantificação da concentração da substância química presente no ambiente através do monitoramento ambiental e/ou no organismo que é o monitoramento biológico. Os resultados dessa quantificação são fundamentais para a implantação de medidas corretivas e preventivas do local de trabalho visando manter os parâmetros limites de concentração abaixo dos níveis de risco de agravo a saúde do trabalhador. (PÉCORA, 2003; ROCHA *et al*, 2008 *apud* JESUS, MARINHA e MOREIRA, 2010).

A exposição ocupacional ao mercúrio é reconhecida desde que esse metal era utilizado na decoração e pintura de castelos e no trabalho de mineração, que foi intensificado durante o império romano. Depois da Revolução Industrial, a utilização de mercúrio inorgânico diversificou-se no setor industrial tendo como exemplo a metalurgia, produção de chapéus de feltro, equipamentos médicos e ambientais, química, refinarias de petróleo, nuclear, indústrias de cloro álcalis e de papel, amálgama, etc. Calcula-se que aproximadamente 90 tipos de ocupações estão sujeitas à exposição ao mercúrio. (FARIA, 2003).

O autor cita também a Síndrome de eretismo que ocorre após algum tempo de exposição a vapores de Hg sendo caracterizada por irritabilidade, ansiedade, labilidade de humor e alteração da sociabilidade, timidez, falta de interesse pela vida e baixa autoestima seguida de depressão, delírio, alucinações, cansaço, desânimo e perda da memória. Vários autores têm encontrado esta síndrome, mesmo em trabalhadores expostos a valores considerados seguros. Da mesma forma, numerosos estudos mostraram a persistência do eretismo após o afastamento dos trabalhadores do contato com o mercúrio. Neste caso os valores de mercúrio na urina são normais por que os mesmos funcionam

apenas como um indicador de exposição. Os sintomas ligados às funções cognitivas e emocionais podem permanecer ou até mesmo se intensificarem cessada a exposição

Segundo a NR 15 (1978), Ministério do trabalho e emprego, o limite de exposição ocupacional do mercúrio em 48 horas semanais é de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Em contra partida as agências reguladoras internacionais (ATSDR, 1999; ACGIH, 2009; SILVA *et al.*, 2009 *apud* JESUS, MARINHA e MOREIRA, 2010) preconizam a exposição média de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para uma jornada de trabalho 40 horas/semana sendo que o valor máximo de exposição ocupacional não pode ser maior que 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mesmo que a concentração média ponderada em 8 horas esteja dentro dos limites de exposição.

Alguns estudos demonstraram que os limites de exposição não levam em análise os fatores individuais que influenciam nas respostas de cada indivíduo que, mesmo exposto ao mercúrio conforme preconizado o valor mínimo, apresenta efeitos adversos sutis nos rins e no sistema nervoso central (SNC). (ANUSAVICE, 2005; PERNAMBUCO, 2001; SCHHUTE *et al.*, 1994; SILVA *et al.*, 2009; WHO, 2003 *apud* JESUS, MARINHA e MOREIRA, 2010).

Os consultórios dentários são ambientes contaminados que constitui risco para os profissionais e seus clientes, principalmente aqueles que requerem procedimentos demorados e retornos constantes. O amálgama dentário é fonte de contaminação, seja através dos vapores ou através da absorção pela mucosa bucal. O mercúrio inibe várias enzimas, altera membranas intracelulares e a síntese de proteínas, facilita a presença de radicais livres oxidantes e determina lesões vasculares. (STOCK, 1935; VIMY e LORSCHIEDER, 1985; VYMY, TAKAHASH e LORSCHIEDER, 1990 *apud* CLARO, ITO, BASTOS e RIBEIRO, 2003).

O mercúrio é utilizado em vários equipamentos e procedimentos de saúde, sendo assim ele pode ser liberado no ambiente pela quebra ou por dano a termômetros, esfigmomanômetros (aparelhos de medir a pressão), dispositivos gastrintestinais, termostatos, lâmpadas fluorescentes, interruptores e outros produtos médicos que o contém. Além disso, o mercúrio também pode estar presente em vacinas, kits de diagnóstico, fixadores, conservantes, produtos químicos de laboratório, limpadores e outros produtos de uso médico que, quando são descartados como resíduos, contribuem à contaminação ambiental. (LACERDA, 2010 *apud* Ministério do Meio Ambiente - Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde, 2010).

Conforme Zavariz, (1993) *apud* Costa e Rohlfs (2009), existem várias formas de avaliação mercurial:

- Avaliação Laboratorial:

a) aparelho renal: urina I, uréia e creatinina;

b) aparelho gastrointestinal: exame de fezes, transaminase glutâmica oxalacética (TGO) e transaminase glutâmica pirúvica (TGP). Fosfatase alcalina e endoscopia;

c) aparelho cardiocirculatório: colesterol;

d) sistema hematopoiético: hemograma;

e) aparelho auditivo: audiometria.

- Avaliação Neurológica: consiste na detecção de alterações de coordenação motora, de sensibilidade térmica, dolorosa e tátil, de reflexos, de movimentos involuntários, de força muscular, de equilíbrio, de voz, de articulação das palavras, de pares cranianos.

- Avaliação Psiquiátrica: utiliza formulário que visa detectar sintomas relacionados ao quadro de eretismo psíquico, permitindo o estabelecimento de um diagnóstico diferencial em relação a outras patologias psiquiátricas.

- Avaliação Psicológica: para complementar a entrevista inicial, é aplicada alguns testes neuropsicológicos:

- Wechsler Memory Scale (D. Wechsler e C. T. Stone), O teste fornece o Quociente de Memória (QM), cuja classificação adotada é:

. QM abaixo de 50 - indica distúrbio severo de memória;

. QM de 50 a 79 - indica dificuldade moderada (abaixo da média inferior);

. QM de 80 a 89 - indica dificuldade leve (média inferior);

. QM de 90 a 109 - indica normalidade (média);

. QM 110 e mais - indica memória acima da média.

- Teste de Aptidão à Mecânica de L. Walther - subteste de habilidade manual. A finalidade do teste é mensurar a rapidez dos movimentos, a destreza manual, a coordenação motora fina, a metodização e sistematização ao realizar um trabalho. A classificação é a seguinte:

. Abaixo de P19 - indica dificuldade grave;

. De P20 a P30 - indica dificuldade moderada;

. De P31 a P49 - indica dificuldade leve;

. P50 - indica normalidade (média);

. Acima de P50 – superior.

- Bateria Fatorial CEPA - teste de atenção concentrada de Toulouse Pieron. Mede a rapidez gráfica e motora na execução de tarefa

simples, de natureza perceptiva e a exatidão com que a tarefa é realizada. Fornece, portanto, duas medidas, R e Q, ambas em percentil, sendo a classificação a seguinte:

- . Abaixo de P19 - indica dificuldade grave;
- . De P20 a P30 - indica dificuldade moderada;
- . De P31 a P49 - indica dificuldade leve;
- . P50 - indica normalidade (média);
- . Acima de P50 - superior.

Quando o diagnóstico é realizado através dos testes e exames acima o tratamento é à base de antidepressivos, tranquilizantes e analgésicos que são utilizados no tratamento para intoxicação mercurial crônica, embora a literatura não tenha revelado os resultados produzidos. Também são usados agentes quelantes, que capturam íons metais produzindo duas ou mais ligações, como o ácido 2, 3 dimercaptosuccinato (DMSA) e o 2,3 dimercatopropane 1 sulfonato (DMPS). (FARIA, 2003 *apud* COSTA e ROHLS, 2009).

Segundo Azavedo (2004), o mercurialismo ou hidrargirismo metálico crônico ocupacional (MMCO) manifesta-se de forma aguda ou crônica após exposição intensa ou prolongada a vapores de Hg no processo de trabalho.

2.5 Medidas Preventivas de Contaminação

Segundo SESI Saúde (2009) é necessário algumas medidas de prevenção para evitar a contaminação de mercúrio aos profissionais da odontologia, sendo eles:

- Impermeabilização do piso, sem poros e trincas e de fácil limpeza;
- Bancada de trabalho lisa e de fácil limpeza;
- Acidente com derramamento de mercúrio, deverá ter uma tratativa e treinamento no qual o profissional deverá jogar o enxofre em pó para que o mesmo combine com o mercúrio, formando o sulfeto de mercúrio, o qual não oferece perigo à saúde;
- O amalgamador deve ser manuseado em local isento de calor, longe do Forno de Pasteur, autoclave e distante do aparelho de ar condicionado, para evitar a formação e dissipação dos vapores de mercúrio. Além disso, sua cápsula deve ser rosqueada, substituída de tempo em tempo para evitar escapamento de mercúrio. A sua fixação deve ser perfeita. No caso de suspeita de vazamento pode ser colocada uma fita adesiva envolvendo a cápsula. Após trituração, deve-se

observar se há vestígios de mercúrio na fita. Remove-se a cápsula após a parada completa do motor;

- Remoção de restaurações de amálgama de prata deverá ser feitas sob refrigeração, uso de sugador e brocas com um bom poder de corte, e sob isolamento absoluto a fim de evitar poeira de mercúrio;

- Armazenamento do mercúrio deve ser feita em frascos inquebráveis e hermeticamente fechados;

- Os resíduos de amálgama não utilizados nas restaurações ou restos de mercúrio devem ser guardados em recipientes inquebráveis e hermeticamente fechados, contendo no seu interior água e fixador de RX, além de ser rotulados como “resíduo biológico” e colocados em saco plástico branco leitoso segundo normas da ABNT;

- Evitar o superaquecimento no momento de fazer o polimento nas restaurações de amálgama;

- Realizar exame de análise mercurial anualmente para toda a equipe odontológica.

Além dos cuidados de biossegurança voltados para os profissionais de odontologia existem medidas alimentares que minimizam a contaminação por mercúrio sendo elas a ingestão de frutas, evitar o consumo de peixes carnívoros, pois a concentração por mercúrio nesse tipo de peixe é alta, nas populações ribeirinhas o consumo da água de poço deve ser priorizada evitando assim a água de rios. Essas medidas são importantes para diminuir o efeito do mercúrio na saúde humana. (SÁ, 2006).

2.6 Resíduos: Manejo e Descarte

Segundo Dallago *et al* (2008), o controle da geração de resíduos nas indústrias despertaram um interesse aos ambientalistas, técnicos e a sociedade incentivada pelas ondas ambientalistas. Mediante a essa necessidade e pressão externas várias empresas possuem um Sistema de Gestão Ambiental que controla o efetivo da geração, armazenamento, tratamento, reciclagem e reutilização, transporte, recuperação e depósito de resíduos perigosos. Essas medidas são importantes para a saúde pública, a conservação do meio ambiente, manejo dos recursos naturais e desenvolvimento sustentável do negócio além do cumprimento da legislação que responsabiliza o gerador por todo o seu resíduo produzido.

Segundo a ABNT NBR 10.004 (2004), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a definição de resíduos sólidos é:

(...)Resíduos nos estados sólidos e semi sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível. (BRASIL, MANUAL DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SAÚDE DA ANVISA, p.19, 2006).

Os resíduos sólidos podem causar efeitos adversos na saúde coletiva e individual assim como no meio ambiente devido à contaminação do solo, água e ar em função à disposição final e coleta incorreta dos mesmos. Os efeitos podem acontecer através da poluição e contaminação dos lençóis freáticos e das águas em geral de forma direta ou indiretamente; contaminação da carne de animais criados em vazadouros; trabalhadores que desenvolvem suas atividades laborais nos processos de manuseio, transporte e destinação final dos resíduos; odor; poeiras; ruídos durante o processo de segregação e gerenciamento; vibração dos equipamentos utilizados na coleta; objetos perfuro-cortantes; descarte de substâncias químicas; materiais biológicos, entre outros. (ACCURIO *et al*, 1998; ANJOS *et al*, 1995; CANTANHEDE, 1997; DIAZ *et al*, 1997; FERREIRA 1997; LEITE e LOPES 2000; MAGLIO, 2000; ROBAZZI *et al*, 1992; VELLOSO 1995 *apud* FERREIRA e ANJOS, 2001).

Devido à complexidade na classificação dos resíduos que ainda é indefinida até em países desenvolvidos, os resíduos mais perigosos e tóxicos requerem maiores cuidados e conseqüentemente maiores custos no descarte, descaracterização e ou tratamento. Segundo Rodrigues (2009), a falta de saneamento básico para a população é responsável por aproximadamente 80% das doenças e 65% das internações hospitalares de crianças atualmente.

A globalização e o acesso a internet contribui para a conscientização da população em relação a questões ambientais. As indústrias através dos processos de gestão ambiental, a exemplo a ISO

14001, entre outros, têm conquistado resultados positivos importantes com a redução e reciclo dos resíduos em consequência de três grandes razões: custos, atendimento a legislação e imagem corporativa. (MICARONI, BUENO e JARDIM, 2000).

O grande objetivo dos gestores ambientais é a minimização de geração de resíduos, seu reciclo e reuso além de sistemas alternativos de tratamento e disposição final dos mais diversos tipos de resíduos industriais e domésticos principalmente aqueles que contêm em sua composição metais pesados tais como o mercúrio. A Comunidade Econômica Europeia (91/157/EEC), em 1993, impôs que o teor de mercúrio em pilhas alcalinas fosse reduzido e que mesmo assim necessitam de tratamentos específicos para desmercurização, uma vez que, para serem dispostas como resíduo especial, e não como resíduo tóxico, a concentração de mercúrio deve ser inferior a 100 mg/kg. (MICARONI, BUENO e JARDIM, 2000).

As lâmpadas fluorescentes intactas não oferecem qualquer risco ambiental aos meios físico, biológico e antrópico. O risco ocorre quando a vedação dessas lâmpadas é rompida e o vapor do mercúrio em seu interior (aproximadamente 20 mg) é liberado podendo ser inalado por quem manuseia o resíduo causando a contaminação através dos pulmões. Quando as lâmpadas são desprezadas em aterros ou lixões, os resíduos do mercúrio contaminam o solo e as águas, atingindo as cadeias alimentares. Quando avaliamos o impacto de uma única lâmpada descartada incorretamente, ele é considerado desprezível, mas anualmente cerca de 50 milhões de lâmpadas são descartadas somente no Brasil gerando um sério problema ambiental e para a saúde pública. (NAIME e GARCIA, 2004).

As lâmpadas são recicladas separando os diferentes componentes da lâmpada: o vidro, o Mercúrio e o Alumínio. Os elementos constituintes das lâmpadas devem ser mantidos separados para seu reaproveitamento. A alternativa de reciclagem com a recuperação do mercúrio é a melhor solução para as lâmpadas fluorescentes, pois já existem tecnologias comprovadamente eficientes para recuperação do Mercúrio. O processo de reciclagem ocorre em duas fases sendo elas o esmagamento e a destilação do mercúrio. (NAIME e GARCIA, 2004).

O esmagamento é realizado para separar por peneiramento, separação eletrostática e ciclonação, em 6 classes: terminais de alumínio, pinos de latão, componentes ferro-metálicos, vidro, poeira fosforosa rica em Mercúrio e isolamentos baquelíticos. Já na destilação é recuperado o Mercúrio contido na poeira fosforosa, isso ocorre graças

ao processo de reportagem, onde o material é aquecido até a vaporização do mercúrio (temperaturas acima do ponto de ebulição do mercúrio, de 357°C). O material vaporizado é condensado e coletado em decantadores. Emissões fugitivas de mercúrio podem ser evitadas operando em pressões negativas. Na reciclagem das lâmpadas são reutilizados o vidro, o alumínio e o mercúrio. (NAIME e GARCIA, 2004).

Segundo Micaroni, Bueno e Jardim (2000), a empresa Apliquim, em 1992, recebeu o “I Prêmio Nacional de Conservação Ambiental e Desenvolvimento” no Brasil graças ao seu trabalho de recuperação do mercúrio, através de um processo no qual o mercúrio proveniente de lâmpadas fluorescentes é transformado em mercúrio metálico que pode ser utilizado na fabricação de novas lâmpadas e termômetros, minimizando a importação de mercúrio e contribuindo para o meio ambiente.

