

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PERIGOSOS: LÂMPADAS FLUORESCENTES

Renato Augusto da Silva Alexandre⁽¹⁾

Estudante do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, bolsista de Iniciação Científica, integrante do grupo CNPq de Pesquisa “Engenharia Civil e Cidades”

Co-autor: Geraldo Tadeu Rezende Silveira

Orientador desta Pesquisa de Iniciação Científica, Pós Doutor em Engenharia Ambiental, Professor da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Endereço⁽¹⁾: Rua Artur Rodrigues de Paula, 283- Santa Quitéria- Esmeraldas –MG- CEP: 35740-000 País - Tel: +55 (31) 95332310- e-mail: renato.alexandre11@hotmail.com

RESUMO

As lâmpadas fluorescentes contêm mercúrio, uma substância tóxica e potencialmente perigosa. Por isso, depois de utilizadas, elas geram um rejeito considerado resíduo sólido perigoso. São necessários, portanto, planos de gestão pós-consumo eficientes mobilizando esforços para o reprocessamento e a reciclagem deste resíduo, evitando/eliminando sua disposição em lixões e aterros, formas de descarte inadequadas. Esse estudo buscou conhecer a atual situação da gestão das lâmpadas fluorescentes usadas no Brasil, em especial no município de Belo Horizonte, comparando-a com a realidade outrora praticada em outros países, com atenção direcionada para a mobilização para a segregação, coleta seletiva e reciclagem. A partir deste resultado, esta pesquisa propõe um modelo de gerenciamento de lâmpadas fluorescentes para as cidades brasileiras baseado nos princípios de responsabilidade do fabricante/importador e na responsabilidade compartilhada, executado através da logística reversa com forte mobilização ambiental, taxa depositada no momento de fabricação das lâmpadas e sistema de bônus pela devolução. Em seguida é apresentado um programa de educação ambiental simples para mobilização quanto ao tratamento e destinação mais adequados. A metodologia utilizada consistiu no levantamento bibliográfico, na realização de entrevistas com prefeituras, órgãos ambientais e empresas recicladoras.

PALAVRAS-CHAVE: lâmpadas fluorescentes, gestão lâmpadas usadas, logística reversa.

INTRODUÇÃO

A disposição de resíduos cresce de forma exponencial devido aos hábitos adotados pela população e é cada vez mais evidente a necessidade de gerir estes produtos para garantir o menor impacto possível ao ecossistema, o que só é possível se estiverem envolvidas práticas ambientalmente adequadas de gestão.

O gerenciamento correto dos resíduos urbanos é uma preocupação das nações quando se visa à diminuição das consequências ao meio ambiente. Numa gestão eficaz prioriza-se a não geração, e dá-se atenção posterior à destinação: reciclagem, incineração e disposição, conforme Valle (1995).

Nesse contexto de rejeitos e seu conseqüente descarte houve, nas últimas décadas, um aumento considerável de resíduos provenientes do consumo de lâmpadas fluorescentes, o que pode ser explicado pela aceitação que esse produto obteve no mercado por oferecer diversas vantagens se comparadas às lâmpadas incandescentes que eram as mais comumente utilizadas.

O mercúrio, substância tóxica e potencialmente perigosa, é o componente mais importante para o funcionamento das lâmpadas fluorescentes e por isso, depois de utilizadas, elas geram um tipo de rejeito considerado resíduo sólido perigoso que apresenta, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, risco a saúde pública e ao meio ambiente, de acordo com a ABNT NBR 10004/2004.

As lâmpadas fluorescentes pós-uso merecem, portanto, atenção especial devido ao seu potencial impactante, não devendo ser tratadas como rejeitos comuns. Segundo Silveira (2009), deve-se segregá-las para que não se misturem aos resíduos domiciliares, visando seu reprocessamento, reutilização e/ou reciclagem.

Se essas lâmpadas forem descartadas de forma incorreta, quando quebradas liberam o mercúrio, que pode contaminar o solo e principalmente a água. Este elemento, que tem uma grande capacidade de se acumular nos organismos vivos ao longo da cadeia alimentar (biomagnificação) também está presente nas lâmpadas de néon e de arco de mercúrio, e pode causar, dentre outros efeitos maléficos, distúrbios renais e neurológicos, efeitos mutagênicos e alterações no metabolismo, além de deficiências nos órgãos sensoriais. (DURÃO JÚNIOR e WINDMÖLLER, 2008; SILVEIRA, 2009).

O perigo de contaminação é intensificado pela falta de uma legislação nacional específica que regulamente a disposição destes produtos, de políticas públicas gerais para a destinação de resíduos deste tipo e pela ausência de medidas ambientalmente corretas. Segundo Lumière citado por Durão Júnior e Windmoller (2008), somente no Brasil cerca de 100 milhões de unidades destas lâmpadas foram descartadas no meio ambiente. Destas apenas 6% foram enviadas a algum processo de reciclagem, sendo o montante restante destinado para aterros sanitários sem tratamento prévio.

Devido ao risco oferecido a fabricação, o transporte, a armazenagem, o uso, a separação, o acondicionamento, a reciclagem e a reutilização das lâmpadas mercuriais devem ser feitos de forma tecnicamente segura, evitando a disposição final destes produtos em aterros, lixões e outras formas de descarte inadequadas. É, portanto extremamente necessária a realização de estudos que abordem o correto gerenciamento dos resíduos que contém mercúrio.

OBJETIVO

Estudar soluções adotadas no país e no mundo para o correto tratamento das lâmpadas fluorescentes usadas, identificar as alternativas de destinação para lâmpadas pós-consumo atualmente disponíveis nos principais municípios brasileiros; apresentar subsídios para o aperfeiçoamento do gerenciamento de lâmpadas pós-consumo propondo um plano de gestão com especial atenção para a mobilização para a segregação, coleta seletiva e reciclagem e conceber um programa de educação ambiental para mobilização quanto ao tratamento e a destinação mais adequados para estas lâmpadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste estudo baseia-se na revisão da literatura; no levantamento da legislação municipal, estadual e federal; das discussões das câmaras técnicas e grupos de trabalho do CONAMA e no estudo do atual tratamento dado às lâmpadas, destacando as opções de coleta diferenciada disponíveis ao consumidor através de entrevistas com recicladoras e com prefeituras das principais cidades brasileiras. A metodologia também consistiu no estudo de caso de sistemas de gestão de lâmpadas usadas existentes no Brasil e no mundo como caminho capaz de revelar experiências que possam contribuir, no final deste trabalho, com um modelo de gerenciamento destes resíduos e um plano de educação ambiental para mobilização.

JUSTIFICATIVA

A importância do gerenciamento das lâmpadas fluorescentes fica evidenciada tendo em vista as seguintes constatações:

- a) A toxicidade do mercúrio, que é um metal pesado altamente tóxico à biota e que nos seres humanos ataca o sistema nervoso central, fígado e rins, dentre outros problemas;
- b) O fato de que, conforme o IBGE (2008), 50,5% dos municípios brasileiros enviam seus resíduos para vazadouros a céu aberto, o que possibilita a lixiviação do mercúrio pelo solo, podendo atingir o lençol freático;
- c) O crescente aumento do consumo das lâmpadas contendo mercúrio;
- d) A estimativa de prazos limitados para os aterros sanitários, segundo Silveira (2009), necessitando de novas alternativas para o lixo domiciliar que possui esta destinação final;
- e) Problemas com a impermeabilização de fundo de vários aterros controlados e sanitários, havendo risco de vazamento do chorume (SILVEIRA, 2009);
- f) A falta de conhecimento de grande parte da população do risco que estas lâmpadas podem oferecer a saúde e ao meio ambiente;
- g) A necessidade de criação um pensamento consciente para o descarte adequado das lâmpadas fluorescentes, necessitando promover a segregação destes resíduos do resto do lixo comum e encaminhando-o para o reprocessamento e reciclagem.

RESULTADOS

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: LÂMPADAS FLUORESCENTES

As lâmpadas fluorescentes podem ser definidas como:

tubos selados de vidro, preenchidos com gás argônio a baixa pressão e vapor de mercúrio, também a baixa pressão parcial. O interior do tubo é revestido com uma poeira fosforosa composta de vários elementos, tais como: alumínio, chumbo, manganês, antimônio, cobre, mercúrio, níquel e outros. A concentração de mercúrio na poeira fosforosa é de 4.700mg/kg. (CARVALHO et al, 2009; p. 18)

1.1 HISTÓRICO DA ILUMINAÇÃO

A revolução provocada pela iluminação artificial, toda e qualquer fonte de luz produzida pelo homem, iniciou-se em 1877 quando Thomas Edson inventou a lâmpada incandescente, um produto de baixa eficiência energética. Posteriormente, na década de 1940, surgiram as lâmpadas mercuriais trazendo economia de energia e uma vida útil mais longa para este tipo de produto. Dentre essas estava a lâmpada fluorescente (PLANETA SUSTENTÁVEL apud KNUTH, 2010; MASCIA, 2011).

As décadas de 70 e 80 marcaram a ascensão das lâmpadas fluorescentes no mercado mundial, conforme afirma Mascia (2011). No Brasil o seu sucesso foi tardio, o ano era 2002 e uma crise energética embargava o país. As lâmpadas fluorescentes (LF's) foram então, segundo Carvalho e outros (2009), divulgadas como ecológicas e seu uso cresceu exponencialmente: no ano 2000 foram fabricadas no Brasil em torno de duas a três milhões de unidades; número que saltou para 72 milhões em 2003, para 100 milhões em 2005 e para 120 milhões em 2010, segundo dados da ABILUX, citada por Knuth (2010). Bacila (2012) afirma que a única fabricante de lâmpadas fluorescentes em atividades no Brasil está instalada em Osasco, com capacidade produtiva de até 6000 lâmpadas por hora.

