

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
Programa de Pós-Graduação em Administração

Carolina Calazans Lopes Leopoldino

**O DESCARTE DE LÂMPADAS FLUORESCENTES DAS INDÚSTRIAS DA REGIÃO  
METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE**

Belo Horizonte

2018

Carolina Calazans Lopes Leopoldino

**O DESCARTE DE LÂMPADAS FLUORESCENTES DAS INDÚSTRIAS DA REGIÃO  
METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Administração

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Molica de Mendonça

Área de concentração: Processos e Sistemas Decisórios

Belo Horizonte  
2018

L587d Leopoldino, Carolina Calazans Lopes  
O descarte de lâmpadas fluorescentes das indústrias da região metropolitana de Belo Horizonte. / Carolina Calazans Lopes Leopoldino. -- Belo Horizonte, 2018.  
104 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Administração, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Molica de Mendonça

#### Bibliografia

1. Gestão Ambiental. 2. Logística Reversa. 3.Reaproveitamento – Lâmpadas Fluorescentes. I. Mendonça, Fabrício Molica de. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Título

CDD 658.785



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DO CEFET-MG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO do(a) Senhor(a) Carolina Calazans Lopes. No dia 19 de março de 2018, às 09h30min, reuniu-se no Campus I do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, a Banca Examinadora de dissertação designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Administração do CEFET-MG, em sua 32ª reunião, de 02 de março de 2018, para julgar o trabalho final intitulado “**O Descarte de Lâmpadas Fluorescentes das Indústrias da Região Metropolitana de Belo Horizonte**”, requisito para a obtenção do **Grau de Mestre em Administração**, linha de pesquisa: **Processos e Sistemas Decisórios em Arranjos Organizacionais**. Abrindo a sessão, o(a) Senhor(a) Presidente da Banca, Prof.(a) Dr.(a) Fabrício Molica de Mendonça, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao(à) aluno(a) para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa do(a) aluno(a). Logo após, a Banca se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado final:

Aprovação.

( ) Aprovação com recomendação de aperfeiçoamento, condicionada à satisfação das exigências feitas pela banca examinadora.

( ) Recomendação de reapresentação.

( ) Reprovação.

O resultado final foi comunicado publicamente ao(à) aluno(a) pelo(a) Senhor(a) Presidente da Banca. Nada mais havendo a tratar, o(a) Senhor(a) Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Banca Examinadora.

Belo Horizonte, 19 de março de 2018

**Assinaturas:**

Prof. Dr. Fabrício Molica de Mendonça (Orientador – PPGA-CEFET-MG)

Profa. Dra. Sanny Rodrigues Moreira Campos (IFTM-UDI)

Prof. Dr. Paulo Henrique de Lima Siqueira (UFSJ)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu forças para que eu percorresse todo o caminho (que não é fácil) da melhor maneira possível.

Ao meu marido Daniel, que teve a enorme paciência de escutar por diversas vezes eu falar sobre o Mestrado. Além disso, por estar presente e me agradecer com os conselhos que só ele poderia me dar.

À minha mãe, que sempre foi meu maior exemplo na vida.

Aos amigos da Prefeitura e da Infraestrutura do CEFET, pelo suporte e por não deixar eu desistir dos meus sonhos.

Ao meu orientador, por confiar em mim durante todo o processo e por entender cada momento que estava vivenciando.

À minha supervisora de estágio Elisângela, por ser essa pessoa encantadora, que tive o grande prazer de conhecer.

Aos professores Silvio do DECOM e Ludmila do DCSA, por todo o empenho em nos ajudar com as questões do Mestrado.

Aos meus colegas de Mestrado, pela troca de experiências, conhecimento, alegrias, angústias e por todo apoio dado. Em especial, às “Sorvetes”, pelo período em que compartilhamos.

Aos amigos, que estiveram presentes durante este período, e que torceram para a concretização deste objetivo. Com carinho, às minhas irmãs de coração Symaira e Déborah, por toda a disponibilidade e carinho de sempre.

A todas as empresas e entrevistados, que contribuíram com as informações para a minha pesquisa.

Finalmente, agradeço a todos que colaboraram com a construção da minha dissertação.

## RESUMO

O uso de lâmpadas fluorescentes apresentou crescimento significativo após a crise energética de 2001. Isso traz, por um lado, uma redução do consumo energético e aumento de competitividade para as organizações e, por outro lado, uma preocupação para a sociedade moderna, visto que o descarte irregular dessas lâmpadas pós-consumo pode provocar danos ambientais e à saúde das pessoas. Nesse sentido, este trabalho teve por finalidade analisar o processo de descarte de lâmpadas fluorescentes das indústrias usuárias e não geradoras deste produto, localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte. O estudo foi realizado dentro de uma abordagem quantitativa e qualitativa, de cunho descritivo e a coleta de dados foi feita por meio das seguintes técnicas: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, entrevista semiestruturada, aplicação de questionário estruturado e visita técnica. Os participantes do estudo foram os representantes da Gerência de Resíduos Especiais, da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, da empresa de descontaminação de lâmpadas industriais e as indústrias usuárias e não geradoras de lâmpadas fluorescentes da região metropolitana de Belo Horizonte. A partir dos resultados, percebe-se que o descarte das lâmpadas fluorescentes ainda não ocorre da maneira que deveria. O lixo comum ainda é a opção de descarte predominante, com 33% do total e muitos respondentes desconhecem a legislação ambiental, retratada na Política Nacional de Resíduos Sólidos e na Lei de Crimes Ambientais. As indústrias também salientaram que existem muitas dificuldades para implementação da logística reversa, sendo a ausência de programas do poder público para o descarte correto citada por quase todas as empresas (95%). Com isso, o descarte é inadequado e falta comunicação e fiscalização por parte do poder público.

Palavras-chave: Lâmpadas fluorescentes. Processo de descarte. Indústrias.

## **ABSTRACT**

The use of fluorescent lamps showed significant growth after the 2001 energy crisis. This brings, on the one hand, a reduction in energy consumption and an increase in competitiveness for organizations and, on the other hand, a concern for modern society, because the irregular disposal of these after-consumption lamps can cause environmental and people's health damage. In this sense, the aim of this work was to analyze the process of discarding fluorescent lamps from the user and non-generating industries of fluorescent lamps in the metropolitan area of Belo Horizonte. The study was carried out in a quantitative and qualitative approach, with a descriptive character and the data collection was done through the following techniques: bibliographic research, documentary research, semi-structured interview, structured questionnaire application and technical visit. The participants of the study were representatives of the Special Waste Management, the Municipal Environment Secretariat, the company responsible for the decontamination of industrial light bulbs and the user and non-generating industries in the metropolitan area of Belo Horizonte. From the results, it is noticed that the disposal of fluorescent light bulbs still does not occur the way it should. Ordinary waste is still the predominant disposal option, with 33% of the total and many respondents unknown of environmental legislation, portrayed in the National Solid Waste Policy and the Environmental Crimes Law. The industries also pointed out that there are many difficulties to implement reverse logistics, and the absence of public power programs that encourage the correct disposal cited by almost all companies (95%). With this, the disposal is inadequate and lacks communication and supervision by the public authorities.

**Keywords:** Fluorescent lamps. Process of discarding. Industries.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Uso Mundial da Eletricidade por setor .....	14
FIGURA 2 - Uso da Eletricidade por setor em Minas Gerais .....	14
FIGURA 3 - Esquema simplificado da logística reversa .....	19
FIGURA 4 - Tipos de Lâmpadas.....	21
FIGURA 5 - Sistema <i>BulbEater</i> para moagem de lâmpadas .....	36
FIGURA 6 - Tratamento térmico de lâmpadas .....	38
FIGURA 7 - Cronograma de Implementação da Logística Reversa de Lâmpadas Fluorescentes – Ano I (2017) .....	50
FIGURA 8 - Local de realização da moagem com tratamento químico.....	83

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Empresas brasileiras de tratamento de lâmpadas .....	40
QUADRO 2 - Elaboração do Questionário .....	60

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Lâmpadas que contém mercúrio.....	23
TABELA 2 - Índice de Reciclagem de lâmpadas fluorescentes .....	43
TABELA 3 - Distribuição das empresas nos municípios que compõem a Região Metropolitana de Belo Horizonte por porte de tamanho.....	57
TABELA 4 - Classificação do Porte das Empresas segundo o Número de Empregados.....	59

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Amostra versus resultado .....	61
GRÁFICO 2 - Tipos de lâmpadas mais utilizadas.....	64
GRÁFICO 3 - Empresas com funcionários treinados com relação ao manuseio e acondicionamento das lâmpadas fluorescentes .....	65
GRÁFICO 4 - Destino final das lâmpadas fluorescentes.....	66
GRÁFICO 5 - Dificuldades de implementação da logística reversa das lâmpadas fluorescentes .....	68
GRÁFICO 6 - Conhecimento das empresas a respeito da PNRS.....	70
GRÁFICO 7 - Conhecimento das empresas em relação à Lei de Crimes Ambientais.....	71

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<i>1.1 Objetivos</i> .....	15
<i>1.1.1 Objetivo geral</i> .....	15
<i>1.1.2 Objetivos específicos</i> .....	15
<i>1.2 Justificativa</i> .....	15
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
<i>2.1 Gestão ambiental e o aumento do volume de resíduos sólidos no Brasil</i> .....	17
<i>2.2 A logística reversa como estratégia de redução do volume de resíduos</i> .....	18
<i>2.3 O mercado de lâmpadas e o processo de logística reversa</i> .....	20
<i>2.3.1 Lâmpadas que não contêm mercúrio</i> .....	21
<i>2.3.2 Lâmpadas que contêm mercúrio</i> .....	22
<i>2.3.3 Histórico das lâmpadas fluorescentes</i> .....	24
<i>2.3.4 Avaliação do ciclo de vida (ACV) de lâmpadas</i> .....	26
<i>2.3.5 A logística reversa de lâmpadas fluorescentes</i> .....	28
<i>2.4 Destinos e tecnologias para tratamento das lâmpadas fluorescentes</i> .....	30
<i>2.4.1 Destinação para aterros</i> .....	31
<i>2.4.2 Lixo comum</i> .....	32
<i>2.4.3 Venda</i> .....	32
<i>2.4.4 Cooperativas ou associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis</i> .....	33
<i>2.4.5 Armazenamento indefinido em galpões</i> .....	33
<i>2.4.6 Prefeitura do município</i> .....	34
<i>2.4.7 Devolução para os comerciantes, distribuidores, fabricantes ou importadores de lâmpadas</i> .....	35
<i>2.4.8 Reciclagem</i> .....	35
<i>2.4.8.1 Moagem Simples</i> .....	36
<i>2.4.8.2 Moagem com tratamento térmico</i> .....	37
<i>2.4.8.3 Moagem com tratamento químico</i> .....	38
<i>2.4.8.4 Tratamento por sopro</i> .....	39
<i>2.4.8.5 Solidificação e encapsulamento</i> .....	39
<i>2.5 Empresas brasileiras de tratamento de lâmpadas</i> .....	39
<i>2.6 Estudos relacionados às lâmpadas fluorescentes no Brasil e no mundo</i> .....	41
<i>2.7 Legislações brasileiras correlatas à logística reversa de lâmpadas fluorescentes</i> .....	44
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>51</b>
<i>3.1 Tipo de pesquisa desenvolvida</i> .....	51
<i>3.2 Técnicas de coleta e análise dos dados</i> .....	51
<i>3.3 Caracterização dos participantes da pesquisa</i> .....	53
<i>3.3.1 Gerência de Resíduos Especiais da FEAM</i> .....	53
<i>3.3.2 Secretaria Municipal de Meio Ambiente da PBH</i> .....	54
<i>3.3.3 Empresa de descontaminação de lâmpadas industriais</i> .....	55
<i>3.3.4 Indústrias da região metropolitana de Belo Horizonte</i> .....	55
<i>3.4 População e amostra para aplicação do questionário</i> .....	56
<i>3.5 Desenvolvimento do questionário aplicado às empresas industriais</i> .....	59

<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
<b>4.1 Análise Descritiva dos Resultados .....</b>	<b>61</b>
4.1.1 Perfil dos Respondentes .....	61
4.1.2 Módulo Lâmpadas .....	63
4.1.3 Módulo Legislação .....	69
4.1.4 Módulo Gestão Ambiental .....	71
<b>4.2 Entrevistas.....</b>	<b>72</b>
4.2.1 Gerência de Resíduos Especiais da FEAM .....	72
4.2.2 Secretaria Municipal de Meio Ambiente da PBH .....	77
4.2.3 Empresa de descontaminação de lâmpadas fluorescentes.....	81
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE PESQUISA .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO A – REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE.....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de lâmpadas fluorescentes apresentou crescimento significativo após a crise energética de 2001, em que diversas medidas de racionamento foram tomadas (PRIMI, 2009). Embora o custo inicial relacionado à aquisição do produto seja mais elevado, há uma economia significativa no consumo de energia elétrica quando comparado com as lâmpadas incandescentes. Com isso, o consumo de dois a três milhões de lâmpadas fluorescentes/ano em 2000 chegou a duzentos milhões no ano de 2011 (MOURÃO; SEO, 2012; SILVA, 2010; ABILUX, 2011).

Apesar de serem consideradas como interessante alternativa para redução do consumo energético, as fluorescentes são classificadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como produtos perigosos (ABNT, 2004). Ao se romperem, liberam vapor de mercúrio – substância tóxica de alto teor de contaminação - que pode atingir o solo, a água, os organismos vivos e, conseqüentemente, toda a cadeia alimentar (MELO JÚNIOR et al., 2013). Nos seres humanos, os possíveis danos à saúde são insônia, vômito, gengivite, dor de cabeça, lesão renal, aumento da pressão arterial, dano neurológico e convulsão (WALKER et al., 1996). Por isso, fica evidente a necessidade de discutir a respeito dos resíduos sólidos (TAGHIPOUR et al., 2014).

Diante desta necessidade, foi criada a Lei nº 12.305 de 2010, conhecida como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Dentre os principais objetivos desta política, destacam-se a responsabilização pelo ciclo de vida do produto, o envolvimento do poder público na gestão dos resíduos e o retorno dos produtos através da logística reversa (BRASIL, 2010).

Assim, os envolvidos na cadeia produtiva (os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana) foram incumbidos de zelar pelos produtos em todas as suas fases, sejam elas aquisição, uso e/ou pós-consumo (BRASIL, 2010). Nota-se também, que a PNRS ressaltou a importância do papel do governo em relação a destinação dos resíduos. Segundo a lei, o poder público municipal tem obrigação de elaborar planos de gerenciamento de resíduos, envolvendo o governo local, as empresas e a população em geral (BRASIL, 2010).

Com o surgimento dessa política de responsabilidade socioambiental, a proteção ambiental começou a integrar os objetivos de negócio das empresas. Isso fez com que muitos desses

atores envolvidos encontrassem no processo reverso, vantagens e oportunidades de negócios, associadas ao aumento de receitas e/ou redução de custos. No caso de lâmpadas fluorescentes, há em Minas Gerais, nos municípios de Pedro Leopoldo e de Nova Lima, ambos localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte, duas empresas que se dedicam, exclusivamente, à descontaminação de lâmpadas. Por meio de diferentes tecnologias e da reciclagem de seus materiais é possível extrair o vidro, a poeira fosforosa e o mercúrio, e depois, reinseri-los ao fluxo produtivo (CESTARI; MARTINS, 2016).

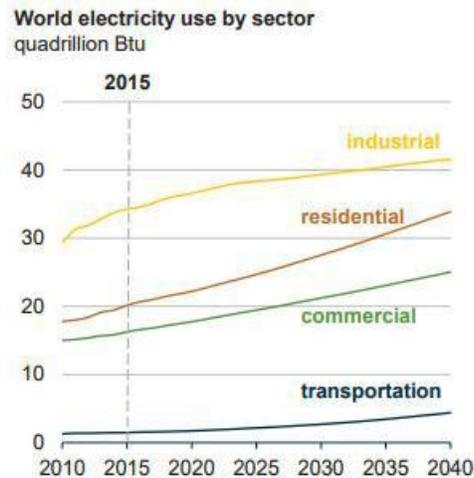
Entretanto, apesar da exigência legal e da existência de empresas de reciclagem de lâmpadas fluorescentes na Região Metropolitana de Belo Horizonte, a consolidação do processo reverso depende, em grande parte, da coordenação de vários atores da cadeia de produção, tais como consumidores residenciais, indústrias, distribuidores e governo, que estejam dispostos a contribuir no retorno dos produtos (NAIME; GARCIA, 2004).

Com isso, o descarte deste tipo de lâmpada se tornou assunto de grande importância para a sociedade brasileira. Registros da Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX) revelaram que, no ano de 2011, apenas 6% das fluorescentes consumidas eram destinadas para a reciclagem, o que é preocupante do ponto de vista ambiental, social e de saúde pública, especialmente no longo prazo (ABILUX, 2011; GUARNIERI, 2011; BACILA, 2014)

Este percentual pode ser explicado pelo valor econômico das sucatas de lâmpadas fluorescentes, que é relativamente baixo quando comparado com outros equipamentos elétricos e eletrônicos. Assim, a maioria das lâmpadas é enviada para o lixo doméstico, fazendo com que muitas sejam quebradas durante o transporte e grandes quantidades de elementos de mercúrio fluam para o meio ambiente (HU; CHENG, 2012).

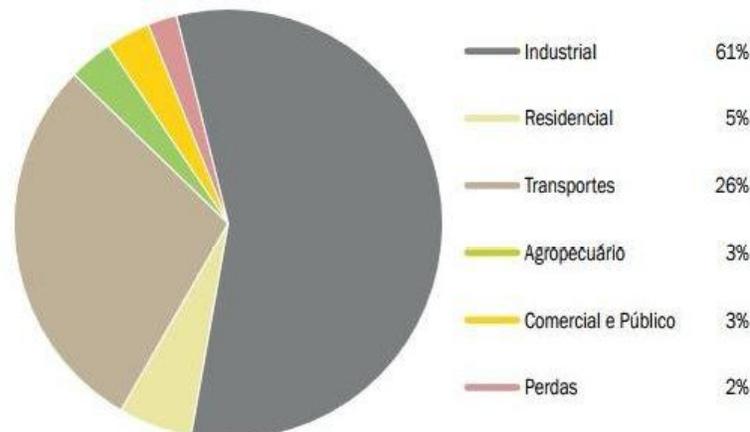
Deste modo, acredita-se que os setores público e industrial são os que mais estão se preocupando com as possíveis consequências trazidas pela PNRS, porque são os maiores consumidores desse tipo de produto. Cerca de 95% das lâmpadas fluorescentes tubulares são consumidas por esses setores, enquanto as residências são as responsáveis pelos 5% restantes (NAIME; GARCIA, 2004). Além disso, de acordo com a *U.S. Energy Information Administration (EIA)* (2017), o setor industrial é o que mais utiliza eletricidade no mundo, como pode ser visto na figura 1. Este cenário também pode ser visto em Minas Gerais, conforme figura 2.

**Figura 1 - Uso Mundial da Eletricidade por setor**



Fonte: *Energy Information Administration* (2017)

**Figura 2 - Uso da Eletricidade por setor em Minas Gerais**



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) (2016)

Diante da relevância e do importante papel desempenhado pelas indústrias na execução do procedimento de descarte deste resíduo, o presente trabalho se propôs a responder o seguinte questionamento: **Como ocorre o processo de descarte de lâmpadas fluorescentes das indústrias que são deste produto, localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte?**

Ressalta-se que as empresas contempladas neste estudo tratam-se de indústrias usuárias e não geradoras de lâmpadas fluorescentes da região metropolitana de Belo Horizonte. É importante salientar este ponto pois existem diferenças quanto às responsabilidades de descarte dos usuários em relação aos fornecedores, que são os comerciantes, distribuidores, fabricantes ou importadores das lâmpadas fluorescentes (BRASIL, 2010).

## **1.1 Objetivos**

### *1.1.1 Objetivo geral*

Analisar o processo de descarte de lâmpadas fluorescentes das indústrias que são usuárias e não geradoras deste produto, localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte, de modo a identificar os principais destinos utilizados pelas empresas em relação ao descarte desses resíduos.

### *1.1.2 Objetivos específicos*

- a) Investigar as legislações que tratam a respeito da gestão de resíduos sólidos e da logística reversa de lâmpadas fluorescentes.
- b) Identificar o destino dado às lâmpadas fluorescentes utilizadas pelas indústrias usuárias e não geradoras deste produto, que estão localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte;
- c) Verificar se existem dificuldades de implementação da logística reversa das lâmpadas fluorescentes;
- d) Analisar os pontos de vista dos diferentes atores do processo (indústrias, governo e empresa de tratamento de lâmpadas fluorescentes, presentes na região metropolitana de Belo Horizonte) sobre a questão do descarte e da logística reversa.

## **1.2 Justificativa**

A questão da preocupação ambiental nas organizações tem ganhado uma grande importância desde a década de 1970. Os consumidores têm desenvolvido uma maior consciência ambiental e assim, passado a cobrar dos produtores dos bens e serviços uma postura similar (PEREIRA, 2013). Da mesma forma, o avanço da legislação em diversos países faz com que os setores econômicos se responsabilizem pela gestão de seus resíduos (DEMAJOROVIC et al., 2012).