Os resíduos de mercúrio são compostos de mercúrio elementar, sais de mercúrio monovalente, sais de mercúrio divalente e compostos organomercuriais. Portanto a forma de tratamento comum para esses resíduos pode ser realizada da seguinte forma:

O tratamento comum para pequenas quantidades de mercúrio elementar envolve a aspiração com capilar conectado a uma bomba para coleta das gotas, a adição de polissulfato de cálcio ou enxofre em excesso para passivação do mercúrio e, em seguida, recuperação ou disposição final. A disposição pode ser feita em aterro apropriado ou, preferencialmente, através do encapsulamento (cimentação ou vitrificação). Para sais de mercúrio mono e divalentes, o tratamento geralmente recomendado envolve dissolução em água, ajuste de pH ao redor de 10, com, por exemplo, solução de soda a 10%, e adição de solução contendo aproximadamente 20% de Na₂S, sob agitação, até que não se observe mais a precipitação. Posteriormente, o HgS insolúvel é filtrado e enviado para disposição final, sendo a fase aquosa testada para checagem da precipitação quantitativa. Caso não haja precipitação adicional, esta deve ser tratada para remoção de excesso de sulfeto. Os organomercuriais aromáticos não são de fácil tratamento por precipitação com sulfeto, devido à força de ligação entre o mercúrio e o anel

aromático, sendo assim a oxidação com hipoclorito gera baixos teores de compostos aromáticos clorados que devem ser tratados antes da disposição da fase aquosa resultante da precipitação do HgS. Uma outra opção para o tratamento de organomercuriais é a incineração. (MICARONI, BUENO e JARDIM, p. 492, 2000).

Outra opção para o tratamento de organomercuriais depende de suas reatividades com hidrogênio. Organomercuriais aromáticos reagem com H₂ gerando mercúrio livre e o composto aromático correspondente. O resíduo é dissolvido ou diluído em uma solução alcalina e o H₂ pode ser gerado por adição de excesso de zinco ou alumínio em pó. O mercúrio é separado como amálgama de zinco ou alumínio por filtração, podendo ser reciclado ou ter uma disposição final apropriada. Este tratamento é recomendado apenas para resíduos com altos teores de organomercuriais. A maioria dos processos de tratamento de resíduos de compostos contendo mercúrio baseia-se na simples transferência de fase deste metal, para que se possa proceder à disposição final, o que ratifica a importância de alternativas que visem o reuso e reciclo. (MICARONI, BUENO e JARDIM, 2000).

No Brasil, grande parte das grandes empresas que utilizam as lâmpadas fluorescentes já possui uma tratativa de gerenciamento para as mesmas, sendo os vilões os usuários residenciais e as pequenas e médias empresas que não se adequaram a legislação ambiental de forma eficaz, seja por falta de conhecimento ou ausência de fiscalização. As empresas como a Apliquim (Paulínea, SP) Mega Reciclagem (Curitiba, PR), Brasil Recicle (Indaial, SC) e Sílex atuam na reciclagem de lâmpadas fluorescentes. (NAIME e GARCIA, 2004).

Ainda segundo Micaroni, Bueno e Jardim (2000), os métodos de disposição final de resíduos contendo mercúrio, além da disposição em aterros, as opções mencionadas na literatura envolvem a pulverização e mistura com 1 a 2% (baseado no peso do resíduo) de enxofre ou dissolução em solução aquosa contendo 0,1% (baseado no peso do resíduo) de cloreto férrico, com utilização da mistura resultante como aditivo em concreto ou argamassa; e imobilização usando cimento ou misturas contendo cimento e compostos tais como sulfato de potássio, carbonato de sódio, enxofre, resorcinol e copolímero de acetato de vinila-etileno. Uma atenção especial ainda deve ser dada a esse método uma vez que estudos demonstram a emissão de vapor de mercúrio de resíduos solidificados/estabilizados em cimento.

Segundo o estudo de Elizaur Benitez *et al* (1995) *apud* Claro, Ito, Bastos e Ribeiro (2003), a melhor maneira de armazenar os resíduos de amálgama nos consultórios e clínicas odontológicas é em recipientes hermeticamente fechados contendo água.

O mercúrio por ser um elemento extremamente tóxico é necessário cuidado prioritário com esse metal. Conforme Paim, Palma e Eifler-Lima (2002) relatam em seu estudo, devido a volatilização do mercúrio em temperatura ambiente esse metal alcança rapidamente concentrações ambientais tóxicas perigosas, tendo como exemplo a dispersão de 1 cm³ em um laboratório de tamanho médio. Um dos procedimentos corretos a ser utilizado em caso de acidente com liberação de vapores de mercúrio, a utilização de uma solução de polissulfato de cálcio a 20 %, a qual tem propriedade de absorver vapores de mercúrio. A melhor alternativa para evitar contaminações é a recuperação do mercúrio através da reciclagem, pois os danos da contaminação do mercúrio contidos em uma única lâmpada são capazes de contaminar 20 mil litros de água.

Os resíduos tóxicos deverão ter um destino final correto a fim de não causar a contaminação do meio ambiente, dos lençóis freáticos e conseqüentemente um agravo para a saúde pública. As lâmpadas fluorescentes queimadas devem ser embaladas, evitando assim que as mesmas quebrem, e encaminhadas para os centros de descontaminação, ou devem ser armazenadas em containers devido à presença de mercúrio em seu interior. Essas lâmpadas possuem uma vida útil de 4 a 15 vezes mais longa quando comparada a outras e proporcionam uma redução no consumo de energia na ordem de 80%. Portanto mesmo sendo tóxicas devido à presença de mercúrio elas ainda são vantajosas do ponto de vista de economia e de produção de resíduos. (KOJIMA, ESPINDULA, SILVA, RODRIGUES, MASSUCATO, ROSLINDO e VAZ, 2007).

O mercúrio é tóxico para células eucariotas e procariotas, mas alguns microorganismos apresentam mecanismos de resistência a este metal. Destacam-se as bombas de efluxo, quelação por polímeros enzimáticos, precipitação, biometiliação e redução enzimática. Bactérias que possuem operon *mer* são capazes de reduzir enzimaticamente o mercúrio (II) para a forma volátil e menos tóxica de mercúrio Hg⁰. Sendo essa a alternativa para a remediação de áreas contaminadas por este metal. A remediação de ambientes contaminados com cátions metálicos tóxicos tem empregado técnicas físico-químicas que incluem precipitação, filtração e recuperação eletroquímica bem como separação por membrana, escavação, depósito de resíduos em aterros sanitários ou,

ainda, recobrimento do sítio contaminado. Essas técnicas são pouco eficazes por não remediarem efetivamente o ambiente contaminado e por apresentarem baixa competitividade econômica. (GIOVANELLA *et al*, 2011).

A disposição final do resíduo de mercúrio deve seguir a legislação brasileira no qual tem como os critérios técnicos de construção e operação conforme Norma ABNT NBR-10.157 de 09/87 Aterros de Resíduos Perigosos - Critérios para Projetos, Construção e Operação, para as quais é exigido licenciamento ambiental de acordo com a Resolução CONAMA nº 237/97. (Ministério do Meio Ambiente - Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde 2010).

Quadro 2: Resumo sobre alternativas adequadas para o gerenciamento de resíduos que contém mercúrio

RESÍDUOS	ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO
Termômetros, Esfigmomanômetros	Embale-os cuidadosamente, para que não se quebrem no transporte. Se já estiver quebrado, o termômetro bem como as gotículas de mercúrio derramado deve ser guardado em um recipiente com tampa de vedação eficaz (um pote plástico, por exemplo). Evitar potes de vidro que se quebrem facilmente.
	Tratamento: Recuperação do Hg
Amalgamas dentários	Segregação na fonte
	Coletar os resíduos em recipiente dotado de boca larga e de material inquebrável. Deixar um lâmina de água sobre o resíduo. Manter o recipiente hermeticamente fechado e em local de baixa temperatura, isento de luz solar direta
	Tratamento: Recuperação do Hg
Lâmpadas	Segregação na fonte
	É recomendável que as lâmpadas a descartar sejam armazenadas em local seco, nas próprias caixas de embalagem original, protegidas contra eventuais choques que possam provocar sua ruptura.
Químicos	Tratamento: Recuperação do Hg
	Segregação na fonte
	Acondicionamento em embalagem identificada
	Armazenagem temporária em local fechado
Eletroeletrônicos	Disposição final: aterro para resíduos perigosos
	Segregação na fonte
	Acondicionamento em embalagem identificada
	Armazenagem temporária em local fechado
	Tratamento: Reciclagem

Fonte: Ministério do Meio Ambiente - Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde (2010)

2.7 Legislação

Segundo RODRIGUES (2009), somente no final da década de 70 que surgiram as primeiras legislações a respeito do meio ambiente. Por exemplo, a Conferência de Estocolmo (1972) foi fundamental para o crescimento do ambientalismo internacional. No Brasil, no final da década de 80 tem-se as primeiras iniciativas legais voltadas para a preservação, conservação, melhoramento e proteção do meio ambiente, ganhando a forma de portarias, instruções normativas, decretos e leis. .

Dentre àquelas que contemplam a questão de resíduos sólidos, destacam-se:

- a) Política Nacional de Meio Ambiente (6938/81);
- b) Política Nacional de Saúde (3.080/90);
- c) Política Nacional de Educação Ambiental (9.795/94);
- d) Política Nacional de Recursos Hídricos (9.433/97);
- e) Lei de Crimes Ambientais (9.605/98);
- f) Estatuto das Cidades (10.257/01);
- g) Política Nacional de Saneamento Básico (projeto de lei nº 5.296/05) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010).

No processo produtivo das indústrias, além do consumo de água, energia elétrica e algumas matérias primas em forma de peças e subprodutos, e de outros insumos, há também a produção de resíduos, sendo de responsabilidade destes a coleta, segregação e destinação desses resíduos. As indústrias são também co-responsáveis por qualquer acidente ambiental advindo do transporte ou processamento de seus resíduos. Mediante essa responsabilidade existe uma grande preocupação com os resíduos produzidos em todas as etapas do processo produtivo e pós uso, além de trabalhos de melhoria contínua em prol da minimização dos resíduos produzidos e sua destinação correta. (ESTURARI, 2005).

O desequilíbrio ambiental ocorre devido ao descarte inapropriado dos resíduos no ambiente e as empresas segundo as legislações brasileiras são responsáveis pelo tratamento e destinação final correta de seus resíduos. Além disso, a mídia contribui para os investimentos nos Sistemas de Gestão Ambiental das empresas uma vez que a prevenção é mais barata e correta que a repercussão de um acidente ambiental para a sociedade através dos meios de comunicação devido a sua influência através da propagação de informações que levam ao questionamento dos seus clientes, tais como: Essa empresa é poluidora? Esse produto é

sustentável ou está acabando com os recursos naturais comprometendo a saúde e a sobrevivência da população? (GRIPPI, 2000 *apud* ESTURARI, 2005).

As ONGs também contribuem com as decisões em favor do meio ambiente, pois são elas as responsáveis por movimentos sociais e culturais em forma de reivindicação e cobrança de um desenvolvimento sustentável da produção, principalmente de bens industrializados ou do extrativismo indiscriminado. Além disso, as legislações brasileiras contribuem para o investimento devido às multas por omissão e outras penalidades previstas na Lei nº 10.165/2000, que trata de atividades potencialmente poluidoras e na Instrução Normativa nº 10/2001, que prevê a obrigatoriedade de inscrição no Cadastro Técnico Federal do IBAMA. (ESTURARI, 2005).

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) tem uma posição controladora importante na prevenção de acidentes ambientais e suas punições. Infelizmente foi devido aos graves acidentes ambientais causados pelas indústrias acometendo a sociedade nos últimos anos que levaram o Ministério do Meio Ambiente e o IBAMA a repensarem a política ambiental voltada para a prevenção e ações mitigadoras para as empresas que descumprissem a lei. (ESTURARI, 2005).

A questão ambiental surgiu de maneira firme por volta da década de 70 através das mobilizações da sociedade através das ONGs juntamente com o setor repensando sobre as questões ambientais, com debates desta temática em diversos países a fim de aprimorar a regulação ambiental, convertendo os danos e as ameaças ao meio ambiente em custos diretos para os negócios. Anteriormente foi possível acompanhar a degradação ambiental, devido ao intenso crescimento das atividades produtivas onde se aproveitou de forma indiscriminada e sem controle dos recursos naturais. (DEMA JOROVIC, 2003, *apud* ESTURARI, 2005).

Apesar de toda legislação e dedicação em prol do Meio ambiente sabe-se que o desenvolvimento industrial foi e continuará sendo um fenômeno de fundamental importância para qualquer economia, pois é através desse processo que temos os empregos, arrecadação de impostos, geração de bens necessários ou de desejo de consumo próprios da natureza humana entre outros, apesar dos problemas socioambientais. O que sempre estará em discussão é como transformar a produção industrial em uma produção mais limpa e sustentável do ponto de vista ambiental e nunca a sua extinção, pois a globalização e

até mesmo os seres humanos são dependes das indústrias. (ESTURARI, 2005).

Após esse avanço social e político os gestores passaram a priorizar as questões ambientais tais como os de qualidade, logística, segurança e saúde do trabalho, além de custos. Por outro lado a legislação ambiental também progrediu positivamente em benefício do meio ambiente, de forma a atender às cobranças e necessidades da sociedade, tão penalizada pelos descasos sofridos. A sociedade atual assim como as empresas e o governo possuem uma postura de fiscal socioambiental. (ESTURARI, 2005).

Segundo a Constituição Federal – Título VIII - Capítulo VI – Do Meio Ambiente - Art. 225:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (Constituição Federal – Título VIII - Capítulo VI – Do Meio Ambiente - Art. 225)

Embasados na Constituição Federal, vários estados brasileiros estão regulamentando os procedimentos de reciclagem e destinação final dos produtos que possuem em sua composição o mercúrio com o objetivo de evitar a degradação ambiental e incentivar a preservação. No setor industrial esse efeito já é efetivo graças aos Sistemas de Gestão Ambiental e as certificações. (Ministério do Meio Ambiente, 2004).

A RESOLUÇÃO ANVISA/RDC Nº 306 (2004) estabelece que todo serviço de saúde deve ter o seu Programa de Gerenciamento de Resíduo Sólido de Saúde (PGRSS) no qual deve contemplar os aspectos técnicos e operacionais, aspectos gerais e organizacionais e aspectos de recursos humanos. O PGRSS deverá ter como objetivo a implantação, a implementação e o acompanhamento de uma política de gerenciamento de resíduos de saúde.

A RDC 306/04 da ANVISA classifica os resíduos de saúde em grupos da seguinte forma:

- Grupos A (infectantes ou biológicos);
- Grupo B (químicos);
- Grupo C (rejeito radioativos);
- Grupo D (comuns);

- Grupo E (perfurocortantes).

No grupo B, o mercúrio metálico exige critérios de manuseio, acondicionamento e destinação final específicos devido ao risco para a equipe odontológica no manuseio e preparação do amálgama. Já para a população, o risco está na organificação e biomagnificação do mercúrio lançado no meio ambiente. (NAZAR, PORDEUS e WERNECK, 2005).

O PGRSS compreende ações referentes às tomadas de decisões nos aspectos administrativo, operacional, financeiro, social e ambiental e tem, no planejamento, um importante instrumento para o gerenciamento dos resíduos de mercúrio em todas as suas etapas – produção, segregação, acondicionamento, transporte, tratamento, reciclagem, destinação, até a disposição final - possibilitando que se estabeleçam, de forma sistemática e integrada, em cada uma delas, metas, programas, sistemas organizacionais e tecnologias, compatíveis com a realidade local. (RESOLUÇÃO ANVISA/RDC Nº 306 de 2004)

A ABNT NBR 10.004, define a periculosidade de elementos e substâncias químicas e estabelece os limites admissíveis para esses contaminantes serem dispostos no meio ambiente. O mercúrio nessa norma tem um destaque entre as substâncias mais perigosas relacionadas nessa norma e é classificado como:

Classe 1 - Resíduos Perigosos: são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, e atividade, toxicidade e patogenicidade. (RESOLUÇÃO ANVISA/RDC Nº 306 de 2004, p.3).

Os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Espírito Santo possuem uma legislação específica e vigente para a reciclagem e destinação final dos produtos que contêm mercúrio. Em outros estados da federação, vários projetos de lei aguardam ser sancionados, como por exemplo, o estado de Mato Grosso do Sul. (Ministério do Meio Ambiente).