1.2 TIPOS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

Os tipos de LF's existentes no mercado são numerosos, cobrem praticamente todos os campos de aplicações e atendem uma gama imensa de necessidades. Elas podem se

diferenciar pela potência, que pode variar de 15 a 110 W, pelas tonalidades de cor e pelo diâmetro: T5, T8, T10 e T12, onde T designa a forma tubular e o número o seu diâmetro em múltiplos de 1/8". (RAPOSO, 2001). Outras lâmpadas contendo mercúrio são as de luz mista, de vapor de mercúrio, de vapores metálicos e de vapores de sódio. Já as sem mercúrio são as incandescentes, halógenas/dicrônicas, LED's e OLED's, (ABILUX apud WIENS, 2001; DURÃO JR e WINDMOLLER, 2008). Alguns modelos são ilustrados na figura abaixo:

Figura 1 – Tipos de lâmpadas



Fonte: ABILUMI, 2008

Em 2000 comercializou-se 56 milhões do tipo tubulares e destas 95% foram utilizadas pelos setores industriais/serviços. Já das compactas o volume foi de 14 milhões, sendo 70% consumida por usuários residenciais (ABILUX apud WIENS, 2001).

Quando comparadas às incandescentes, as lâmpadas com mercúrio apresentam eficiência luminosa 3 a 6 vezes superior, têm vida útil de 4 a 15 vezes maior e reduzem em até 80% o consumo de energia (DURÃO JR E WINDMOLLER, 2008). Seu tempo de funcionamento gira em torno de 3 e 5 anos ou 20.000 horas de uso, sob condições normais, retrata Wiens (2001). A incandescente converte apenas de 5 a 10% da energia em luz e todo o resto é dissipado na forma de calor, conforme Planeta Sustentável citado por Knuth (2010).

1.3 MERCÚRIO

O uso crescente de lâmpadas fluorescentes trouxe também preocupações ambientais, pois elas contêm componentes tóxicos. Dentre esses componentes está o mercúrio, considerado o elemento potencialmente mais perigoso entre os constituintes das lâmpadas, segundo Zanicheli e outros (2004). O manuseio incorreto e o descarte inadequado deste produto podem liberar este composto no meio contaminando solo, ar, recursos hídricos, a flora e a fauna.

O mercúrio é de tal importância nas lâmpadas que é dito como seu componente essencial. Este material, quando energizado, emite energia ultravioleta que é absorvida pela camada de fósforo do tubo de vidro da lâmpada que então floresce e emite luz visível, conforme Silveira (2009).

1.3.1 CARACTERÍSTICAS DO MERCÚRIO

Deve-se, portanto, apresentar as principais características desta substância de tal importância no funcionamento das lâmpadas. De acordo com a MRT System (2008), o mercúrio é um metal pesado, líquido, não solúvel em água, volátil, com expansão volumétrica pela ação da temperatura. Possui ainda boa condutividade elétrica, alta tensão superficial e baixa viscosidade. Forma amalgama com quase todos os metais comuns, com exceção do ferro. Algumas de suas características são: Densidade específica- 13,59; Derretimento – 38,9°C; Fervura- 357°C; Pressão de vapor: 0,012 mm Hg a 20°C.

As principais fontes emissoras de mercúrio por humanos são a queima de carvão em termoelétricas, a queima de florestas e plantações ou os incineradores. Este elemento

evapora de forma natural do solo e água e retorna pela chuva, convertido para a sua forma solúvel. Pela ação de microorganismos do solo ou da água, o mercúrio voltaria para a forma de vapor sendo reenviado para a atmosfera. Sem interferência antrópica ele recircularia sem problemas por longos períodos. Entretanto, incluído em sedimentos aquáticos é convertido por microbactérias em metil mercúrio (MeHg), sua forma mais tóxica, tornando-se alimento para seres aquáticos e entrando assim na cadeia alimentar, conforme Clarkson e outros, citado por ABILUMI (2008).

1.3.2 A QUANTIDADE DE MERCÚRIO NAS LÂMPADAS

A quantidade de mercúrio presente nas lâmpadas varia conforme o tipo de lâmpada, o fabricante, e o ano de fabricação. Apesar de realizar investimentos, a indústria de lâmpadas ainda não viabilizou substituto para o mercúrio, conforme a Usepa, citada por Raposo (2001). De acordo com o Grupo de Trabalho sobre Lâmpadas (2007), não existe lei que determine a quantidade de mercúrio máxima que possa ser utilizada.

Na década de 70 eram utilizados 40 a 50mg de mercúrio por unidade. Já em 1993 cerca de 10 a 15mg de Hg. Em 2000 a quantidade deste componente era de 4 e 15mg nas fluorescentes compactas e tubulares, respectivamente (WIENS, 2001). Segundo Bacila (2012), a fábrica brasileira em Osasco utiliza para as lâmpadas T8 (16, 18, 32 e 36 W) de 5 a 7mg de Hg e para as T10 (20 e 40 W), 8 a 12mg de Hg. Zanicheli e outros (2004) afirmam que a massa média de mercúrio nas lâmpadas tubulares pós-consumo varia de 8 a 25mg e nas compactas de 3 a 10mg.

1.3.3 RISCOS OFERECIDOS PELA EXPOSIÇÃO AO MERCÚRIO

O benefício das fluorescentes contrasta com os impactos ambientais decorrentes das lâmpadas queimadas que representam risco em potencial se não gerenciadas de maneira adequada. O risco é inerente ao se utilizar as lâmpadas, pois acidentalmente pode-se quebrá-las. Nessa situação, inicialmente libera-se vapor de mercúrio, que pode ser inalado. Se descartado incorretamente, este elemento pode contaminar terra e água, atingir cadeias alimentares e chegar aos humanos pela ingestão de alimentos contaminados, como peixes. (NAIME E GARCIA, 2004; BACILA, 2012).

O prejuízo para os seres vivos é imensurável. Para os humanos o mercúrio pode causar danos para o sistema nervoso, sistema digestivo, sistema imunológico, pulmões, rins e também pode ser fatal. Seus efeitos à saúde são irreversíveis e no caso de sais de mercúrio podem ser prejudiciais à pele, sendo as crianças mais sensíveis quando expostas. Ele é uma ameaça particular principalmente para o desenvolvimento de crianças no útero conforme Who citado por Bacila (2012). “E não desempenha qualquer função nutricional ou bioquímica em animais ou plantas.” (NAIME E GARCIA, 2004; p.3)

1.4 RESÍDUOS DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES

Nas lâmpadas fluorescentes além da necessidade de reciclagem do mercúrio, conforme Raposo (2001) merecem também atenção o vidro do bulbo externo de lâmpadas, o pó de fósforo e o *Pellet* de vidro sílica de lâmpada. A norma ABNT NBR 10004:2004 classifica os resíduos em três tipos: classe I – perigosos; classe II-não inertes; classe III – inertes. As lâmpadas fluorescentes são consideradas resíduo classe I.

1.4.1 DESCONTAMINAÇÃO E RECICLAGEM

A reciclagem é a melhor alternativa para as lâmpadas pós-uso, pois Coelho e outros (2012) afirmam que cerca de 99% dos seus materiais constituintes podem ser facilmente recicláveis.

O Grupo de Trabalho sobre Lâmpadas (2007) considera a reciclagem de lâmpadas contendo mercúrio como o conjunto de técnicas que abrangem sua decomposição, separação de materiais, recuperação do mercúrio existente, descontaminação e reaproveitamento dos produtos. O processo envolve “recebimento, segregação por tipo, quantificação, operação de reciclagem, estocagem dos materiais obtidos e venda.” (BACILA, 2012, p. 34).

A efetividade da reciclagem é reafirmada pela Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), pois evita a liberação de mercúrio, promove o reuso dos materiais, minimiza a quantidade de materiais dispostos em aterros, reduz a quantidade de gases do efeito estufa e promove economia de energia (EPA apud BACILA, 2012).

O preço é relativamente baixo, visto o benefício gerado. É de R\$0,54 no Brasil, dados da ABILUX, citada por BACILA (2012), somado ao transporte, a embalagem e o seguro para acidentes. Nos Estados Unidos, o custo varia de US\$ 1,08 a US\$ 2,00 para pequenos geradores, e é de cerca de US\$0,36 para grandes geradores por lâmpada de 1.22m, acrescidos os custos de frete e acondicionamento para transporte.

As empresas APLIQUIN (Paulinea- SP); Brasil Recycle (Blumenau-SC), HG Descontaminação (Nova Lima -MG), Megareciclagem (Curitiba- PR) e Recitec (Pedro Leopoldo-MG) são algumas companhias que trabalham com a reciclagem de lâmpadas no Brasil. No quadro a seguir são apresentadas as alternativas para destinação das lâmpadas e tratamento, de acordo com Bacila (2012):

Tabela 1: Alternativas para descontaminação de lâmpadas

TECNOLOGIA	SIMPLES DESCRIÇÃO
Moagem simples, trituração ou fragmentação seca	Ruptura das lâmpadas e sucção para retenção de uma parcela do mercúrio contido nas lâmpadas. Não remove a quantidade total de mercúrio, pois quando as lâmpadas estão apagadas parte do mercúrio fica no estado líquido no interior do vidro. Em geral, os materiais não são separados e são destinados para aterro industrial.
Trituração com tratamento químico	Consiste no esmagamento e retenção do mercúrio. Neste processo lava-se o vidro e na sequência realiza-se a separação do pó de fósforo. O líquido é tratado quimicamente, é realizada a separação do mercúrio.
Trituração com tratamento térmico	Esmagamento e destilação de mercúrio. Possibilita a recuperação do mercúrio pelo aquecimento da fração contendo pó fosfórico, vaporizando o mercúrio e condensando-o. É tido como melhor tratamento.
Sopro	Somente para lâmpadas fluorescentes tubulares que têm suas extremidades rompidas com aquecimento e resfriamento. Uma corrente de ar é soprada pelo tubo de vidro, promove o arraste do pó de fósforo com mercúrio. Não se remove o teor total de mercúrio.
Solidificação/Encapsulamento	Esmagamento, encapsulamento e destinação a aterros.

Fonte: Adaptado de BACILA, 2012

Os materiais resultantes do processo de descontaminação podem ter os seguintes destinos: o pó de fósforo pode ser reutilizado como material fluorescente na produção de novas lâmpadas e como pigmento na produção de tintas. O vidro pode ser utilizado na fabricação de contêineres não alimentícios, na produção de asfalto e principalmente como esmalte para vitrificação de cerâmicas. O alumínio é aplicado principalmente na produção de soquetes para novas lâmpadas. O mercúrio recuperado da descontaminação apresenta grande nível de pureza, podendo ser utilizado na fabricação de termômetros comuns e também retornar ao ciclo produtivo de novas lâmpadas (HIRAJIMA et al; SHIMIZUS et al; WIENS apud MOMBATCH; RIELLA; KUHNEN, 2008).