Em 2010, foi instituída no Brasil a Lei nº 12.305, que aborda o gerenciamento de resíduos sólidos e as responsabilidades dos geradores, consumidores e do poder público. Destas definições, surgiu um importante conceito denominado responsabilidade compartilhada, que se trata de uma obrigação legal referente ao ciclo de vida do produto, envolvendo desde fabricantes até consumidores no processo reverso dos resíduos (BRASIL, 2010).

Além da responsabilidade compartilhada, a PNRS também prevê para os produtores (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes) a obrigação de "estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos". Desse modo, a logística reversa ou devolução para os produtores é a forma mais correta de descarte em termos legais. No entanto, Miguez (2010) afirma que grande parte das empresas, sujeitas à imposição dessa lei, não possui recursos humanos, logísticos, financeiros e tecnológicos suficientes para atendê-la.

Para a implantação da logística reversa é preciso enfrentar diversos desafios, como desenvolver uma infraestrutura, contendo atores articulados – indústrias, governo, distribuidores, consumidores – com capacidade de recolher os resíduos pós-consumo e identificar as alternativas de reaproveitamento ou de destinação segura, reduzindo os impactos sociais e ambientais (DEMAJOROVIC et al., 2012).

No caso das lâmpadas fluorescentes, a situação é ainda mais crítica, uma vez que: a) um de seus componentes se trata do mercúrio, um metal pesado que pode contaminar o meio ambiente e trazer prejuízos à saúde (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008); b) o tratamento desse tipo de resíduo requer tecnologias apropriadas e de alto investimento, não sendo viável para a maioria das empresas; c) o resíduo está relacionado com alta dispersão geográfica associada à baixa transportabilidade, exigindo coletas em pequenas quantidades e, conseqüentemente, custos de transporte maiores; d) é consumida, em sua maioria pelo setor público e industrial que, juntos, respondem pelo consumo de 95% da produção (NAIME; GARCIA, 2004 e ZANICHELI et al., 2004; MAGUEIJO et al., 2010); e) as empresas fabricantes das lâmpadas são em sua maioria importadoras, o que traz uma preocupação ainda maior, visto que não há legislação brasileira específica que trate dos limites de concentração de mercúrio nas lâmpadas. Portanto, a composição não é controlada (MMA, 2014).

Além disso, a logística reversa das lâmpadas fluorescentes no panorama brasileiro ainda está pouco estruturada, o que dificulta a disposição final dos resíduos de maneira correta (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008). Portanto, o descarte das fluorescentes é um assunto que deve ser constantemente acompanhado e debatido, para que as medidas corretas possam ser tomadas com relação à destinação dos resíduos.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Gestão ambiental e o aumento do volume de resíduos sólidos no Brasil**

A manutenção e a preservação ambiental são importantes inquietações que têm perpassado os vários arranjos logísticos nas últimas décadas (SANTOS et al., 2015). Melo Júnior et al. (2013) e Barbieri (2010) afirmam que os impactos ambientais que ocorreram no século XX provocaram uma profunda reflexão a respeito do modo de vida de todas as populações e a sustentabilidade se tornou uma palavra-chave para minimização dos danos causados à natureza.

A gestão da produção associada ao pensamento sustentável passou a ser considerada uma importante força estratégica para as empresas, podendo resultar em diversos benefícios, como a obtenção de custos menores por meio da reciclagem, a redução do consumo de energia e insumos, e a diminuição das penalidades por poluição (TACHIZAWA, 2009). Assim, o desenvolvimento sustentável alterou a tomada de decisão dos agentes de desenvolvimento (empresários, trabalhadores e governantes). As decisões, que antes eram baseadas apenas em aspectos econômicos tornaram-se decisões multicritérios, voltadas também para as dimensões sociais e ambientais (MENDONÇA; PONTES; SOUZA, 2014).

Nesse sentido, algumas empresas passaram a buscar certificações como a norma ISO 14.001, que normatiza os aspectos para que as empresas possam se adequar aos preceitos da gestão ambiental. As organizações que obtém a certificação se comprometem em cumprir as legislações de seu setor e também estudam os possíveis impactos de suas atividades produtivas no meio ambiente, analisando as soluções e repensando a produção sob a perspectiva ambiental (VIEIRA; SOARES, 2009).

No entanto, apesar da inserção da sustentabilidade no contexto empresarial, ainda é possível observar um comportamento adverso à este pensamento. O ecossistema permanece sendo afetado fortemente pelas externalidades negativas, oriundas da transformação de matéria-prima em produtos, além do esgotamento de recursos naturais e da geração de um maior volume de resíduos sólidos, que por vezes são descartados de maneira indevida no meio ambiente (OLIVEIRA NETO et al., 2015). Dessa forma, é preciso atentar-se com relação aos resíduos sólidos.

De acordo com o inciso XVI do artigo 3º da Lei nº 12.305 de 2010, o resíduo sólido é definido como:

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível; “

Segundo a lei, os rejeitos se diferenciam dos resíduos sólidos, pois nos primeiros as possibilidades de recuperação e tratamento foram esgotadas, não apresentando outra possibilidade de destinação, como a reciclagem, a revenda e a remanufatura. Deste modo, os resíduos sólidos representam um significativo potencial para reduzir a degradação ambiental e para minimizar a utilização dos recursos naturais, quando comparado com produtos que não podem mais ser aproveitados (BRASIL, 2010).

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (2014), a produção de resíduos no Brasil cresceu 29% de 2010 a 2014, enquanto que, conforme o IBGE (2014), o aumento populacional deste período foi de 19%, demonstrando um crescimento acelerado na geração de detritos. Estima-se ainda que 41% dos resíduos sólidos (29,6 milhões de toneladas) produzidos no país no ano de 2014 tenham tido como destinação final os lixões e aterros, indicando a inadequação da disposição final destes produtos. Ademais, dados apontam que o brasileiro gera em média, cerca de 1,062 Kg de resíduos por dia, o que equivale a 387,63 Kg por pessoa por ano (ABRELPE, 2014).

Neste cenário, os problemas ambientais relacionados à destinação adequada dos resíduos envolvem grandes preocupações no âmbito mundial atual, que são inseridas em pesquisas, legislações, no meio acadêmico e em discussões que visam contribuir com a eliminação ou pelo menos com a redução de alguns desses problemas (MARCHESE; KONRAD; CALDERAN, 2011). A partir dessa necessidade de se refletir a respeito das questões ambientais e do papel desempenhado pelos *stakeholders*, surgiu um novo conceito na área de logística e gestão da cadeia de suprimentos, denominado logística reversa.

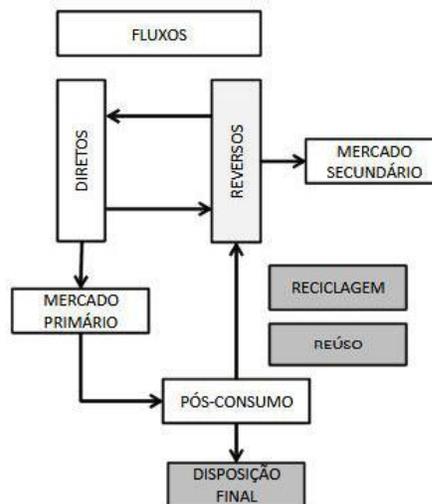
## **2.2 A logística reversa como estratégia de redução do volume de resíduos**

A logística reversa está inserida no campo teórico da logística e da cadeia de suprimentos (SOARES et al., 2016). O conceito da logística reversa começou a ser desenvolvido na

literatura entre os anos 1970 e 1980, com o foco no retorno dos bens pela cadeia de reciclagem de materiais, também denominado canal de distribuição reversa (HERNÁNDEZ; MARINS; CASTRO, 2012).

Para Leite (2003), o processo reverso se trata da área de logística empresarial, que “planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas do retorno dos produtos de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo produtivo.” Segundo Bernardo et al. (2015), esse processo tem como princípio o resgate dos bens que seriam descartados sem cuidado na natureza, levando-os de volta para a cadeia de produção das empresas, conforme demonstrado na figura 3. Dessa maneira, a logística reversa pretende fazer com que as organizações passem a se preocupar não só com estratégias ligadas à logística direta, mas também com o processo reverso do produto em fim de vida útil (MIQUILUCHI; GONÇALVES, 2012).

**Figura 3 - Esquema simplificado da logística reversa**



Fonte: Moraes, Alves e Schreiber (2016)

De acordo com a Lei nº 12.305, de 2010, a logística reversa também pode ser definida como:

“...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)

O processo reverso começa com o recolhimento dos produtos em "fim de vida útil" junto aos usuários finais. A partir disto, estes produtos podem ser tratados de distintas maneiras: por meio da reciclagem (a fim de se obter peças brutas ou matéria-prima), da reparação (com intuito de venda no mercado secundário), da remanufatura/reuso (para revenda a possíveis

primeiros clientes) ou, finalmente, do descarte em locais especializados (GOVINDAN; SOLEIMANI; KANNAN, 2015).

Costa, Mendonça e Souza (2014) integram a concepção clássica da logística reversa ao gerenciamento integrado de resíduos sólidos, mostrando que esse processo incorpora atividades operacionais de gestão e de apoio que, de forma integrada, envolvem os diversos atores no planejamento e implementação de soluções mais adequadas para os resíduos.

Segundo House, Capson e Schuurman (2011), a logística reversa pode proporcionar não só a redução de resíduos, mas também evitar o desperdício de energia reutilizável e de material através de recuperação do produto. Ademais, a projeção da imagem da empresa como organização diferente e inovadora, assim como social e ambientalmente consciente pode representar uma vantagem competitiva, visto que atualmente as pessoas tem interesse em fazer negócios com empresas consideradas “verdes”. Com isso, pode-se utilizar a logística reversa como uma forma de marketing (LARUCCIA et al., 2011).

Além dessa vantagem, o processo reverso também tem ganhado visibilidade devido ao seu potencial econômico e em virtude de trazer uma grande competitividade para as organizações. Em grandes empresas americanas, a logística reversa corresponde a aproximadamente 4% dos custos totais logísticos, o que equivale a 35 a 42 bilhões de dólares por ano. Isso demonstra a importância de melhorar os processos relacionados a produtos que retornam pelo ciclo produtivo (CHAVES; BATALHA, 2006; MOURÃO; SEO, 2012).

Leite (2003), Mendonça e Infante (2014) também enfatizam que o objetivo econômico de se implantar a logística reversa está ligado às economias geradas pelo aproveitamento de matérias-primas, de forma secundária ou oriundas da reciclagem, e pela valorização de bens por meio do reprocesso e da reutilização.

### **2.3 O mercado de lâmpadas e o processo de logística reversa**

Conforme Pereira (2013), pode-se encontrar no mercado uma variedade de lâmpadas que possuem diversas tecnologias de iluminação, tamanhos, tonalidades e poder luminoso, tendo várias aplicações possíveis. A figura 4 mostra os principais tipos de lâmpadas existentes, que podem ser divididas em 2 grupos: 1) lâmpadas que não contém mercúrio e 2) lâmpadas que contém mercúrio (ABILUMI, 2008).

**Figura 4 - Tipos de Lâmpadas**

1) NÃO CONTÊM MERCÚRIO					
INCANDESCENTE		HALÓGENA / DICROICA		LED	
					
2) CONTÊM MERCÚRIO					
FLUORESCENTE		LÂMPADAS HID ou de DESCARGA			
TUBULAR	COMPACTA	VAPOR DE MERCÚRIO	LUZ MISTA	VAPOR DE SÓDIO	VAPOR METÁLICO
					

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de ABILUMI (2008) e APLIQUIM BRASIL RECICLE (2016)

### 2.3.1 Lâmpadas que não contêm mercúrio

As lâmpadas que não possuem mercúrio são as incandescentes, halógenas/dicroicas e de LED. As lâmpadas incandescentes utilizam um processo de irradiação termal, de maneira que a corrente passa por um condutor e aquece o filamento de tungstênio. Esse aquecimento do filamento se converte em luz, fazendo com que o mesmo “incandesça”. Contudo, este processo apresenta uma baixa eficiência energética, visto que ocorre dissipação de parte de energia elétrica por meio do calor e não de luz (ZANICHELI et al., 2004).

Estas lâmpadas saíram do mercado em junho de 2016, a fim de atender o cronograma estabelecido em dezembro de 2010 pela Portaria Interministerial 1007 dos Ministérios de Minas e Energia, da Ciência, Tecnologia e Inovação e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Estima-se que a substituição de lâmpadas incandescentes seja capaz de gerar uma economia anual de aproximadamente 5% em relação a energia elétrica que é utilizada no mundo (ABILUX, 2016a).

A lâmpada halógena/dicroica surgiu em 1958, composta de filamento de tungstênio, preenchida por meio de gases inertes e com halogênio no seu bulbo, de forma a permitir que seu tamanho fosse menor, produzindo luz mais intensa e com maior durabilidade. Outro ponto

positivo desta lâmpada é que não gera ofuscamento e é considerada excelente para a iluminação dirigida (WANDERLEY, 2014).

A lâmpada LED é utilizada para substituir lâmpadas incandescentes, halógenas, de descarga e fluorescente. Esta lâmpada pode consumir 85% menos energia do que as incandescentes, 65% menos que as fluorescentes compactas, e 50% menos do que as de vapor de sódio, que normalmente são utilizadas na iluminação das cidades. A troca de 5 milhões de pontos de iluminação pública que utilizam lâmpadas de vapor de mercúrio por luminárias com LED é capaz de trazer uma economia de aproximadamente 70% da energia elétrica consumida (ABILUX, 2015a). De acordo com a Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo de São Paulo (FECOMÉRCIO-SP) (2016), o interesse pelo consumo de lâmpadas de LED aumentou consideravelmente em 2015, com uma alta de 121,92% na demanda do ano de 2015 em relação à comercialização de 2014.

### *2.3.2 Lâmpadas que contêm mercúrio*

As lâmpadas que contêm mercúrio podem ser classificadas em fluorescentes ou de descarga / HID. Conforme Polanco (2007), as lâmpadas fluorescentes são utilizadas na iluminação de escritórios, escolas, lojas e residências, enquanto as lâmpadas de descarga são mais usuais para iluminar áreas de lazer e de esporte, indústrias e vias públicas. A lâmpada fluorescente pode ser compacta ou tubular e é composta pelos seguintes componentes: vidro, pó de fósforo, mercúrio e base (latão e alumínio).

O modelo compacto possui dimensões reduzidas e foi desenvolvido a fim de substituir a maior parte de lâmpadas incandescentes. (MELO JÚNIOR, 2013). Wiens (2008) ressalta que as compactas são muito utilizadas no interior das residências. A lâmpada tubular possui longa durabilidade e alta eficiência, emitindo luz com a passagem de corrente elétrica por meio de um gás. O uso mais comum se dá em áreas industriais e comerciais (RODRIGUES, 2002).

As lâmpadas de descarga ou HID podem ser de vapor de mercúrio, luz mista, vapor de sódio ou vapor metálico e possuem em seu interior uma ampola e os gases sódio, xênon e mercúrio. Além disso, este tipo de lâmpada demora de 2 a 15 minutos para que o fluxo luminoso seja estabilizado (SARAIVA, 2015).

As lâmpadas de vapor de mercúrio contêm um tubo de descarga com teor de mercúrio entre 13 e 80 mg e sua vida útil é de cerca de 20.000 horas para lâmpadas de 125 watts e de

aproximadamente 15.000 horas para as de 400 watts. Este tipo é mais usado em estacionamentos, áreas comerciais e fabris, jardins, ruas, praças, postos de gasolina e estações de trem (ABILUX, 2001; PHILIPS, 2004 *apud* POLANCO, 2007).

As lâmpadas de luz mista possuem teor de mercúrio de 11 a 45 mg, com boa reprodução de cores e grande fluxo luminoso. Sua vida útil é de cerca de 10.000 horas e são mais usuais em praças, jardins, estacionamentos e vias públicas. As lâmpadas de vapor de sódio, por sua vez, contêm teor de mercúrio entre 15 e 30 mg com vida média de aproximadamente 30.000 horas. São mais utilizadas na iluminação externa de decoração, plataformas, ruas, estacionamentos, instalações esportivas e praças. Por fim, tem-se as lâmpadas de vapor metálico, com um teor de mercúrio de 10 a 170 mg e com vida útil de cerca de 10.000 horas. Sua utilização se dá em áreas abertas, monumentos, outdoors, fachadas e para destaque de lojas e vitrines (ABILUX, 2001; POLANCO, 2007).

**Tabela 1 - Lâmpadas que contêm mercúrio**

<b>Tipos de Lâmpadas</b>	<b>Potência em</b>	<b>Quant. média de mercúrio</b>	<b>Varição de</b>
Fluorescentes	15w a 110w	15 mg	5 a 25 mg
Fluorescentes	9w a 45w	3 mg	3 a 10 mg
Luz Mista	160w a 500w	15 mg	11 a 45 mg
Vapor de Mercúrio	80w a 400w	30 mg	13 a 80 mg
Vapor de Sódio	70w a 700w	20 mg	15 a 30 mg
Vapor Metálico	35w a 2000w	45 mg	10 a 170 mg

Fonte: TRAMPPO (2017)

Em 2014, foram comercializadas no Brasil cerca de 360 milhões de lâmpadas que contêm mercúrio (ABILUX, 2015b). Conforme a norma ABNT NBR 10.004 de 2004, as lâmpadas que possuem vapor de mercúrio são tidas como tóxicas após sua utilização, sendo classificadas como resíduos perigosos. Este metal pode ser transportado por meio de diferentes maneiras, tanto orgânica quanto inorgânica, sendo que a inalação e a ingestão de peixes se configuram como os principais acessos ao organismo humano (KLAASSEN, 2001). Silva (2013) ressalta também que o mercúrio é considerado um dos metais mais voláteis e que, quando está na forma de vapor, torna-se altamente tóxico.

Ainda que uma lâmpada tenha apenas uma quantidade reduzida de mercúrio, o efeito cumulativo de muitas lâmpadas destinadas a um aterro se torna significativo (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008). Raposo, Windmoller e Durão (2003) também salientam que o

impacto causado por uma única lâmpada é desprezível, de cerca de 20 mg de mercúrio por lâmpada, mas que o total consumido para a produção destas atinge 10.000 kg anuais.

O mercúrio pode se acumular no cérebro e nos rins e causar alterações nas funções neurológicas e renais. O sistema nervoso central é conhecido como o alvo mais sensível para exposição ao mercúrio. Dentre os metais pesados com o maior potencial de afetar a saúde e a segurança humana, estão em primeiro o arsênio (As), segundo o chumbo (Pb) e terceiro o mercúrio (Hg) (TAGHIPOUR, 2014).

Como caso concreto, pode-se observar uma situação em que o mercúrio provocou sérios danos à população, como a contaminação que ocorreu em Minamata, no Japão, por uma empresa chamada *Chisso Corporation*. Entre os anos 1920 e 1968, esta empresa utilizava o mercúrio como catalisador em sua produção e seus resíduos do mercúrio eram lançados na Baía de Minamata. Este procedimento provocou uma grave intoxicação à população de pescadores que se alimentava dos peixes da região (RAPOSO; ROESER, 2000; RAMOS, 2016).

Em 1960, os médicos constataram a contaminação de muitas pessoas, que apresentavam como sintomas a deterioração da fala, dificuldade auditiva e deficiência mental. Ao longo dos anos, tal fato também provocou a morte de 1043 pessoas, o que demonstra o desconhecimento com relação ao potencial de degradação dos resíduos que contém substâncias nocivas (RAPOSO; ROESER, 2000; RAMOS, 2016).

### *2.3.3 Histórico das lâmpadas fluorescentes*

No século XIX surgiram as primeiras lâmpadas incandescentes do mundo, o que provocou uma importante revolução com relação à iluminação doméstica (MELO JÚNIOR, 2013). Segundo Harris (1993), Thomas Alva Edison comercializou em 1879 uma lâmpada incandescente que utilizava filamento de carbono. Somente sessenta anos depois, em 1938, foram criadas as lâmpadas fluorescentes, como uma alternativa significativa para reduzir o consumo de energia, além de possuir outras vantagens (ARSENEAU; OUELLETTE, 1993).

Devido ao menor custo, as lâmpadas incandescentes foram preferencialmente utilizadas ao longo dos anos no mundo. Contudo, o aumento da demanda energética no decorrer do tempo e as mudanças climáticas resultaram na insuficiência do abastecimento de energia luminosa e elétrica (MELO JÚNIOR et al., 2013). No Brasil, um desses efeitos ocorreu em 2001, quando

o país passou por uma crise energética conhecida como apagão e precisou adotar medidas de racionamento para conter o desequilíbrio (SILVA, 2010).

De acordo com a Cia Paulista de Força e Luz (CPFL) (2011), não houve investimento do Estado e nem de particulares para gerar e distribuir energia e o consumo passou a ser superior ao crescimento da produção. Estes fatos, associados ao reduzido índice pluviométrico de chuvas no Brasil levaram à criação de um plano de racionamento energético (MIQUILUCHI; GONÇALVES, 2012). O apelo às empresas e aos consumidores residenciais para a substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes foi uma das iniciativas de maior destaque para atingir a meta de diminuição do gasto de energia (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008).