As Leis Estaduais são:

- Rio Grande do Sul – RS (Lei Estadual n. 11.187/98). Publicação em: 07-07-1998 (É alterada a Lei nº 11.019, de 23 de setembro de 1997, acrescentando normas sobre o descarte e destinação final de lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que

contenham metais pesados, resíduo doméstico, resíduo comercial, componentes eletrônicos, máquinas fotográficas, relógios e pilha usada);

- Santa Catarina – SC (Lei Estadual n.11.347/00). Publicação em: 17-01-2000. Título: dispõe sobre a coleta, o recolhimento e o destino final de resíduos sólidos potencialmente perigosos no Estado de Santa Catarina;

- São Paulo – SP (Lei Estadual n.º 10.888/01). Publicação em: 20-09-2001. Título: dispõe sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados, coleta, recipientes, acondicionem o referido resíduo, pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, frascos de aerossóis, descontaminação, destinação final;

- Espírito Santo - ES (Lei Estadual Nº: 6.834/01). Publicação em: 25-10-2001. Título: dispõe sobre a responsabilidade da destinação de lâmpadas usadas, no Estado do Espírito Santo.

Alguns municípios também buscam medidas e soluções para esse resíduo, que passou a ter uma maior apreciação devido ao impacto nocivo que o descarte indevido de mercúrio causa ao meio ambiente.

- Foz do Iguaçu – PR (Lei Municipal nº: 2.702/02). Publicação em: 03-12-2003. Título: dispõe sobre a coleta, o recolhimento e o destino final de resíduos de sólidos potencialmente perigosos no Município de Foz do Iguaçu Estado do Paraná. Câmara Municipal de Foz do Iguaçu, PR;

- São Paulo – SP (Lei Municipal 12.653/98). Publicação em: 15/05/1998. Título: fixa normas para o descarte como resíduo de lâmpadas fluorescentes, e dá outras providências;

- Caxias do Sul - RS (Lei Nº 5.873). Publicação em: 16/07/2002. Título: disciplina o descarte e o gerenciamento adequado de pilhas, baterias e lâmpadas usadas no Município de Caxias do Sul e dá outras providências. Câmara Municipal de Caxias do Sul – RS;

- Nova Prata - RS (Lei Municipal 4776/2002). Publicação em: 14/03/2002. Título: disciplina o descarte e o gerenciamento adequado de pilhas, baterias, e lâmpadas usadas no município de Nova Prata e dá outras providências;

- Campinas - SP (Lei Municipal 11.294/2002). Publicação em: 27/06/2002. Título: dispõe sobre a destinação de lâmpadas fluorescentes no município de Campinas;

- Ibiúna - SP (Lei Municipal 685/2001). Publicação em: 17/12/2001. Título: dispõe sobre coleta seletiva e reciclagem de resíduo no Município de Ibiúna;

- Barueri – SP (Lei Municipal n.1417/04). Publicação em: 14/03/04. Título: dispõe sobre a responsabilidade da destinação de pilhas, baterias e lâmpadas usadas e das outras providências;

- Nova Friburgo – RJ (Lei Municipal 3172/2002). Publicação em: 08/01/2002. Título: cria normas e procedimentos para o serviço de coleta, reciclagem e disposição final de lâmpadas fluorescentes e outros produtos contendo mercúrio no município de Nova Friburgo.

O Decreto nº 97.507/1989 regula que as atividades específicas ou sistemas com alguma abordagem regulatória são: mineração artesanal de ouro regulamentada no qual proíbe o uso de mercúrio na atividade, exceto se for licenciada pelo órgão ambiental competente, mas não estabelece qualquer critério ou pormenores para o licenciamento ou para as ações de monitoramento governamental; definição dos equipamentos para controle de eficiência do mercúrio metálico em mineração artesanal de ouro e uso urbano, inclusive aqueles para recuperação de mercúrio metálico a partir da queima de amálgama de ouro, regulados pela Portaria IBAMA nº 435/1989; e a produção de cloro-soda regulada pelo Decreto nº 87.561/1982 que proíbe a instalação ou ampliação das fábricas de cloro-soda com tecnologia de mercúrio na Bacia do Rio Paraíba do Sul, e pela Lei nº 9.976/2000 que estabelece as exigências para a produção de cloro e proíbe que novas fábricas com células de mercúrio sejam instaladas ou que as existentes com células de mercúrio sejam ampliadas, mas falha em regulamentar prazo para a conversão tecnológica das fábricas existentes com células de mercúrio. (SOHN, NYCZ, 2010).

O principal objetivo das legislações ambientais deve ser o bem estar, equilíbrio e qualidade de vida do ser humano e do meio ambiente no qual ele está inserido embasados em pesquisas científicas.

As leis por si só não são suficientes para atingirem o objetivo da sua criação. Para isso é necessário um diálogo entre a ciência, os órgãos competentes, os trabalhadores e a população em geral em busca de soluções para os desafios que se apresentam frente a um ideal a fim de evitar que o meio ambiente e a população fiquem vulneráveis aos riscos provenientes do não cumprimento a legislação. (NAZAR, PORDEUS e WERNECK, 2005).

Os níveis máximos de mercúrio permitido e a sua proibição de uso no Brasil em produtos são definidos por poucas regras esparsas. Alguns exemplos são os remédios para os quais a Portaria nº 10/1980 do Ministério da Saúde proíbe o mercúrio, exceto o timerosal e a merbromina, e a recente Resolução ANVISA nº 528/2001 que proíbe

compostos de mercúrio em remédios, exceto em vacinas com concentrações estabelecidas. O uso de compostos de mercúrio como desinfetante ou reagente é permitido pelo Decreto nº 30.691/1952 (ainda em vigor) que prescreve a solução de bicloreto de mercúrio (1:1000), e a Portaria do Ministério da Saúde nº 393/1998 que recomenda o uso de cloreto de mercúrio a 1% como reagente no “Método para Determinação de Biodegradabilidade de Tensoativos Aniônicos”.

A Resolução ANVISA nº 08/2001 aprova o Regulamento Técnico que estabelece a identidade e a qualidade da Água Mineral Natural, especificamente sobre a pureza da água para hemodiálise, mencionando o limite para o mercúrio de 1,0 µg/l ou 0,001 mg/l (ppm) – que é mesmo limite para água potável estipulado pelo Ministério da Saúde. (SOHN, NYCZ, 2010).

Nos cosméticos, a Resolução ANVISA nº 48/2006 proibiu a adição de mercúrio e seus compostos, e para dispositivos médicos, os esfigmomanômetros contendo mercúrio estão proibidos, embora as instalações de atendimento médico possam utilizar livremente termômetros de mercúrio que são também amplamente vendidos para a população em geral. A Portaria INMETRO nº 108/2005 estabelece regras de segurança para brinquedos, tais como o fator de biodisponibilidade de mercúrio em brinquedos que não pode exceder 0,5 µg/dia, incluindo todas as suas partes, a pintura e os vernizes. A Resolução CONAMA nº 401/2008 revisou a Resolução nº 257/1999 e reduziu o parâmetro de conteúdo permitido de mercúrio em pilhas e baterias, mas deixou de definir regras claras para reciclagem de pilhas e baterias usadas. Sobre agrotóxicos e mercúrio a Portaria do Ministério da Saúde nº 06 de 29/04/1980 proíbe a produção, comércio e uso de fungicidas contendo mercúrio. A Portaria nº 10/1971 tolera o uso de compostos organomercuriais para sementes, mas sua aplicação direta nas respectivas culturas é proibida. (SOHN, NYCZ, 2010).

CAPÍTULO III

3 METODOLOGIA

O trabalho é um estudo de caso descritivo e exploratório, investigação da literatura e legislação vigente. O trabalho de campo foi realizado em uma montadora de veículos no estado de Minas Gerais a fim de avaliar a geração dos resíduos de mercúrio, verificar os aspectos de manejo desse resíduo, realizar um levantamento dos aspectos legais e avaliar as formas de descaracterização e tratamento do mercúrio disponível e utilizado de maneira que contribua tanto para a empresa como para a sociedade.

A planta da empresa é constituída por linhas de produção do modelo clássico de organização do trabalho desenvolvido por Henry Ford, mas ao mesmo tempo, com uma flexibilidade para atender a produtividade e a qualidade de seus produtos. Sua produção é realizada através do método de gestão de produção em “*Just in time*”, que é uma técnica de gestão e controle de mercadorias que procura minimizar o nível de estoque nos armazéns das indústrias. Segundo Leite (2006) o processo *Just in Time* (JIT) é decorrente do Japão, em meados da década de 70, como uma nova estratégia da Toyota Motor Company.

O método utilizado na pesquisa foi uma investigação e avaliação do processo de segregação dos resíduos contendo mercúrio dentro da planta da fábrica.

A análise iniciou pela Ilha Ecológica - local de conferência da segregação de resíduos e destinação correta aos mesmos, foi realizada uma avaliação cômodo modo como as lâmpadas fluorescentes chegavam ao local, forma de armazenamento e destinação final do resíduo. Através da análise foi possível identificar que o mercúrio e o amálgama ficavam armazenados no laboratório químico. Isso ocorre devido à ausência de uma empresa especializada e legalizada em tratamento de mercúrio. A dificuldade fez com que a empresa optasse a armazená-lo como medida mitigadora e buscar uma empresa regularizada a realizar esse tipo de tratamento.

O estudo de caso foi realizado juntamente com uma pesquisa bibliográfica que permitiu um embasamento teórico para a estruturação do trabalho possibilitando fazer um comparativo direto com a realidade

prática vivenciada na empresa garantindo a destinação final correta para o resíduo de mercúrio e o atendimento a legislação vigente no país. A revisão da literatura ocorreu no período de 1998 a 2011 levando em consideração as legislações vigentes no Brasil sobre resíduos no qual foram consultados artigos científicos, teses e dissertações rastreados nas bases de bancos e bibliotecas eletrônicas LILACS, BIREME e SciELO. As palavras-chave utilizadas na busca foram: *mercúrio*, *legislação ambiental*, *resíduos*. Os critérios de inclusão foram os artigos que tivessem uma abordagem da legislação Brasileira. Foram excluídos do estudo os artigos que abordavam outros fatores ligados à geração e segregação de resíduos. Foram avaliados num total de 33 trabalhos científicos e legislações consultadas através do sítio eletrônico do Ministério do Trabalho e Emprego, bem como demais sítios de governos estaduais e municipais brasileiros.

A presença do elemento mercúrio na área de estudo, se dá prioritariamente nos resíduos de lâmpadas fluorescentes queimadas utilizadas em toda a sua estrutura física, no amálgama dentário utilizados nos três consultórios odontológicos dentro da planta física da fábrica, e do resíduo de mercúrio dos barômetros que até o ano 2000 eram de coluna de mercúrio e utilizados para medir a pressão barométrica do motor, e, hoje, encontram-se estocados no Laboratório de Materiais. Devido a sua toxicidade esses resíduos não podem ser descartados de qualquer forma, pois se transformarão em um grande problema na saúde das pessoas e no meio ambiente.

O estudo contempla uma abordagem dos riscos ocupacionais devido aos resíduos de mercúrio gerados dentro da fábrica, levando-se também em consideração os impactos ambientais, além das medidas mitigadoras do uso do mercúrio na indústria automobilística. A pesquisa bibliográfica realizada para o trabalho forneceu considerações teóricas para a estruturação do trabalho possibilitando fazer um comparativo, direto com a realidade prática vivenciada na empresa garantindo a saúde do trabalhador e a destinação final correta para o resíduo de mercúrio.

3.1 Análise dos dados

Os dados coletados foram analisados definindo-se o local gerador dos resíduos contendo mercúrio, o consumo mensal do metal estudado, a forma de armazenamento e o tratamento e destinação final dos resíduos, que permitiram avaliar as boas práticas da empresa e os pontos críticos que ainda requerem melhoria no processo. A análise dos dados de destinação de resíduos de lâmpadas fluorescentes foi realizada no período de 2010, 2011 e 2012. Os resíduos são enviados em lotes de aproximadamente 5.000 kg de lâmpadas, sendo que essas possuem o peso variando de 18 a 300 gramas. O modelo de lâmpada mais utilizada na fábrica é a tubular de 174 gramas.

As lâmpadas são trocadas na própria empresa e estocadas em containers na Ilha Ecológica. O amálgama é armazenado em frascos plásticos com água e revelador sendo encaminhado para o laboratório químico quando o recipiente completar $\frac{2}{3}$ de sua capacidade. Houve uma pesquisa de mercado, na qual se procurou empresas especializadas em tratamento do resíduo de mercúrio, mas infelizmente nenhuma empresa atendia aos critérios legais para essa atividade, sendo assim a empresa optou-se por manter o resíduo armazenado no laboratório.

CAPÍTULO IV

4 Resultados

4.1 Manejo e Descarte do resíduo

O estudo foi realizado em uma montadora de veículo multinacional que possuem aproximadamente 18 mil empregados. A empresa fica localizada no estado de Minas Gerais, na região da grande Belo Horizonte, com uma área física de aproximadamente 2.300.000 m² sendo 680.000 m² de área coberta.

A partir do levantamento efetuado, verificou-se que os resíduos contendo mercúrio na área de estudo, tem-se apresentado de duas formas principais, aquelas provenientes dos amálgamas dos três consultórios odontológicos dentro da fábrica que atende a todos os colaboradores através do plano de saúde da empresa, e também os provenientes das lâmpadas fluorescentes queimadas com variação mensal considerável.

As lâmpadas queimadas são trocadas e estocadas em um local chamado de Ilha Ecológica, projetada para realizar uma revisão da segregação dos resíduos e sua destinação correta, até se formar um lote econômico para a expedição para uma empresa especializada em tratamento desse resíduo. A média mensal tem sido de aproximadamente 5.400 lâmpadas por mês, que são armazenadas em um galpão aberto dentro da embalagem da lâmpada nova trocada, até serem enviadas para a empresa de tratamento que realiza o tratamento correto do resíduo.

No ano de 2010 ocorreram duas expedições no montante de 5.475 kg no primeiro semestre e 5.880 kg no segundo semestre. Existem vários modelos de lâmpadas fluorescente dentro da empresa sendo que o peso das mesmas variam de 18 a 347 g. A lâmpada que é mais consumida dentro da fábrica é o modelo fluorescente tubular de 120 cm e que tem o peso de 174 gramas.

Em 2011, o quantitativo recolhido foi de 5.050 kg durante todo o ano. A redução do consumo de lâmpadas foi graças ao investimento da empresa em fotocélulas e telhas translúcidas facilitando e melhorando a iluminação dos galpões e aumentando a vida útil das lâmpadas, uma vez que a maioria fica desligada durante o dia.

Já o consumo de amálgama é de aproximadamente 3 kg ao ano e armazenado em frascos plásticos com água no laboratório de materiais, que conta com um responsável técnico. Ele é um químico que é responsável pelo armazenamento e controle de produtos químicos do setor de pintura da empresa como o residual de mercúrio armazenado e mantido neste local. Há aproximadamente 55 kg de mercúrio em frascos de vidro desde o ano de 1977, oriundos do processo produtivo que utilizava barômetros com colunas de mercúrio na produção até o ano de 1995, quando esses equipamentos foram substituídos por outros eletrônicos, e também se encontram estocados no local.

Apesar do quantitativo do mercúrio estocado na empresa ser pequeno em comparação, por exemplo, a quantidade utilizada no garimpo, os estudos da literatura permitiram observar que se esse resíduo for descartado de forma inadequada, representam um perigo ambiental, uma vez que o mercúrio pode se espalhar no meio ambiente causando riscos a saúde do homem. Se for descartado entre os resíduos comuns, o mercúrio cedo ou tarde chegará ao meio ambiente onde os organismos que vivem nos rios, lagos ou no solo úmido podem transformá-lo em mercúrio orgânico altamente tóxico. Esta espécie de mercúrio é capaz de causar danos ao sistema nervoso mesmo em níveis extraordinariamente baixos e, por ser do tipo persistente, acumula-se em animais, peixes e no meio ambiente em geral. (ATSDR, 1999; SCHHUTE *et al*, 1994; TSALEV *et al*, 1983 *apud* JESUS; MARINHA e MOREIRA, 2010).