A incineração das lâmpadas é inútil, pois o mercúrio é liberado junto com os gases de combustão do incinerador. Dispor em aterros industriais também não é eficaz, pois os vapores mercuriais liberados irão compor o solo e as águas do subsolo, conforme Raposo (2001).

Cabe, portanto, estabelecer propostas para que as lâmpadas descartadas sejam adequadamente tratadas, através da descontaminação e reciclagem de todos os seus componentes.

1.5 ESTATÍSTICAS

Ao fazer-se um comparativo dos dados estatísticos de diversos países, tem-se uma dimensão do ônus que pode ser gerado pelo descarte inadequado de lâmpadas: os dados nos Estados Unidos são alarmantes e segundo Silveira (2009) descartam-se 670 milhões de lâmpadas fluorescentes (mínimo de 4 toneladas de mercúrio), sendo cerca de 77% destas dispostas junto do lixo domiciliar. Apesar dos empreendimentos privados reciclarem 29% de suas lâmpadas, a cada ano 375 milhões geradas por este setor são ainda encaminhadas para os aterros sanitários ou incineradores do país. As indústrias de reciclagem foram responsáveis pelo controle de apenas aproximadamente 6% do estoque de 100 milhões de lâmpadas descartadas no Brasil em 2008 (LUMIÈRE apud DURÃO JÚNIOR E WINDMOLLER 2008), número pouco significativo.

Diferente das situações acima abordadas contrasta-se o cenário Europeu, cuja reciclagem dos resíduos de lâmpadas fluorescentes é uma atividade em operação ou em vias de operação em 63% dos países, com taxas que podem alcançar 50% em países como a Alemanha, Áustria, Bélgica e Suécia, 80% na Holanda e 95% na Suíça. (SILVEIRA, 2009).

Conforme Wiens (2001) as lâmpadas comercializadas no Brasil representam menos de 0,5% do consumo total de mercúrio, que é da ordem de 300 toneladas por ano. Cerca de 92% do mercúrio contido nestes produtos são provenientes dos grandes geradores (indústrias, estabelecimento comerciais/serviços). As lâmpadas descartadas pelos pequenos geradores (residências) correspondem a apenas 8%.

2.0 ASPECTOS LEGAIS

Com vistas a definir procedimentos para controle ambiental no país, surgiram políticas que abordavam esta variável, datando de 1981 a Política Nacional do Meio Ambiente em vigor até os dias atuais com algumas mudanças. Posteriormente, já com uma preocupação ambiental mais apurada, surgiram políticas para gestão dos resíduos sólidos visando dar a esses materiais destino correto. Para as lâmpadas, incluídas na Política Nacional dos Resíduos Sólidos e definidas como resíduos perigosos pela ABNT NBR 10.004, ainda não há no país legislação específica, apesar das diretrizes das políticas acima citadas. Existe também no país, um grupo de estudos do CONAMA discutindo uma proposta legislativa para o assunto, além de algumas definições estaduais. Segundo o Grupo de Trabalho sobre Lâmpadas (2007) apesar de não existir no Brasil uma legislação específica que abarca os diversos aspectos de modo a prevenir os riscos advindos do uso de mercúrio em lâmpadas “existem fundamentos legais que dão embasamento para se que se estabeleça a padronização de procedimentos e exigências” (Grupo de Trabalho sobre Lâmpadas, 2007, p.3).

2.1 A POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL, 1981)

A Política Nacional do Meio Ambiente, lei nº 6.938, de agosto de 1981, atribui ações para o controle e preservação do ecossistema do país. Ela institui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), composto por órgãos e entidades responsáveis pela manutenção e melhoria do equilíbrio ecológico no país, que deve ser compatibilizado ao desenvolvimento econômico-social, objetivos estes inerentes desta lei. Não estabelece parâmetros

específicos para o controle dos resíduos perigosos, mas introduz no país práticas legislativas ambientais.

Define a ação governamental orientada para a proteção dos ecossistemas através da fiscalização, da racionalização no uso dos recursos, do controle de atividades com potencial poluidor, da avaliação dos impactos gerados, da preservação e recuperação dos recursos naturais, do incentivo de atividades orientadas para o meio ambiente e com da promoção da educação ambiental para a população. São essenciais para esta política as definições de critérios, padrões, normas e planos para uso e manejo dos recursos ambientais, assim como a responsabilização e penalização dos poluidores pelos danos gerados, aplicações nela estabelecidas.

Por meio do Sisnama são elaboradas as diretrizes e especificações para o funcionamento desta política no país. Competência esta de seus órgãos, que podem ser federais, estaduais e municipais, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA - órgão executor, que fiscaliza e controla as atividades poluidoras) e o CONAMA (órgão consultivo e deliberativo).

2.2 A POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (BRASIL, 2010)

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, lei 12.305, foi implantada em 2 de agosto de 2010 representando um conjunto de normas, especificações e atribuições quanto ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos gerados no país. Traz consigo, portanto, uma orientação mais precisa quanto ao trabalho com resíduos deste tipo, apesar de não abordar os métodos que indicam um caminho para sua gestão, abordando mais normas e obrigações dos agentes, sendo as mais importantes citadas a seguir.

Quanto a uma definição mais precisa acerca dos resíduos sólidos, esta lei os classifica quanto à origem em: domiciliares, de limpeza urbana, industriais, da construção civil, dos serviços de saúde, dentre outros; e quanto à periculosidade em perigosos e não perigosos; ação de extrema importância visto os inúmeros tipos de resíduos.

Destacam-se nesta lei a gestão integrada dos resíduos sólidos, a logística reversa e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, estratégias ditas por diversos autores como as mais eficazes ao considerar as taxas de reciclagem existentes no mundo. Portanto, buscam-se soluções que considerem as variáveis política, econômica, ambiental, cultural e social; considerando o retorno do resíduo ao fabricante para destinação adequada e a responsabilização e delegação de funções a todos os agentes envolvidos no ciclo de vida do produto.

Os planos de gerenciamento de resíduos são instrumentos essenciais desta política considerando a necessidade da gestão adequada. Eles podem ser de âmbito nacional, estadual e regional, sendo gerados pelos órgãos públicos de respectivo nível. Estão também sujeitos a elaborar plano de gerenciamento os geradores de resíduos perigosos, com conteúdo mínimo definido pela lei, sendo responsáveis pela sua implantação e operacionalização. Já os operadores de resíduos perigosos são obrigados a elaborá-lo. Mas deve-se preconizar a não geração e a redução, e só posteriormente a reutilização, reciclagem, tratamento e disposição ambientalmente adequada, conforme a lei.

Ainda de acordo com a referida lei, na responsabilidade compartilhada busca-se compatibilizar interesses no desenvolvimento de estratégias sustentáveis, como a redução da geração de resíduos, por meio da integração de fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, prestadores de serviços de limpeza e consumidores. Quanto à logística reversa, são obrigados a estruturá-la os sujeitos que trabalhem com: agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, lâmpadas fluorescentes, óleos lubrificantes e produtos eletroeletrônicos. Ela consiste do retorno do produto no fim de sua vida útil e depende da cooperação entre consumidores, comerciantes e distribuidores que efetuarão a devolução do produto aos fabricantes ou importadores.

Para ação efetiva desta lei, fica proibida a disposição inadequada destes resíduos, como seu despejo em cursos d'água e sua queima e também a sua importação. Ficam sujeitos os transgressores desta lei a penalidades e aplica-se o princípio do poluidor-pagador, que responsabiliza o poluidor pelos danos gerados pela disposição inadequada de seu resíduo.

2.3 CÂMARAS TÉCNICAS E GRUPO DE TRABALHO DO CONAMA SOBRE RESÍDUOS DE LÂMPADAS MERCURIAS

Verifica-se o interesse do CONAMA, órgão consultivo e deliberativo, em definir critérios quanto à gestão específica dos resíduos de lâmpadas com o grupo de trabalho (GT) sobre as lâmpadas fluorescentes que, segundo este órgão, surgiu em 2006, quando a coordenadora do Programa Nacional do Mercúrio convidou entidades representativas para a elaboração um documento que abordaria as definições relativas “à fabricação, importação e exportação, uso, transporte, descarte, coleta, reciclagem e disposição final de lâmpadas com mercúrio” (GRUPO DE TRABALHO SOBRE LÂMPADAS, 2007; p. 4), visando suprir a falta de legislação específica sobre o tema.

A primeira reunião do GT data de março de 2006. Foram realizadas, no total, oito reuniões, sendo a última realizada em julho de 2011, conforme informações disponibilizadas online pelo CONAMA (2013). Dentre os participantes destas reuniões estavam presentes a ABILUX (como representante das empresas fabricantes) a ABILUMI e o Ministério do Meio Ambiente.

No decorrer dos encontros foram apresentadas minutas de propostas de resoluções quanto ao gerenciamento específico destas lâmpadas resultantes das discussões do grupo. Da última proposta resultante do 8º encontro, (GRUPO DE TRABALHO SOBRE LÂMPADAS, 2010) são destacados alguns aspectos a seguir:

A proposta de legislação discutida nos encontros aborda, como é de se esperar, os procedimentos quanto ao gerenciamento das lâmpadas e as responsabilidades de comerciantes, distribuidores, fabricantes e importadores, instituindo a responsabilidade compartilhada e a logística reversa para tal finalidade.

Estabeleceu-se que os grandes geradores são os únicos responsáveis pela coleta, descontaminação e destinação final adequada das lâmpadas que consumirem. Já as lâmpadas dos pequenos consumidores resultantes da logística reversa entregues nos pontos de consolidação deverão ser encaminhadas pelos fabricantes e importadores para as recicladoras ou empresas de descontaminação. Estes devem também elaborar um plano de gerenciamento de coleta, armazenamento e destinação contendo, dentre outros aspectos, a estratégia de comunicação e marketing para orientar o público em geral; e os tipos de contêineres utilizados.