Mourão e Seo (2012) afirmam que no Brasil as lâmpadas incandescentes podem ter chegado a custar até cinco vezes menos quando comparada às fluorescentes. No entanto, apesar do custo ser menor, ela pode durar muito menos, além da possibilidade de gastar 80% a mais de energia do que a fluorescente. No que diz respeito à eficiência energética e produção de luz, as lâmpadas fluorescentes são vistas como mais vantajosas do que as incandescentes. As fluorescentes apresentam eficiência luminosa 3 a 6 vezes maior, com uma vida útil 4 a 15 vezes maior (MAGUEIJO et al., 2010). Ademais, as lâmpadas fluorescentes não geram um calor excessivo e devido a isto, são chamadas de lâmpadas frias (SILVA, 2010).

Porém, em virtude de grande parte das lâmpadas fluorescentes não possuírem o selo do Inmetro, a qualidade de algumas pode ser baixa, não apresentando a durabilidade informada em suas embalagens (SILVA, 2010). Além disso, segundo a ABNT NBR 10004 (2004), as lâmpadas fluorescentes são classificadas como resíduos perigosos classe I, que são:

“...aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada” (ABILUMI, 2008).

Desse modo, é preciso que os procedimentos de acondicionamento, manuseio, transporte e destinação sejam realizados com alguns cuidados especiais. O acondicionamento deve ser feito de preferência em caixas metálicas ou em tambores com tampa para vedar, facilitando o manuseio e minimizando as possibilidades de rompimento e de contaminação do operador. (OLIVEIRA et al., 2012; MELO JÚNIOR, 2013). O local para acondicionamento deve ainda

atender a norma ABNT NBR 12.235 de 1992, que trata do armazenamento de resíduos sólidos perigosos, que é o caso das lâmpadas fluorescentes (ABNT, 1992).

Para manusear, é fundamental que se garanta a integridade da lâmpada, de forma que o mercúrio não se desloque para o ambiente. No caso das lâmpadas inteiras, é recomendável que sejam embaladas de modo individual em suas embalagens originais e que permaneçam em um local seco. Estas lâmpadas devem ficar de preferência na posição vertical e caso não seja possível colocá-las nas embalagens originais, pode-se utilizar papel, papelão, fitas adesivas ou jornal, a fim de protegê-las contra os possíveis choques mecânicos (ZAVARIZ 2007).

Para as lâmpadas que foram acidentalmente quebradas no manuseio, o armazenamento deve se dar de maneira separada das outras lâmpadas, em recipientes que são hermeticamente fechados. Além disso, é preciso constar a informação de que é uma lâmpada quebrada que contém mercúrio. Os trabalhadores que estão sujeitos a esta exposição devem fazer uso de máscara contra a poeira, a fim de reduzir o risco de contaminação (SILVA, 2013; ZAVARIZ 2007). Ressalta-se que é muito importante ter conhecimento sobre as características do resíduo sólido, para que seja feito o transporte destes materiais perigosos de maneira correta (MELO JÚNIOR, 2013).

#### *2.3.4 Avaliação do ciclo de vida (ACV) de lâmpadas*

A análise do ciclo de vida (ACV) se trata da "avaliação de entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um produto ao longo do seu ciclo de vida." A ACV analisa os aspectos ambientais em todas as fases do produto: aquisição de matérias primas, transformação em produto, utilização e o tratamento após o uso (ABNT, 2001). Com a ACV, é possível identificar as oportunidades de melhoria ambiental em relação as várias fases do ciclo de vida do produto (CESTARI; MARTINS, 2016).

No caso das lâmpadas fluorescentes, diversos estudos relacionados ao ciclo de vida do produto foram realizados. Com relação aos custos, estudiosos analisaram todos os valores envolvidos no ciclo de vida das fluorescentes compactas, abrangendo a compra, o consumo de energia elétrica, a manutenção, a remoção e os custos do tratamento de resíduos. Após a análise, esses custos totalizaram o valor 2,60 €por ano para as lâmpadas de 8W e 3,40 €por

ano para as de 11W (ZANGL; QUACK; BROMMER, 2010 *apud* CESTARI; MARTINS, 2016).

Outros trabalhos também foram desenvolvidos com relação aos impactos ambientais causados pelo produto ou pelo uso de combustíveis em seu transporte. Resultados indicaram que, em um período de 10.000 horas de utilização do produto, o impacto é maior durante a fase do uso, em virtude do consumo da eletricidade (ELIJOŠIUTĖ; BALCIUKEVIČIŪTĖ; DENAFAS, 2012). Além disso, no trabalho de Techato, Watts e Chaipraprat (2009), obteve-se resíduos perigosos e radioativos gerados no fim de vida útil das lâmpadas, indicando que o descarte do produto deve ser realizado corretamente, a fim de preservar o meio ambiente e tratar adequadamente os resíduos.

No estudo de Zappe et al. (2015), os combustíveis utilizados para o transporte das lâmpadas para a unidade recicladora foram as principais fontes geradoras dos poluentes CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>. Ao mesmo tempo em que se promove o tratamento das lâmpadas, também há emissão de poluentes na atmosfera devido ao transporte. Cabe salientar também que mais de 70% das rodovias brasileiras não estão em condições adequadas, o que agrava o processo visto que as fluorescentes são materiais frágeis e perigosos (BACILA, 2012). É evidente que o transporte do produto deve ser estudado mais detalhadamente, a fim de garantir a integridade da lâmpada e a eliminação dos poluentes das emissões.

A ACV também envolve comparações das fluorescentes com outros tipos de lâmpadas. Segundo Elijošiutė, Balciukevičiūtė e Denafas (2012), é mais razoável a utilização de lâmpadas fluorescentes do que incandescentes. Com base nas categorias de impacto analisadas, a lâmpada fluorescente é mais apropriada por ser mais eficiente e por ter um tempo de vida com duração mais longa. O consumo de energia primária das incandescentes é de aproximadamente de 3.302 kWh, enquanto que as fluorescentes e as LED utilizam menos do que 670 kWh em toda vida (OSRAM, 2009)

Quando comparadas com outras lâmpadas, como de tungstênio e halógena, também é notável um impacto menor (WELZ; HISCHIER; HILTY, 2011). Apesar disso, as fluorescentes e as LED's tem um maior potencial de toxicidade, devido à presença de metais como alumínio, chumbo, mercúrio, cobre, prata, zinco e ouro. Em relação às incandescentes, o impacto potencial das fluorescentes e das lâmpadas de LED é 3 a 36 vezes e 2 a 3 vezes maior, respectivamente. Portanto, as políticas de sustentabilidade devem estar focadas em

desenvolver tecnologias para reduzir a quantidade de metais perigosos nos produtos de iluminação, de forma a não comprometer o desempenho e sua vida útil (LIM et al., 2013).

### *2.3.5 A logística reversa de lâmpadas fluorescentes*

A logística reversa das lâmpadas fluorescentes no panorama brasileiro ainda está pouco estruturada, o que representa um grande problema ambiental por se tratar de um resíduo perigoso. Para a implantação da logística reversa é preciso enfrentar diversos desafios, como desenvolver uma infraestrutura com capacidade de recolher os resíduos pós-consumo e identificar as alternativas de reaproveitamento ou de destinação segura, reduzindo os impactos sociais e ambientais (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008; DEMAJOROVIC et al., 2012).

Não há dificuldade técnica no tratamento da sucata da lâmpada fluorescente. No entanto, a dificuldade reside em: a) como realizar uma recuperação uniforme; b) em quem pode pagar pelos custos da eliminação; e c) em quanto deve ser subsidiado para cada fluorescente (ZHANG et al., 2016). Alguns estudiosos observaram que, de acordo com o princípio do "poluidor pagador" na China, os produtores e os usuários que causam poluição ambiental devem ser responsáveis pela reciclagem (LÓPEZ-MOSQUERA; LERA-LÓPEZ; SÁNCHEZ, 2015; PENG; WANG; CHANG, 2014).

Por isso, a consolidação do processo reverso depende em grande parte da coordenação de vários atores da cadeia de produção, como as indústrias, governo, distribuidores e consumidores, que estejam dispostos a contribuir no retorno dos bens (NAIME; GARCIA, 2004). Com relação às indústrias, é necessário que os comerciantes, distribuidores, fabricantes e importadores aceitem receber as lâmpadas em fim de vida útil, pois segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a responsabilidade de gestão das lâmpadas é do gerador (DEMAJOROVIC et al., 2012).

Neste quesito, Mourão e Seo (2012) salientam que existe um entrave relacionado aos pontos de venda das lâmpadas, que na maioria das vezes, não possuem um espaço físico suficiente para armazenamento antes do envio para distribuidores e recicladores. Além disso, muitas empresas entendem que a operacionalização do processo é cara, fazendo com que a prática não seja implementada (DEMAJOROVIC et al., 2012).

No que se refere ao governo, é preciso, juntamente com o auxílio de organizações não-governamentais, desenvolver alternativas e promover iniciativas ambientais relacionadas com a eliminação adequada de lâmpadas fluorescentes (ESPINOSA; TENÓRIO, 2005; LARUCCIA et al., 2011). Melo Junior (2013) enfatiza que atualmente não há programas do poder público que incentivem o descarte correto e nem políticas de educação ambiental, ocasionando a falta de informações. Outro ponto importante diz respeito à distribuição, que também pode representar uma significativa barreira para o processo, visto que ainda há uma dificuldade em se realizar o transporte de resíduos perigosos no Brasil (MOURÃO; SEO, 2012).

Segundo Babaei et al. (2015), os consumidores também desempenham um papel importante no processo de reciclagem. No entanto, muitos encontram problemas com relação à logística reversa, devido à insuficiência de pontos de coleta (LARUCCIA et al., 2011; MELO JÚNIOR, 2013). Laruccia et al. (2011) também argumenta que outro grande obstáculo relacionado ao descarte de lâmpadas no Brasil se trata do desconhecimento das pessoas a respeito da reciclagem das lâmpadas e das alternativas para descartar adequadamente.

Desse modo, Marchese (2014) afirma que a logística reversa está longe de se concretizar como foi idealizada, visto que ainda não há controle e fiscalização, mesmo em setores legislados, como o das lâmpadas fluorescentes. A prática que ainda predomina é a destinação direta no lixo (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008).

Tanto as empresas privadas quanto os órgãos públicos de maneira geral não tem conhecimento com relação aos efeitos negativos que o mercúrio pode causar e não sabem a forma adequada de se gerenciar os resíduos derivados deste metal. Levando em conta os problemas crônicos relacionados a este processo, a implementação da logística reversa nesse setor é essencial para que os componentes reciclados possam ser reinseridos na cadeia produtiva e para que haja redução da poluição no meio ambiente (MOURÃO; SEO, 2012).

Além disso, com a aplicação da logística reversa é possível reutilizar diversos componentes das lâmpadas, como o vidro, a poeira fosforosa, o mercúrio e o alumínio. O vidro pode ser 100% reciclado e a ausência de tratamento enseja em sua permanência por milhares de anos no meio ambiente, visto que seu tempo para decompor é indeterminado. A partir da reciclagem, o vidro extraído pode ser usado para fabricar containers não alimentícios, para produzir asfalto e principalmente como esmalte na vitrificação de cerâmica. A poeira

fosforosa pode ser reaproveitada como material fluorescente para produzir novas lâmpadas e também como pigmento para produção de tintas (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008).

Por sua vez, o mercúrio quando recuperado é capaz de apresentar grande pureza, e dessa forma, pode ser usado para produção de novas lâmpadas. Apesar da quantidade recuperada de mercúrio não ser muito grande, qualquer quantia que deixe de ser descartada no meio ambiente já se torna muito significativa (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008).

Finalmente, tem-se o alumínio, que pode ser reciclado muitas vezes sem perder a qualidade e possui um valor considerável quando é comercializado como sucata. Com a reciclagem de latas de alumínio, por exemplo, gasta-se 5% menos de energia do que para produzir bauxita. No entanto, o alumínio das lâmpadas fluorescentes não pode ser usado para fabricar lata de alumínio para bebidas, o que torna seu valor de renda mais baixo. A aplicação predominante deste alumínio que provém das lâmpadas é para produzir soquete de lâmpada (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008).

O planejamento de um programa de gerenciamento de resíduos para lâmpadas fluorescentes gastas é necessário para evitar os efeitos negativos à saúde humana e ao meio ambiente. Para a implementação bem sucedida de qualquer plano de gerenciamento de resíduos, a disponibilidade de informações suficientes e precisas sobre quantidades e características dos resíduos gerados e as atuais condições de gerenciamento são alguns dos pré-requisitos fundamentais (TAGHIPOUR, 2014).

## **2.4 Destinos e tecnologias para tratamento das lâmpadas fluorescentes**

Geralmente, as lâmpadas fluorescentes têm como destino final o lixo comum e os aterros, sendo estes controlados ou não. No entanto, esta situação poderia ser outra, visto que os processos para tratamento de lâmpadas se tornaram conhecidos desde a década de 1970. Neste período, a empresa MRT Technologies, localizada na Suécia, foi a pioneira na realização do tratamento em lâmpadas (ZANICHELI et al., 2004).

Além do lixo comum e dos aterros, as alternativas de destino também contemplam a venda, as cooperativas ou associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, o armazenamento indefinido em galpões, a Prefeitura do município, a devolução para os comerciantes, distribuidores, fabricantes ou importadores de lâmpadas e por último, mas não menos importante, a reciclagem.

No que tange a reciclagem, as tecnologias disponíveis para tratamento são a moagem simples, a moagem com tratamento térmico, a moagem com tratamento químico, o tratamento por sopro, e a solidificação/encapsulamento (ZANICHELI et al., 2004). Cada uma destas opções e tecnologias será descrita e detalhada a seguir, a fim de que se conheça os tipos de destinação mais usuais das lâmpadas fluorescentes.

#### *2.4.1 Destinação para aterros*

O lançamento de resíduos em aterros provoca diversos inconvenientes, como a proliferação de insetos, atração de predadores e cheiro desagradável. Além destes problemas, tais práticas também podem contaminar diretamente a população, como o caso que ocorreu nos Estados Unidos, conhecido como Love Channel. Nessa situação, foram despejadas mais de 21 toneladas de produtos químicos em um terreno, próximo de um canal abastecia o Estado de Nova York. A contaminação gerou um enorme passivo ambiental e as pessoas da região tiveram a saúde afetada, constatando-se um aumento de abortos, hiperatividade, epilepsia, natimortos, distúrbios no trato urinário e crises nervosas nos moradores (ZANICHELI et al., 2004).

Em 2010, também ocorreu um incidente semelhante em São Paulo, devido ao descarte do mercúrio em um terreno do município. Cerca de 12 pessoas foram contaminadas, sendo que destas, 2 eram crianças, que apresentaram sintomas como irritação na pele, diarreia, febre e vômito (MINEHIRA, 2010).

Muito se fala na disposição de resíduos em aterros específicos. Porém, quando se trata de resíduos perigosos, a disposição do mercúrio é muito polêmica. No momento em que as lâmpadas são encaminhadas para aterros, sejam estes sanitários ou químicos, não é dado o tratamento considerado ecologicamente correto, visto que nestes locais as lâmpadas podem ser acondicionadas em containers ou misturadas com outros resíduos, levando à quebra e trituração do vidro. Este procedimento pode resultar na liberação do mercúrio e conseqüentemente levar à diversos tipos de contaminação (WIENS, 2001).

Por ser um metal volátil, o mercúrio pode evaporar para a atmosfera e ser difundido para o solo. Com a ação de bactérias, o metal é transformado em compostos orgânicos considerados mais tóxicos, como o mercúrio metálico. Ademais, existe ainda a possibilidade de contaminar os cursos d'água e por conseqüência, atingir toda a cadeia alimentar. Segundo Pant e Singh

(2014), se descartada indevidamente, uma lâmpada fluorescente pode poluir pelo menos 30 toneladas de água.

Mesmo que os aterros contenham tecnologia para captar as águas das chuvas e impedir a infiltração e a geração do “chorume”, neste processo não é feita a devida recuperação do mercúrio (ZANICHELI et al., 2004). Com isso, esta alternativa mostra-se inviável para tratamento das lâmpadas fluorescentes, em virtude das altas possibilidades de contaminação oriundas desta destinação.

#### *2.4.2 Lixo comum*

Uma das práticas mais usuais de descarte de lâmpadas fluorescentes refere-se ao lixo comum. Silva (2010) verificou em seu estudo que a destinação final no lixo comum era recorrente nas residências, escolas, comércio e universidades privadas e públicas em Recife. Tal comportamento é preocupante uma vez que tanto o lixo comum como a queima de lâmpadas precisam ser erradicados (NAIME; GARCIA, 2004).

Apesar das lâmpadas inteiras não representarem perigo, é preciso atentar-se para o procedimento correto de descarte. Assim como no aterro, as lâmpadas também podem se quebrar, fazendo com que o vidro seja triturado e o mercúrio liberado no ambiente. Com isso, torna-se iminente a contaminação do meio ambiente em virtude de componentes tóxicos da lâmpada, podendo acarretar danos à saúde da população (SARAIVA, 2015).

Ademais, ocorre também a contaminação das plantas, solo, animais e da água, de forma a impactar toda a cadeia envolvida (CEMPRE, 2014). Mombach, Riella e Kuhnen (2008) salientam que este descarte errôneo pode dar-se devido ao desconhecimento de muitas empresas com relação aos procedimentos corretos a serem adotados e em virtude da desvalorização dos aspectos ambientais no meio empresarial. Portanto, mesmo com a existência de legislações, o descarte em lixo comum ainda permanece presente (GUARNIERI, 2011).

#### *2.4.3 Venda*

A venda de lâmpadas fluorescentes se trata de uma alternativa interessante para as empresas. Segundo Baksi e Van Long (2009), a venda é motivada na medida em que há um preço

positivo da sucata a ser vendida. No caso das fluorescentes, é possível obter valor em diversos componentes, tais como o alumínio, mercúrio e o vidro.

O vidro pode ser utilizado na fabricação de containers não alimentícios, em asfalto e na vitrificação de cerâmica. O mercúrio tem possibilidade de ser aplicado na fabricação de novas lâmpadas e o alumínio de ser utilizado na produção de soquete de lâmpada. Porém, no caso do alumínio, o valor de venda é considerado baixo, visto que não pode ser empregado na fabricação das latas para bebidas (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008).

#### *2.4.4 Cooperativas ou associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis*

As cooperativas e associações de catadores de lixo cresceram de maneira significativa nos últimos anos. De acordo com os dados do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2008), no ano de 2008 o Brasil já era líder na reciclagem das latas de alumínio, com 91,5% do mercado. Em 2011, o país também se destacava na coleta de PET, com índice de recuperação de 59%, ficando abaixo apenas do Japão, com 77,9%.

A parceria entre estas entidades e as empresas passou a ser vista como uma excelente maneira de proporcionar ganhos para a sociedade e para o meio ambiente, além de propiciar o giro da economia, no sentido da geração de empregos por meio destas associações. Com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), houve o reconhecimento das cooperativas como importantes fornecedoras de resíduos, deixando claro o papel fundamental que desempenham na cadeia de reciclagem do Brasil (DEMAJOROVIC, 2014).

De acordo com o artigo 33 desta política, "cabe aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos produtos atuar em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis". A inclusão deste aspecto na legislação reforça a vantagem que pode ser obtida por meio da implementação de um vínculo com as cooperativas a fim de auxiliar este complexo processo, que é a logística reversa de lâmpadas fluorescentes (BRASIL, 2010).

#### *2.4.5 Armazenamento indefinido em galpões*

Uma outra modalidade de destino das lâmpadas de mercúrio pode ser o armazenamento indefinido em galpões. Contudo, na maioria das vezes, as empresas não destinam fundos para

reciclagem, para o retorno do produto ao fabricante ou para armazenar indefinidamente em galpões (RAPOSO; ROESER, 2000)

No caso do armazenamento das lâmpadas para uma disposição futura, é preciso que estas sejam guardadas em locais ventilados e que haja proteção para que não ocorra ruptura em virtude de agentes mecânicos. O piso do lugar em que há o manuseio das lâmpadas precisa ser impermeável e não pode ser varrido, devendo ser higienizado com um aspirador de pó industrial (BRANDÃO; GOMES; AFONSO, 2011).

Para o armazenamento, as lâmpadas não devem ser quebradas, mas sim guardadas de maneira inteiriça. Apenas os contatos elétricos que estão nas extremidades é que podem ser embutidos, a fim de que não haja vazamento do mercúrio. O autor também salienta que as lâmpadas que estão quebradas precisam ficar separadas e colocadas em um recipiente hermético (BRANDÃO; GOMES; AFONSO, 2011).

#### *2.4.6 Prefeitura do município*

Muito se discute se o governo, representado na figura da prefeitura de cada município, é obrigado a realizar a gestão de todos os resíduos sólidos. Por meio das legislações é possível verificar que essa responsabilidade não engloba todos os tipos de resíduos. Conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a gestão dos produtos elencados no artigo 20 da Lei (como as lâmpadas fluorescentes) são de responsabilidade de fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes (BRASIL, 2010).

Esta política informa que o titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos até pode encarregar-se das atividades referentes à logística reversa de produtos e de embalagens. Porém, a lei esclarece que estas ações devem ser devidamente remuneradas, conforme acordo prévio entre as partes (BRASIL, 2010).