Quanto ao mercúrio estocado na empresa, este foi coletado durante o período em que se produziam barômetros contendo mercúrio em seu interior, e com a quebra de equipamentos no processo produtivo, o mesmo era recolhido com auxílio de seringa e armazenado em frascos de vidro. Como os barômetros eram bastante frágeis e o risco ocupacional de exposição ao mercúrio alta, altamente volátil em temperaturas a partir de 12°C, a empresa fez a opção de trocar o equipamento por barômetros digitais.

Portanto, hoje a empresa possui um resíduo de mercúrio que ainda não conseguiu realizar um contrato com uma empresa licenciada segundo as prerrogativas ambientais, para dar uma destinação final adequada a esses resíduos. Ao mesmo tempo, esse residual de mercúrio ocupa espaço dentro do laboratório, e ainda oferece riscos de acidente com mercúrio, por conta do seu manuseio durante o processo de limpeza das bancadas.

4.2 Primeiro Impacto – Medida mitigadora

No laboratório químico, o mercúrio era armazenado em frascos de vidros conforme a figura 6. Como medida mitigadora o mercúrio foi transferido para frascos de plástico evitando assim o risco de acidente de trabalho e contaminação do ambiente com o metal.



Figura 6: Frascos com mercúrio armazenados dentro da empresa
Fonte: Dados da pesquisa, 2012.



Figura 7: Armazenamento do mercúrio nos vidros.
Fonte: Dados da empresa, 2012

A expectativa da empresa tem sido de que, com o tempo, consiga uma empresa licenciada pelo órgão ambiental competente, que realize o tratamento desses resíduos, eliminando desta forma, o risco desnecessário para seus colaboradores e evitando uma agressão antrópica ao ambiente. A destinação incorreta dos resíduos de mercúrio tem a sua parcela de contribuição na contaminação do solo e da água, e pelo comprometimento ambiental e social da empresa, a mesma fez a opção de continuar armazenando seu resíduo.

A empresa utiliza lâmpadas que contêm mercúrio, pois elas possuem uma eficiência luminosa de 3 a 6 vezes superior que as lâmpadas sem mercúrio, e ainda possuem uma vida útil de 4 a 15 vezes mais longa e 80% de redução de consumo de energia. Dessa forma, elas geram menos resíduos e reduzem o consumo de recursos naturais para a iluminação, diminuindo dependência da termelétricidade. (ABILUX, 2005 *apud* JÚNIOR E WINDMOLLER, 2008). Mesmo tendo que realizar um tratamento especial para os resíduos dessas lâmpadas e o impacto ambiental e ocupacional devido ao risco do vapor de mercúrio, o uso das mesmas ainda é mais compensatório para o ambiente em relação a lâmpadas comuns. Sendo assim o uso de lâmpadas fluorescentes representa uma significativa economia doméstica, comercial e industrial.

Quanto às lâmpadas fluorescentes, o processo de descarte do inservível era realizado pela empresa contratada para realizar a destinação correta desse resíduo. A execução do processo se baseia em um equipamento com um motor aspirador acoplado a um tambor fechado hermeticamente, onde há um ponto de inserção da lâmpada. Durante o processo, o resíduo sólido fica armazenado no tambor, e os vapores de mercúrio são sugados para o equipamento, onde ocorrerão três processos de filtragem, dois físicos para reter sujidades e pó fosfórico, e um químico, onde com o auxílio de carvão ativado embebido com enxofre produzirá uma reação química fazendo com que o vapor de mercúrio se transforme em sal de mercúrio. O filtro químico possui capacidade para 200.000 unidades.

Esse processo acontecia, até o ano de 2011, dentro da Ilha Ecológica da contratante, mas algumas lâmpadas se quebravam ao serem colocadas no tambor, gerando resíduos de vidro no chão além de dispersar o vapor de mercúrio no ar. Diante disso, durante uma auditoria externa do processo de certificação da ISO 14.001 da empresa, o auditor colocou como um risco ambiental e ocupacional o processo de tratamento devido à exposição do vapor de mercúrio e vidro no chão.

Mediante essa observação, a empresa resolveu modificar o seu escopo de contratação da empresa prestadora de serviço.

Os colaboradores que realizam a troca das lâmpadas dentro da empresa têm passado por um treinamento sobre como manuseá-las e em caso de quebra das mesmas, recebem orientações de como devem proceder com a limpeza dos resíduos e a ventilação do local para liberação do mercúrio para o meio externo minimizando a probabilidade de contaminação humana pela aspiração do mercúrio volatilizado. A área deve ficar ventilada em 24 horas quando possível, além disso, são utilizados equipamentos de proteção individual para realizar o manejo dos resíduos da lâmpada quebrada.

Segundo os aspectos legais, a RDC ANVISA Nº 306/04, e a Resolução CONAMA Nº 358/05 classifica o mercúrio como um resíduo que deve estar contemplado no Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) obedecendo a critérios técnicos que conduzam à minimização do risco à saúde pública e à promoção da qualidade ambiental. Desta forma, os cuidados e procedimentos para o adequado gerenciamento dos resíduos de mercúrio são de máxima importância, e a empresa em estudo atende às exigências de ambas as legislações.

Vale lembrar ainda que, conforme abordado por Nazar, Pordeus e Werneck (2005), a minimização na produção de resíduos de mercúrio nos processos, dependerá de uma disseminação cultural entre todos os envolvidos nos processos que utilizam o mercúrio, além do departamento técnico que faz as especificações, compras, usuários, manutenção e responsáveis pelo gerenciamento de resíduos; como também o comprometimento nas atitudes das pessoas e na organização das operações, uma vez que a empresa adotou novos barômetros sem mercúrio que são utilizados na produção minimizando assim o resíduo do mesmo.

Além disso, o processo de prevenção da produção de resíduos é otimizado por meio de diretrizes e encaminhamentos para a substituição, eliminação ou redução do uso e importação do mercúrio, seja dos medicamentos ou equipamentos e de ações do Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Saúde (por meio da ANVISA) com o uso de legislação específica.

Pela inexistência, na região estudada, de empresas capacitadas com licença de operação o para recebimento de vidro deste processo, os mesmos tem sido encaminhados para o Aterro Industrial da empresa Essencis, em Betim, para resíduos da Classe II A. Quanto ao resíduo

perigoso, após saturação do filtro, tem sido encaminhado para Essencis Betim Resíduos Perigosos.

O veículo recolhedor de resíduo é certificado pelo Inmetro, cujo motorista possui o curso MOPP, Licença de Operação da PBH Comercio Varejista de Sucatas, Licença de Operação Semad - Transporte de Resíduo Perigoso. Além disso, a empresa possui parcerias com outras empresas de destinação e tratamento de resíduos que fazem a coleta em seus clientes reencaminham os seus resíduos para esse tratamento específico.

Atualmente, a empresa realiza a contratação do serviço no qual coloca em seu escopo de contrato as considerações técnicas que têm melhorado o seu processo e ao mesmo tempo, garantido uma destinação ecologicamente correta dos seus resíduos.

Dentre estas, coloca-se que transporte e destinação final de lâmpadas fluorescentes queimadas, provenientes dos processos da empresa em estudo, deverão ser realizados de forma ambientalmente correta de acordo com as legislações ambientais vigentes e aplicáveis à atividade.

A periodicidade da retirada do resíduo para disposição será flexibilizada em função da produção do mesmo, podendo ter alterações no volume, sem a necessidade de justificativas uma vez que esse quantitativo possui alterações mês a mês tendo como um gasto médio de 5.400 lâmpadas ao mês. O local de retirada do resíduo será na Ilha Ecológica da empresa. A Ilha ecológica é um local que realiza a segregação dos resíduos produzidos dentro da empresa e destina para as contratadas conforme o resíduo para seu tratamento correto.

A coleta e transporte desse resíduo deverão ser realizados em embalagens/vasilhames/caçambas entre outros de forma que garanta a integridade do resíduo até a empresa de tratamento.

O processo utilizado pela empresa para realizar o tratamento/disposição final dado ao resíduo deverá ser apresentado em um descritivo técnico sucinto para a empresa contratante.

Segundo a especificação técnica da empresa em estudo, a empresa contratante deverá ainda apresentar os seguintes requerimentos:

- Disponibilidade para o Carregamento (data/início retirada do resíduo);
- Forma e local de armazenamento temporário dos resíduos;
- Prazo para a Destinação Final dos Resíduos;

- Prazo para entrega do certificado de destinação final;
- Declaração de concordância com esta especificação técnica e termo de confidencialidade;
- Apresentação da cópia da Licença Ambiental juntamente com as suas respectivas condicionantes e outras obrigações Ambientais Pertinentes;
- Licença Ambiental/Condicionantes (Licença de operação/ Funcionamento para o referido resíduo);
- Licença de Transporte/Condicionantes (Que cubra passagem do resíduo nos Estados que exigem a referida licença);
- Autos de Fiscalização do Órgão Ambiental: “03 últimos”;
- TCFA (IBAMA) – Demonstrar estar em dia com a Taxa de Controle de Fiscalização Ambiental;
- Cadastro Agência Nacional de Petróleo. (Especificação técnica de contratação do serviço, Setor de Meio ambiente da empresa em estudo, 2012)

Os certificados de destinação final dos resíduos das lâmpadas deverão apresentar no mínimo:

1. Descrição dos resíduos e processos;
2. Quantidade de resíduo destinado;
3. Logomarca da empresa contratada;
4. Nome e assinatura do Engenheiro Responsável pelo processo.
5. Carimbo e assinatura da empresa responsável por receber reciclar e co-processar o resíduo. (Especificação técnica de contratação do serviço, Setor de Meio ambiente da empresa em estudo, 2012).

O Certificado de Disposição Final e o MTR – Manifesto de Transporte de Resíduo, deverá ser enviado ao setor de Engenharia Ambiental da empresa em estudo.

O pagamento dos serviços prestados realizado a empresa contratada, somente será autorizado pelo setor de Engenharia Ambiental, mediante apresentação do certificado de destinação final dos resíduos.

O peso/unidade considerado aceito para pagamento de transporte e destinação do resíduo em referência deverá ser o mesmo peso

discriminado no ticket de pesagem e nota fiscal da empresa, ao qual deverão ser emitidos os boletos de cobrança do serviço realizado.

Segundo a especificação técnica de contratação do serviço do Setor de Meio ambiente da empresa em estudo (2012) a empresa a ser contratada deverá seguir as seguintes condições gerais para aceitação do serviço:

a) Cumprir todas as exigências previstas nas condicionantes da Licença Ambiental da Empresa;

b) Cumprir todas as legislações ambientais vigentes aplicáveis às atividades da Empresa e às atividades de transporte dos resíduos;

c) O transporte deverá ser exclusivamente para carregamento dos Resíduos da empresa contratante, não podendo haver “mistura” com qualquer outro tipo de resíduo ou de qualquer outra empresa;

d) Caso a empresa contratada não cumpra os prazos, carregamentos, volumes ou quaisquer cláusulas ou determinações desta Especificação Técnica, o serviço poderá ser transferido para outra empresa que reúna as condições operacionais, ambientais e legais necessárias, credenciando-a para a retirada do mesmo, não havendo desta forma contrato de exclusividade;

e) A empresa contratante se reserva no direito de, a qualquer momento, vistoriar e registrar "in loco" as atividades realizadas pela empresa contratada vencedora da licitação, sem aviso prévio.

f) A contratada deverá fornecer, obrigatoriamente, aos seus empregados os Equipamentos de Proteção Individual – EPI necessários às operações, conforme dispõe a NR 6 da Portaria 3214 do MTE, instruindo-os quanto ao uso correto e mantendo o controle de entrega/reposição dos equipamentos em fichas individuais. O uniforme com identificação e calçado de segurança são de uso obrigatório em todas as atividades. Todo o EPI necessário para a execução das atividades deverá estar em perfeita condição de uso e conservação, bem como apresentar, de forma indelével, o número do CA (Certificado de Aprovação) emitido pela Secretaria da Segurança e Saúde no Trabalho do MTE. (Especificação técnica de contratação do serviço, Setor de Meio ambiente da empresa em estudo, 2012).

Os resíduos devem ser transportados em veículos que no mínimo:

- Não permita o derramamento dos resíduos ou de chorume nas vias públicas;

- Possuam capacidade adequada de manobra e de vencer aclives;
- Possibilitem o basculamento de contêineres de diversos tipos;
- Distribui adequadamente a carga no chassi do caminhão;
- Apresentem capacidade adequada para o menor número de viagens ao dia.

A empresa contratada deverá atender aos requisitos legais e prover os meios para transportar o resíduo em referência (que atendam os requisitos legais de transporte de resíduos perigosos, conforme determinado pela ANTT – Agência Nacional Transporte Terrestre), até local da destinação final. Assim como garantir que estes meios estejam em perfeitas condições de funcionamento para trafegar com segurança nas vias municipais, estaduais e federais, especialmente quanto aos seguintes itens:

1. CNH do motorista;
2. Programa Interno de Autofiscalização da Correta Manutenção da Frota quanto a Emissão de Fumaça Preta;
3. Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas – RNTRC;
4. Para-choques, dianteiro e traseiro; protetores das rodas traseiras dos caminhões; espelhos retrovisores, interno e externo; limpador de para-brisa; lavador de para-brisa; pala interna de proteção contra o sol (para-sol) para o condutor; faróis principais dianteiros de cor branca ou amarela; luzes de posição dianteiras (faroletes) de cor branca ou amarela; lanternas de posição traseiras de cor vermelha; lanternas de freio de cor vermelha; lanternas indicadoras de direção: dianteiras de cor âmbar e traseiras de cor âmbar ou vermelha; lanterna de marcha à ré, de cor branca; velocímetro; buzina; extintor de incêndio e cinto de segurança para todos os ocupantes do veículo;
5. Retrorrefletores (catadióptrico) traseiros, de cor vermelha;
6. Lanterna de iluminação da placa traseira, de cor branca;
7. Freios de estacionamento e de serviço, com comandos independentes;

8. Pneus que ofereçam condições mínimas de segurança;
9. Dispositivo de sinalização luminosa ou refletora de emergência, independente do sistema de iluminação do veículo;
10. Tacógrafo;
11. Dispositivo destinado ao controle de ruído do motor, naqueles dotados de motor a combustão;
12. Roda sobressalente, compreendendo o aro e o pneu, com ou sem câmara de ar, conforme o caso;
13. Macaco, compatível com o peso e carga do veículo; chave de roda; chave de fenda ou outra ferramenta apropriada para a remoção de calotas;
14. Lanternas delimitadoras e lanternas laterais nos veículos de carga, quando suas dimensões assim o exigirem;
15. Cinto de segurança para a árvore de transmissão em veículos de transporte coletivo e carga;
16. Certificado de Registro e Licenciamento Anual – CRLV;
17. Inscrição na parte da traseira do veículo: “Como estou dirigindo?”, seguida da identificação do proprietário, do número de seu telefone e de seu endereço (somente para veículos licenciados em MG);
18. Licença ambiental para o transporte de resíduos perigosos;
19. Rótulos de risco e painel de segurança afixados no veículo;
20. Conjunto de equipamentos para situação de emergência;
21. Motorista com curso MOPP (Movimentação Operacional de Produtos Perigosos);
22. Certificado de Capacitação para o Transporte de Produtos Perigosos a Granel do veículo e dos equipamentos;
23. Documento fiscal com número, nome e classe do produto, declaração de carga devidamente acondicionada e Ficha de Emergência e Envelope para o Transporte. (Especificação técnica de contratação do serviço, Setor de Meio ambiente da empresa em estudo, 2012)

Na hipótese do transporte não atender a qualquer destes requisitos, a empresa contratante poderá recusar a entrada do veículo até que seja sanada a falta.

Estes veículos também deverão estar em dia com toda a documentação legal exigida pelo Código de Legislação de Trânsito. Será levado em consideração, se a empresa possui licença ambiental emitida pelo órgão competente, discriminando atividades para transporte de resíduos perigosos.