Distribuidores e comerciantes são responsáveis pelo recebimento e armazenamento temporário adequado das lâmpadas entregues por pequenos geradores, cabendo a estes sujeitos informar aos clientes sobre o descarte seguro e sobre diretrizes de coleta no estabelecimento. A instalação e operação dos postos de coleta será responsabilidade dos fabricantes e importadores. Também é de sua competência o planejamento, implantação e a gestão da logística de coleta e transporte.

Visando alertar e informar o público, definiu-se que nas embalagens deverão constar informações sobre os procedimentos a adotar, a informação de proibição de descarte em lixo comum e a frase: “Contém mercúrio metálico (Hg), descartar em local adequado.” Deverão ser informados também procedimentos a tomar em caso de quebra acidental da lâmpada. Além disso, os sujeitos poderão realizar campanhas de educação ambiental, deverão promover capacitação de pessoal para correto gerenciamento e estudos para diminuir a quantidade de mercúrio nas lâmpadas. O poder público incentivar acordos setoriais. A fiscalização será de competência do SISNAMA.

2.4 A POLÍTICA ESTADUAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS – MINAS GERAIS (DIÁRIO DO EXECUTIVO, 2009)

A política mineira dos resíduos sólidos entrou em vigor antes mesmo da política nacional, em 12 de janeiro de 2009, regulamentando o tratamento dado aos resíduos sólidos pelos agentes públicos e privados no estado.

Quanto à classificação dos resíduos, esta também o faz quanto à natureza e origem, mas divide os Não Perigosos - Classe II, em Classe II –A (não inertes) e Classe II-B (Inertes). Define que para transportar, armazenar, guardar e depositar os resíduos perigosos no estado é necessária autorização prévia.

Estabeleceu-se que cabe ao serviço público a gestão dos resíduos domiciliares e que os geradores de resíduos industriais e minerais são os responsáveis pelo gerenciamento de seu rejeito. Há uma orientação mais clara, pois definiu-se que os municípios, os gerenciadores, os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e prestadores de serviço deverão elaborar o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, que deve conter, dentre outras obrigações, os procedimentos adotados desde a sua geração até a sua destinação final.

Fica instituída a logística reversa, que tem como um de seus objetivos garantir “que o fluxo de resíduos sólidos gerados seja direcionado para a sua cadeia produtiva ou para cadeias produtivas de outros geradores” (DIÁRIO DO EXECUTIVO, 2009). Para tal, consumidores, comerciantes, distribuidores, comerciantes, fabricantes, importadores têm obrigações e responsabilidades, assim como surgiria futuramente na PNRS.

2.5 LEGISLAÇÕES EM OUTROS ESTADOS DO BRASIL

Em alguns estados brasileiros já vigora legislação específica acerca do correto gerenciamento dos resíduos perigosos. É o caso dos estados do Espírito Santo, Rio Grande do Sul e São Paulo. As definições e aplicações destas legislações em muito se assemelham às já abordadas nas legislações citadas anteriormente. Alguns aspectos de destaque são abordados aqui, portanto, de forma sucinta.

No Espírito Santo, a lei 9.163 de maio de 2009 diz ser obrigação de fornecedores e distribuidores criar e manter um sistema para recolher, reciclar ou destruir os materiais com metais pesados de forma a não prejudicar o meio ambiente, além de terem que promover campanhas publicitárias.

No estado do Rio Grande do Sul, decreto nº 45.554 de março de 2008 regulamenta a lei de 1997 que proíbe a disposição de lâmpadas fluorescentes e de outros artefatos com metais pesados (como as baterias e pilhas). Definiu-se que o recolhimento dos materiais pós-consumo é de responsabilidade dos agentes que os comercializam, com exceção das lâmpadas fluorescentes, que serão recolhidas somente em locais licenciados. Os fabricantes e importadores são os responsáveis pela gestão adequada destes resíduos com a sua destinação final adequada e pelo desenvolvimento de campanhas educativas. Para acondicionamento e transporte caberão responsabilidades a comerciantes, importadores e fabricantes, em seus respectivos níveis.

A lei 10. 888 de setembro de 2001 põe em vigor o projeto de 1998 sobre o descarte de produtos perigosos no estado de São Paulo. Ela estabelece que a responsabilidade pelos procedimentos relativos à gestão dos resíduos, desde o recolhimento até disposição adequada, passando pela descontaminação, estende-se a todos os agentes (de fabricantes a comerciantes).

2.6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES ACERCA DA LEGISLAÇÃO

Diante do potencial dano que pode ser causado pelos resíduos das lâmpadas fluorescentes tornou-se realidade, nos últimos anos, a preocupação em oferecer a este material uma destinação que não afete negativamente o meio ambiente com a discussão da legislação e

de estratégias cabíveis. É notável que a maioria das resoluções aqui citadas aponta para a responsabilidade compartilhada na gestão do produto como solução, destacando a importância da aplicação deste conceito para esta finalidade, sem esquecer da necessidade da logística reversa.

3. O GERENCIAMENTO DE LÂMPADAS USADAS NO MUNDO

As lâmpadas usadas são destinadas para lixões e aterros, onde geram diversos impactos ambientais pela contaminação do meio, ocorrendo o descumprimento do que foi estabelecido na política nacional dos resíduos sólidos, ou ainda para a reciclagem, que segundo Naime e Garcia (2004) é o destino ecologicamente correto para este tipo de resíduo.

Para manusear, transportar e tratar as lâmpadas, algumas fases de sua gestão, é necessária capacitação e alguns cuidados são essenciais. O sistema de gerenciamento pode envolver todo o ciclo de vida do produto e segundo Silveira (2009) para que este seja eficaz deve estruturar-se em cinco linhas de ação: não geração, redução da geração, reutilização e reciclagem, tratamento e disposição.

No mundo já é realidade a gestão de lâmpadas, atingindo números significativos em alguns países. Segundo Zanicheli e outros (2004), as estratégias de gestão em alguns países da Europa e nos Estados Unidos obedecem estes princípios:

- Redução da produção, em termos quantitativos e qualitativos, através da substituição por outras fontes de iluminação que contenham menores quantidades de mercúrio e semelhante impacto ambiental. [...];
- Coleta seletiva, separando as lâmpadas fluorescentes das incandescentes, de modo a prevenir a contaminação de solos e águas e riscos diretos para a saúde das pessoas expostas ao seu manuseio;
- Valorização por reciclagem, dos materiais constituintes, sempre que técnica e economicamente viável;
- Sujeição a tratamento prévio, podendo a sua deposição em aterro ser utilizada apenas como último recurso. (ZANICHELI, 2004; p. 7)

Portanto, observa-se certa preocupação agregada ao ciclo de vida das lâmpadas quando se busca, no início do processo, reduzir ou até mesmo substituir o mercúrio e a evidente preocupação em dar destino adequado ao resíduo no fim de sua vida útil. Outra linha de ação complementar, baseada no ciclo do produto, poderia situar-se em tentar prolongar a sua vida útil (sem aumentar a quantidade de mercúrio), o que geraria menos resíduos tóxicos e, em conjunto, aperfeiçoar os processos de transporte, ajudando a quebrar menos lâmpadas. Incentivar o consumidor a manter os ambientes com as luzes acesas somente quando necessário poderia também ajudar.

Assim como na PNRS, a responsabilidade do fabricante e a responsabilidade compartilhada aparecem juntas no mundo como as estratégias mais adequadas para gerir as lâmpadas, pois, conforme Silveira (2009), elas tem obtido índices de reciclagem consideráveis, a exemplo de países como a Áustria (50%) e a Suíça (95%). Ainda segundo o mesmo autor, há outra política no mundo que não traz resultados significantes, na qual a reciclagem é arcada por poder público e por consumidores. É o que ocorre no Japão (4%) e Canadá (7%). Este último parece ser o sistema atuante no Brasil (taxa de reciclagem de 6%, conforme Lumieré citado por Durão Júnior e Windmoller, 2008) apesar de legislação proibindo o descarte inadequado deste tipo de resíduo e obrigando planos de gestão e logística reversa. Os dois modelos de gestão são detalhados a seguir.

3.1 SISTEMAS DE GESTÃO BASEADOS NA RESPONSABILIDADE DO FABRICANTE E NA RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA

A responsabilidade do fabricante pode ser definida como um princípio que estende as responsabilidades do fabricante para todas as fases do ciclo de vida do produto, com atenção especial para a coleta, recuperação e disposição adequada final dos resíduos, conforme Lindqvist citado por Silveira (2009). Já a coresponsabilidade ou responsabilidade compartilhada “indica a integração dos diversos atores envolvidos no ciclo de vida de um produto: produção, venda, e uso [...] para desempenhar uma função na gestão ambiental e econômica do ciclo de vida do produto.” (ILSR apud SILVEIRA, 2009; p.85). Esse modelo de gestão é adotado em muitos países europeus e com as taxas de reciclagem alcançadas é comprovadamente eficiente. Observa-se o funcionamento da logística reversa nestes países, sendo a ação do consumidor final de fundamental importância no processo, tendo este plena consciência dos problemas causados pelas lâmpadas.

3.1.1 GESTÃO DAS LÂMPADAS NA EUROPA

Na Europa, região que difunde e aplica os conceitos para reciclagem de lâmpadas, a legislação clara e conhecida, segundo Silveira (2009), possibilita taxas de reciclagem consideráveis. Esta prática ocorre em 63% de seus países, conforme Raposo (2001).

Na Áustria os números da reciclagem chegaram a 50% adotando um sistema de retorno que funciona através da cobrança de uma taxa do consumidor, reembolsável em parte quando este sujeito devolve a lâmpada. Essa taxa ainda é maior em Taiwan (80%) e na Suíça, que tem índices de 95%. Em Taiwan, os revendedores são obrigados a aceitar este produto. Na Suíça, de acordo com a legislação federal, os fabricantes e importadores são obrigados a aceitar as lâmpadas pós-uso, que por sua vez, criaram associações para o gerenciamento destas. Além disso, uma taxa é cobrada no preço da lâmpada fluorescente para custear o processo de gestão (SILVEIRA, 2009).

3.1.1.1 O SISTEMA DE GESTÃO ALEMÃO

Na Alemanha os índices de reciclagem chegaram a 50% em 2010. Segundo Silveira (2009) na Alemanha há um sistema bem estruturado de gestão e alto nível de conscientização dos populares, que depositam suas lâmpadas em diversos pontos de coletas. Conforme Wiens (2001), em países como Estados Unidos, Alemanha e Holanda, os grandes geradores são responsáveis pela reciclagem e custos de gestão dos seus resíduos.