Em alguns municípios, as lâmpadas são encaminhadas para as prefeituras, como no estudo de Miquiluchi e Gonçalves. Nos resultados deste trabalho, verificou-se que as escolas, hospitais, centros de saúde e a população das cidades consorciadas encaminham as lâmpadas fluorescentes para as prefeituras e após este processo, ocorre o recolhimento destas por uma empresa recicladora, escolhida no processo licitatório (MIQUILUCHI; GONÇALVES, 2012).

Essa iniciativa partiu de um grupo de cidades (Conchal, Arthur Nogueira, Cosmópolis, Holambra, Engenheiro Coelho, Santo Antonio de Posso e Mogi Mirim), localizadas no Estado de São Paulo, que criaram um consórcio intermunicipal, a fim de controlar o destino final dos resíduos das lâmpadas fluorescentes. Contudo, verificou-se no estudo que a quantidade de materiais encaminhados para a reciclagem ainda é baixa, o que pode ser efeito da ausência de campanhas educativas (MIQUILUCHI; GONÇALVES, 2012). Segundo Manomaivibool e Vassanadumrongdee (2012), a entrega dos resíduos ao poder público também é evidente em outros países, como a Tailândia, em que há um programa de reciclagem público, financiado com impostos locais ou taxas de usuários.

#### *2.4.7 Devolução para os comerciantes, distribuidores, fabricantes ou importadores de lâmpadas*

A devolução das lâmpadas para os comerciantes, distribuidores, fabricantes ou importadores é a alternativa de destinação final mais adequada em termos legais. É a chamada logística reversa, em que ocorre o retorno do produto ao longo da cadeia de suprimentos, após o uso pelo consumidor. Em 2010, a Lei nº 12.305 reafirmou a importância deste processo, definindo que os consumidores deveriam devolver as lâmpadas para distribuidores ou comerciantes, que por sua vez efetuariam a devolução aos importadores ou fabricantes (BRASIL, 2010). De acordo com Ramos et al. (2016), o descumprimento da legislação aumenta as possibilidades de descarte inadequado das lâmpadas, tornando o lixo comum o principal local de destino destes resíduos.

Para que esta devolução possa ser feita são necessários estrutura e sistematização para receber estes resíduos. Nesse sentido, os fabricantes, importadores, comerciantes e distribuidores são “obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos”, conforme previsto no artigo 33 da Lei nº 12.305, de 2010. Demajorovic (2012) ressalta que a implementação de um sistema de logística reversa pode trazer fontes novas de receita, de maneira a compensar o investimento inicial realizado.

#### *2.4.8 Reciclagem*

Atualmente, a reciclagem se mostra um processo em desenvolvimento constante no Brasil. A medida que os anos se passam, novos centros de reciclagem são instalados, gerando um maior

número de empregos. Além disso, os produtos podem ser vendidos ou reaproveitados, minimizando o problema da escassez de recursos naturais renováveis e não renováveis (WIENS, 2001).

No caso das lâmpadas, a reciclagem pode ser realizada tanto pelas próprias empresas que são usuários finais, quanto por empresas especializadas no tratamento. No estudo de Miquiluchi e Gonçalves, realizado em 2012, as indústrias das cidades consorciadas encaminham as lâmpadas em fim de vida útil para as empresas recicladoras, assumindo o custo do processo de reciclagem. Conforme Mombach, Riella e Kuhnen (2008), o Brasil passou a utilizar as alternativas para tratamento das lâmpadas apenas depois de 1993, quando começaram a surgir empresas especializadas no mercado para este fim. As diversas tecnologias utilizadas para a reciclagem serão descritas abaixo, a fim de se aprofundar o conhecimento sobre as formas de tratamento disponíveis.

#### **2.4.8.1 Moagem Simples**

A moagem simples tem por objetivo efetuar a quebra de lâmpadas por meio de um sistema de exaustão para captar o mercúrio. Com o processo de moagem, o teor de mercúrio se torna menor do que em lâmpadas inteiras, com a vantagem de eliminar os riscos da ruptura de lâmpadas e da emissão de gases que seriam liberados caso a disposição destes resíduos ocorresse em aterros (SILVA, 2010).

O sistema mais popular de moagem simples foi elaborado pelos Estados Unidos, na *AirCycleCorp*, conhecido como “*BulbEater*” (o comedor de lâmpadas). Este equipamento é um moinho que é montado sobre um tambor metálico e que possui um sistema de exaustão que permite capturar o vapor de mercúrio. Os gases passam em um filtro de tecido e em um filtro de carvão, para que o enxofre seja combinado com o mercúrio e forme um composto não volátil e insolúvel, que é o sulfeto de mercúrio (SILVA, 2010).

**Figura 5 - Sistema *BulbEater* para moagem de lâmpadas**



Fonte: Zanicheli et al. (2004, p. 9).

O comedor de lâmpadas se tornou popular devido à sua praticidade e por ser um equipamento fácil de operar, pequeno, com mobilidade e mais barato que as demais tecnologias. No entanto, a moagem simples não retira todo o mercúrio das lâmpadas, mas somente impede que o mercúrio na forma de vapor escape para o ambiente. Além disso, quando as empresas utilizam esta alternativa, é preciso que o mercúrio recuperado seja tratado posteriormente por meio do tratamento térmico, a fim de evitar que o resíduo e seu filtro sejam dispostos em aterros (ZANICHELI et al., 2004). Desta forma, esta alternativa isolada mostra-se inapropriada, uma vez que o tratamento executado não é completo.

#### ***2.4.8.2 Moagem com tratamento térmico***

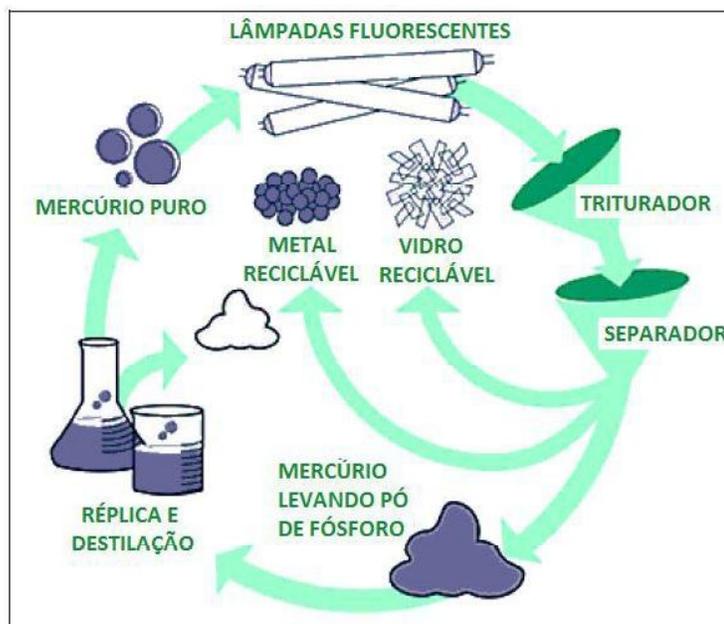
De acordo com Pereira (2013), a moagem com tratamento térmico abrange 2 fases: o esmagamento e a destilação. Na primeira fase, as lâmpadas usadas são inseridas nos processadores para seu esmagamento e as partículas geradas são levadas a um ciclone por meio de um sistema de exaustão, em que as maiores partes, como o vidro, o alumínio e latão são separadas devido à diferença gravimétrica e são lançadas para fora do ciclone. A poeira fosforosa e os particulados menores são absorvidos por um filtro, que se localiza dentro do ciclone.

Em seguida, há um pulso reverso, fazendo com que a poeira seja retirada do filtro e enviada para uma unidade de destilação, a fim de recuperar o mercúrio. Nesta segunda fase, se dá a separação do material fosforoso do mercúrio, por meio do aumento da temperatura acima de 375°C, que é o ponto de ebulição do mercúrio (PEREIRA, 2013). O processo de moagem com tratamento térmico é o mais usual e pode separar os componentes das lâmpadas em 5 classes: terminais de alumínio, componentes ferro-metálicos/pinos de latão, vidro, poeira fosforosa rica em mercúrio e isolamento baquelítico (ZANICHELI et al., 2004).

Após este processo, o vidro em pedaços é limpo, testado e pode ser enviado à reciclagem. Caso a concentração de mercúrio no vidro não exceda 1,3 mg/kg, este pode ser reutilizado na fabricação de produtos para uso não alimentar. Os pinos de latão e o alumínio podem ser reciclados em fundidoras e o mercúrio pode ser reutilizado. A poeira fosforosa também pode ser reciclada e utilizada na indústria de tintas. Dentre os componentes da lâmpada, apenas o isolamento baquelítico, localizado na extremidade da lâmpada, não pode ser reciclado (ZANICHELI et al., 2004). Nesse sentido, o processo térmico (demonstrado na figura 6) é

considerado a melhor alternativa de tratamento de lâmpadas, visto que propicia a reciclagem dos materiais da lâmpada e a recuperação do mercúrio, impedindo que os resíduos perigosos sejam destinados para aterros.

**Figura 6 - Tratamento térmico de lâmpadas**



Fonte: Adaptado de Zanicheli et al. (2004, p. 11).

#### 2.4.8.3 Moagem com tratamento químico

O tratamento químico também se divide em 2 fases: esmagamento e contenção do mercúrio. O que difere este tratamento do térmico é o fato do químico realizar a lavagem do vidro, evitando que o vapor de mercúrio volatilize para a atmosfera. O líquido obtido com a lavagem, que contém mercúrio e pó fosforoso, é filtrado de maneira a separar o pó de fósforo. Posteriormente, o líquido filtrado é tratado quimicamente com  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ , ou  $\text{NaHSO}_3$  e este processo faz com que o mercúrio reaja e forme  $\text{HgS}$ , que é insolúvel na água e que precipita (SILVA, 2010).

Em seguida, é feita uma nova filtragem para separar o mercúrio precipitado da água, sendo que esta pode ser reutilizada durante o processo. Além disso, o pó fosforoso e o mercúrio podem ser tratados por meio da destilação, de maneira a recuperar o mercúrio metálico que é destinado para a reciclagem (SILVA, 2010). Cabe ressaltar que o processo químico faz utilização de água e para tanto, deve promover sua reutilização durante as lavagens a fim de reduzir os impactos ambientais (ZANICHELI et al., 2004).

#### ***2.4.8.4 Tratamento por sopro***

Segundo Mombach, Riella e Kuhnen (2008), o tratamento por sopro surgiu como uma possibilidade de reciclagem do vidro. O processo é usado apenas para tratar lâmpadas fluorescentes tubulares e tem como objetivo manter o tubo de vidro inteiro, a fim de enviá-lo para a reciclagem. No tratamento por sopro ocorre a quebra das extremidades dos soquetes de alumínio, por meio de um sistema de resfriamento e aquecimento. Posteriormente, o tubo de vidro recebe um sopro de ar no seu interior, de forma a arrastar o pó fosforoso que contém mercúrio (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008).

O pó que foi removido entra no sistema de ciclones e esta corrente de ar passa por um sistema com filtro de carvão. Algumas empresas optam por realizar a moagem do vidro mesmo depois de separar o mercúrio e usam o sopro devido a menor possibilidade de contaminação pelas partes metálicas, a fim de aumentar o valor do vidro na reciclagem. Alerta-se que o tratamento por sopro não remove todo o mercúrio do tubo de vidro, evitando somente que o vapor de mercúrio seja liberado no ambiente (ZANICHELI et al., 2004).

#### ***2.4.8.5 Solidificação e encapsulamento***

Assim como os processos de tratamento térmico e químico, a solidificação/encapsulamento também possui uma fase de esmagamento, em que a lâmpada pode ser quebrada de forma seca ou úmida. Depois, os componentes resultantes são encapsulados no concreto e destinados para aterros. Esta alternativa apresenta impactos similares ao da disposição em aterro, sendo que não há estudos que garantam que este tratamento contenha o mercúrio. Ademais, o processo de encapsular o vidro, o alumínio e o mercúrio vão contra à filosofia de desenvolvimento sustentável, visto que não busca reduzir a extração de matéria-prima do ambiente (ZANICHELI et al, 2004).

### **2.5 Empresas brasileiras de tratamento de lâmpadas**

A partir da criação das legislações ambientais e da entrada de tecnologias de tratamento, começaram a surgir empresas especializadas no país para reciclagem das lâmpadas. Normalmente, estas empresas requerem uma taxa de deslocamento e uma quantidade mínima para recolhimento, além de cobrar um valor mais caro para recolher as lâmpadas que estão

quebradas (MOURÃO; SEO, 2012). Estas instituições estão localizadas em diversos estados brasileiros, conforme disposto no quadro abaixo:

**Quadro 1 - Empresas brasileiras de tratamento de lâmpadas**

Empresas	Cidades	UF
Apliquim Brasil Recicle	Paulínia	SP
Tramppo Comércio e Reciclagem de Produtos Industriais	Cotia	
Naturalis Brasil Desenvolvimento de Negócios	Jundiaí	
Rodrigues e Almeida Moagem de Vidros	Cordeirópolis	
Bulbox Destinação de Lâmpadas	Curitiba	PR
Mega Reciclagem de Materiais Ltda	Curitiba	RS
Silex – Tecnologias Ambientais Ltda	Gravataí	
Hg Descontaminação	Nova Lima	MG
Recitec – Reciclagem Técnica do Brasil Ltda	Pedro Leopoldo	

Fonte: Mombach, Riella e Kuhnen (2008), Miquiluchi e Gonçalves (2012), Bacila (2012)

A Apliquim Brasil Recicle é resultado de uma fusão que ocorreu em 2009. A Apliquim foi fundada no ano de 1985, no município de Paulínia (SP) e a Brasil Recicle em 1999 no município de Indaial (SC). O grupo Datasys adquiriu as duas empresas e estas passaram a utilizar o nome Apliquim Brasil Recicle (APLIQUIM BRASIL RECICLE, 2017). A empresa possui a capacidade de 400.000 lâmpadas por mês e realiza o tratamento por meio da quebra da lâmpada e da recuperação térmica do mercúrio. Além disso, o consumidor final paga cerca de R\$ 0,70 por lâmpada, sendo que o valor decresce à medida em que a quantidade aumenta (POLANCO, 2007).

A Tramppo Comércio e Reciclagem de Produtos Industriais foi fundada em 2003 no Campus da Universidade de São Paulo (USP). A empresa surgiu a partir de uma pesquisa realizada no Centro Incubador de Empresas de Tecnologia e obteve licença para operação apenas em 2007. (TRAMPPO, 2017). Sua capacidade de reciclagem é de 120.000 lâmpadas por mês e utiliza o processo de sopro, a trituração do vidro tubular e a sublimação do mercúrio. Além disso, o consumidor final paga R\$ 0,50 por lâmpada reciclada (POLANCO, 2007).

A empresa Naturalis Brasil Desenvolvimento de Negócios utiliza o sistema papa-lâmpadas para triturar cerca de 900 lâmpadas tubulares. O equipamento consiste em uma unidade que é móvel, com um tambor metálico com capacidade de 200 litros. A vantagem deste sistema é que o tratamento é feito na própria empresa que gera o resíduo e o custo deste processo é de R\$ 0,60 por lâmpada. Desta maneira, apenas os resíduos triturados são transportados para a Naturalis, gerando uma economia em termos de volume transportado (POLANCO, 2007).

A Bulbox Destinação de Lâmpadas pertence ao grupo Ambiensys e foi criada em 2006 (BULBOX, 2017). A empresa utiliza um sistema de moagem simples e de separação do mercúrio com a sucção (PEREIRA, 2013). Este sistema é bastante parecido com o implantado pela Naturalis, visto que também possui um tambor metálico de capacidade de 200 litros e é capaz de armazenar cerca de 850 lâmpadas trituradas (MOMBACH; RIELLA; KUHNEN, 2008).

Em 1997, surgiu a empresa Mega Reciclagem de Materiais Ltda. Segundo Polanco (2007), a capacidade de tratamento é de 150.000 lâmpadas por mês, com um custo por lâmpada que varia entre R\$ 0,45 e R\$ 0,58. Seu processo de tratamento consiste na trituração e na separação química. Com relação à Silex – Tecnologias Ambientais Ltda, a capacidade é de 144.000 lâmpadas por mês, sendo que o custo para o consumidor varia entre R\$ 0,55 e R\$ 0,60 por lâmpada (POLANCO, 2007).

A Hg Descontaminação resulta da ação de dois empreendedores que estabeleceram um contrato com a Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais para desenvolver um processo, que foi finalizado em 1998 (HG DESCONTAMINAÇÃO, 2017). A empresa utiliza a trituração e a separação química e o custo por lâmpada é R\$ 0,70 (POLANCO, 2007).

Por fim, tem-se o grupo Recitec, que está atuando no mercado desde 1997 (RECITEC, 2017). O custo cobrado por lâmpada é de R\$ 0,75 e a empresa possui capacidade para tratar 300.000 lâmpadas por mês (SARAIVA, 2015). O processo de tratamento utilizado é a fragmentação seca e a recuperação térmica do mercúrio. Nesta empresa, não há exigência mínima em termos de quantidade de lâmpadas para a realização da reciclagem (POLANCO, 2007).

## **2.6 Estudos relacionados às lâmpadas fluorescentes no Brasil e no mundo**

O descarte de lâmpadas fluorescentes se trata de uma questão que tem sido muito debatida mundialmente. A presença do mercúrio na composição do produto traz uma significativa preocupação com relação ao tratamento deste resíduo pós-consumo. Em diversos países é perceptível uma discussão com o intuito de minimizar os possíveis impactos que possam ser causados em virtude da contaminação (BACILA, 2012).

No caso do Japão, a lâmpada fluorescente era o principal produto que continha mercúrio, chegando a representar 5 toneladas do volume total anual de mercúrio do país, que variava entre 10 e 20 toneladas. Porém, ao longo dos anos houve uma diminuição considerável desta

quantidade, em virtude dos esforços de redução do componente no produto. Em 1984, uma lâmpada continha 50 mg de mercúrio, enquanto que, em 2002 esta quantidade caiu para 10 mg (ASARI; FUKUI; SAKAI, 2008).

Essa situação também pode ser observada na China, em que as lâmpadas fluorescentes continham quantidades relativamente elevadas de mercúrio (até 40 mg por lâmpada) devido à prevalência de dosagem líquida de mercúrio. Com a melhoria das tecnologias de dosagem de mercúrio e das instalações de produção, houve uma diminuição significativa do teor de mercúrio nas lâmpadas fluorescentes, chegando a 10 ou 5 mg por lâmpada atualmente. Contudo, as lâmpadas fluorescentes usadas ainda representam aproximadamente 20% da entrada de mercúrio na China. Embora a reciclagem de lâmpadas fluorescentes represente uma oportunidade importante para captura do mercúrio, o procedimento é difícil e não é considerado rentável (HU; CHENG, 2012).

Em outros países, como a Dinamarca e a Finlândia, as quantidades estimadas de mercúrio provenientes de lâmpadas eram 20 mg e 20 mg, respectivamente. Ao longo do tempo, esta quantidade também diminuiu em lâmpadas individuais. Dessa maneira, percebe-se que o uso de lâmpadas com mercúrio na sociedade está aumentando, em virtude de trazerem uma maior economia e menor possibilidade de contaminação. De maneira geral, o tratamento do mercúrio tem desempenhado um papel importante nos países da União Europeia nas últimas décadas (MUKHERJEE, 2004).

Na Áustria, um sistema de depósito é usado para reciclagem de lâmpadas fluorescentes (1 euro para 1 unidade) e a taxa de coleta é superior a 50%. No Taiwan, a administração de proteção ambiental implementou um programa obrigatório de reciclagem de lâmpadas fluorescentes com base na Lei de Eliminação de Resíduos. Portanto, 87% de todas as lâmpadas fluorescentes foram recicladas desde 2002 (ASARI; FUKUI; SAKAI, 2008). Na Alemanha, além de ser utilizada a tecnologia de recuperação do mercúrio, existe também um sistema estruturado para o retorno das lâmpadas fluorescentes usadas. A capacidade das recicladoras consegue atender à 76% da demanda e já existem mais de 8.000 pontos de coleta (MUKHERJEE, 2004).

Nos EUA, a eliminação de todos os itens contendo mercúrio (incluindo lâmpadas fluorescentes) no fluxo de resíduos sólidos municipais foi banida e sua reciclagem tornou-se obrigatória em 2005. Para a reciclagem das lâmpadas, diversas medidas foram adotadas como a implantação de kits de reciclagem de lâmpadas pré-pagas, sites de coleta de varejo e por

atacado, transporte pessoal para instalações de reciclagem de resíduos, programas de mala direta e responsabilidade extensiva do produtor. Registros relatam que a reciclagem nos EUA pode custar US\$ 0,35 a US\$ 1,0 por lâmpada com um adicional de US\$ 0,15 a US\$ 1,0 dólares para coleta e transporte (TAGHIPOUR et al., 2014).

Porém, apesar das tecnologias de recuperação de mercúrio estarem disponíveis na maioria destes países, elas nem sempre são praticadas por razões econômicas (MUKHERJEE, 2004). De maneira comparativa, os Estados Unidos e grande parte dos países da Europa ainda mantêm um índice de reciclagem razoável em comparação com o Brasil, por exemplo, que, conforme tabela abaixo, reciclava apenas 6% de suas lâmpadas descartadas em 2007. Além disso, a capacidade das recicladoras do país atende somente à 11% da demanda e contempla apenas 264 pontos de coleta (BACILA, 2012).