A empresa declara manter em sigilo absoluto, como um dos termos obrigatórios colocados pela empresa contratante, todas as informações inerentes ao transporte e destinação do resíduo em referência, sobretudo do conteúdo desta especificação técnica de contratação do serviço do setor de Meio ambiente da empresa em estudo (2012). A Contratada obriga-se:

- Cumprir fielmente as exigências legais de âmbito Federal, Estadual e Municipal, além das instruções contidas nesta Especificação, bem como os procedimentos específicos de segurança e meio ambiente, dentro das instalações da empresa;
- Respeitar e fazer respeitar por seus empregados, as normas da contratante, sinalização, avisos, instruções, etc.;
- Designar técnico e/ou engenheiro de segurança para acompanhar periodicamente os serviços a serem executados pela Contratada e responsabilizar-se pela correta aplicação das NR, para qualquer número de empregados da Contratada;
- A fornecer uniforme com identificação para os funcionários, obrigando a sua utilização bem como o crachá de identificação;
- Respeitar as placas de advertência e sinalização e não fumar nos locais de trabalho;
- Prestar os serviços através de empregados especializados nos trabalhos que forem executar e serem qualificados para operar equipamentos de transporte motorizado.

Atualmente, este tem sido o escopo técnico de contratação do serviço de tratamento dos resíduos de lâmpadas queimadas dentro da empresa em estudo. (Especificação técnica de contratação do serviço, Setor de Meio ambiente da empresa em estudo, 2012)

CAPÍTULO V

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ESTUDO DE CASO

Os estudos consultados visam ainda a promoção da saúde pública e o desenvolvimento sustentável do setor de cuidado à saúde, para que este se transforme em exemplo para a sociedade no que diz respeito à proteção do meio ambiente, da saúde do trabalhador, do paciente e da população em geral, sem prejuízo da qualidade da assistência. Muitos pesquisadores consultados demonstram um esforço para sensibilizar as instituições e preparar o setor da saúde para responder ao desafio global do banimento do mercúrio.

Portanto o estudo foi importante devido a sua oportunidade de promover e aumentar o conhecimento dos profissionais e dirigentes da empresa para os perigos relacionados à exposição ao mercúrio.

Nos postos odontológicos dentro da fábrica são adotadas medidas preventivas de segurança em relação ao manuseio do amalgama e aos resíduos dele decorrentes, bem como da manipulação e disposição final. Além disso, os consultórios possuem uma iluminação com boa visibilidade, sem ofuscamentos ou sombras; ventilação permitindo a circulação e renovação de ar; os revestimentos dos pisos são de material lavável e impermeável facilitando e possibilitando os processos de descontaminação e/ou limpeza; as paredes de alvenaria e com as divisórias entre os consultórios de vidro além do amalgama ser em cápsulas, facilitando a quantidade a ser manuseada e minimizando a exposição ocupacional do profissional; as bancadas dos consultórios são lisas, pouco absorventes e permite em caso de derramamento, uma higienização e recolhimento correto dos resíduos.

Os profissionais da Odontologia da empresa são treinados sobre o manuseio adequado desses resíduos e sobre os riscos ocupacionais e ambientais a fim de colaborar e evitar a contaminação do ambiente de trabalho e de todo ecossistema, além dos riscos de exposição humana através dos resíduos despejados na rede de esgoto e emanados no ar.

O estudo da literatura permitiu destacar que apesar dos benefícios que envolvem o uso do amálgama em procedimentos odontológicos, pelas suas propriedades, como a facilidade de manuseio, alta durabilidade e baixo custo, ainda prevalece um fator negativo a seu uso no aspecto de impactos gerados na saúde, tanto ocupacionais quanto do paciente, e também, no ambiente, pelos riscos de contaminação dos

recursos naturais necessários para a promoção de uma adequada qualidade de vida. (CÉSAR *et al*, 2008; LACERDA, 1997).

Outro aspecto identificado é que não se encontra no Brasil uma única empresa que ofereça um serviço de recolhimento de todos os resíduos químicos gerados em uma organização, uma vez que essa alternativa poderia facilitar a disposição correta dos mesmos e a contratação do serviço pela empresa. Não foi possível identificar nas pesquisas e estudos uma empresa que detenha, hoje, no Brasil, licenciamento ambiental para receber e tratar toda a gama de resíduos químicos gerados em uma empresa independente do seu segmento. O objetivo da afirmação acima é alertar as empresas sobre essa realidade e, se for o caso, colocar em avaliação aquelas empresas que afirmam ter contratos com empresas com essas características.

Portanto, não se encontram soluções completas para o tratamento de resíduos químicos, até mesmo a empresa que realiza todo o manejo correto das lâmpadas contendo vapores de mercúrio, não realiza o tratamento do mercúrio líquido, pois são necessárias duas autorizações distintas, uma vez que os tratamentos serão diferenciados. Inexiste um documento único de liberação ambiental que atenda a diversidade dos resíduos químicos das atividades industriais brasileiras. É sabido ainda que, uma vez que a empresa não tenha toda a documentação e a capacidade de efetivamente coletar, armazenar e entregar para as unidades devidamente licenciadas para cada tipo de resíduos, esta não está legalmente amparada frente à legislação ambiental, em especial a Lei de crimes contra o meio ambiente.

Ressalta-se também a importância da empresa contratante exigir de suas contratadas toda a documentação obrigatória de licenças ambientais para o transbordo de resíduos, e que, posteriormente os encaminham para disposição ou tratamento, além das licenças dos tratadores e a licença de transbordo de resíduos químicos perigosos.

Devido a dificuldade de conseguir uma empresa com toda as licenças exigidas pela legislação, a empresa estudada, nesses 35 anos achou melhor admitir que não tinha solução para o resíduo de mercúrio e armazená-los até achar uma solução, do que “escamoteá-lo” em meio a outros resíduos com características diversas, mesmo que enviados para unidades licenciadas (mas não para aquele tipo de resíduo). É preciso um investimento maior em empresas que realizem um serviço de qualidade e que permita a rastreabilidade e documentação específica, confirmável junto ao órgão ambiental, de cada resíduo tratado. É preciso encontrar alternativas mais viáveis e ecologicamente corretas, pois o

processo de incineração, alardeado como ideal para resíduos especiais, não é a melhor solução para os resíduos químicos, pois utiliza tecnologia cara, arriscada, poluidora e, certamente, bastante limitada em relação a determinados tipos de resíduos que simplesmente são legalmente proibidos de serem tratados pelo processo de incineração, mas que continuam sendo enviados para essas unidades por ignorância de algumas empresas e até mesmo por má fé de outras.

É necessária também uma atenção nas empresas que vendem, por exemplo, lâmpadas e se comprometem a receber de volta a lâmpadas queimadas, como logística reversa, ressaltada fortemente na Política Nacional de Resíduos Sólidos, a Lei N.º 12.305, aprovada no ano de 2010. A questão de destinação de lâmpadas com mercúrio é totalmente diferente do comércio de lâmpadas, e ainda não existe uma legislação específica sobre logística reversa de lâmpadas, embora haja iniciativas nesse campo. Ainda, não existe nada que garanta que o vendedor que retire lâmpadas queimadas enquanto entrega as novas, exerça essa atividade legalmente, a menos que ele tenha a documentação ambiental (para tratar e dispor essas lâmpadas), sem mencionar da necessidade de licenças de transporte, transbordo, entre outros documentos. Portanto se a empresa contratada não possuir a documentação, a empresa contratante incorrerá em falha grave por isso, constituindo-se em não conformidade em seu sistema de gestão de qualidade e ambiental, não bastando dizer que a empresa foi lesada pelo fornecedor, visto que a legislação ambiental imputa ao gerador a responsabilidade por verificar a legalidade dos prestadores de serviços ambientais contratados.

Segundo Júnior e Windmöller (2008), o risco oferecido por uma única lâmpada é quase nulo, mas quando se leva em consideração que o Brasil comercializa cerca de 100 milhões de lâmpadas por ano, o descarte das mesmas se torna um problema devido a soma de todo o mercúrio. Segundo estudos, as indústrias de reciclagem de lâmpadas de mercúrio não realizam o tratamento correto de aproximadamente 6% do estoque de lâmpadas queimadas no país. Além disso, o custo da reciclagem e a conseqüente descontaminação para o gerador de resíduo ainda são muito caros, sendo que há uma estimativa que esse custo chegue em média no Brasil por volta de R\$ 0,60 a R\$ 0,70 por lâmpada sem os custos de transporte, embalagem e seguro do transporte que serão diferenciados conforme a distância e o volume. (LUMIÈRE, 2007 *apud* JÚNIOR e WINDMÖLLER, 2008).

Existem várias legislações sobre resíduos de mercúrio e umas até mesmo contraditórias em relação a limite de exposição segura ao

mercúrio para o ser humano sendo possível identificar uma real necessidade de construir uma Política Nacional de Gestão do Mercúrio de forma a garantir um diálogo político entre as diversas partes interessadas em busca de um entendimento sobre um conceito crítico e a distribuição das regulamentações existentes para identificar as propostas de gestão estratégica de mercúrio segundo os princípios da precaução e da proteção da saúde e do meio ambiente;

É necessária uma conscientização social do setor empresarial, bem como o seu engajamento nas discussões sobre o assunto, pois muitos trabalhadores desconhecem a exposição ocupacional ao mercúrio e os malefícios que tal metal pode causar, e tampouco conhecem as formas de se prevenir. Não esquecendo que, no Brasil, os malefícios à saúde dos trabalhadores expostos ao mercúrio e seus compostos tóxicos são reconhecidos por meio de uma Portaria (nº 1399/GM de 18 de novembro de 1999);

Além disso, o objetivo da legislação é que nos processos industriais que utilizam o mercúrio, esse seja substituído por substâncias químicas menos nocivas. Na impossibilidade de substituição imediata, deve-se reduzir sua utilização que somente deve ser feita em locais planejados visando o acesso restrito de trabalhadores naquela área, sempre com a utilização de equipamentos de proteção individual. Sendo importante também a conscientização da população, através de campanhas educativas, sendo esse investimento um dos maiores ganhos para a efetivação de políticas sociais, ambientais e de saúde. Portanto a segurança química deve ser uma responsabilidade do Estado, apenas com o controle social e políticas públicas transversais para termos como resultado a garantia da saúde e de um meio ambiente limpo, sendo ainda necessário estudos com todos os envolvidos sobre a importância da logística reversa desses resíduos perigosos.

A pesquisa possibilitou uma reflexão dos conceitos e os números dos resíduos de mercúrio gerados dentro da empresa e os seus riscos ambientais e ocupacionais. A quantidade de mercúrio no laboratório é de pequena representatividade, porém apontam para uma busca de solução correta de destinação final que possibilite ganhos coletivos em todas as dimensões, sejam estas a dimensão social, econômica e ambiental.

A legislação ambiental brasileira infelizmente impõe às empresas uma gama de documentação que acaba criando um cenário de morosidade para todo o processo. Algumas instituições não têm cumprido quase nada dessa legislação e documentação, o que dá

impressão de que o problema está nos dispositivos de controle impostos pela legislação, que aparenta ser exagerados, mas que necessários de serem atendidos na íntegra, uma vez que, a mesma coloca os controles necessários para um tratamento adequado dos resíduos levando em consideração o ambiente e a saúde.

Realmente atender a legislação ambiental brasileira é trabalhoso e com um custo elevado para as empresa, mas o descontrole custa a toda a sociedade a saúde e danos às vezes irreversíveis ao ambiente no qual estamos inseridos. A escolha da melhor solução ou não para a destinação correta dos resíduos de mercúrio é dos gestores e dirigentes das organizações e esses devem ser o exemplo da aplicabilidade da legislação e do seu atendimento visando um desenvolvimento sustentável da empresa e da comunidade.

Além disso, o estudo permitiu uma pesquisa das empresas que realizam a melhor alternativa de tratamento de resíduos contendo mercúrio e um maior conhecimento sobre os perigos e riscos desse metal. Foi possível identificar que infelizmente não se encontra no mercado pesquisado uma empresa que possua toda a documentação exigida para o tratamento do seu mercúrio. Portanto, procurou-se por ora, mudar a embalagem de armazenamento do mercúrio no laboratório para embalagens de plástico e com água para evitar a formação de vapor de mercúrio, opção escolhida devido ao risco de quedas dos vidros com o metal pesado.

CAPÍTULO VI

6 Conclusão

O trabalho permitiu um diagnóstico dos resíduos de mercúrio em uma montadora de veículos desde a sua geração até a tratativa correta final dos mesmos. A melhoria contínua do Sistema de Gestão Ambiental assegura um envolvimento direto da geração dos resíduos com a sua destinação correta a fim de garantir a participação na sustentabilidade do negócio.

Os resultados apresentados permitem concluir que:

- Os resíduos contendo mercúrio são provenientes de amalgamas, quebras dos barômetros e lâmpadas fluorescentes;
- Não existe no mercado uma empresa especializada em tratamento de resíduos de mercúrio que atenda a todos os critérios da legislação vigente;
- A Legislação Brasileira sobre o controle dos resíduos de mercúrio é contraditória em alguns aspectos de exposição do empregado, mas extremamente necessárias para uma gestão e tratamento correto dos resíduos e segurança do ser humano e do meio ambiente;
- A empresa analisada ainda atua com medidas mitigadoras apesar de ser um destaque nos investimentos de redução de consumo de energia elétrica e utilização de lâmpadas fluorescentes.

REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resíduos de serviços de saúde terão regras nacionais da origem até o seu destino final**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2003/060303.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 306**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0306_07_12_2004.html>. Acesso em: 12 out. 2011.

ALEXANDRE, Susan de Cássia. **Avaliação de área contaminada por mercúrio total em Descoberto – Minas Gerais**. 2006. 63f. Tese (Obtenção do título Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Escola de Engenharia Civil, Viçosa.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ILUMINAÇÃO. Disponível em: <<http://www.abilux.com.br>>. Acesso em: 19 nov. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**. Disponível em: <<http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2011.

AZEVEDO, Andréa Pires de Mello de. **Efeito de produtos químicos e ruído na gênese de perda auditiva ocupacional**. 2004. Nº 162. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Fundação Oswaldo Cruz, Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Rio de Janeiro.

BRABO, Edilson da Silva *et al.* Níveis de mercúrio em peixes consumidos pela comunidade indígena de Sai Cinza na Reserva Munduruku, Município de Jacareacanga, Estado do Pará, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p.325-331, abr./jun. 1999.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviço de saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_gerenciamento_residuos.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2011.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em : <<http://www.mma.gov.br>> . Acesso em : 02 nov. 2011.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas regulamentadoras de segurança e saúde dos trabalhadores**. Brasília: MTE, 1978. Disponível em: <http://www3.mte.gov.br/seg_sau/leg_normas_regulamentadoras.asp>. Acesso em 15 nov. 2011.

CAMPINAS. **Lei Municipal 11.294/2002**. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

CATARINO, S.; CURVELO-GARCIA, A.S.; BRUNO DE SOUZA, R. Elementos contaminantes nos vinhos. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, Dois Portos, v.23, n.1, p.3-19, 2008.

CAXIAS DO SUL. **Lei Nº 5.873**. Disponível em: < http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

CESAR, Ricardo Gonçalves *et al.* Biodisponibilidade de metilmercúrio, zinco e cobre em distintas frações granulométricas de solo contaminado utilizando Oligoquetas da espécie *Eisenia Andrei*. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v.31, n.2, p.33-41, 2008.

CLARO, Flávio Augusto *et al.* Mercúrio no amálgama odontológico: riscos da exposição, toxicidade e métodos de controle - revisão da literatura. **Revista Biociências**, Taubaté, v.9, n.1, p.47-54, jan./mar. 2003.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br>>. Acesso em : 02 nov. 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em : 02 nov. 2011.

COSTA, Gisele dos Santos. **Aplicação de biossensor microbiano bioluminescente na detecção de Hg (II)**. 2010. 111f. Dissertação

(Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro.

COSTA, Luciana Cristina A. da; ROHLFS, Daniela Buosi. **O mercúrio e suas consequências para a saúde**. 2010. Nº 20. Monografia (Pós-graduação em Biociências Forenses) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás. Disponível em: <<http://www.cpgls.ucg.br/ArquivosUpload/1/File/V%20MOSTRA%20DE%20PRODUO%20CIENTIFICA/S AUDE/70.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2012.

DALLAGO, Rogério Marcos *et al.* Extração e recuperação de prata e mercúrio em efluentes gerados na determinação de DQO empregando métodos físico-químicos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio Grande do Sul, v.13, n.2, p.121-125. Abr./Jun. 2008.

DALMASO, Bernadete Montovanelli *et al.* Gerenciamento para recuperação final do elemento químico mercúrio após análise nitrogênio amoniacal e demanda química de oxigênio. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, 24, 2004, Florianópolis. **ABEPRO**, Florianópolis, 2004, p.5245-5251.