O sistema alemão, já a um bom tempo em execução e com taxas de reciclagem consideráveis, pode ser tomado como espelho para a implantação de um sistema no Brasil. Conforme Bacila (2012) desde 1991 tramitavam na Alemanha diretivas quanto à gestão de mercúrio e outros resíduos que introduziram a responsabilidade estendida no país. Lá se restringi a quantidade de mercúrio presente em cada lâmpada, dado seu tipo. Foi aprovada em 2005 uma lei específica para os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, a lei para os EEE ou Elektro G, instituída devido às diretivas da União Europeia. Graças a esta lei o sistema para retorno das lâmpadas está mais avançado neste país. Estes resíduos devem ser coletados de forma segregada e adequada (os locais de armazenagem devem ser, por exemplo, impermeáveis). Para os pequenos consumidores o governo disponibiliza pontos de coleta seletiva e não deve ser cobrada taxa de retorno (os recipientes para coleta devem ser disponibilizados pelos fabricantes). Em seguida fabricantes e importadores são os responsáveis pela gestão dos resíduos. Eles o fazem mantendo uma associação responsável pela logística reversa, com um sistema estruturado com mais de 6000 pontos de coleta para usuários domésticos, aproximadamente 400 para pequenas e médias indústrias e cerca de 600 para grandes companhias. Para a reciclagem há consórcios responsáveis. Comerciantes e distribuidores participam de forma voluntária. Para informar os consumidores foram feitas no início da implantação da logística grandes campanhas de marketing, e em 2008, pesquisa mostrou que 80% da população têm conhecimento sobre o perigo do descarte adequado (BACILA, 2012). Cempre, citado por Wiens (2001) afirma

que na legislação alemã as lâmpadas em sua destinação final devem ser moídas, embaladas e enterradas em minas abandonadas.

3.2 SISTEMA DE GESTÃO FINANCIADO PELO PODER PÚBLICO E PELO CONSUMIDOR

A prática de gerenciar os resíduos das lâmpadas com recursos públicos através do seu recebimento voluntário não apresenta resultados significantes, pois tal prática é adotada em países como o Japão, com taxa de reciclagem de 4% e Canadá, com índice de 7% (SILVEIRA, 2009).

3.2.1 A PRÁTICA AMERICANA

Nos Estados Unidos são descartadas cerca de 513 milhões de lâmpadas fluorescentes e as taxas de reciclagem foram apenas 23%, nos últimos anos. No país elas são taxadas de resíduos universais com menos exigências de reciclagem que os resíduos perigosos. Existe, entretanto, legislação que obriga os grandes geradores a reciclar, mas estes dispõem mais de 71% de suas lâmpadas no lixo comum e muitos desconhecem essa obrigação. Do total de lâmpadas descartadas, apenas 22% são de geradores residenciais. A Associação Americana dos Fabricantes de Produtos Elétricos (NEMA) considera inviável a responsabilidade estendida ao fabricante e estes argumentam que o governo deve pagar a reciclagem e afirma não possuir rede de coleta capaz de suportar todas as lâmpadas. (SILVEIRA, 2009)

Os consumidores residenciais, comerciais e industriais financiam o sistema no país, que conta também com recursos do governo que, para coleta de lâmpadas residenciais mantém centros, realiza eventos e apoia pontos de recebimento em lojas, em corpos de bombeiros, dentre outros. Sistema esse que suporta poucas lâmpadas. Poucos revendedores recebem-nas. São oferecidas caixas de lâmpadas pré-pagas, soluções estas enviadas por correio. Os grandes geradores podem usar containers deste tipo (pré-pagos) ou caixas especiais vendidas nos recicladores a um preço que custeia a remessa e a reciclagem ou optar também por terceirizar este serviço. Existem iniciativas de fabricantes, comerciantes, e outras associações para a reciclagem das lâmpadas, mas, em geral, o consumidor ou arca com as despesas da reciclagem ou está totalmente desinformado sobre as possibilidades (SILVEIRA, 2009).

4. SISTEMA DE GESTÃO BRASILEIRO

As taxas de reciclagem de lâmpadas fluorescentes no Brasil são diminutas, atestando a ausência de programas de gestão eficientes capazes de tornar esses números mais significativos. Segundo Raposo (2001) isso ocorre devido à falta de legislação atuante e da falta de conscientização, sendo o ônus arcado pelo gerador, em semelhança a prática americana, devido à complexidade do sistema de distribuição.

No país a maioria das lâmpadas tem como destino final as diferentes modalidades de aterros, controlados ou não, segundo Bacila, (2012). É possível afirmar que, tanto a população quanto as indústrias descartam-nas de forma incorreta, pois Alves e Muro Jr. (2010) relatam que os maiores responsáveis pela destinação inadequada são os pequenos comércios e residências por desinformação ou por falta de programas de coleta, “já que os grandes empreendimentos, visando uma adequação de mercado ou certificação ambiental buscam empresas recicladoras e soluções ambientalmente corretas aos seus resíduos” (ALVES E MURO JR, 2010, p. 1,2); e por outro lado Zanichelli e outros (2004) acrescentam que os setores público e industrial, que são os maiores geradores, desconhecem, de um modo geral, os efeitos causados pelo mercúrio, e pela ausência de legislação específica, não sabem como gerenciar os seus resíduos; promovendo destinação ambientalmente adequada somente as empresas que tem um sistema de descarte de resíduos e aquelas que se interessam por certificação pelas normas da série ISO 14000, ou seja, de forma voluntária.

Existem ações no país para promoção da reciclagem das lâmpadas que podem ser tomados como base. Observa-se que há um esforço por parte de algumas companhias energéticas para promoção da reciclagem das lâmpadas de iluminação pública, o que deve ser obrigação das mesmas, pois, como afirma Silveira (2009), estas empresas beneficiam-se do uso das lâmpadas fluorescentes, pois há uma diminuição do consumo de energia e, portanto, devem contribuir para seu reprocessamento.

Tal realidade ocorre no sul do estado do Ceará onde há um processo de logística reversa em funcionamento para as lâmpadas pós-consumo oriundas do sistema de iluminação pública. As lâmpadas mais comumente utilizadas no setor são as de vapor de sódio de alta pressão, vapor de mercúrio e multivapor metálico, e menos frequentemente as mistas e fluorescentes, além das incandescentes. Sucintamente, a gestão consiste na coleta por pessoal especializado (eletricistas) do produto, que acondicionado em recipiente adequado (tambor de metal) é encaminhado para o depósito temporário na cidade de Crato-CE. Neste depósito, preenche-se uma ficha interna para gestão destes resíduos. Posteriormente enviam-se as lâmpadas para o centro logístico na região de Fortaleza através de veículo para transporte de resíduos perigosos, onde será realizada a descontaminação utilizando a máquina Bulb Eater. Semestralmente são enviadas cerca de 2800 lâmpadas para tratamento. Somente o mercúrio está sendo reaproveitado. (MATOS BRASIL et al, 2011).

A CEMIG- Companhia Energética do Estado de Minas Gerais recicla desde 1999 as lâmpadas de iluminação urbana e de prédios públicos no Estado (CEMIG, 2013). Segundo informações do gerente de logística e armazenamento da CEMIG, em entrevista concedida à Revista LUME Arquitetura (2005), a reciclagem é feita por empresa instalada no próprio estado, e custo é de R\$ 0, 27 por unidade.

Algumas universidades no país também já adotaram a reciclagem das lâmpadas em suas instalações. É o caso da USP e como afirmam Coelho e outros (2012) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Un. Fed. de São Carlos (UFSCar), Un. Fed. de Minas Gerais (UFMG) e a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Fato que pode ser explicado pelo nível de conscientização mais elevado existente entre seus frequentadores.

Na USP, a escola Politécnica já havia encaminhado para descontaminação e reciclagem 13773 unidades, o que representa 110g de mercúrio recuperados e pelo menos 110 milhões de litros de água deixaram de ser contaminados. O programa de recolhimento adequado e reciclagem surgiu após a exposição do problema à diretoria e aos departamentos, com a comissão Poli USP Recicla. Para tal, foram dispostos 8 coletores para lâmpadas intactas e 8 para quebradas nos prédios do instituto, juntamente com o treinamento de eletricistas e funcionários da limpeza, sendo a coleta e o transporte realizado por uma empresa localizada no centro incubador de empresas tecnológicas da universidade. (BARBOSA JR e JONH, 2010).

A exemplo dos países da Europa, o Brasil poderia promover uma legislação mais efetiva e atuante quanto aos resíduos perigosos, penalizando órgãos e empresas, o que já está até definido em lei. Conscientizar a população e aperfeiçoar os sistemas de gestão são outras ações que devem ser feitas em conjunto.

Abaixo é apresentado um quadro comparativo dos dois sistemas de gestão recorrentes no mundo:

Tabela 2: Quadro comparativo dos sistemas de Gestão

Sistema de Gestão Predominante	País	Taxa de Reciclagem (%)	Média
Reciclagem arcada pelo poder público/consumidor	Brasil	6	10%
	Canadá	7	
	E.U.A	23	

	Japão	4	
Responsabilidade do Fabricante e Responsabilidade Compartilhada	Alemanha	50	68.75%
	Áustria	50	
	Suíça	95	
	Taiwan	80	

Fonte: Adaptado de SILVEIRA, 2009

5. A SITUAÇÃO NAS PRINCIPAIS CIDADES DO BRASIL: ORIENTAÇÃO AO USUÁRIO DOMÉSTICO

Os órgãos públicos de limpeza urbana são, em geral, os responsáveis pela coleta e destinação dos resíduos domiciliares. Para as lâmpadas fluorescentes oriundas de pequenos consumidores está estabelecido na PNRS que elas, devido a sua particularidade, devem ser devolvidas para fins de logística reversa. Entretanto não há um sistema de gestão atuante que induza o consumidor a agir desta maneira. Considerando esta realidade, os órgãos públicos devem agir de modo a garantir o tratamento adequado para as lâmpadas.