No Brasil, apesar de existirem poucas empresas recicladoras atuantes, a maioria das lâmpadas fluorescentes é descartada inadequadamente. (RAMOS, 2016). Para sanar este problema, os programas de retorno de produtos devem ser patrocinados pelos fabricantes, distribuidores e varejistas, porque estes podem usar facilmente seu sistema de distribuição (em reverso) para coletar as lâmpadas em seu fim de vida (TAGUIPOUR, 2014).

**Tabela 2 - Índice de Reciclagem de lâmpadas fluorescentes**

País	Descarte (Milhões/Ano)	Reciclagem (Milhões/Ano)	Reciclagem (%)
Holanda	24	20	83,3
Suécia	14	7	50
Bélgica	12	6	50
EUA	903	220	25
Noruega	6	2	33,3
Espanha	35	5	14,3
Itália	45	5	11,1
França	50	5	10
Reino Unido	50	5	10
Brasil	100	6	<b>6</b>

Fonte: *Mrt System* (2007) *apud* Sanches (2008)

Assim como no Brasil, as lâmpadas fluorescentes se tornaram uma escolha de iluminação popular no Irã apenas nos últimos anos, devido ao pagamento de subsídios governamentais, esforços do Ministério do Poder, menor consumo de energia (aproximadamente 75% menos energia em comparação com lâmpadas incandescentes), sua vida mais longa e menor preço de varejo (TAGHIPOUR et al., 2014).

Atualmente no Irã, há uma legislação geral relativa à gestão de resíduos, que também se aplica aos resíduos como as lâmpadas fluorescentes. Esta legislação foi proposta pelo governo e aprovada pelo parlamento em 2004. De acordo com a cláusula 12 da instrução executiva incluída na legislação (aprovada em 2005), todas as empresas produtoras e importadoras de equipamentos elétricos e eletrônicos (incluindo as lâmpadas) são responsáveis por reciclar seus resíduos. Se eles não reciclarem, eles devem pagar 0,005% do valor das mercadorias produzidas e ou importadas para um fundo especial. O dinheiro nesse fundo deve ser usado para a reciclagem das lâmpadas (TAGHIPOUR et al., 2014).

De acordo com a instrução executiva: a) as empresas que não aceitam sua responsabilidade devem pagar multas financeiras, b) as empresas que utilizam materiais reciclados em seus processos de produção recebem uma isenção e c) os fabricantes e importadores que voluntariamente retêm os produtos no final de sua vida útil ou aqueles que exportam seus produtos também recebem uma isenção. O Ministério da Saúde e a Agência Nacional de Proteção Ambiental são responsáveis pela aplicação de pressão para a implementação da legislação (TAGHIPOUR et al., 2014).

Os resultados da avaliação da condição atual para o gerenciamento de resíduos das fluorescentes no Irã revelaram que a legislação atual sobre gerenciamento de resíduos como lâmpadas fluorescentes consistiu apenas em regras a nível nacional. Em termos práticos, não havia política ou plano definido para alocar fundos, para preparar equipamentos e instalações adequados para o gerenciamento e a reciclagem de resíduos de lâmpadas fluorescentes no final da vida útil dos produtos (TAGHIPOUR et al., 2014).

Com isso, é perceptível que ainda existem países que incentivaram a mudança de lâmpadas incandescentes pelas fluorescentes, porém não planejaram a estrutura de um sistema de logística reversa com vistas à recuperar o material reciclável e evitar a contaminação pelo mercúrio (SILVEIRA, CHANG, 2010).

## **2.7 Legislações brasileiras correlatas à logística reversa de lâmpadas fluorescentes**

Ao longo dos últimos anos, diversas legislações brasileiras passaram a abordar aspectos relacionados à preservação do meio ambiente e ao conceito de sustentabilidade. Para que isso fosse possível, algumas medidas governamentais foram tomadas, como a instituição do

Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) em 1981, responsável por proteger e melhorar a qualidade ambiental (BRASIL, 1981).

Dentro deste sistema, está inserido o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo que possui papel fundamental na conciliação dos diversos setores da sociedade, por meio da publicação de resoluções, moções e recomendações ambientais (BRASIL, 2016). O CONAMA estabeleceu critérios para serem seguidos pelo meio empresarial e pela sociedade civil e definiu conceitos essenciais, como por exemplo o de impacto ambiental, por meio da Resolução CONAMA nº 001 de 1986.

Nesse sentido, o governo começou a tratar de aspectos ambientais em suas legislações, como na Constituição Federal de 1988, e buscou alterar seus procedimentos internos, como a inserção de critérios de sustentabilidade nos procedimentos licitatórios (BRASIL, 1993). A Constituição Federal de 1988 trouxe importantes considerações em relação ao meio ambiente. Em seu artigo 225 é estabelecido que: "todos têm o 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 para as presentes e futuras gerações." Assim, o governo e a coletividade foram incumbidos de tomar as medidas necessárias para a devida proteção do meio ambiente (BRASIL, 1988).

Alguns estudos, inclusive, salientam a importância do papel do Estado, como o trabalho de Raposo e Roeser de 2000, que trata da contaminação do meio ambiente em virtude dos métodos de disposição de lâmpadas de mercúrio no Estado de Minas Gerais. Os autores destacaram à época que o Estado deveria financiar pesquisas de cunho ambiental a fim de impor legislações preventivas e proteger o ambiente da contaminação irreversível por materiais perigosos e dos efeitos potencialmente catastróficos sobre a saúde humana (RAPOSO; ROESER, 2000).

Além do Estado, a Constituição Federal de 1988 também enfatiza os papéis cruciais das empresas e dos cidadãos para a manutenção do meio ambiente. Segundo o artigo 170, inciso VI, a ordem econômica deve assegurar a defesa do meio ambiente, incluindo o tratamento diferenciado de acordo com o impacto ambiental dos serviços, produtos e processos de elaboração (BRASIL, 1988). Essa definição deixa nítida a responsabilidade ambiental e social do setor produtivo em atuar em harmonia, levando em consideração o desenvolvimento da atividade econômica e o meio ambiente.

Em 1998, foi promulgada a Lei nº 9.605, conhecida como a Lei de Crimes Ambientais, abordando os aspectos relativos às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e apresentando as penalizações decorrentes do descumprimento da Lei (BRASIL, 1998). Esta legislação é de suma importância quando se trata de resíduos perigosos como a lâmpada fluorescente, pois demonstra claramente as atividades passíveis de sanções, como se lê seu artigo 56:

"Produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos. Pena: reclusão, de um a quatro anos, e multa." (BRASIL, 1998)

Além destas atividades, outras como o abandono de produtos e substâncias tóxicas, perigosas ou nocivas, bem como sua utilização de forma diversa das normas de segurança ou ambientais também incorrem na mesma pena. Essa penalização ainda ocorre em casos de manipulação, acondicionamento, armazenagem, coleta, transporte, reutilização, reciclagem ou destinação dos resíduos perigosos, de maneira contrária ao estabelecido em lei (BRASIL, 1998).

No que tange à disposição dos resíduos, surgiram algumas legislações estaduais específicas a partir de 1998, como nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Minas Gerais. No Rio Grande do Sul, foi sancionada a Lei nº 11.187, de 07 de julho de 1998, que estabelece as normas relativas ao descarte de baterias de celular, pilhas e lâmpadas fluorescentes. A legislação traz vedações a respeito do descarte dos produtos realizado em lixo doméstico e comercial e proíbe sua destinação para depósitos públicos e incineração (RIO GRANDE DO SUL, 1997).

Em Santa Catarina, a Lei nº 11.347 de 17 de janeiro de 2000 aborda a regulamentação sobre o recolhimento, coleta e destino final de resíduos sólidos que são potencialmente perigosos, como pilhas, lâmpadas e baterias. Segundo esta normativa, é vedada a disposição destes resíduos nos aterros sanitários (SANTA CATARINA, 2000).

Em São Paulo, surgiu a Lei nº 10.888 em 2001, abordando o descarte final dos produtos considerados potencialmente perigosos que contenham metais pesados. Essa legislação estabelece em seu artigo 1º que o Poder Executivo está autorizado a criar, junto com a iniciativa privada, as condições para que as empresas que comercializam produtos potencialmente perigosos possam adotar sistema de coleta em seus recipientes próprios (SÃO PAULO, 2001).

No estado de Minas Gerais, foi sancionada a Lei nº 13.766 em 2000, dispondo sobre a Política Estadual de Apoio e incentivo à coleta seletiva dos resíduos sólidos. Neste regulamento, é atribuído ao Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) a competência para estabelecer as normas de reciclagem, reutilização e recolhimento dos resíduos sólidos. Além disso, o parágrafo 2º do artigo 4º da lei também determina que os usuários devem entregar as pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes aos estabelecimentos que lhes deram origem ou para a rede de assistência técnica que seja autorizada. Tais medidas têm como fim o repasse aos fabricantes ou importadores para que se adote os procedimentos de tratamento e disposição final ambientalmente adequados (MINAS GERAIS, 2000).

Em Minas Gerais, também houve outras iniciativas que contemplam a questão da disposição dos resíduos, como o Decreto nº 45.181, de 25 de setembro de 2009 e a Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009, que tratam da Política Estadual de Resíduos Sólidos e sua regulamentação. Tanto no decreto quanto na lei, o poder público está incumbido de fomentar a valorização de resíduos sólidos e a instituição da logística reversa (MINAS GERAIS, 2009a; MINAS GERAIS, 2009b).

Até 2009, não havia nenhuma legislação nacional que abordasse diretrizes e instrumentos como a logística reversa, para tratar da gestão sustentável desses resíduos no Brasil. Apenas em 2010 surgiu a Lei nº 12.305, denominada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). De acordo com Mourão e Seo (2012), a lei foi regulamentada pelo Decreto nº 7.404/10, que instituiu a criação do Comitê Interministerial da PNRS e do Comitê Orientador.

Esta regulamentação foi extremamente importante, pois estabeleceu explicitamente para os comerciantes, distribuidores, importadores e fabricantes a obrigação de estruturação de sistemas de logística reversa de lâmpadas fluorescentes. Neste dispositivo, o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos pode até encarregar-se das atividades da logística reversa de produtos e de embalagens, contanto que seja devidamente remunerado e que haja acordo entre as partes (BRASIL, 2010).

A PNRS reforça inclusive em seu artigo 51 a penalização presente na Lei de Crimes Ambientais e estabelece no parágrafo 3º, inciso II que os importadores, fabricantes, distribuidores e comerciantes devem disponibilizar os postos de entrega desses resíduos recicláveis. Portanto, é possível observar que as leis ambientais têm o intuito de mobilizar as empresas do setor de lâmpadas fluorescentes a desenvolver algumas estratégias para implantar a logística reversa (MIQUILUCHI; GONÇALVES, 2012).

Ainda que a responsabilidade principal recaia sobre os produtores, a PNRS também estabelece em seu artigo 3º o conceito de responsabilidade compartilhada, que implica em uma responsabilização pelo ciclo de vida do produto para todos aqueles que estão ligados à cadeia produtiva (BRASIL, 2010). Assim sendo, todos têm de se preocupar e agir visando garantir a efetividade do processo reverso. Silva (2013) ressalta que a legislação responsabiliza também o consumidor, que precisa devolver o resíduo ao comerciante para que seja dado o devido tratamento.

Apesar da promulgação da PNRS, não existia até o momento a clareza de como a implementação do processo reverso iria ser feita. Para isto, o Estado firmou acordo Setorial, caracterizado por ser um: "ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto" (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, em 27/11/2014, com extrato publicado no diário oficial de 12/03/2015, foi assinado o Acordo Setorial envolvendo Ministério do Meio Ambiente, a Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação (ABILUMI) e as empresas fabricantes, importadoras, distribuidoras e comerciantes, para implantar o sistema de logística reversa de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, de vapor de mercúrio e de luz mista.

Segundo Ribeiro, Oliveira e Tardin (2014), a proposta do acordo passou por uma consulta pública e pela aprovação do Comitê Orientador de Implantação da Logística Reversa - CORI. Este acordo prevê a implantação da logística reversa de lâmpadas em todo o país e busca a adesão do mercado, de maneira que tanto o poder público quanto a sociedade exerçam fiscalização e controle (BRASIL, 2015a; MOURÃO; SEO, 2012).

Cabe ressaltar que, neste acordo, a implantação da logística reversa das lâmpadas fluorescentes descartadas abrange apenas os consumidores domiciliares, podendo estender a implantação aos consumidores não domiciliares mediante acordo que trate do custeio, condições técnicas e cronograma em separado, com a entidade gestora. Neste caso, serão desenvolvidos diferentes cenários com os usuários finais (empresas em geral), de maneira a otimizar o custo. Assim, serão assinados acordos específicos para este tipo de coleta, com objetivo de abranger a localização dos diversos ramos em que os consumidores não domiciliares realizam suas atividades (BRASIL, 2015b).

A fim de dar início ao processo reverso, foi criada uma associação sem fins lucrativos denominada Reciclus, fomentada pelos principais produtores de lâmpadas para ser entidade gestora de todo o processo reverso. Para sustentar financeiramente o programa, foi estabelecido o ecovalor de R\$ 0,40 por lâmpada, a ser pago pelos importadores e fabricantes das lâmpadas fluorescentes do Brasil. Na prática, este custo estará embutido no valor do produto (BRASIL, 2017b).

Inicialmente, as metas de implantação da logística reversa de lâmpadas consideravam um prazo de até 5 anos, contados a partir da publicação do Acordo Setorial, que ocorreu em 2015. Contudo, o cronograma sofreu um atraso de 1 ano, pois para implantar o processo reverso era preciso estabelecer um controle prévio das importações de lâmpadas e este veio apenas em 2016, com a Resolução nº 01, de 05 de julho de 2016 do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO) (BRASIL, 2017b).

A Resolução definiu a participação dos fabricantes e importadores do produto como obrigatória no sistema de logística reversa. Além disso, determinou que a importação das lâmpadas dependerá da anuência prévia do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que analisará as informações enviadas pelo Ministério do Meio Ambiente referentes às participações no sistema de logística reversa (BRASIL, 2016).

Além da resolução, também foi implementado o Decreto nº 9.177, de 23 de Outubro de 2017, que define a normatização para garantir a isonomia das obrigações dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos. Com o Decreto, as empresas não signatárias do Acordo Setorial devem buscar a adesão, e, caso não o façam, estarão passíveis de penalidades da legislação ambiental. Assim como a Resolução nº 01, de 05 de julho de 2016 do CONMETRO, esta legislação também busca um equilíbrio concorrencial entre as empresas inseridas nesta cadeia produtiva (BRASIL, 2017a).

Como a validade da resolução começou em 01 de outubro de 2016, os prazos estabelecidos no Acordo foram suspensos, de modo que a contagem passou a vigorar a partir desta data. De acordo com Ministério do Meio Ambiente (MMA), a implantação de pontos de entrega para os consumidores domiciliares de resíduos para o ano 1 (2017) ocorreria em municípios dos estados de maior densidade populacional e com maior quantidade de lâmpadas inservíveis (BRASIL, 2017b), conforme figura abaixo:

**Figura 7 - Cronograma de Implementação da Logística Reversa de Lâmpadas Fluorescentes – Ano I (2017)**

<b>Implementações 2017</b>		
<b>ESTADO</b>	<b>SEMANAS</b>	<b>MÊS</b>
SP	10	Março/Abril/Maio
RJ	3	Maió/Junho
MG	2	Junho
BA	1	Junho
CE	1	Julho
DF	2	Julho
PR	1	Julho
AM	1	Agosto
PA	2	Agosto
PE	1	Agosto
RS	1	Setembro
GO	2	Setembro
AL	1	Setembro
MA	1	Outubro
RN	1	Outubro
PI	2	Outubro
MS	1	Novembro
MT	1	Novembro
<b>33 CIDADES</b>	<b>34 SEMANAS</b>	<b>8 MESES</b>

Fonte: BRASIL (2017b)

Em um primeiro momento, seriam contempladas 33 cidades do Brasil e, no caso de Minas Gerais, os municípios de Belo Horizonte, Contagem, Ribeirão das Neves e Uberlândia tinham previsão de implantação da logística reversa para 2017. De acordo o Ministério do Meio Ambiente (2017), a Reciclus está entrando em contato com a Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo (FECOMÉRCIO) de cada estado para negociar um contrato de parceria a fim de implementar os pontos de entrega e os procedimentos necessários para a operação. Contudo, em virtude das dificuldades de negociação, a Reciclus pode alterar a implementação de alguns municípios, de forma a cumprir o prazo previsto para o ano 1 (BRASIL, 2017b).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Tipo de pesquisa desenvolvida

Para atingir o objetivo de analisar o processo descarte de lâmpadas fluorescentes feito pelas indústrias usuárias e não geradoras deste produto, localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte, o trabalho foi realizado dentro da abordagem quantitativa e qualitativa.

A pesquisa quantitativa considera tudo que é quantificável, buscando aplicar a análise estatística e matemática nas informações obtidas para classificá-las, analisá-las e buscar generalizações (GIL, 2010). A pesquisa qualitativa considera a subjetividade e os critérios intencionais associados a tipicidades e acessibilidades da amostra, no sentido de buscar a compreensão de um fenômeno e de seus impactos sociais e culturais (TRIVIÑOS, 1987; GODOY, 1995; RAMPAZZO, 2002; VERGARA, 2006). O uso das duas abordagens em conjunto enfrenta o desafio de buscar a complementaridade, tratando os dados qualitativos com informações quantitativas e vice-versa (FREITAS, 2011).

A pesquisa descritiva é mais adequada a estudos que pretendem identificar as características de um dado fenômeno (VERGARA, 2006). Busca descrever, registrar, analisar e interpretar os fenômenos atuais (MARCONI; LAKATOS, 2002), estabelecendo relações entre as variáveis e fatos; e permite obter melhor compreensão do comportamento dos mais diversos fatores e elementos que possam influenciar um fenômeno específico (MARTINS, 2002), que é a situação deste trabalho.

#### 3.2 Técnicas de coleta e análise dos dados

A coleta de dados foi feita por meio das seguintes técnicas:

- a) **Pesquisa bibliográfica**, que segundo Oliveira (1999), visa o conhecimento de contribuições científicas;
- b) **Pesquisa documental**, que tem por finalidade o uso de dados secundários, de fontes escritas e estatísticas e de observações realizadas por órgãos públicos (BLACK; CHAMPION, 1976). No caso específico desta pesquisa, coletou-se dados secundários nos sites da empresa de descontaminação, da Prefeitura de Belo Horizonte, da Fundação Estadual do Meio Ambiente, do Ministério do Meio Ambiente, além das legislações correlatas à logística reversa de lâmpadas fluorescentes e à gestão dos resíduos sólidos;

c) **Entrevista semiestruturada** aplicada à gerente da Gerência de Resíduos Especiais da Fundação Estadual do Meio Ambiente, ao chefe de Gabinete da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte e ao diretor da empresa de descontaminação de lâmpadas, presente no território geográfico explorado. O roteiro foi estruturado a fim de fornecer a liberdade necessária para o enriquecimento máximo da investigação, conforme recomendações de Trivinos (1987) e Yin (2001).

d) **Visita técnica** à empresa de descontaminação de lâmpadas industriais a fim de analisar, *in loco*, a demanda dos serviços da empresa, o processo de tratamento das lâmpadas, os resíduos gerados nesse processo, a destinação dos materiais após tratados (se são reutilizados ou vendidos) e a preocupação da empresa com ações de responsabilidade ambiental.

e) **Aplicação de entrevista estruturada**, *survey*, com questionário estruturado e aplicado a uma amostra aleatória de empresas do setor industrial da região metropolitana de Belo Horizonte, consumidoras de lâmpadas fluorescentes em suas instalações.

Cabe ressaltar que, para a entrevista semiestruturada foi elaborado um roteiro com perguntas que permitam entender as iniciativas da Gerência de Resíduos Especiais da Fundação Estadual do Meio Ambiente, o papel da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte no descarte de lâmpadas fluorescentes e o papel da empresa recicladora de lâmpadas.

A opção pela entrevista semiestruturada ocorreu devido ao fato da técnica possibilitar ao entrevistador um melhor entendimento em relação à perspectiva do entrevistado. Segundo Silva e Fossa (2015), quando as entrevistas ocorrem livremente e sem estrutura, resultam em informações que são difíceis de analisar e podem não conseguir mostrar uma visão clara do entendimento do entrevistado.

Como os dados da pesquisa são oriundos de diferentes fontes primárias e secundárias, foi utilizada a técnica de triangulação de dados. Essa técnica de pesquisa é baseada na interligação de diferentes fontes de dados e métodos, para investigação do mesmo fenômeno (VERGARA, 2006), permitindo abranger a máxima amplitude descritiva (TRIVINOS (1987).

De acordo com Denzin e Lincoln (2000), a triangulação não é uma ferramenta ou uma estratégia de validação e, sim, uma alternativa à validação. Segundo eles:

"[...] A combinação de diferentes perspectivas metodológicas, diversos materiais empíricos e a participação de vários investigadores num só estudo deve ser vista como uma estratégia para acrescentar rigor, amplitude, complexidade, riqueza, e profundidade a qualquer investigação" (p. 5).