DIÁRIO DA REPÚBLICA. **Ministérios da saúde e do ambiente**: portaria nº 744-A/99. 1. Série B, n. 198, p.2-5, 1999.

DINIZ, Alisson Duarte. **Origem e dinâmica do mercúrio em sistemas de transformação latossolo-podzol na bacia do Rio Negro, Amazonas**. 2010. Nº 142. Tese (Doutorado em Análise Ambiental e Sistemas de Informação) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro.

DOLK, Helen; VRIJHEID, Martine. The impact of environmental pollution on congenital anomalies. **British Medical Bulletin**, Oxford, v.68, n.1, p.25-45, 2003. Disponível em: <<http://bmb.oxfordjournals.org/content/68/1/25.abstract>>. Acesso em: 29 fev. 2012.

ESTURARI, Silvio Mário. **O sistema de gestão ambiental na indústria automobilística: a experiência da Scania**. 2005. p. 145. Dissertação (Mestrado em Sistema Integrado de Gestão) – Centro Universitário SENAC-SP, Santo Amaro. Disponível em: <<http://bibliot>

eca.sp.senac.br/LINKS/acervo238432/Silvio_Esturari.pdf>. Acesso em: 12 out. 2011.

ESPÍRITO SANTO. **Lei Estadual Nº: 6.834/01**. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

FARIA, Marcília de Araújo Medrado. Mercuralismo metálico crônico ocupacional. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.37, n.1, p.116-127, 2003.

FERREIRA, João Alberto; ANJOS, Luiz Antônio dos. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.17, cap.3, p.689-696, mai./jun. 2001.

FONSECA, Janaína Conrado Lyra da. **Manual para gerenciamento de resíduos perigosos**. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 92p.

FOZ DO IGUAÇU. **Lei Municipal nº:2.702/02**. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

FREITAS, Carlos M. de; PORTE, Marcelo F. de S.; GOMEZ, Carlos M. Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública. **Revista Saúde Pública**, Rio de Janeiro, n.29, p.503-514. 1995.

GIOVANELLA, Patrícia *et al.* Isolamento e seleção de micro-organismos resistentes e capazes de volatilizar mercúrio. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n.2, p.232-236, 2011.

GONÇALVES, Aguinaldo *et al.* Intoxicação humana pelo mercúrio: revisão clínica e evidências de genotoxicidade em populações da Amazônia Legal. **Revista Brasileira de Medicina**, Campinas, V.59, n.1/2, p.99-105, jan./fev. 2002.

GONÇALVES, Aguinaldo; GONÇALVES, Neusa Nunes da Silva e. Exposição humana ao mercúrio na Amazônia brasileira: uma perspectiva histórica. **Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, v.16, n.6, p.415-419, dez. 2004.

GUIMARÃES, João Roberto Penna de Freitas. Toxicologia das emissões veiculares de diesel: um problema de saúde ocupacional e pública. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v.6, n.1, p. 82-94, jan./abr. 2004.

HACON, Sandra; AZEVEDO, Fausto. **Plano de ação para a cooperação regional sobre a prevenção e controle da contaminação por mercúrio nos ecossistemas amazônicos**. Brasília: Organização do Tratado para Cooperação Amazônica (OTCA) e Ministério do Meio Ambiente do Brasil (MMA), 2006. 95p. Disponível em: <http://www.otca.org.br/imagens/br/documentos/mercurio_port.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2011.

IBIÚNA. **Lei Municipal 685/2001**. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

ITAPIRA. **Lei Municipal n. 3.994/2006**. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

JESUS, Leda Freitas de; MARINHA, Marden Samir; MOREIRA, Fátima Ramos. Amálgama dentário: fonte de contaminação por mercúrio para a odontologia e para o meio ambiente. **Cadernos de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.18, cap.4, p.509-515. 2010.

JÚNIOR, Walter Alves Durão; WINDMÖLLER, Cláudia Carvalhinho. A Questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. **Revista Química Nova na Escola**, Niterói, n.28, p.15-19, mai. 2008.

KOJIMA, Rafael Hideki *et al.* Lâmpadas fluorescentes - descarte correto do resíduo de mercúrio. In: Jornada Odontológica e Jornada Acadêmica, 61 e 21, 2007, Araraquara. **Revista de Odontologia da UNESP**, Araraquara: UNESP, 2007.

LA ROVERE, Emilio Lèbre. **Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, cerrado e pantanal** : demandas e propostas: metodologia de avaliação de impacto ambiental. Série Meio Ambiente em Debate, Brasília : Ed. IBAMA, n.37, 54 p. 2001.

LACERDA, L. D. Contaminação por mercúrio no Brasil: fontes industriais vs. garimpo de ouro. **Revista Química Nova na Escola**, Niterói, v.20, n.2, p.196-199. 1997.

LACERDA, Luiz Drude de; SANTOS, Angelo Francisco dos; MARINS, Rozane Valente. Emissão de mercúrio para a atmosfera pela queima de gás natural no Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.2, p.366-369, 2007.

LEITE, W.R. **Sistema de Administração da Produção Just in Time (JIT)**. Monografia (conclusão de curso de Pós graduação em Logística). IETEC - Instituto de Educação Tecnológica Continuada, Belo Horizonte, 2006. p. 1 – 16.

LIMAVERDE FILHO, Aricelso Maia. CAMPOS, Reinaldo Calixto de. Redução seletiva aplicada à especiação de mercúrio em peixes: uma adaptação do método de magos. **Química Nova**, São Paulo, v.22, n.4, jul./aug. 1999.

LOUREIRO, Daniel Dias. **Comportamento do mercúrio em lagoas costeiras urbanas**: das mudanças paleoambientais ao balanço de massa (estudo de caso: Lagoa Rodrigo de Freitas). 2010. Nº 121. Dissertação (Doutorado em Geoquímica Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Departamento de Geoquímica, Niterói.

LUCON, Oswaldo. **Aplicação do enfoque *Natural Step* ao mercúrio de lâmpadas fluorescentes**. 1999. 22f. Trabalho Final (Especialização em Energia). Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/1999/abstract/Lucon-ene.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2012.

MARINS, Rozane V.; PARAQUETTI, Heloísa Helena M.; AYRES, Gisele A. Alternativa analítica para especiação físico-química de mercúrio em águas costeiras tropicais. **Revista Química Nova na Escola**, Niterói, v.25, n.3, p.372-378. 2002.

MARINS, Rozane V.; PAULA FILHO, José de; MAIA, Saulo Robério Rodrigues. Distribuição de mercúrio total como indicador de poluição urbana e industrial na costa brasileira. **Química Nova**, São Paulo, v.27, n.5, p.763-770, 2004.

MELANE, Ana Lúcia Neves Pimenta. **Meio Ambiente**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2009. 533p.

MICARONI, Regina Clélia da Costa Mesquita; BUENO, Maria Izabel Maretti Silveira; JARDIM, Wilson de Figueiredo. Compostos de mercúrio: revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.4, p.487-495. 2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Gerenciamento dos resíduos de mercúrio nos serviços de saúde**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Brasília: MMA, 2010. 46p.

NAIME, Roberto; GARCIA, Ana Cristina. Propostas para o gerenciamento dos resíduos de lâmpadas fluorescentes. **Revista Espaço para a Saúde**, Londrina, v.6, n.1, p.1-6, dez. 2004.

NAZAR, Michael William; PORDEUS, Isabela Almeida; WERNECK, Marcos Azevedo Furquim. Gerenciamento de resíduos sólidos de odontologia em postos de saúde da rede municipal de Belo Horizonte, Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v.17, n.4, p.237-242, 2005.

NOVA FRIBURGO. **Lei Municipal 3172/2002**. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

NOVA PRATA. **Lei Municipal 4776/2002**. Disponível em: <[http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=nova%20prata%20-%20rs%20\(lei%20municipal%204776%2F2002\)&source=web&cd=6&sqi=2&ved=0CEkQFjAF&url=http%3A%2F%2Fsrv00.tce.rs.gov.br%3A8081%2Fblm%2FMunicipios_M_ate_Z%2FNova_Prata%2F133-LEI-04776-2002.doc&ei=Ozz8TsKiNZHjtQamu9X2Dw&usg=AFQjCNEu2zOcDpoI-Z5wBx8LLqj6vclGNg](http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=nova%20prata%20-%20rs%20(lei%20municipal%204776%2F2002)&source=web&cd=6&sqi=2&ved=0CEkQFjAF&url=http%3A%2F%2Fsrv00.tce.rs.gov.br%3A8081%2Fblm%2FMunicipios_M_ate_Z%2FNova_Prata%2F133-LEI-04776-2002.doc&ei=Ozz8TsKiNZHjtQamu9X2Dw&usg=AFQjCNEu2zOcDpoI-Z5wBx8LLqj6vclGNg)>. Acesso em: 02 nov. 2011.

PAIM, C.P.; PALMA, E.C.; EIFLER-LIMA, V.L. Gerenciar resíduos químicos: uma necessidade. **Caderno de Farmácia**, Rio Grande do Sul, v.18, n.1, p.23-31. 2002.

PIMENTA, Paulo Roberto. **Manual de informações sobre segurança, recolhimento e descarte de resíduos químicos nos laboratórios de pesquisas**. Disponível em: <www.ima.ufrj.br/~coleta/index/downloads/manualseguranca.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2011.

PLASTINA, Bruno Ribeiro. **Distribuição espacial de mercúrio nos sedimentos superficiais da lagoa de Piratininga**. 2009. 44f. Monografia (Especialização em Biologia Marinha e Oceanografia) – Faculdades Integradas Maria Thereza, Niterói.

REDE BRASILEIRA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA. Disponível em: <<http://www.pmaisl.com.br>>. Acesso em: 02 nov. 2011.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual n. 11.187/98**. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm >. Acesso em: 02 nov. 2011.

RODRIGUES, Carla Regina Blanski. **Aspectos legais e ambientais do descarte de resíduos de medicamentos**. 2009. p. 110. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/121/Dissertacao.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2011.

RODRIGUES, Evelyn *et al.* O laboratório clínico livre de mercúrio. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, Rio de Janeiro, v.47, n.3, p.211-216, jun. 2011.

RUSHTON, Lesley. Health hazards and waste management. **British Medical Bulletin**, Oxford, v.68, n.1, p.183-197, 2003. Disponível em: <<http://search.conduit.com/Results.aspx?q=Health+hazards+and+waste+management+lesley+rushton&ctid=CT2582599&octid=CT2582599&SearchSource=1>>. Acesso em: 28 fev. 2012.

RYBA, Andréa. **Modelagem da biossorção de mercúrio com macrófitas envolvendo equações diferenciais de ordem inteira e fracionária**. 2011. Nº 94. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba.

SÁ, Andréa Lima de; HERCULANO, Anderson Manoel. Exposição humana ao mercúrio na região oeste do estado do Pará. **Revista Paraense de Medicina**, v.20, n.1, p. 19-25, jan./mar. 2006.

SANTA CATARINA. **Lei Estadual n.11.347/00**. Disponível em: <<http://www.tj.sc.gov.br/jur/legis.htm>>. Acesso em : 02 nov. 2011.

SANTOS, Eliane Iara dos. **Avaliação do grau de contaminação da alface por metais pesados no município de Gurupi - TO**. 2009. p. 76. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi. Disponível em: <http://www.site.uft.edu.br/producao_ovegetal/doc/Eliane%20Iara%20Alebrandt%20dos%20Santos.pdf>. Acesso em: 12 out. 2011.

SANTOS, Elisabeth C. de Oliveira *et al.* Exposição ao mercúrio e ao arsênio em Estados da Amazônia: síntese dos estudos do Instituto Evandro Chagas/FUNASA. **Revista Brasileira de epidemiologia**, São Paulo, v.6, n.2, p.171-185, jun. 2003.

SÃO PAULO. **Lei Estadual n.º 10.888/01**. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

SÃO PAULO. **Lei Municipal 12.653/98**. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

SENDEROWITZ, Stephanie *et al.* **Ecotoxicidade e biodisponibilidade de mercúrio em solos oriundos de área sob influência de rejeitos industriais e metalúrgicos em Queimados, RJ**. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XVIII_jic_2010/Stephanie_Senedowitz.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2012.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. **Protocolos de biossegurança para profissionais em odontologia**. 45 p. Rio Branco, 2009.

SOHN, Hassan; NYCZ, Zuleica. **Regime jurídico do mercúrio no Brasil**: um estudo preliminar. 1. ed. Curitiba: APROMAC, 2010. 42p.

WINDMÖLLER, Cláudia Carvalhinho *et al.* Distribuição e especiação de mercúrio em sedimentos de áreas de garimpo de ouro do Quadrilátero

Ferrífero (MG). **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.5, p.1088-1094, 2007.

ZAVARIZ, Cecília; GLINA, Débora Miriam R. Efeitos da exposição ocupacional ao mercúrio em trabalhadores de uma indústria de lâmpadas elétricas localizada em Santo Amaro, São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.9, n.2, p.117-129, abr./jun. 1993.

ANEXO

Artigo

Esse artigo foi submetido a Revista Engenharia Sanitária e Ambiental em julho de 2012 e esta em análise da equipe examinadora.

<http://submission.scielo.br/index.php/esa/author/submission/96915>

A Experiência Brasileira no Tratamento de Resíduos Contendo Mercúrio e Aspectos da Legislação

Mirian Cristina Reis de Oliveira^(*)

Enfermeira, Mestranda em Engenharia Ambiental pela UFSC –
Universidade Federal de Santa Catarina.

Joel Dias da Silva

Doutor em Engenharia Ambiental. Bolsista de Pós-Doutorado no Programa MEC CAPES/PNPD. Professor e Pesquisador no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da FURB – Universidade Regional de Blumenau. Instrutor Nível III - SENAI Blumenau.

Armando Borges de Castilhos Jr.

Doutor em Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos. Professor Associado III do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Pesquisador Nível II do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Endereço para correspondência ^(*): Rua Ester Augusta Ribeiro, n. 80 apto. 204, Camargos Belo Horizonte – MG. CEP: 30.525-490. E-mail: mirian.oliveira17@gmail.com.

RESUMO

O artigo é uma revisão da literatura sobre a experiência brasileira no tratamento de resíduos contendo mercúrio com foco nas obrigações legais das empresas na prevenção de passivos ambientais. Foram pesquisadas teses, dissertações e artigos técnicos publicados a partir do final da década de 90 até o ano de 2011, e rastreados nas bases de dados e bibliotecas eletrônicas LILACS, BIREME e SciELO. Procurou-se destacar as principais propostas quanto à classificação dos resíduos contendo mercúrio, bem como o tratamento adequado dos mesmos, passando pelos riscos relacionados ao manuseio e exposição ao mercúrio, baseadas sempre no enfoque de preservação e atendimento da legislação a fim de evitar passivo ambiental para a empresa. Os resultados permitiram identificar a existência de leis, portarias e decretos, nas diferentes esferas do Governo, algumas até mesmo contraditórias em relação ao limite de exposição segura ao mercúrio para o ser humano. Nota-se que, atender a legislação ambiental brasileira não tem sido fácil e, muitas vezes com custo elevado para as empresas, porém, o descontrole tem causado danos a toda a sociedade, saúde pública e ambiente, e por vezes, irreversíveis. Diante deste quadro, percebeu-se que a escolha da melhor solução ou não para a destinação correta dos resíduos de mercúrio é dos gestores e dirigentes das organizações, e esses devem ser o exemplo da aplicabilidade da legislação e do seu atendimento visando um desenvolvimento sustentável da empresa e garantindo a segurança da comunidade.

Palavras-chave: Mercúrio, Legislação ambiental, Resíduos.

ABSTRACT

The article is a review of the literature on the Brazilian experience in the treatment of mercury-containing waste with a focus on companies' legal obligations in the prevention of environmental liabilities. We investigated theses, dissertations and articles published since the late 90's until the year 2011, and tracked on databases and electronic libraries LILACS, BIREME, SciELO. We sought to highlight the main proposals on the classification of waste containing mercury and the proper treatment, from the risks related to handling and exposure to mercury, always based on the analysis of preservation and care of the legislation to avoid environmental liability for the company. The results showed the existence of laws, regulations and decrees, in different spheres of government, some even contradictory in relation to the limit of safe exposure to mercury for humans. Note that, meet Brazilian environmental legislation has not been easy and often high cost for companies, however, the lack has caused damage to the whole society, public health and environment, and sometimes irreversible. Given this context, it was realized that choosing the best solution or not for the correct disposal of mercury waste is managers and leaders of organizations, and these should be the example of the applicability of legislation and its service targeting a sustainable development of company and ensuring community safety.