Na cidade de Belo Horizonte, por exemplo, o órgão público que presta serviços de limpeza urbana é o SLU (Serviço de Limpeza Urbana). No município de São Paulo, a Autoridade Municipal de Limpeza Urbana- AMLURB é a responsável pela gestão dos serviços e no Rio de Janeiro essa é uma competência da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) que, segundo a prefeitura da cidade, é a maior companhia de limpeza pública da América Latina (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2014).

Para avaliar a realidade existente nos municípios brasileiros e estudar as soluções adotadas, foram feitas tentativas de contato com as 50 mais populosas cidades do Brasil, enviando para as prefeituras um questionário que levantaria dados sobre a gestão das lâmpadas fluorescentes. Destas 50 cidades, não foi possível obter contato com quatro delas, ou porque o seu site estava indisponível ou porque o email fornecido estava inativo nas tentativas realizadas. Dos outros 46 municípios apenas 13 responderam, demonstrando falta de interesse.

O questionário, pequeno e objetivo, avaliava as alternativas de destinação disponíveis para o cidadão que possui lâmpadas fluorescentes queimadas; se instituições comerciais no município já recebem-nas, se existem ações de educação ambiental orientadas quando a este sentido e se há usinas de reprocessamento na cidade.

Dentre as alternativas disponíveis para o pequeno consumidor, nos municípios do Rio de Janeiro, Porto Alegre, Joinville, Londrina, Pernambuco, Ribeirão Preto e no Distrito Federal é orientada a devolução da lâmpada à loja pelos órgãos públicos. Em Belo Horizonte, Vitória e São Gonçalo é dada como opção disponível a disposição em lixo comum e aterro sanitário. Na cidade de Curitiba a prefeitura disponibiliza para o consumidor o caminhão do lixo tóxico, que fica a cada dia do mês, em um terminal de ônibus da cidade. Além das lâmpadas fluorescentes também são recolhidas pilhas, baterias, tonners de impressão, tintas e outros materiais. A cidade de Uberlândia informa que disponibiliza a coleta em ecopontos. A AMLURB, da cidade de São Paulo, não respondeu às tentativas de contato feitas por esta pesquisa. São José dos Campos informou que esta não é uma competência da prefeitura. As alternativas disponíveis nos municípios são refletidas na tabela a seguir:

Tabela 3: Opções ao pequeno consumidor

Opção para o consumidor	Municípios
Devolução à loja;	Brasília-DF Joinville-SC Londrina-PR Pernambuco-RE Porto Alegre- RS Ribeirão Preto-SP

	Rio de Janeiro - RJ
Entrega em centro de coleta de resíduos	-
Coleta porta-a-porta	-
Aterro sanitário/lixo comum	Belo Horizonte-MG São Gonçalo-RJ Vitória-ES
Devolução ao fabricante	Joinville-SC
Pontos de Coleta	Curitiba-PR Uberlândia-MG

Fonte: Dados da pesquisa

Das cidades citadas acima, já existem instituições comerciais específicas que recebem lâmpadas em Brasília, Belo Horizonte, Porto Alegre, Londrina e Ribeirão Preto, conforme informações das prefeituras. Brasília, Vitória, Curitiba, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Uberlândia, e Joinville afirmam que existem ações de educação ambiental nos municípios voltadas para a destinação adequada deste produto. Por fim, podem-se agrupar as cidades nas quais existem usinas de reprocessamento de lâmpadas, que são Belo Horizonte e Curitiba, conforme informações recebidas nos questionários.

5.1 LÂMPADAS FLUORESCENTES USADAS EM MINAS GERAIS

Como este estudo tem um enfoque em avaliar a gestão de lâmpadas em Belo Horizonte, decidiu-se por conhecer o cenário de gestão deste resíduo no estado, avaliando as empresas recicladoras existentes e o tratamento dado às lâmpadas pela SLU e FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente) que são órgãos de interesse ambiental do município e do estado, respectivamente.

As empresas recicladoras estudadas no estado foram as seguintes:

- Recitec: A Recitec-MG está localizada na região metropolitana de Belo Horizonte e atua em todo território brasileiro, possuindo frota especializada em transporte de resíduos perigosos e equipe para manusear e processar resíduos Classe I e II. Fornece aos clientes o Certificado de Destruição e Descontaminação de Lâmpadas (CDDL) que diz garantir destino correto para estes resíduos. (RECITEC, 2014)
- HG Descontaminação: A HG descontaminação está situada em Nova Lima- MG e tem como objetivo a descontaminação química das lâmpadas queimadas ou esgotadas, propiciando a reciclagem de seus componentes. Criada em 1998, adota processo desenvolvido na Universidade Federal de Minas Gerais. (HG DESCONTAMINAÇÃO, 2014)

Em uma tentativa de contato com estas empresas foi enviado um questionário que avaliava o reprocessamento de lâmpadas fluorescentes, abordando diversos pontos, dentro dos quais:

- a) Os serviços prestados pelas empresas;
- b) Que tipo de apoio do poder público ou dos fabricantes/importadores de lâmpadas a empresa recebeu/recebe;
- c) Se existe algum subsídio ou estímulo para sua atuação;
- d) Qual a técnica utilizada na empresa para o reprocessamento das lâmpadas e
- e) Quais as licenças/autorizações a empresa necessitou obter para operar.

A participação das empresas era muito importante para contribuir com a gestão deste resíduo em nosso país e estimular/fortalecer a destinação destas lâmpadas para a reciclagem, diminuindo a sua disposição em aterros e conseqüentemente aumentar o lucro destas companhias. Infelizmente, nenhuma das empresas respondeu.

Uma avaliação foi feita em especial com a SLU de Belo Horizonte e constatou-se que a mesma não trata de resíduos perigosos e que não há empresas que reciclam lâmpadas dentro de BH. Da pesquisa junto a SLU foi aconselhado procurar a Secretaria de Meio Ambiente ou FEAM para esclarecimentos. A FEAM constitui a Fundação Estadual do Meio Ambiente e é um dos órgãos seccionais de apoio do Conselho Estadual de Política

Ambiental (Copam) atuando vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) (FEAM, 2014). Não foi obtida resposta junto ao órgão.

6. PROPOSTA DE MODELO DE GESTÃO DE LÂMPADAS – LOGÍSTICA REVERSA

A proposta de gestão de lâmpadas fluorescentes a seguir está alicerçada nos conceitos de responsabilidade estendido ao fabricante/importador e no de responsabilidade compartilhada dos agentes (co-responsabilidade), pois a prática destas definições gerou as melhores taxas de reciclagem no mundo. Baseia-se também nas metodologias adotadas em outros países, como será visto a seguir.

Em síntese, na responsabilidade do fabricante este se torna o responsável pela gestão do produto no fim de sua vida útil, dando-o destinação ambientalmente correta. Já a responsabilidade compartilhada dos agentes envolvidos agrega ações para todos aqueles que se beneficiam do uso das lâmpadas, sejam eles os próprios fabricantes e importadores, os distribuidores, varejistas e atacadistas e por fim o consumidor final.

A ação chave deste modelo de gestão é, portanto a estruturação de um sistema de logística reversa para estas lâmpadas que envolva desde usuários a produtores. A logística reversa pode ser definida como o processo de retorno do produto utilizado ao fabricante para que este lhe de correta atenção. Segundo A PNRS, ela é:

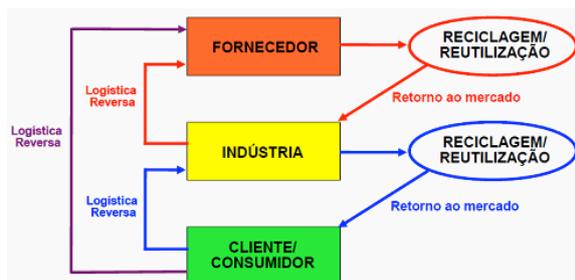
instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010)

De acordo com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Brasil (2010), é possível afirmar que o processo de logística reversa se caracteriza pelos seguintes procedimentos: primeiro os consumidores deverão efetuar a devolução após o uso dos produtos aos comerciantes e distribuidores que entregarão a mercadoria usada aos fabricantes/importadores; já fabricantes e importadores darão ao produto destinação ambientalmente correta. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, MMA (2010), dentre benefícios e oportunidades da implantação da logística reversa estão:

- a) Redução da demanda por matérias-primas e energia: *menor “stress” do meio ambiente;*
- b) Redução da geração de resíduos: *menor impacto na saúde pública* e no volume de resíduos destinados a aterros sanitários (aumento da vida útil do aterro e redução de investimentos);
- c) Melhoria da imagem das empresas: Marketing empresarial, capacidade de atingir mercados mais exigentes (etiquetagem, certificação etc.);
- d) Redução de custos (diretos e indiretos) para as empresas;
- e) Geração de oportunidades de aumento de renda, de forma organizada e articulada para grupos sociais específicos (catadores). (MMA, 2010, p.27)

A logística reversa é simplificada na figura a seguir:

Figura 2: Logística Reversa



Fonte: MMA, 2010

6.1 SISTEMA DE GESTÃO DE LÂMPADAS USADAS - SGLU

O SGLU- Sistema de Gestão de Lâmpadas Usadas constituirá o processo de gestão proposto para fomentar a logística reversa das lâmpadas fluorescentes utilizadas por grandes e pequenos consumidores. Todo o SGLU será presidido e administrado pelo Conselho Administrativo, entidade formada por representantes dos fabricantes/importadores, órgãos ambientais do governo, distribuidores, comerciantes e sociedade civil.

A princípio o sistema deverá ser financiado pelos fabricantes/importadores, dos quais será recolhida uma taxa de reciclagem por lâmpada fabricada. Isto fará com que invistam em novas tecnologias para diminuir custos. O montante arrecadado ficará disponível no fundo mantenedor do sistema: o Fundo Pró-Gestão. O valor da taxa será definido pelo Conselho Administrativo e será maior durante o período de implantação de toda a infraestrutura do sistema. Os produtores poderão repassar parte da dívida para o preço das lâmpadas.

A PRÓ-Lâmpadas constituirá a instituição sem fins lucrativos derivada do SGLU responsável por estruturar os procedimentos para retorno (coleta, armazenamento e transporte) e reciclagem das lâmpadas, mantidos pelo fundo Pró-Gestão. Para tornar mais simples e organizado o sistema, a PRÓ-Lâmpadas, doravante PRO-L, poderá ainda, ser dividida em regionais representativas.