A triangulação serve também como uma possibilidade de se obter novos conhecimentos por meio de diferentes pontos de vista (VERGARA, 2006) ou para produzir um retrato de determinado fenômeno de estudo de maneira mais completa do que seria se fosse obtido apenas pela aplicação de um método específico (KELLE, 2001).

### **3.3 Caracterização dos participantes da pesquisa**

Os participantes do estudo são: 1) a gerente da Gerência de Resíduos Especiais da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM/MG); 2) o chefe de Gabinete da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH); 3) o diretor da empresa de descontaminação de lâmpadas industriais e 4) as indústrias usuárias e não geradoras de lâmpadas fluorescentes da região metropolitana de Belo Horizonte.

#### *3.3.1 Gerência de Resíduos Especiais da FEAM*

De acordo com o Decreto nº 45.825 de 2011, a Fundação Estadual do Meio Ambiente tem por finalidade:

"executar a política de proteção, conservação e melhoria da qualidade ambiental, no que concerne à gestão do ar, do solo e dos resíduos sólidos, bem como a prevenção e a correção da poluição ou da degradação ambiental provocada pelas atividades industriais, minerárias e de infra-estrutura, promover e realizar ações, projetos e programas de pesquisa para o desenvolvimento de tecnologias ambientais, e apoiar tecnicamente as instituições do Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA), visando à preservação e à melhoria da qualidade ambiental do Estado."

A Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) está vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e se trata de um órgão de apoio do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). Na esfera federal, a FEAM integra o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

Inicialmente, a entrevista iria ocorrer com um responsável do COPAM. Contudo, ao entrar em contato, o Conselho indicou a Gerência de Resíduos Especiais como responsável por gerir a questão dos resíduos sólidos perigosos, como as lâmpadas fluorescentes. A entrevista ocorreu

com a gerente da Gerência de Resíduos Especiais, e por meio dela, foi possível identificar a perspectiva do Estado de Minas Gerais e as práticas e iniciativas em relação ao descarte das lâmpadas fluorescentes.

### *3.3.2 Secretaria Municipal de Meio Ambiente da PBH*

De maneira complementar às informações obtidas junto a Gerência de Resíduos Especiais, o chefe do gabinete da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), também foi entrevistado, visto que a cidade apresenta a maior população do estado, com 2.375.151 habitantes e exerce influência sobre a região metropolitana.

A Prefeitura Municipal de Belo Horizonte presta diversos serviços à população, dentre os quais estão educação, saúde, iluminação pública e limpeza urbana. No que tange à limpeza urbana, estão incluídos serviços como a coleta seletiva e a gestão de resíduos sólidos (PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 2016).

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cada município deve elaborar um plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, tratando dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, e dos meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito local, da implementação e operacionalização dos sistemas de logística reversa (BRASIL, 2010).

Além disso, no estudo de Miquiluchi e Gonçalves (2012) os resultados apontaram que a população das cidades é responsável por encaminhar as lâmpadas fluorescentes descartadas às prefeituras. Desta maneira, a Prefeitura pode representar uma opção de destinação final que pode ser dada às lâmpadas fluorescentes, o que também justifica a escolha desta entrevista. Por meio da entrevista semiestruturada foi possível identificar se existe algum tipo de fiscalização da Prefeitura com relação ao descarte de lâmpadas fluorescentes, permitindo a compreensão sobre qual o papel que a Prefeitura desempenha no que diz respeito à gestão deste resíduo em específico.

Buscou-se, também, entender o relacionamento existente entre a PBH e a Gerência de Resíduos Especiais da Fundação Estadual do Meio Ambiente, no sentido de elaborar e adotar uma política de coleta de lâmpadas e verificar se é dado algum tipo de amparo às empresas que desejam devolver este produto em fim de vida útil para os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes.

### *3.3.3 Empresa de descontaminação de lâmpadas industriais*

Neste caso, foi realizada uma visita à empresa de descontaminação de lâmpadas industriais, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte, acompanhada de uma entrevista semiestruturada com o seu diretor. Esta empresa orienta os grandes consumidores com relação à adoção do procedimento adequado de descarte das unidades quebradas ou queimadas, além de difundir a necessidade de praticar as técnicas modernas de proteção do meio ambiente para garantir qualidade de vida às gerações futuras.

A atividade principal da empresa se refere à prestação de serviço técnico para descontaminação química de lâmpadas esgotadas ou queimadas, levando à reciclagem de seus componentes tais como vidro, metal e mercúrio. A empresa utiliza a tecnologia baseada em modelos internacionais, desenvolvida na Universidade Federal de Minas Gerais.

### *3.3.4 Indústrias da região metropolitana de Belo Horizonte*

A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), localizada no Estado de Minas Gerais, na região Sudeste do Brasil, foi instituída em 1973 seguindo uma tendência nacional, em que foram criadas 8 regiões metropolitanas em todo país: São Paulo, Porto Alegre, Curitiba, Recife, Salvador, Belém, Fortaleza e Belo Horizonte. Essa ação teve como finalidade planejar o desenvolvimento destas áreas que são mais dinâmicas economicamente e que possuem grandes desafios urbanos (PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 2017).

A RMBH conta atualmente com 34 municípios: Baldim, Belo Horizonte, Betim, Brumadinho, Caeté, Capim Branco, Confins, Contagem, Esmeraldas, Florestal, Ibirité, Igarapé, Itaguara, Itatiaiuçu, Jaboticatubas, Juatuba, Lagoa Santa, Mário Campos, Mateus Leme, Matozinhos, Nova Lima, Nova União, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Rio Manso, Sabará, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo, Taquaraçu de Minas e Vespasiano (ANEXO A). Segundo IBGE (2016), a RMBH possui o maior número de empresas atuantes do estado, chegando a 108.931, considerando os diversos ramos de atividades existentes.

A escolha pelas empresas industriais ocorreu pois a maior parte do consumo de lâmpadas fluorescentes pertence aos setores industriais e de serviços (NAIME; GARCIA, 2004). Sendo assim, a maior parte dos gastos ligados à iluminação não se relaciona ao uso residencial, reforçando a ideia de que as empresas apresentam um maior número de produtos em fim de

vida útil a serem descartados e que podem gerar maior impacto ambiental (MAGUEIJO et al., 2010).

Para a seleção das indústrias, foi utilizado o Cadastro Industrial Minas Gerais, do Sistema de Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) e do Centro Industrial e Empresarial de Minas Gerais (CIEMG). O cadastro traz as informações completas e atualizadas a respeito das indústrias do estado e os dados abrangem 1.300 setores de atividade. Por meio da consulta ao cadastro em 20/03/2016, foram identificadas 5.172 indústrias da região metropolitana de Minas Gerais, com informações relativas à localidade, setor de atividade, produtos e serviços, porte e os principais contatos, como telefone e e-mail. Como se trata de uma grande quantidade de empresas, a amostra utilizada no estudo foi de 358 empresas.

### **3.4 População e amostra para aplicação do questionário**

A população alvo considerada para a realização da pesquisa foi de 5.172 indústrias. Este quantitativo foi extraído a partir da busca no Cadastro Industrial da FIEMG, pelas indústrias que estão localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte. Como as empresas possuem diferenças significativas em relação porte, optou-se por utilizar a amostra probabilística estratificada proporcional para o cálculo da amostra.

Segundo Malhotra (2006, p. 332), a amostragem estratificada se trata de “um processo de dois estágios em que a população é dividida em subpopulações ou estratos. Os estratos devem ser mutuamente excludentes e coletivamente exaustivos”. Neste trabalho, os estratos são divididos de acordo com o porte das empresas: Micro, Pequena, Média e Grande. Mattar (2008) também salienta que a amostragem estratificada proporcional é utilizada quando se tem conhecimento a respeito da população, a fim de escolher os pesos de cada estrato em virtude de sua representatividade.

Como o estudo em questão atende as premissas acima e permite saber as características da população, utilizou-se a amostragem probabilística estratificada proporcional. Pela busca no cadastro, foi possível identificar as seguintes quantidades e percentuais de indústria, de acordo com o porte (Tabela 3):

**Tabela 3 - Distribuição das empresas nos municípios que compõem a Região Metropolitana de Belo Horizonte por porte de tamanho**

<b>Cidades</b>	<b>Micro</b>	<b>Pequena</b>	<b>Media</b>	<b>Grande</b>	<b>Total</b>
Baldim	2	5	2	0	9
Belo Horizonte	583	1607	472	145	2807
Betim	68	208	80	26	382
Brumadinho	3	12	9	1	25
Caeté	0	15	5	1	21
Capim Branco	2	3	0	0	5
Confins	0	5	1	0	6
Contagem	150	532	159	51	892
Esmeraldas	5	20	1	0	26
Florestal	2	1	0	0	3
Ibirité	14	51	20	3	88
Igarapé	5	22	2	2	31
Itaguara	3	11	5	0	19
Itatiaiuçu	1	5	0	4	10
Jaboticatubas	2	3	0	0	5
Juatuba	0	8	4	4	16
Lagoa Santa	13	32	13	0	58
Mário Campos	0	2	1	0	3
Mateus Leme	4	7	5	1	17
Matozinhos	12	27	18	3	60
Nova Lima	20	74	27	7	128
Nova União	0	5	0	0	5
Pedro Leopoldo	19	58	14	2	93
Raposos	1	1	0	0	2
Ribeirão das Neves	23	60	16	4	103
Rio Acima	2	3	2	0	7
Rio Manso	5	2	0	0	7
Sabará	21	43	20	4	88
Santa Luzia	20	50	22	12	104
São Joaquim de Bicas	5	16	6	3	30
São José da Lapa	1	13	8	2	24
Sarzedo	2	14	13	1	30
Taquaraçu de Minas	0	3	0	0	3
Vespasiano	13	31	14	7	65
<b>Total</b>	<b>1001</b>	<b>2949</b>	<b>939</b>	<b>283</b>	<b>5172</b>
<b>% em relação ao total</b>	<b>19%</b>	<b>57%</b>	<b>18%</b>	<b>6%</b>	

Fonte: Criado pela autora com dados extraídos de FIEMG (2017)

Dessa maneira, a amostra foi definida pela fórmula de cálculo de amostra de população finita (GIL, 2002):

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

n = Tamanho da amostra  
 $Z^2$  = Nível de confiança escolhido  
 p = porcentagem com a qual o fenômeno se verifica  
 q = porcentagem complementar  
 N = Tamanho da população  
 $e^2$  = erro máximo permitido

O nível de confiança escolhido foi de 95% ( $Z = 1,96$ ). Como os valores de p e q são desconhecidos, substitui-se cada um por 0,5 (LEVINE; STEPHAN; SZABAT, 2000). O tamanho da população (N) é 5.172 e o erro máximo (e) permitido foi de 5% (0,05).

$$n = ((1,96)^2 \times 0,5 \times 0,5 \times 5172) / (0,05)^2 (5172-1) + (1,96)^2 \times 0,5 \times 0,5 = 357,66$$

Com isso, o tamanho da amostra foi de 358 indústrias. Calculando proporcionalmente conforme o porte, temos:

- a) Micro Empresa: 19% de 358 = 68
- b) Pequena: 57% de 358 = 204
- c) Média: 18% de 358 = 64
- d) Grande: 6% de 358 = 22

Estas empresas foram sorteadas de maneira aleatória simples dentro de cada estrato. Os questionários foram aplicados no período de Setembro de 2017 a Janeiro de 2018. Para obtenção do valor amostral, a pesquisadora ligou e enviou o questionário para 2004 indústrias, listadas no cadastro da FIEMG. Deste total, obteve-se 370 respostas, o que corresponde a 18,46% de taxa de retorno. Conforme Scornavacca, Becker e Andraschko (2001), as pesquisas realizadas pela internet obtêm taxas de resposta de aproximadamente 5%.

Ressalta-se que a pesquisa foi realizada apenas com as indústrias usuárias e não geradoras de lâmpadas fluorescentes. Essa separação foi possível pois o cadastro apresenta uma relação de

produtos e serviços de cada empresa e dessa forma, foram retiradas aquelas que vendiam ou prestavam serviços relacionados a produtos elétricos.

Os dados coletados por meio da aplicação do questionário estruturado foram tratados por meio do uso de estatística descritiva. Cabe ressaltar que a classificação de empresas em micro, pequena, média e grande, neste trabalho, obedeceu a seguinte classificação de empresas utilizada pela FIEMG, conforme tabela 4.

**Tabela 4 - Classificação do Porte das Empresas segundo o Número de Empregados**

Porte da Empresa	Número de Empregados
Micro	0 a 10 empregados
Pequena	De 11 a 99 empregados
Média	De 100 a 499 empregados
Grande	Acima de 500 empregados

Fonte: Elaborada pela autora.

### 3.5 Desenvolvimento do questionário aplicado às empresas industriais

Conforme Marconi e Lakatos (2002), o questionário é uma técnica de pesquisa que abrange um grande número de dados, atinge uma área geográfica ampla, obtém respostas de forma mais rápida e precisa, e abarca um maior número de pessoas em um mesmo tempo. Como a amostra deste trabalho contempla uma grande quantidade de empresas espalhadas geograficamente na região metropolitana de Belo Horizonte, o questionário é o instrumento mais adequado para obtenção dos resultados.

Neste estudo, o questionário foi elaborado com base no referencial teórico sobre o tema e contempla 10 questões (Quadro 2). Para atender ao objetivo de pesquisa, o instrumento abordou três módulos, sendo estes: 1) Lâmpadas e 2) Legislação e 3) Gestão Ambiental<sup>1</sup>.

O primeiro módulo questionou sobre o tipo de lâmpada mais utilizado pelas empresas, a existência de treinamento para os funcionários em relação à troca das lâmpadas, a destinação final do resíduo, e as dificuldades de implementação da logística reversa. O segundo módulo explora a cognição das empresas em relação à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305 de 2010) e à Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605 de 1998). O terceiro módulo pergunta sobre as medidas de responsabilidade ambiental, a certificação ISO 14.001, a

<sup>1</sup> O questionário completo está no APÊNDICE A

priorização ambiental dentro das empresas, o conhecimento em relação aos riscos, e quais os resíduos podem ser extraídos da reciclagem de lâmpadas fluorescentes.

Com a elaboração do questionário, foi realizado um pré-teste com 61 indústrias, a fim de melhorar as possíveis falhas de escrita que pudessem dificultar o entendimento e a interpretação do respondente. Após analisar as observações do pré-teste, a próxima etapa foi enviar o questionário para as indústrias por meio da plataforma Google Formulários, contendo os motivos da pesquisa e solicitando que as empresas colaborassem em responder as perguntas. Posteriormente, os dados coletados foram analisados a fim de responder a pergunta de pesquisa.

**Quadro 2 - Elaboração do Questionário**

<b>Módulos</b>	<b>Assuntos</b>	<b>Questões</b>	<b>Referencial Teórico</b>
Lâmpadas	Tipos de lâmpadas	Questões 1 (letra a e b) e 10	Abilumi (2008); Abilux (2016b); Laruccia et al. (2011); Mourão e Seo (2012); Wanderley (2014) e Mombach, Riella e Kuhnen (2008)
	Gestão de lâmpada pós-uso	Questão 2, Questão 3 (letra a, b, c, d), 4, 5, 6, 10	Baksi e Van Long (2009); Chaves e Batalha (2006), Demajorovic et al. (2012); House, Capson e Schuurman (2011); Melo Júnior (2013); Oliveira et al. (2012); Raposo e Roeser (2000); Silva (2013); Tachizawa (2009) e Zavaris (2007)
Legislação	Política Nacional de Resíduos Sólidos	Questão 7	Lei nº 12.305/2010; Miquiluchi e Gonçalves (2012) e Mourão e Seo (2012)
	Sanções penais e adm. derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente	Questão 7	Lei nº 9605/1998
Gestão Ambiental	Mudança de mentalidade em relação ao meio ambiente	Questão 8 (letra a, b), 9, 10	Barbieri (2010); Mombach, Riella e Kuhnen (2008) e Vieira e Soares (2009)

Fonte: Elaborado pela autora

## 4 RESULTADOS

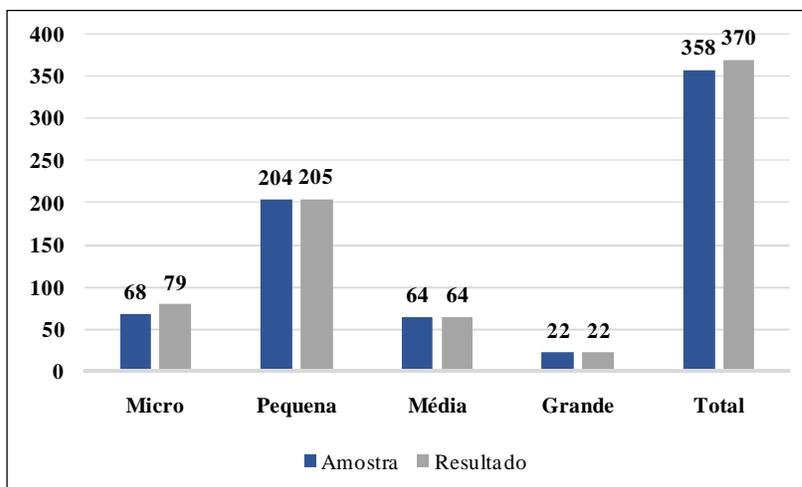
Os resultados deste trabalho contemplam: 1) os questionários aplicados para as indústrias usuárias e não geradoras de lâmpadas fluorescentes; 2) as entrevistas realizadas com a gerente da Gerência de Resíduos Especiais, com o chefe de Gabinete da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e com o diretor da empresa de descontaminação de lâmpadas industriais; e 3) visita técnica à empresa de descontaminação de lâmpadas industriais.

### 4.1 Análise Descritiva dos Resultados

#### 4.1.1 Perfil dos Respondentes

Neste trabalho, a amostra calculada foi de 358 indústrias, sendo 68 micros, 204 pequenas, 64 médias e 22 grandes.

**Gráfico 1 – Amostra versus resultado**



Fonte: Dados da pesquisa

O gráfico 1 mostra que os resultados obtidos ultrapassaram o cálculo amostral, o que permite generalizar as conclusões das 370 indústrias da amostra para a população correspondente de 5.172 empresas. Em relação à amostra, nota-se que as empresas pequenas detêm o maior número de respostas, o que é explicado pela proporção de 57% do estrato em relação à população, conforme evidenciado na tabela 3.

No que tange à distribuição por cidade, percebe-se que Belo Horizonte, Contagem e Betim contemplam 80% das empresas respondentes, conforme tabela 5. Além disso, é possível observar que apenas 21 municípios responderam ao questionário, sendo que empresas de todas as cidades foram contatadas para participar da pesquisa. Dessa forma, das 34 cidades

presentes na RMBH, 13 não participaram da pesquisa, sendo estas Baldim, Capim Branco, Florestal, Jaboticatubas, Mário Campos, Nova União, Pedro Leopoldo, Raposos, Rio Acima, Rio Manso, São José da Lapa, Sarzedo e Taquaraçu de Minas.

**Tabela 5 - Relação de respondentes por cidade**

Nº	Cidades	Frequência absoluta (Fi)	Frequência relativa (fi %)	Frequência absoluta acumulada (Fai)	Frequência relativa acumulada (fai %)
1	Belo Horizonte	182	49%	182	49%
2	Contagem	72	19%	254	69%
3	Betim	41	11%	295	80%
4	Nova Lima	11	3%	306	83%
5	Sabará	9	2%	315	85%
6	Lagoa Santa	7	2%	322	87%
7	Ibirité	6	2%	328	89%
8	Igarapé	6	2%	334	90%
9	Itaguara	6	2%	340	92%
10	Ribeirão das Neves	6	2%	346	94%
11	Matozinhos	4	1%	350	95%
12	Brumadinho	3	1%	353	95%
13	Caeté	3	1%	356	96%
14	Juatuba	3	1%	359	97%
15	Confins	2	1%	361	98%
16	Esmeraldas	2	1%	363	98%
17	Itatiaiuçu	2	1%	365	99%
18	Mateus Leme	2	1%	367	99%
19	Santa Luzia	1	0%	368	99%
20	São Joaquim de Bicas	1	0%	369	100%
21	Vespasiano	1	0%	370	100%
<b>Total</b>		<b>370</b>	<b>100%</b>		

Fonte: Dados da pesquisa

Na tabela 6 consta a distribuição das empresas em função do tipo de resposta. De um total de 370 respostas, 295 (79,73%) correspondem às empresas usuárias de lâmpadas fluorescentes, e as demais empresas (20,27%) são aquelas que utilizam apenas outro tipo de lâmpada, como LED, vapor metálico, vapor de mercúrio ou luz mista. Assim como na população, essa categoria de empresa que não utiliza lâmpadas fluorescentes também faz parte da amostra, visto que se trata de um resultado da pesquisa e porque não era possível prever o total de empresas que utilizariam apenas lâmpada fluorescente. Além do mais, tal resultado é esperado

em virtude do aumento no consumo de lâmpadas de LED, informado pela Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo de São Paulo (FECOMÉRCIO/SP) (2016).