Keywords: Mercury, environmental law, waste.

INTRODUÇÃO

Pesquisas relacionadas à poluição por metais apontam o mercúrio como um dos mais importantes no monitoramento global de poluição antrópica devido as suas características, tais como: toxidez; comportamento no meio ambiente no qual ele se retém nos sedimentos sendo incorporados na cadeia alimentar, sua extensa utilização nas indústrias, seus riscos e danos causados através do descarte incorreto, entre outros (COSTA, 2010; MARINS *et al.*, 2004).

Com base nesse cenário, o estudo preliminar do Regime Jurídico do Mercúrio no Brasil conduzido pela APROMAC – Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte, no ano de 2010, apresentou uma síntese das legislações sobre o mercúrio no Brasil e relata que o Decreto Federal nº 97.634/1989 estabeleceu o registro obrigatório dos importadores, produtores e comerciantes como uma condição prévia para o desempenho das atividades relacionadas com mercúrio no país. Cita-se também a Portaria IBAMA nº 32/1995 como estabelecendo os pormenores do registro e a obrigação de notificação prévia para importações de mercúrio metálico. O Decreto Legislativo nº 197/2004 aprovou a Convenção de Roterdã no Brasil (que fala sobre o que?), ratificada pelo Decreto nº 5360/2005, e a Instrução Normativa IBAMA nº 02/2000 estabeleceu regras para o controle das pilhas e baterias contendo mercúrio. Quanto ao transporte interno de substâncias perigosas, existe apenas uma regra geral sobre movimentação nacional de substâncias perigosas da ANTT (Resolução nº 420/2004) que menciona o mercúrio como parte de uma longa lista de substâncias (e que cuidados se deve ter? citou mas o mais importante ficou de fora).

O mercúrio (Hg) é um metal de cor branca prateado, inodoro, com baixo ponto de fusão (-38,87°C) e de fácil volatilização. Na natureza é encontrado em três formas: mercúrio metálico, sais inorgânicos de mercúrio e mercúrio

orgânico, que se diferem pelos aspectos toxicológicos de absorção, transporte e excreção (do metal). O mercúrio não faz parte da constituição normal do organismo dos seres vivos e também não desempenha funções nutricionais ou bioquímicas, sendo assim, quando absorvido de forma continuada, independente da concentração, representa um grave risco para o homem e para os seres vivos em geral devido ao seu efeito cumulativo que pode ocasionar perturbação crônica e progressiva das funções metabólicas e celulares dos indivíduos que a ele estão expostos. (ATSDR, 1999; AZEVEDO *et al.*, 2003; TSALEV *et al.*, 1983 apud JESUS; MARINHA; MOREIRA 2010).

Para a avaliação de toxicidade desse metal é preciso que se conheçam todas as suas espécies, sendo que os compostos organomercuriais, como metil, etil e dimetil mercúrio, são de alta toxicidade para o ser humano. Além disso, as ligações alquil de cadeia curta são facilmente absorvidas, mal metabolizadas e têm um longo tempo de permanência no corpo. (WINDMOLLER *et al.* 2007).

METODOLOGIA

Desenvolveu-se um estudo de caso descritivo e exploratório, com investigação da literatura e legislação vigente. A revisão bibliográfica permitiu um embasamento teórico para a estruturação do trabalho possibilitando fazer um comparativo direto com a realidade prática vivenciada na empresa garantindo a destinação final correta para o resíduo de mercúrio e o atendimento a legislação vigente no país. A revisão da literatura ocorreu no período de 1998 a 2011 levando em consideração as legislações vigentes no Brasil sobre resíduos no qual foram consultados artigos científicos, teses e dissertações rastreados nas bases de bancos e bibliotecas eletrônicas LILACS, BIREME e SciELO. As palavras-chave utilizadas na busca foram: *mercúrio, legislação*

ambiental, resíduos. Os critérios de inclusão foram os artigos que tivessem uma abordagem da legislação Brasileira. Foram excluídos do estudo os artigos que abordavam outros fatores ligados à geração e segregação de resíduos. Foram avaliados num total de 33 trabalhos científicos e legislações consultadas através do sítio eletrônico do Ministério do Trabalho e Emprego, bem como demais sítios de governos estaduais e municipais brasileiros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O referencial bibliográfico demonstrou através das fontes consultadas e avaliadas, que o elemento mercúrio é um metal pesado, tóxico, persistente no meio ambiente, capaz de se disseminar globalmente por diversas vias de contaminação. A Organização Mundial da Saúde (OMS) tem uma Iniciativa Global cujo objetivo é atingir a eliminação dos dispositivos à base de mercúrio do setor saúde e a sua substituição por alternativas precisas, seguras e economicamente viáveis que estão em estudos constantes no mundo, mas que ainda não conseguiram chegar a um resultado positivo para todas as áreas e setores.

Os estudos consultados visam ainda a promoção da saúde pública e o desenvolvimento sustentável do setor de cuidado à saúde, para que este se transforme em exemplo para a sociedade no que diz respeito à proteção do meio ambiente, da saúde do trabalhador, do paciente e da população em geral, sem prejuízo da qualidade da assistência. Muitos pesquisadores consultados demonstram um esforço para sensibilizar as instituições e preparar o setor da saúde para responder ao desafio global do banimento do mercúrio.

Devido a sua característica volátil (a partir de 12°C), o mercúrio tem uma grande capacidade de se acumular ao longo da cadeia alimentar, processo esse conhecido como biomagnificação, além disso, a capacidade de liberar vapor

metálico inodoro e incolor faz com que ele possua um alto risco de ser inalado sem que a pessoa perceba. (UNEP, 2007 apud JÚNIOR e WINDMOLLER 2008).

É uma substância tóxica principalmente para os indivíduos ocupacionalmente expostos e, por esse motivo, o mercúrio foi a primeira substância química a ser submetida a uma legislação para controle da exposição ocupacional. Além disso, o mercúrio está na lista elaborada pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA) que relaciona os poluentes atmosféricos de maior risco para a saúde humana. (SCHHUTE *et al.*, 1994 apud JESUS; MARINHA; MOREIRA 2010).

O mercúrio é classificado como substância perigosa para o meio ambiente e seres humanos e com grau máximo de insalubridade para o trabalhador exposto através das normas regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho e Emprego e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBRs). (BRASIL, 1978; GRIGOLETTO *et al.*, 2008; OIKAWA *et al.*, 2007; PERNAMBUCO, 2001 apud JESUS; MARINHA; MOREIRA 2010).

O mercúrio é utilizado em várias formas dentro do nosso cotidiano, sendo suas principais utilidades: iluminação através das lâmpadas fluorescentes (tubulares e compactas) e lâmpadas de descarga (mista, vapor de mercúrio, vapor de sódio, vapor metálico, no amálgama, na fabricação de químicos e aplicações em eletro-eletrônicos. O mercúrio é um metal encontrado em mais de 10.000 produtos diferentes, como lâmpadas fluorescentes, baterias, telas de televisores e computador, resíduos militares, químicos, dentários e médicos, termômetros, filtros, relays, retificadores, manômetros, etc. (GLINA; ANDRADE; SATUT, 1998 apud CLARO; ITO; BASTOS e RIBEIRO 2003; SOUZA e BARBOSA, 2000 apud JÚNIOR e WINDMOLLER 2008; MICARONI; BUENO e JARDIM 2000).

As lâmpadas constituídas de mercúrio apresentam vantagens sobre as que não o contêm, ou seja, têm eficiência luminosa de 3 a 6 vezes superior, têm vida útil de 4 a 15 vezes mais longa e 80% de redução de consumo de energia. Portanto essas lâmpadas geram menos resíduos e reduzem o consumo de recursos naturais para a iluminação, diminuindo dependência da termelétricidade, significativa economia doméstica, comercial e industrial, mas por outro lado é gerado um novo resíduo que são as lâmpadas queimadas, nas quais o risco do mercúrio de uma única lâmpada é desprezível, mas quando consideramos o número de lâmpadas consumidas no Brasil enfrentamos um problema de impacto ambiental. (ABILUX, 2005 apud JÚNIOR e WINDMOLLER, 2008).

A exposição do homem ao mercúrio ocorre de forma ocupacional ou através do consumo de peixes, moluscos, entre outros organismos aquáticos. A Portaria 685, de 1998, do Ministério da Saúde do Brasil, fixou os “níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos” registrando, para o mercúrio, os valores de $0,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para peixes e produtos da pesca (exceto predadores) e $1,0 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para peixes predadores. (BOUDOU e RIBEYGRE, 1997; HSDN, 2000; USEPA, 1999 apud Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde 2010).

O mercúrio causa danos à saúde e principalmente ao Sistema Nervoso. Os danos ocorrem devidos aos compostos inorgânicos e orgânicos do mercúrio. Sendo que os compostos inorgânicos são dosados no sangue e urina e os orgânicos no cabelo. (GONÇALVES e GONÇALVES, 2004).

Raramente o mercúrio é encontrado livremente na natureza, podendo ocorrer em diferentes espécies químicas com a solubilidade, reatividade e toxicidades distintas e podendo causar impactos no ecossistema e na saúde humana, além de distribuído por toda crosta terrestre. Os principais efeitos da contaminação por mercúrio no ser humano são os problemas renais e neurotóxicos tendo como sinais e sintomas

os tremores, depressão, insônia, dificuldade para concentração, fobias e diminuição da memória. (GIOVANELLA *et al.* 2011).

Os principais sintomas associados à toxicidade por exposição ao mercúrio incluem tremor, vertigem, entorpecimento, dor de cabeça, cãibra, fraqueza, depressão, distúrbios visuais, dispnéia, tosse, inflamações gastrointestinais, queda de cabelo, náusea e vômitos. (MICARONI, BUENO e JARDIM, 2000; DALMASO, SOBREIRA, JÚNIOR e PEREIRA, 2004).

Entre as políticas nacionais e legislação ambiental existentes que contemplam a questão de resíduos sólidos, destacam-se:

- a) Política Nacional de Meio Ambiente (6938/81);
- b) Política Nacional de Saúde (3.080/90);
- c) Política Nacional de Educação Ambiental (9.795/94);
- d) Política Nacional de Recursos Hídricos (9.433/97);
- e) Lei de Crimes Ambientais (9.605/98);
- f) Estatuto das Cidades (10.257/01);

g) Política Nacional de Saneamento Básico (projeto de lei nº 5.296/05) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (projeto de lei), sendo que esses dois últimos encontra-se em apreciação junto ao Congresso Nacional.

As ONGs também contribuem com as decisões em favor do meio ambiente, pois são elas as responsáveis por movimentos sociais e culturais em forma de reivindicação e cobrança de um desenvolvimento sustentável da produção, principalmente de bens industrializados ou do extrativismo indiscriminado. Além disso, as legislações brasileiras contribuem para o investimento devido às multas por omissão e outras penalidades previstas na Lei nº 10.165/2000, que trata de atividades potencialmente poluidoras e na Instrução Normativa nº 10/2001, que prevê a obrigatoriedade de inscrição no Cadastro Técnico Federal do IBAMA. (ESTURARI, 2005).

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) têm uma posição controladora importante na prevenção de acidentes ambientais e suas

punições. Infelizmente foi devido aos graves acidentes ambientais causados pelas indústrias acometendo a sociedade nos últimos anos que levaram o Ministério do Meio Ambiente e o IBAMA a repensarem a política ambiental voltada para a prevenção e ações mitigadoras para as empresas que descumprissem a lei. (MMA, 2004 apud ESTURARI, 2005).

Apesar de toda legislação e dedicação em prol do Meio ambiente sabe-se que o desenvolvimento industrial foi e continuará sendo um fenômeno de fundamental importância para qualquer economia, pois é através desse processo que temos a geração de empregos, arrecadação de impostos, geração de bens necessários ou de desejo de consumo próprios da natureza humana, entre outros, apesar dos problemas sócio-ambientais. O que sempre estará em discussões é como transformar a produção industrial em uma produção mais limpa e sustentável do ponto de vista ambiental e nunca na sua extinção, pois a globalização mundial e até mesmo os seres humanos são dependes das indústrias. (ESTURARI, 2005).

Segundo a Constituição Federal – Título VIII - Capítulo VI – Do Meio Ambiente - Art. 225:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Embasados na Constituição federal, vários estados brasileiros estão regulamentando os procedimentos de reciclagem e destinação final dos produtos que possuem em sua composição o mercúrio com o objetivo de evitar a degradação ambiental e incentivar a preservação. No setor industrial esse efeito já é efetivo graças aos Sistemas de Gestão

Ambiental e as certificações. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010).

A Resolução ANVISA/RDC N° 306 (2004) estabelece que todo serviço de saúde deve ter o seu Programa de Gerenciamento de Resíduo Sólido de Saúde (PGRSS) no qual deve contemplar os aspectos técnicos e operacionais, aspectos gerais e organizacionais e aspectos de recursos humanos. O PGRSS deverá ter como objetivo a implantação, a implementação e o acompanhamento de uma política de gerenciamento de resíduos de saúde.

A RDC 306/04 da ANVISA classifica os resíduos de saúde em grupos da seguinte forma:

- Grupo A (infectantes ou biológicos);
- Grupo B (químicos);
- Grupo C (rejeito radioativos);
- Grupo D (comuns);
- Grupo E (perfurocortantes).

No grupo B, o mercúrio metálico exige critérios de manuseio, acondicionamento e destinação final específico devido ao risco para a equipe odontológica no manuseio e preparação do amálgama. Já para a população, o risco está na organificação e biomagnificação do mercúrio lançado no meio ambiente. (NAZAR, PORDEUS e WERNECK, 2005).

O PGRSS compreende ações referentes às tomadas de decisões nos aspectos administrativo, operacional, financeiro, social e ambiental, e tem, no planejamento, um importante instrumento para o gerenciamento dos resíduos de mercúrio em todas as suas etapas – geração, segregação, acondicionamento, transporte, tratamento, reciclagem, destinação, até a disposição final - possibilitando que se estabeleçam, de forma sistemática e integrada, em cada uma delas, metas, programas, sistemas organizacionais e tecnologias, compatíveis com a realidade local. (RESOLUÇÃO ANVISA/RDC N° 306 de 2004).

A ABNT NBR 10.004, define a periculosidade de elementos e substâncias químicas e estabelece os limites

admissíveis para esses contaminantes serem dispostos no meio ambiente. O mercúrio nessa norma tem um destaque entre as substâncias mais perigosas relacionadas nessa norma e é classificado como Classe 1 - Resíduos Perigosos: são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, e atividade, toxicidade e patogenicidade.

Os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Espírito Santo possuem uma legislação específica e vigente para a reciclagem e destinação final dos produtos que contém mercúrio. Em outros estados da federação, vários projetos de lei aguardam ser sancionados, como por exemplo, o estado de Mato Grosso do Sul. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010).

As Leis nos estados são:

- Rio Grande do Sul – RS (Lei Estadual n. 11.187/98).
Publicação em: 07-07-1998 (É alterada a Lei n° 11.019, de 23 de setembro de 1997, acrescentando normas sobre o descarte e destinação final de lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais pesados, no Estado do Rio Grande do Sul).
- Santa Catarina – SC (Lei Estadual n.11.347/00).
Publicação em: 17-01-2000 Título: Dispõe sobre a coleta, o recolhimento e o destino final de resíduos sólidos potencialmente perigosos no Estado de Santa Catarina.
- São Paulo – SP (Lei Estadual n.º 10.888/01).
Publicação em: 20-09-2001 Título: Dispõem sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados.
- Espírito Santo - ES (Lei Estadual Nº: 6.834/01).
Publicação em: 25-10-2001 Título: Dispõe sobre a responsabilidade da destinação de lâmpadas usadas, no Estado do Espírito Santo.

Alguns municípios também buscam medidas e soluções para esse problema, que passou a ter uma maior apreciação devido ao impacto nocivo que o descarte indevido de mercúrio causa ao meio ambiente.

- Foz do Iguaçu – PR (Lei Municipal nº: 2.702/02).