Após o uso, o pequeno consumidor deverá devolver a lâmpadas na loja de compra, em pontos de coleta específicos definidos pela PRO-L ou ainda em centros de coleta de resíduos perigosos. A devolução poderá ser feita no momento da compra de novas mercadorias. No ato de devolução o consumidor receberá uma bonificação monetária por lâmpada fluorescente advinda do Fundo PRÓ-Gestão, que funcionará como medida de incentivo. Esse bônus ajudará os consumidores residenciais e também comerciais a adquirirem novos hábitos, não descartando mais erroneamente esse produto, que terá um valor monetário residual. Serão disponibilizados para os consumidores recipientes (caixa multi-função) para armazenarem as lâmpadas. O bônus será repassado da PRO-L para os lojistas e deste para o usuário.

Os lojistas serão obrigados a adquirir os recipientes adequados para armazenar as lâmpadas e, quando estes atingirem lotação máxima, devem solicitar através de agendamento online o recolhimento junto a PRO-L, que encaminhará, de forma gratuita, o carro de coleta devidamente identificado. Os comerciantes também poderão devolvê-las aos atacadistas e distribuidores, que efetuarão o retorno à PRO-L. As LF's virão identificadas de fábrica, para que, no momento do retorno, o repasse dos valores de bonificação seja feita de forma automática.

Serão criados também eventos nos quais poderá ser feita a devolução das lâmpadas, há exemplo do que já é feito nos EUA, conforme Silveira (2009). Nestes eventos haverá palestras e também a entrega de recipientes para armazenagem, tudo custeado pelos municípios e organizado pela PRO-L.

Também poderá ser disponibilizada a coleta porta a porta das lâmpadas que será efetuada pelas associações de catadores de lixo. Estes só poderão recebê-las se elas estiverem acondicionadas no recipiente adequado. Entretanto, o consumidor não receberá o bônus pelo retorno que ficará com as cooperativas de catadores. O consumidor agendará online a coleta em local de sua preferência. Por fim, as cooperativas ou entregarão as LF's para a PRO-L ou estas serão recolhidas em seus centros de armazenamento. A PRO-L promoverá cursos de capacitação para os associados.

Após a coleta na loja ou outros pontos de entrega, as lâmpadas serão armazenadas em centrais específicas – as centrais de concentração- de cada regional até o momento em que serão encaminhadas para a reciclagem. As prefeituras das cidades que forem escolhidas para a instalação do centro de armazenamento deverão conceder incentivos, como financiar parte da construção, que futuramente, será utilizada para armazenamento de outros produtos com potencial tóxico. Estas centrais devem ser também construídas de modo a garantir que não haja vazamento de mercúrio.

A PRO-L escolherá as empresas recicladoras e transportadoras que deverão possuir licenças ambientais e de segurança do trabalho, definirá também centros de armazenamento para aos produtos usados, pontos adicionais de coleta e realizará a interação com os lojistas e distribuidores.

Para os grandes consumidores fixa-se que estes deverão devolver as lâmpadas diretamente a PRO-L em local previamente definido, como os centros de coleta, ou deverão solicitar o recolhimento no estabelecimento, pagando pelo transporte e reciclagem. Eles também poderão contratar empresas gestoras autorizadas para reciclar as LF's. Deve estar definido em lei a obrigatoriedade de gestão pelos grandes consumidores, sob pena de multa pelo descumprimento.

Nas embalagens para retorno estarão disponíveis informações sobre como proceder com as lâmpadas queimadas. Haverá dados sobre como manusear, armazenar e transportar as lâmpadas, além das opções de devolução disponíveis.

Os locais de armazenagem deverão ser vistoriados periodicamente por técnico qualificado, garantindo a impermeabilização do solo e o impedimento de qualquer vazamento para o meio.

O governo federal e a SGLU promoverão campanhas de informação, conscientização e incentivo. As taxas recolhidas serão ajustadas periodicamente. Estatísticas de reciclagem deverão ser realizadas pela SGLU, CONAMA e ABILUX. O CONAMA também irá fiscalizar todo o processo. Auditorias avaliarão o funcionamento do sistema de gestão periodicamente.

Será necessária uma legislação que instaure a obrigatoriedade da responsabilidade do fabricante, definindo suas ações; isto é, a criação do SGLU e o seu devido financiamento e manutenção. Também deverá estar definido a participação e as obrigações de distribuidores, atacadistas e varejistas e a contribuição de todas as esferas governamentais.

Portanto, para o funcionamento do SGLU serão instaladas centrais administrativas e centrais de consolidação de lâmpadas, serão contratadas empresas para transporte e reciclagem, novas embalagens adequadas para armazenar devem ser desenvolvidas e novas obrigações devem ser estabelecidas em lei.

7. PROPOSTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Para conscientizar a população sobre os perigos advindos do descarte inadequado de lâmpadas fluorescentes e sobre a necessidade de gerenciar de forma adequada este produto no fim de sua vida útil é proposto um modelo simples de educação ambiental para a sociedade. Este modelo tem também como objetivo possibilitar a implantação do sistema

de gestão outrora já proposto para o país. Governo e associações responsáveis (fabricantes/importadores) deverão promover o financiamento do sistema para educação ambiental.

Deverão ser desenvolvidas propagandas de rádio e TV com apelo emocional mostrando as consequências do descarte inadequado das lâmpadas, o processo de contaminação do meio e dos seres. Outros recursos como outdoors, busdoors, e banners espalhados por pontos de ônibus deverão ser também utilizados. Serão elaborados folders educativos. A atenção será também direcionada para segregação dos resíduos e economia de recursos. O tema lâmpadas fluorescentes deverá ser incluído em concursos e testes do governo para que se tornem ponto de estudo nas instituições. Palestras e seminários serão promovidos para conscientização. As embalagens dos produtos tóxicos deverão conter informações sobre os perigos e a maneira correta de descartá-los.

Os consumidores deverão ser informados sobre como manusear, armazenar e transportar de forma segura e adequada esses produtos, de como proceder em caso de quebra acidental e vazamento. Algumas considerações que devem ser feitas nos processos que podem ser generalizadas para a gestão das lâmpadas e que devem ser conhecidas pelos consumidores são:

- **Manuseio:** se ocorrer a quebra de lâmpadas em local fechado, abrir portas e janelas para circulação do ar, limpar o local preferencialmente por aspiração. A coleta dos cacos deve ser feita de forma a não ferir quem os manipula e eles devem ser colocados em embalagem estanque, que possa ser lacrada. Não se deve comer e fumar durante a manipulação das lâmpadas. Pessoas expostas devem submeter-se a exames médicos periodicamente. (COELHO et al, 2012)
- **Manejo:** Acondicionamento temporário: preferencialmente nas embalagens originais ou em papelão reciclado no formato das lâmpadas ou ainda papel de jornal. Já embaladas devem ser postas em recipiente portátil, rígido e resistente. Nunca se deve embutir os contatos elétricos das extremidades da lâmpada, o que pode liberar mercúrio. O acondicionamento definitivo deve ser feito em local autorizado, fechado, sem risco de contaminação ambiental, protegido, separado e com sistemas de drenagem. (COELHO et al, 2012)

CONCLUSÃO

A disposição inadequada de lâmpadas fluorescentes no meio gera um grande ônus para o ambiente contaminando solo, água e seres. O prejuízo para este último é imensurável, podendo causar graves problemas em humanos. Devido ao perigo da liberação do elemento mercúrio deve-se oferecer para as lâmpadas pós uso um tratamento adequado, e isto só é possível se for adotado um modelo de gestão que termine por reciclar e reprocessar este resíduo, evitando sua disposição em aterros e lixões.

Para que este modelo funcione são necessárias diversas definições na legislação, e apesar de existir no país a Política Nacional do Meio Ambiente e a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, não há definições específicas nestas leis para estas lâmpadas. A PNRS institui como obrigatória a logística reversa para produtos tóxicos e define que eles devem ser devolvidos no estabelecimento de compra, mas não há uma realidade na qual o consumidor devolva a lâmpada e esta retorna ao fabricante no país. Percebe-se então que deve ser necessário mais rigor legislativo, com fiscalização e punição.

O CONAMA em seu grupo de estudo define procedimentos para retorno das lâmpadas, mas o processo está parado desde 2008. Ficou estabelecido que os grandes consumidores são os responsáveis pelo produto no fim da vida útil e que os fabricante/importadores darão destino adequado para as lâmpadas de pequenos usuários oriundas da logística reversa.

Para gestão das lâmpadas observa-se certa preocupação agregada ao ciclo de vida das mesmas, com a diminuição da quantidade de mercúrio no processo de fabricação ao longo dos anos (início do processo) e com reprocessamento deste elemento no fim da vida útil.

No mundo, dentre os modelos de gestão predominantes, aparecem o financiado pelo poder público/consumidor e o subsidiado pelos fabricantes/importadores. Este último, comprovadamente muito superior ao segundo, chega a taxas de reciclagem de até 95%, enquanto o primeiro tem taxas médias que não passam de 10%. A viabilidade deste segundo só é possível graças a legislação atuante, a grande conscientização da população e a adoção de estratégias-chaves como o bônus ao consumidor.

No país foram identificados apenas esforços isolados de algumas empresas no sentido de segregar as lâmpadas e reprocessá-las, como é o caso de alguns fornecedores de serviços energéticos e universidades. O descarte em geral é feito de forma inadequada, o que pode ser explicado pelo desconhecimento do perigo pelo pequeno consumidor e pela falta de fiscalização para o grande usuário.

O descaso dos municípios brasileiros quanto à periculosidade das lâmpadas ficou evidenciado quando poucos deles se interessaram por responder um questionário sucinto sobre as lâmpadas. Por fim, observou-se que alguns já recomendam a devolução à loja de compra, entretanto o consumidor não está conscientizado sobre isso. Apenas as cidades de Curitiba e Uberlândia dispõem de mecanismos mais eficazes para recolhimento de lâmpadas.

Foi possível concluir que a grande maioria das cidades brasileiras não possui nenhum mecanismo de coleta diferenciada deste produto (como, por exemplo, os centros de recebimento de resíduos sólidos especiais), programa de mobilização para a segregação ou interdição de sua disposição em aterros e que recolhem estes resíduos com o lixo comum.