**Tabela 6 – Empresas em função do tipo de resposta**

<b>Porte</b>	<b>Quantidade de Empregados</b>	<b>Empresas usuárias de lâmpadas fluorescentes</b>	<b>Demais empresas</b>	<b>Total</b>
Micro	De 0 a 10 empregados	66	13	<b>79</b>
Pequena	De 11 a 99 empregados	171	34	<b>205</b>
Média	De 100 a 499 empregados	41	23	<b>64</b>
Grande	Acima de 500 empregados	17	5	<b>22</b>
<b>Total</b>		<b>295</b>	<b>75</b>	<b>370</b>

Fonte: Dados da pesquisa

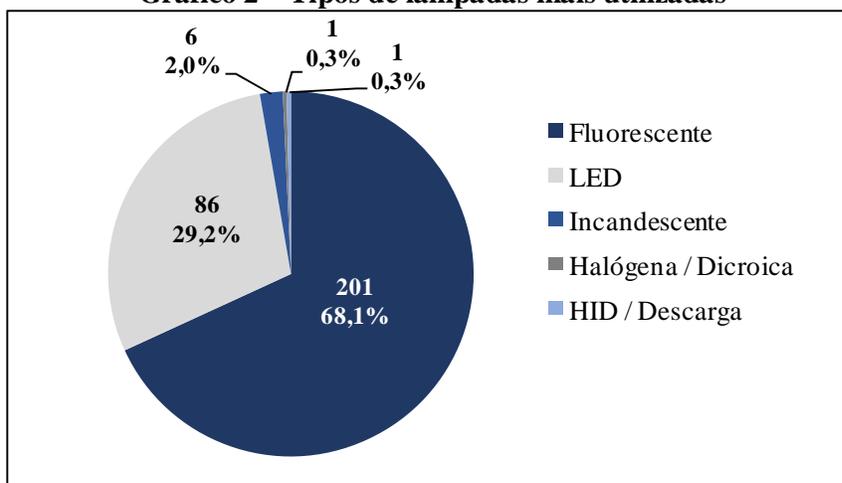
Para análise dos dados do questionário, foi utilizado o quantitativo de 295 empresas, que são aquelas que preencheram o instrumento.

#### *4.1.2 Módulo Lâmpadas*

Neste módulo, buscou-se identificar o tipo de lâmpada mais utilizado pelas empresas, a existência de treinamentos para os funcionários em relação à troca das lâmpadas, a destinação final do resíduo, e as dificuldades de implementação da logística reversa. Após análise dos resultados, verificou-se que a lâmpada mais utilizada pelas empresas é a fluorescente (68,1%), seguida do LED (29,2%), incandescente (2,0%), halógena/dicroica (0,3%) e HID/descarga (0,3%), conforme gráfico 2. Cabe ressaltar que mesmo que haja predominância de outro tipo de lâmpada, as empresas que responderam o questionário também utilizam a fluorescente.

A partir dos dados, verifica-se que a incandescente não é a primeira opção para a maioria das empresas, com um percentual baixo de 2% em relação ao total. Isso ratifica os registros da ABILUX (2016a) de que estas lâmpadas saíram do mercado em junho de 2016, a fim de atender o cronograma estabelecido em dezembro de 2010 pela Portaria Interministerial 1007 dos Ministérios de Minas e Energia, da Ciência, Tecnologia e Inovação e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (ABILUX, 2016a).

Gráfico 2 – Tipos de lâmpadas mais utilizadas



Fonte: Dados da Pesquisa

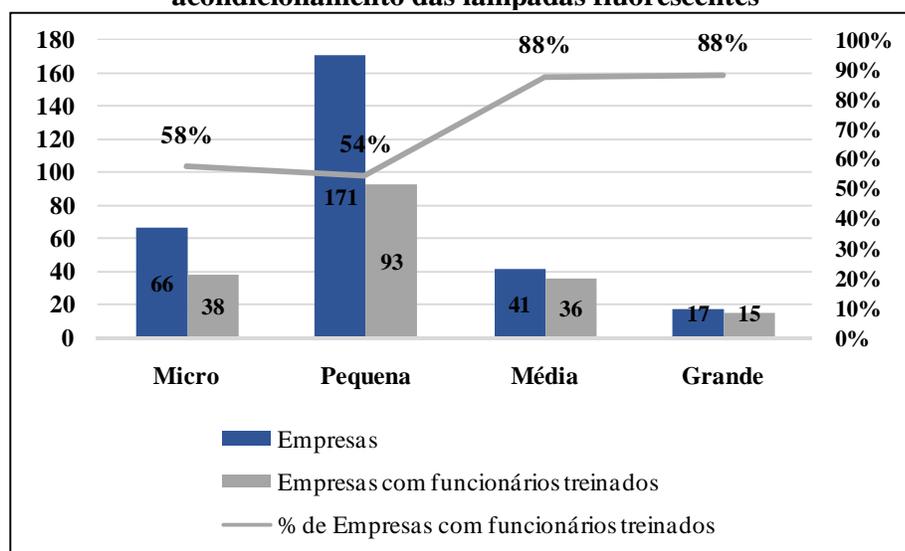
Outros tipos como a halógena/dicroica e a HID/descarga também não possuem representatividade de uso. Ao contrário da lâmpada de LED, que apresenta a prevalência em aproximadamente 30% das indústrias, indicando um possível crescimento do produto no mercado. As empresas que optam por outro tipo de lâmpada, inclusive, salientam que estão realizando a troca para o LED.

Entretanto, a escolha majoritária das empresas ainda é a fluorescente. Isso se deve por diversos motivos que foram apontados no questionário, tais como menor consumo de energia elétrica (35%), custo menor de aquisição (25%), durabilidade maior (16%), pela habitualidade de uso (14%) e por não gerar calor excessivo (9%). A opção pela lâmpada em virtude do menor consumo de energia elétrica e pela maior durabilidade reforça a afirmação de Magueijo et al. (2010), de que as fluorescentes apresentam eficiência luminosa 3 a 6 vezes maior que as incandescentes, com uma vida útil 4 a 15 vezes maior. Por isso, no diz respeito à eficiência energética e produção de luz, as lâmpadas fluorescentes são vistas como mais vantajosas do que as incandescentes. (MAGUEIJO et al., 2010).

Mesmo com o baixo percentual, a habitualidade de uso (14%) chama a atenção, pois percebe-se que parte das indústrias opta por determinado tipo de lâmpada apenas porque "sempre foi assim", sem considerar as demais variáveis envolvidas para a escolha do produto. Desta forma, estas organizações podem estar perdendo dinheiro e energia, pois não analisam os prós e contras de cada produto utilizado dentro de sua empresa.

Além do tipo de lâmpada mais utilizado, as empresas também opinaram em relação ao treinamento dos funcionários que lidam com o manuseio e acondicionamento das lâmpadas fluorescentes. O gráfico 3 mostra que a medida que aumenta o porte da empresa, existe uma tendência de crescimento do percentual de funcionários treinados. Nas micro e pequenas empresas, um pouco mais da metade das indústrias responderam que os profissionais se capacitam para manusear as lâmpadas, o que é um percentual baixo se comparado aos valores das médias e grandes empresas (88%). Essa dicotomia pode ocorrer em virtude da estruturação da organização, que é maior em uma grande empresa. Com a estrutura maior, é possível ter profissionais e até mesmo setores dedicados a aspectos de segurança do trabalho e meio ambiente.

**Gráfico 3 – Empresas com funcionários treinados com relação ao manuseio e acondicionamento das lâmpadas fluorescentes**



Fonte: Dados da pesquisa

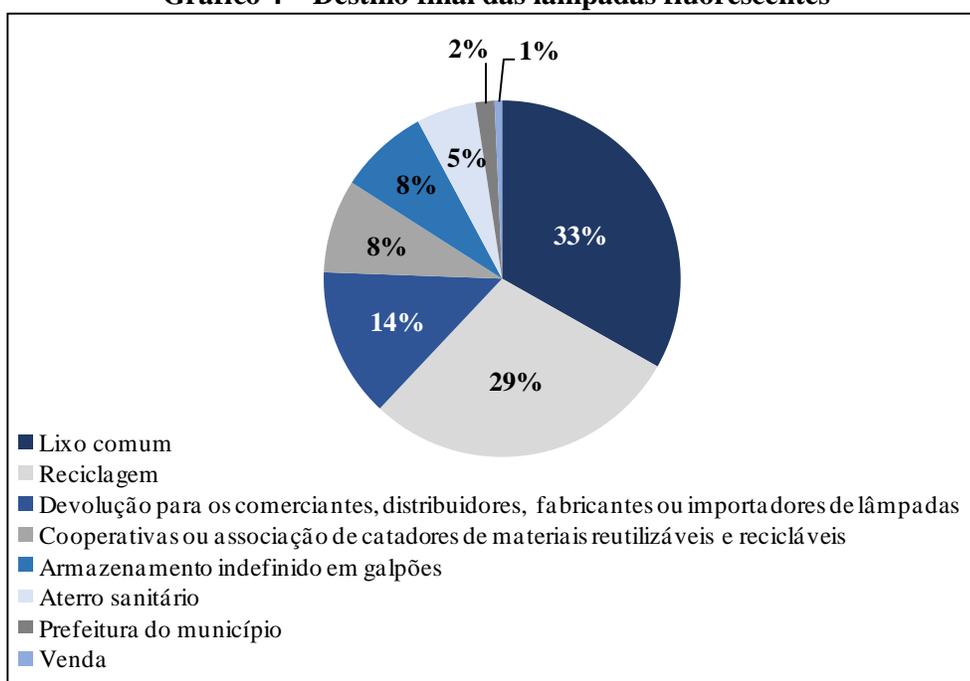
No entanto, em qualquer tipo de organização os funcionários devem estar treinados para lidar com as lâmpadas fluorescentes, pois é preciso que os procedimentos de acondicionamento, manuseio, transporte e destinação sejam realizados com alguns cuidados especiais (OLIVEIRA et al., 2012; MELO JÚNIOR, 2013).

Sem a capacitação, os trabalhadores estão sujeitos a exposição direta dos resíduos, visto que muitas vezes não farão uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) para reduzir o risco de contaminação (SILVA, 2013; ZAVARIZ 2007). Na pesquisa, o comportamento das médias e grandes empresas de treinar seus funcionários se aproxima da perspectiva de Melo

Júnior (2013), que considera importante ter conhecimento sobre as características do resíduo sólido, seja para manuseio ou para o transporte destes materiais perigosos.

Outro questionamento importante feito na pesquisa diz respeito ao destino final das lâmpadas fluorescentes. De acordo com os entrevistados, o lixo comum é a opção predominante com 33%, confirmando o posicionamento de Mombach, Riella e Kuhnen (2008). Apesar disso, a reciclagem apresentou um percentual significativo de respostas, com 29%. Esse número é relativamente alto quando comparado ao valor de 6% de reciclagem do país informado pela ABILUX em 2011.

**Gráfico 4 – Destino final das lâmpadas fluorescentes**



Fonte: Dados da pesquisa

Segundo Cestari e Martins (2016), por meio de diferentes tecnologias e da reciclagem da lâmpada é possível extrair o vidro, a poeira fosforosa e o mercúrio e, depois, reinseri-los ao fluxo produtivo. Contudo, embora 29% das empresas utilizem a reciclagem como primeira opção, apenas 24% destas obtêm algum tipo de benefício econômico com o procedimento. Isso ocorre porque assim como no estudo de Miquiluchi e Gonçalves (2012), grande parte das empresas assumem os custos do processo contratando uma empresa especializada, o que enseja em um valor por lâmpada acrescido do transporte.

Assumir estes custos significa “pagar” duas vezes, pois, para sustentar financeiramente o sistema de logística reversa, já está sendo pago o ecovalor de R\$ 0,40 por lâmpada pelos importadores e fabricantes das lâmpadas fluorescentes do Brasil. Na prática, este custo está embutido no valor do produto, que será cobrado de seus consumidores, empresariais ou pessoa física (BRASIL, 2017b). Assim, ainda que a reciclagem permita a reinserção dos materiais no fluxo produtivo, não é possível obter benefícios econômicos neste caso, em virtude da contratação de uma empresa terceirizada para tratamento das lâmpadas. Neste estudo, a empresa especializada mais utilizada foi a HG Descontaminação, localizada no município de Nova Lima, estado de Minas Gerais.

Afora o lixo comum e a reciclagem, as demais opções de destino final escolhidas foram: devolução para os comerciantes, distribuidores, fabricantes ou importadores de lâmpadas (14%), cooperativas ou associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis (8%), armazenamento indefinido em galpões (8%), aterro sanitário (5%), Prefeitura do município (2%) e venda (1%).

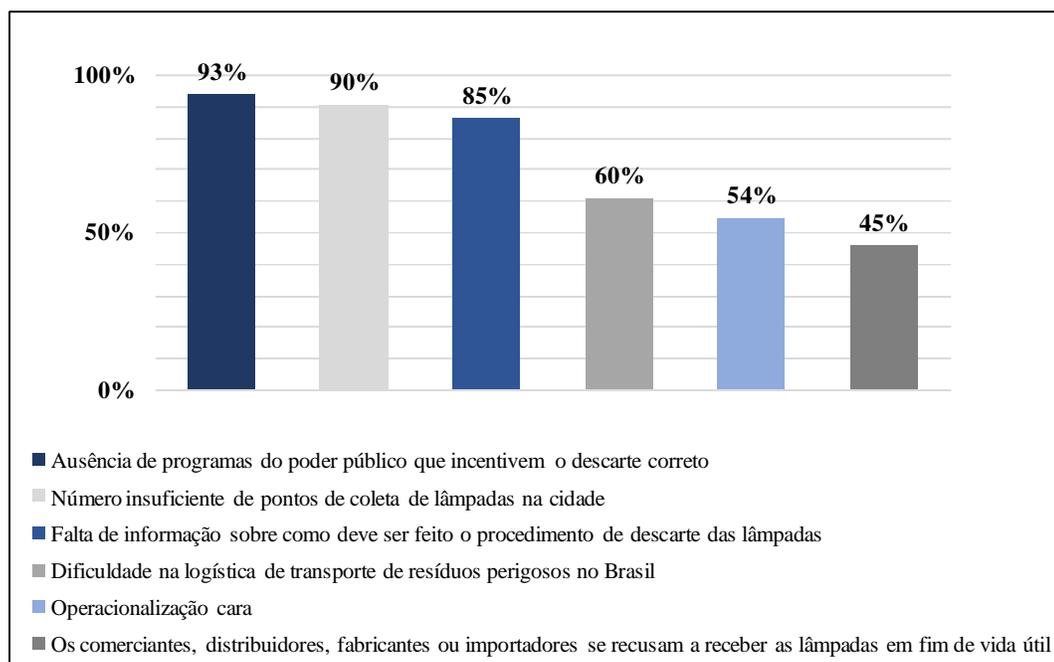
Dessa forma, constata-se que a devolução para os produtores (importadores, fabricantes, distribuidores e comerciantes), conhecida como logística reversa, está sendo utilizada por parte das empresas na região metropolitana de Belo Horizonte, demonstrando um "caminhar" da Política Nacional de Resíduos Sólidos e do Acordo Setorial, firmados em 2010 e 2015, respectivamente. Assim, ainda que o Acordo Setorial abranja em um primeiro momento apenas os consumidores domiciliares, percebe-se que as empresas também estão começando a utilizar desse sistema. Uma explicação para isso talvez seja o reduzido número de lâmpadas que cada empresa devolve, em um curto período, para o seu vendedor.

Com o presente estudo, também foi possível identificar as dificuldades em relação à implementação da logística reversa das lâmpadas fluorescentes. Dentre as maneiras disponíveis de descarte, a logística reversa ou devolução aos produtores é a maneira mais correta de se atender as previsões legais sobre o assunto (BRASIL, 2010). Se a logística reversa funcionasse, o descarte seria feito de maneira correta, em termos ambientais e legais. Por isso, se fez necessário verificar as principais barreiras existentes com relação à implementação deste processo.

Para esta pergunta, o gráfico foi elaborado com o somatório de empresas que concordam parcialmente e totalmente com a dificuldade descrita. Para tanto, utilizando uma escala likert,

observou-se que, de acordo com o gráfico 5, a principal dificuldade apontada pelas indústrias se relaciona à ausência de programas do poder público que incentivem o descarte correto (95%), corroborando com o pensamento de Espinosa e Tenório (2005), Laruccia et al. (2011) e Melo Junior (2013). Segundo os autores, atualmente não há programas do poder público que incentivem o descarte correto e nem políticas de educação ambiental, ocasionando a falta de informações. Para que haja eliminação adequada de lâmpadas fluorescentes, o governo deve desenvolver alternativas e promover iniciativas ambientais (ESPINOSA; TENÓRIO, 2005; LARUCCIA et al., 2011; MELO JUNIOR, 2013). Portanto, ainda falta comunicação à comunidade em relação ao descarte correto.

**Gráfico 5 - Dificuldades de implementação da logística reversa das lâmpadas fluorescentes**



Fonte: Dados da pesquisa

Ademais, outras dificuldades também foram levantadas, como número insuficiente de pontos de coleta de lâmpadas na cidade (90%), falta de informação sobre como deve ser feito o procedimento de descarte das lâmpadas (85%), dificuldade na logística de transporte de resíduos perigosos no Brasil (60%), operacionalização cara (54%) e a recusa dos comerciantes, distribuidores, fabricantes ou importadores em receber as lâmpadas em fim de vida útil (45%). Neste último caso, percebe-se que não houve uma concordância grande, ou seja, as indústrias identificam, em sua maioria, que não há recusa dos produtores em receber as lâmpadas fluorescentes.

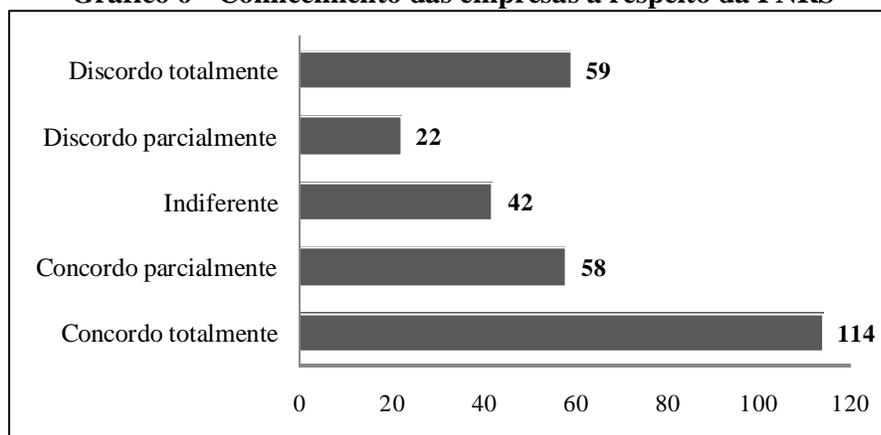
Porém, nota-se que a grande parte das indústrias está de acordo com as demais dificuldades, ratificando os problemas levantados pela literatura. Com relação aos pontos de coleta, a pesquisadora encaminhou um e-mail para a Reciclus no dia 05 de janeiro de 2018, questionando sobre a implantação dos locais de coleta e não recebeu resposta. Além disso, tentou também estabelecer contato com Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo (FECOMÉRCIO) de Minas Gerais.

De acordo o Ministério do Meio Ambiente (2017), a Reciclus está entrando em contato com a FECOMÉRCIO de cada estado para negociar um contrato de parceria a fim de implementar os pontos de entrega e os procedimentos necessários para a operação (BRASIL, 2017b). Todavia, a FECOMÉRCIO de Minas Gerais afirmou que a Reciclus ainda não realizou nenhuma abordagem nesse sentido, o que explica o grande percentual de concordância acerca dessa dificuldade.

#### *4.1.3 Módulo Legislação*

O segundo módulo explora o entendimento das empresas em relação às legislações ambientais como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305 de 2010) e a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605 de 1998). Este módulo foi inserido no questionário, pois as leis ensejam em uma obrigação de cumprir e por isso, as indústrias deveriam realizar os procedimentos de descarte de forma adequada.

Com relação à PNRS, 42% dos respondentes afirmaram não conhecer a legislação, conforme demonstrado o gráfico 5. Este percentual foi obtido pelo somatório de empresas que discordam totalmente, discordam parcialmente e que são indiferentes à PNRS. Este fato é alarmante se considerar que a lei foi publicada em 2010 e que a Política define a responsabilidade compartilhada para todos os envolvidos na cadeia produtiva das lâmpadas, inclusive o consumidor empresarial (BRASIL, 2010).

**Gráfico 6 - Conhecimento das empresas a respeito da PNRS**

Fonte: Dados da pesquisa

A falta de conhecimento sobre a PNRS também afeta diretamente as ações das empresas. Prova disso é a maneira como ocorre o descarte nas indústrias que desconhecem a legislação. A tabela 7 demonstra o destino final das lâmpadas fluorescentes dessas empresas que não possuem conhecimento acerca da PNRS. Nestes dados, verifica-se que o descarte para o lixo comum apresenta um percentual bem maior (51%) do que o indicado no gráfico 4 (33%).