Publicação em: 03-12-2003 Título: Dispõe sobre a coleta, o recolhimento e o destino final de resíduos de sólidos potencialmente perigosos que menciona, no Município de Foz do Iguaçu Estado do Paraná. Câmara Municipal de Foz do Iguaçu, PR.

- São Paulo – SP (Lei Municipal 12.653/98).

Publicação em: 15/05/1998 Título: Fixa normas para o descarte como resíduo de lâmpadas fluorescentes, e dá outras providências.

- Caxias do Sul - RS (Lei Nº 5.873).

Publicação em: 16/07/2002. Título: Disciplina o descarte e o gerenciamento adequado de pilhas, baterias e lâmpadas usadas no Município de Caxias do Sul e dá outras providências. Câmara Municipal de Caxias do Sul – RS

- Nova Prata - RS (Lei Municipal 4776/2002).

Publicação em: 14/03/2002 Título: Disciplina o descarte e o gerenciamento adequado de pilhas, baterias, e lâmpadas usadas no município de Nova Prata e dá outras providências.

- Campinas - SP (Lei Municipal 11.294/2002).

Publicação em: 27/06/2002 Título: Dispõe sobre a destinação de lâmpadas fluorescentes no município de Campinas.

- Ibiúna - SP (Lei Municipal 685/2001).

Publicação em: 17/12/2001 Título: Dispõe sobre coleta seletiva e reciclagem de resíduo no Município de Ibiúna.

- Barueri – SP (Lei Municipal n.1417/04).

Publicação em: 14/03/04 Título: Dispõe sobre a responsabilidade da destinação de pilhas, baterias e lâmpadas usadas e da outras providencias.

- Nova Friburgo – RJ (Lei Municipal 3172/2002).

Publicação em: 08/01/2002 Título: Cria normas e procedimentos para o serviço de coleta, reciclagem e disposição final de lâmpadas fluorescentes e outros produtos contendo mercúrio no município de Nova Friburgo.

O Decreto nº 97.507/1989 regula que as atividades específicas ou sistemas com alguma abordagem regulatória são: mineração artesanal de ouro regulamentada no qual proíbe o uso de mercúrio na atividade, exceto se for licenciada pelo órgão ambiental competente, mas não estabelece qualquer critério ou pormenores para o licenciamento ou para as ações de monitoramento governamental; definição dos equipamentos para controle de eficiência do mercúrio metálico em mineração artesanal de ouro e uso urbano, inclusive aqueles para recuperação de mercúrio metálico a partir da queima de amálgama de ouro, regulados pela Portaria IBAMA nº 435/1989; e a produção de cloro-soda regulada pelo Decreto nº 87.561/1982 que proíbe a instalação ou ampliação das fábricas de cloro-soda com tecnologia de mercúrio na Bacia do Rio Paraíba do Sul, e pela Lei nº 9.976/2000 que estabelece as exigências para a produção de cloro e proíbe que novas fábricas com células de mercúrio sejam instaladas ou que as existentes com células de mercúrio sejam ampliadas, mas falha em regulamentar prazo para a conversão tecnológica das fábricas existentes com células de mercúrio. (CARTILHA DO REGIME JURÍDICO DO MERCÚRIO NO BRASIL, 2010).

O principal objetivo das legislações ambientais deve ser o bem estar, equilíbrio e qualidade de vida do ser humano e do meio ambiente no qual ele está inserido embasados em pesquisas científicas. As leis por si só não são suficientes para atingirem o objetivo da sua criação. Para isso é necessário um diálogo entre a ciência, os órgãos competentes, os trabalhadores e a população em geral em busca de soluções para os desafios que se apresentam frente a um ideal a fim de evitar que o meio ambiente e a população fiquem vulneráveis

aos riscos provenientes do não cumprimento a legislação. (NAZAR, PORDEUS e WERNECK, 2005).

Os níveis máximos de mercúrio permitidos e a sua proibição de uso em produtos no Brasil são definidos por poucas regras esparsas. Alguns exemplos são os remédios para os quais a Portaria nº 10/1980 do Ministério da Saúde proíbe o mercúrio, exceto o timerosal e a merbromina, e a recente Resolução ANVISA nº 528/2001 que proíbe compostos de mercúrio em remédios, exceto em vacinas com concentrações estabelecidas. O uso de compostos de mercúrio como desinfetante ou reagente é permitido pelo Decreto nº 30.691/1952 (ainda em vigor) que prescreve a solução de bicloreto de mercúrio (1:1000), e a Portaria do Ministério da Saúde nº 393/1998 que recomenda o uso de cloreto de mercúrio a 1% como reagente no “Método para Determinação de Biodegradabilidade de Tensoativos Aniônicos”. A Resolução ANVISA nº 08/2001 aprova o Regulamento Técnico que estabelece a identidade e a qualidade da Água Mineral Natural, especificamente sobre a pureza da água para hemodiálise, mencionando o limite para o mercúrio de $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ ou $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ (ppm) – que é mesmo limite para água potável estipulado pelo Ministério da Saúde. (CARTILHA DO REGIME JURÍDICO DO MERCÚRIO NO BRASIL, 2010).

Nos cosméticos, a Resolução ANVISA nº 48/2006 proibiu a adição de mercúrio e seus compostos, e para dispositivos médicos, os esfigmomanômetros contendo mercúrio estão proibidos, embora as instalações de atendimento médico possam utilizar livremente termômetros de mercúrio que são também amplamente vendidos para a população em geral. A Portaria INMETRO nº 108/2005 estabelece regras de segurança para brinquedos, tais como o fator de biodisponibilidade de mercúrio em brinquedos que não pode exceder $0,5 \mu\text{g.dia}^{-1}$, incluindo todas as suas partes, a pintura e os vernizes. A Resolução CONAMA nº 401/2008 revisou a Resolução nº 257/1999 e reduziu o parâmetro de

conteúdo permitido de mercúrio em pilhas e baterias, mas deixou de definir regras claras para reciclagem de pilhas e baterias usadas. Sobre agrotóxicos e mercúrio, a Portaria do Ministério da Saúde nº 06 de 29/04/1980 proíbe a produção, comércio e uso de fungicidas contendo mercúrio. A Portaria nº 10/1971 tolera o uso de compostos organomercuriais para sementes, mas sua aplicação direta nas respectivas culturas é proibida. (CARTILHA DO REGIME JURÍDICO DO MERCÚRIO NO BRASIL, 2010).

CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi diagnosticar os resíduos de mercúrio em uma montadora de veículos desde a sua geração até a tratativa correta final dos mesmos. A melhoria contínua do Sistema de Gestão Ambiental assegura um envolvimento direto da geração dos resíduos com a sua destinação correta a fim de garantir a participação na sustentabilidade do negócio.

Os resultados desse trabalho permitirão uma revisão na geração, armazenamento e destinação final do mercúrio dentro da empresa. Além disso, através da revisão bibliográfica identificaram-se várias legislações sobre o assunto e umas até mesmo contraditórias em relação a limite de exposição segura ao mercúrio para o ser humano, sendo possível identificar uma real necessidade de construir uma Política Nacional de Gestão do Mercúrio de forma a garantir um diálogo político entre as diversas partes interessadas na busca de um entendimento sobre um conceito crítico e a distribuição das regulamentações existentes para identificar as propostas de gestão estratégica de mercúrio segundo os princípios da precaução e da proteção da saúde e do meio ambiente.

A conscientização social do setor empresarial é importante assim como o seu engajamento nas discussões sobre o assunto, pois muitos trabalhadores desconhecem a exposição ocupacional ao mercúrio e os malefícios que tal metal pode

causar, e, tampouco conhecem as formas de se prevenir. Não esquecendo que, no Brasil, os malefícios à saúde dos trabalhadores expostos ao mercúrio e seus compostos tóxicos são reconhecidos por meio de uma Portaria (n° 1399/GM de 18 de novembro de 1999).

O objetivo da legislação é que nos processos industriais que utilizam o mercúrio, esse seja substituído por substâncias químicas menos nocivas. Na impossibilidade de substituição imediata, deve-se reduzir sua utilização que somente deve ser feita em locais planejados visando o acesso restrito de trabalhadores naquela área, sempre com a utilização de equipamentos de proteção individual. É importante também a conscientização da população, através de campanhas educativas, sendo esse investimento um dos maiores ganhos para a efetivação de políticas sociais, ambientais e de saúde. Portanto a segurança química deve ser uma responsabilidade do Estado, apenas com o controle social e políticas públicas transversais para termos como resultado a garantia da saúde e de um meio ambiente limpo, sendo ainda necessário estudos com todos os envolvidos sobre a importância da logística reversa desses resíduos perigosos.

A pesquisa possibilitou uma reflexão dos conceitos, os números dos resíduos de mercúrio gerados dentro da empresa e os seus riscos ambientais e ocupacionais. A quantidade de mercúrio no laboratório é de pequena representatividade, porém apontam para uma busca de solução correta de destinação final que possibilite ganhos coletivos em todas as dimensões, sejam estas as dimensões social, econômica e ambiental.

A legislação ambiental brasileira infelizmente impõe às empresas uma gama de documentações que acaba criando um cenário de morosidade para todo o processo. Algumas instituições não têm cumprido quase nada dessa legislação e documentação, o que dá impressão de que o problema está nos dispositivos de controle impostos pela legislação, que aparenta

ser exagerados, mas necessários de serem atendidos na íntegra, uma vez que a mesma coloca os controles necessários para um tratamento adequado dos resíduos levando em consideração o ambiente e a saúde.

Realmente atender a legislação ambiental brasileira é trabalhoso e de custo elevado para as empresa, mas o descontrole causa dano a toda a sociedade e a saúde. Danos esses às vezes irreversíveis ao ambiente no qual estamos inseridos. A escolha da melhor solução ou não para a destinação correta dos resíduos de mercúrio é dos gestores e dirigentes das organizações e esses devem ser o exemplo da aplicabilidade da legislação e do seu atendimento visando um desenvolvimento sustentável da empresa e da comunidade.

AGRADECIMENTO

A Deus, minha família, amigos, universidade, empresa e a todos que acreditaram em mim.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Resíduos de serviços de saúde terão regras nacionais da origem até o seu destino final*. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2003/060303.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Resolução RDC nº 306*. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0306_07_12_2004.html>. Acesso em: 12 out. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.0004*. Disponível em: <<http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Manual de gerenciamento de resíduos de serviço de saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_gerenciamento_residuos.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2011.

BRASIL. *Ministério do Meio Ambiente*. Disponível em : <<http://www.mma.gov.br>> . Acesso em : 02 nov. 2011.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Normas regulamentadoras de segurança e saúde dos trabalhadores*. Brasília: MTE, 1978. Disponível em: <http://www3.mte.gov.br/seg_sau/leg_normas_regulamentadoras.asp>. Acesso em 15 nov. 2011.

CAMPINAS. *Lei Municipal 11.294/2002*. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

CAXIAS DO SUL. *Lei Nº 5.873*. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br>>. Acesso em : 02 nov. 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em : 02 nov. 2011.

COSTA, G. S. *Aplicação de biossensor microbiano bioluminescente na detecção de Hg (II)*. 2010. 111f.

Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro.

DALMASO, B. M. SOBREIRA, G. JÚNIOR, L.C.C.G.A. PEREIRA, G.S. Gerenciamento para recuperação final do elemento químico mercúrio após análise nitrogênio amoniacal e demanda química de oxigênio. In: Encontro Nacional de Engenharia da Produção, 24, 2004, Florianópolis. *ABEPRO*, Florianópolis, 2004, p.5245-5251.

DIÁRIO DA REPÚBLICA. *Ministérios da saúde e do ambiente*: portaria nº 744-A/99. 1. Série B, n. 198, p.2-5, 1999.

ESTURARI, S. M. *O sistema de gestão ambiental na indústria automobilística: a experiência da Scania*. 2005. p. 145. Dissertação (Mestrado em Sistema Integrado de Gestão) – Centro Universitário SENAC-SP, Santo Amaro. Disponível em: <http://biblioteca.sp.senac.br/LINKS/acervo238432/Silvio_Esturari.pdf>. Acesso em: 12 out. 2011.

ESPÍRITO SANTO. *Lei Estadual Nº: 6.834/01*. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

FOZ DO IGUAÇU. *Lei Municipal nº:2.702/02*. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

GIOVANELLA, P.; BENTO, F.; CABRAL, L.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O.; Isolamento e seleção de micro-organismos resistentes e capazes de volatilizar mercúrio. *Química Nova*, São Paulo, v. 34, n.2, p.232-236, 2011.

GONÇALVES, A.; GONÇALVES, N. N. S. Exposição humana ao mercúrio na Amazônia brasileira: uma perspectiva

histórica. *Revista Panamericana de Salud Pública*, Washington, v.16, n.6, p.415-419, dez. 2004.

IBIÚNA. *Lei Municipal 685/2001*. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

ITAPIRA. *Lei Municipal n. 3.994/2006*. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

JESUS, L. F.; MARINHA, M. S.; MOREIRA, F. R. Amálgama dentário: fonte de contaminação por mercúrio para a odontologia e para o meio ambiente. *Cadernos de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v.18, cap.4, p.509-515. 2010.

JÚNIOR, W. A. D.; WINDMÖLLER, C. C. A Questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. *Revista Química Nova na Escola*, Niterói, n.28, p.15-19, mai. 2008.

MARINS, R. V.; PAULA FILHO, J.; MAIA, S. R. R. Distribuição de mercúrio total como indicador de poluição urbana e industrial na costa brasileira. *Química Nova*, São Paulo, v.27, n.5, p.763-770, 2004.

MICARONI, R. C. C. M.; BUENO, M. I. M. S.; JARDIM, W. F. Compostos de mercúrio: revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. *Química Nova*, São Paulo, v.23, n.4, p.487-495. 2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Gerenciamento dos resíduos de mercúrio nos serviços de saúde*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Brasília: MMA, 2010. 46p.

NAZAR, M. W.; PORDEUS, I. A.; WERNECK, M. A. F. Gerenciamento de resíduos sólidos de odontologia em postos de saúde da rede municipal de Belo Horizonte, Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v.17, n.4, p.237-242, 2005.

NOVA FRIBURGO. *Lei Municipal 3172/2002*. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm >. Acesso em: 02 nov. 2011.

NOVA PRATA. *Lei Municipal 4776/2002*. Disponível em: <[http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=nova%20prata%20-%20rs%20\(lei%20municipal%204776%2F2002\)&source=web&cd=6&sqi=2&ved=0CEkQFjAF&url=http%3A%2F%2Fsrv00.tce.rs.gov.br%3A8081%2Fblm%2FMunicipios_M_ate_Z%2FNova_Prata%2F133-LEI-04776-2002.doc&ei=Ozz8TsKiNZHjtQamu9X2Dw&usg=AFQjCNEu2zOcDpoI-Z5wBx8LLqj6vclGNg](http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=nova%20prata%20-%20rs%20(lei%20municipal%204776%2F2002)&source=web&cd=6&sqi=2&ved=0CEkQFjAF&url=http%3A%2F%2Fsrv00.tce.rs.gov.br%3A8081%2Fblm%2FMunicipios_M_ate_Z%2FNova_Prata%2F133-LEI-04776-2002.doc&ei=Ozz8TsKiNZHjtQamu9X2Dw&usg=AFQjCNEu2zOcDpoI-Z5wBx8LLqj6vclGNg)>. Acesso em: 02 nov. 2011.

REDE BRASILEIRA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA. Disponível em: <<http://www.pmaisl.com.br>>. Acesso em: 02 nov. 2011.

RIO GRANDE DO SUL. *Lei Estadual n. 11.187/98*. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm >. Acesso em: 02 nov. 2011.

SANTA CATARINA. *Lei Estadual n.11.347/00*. Disponível em: <<http://www.tj.sc.gov.br/jur/legis.htm>>. Acesso em : 02 nov. 2011.

SÃO PAULO. *Lei Estadual n.º 10.888/01*. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

SÃO PAULO. *Lei Municipal 12.653/98*. Disponível em: <http://www.brandonintl.com/index_parc.htm>. Acesso em: 02 nov. 2011.

WINDMÖLLER, C. C.; SANTOS, R. C.; ATHAYDE, M.; PALMIERI, H. E. L. Distribuição e especiação de mercúrio em sedimentos de áreas de garimpo de ouro do Quadrilátero Ferrífero (MG). *Química Nova*, São Paulo, v.30, n.5, p.1088-1094, 2007.