Foi proposto um modelo de gestão financiado pelos fabricantes/importadores baseado na logística reversa e em uma taxa de bonificação para o consumidor para implantar de forma definitiva a gestão de lâmpadas no Brasil: O Sistema de Gestão de Lâmpadas Usadas –SGLU, com sua derivação principal –A PRO- Lâmpadas, tomando como referência os programas de gerenciamento usados no mundo. O objetivo é evitar/eliminar a disposição de lâmpadas mercuriais nos aterros.

Um modelo simples de educação ambiental também foi abordado, mostrando ações para conscientizar a população quanto à correta destinação de lâmpadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ALVES, Jéssica; MURO JR; Aldo. Mitigação dos impactos ambientais gerados pelo descarte de lâmpadas contendo mercúrio. IV Seminário de Iniciação Científica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/IFG. Inhumas, Goiás. 2010. Disponível em: <http://seminarioic.ifg.edu.br/index.php/seminarioic/article/view/91> Acesso em: 15 nov 2012
- 2 ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- 3 ABILUMI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IMPORTADORES DE PRODUTOS DE ILUMINAÇÃO. Apresentação. 2ª Reunião do grupo de trabalho sobre Lâmpadas mercuriais. São Paulo, 2008. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/OE732C8D/ABilumi_16_out_2008.pdf Acesso em: 20 jan 2013
- 4 BACILA, Danniele Miranda. Uso da logística reversa para apoiar a reciclagem de lâmpadas fluorescentes usadas: estudo comparativo entre Brasil e Alemanha. Universidade Federal do Paraná; Universidade de Stuttgart, Senai Paraná. Curitiba, PR. 2012 Disponível em: <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/28134>. Acesso em: 02 fev. 2013
- 5 BARBOSA JR, Welson Gonçalves; JOHN, Vanderley Moacy. Gestão de lâmpadas fluorescentes na escola politécnica da Universidade de São Paulo. I Congresso Brasileiro

- de Gestão Ambiental. Bauru, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/Congresso/Trabalhos2010/I-010.pdf> Acesso em: 03 dez 2012
- 6 BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm Acesso em 10 jun. 2013
 - 7 BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Projetos/PL/2007/msg673-070906.htm. Acesso em: 09 de jun. 2013.
 - 8 CARVALHO, Márcia T. M. et al. Qual é a sua pegada? O reflexo de seu consumo. Documentos 245. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Góias. GO. 2009. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAF-2010/29764/1/doc-245.pdf> Acesso em: 28 nov. 2012
 - 9 CEMIG- Companhia Energética do Estado de Minas Gerais. – Gestão de Materiais e Resíduos. Disponível em: http://www.cemig.com.br/ptbr/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/Paginas/gestao_de_materiais_e_residuos.aspx. Acesso em: 15 jun. 2013
 - 10 COELHO, Márcia Gonçalves et al. Lâmpadas de mercúrio queimadas - um resíduo sólido causador de problemas ambientais. Revista Ciências do Ambiente On-Line Março, 2012 Volume 8, Número 1. Pág 49 a 59. Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/index.php/be310/article/viewFile/312/243> Acesso em: 15 nov. 2012
 - 11 CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Acompanhamento de processos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processo.cfm?processo=02000.001522/2001-43> Acesso em: 15 de jun. de 2013.
 - 12 DIÁRIO DO EXECUTIVO. A Política Estadual dos Resíduos Sólidos – Minas Gerais 2009. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9272> Acesso em: 10 jun. 2013
 - 13 DURÃO JÚNIOR, Walter Alves; WINDMOLLER, Cláudia Carvalhinho. A Questão do Mercúrio em Lâmpadas Fluorescentes. Química Nova Escola. Maio, 2008. p. 12-19. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/04-QS-4006.pdf> Acesso em: 10 jun. 2013.
 - 14 ESPÍRITO SANTO. Lei 9163 de maio de 2009. Disponível em: http://www.al.es.gov.br/antigo_portal_ales/images/leis/html/9.163.htm Acesso em: 20 jun. 2013
 - 15 FEAM- Federação Estadual do Meio Ambiente- Institucional. Disponível em: <http://www.feam.br/instituicao> Acesso em: 15 fev 2014
 - 16 GRUPO DE TRABALHO SOBRE LÂMPADAS. Documento de recomendações a serem implementadas pelos órgãos competentes em todo território nacional relativas às lâmpadas contendo mercúrio. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/OE732C8D/DocRecomendaAcoesLampadas.pdf>. Acesso em: 15 de set. 2013.
 - 17 GRUPO DE TRABALHO SOBRE LÂMPADAS. Proposta de Minuta de Resolução com emendas resultante da 8ª reunião do grupo de trabalho (em discussão). 2010. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/OE732C8D/ResolMinuta_8oGT_%2021e22jul10.pdf Acesso em: 15 set. 2013
 - 18 HG DESCONTAMINAÇÃO. HG Descontaminação de Lâmpadas Industriais. Disponível em: <http://www.hgmg.com.br/empresa.htm> Acesso em: 20 jan. 2014
 - 19 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- Atlas de Saneamento. Rio de Janeiro, 2008
 - 20 KNUTH, Franco Goulart. Proposta de um plano para gestão dos resíduos de lâmpadas fluorescentes na UFPel. 2010. 44p. Monografia (Bacharelado) – Curso de Biologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Disponível em: http://www.ufpel.tche.br/prg/sisbi/bibct/acervo/biologia/2010/franco_knuth_2010.pdf Acesso em: 15 dez. 2012
 - 21 MASCIA, Antônio Repisco. Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes compactas e lâmpadas incandescentes, considerando a viabilidade econômica. Universidade Federal

- do Pampa. TCC. Alegrete, 2011. Disponível em: <http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/engenhariaeletrica/files/2011/11/Antonio-Repiso-Mascia-Estudo-Comparativo-entre-L%C3%A2mpadas-Fluorescentes-Compactas-e-L%C3%A2mpadas-Incandescentes-Considerando-a-Viabilidade-Econ%C3%B4mica1.pdf> Acesso em: 15 nov. 2012
- 22 MATOS BRASIL, Yllara M et al. Análise do sistema logístico reverso de lâmpadas da iluminação pública do sul cearense. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP 2011. Belo Horizonte, Outubro 2011. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_143_904_18259.pdf Acesso em: 02 out. 2013
- 23 MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. GT CONAMA Lâmpadas mercuriais. 2010. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/OE732C8D/Apres_SRHU-MMA_MarcosBandini_27jan10.pdf Acesso em: 15 set. 2013
- 24 MOMBACH, Vera Lúcia; RIELLA, Humberto Gracher; KUHNEN, Nivaldo Cabral. O estado da arte na reciclagem de lâmpadas fluorescentes no Brasil: Parte 1. Acta Ambiental Catarinense. v. 5. n. 1/2, jan./dez./2008. Disponível em: <http://apps.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/acta/article/viewFile/225/121>. Acesso: 20 de set. 2012.
- 25 MRT SYSTEM. Dados MRT System - Mercado Mundial de Lâmpadas Fluorescentes e Consumo de Mercúrio. 2ª Reunião do grupo de trabalho sobre Lâmpadas mercuriais do CONAMA. São Paulo, 2008. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/OE732C8D/Dados_Denise.pdf Acesso em: 20 jan. 2013
- 26 NAIME, Roberto; GARCIA, Ana Cristina. Propostas para o gerenciamento dos resíduos de lâmpadas fluorescentes. Revista Espaço para a Saúde, v.6, n.1, p. 1-6, dez. 2004. Londrina-PR. Disponível em: <http://www.ccs.uel.br/espacoparasaude/v6n1/propostas.pdf> Acesso em: 15 nov. 2012
- 27 PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. Conheça a COMLURB. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/comlurb/conheca-a-comlurb> Acesso em: 12 fev. 2014
- 28 RAPOSO, Claudio. Contaminação Ambiental Provocada Pelo Descarte Não Controlado de Lâmpadas de Mercúrio no Brasil. Universidade Federal de Ouro Preto. Belo Horizonte. 2001. Disponível em: http://biblioteca.cdtm.br/cdtm/arpel/adobe/Tese_Claudio_Raposo.pdf Acesso: 20 de agosto de 2012
- 29 RECITEC. O grupo. Disponível em: <http://www.recitecmg.com.br/index.php> Acesso: 20 jan. 2014
- 30 REVISTA LUME ARQUITETURA. Reciclagem de lâmpadas: O símbolo de uma boa ideia ainda precisa de uma boa solução. Ed 16-out/Nov 2005 Pag 6-7 http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed16/ed_16_Entrevista.pdf Acesso: 18 out. 2013
- 31 RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 45.554 de março de 2008. Disponível em: <http://www.mprs.mp.br/ambiente/legislacao/id4803.htm> Acesso: 20 jun. 2013
- 32 SÃO PAULO. Lei 10.888 de 20 de setembro de 2001. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2001/lei-10888-20.09.2001.html>. Acesso 20 jun 2013
- 33 SILVEIRA, Geraldo Tadeu Rezende. Lâmpadas Fluorescentes, celulares e suas baterias: Sistemas de coleta e de reciclagem para o Brasil baseados na experiência dos Estados Unidos. Tese de Pós-doutorado apresentada à North Carolina Agricultural and Technical State University e ao CNPq, Greensboro, 2009. 136p.
- 34 VALLE, C. E. Qualidade Ambiental: como ser competitivo protegendo o meio ambiente: como se preparar para a norma ISO 14000; Ed. Pioneira, 1995.
- 35 WIENS, Carlos Henrique. Gestão de Resíduos Tóxicos: O caso das lâmpadas fluorescentes descartadas em quatro empresas do setor automotivo da região metropolitana de Curitiba-PR. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. Disponível em: [http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2085/000314076.pdf?sequence=1ANEXO 1](http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2085/000314076.pdf?sequence=1ANEXO%201) . Acesso em: 21 nov. 2012.

- 36 ZANICHELI, Cláudia; et al. Reciclagem de lâmpadas: aspectos ambientais e tecnológicos. PUC Campinas. Campinas, 2004. Disponível em: http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/reciclagem_de_lampadas_aspectos_ambientais_e_tecnologicos.pdf Acesso em: 18 nov. 2012