**Tabela 7 – Destino final das lâmpadas fluorescentes de empresas que desconhecem a PNRS**

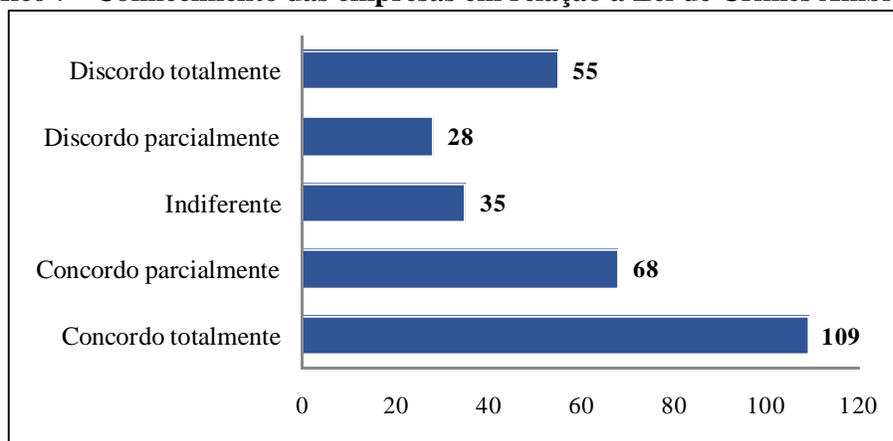
Destino	Quant.	Percentual
Lixo comum	63	51%
Reciclagem	25	20%
Armazenamento indefinido em galpões	11	9%
Cooperativas ou associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis	10	8%
Devolução para os comerciantes, distribuidores, fabricantes ou importadores de lâmpadas	8	7%
Aterro sanitário	5	4%
Prefeitura do município	1	1%
<b>Total</b>	<b>123</b>	<b>100%</b>

Fonte: Dados da pesquisa

No lixo comum, as lâmpadas podem se quebrar, fazendo com que o vidro seja triturado e o mercúrio liberado no ambiente. Assim, ocorre a contaminação do meio ambiente em virtude de componentes tóxicos da lâmpada, podendo acarretar danos à saúde da população (SARAIVA, 2015). Desse modo, ficou claro que a falta de conhecimento influenciou negativamente a prática de descarte das lâmpadas fluorescentes.

Além da PNRS, também houve o questionamento a respeito da Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.604 de 1998). O gráfico 7 mostra que grande parte das empresas conhece a Lei de Crimes Ambientais. No entanto, aproximadamente 40% das empresas são indiferentes. Tal resultado ratifica a afirmação de Marchese (2014) de que a logística reversa está longe de se concretizar como foi idealizada, pois ainda não há controle e fiscalização, mesmo em setores legislados, como o das lâmpadas fluorescentes.

**Gráfico 7 - Conhecimento das empresas em relação à Lei de Crimes Ambientais**



Fonte: Dados da pesquisa

Assim como a PNRS, o resultado em relação à Lei de Crimes Ambientais é muito preocupante do ponto de vista legal e ambiental, visto que parte das empresas respondentes podem estar cometendo crimes ambientais, sem a ciência de que suas práticas estão em discordância com o estabelecido em lei. O desconhecimento em relação a esta legislação é extremamente negativo para as empresas, visto que se verificada irregularidade, há previsões de penas severas. A Lei de Crimes Ambientais prevê penalização de reclusão de um a quatro anos e multa, no caso de má gestão dos resíduos perigosos, como as lâmpadas fluorescente (BRASIL, 1998)

#### *4.1.4 Módulo Gestão Ambiental*

O terceiro módulo trata sobre as medidas de responsabilidade ambiental, a certificação ISO 14.001, a priorização ambiental dentro das empresas e o conhecimento das indústrias em relação aos riscos e resíduos que podem ser extraídos da reciclagem de lâmpadas fluorescentes.

Os resultados indicaram que das 295 respostas, 179 (60,68%) foram afirmativas no que concerne à responsabilidade ambiental. Dentre estas medidas, destacam-se o tratamento e reciclagem de resíduos da produção, a coleta seletiva, o atendimento das condicionantes estabelecidas para licenciamento ambiental, os treinamentos relacionados a educação ambiental, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), a utilização de equipamentos que protegem o meio ambiente e as parcerias com associações de catadores. Essas iniciativas confirmam o pensamento de Tachizawa (2009), de que a gestão da produção associada ao pensamento sustentável passou a ser considerada uma importante força estratégica para as empresas (TACHIZAWA, 2009).

Isso também pode ser comprovado pelas outras respostas do questionário, em que 92% das indústrias dizem perceber riscos no descarte incorreto dos resíduos perigosos, cerca de 71% entendem que a logística reversa de lâmpadas fluorescentes possui vantagens e 68% conhecem os motivos e necessidades do tratamento adequado das lâmpadas pós-consumo. Outro ponto é que a maioria das empresas afirma perceber a preservação ambiental tratada como prioridade por parte das empresas.

Contudo, apesar de muitas empresas adotarem ações de responsabilidade ambiental e estarem mais “próximas” do conceito de sustentabilidade, apenas 10% possuem a ISO 14.001, que normatiza os aspectos importantes para implementar ou adequar os processos aos preceitos da gestão ambiental (VIEIRA; SOARES, 2009). Além disso, no caso específico deste estudo, somente 51% das indústrias tem conhecimento sobre os resíduos que podem ser extraídos da reciclagem de lâmpadas fluorescentes.

Portanto, os resultados relacionados ao módulo de gestão ambiental demonstraram que, apesar das empresas incluírem algum aspecto relacionado ao meio ambiente nas organizações, ainda existe uma falta de conhecimento em relação ao descarte de lâmpadas fluorescentes.

## **4.2 Entrevistas**

### *4.2.1 Gerência de Resíduos Especiais da FEAM*

A entrevista ocorreu no dia 20 de Novembro de 2017 com a gerente da Gerência de Resíduos Especiais, e possibilitou uma melhor compreensão a respeito do processo atual de descarte de lâmpadas fluorescentes. Neste trabalho, entende-se que o Estado de Minas Gerais está

representado na figura da Gerência de Resíduos Especiais, subordinada à Diretoria de Gestão de Resíduos da Fundação Estadual do Meio Ambiente.

A Diretoria de Gestão de Resíduos da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) possui quatro gerências vinculadas: 1) Gerência de Resíduos da Indústria e da Mineração, 2) Gerência de Resíduos Sólidos Urbanos, 3) Gerência de Áreas Contaminadas e 4) Gerência de Resíduos Especiais. De acordo com a entrevistada, esta última lida com os resíduos sujeitos à logística reversa, citados nas Políticas Estadual e Nacional de Resíduos Sólidos, além de resíduos do serviço de saúde e da construção civil.

A Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) de Minas Gerais surgiu com o Decreto nº 45.181 de 2009, um ano antes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). O Estado de Minas Gerais ressaltou que adota a Política Nacional de maneira geral e a Política Estadual no detalhamento, sendo que as duas citam as lâmpadas (fluorescentes, de vapor de mercúrio, sódio e luz mista) como resíduos especiais e passíveis de uma regulamentação específica de logística reversa.

Com relação às principais ações desenvolvidas, a gerente informou que a Gerência de Resíduos Especiais é responsável por fomentar os termos de compromisso e acordos setoriais para a logística reversa. O Termo de Compromisso e o Acordo Setorial são instrumentos em que o setor (fabricante, importador, distribuidor, comerciante) firma um contrato com o governo para implementar o sistema de logística reversa (BRASIL, 2010). Para que os termos de compromisso fossem firmados de maneira efetiva, a Deliberação Normativa (DN) do COPAM nº 188/13 estabeleceu um cronograma por tipo de resíduo, para que a FEAM pudesse publicar os editais de chamamento visando a logística reversa no Estado de Minas Gerais.

No caso específico das lâmpadas e eletroeletrônicos, a Gerência de Resíduos Especiais optou, em um primeiro momento, por aguardar os acordos setoriais serem firmados em âmbito federal, para atuar depois no Estado, pois esta era a diretriz inicial dada pelo Ministério de Meio Ambiente (MMA). Contudo, como o processo para firmar o acordo setorial se tornou complexo, o próprio Ministério orientou que o Estado de Minas Gerais se mobilizasse para solucionar as questões relacionadas à logística reversa de lâmpadas fluorescentes.

De acordo com a entrevistada, essa mobilização do Estado foi importante, pois a estrutura de Minas Gerais é muito complexa. São 853 municípios com realidades muito distintas, sendo

que mais de 500 municípios tem menos de 20.000 habitantes. Então, entende-se que é fundamental detalhar as metas de implementação para Minas Gerais, observando as peculiaridades e desafios do Estado.

Dessa forma, a Gerência de Resíduos Especiais informou que busca ações para fomentar o Termo de Compromisso de lâmpadas fluorescentes:

"No caso de Minas Gerais, o Estado publicou o edital de chamamento, recebeu as propostas e atualmente está na fase de análise para escolher uma proposta melhor para Minas Gerais. O desenvolvimento de tais atividades por parte do Estado é benéfico, pois apesar do acordo setorial ter sido firmado em 2015, houve um grande problema e em 2016 foi aplicada uma cláusula suspensiva com relação aos prazos inseridos no acordo. O que era para ser o ano 1 em 2016 foi prorrogado para 2017" (Gerente da Gerência de Resíduos Especiais).

Assim sendo, percebe-se que o Estado de Minas Gerais está atuando de forma paralela às ações em âmbito federal, a fim de facilitar o processo como um todo. A participação do Estado é essencial para atender as especificidades de cada região, pois segundo Naime e Garcia (2004), a consolidação do processo reverso depende, em grande parte, da coordenação de vários atores da cadeia de produção. A Gerência de Resíduos Especiais alega que fazer um Termo de Compromisso para implantar a logística reversa é a maior forma de promover o descarte.

Para a Gerência de Resíduos Especiais, ainda que haja esforços a fim de firmar os Termos de Compromisso, está muito claro que a responsabilidade de destinação das lâmpadas fluorescentes é do fabricante, importador, comerciante e distribuidor, o que corrobora com a previsão legal da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Com o intuito de solucionar este tipo de problema no âmbito público, a Gerência orienta os demais órgãos do governo a incluir no Termo de Referência a previsão de que a empresa fornecedora das lâmpadas faça o recolhimento do produto no fim de vida útil.

No que tange à comunicação em relação ao descarte, a Gerência de Resíduos Especiais ainda não realizou divulgação para a comunidade em geral. Segundo a gerente, as empresas devem apresentar em suas propostas o Plano de Comunicação, visto que a responsabilidade é dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. O Estado de Minas Gerais ainda argumenta que para a comunicação ao público em geral é preciso que o sistema de logística reversa esteja mais consolidado para a divulgação das informações. Assim, não há um programa de ir para o público em geral e explicar o que deve ser feito com as lâmpadas,

devido a fragilidade do momento em relação à implementação da logística reversa de lâmpadas.

Com o intuito de orientar, a Gerência de Resíduos Especiais apenas disponibiliza no site da FEAM uma cartilha que trata da destinação ambientalmente adequada das lâmpadas fluorescentes e dos riscos associados. Outra iniciativa é um programa especial que se chama “Ambientação”, que busca implementar práticas sustentáveis em prédios públicos, indicar o que deve ser feito com cada tipo de resíduo e reduzir a geração de produtos. Além disso, sempre que demandada, a Gerência de Resíduos Especiais se apresenta em fóruns, seminários e palestras que tratam do assunto.

Apesar destas ações, percebe-se que não há comunicação à comunidade de maneira clara e aberta, ratificando a maior dificuldade de implementação da logística reversa apresentada pelas empresas que responderam o questionário. Segundo estas empresas, faltam programas do poder público que incentivem o descarte correto, como já havia sido dito por Espinosa e Tenório (2008), Laruccia et al. (2011) e Melo Junior (2013). Os autores salientam que não existem políticas de educação ambiental, ocasionando a falta de informações. Por isso, o governo precisa desenvolver alternativas e promover as iniciativas ambientais relacionadas com a eliminação adequada de lâmpadas fluorescentes (ESPINOSA; TENÓRIO, 2005; LARUCCIA et al., 2011). Dessa forma, os problemas apresentados na literatura ainda persistem.

Questionada a respeito do relacionamento com empresas que realizam a descontaminação de lâmpadas, a entrevistada informou que a Gerência de Resíduos Especiais mantém contato com estas empresas, localizadas em Minas Gerais. Segundo Polanco (2007), existem duas empresas no Estado responsáveis por realizar a descontaminação. A gerente ressalta inclusive, que uma delas recebe de graça as lâmpadas de algumas unidades da FEAM, por meio de uma parceria firmada. Além deste contato, a Gerência de Resíduos Especiais também tem atuado no sentido de tentar aprimorar os processos dessas empresas naquilo que precisa e também avançar nos Termos de Compromisso.

Com relação à reciclagem, a gerência prefere que as lâmpadas sejam tratadas dentro do próprio Estado, mesmo porque estas empresas conhecem a especificidade de Minas Gerais. A gerência não indica uma ou outra empresa, mas, quando solicitada, encaminha uma relação de

empresas que estão cadastradas no Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM) e, no caso, aparecem as duas empresas do Estado.

Em termos de fiscalização, a Gerência de Resíduos Especiais mostra-se bastante falha. Além de não acompanhar o descarte feito por pessoa física, a gerência fiscaliza apenas as duas empresas de descontaminação presentes no Estado. As demais empresas são analisadas de forma superficial, por meio de uma base de dados elaborada pela Gerência de Resíduos da Indústria e da Mineração (GERIM).

Este inventário de resíduos é preenchido bianualmente pelas indústrias de médio e grande porte, com a informação da destinação dos resíduos, inclusive das lâmpadas. Em consulta a essa base de dados, a Gerência de Resíduos Especiais identificou que a maioria das respondentes afirma que encaminha as lâmpadas para a descontaminação. Então, apenas quando há incoerências, a GERIM pede esclarecimentos e fiscaliza mais detalhadamente.

Portanto, é perceptível uma fiscalização reativa e não ativa por parte do Estado com relação ao descarte das lâmpadas, confirmando a visão de Marchese (2014) que a logística reversa está longe de se concretizar como foi idealizada, devido à inexistência de controle e fiscalização, mesmo de setores legislados, como o das lâmpadas fluorescentes.

De forma mais ampla, a Gerência de Resíduos Especiais demonstrou que acompanha junto ao governo federal as demandas e mantém diálogos com o Ministério do Meio Ambiente. Com relação ao acordo setorial, a gerência mostrou-se bem informada sobre o andamento da implementação da logística reversa. A entrevistada informou que foi criada uma entidade gestora denominada Reciclus para implementar a logística reversa e que o processo já começou a ser custeado pelas empresas na importação do produto. Assim, estas empresas importadoras estão pagando um valor por lâmpada (R\$ 0,40), para garantir a operacionalização do processo como um todo. Os primeiros testes para coleta foram feitos em São Paulo e atualmente, estes testes irão acontecer em Minas Gerais.

Além destas informações, a Gerência de Resíduos Especiais também salientou que, conforme dados da Reciclus, a princípio estes pontos estariam em empresas que comercializam materiais elétricos e que vendem lâmpadas fluorescentes. Esta decisão com relação aos pontos de coleta reforça a responsabilidade dos comerciantes em receber as lâmpadas em fim de vida útil, conforme previsto no artigo 33 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que define que a responsabilidade de gestão das lâmpadas é do gerador (BRASIL, 2010).

Outro ponto importante levantado pela Gerência de Resíduos Especiais diz respeito ao cronograma estabelecido pelo acordo setorial, que abrange 5 fases, sendo que:

"o ano 1 (2017) contempla 4 municípios (Belo Horizonte, Contagem, Uberlândia e Ribeirão das Neves) e o ano 2 (2018), as cidades de Juiz de Fora, Betim e Montes Claros. No ano 3 (2019), está englobado um outro leque de municípios, no ano 4 (2020) todos os municípios acima de 25.000 habitantes e no ano 5 (2021), os municípios acima de 20.000 habitantes, atingindo todos os municípios de Minas Gerais. Acredito que até o final de 2017 sejam iniciados os processos de logística reversa em Minas Gerais para os consumidores domiciliares nas 4 cidades elencadas pelo Acordo Setorial (Belo Horizonte, Contagem, Uberlândia e Ribeirão das Neves)." (Gerente da Gerência de Resíduos Especiais).

Para a entrevistada, a logística reversa de lâmpadas fluorescentes ainda está em fase de implementação, por ser um processo complexo e que necessita de etapas progressivas. Entretanto, o Estado de Minas Gerais deseja acelerar o processo com o Termo de Compromisso, em virtude do aumento do consumo do LED. Há um receio com relação ao potencial de penetração do LED no momento em que o processo de logística reversa de lâmpadas ainda está se estruturando.

Além disso, a gerência pretende, com o Termo de Compromisso, avançar um pouco mais para abranger, também nesse sistema, os usuários como as indústrias, pois estes não estão contemplados em um primeiro momento de forma gratuita. Segundo a gerente, o acordo setorial apresenta essa questão apenas como uma possibilidade futura a ser analisada, pois inicialmente estão previstos os pontos de coleta apenas para os consumidores domiciliares. Essa preocupação do Estado é importante, pois o setor industrial é o que mais utiliza eletricidade no mundo de acordo com a *U.S. Energy Information Administration (EIA) (2017)*.

#### *4.2.2 Secretaria Municipal de Meio Ambiente da PBH*

A entrevista ocorreu no dia 27 de Setembro de 2017 com o chefe de Gabinete da Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Com a entrevista, foi possível entender as ações desempenhadas em relação ao descarte de lâmpadas fluorescentes e compreender o papel da Prefeitura sobre a gestão deste resíduo em específico.

O serviço de limpeza urbana realizado pela Prefeitura inclui a coleta seletiva e a gestão de resíduos sólidos, mas não atende todos os bairros de Belo Horizonte. O recolhimento não é pleno, sendo ainda muito simbólico e pequeno. Os resíduos coletados são papel, alumínio (coleta de latinhas devido ao convênio com entidades como a Ascapel e catadores), vidro e

plástico (PET). O gerenciamento destes resíduos é feito pelo Serviço de Limpeza Urbana (SLU) e a cidade de Belo Horizonte é beneficiada por duas modalidades de coleta seletiva: a ponto a ponto e a porta a porta.

Na coleta seletiva ponto a ponto, são instalados contêineres nas cores padrão definidas pela Resolução nº 275 de 2001 do CONAMA para os materiais recicláveis: azul para o papel, vermelho para o plástico, amarelo para o metal e verde para o vidro. A população separa os recicláveis em sua residência ou no local de trabalho e os deposita em contêineres instalados pela Prefeitura. Cada endereço é chamado de Local de Entrega Voluntária (LEV). Estão implantados 77 conjuntos de contêineres para recolhimento de papel, metal, plástico e vidro, num total de 241 contêineres, dispostos nas nove regionais da cidade.

Na coleta porta a porta, os materiais recicláveis são separados pelos moradores e colocados na calçada para serem coletados pelas equipes da SLU. Atualmente, está presente em 36 bairros, alcançando uma população aproximada de 390 mil pessoas, em 125 mil domicílios. É realizada uma vez por semana. O material deve ser acondicionado em sacos plásticos, de preferência transparentes, e dispostos em frente ao local da coleta (no passeio), a partir das 8h.

Com relação à lâmpada fluorescente, a Prefeitura não realiza a coleta seletiva. Segundo a Prefeitura, a legislação afirma que quem vende tem a obrigação de trazer de volta, sendo esta responsabilidade dos fabricantes e vendedores. Esse entendimento se coaduna à visão exposta na Política Nacional de Resíduos Sólidos com relação aos responsáveis pela implementação de sistemas de logística reversa (BRASIL, 2010). Além disso, a Prefeitura argumenta que já existe um conceito edificado por lei e que por isso, deve aguardar um posicionamento do governo federal com relação ao andamento desta questão.

A respeito de outros resíduos, a Prefeitura já propôs algumas ações. Em relação à troca da TV analógica pela digital, por exemplo, um grande volume de produtos irá ser descartado. A Prefeitura entrou em contato com o superintendente de uma grande loja de eletrodomésticos e se propôs a colocar um caminhão da SLU com a periodicidade em dias alternados para recolher os televisores, caso a empresa divulgasse uma campanha em que os consumidores pudessem devolver o produto. Segundo a Prefeitura é melhor recolher desta maneira do que ter que retirar os produtos de lotes vagos ou na porta da casa das pessoas.

Tal iniciativa do município é benéfica, pois o brasileiro gera em média, cerca de 1,062 Kg de resíduos por dia, o que equivale a 387,63 Kg por pessoa por ano (ABRELPE, 2014). A Prefeitura também argumenta que se desperdiça quase 1/3 do PIB no lixo e que estes resíduos podem ser reutilizados:

“O Brasil ainda não acordou para essa realidade, diferentemente de outros países como a China, que transforma o lixo eletrônico em lingotes de alumínio, por exemplo. No Brasil, a grande matriz de processamento de lixo ainda é a queima e o aterro, em virtude do menor custo de investimento, da fiscalização ser ainda precária nesse sentido e da inexistência de estímulo ao desenvolvimento de uma cadeia produtiva relacionada à resíduos.” (Chefe de Gabinete da Secretaria Municipal de Meio Ambiente)

Assim como o Estado, a Prefeitura também salientou que a questão é mais complexa do que parece, em virtude da peculiaridade existente dentro da cidade. A gestão do resíduo na região da Pampulha é diferente de outras regiões, em virtude do poder aquisitivo e de uma série de fatores. Outro exemplo é na região próxima de Contagem, que devido ao perfil industrial, se difere totalmente de outras regiões com o perfil basicamente residencial.

Além destes fatores, também é preciso espaço físico para armazenar os resíduos. Atualmente, se os consumidores resolvessem devolver seus resíduos para a Prefeitura, não haveria espaço para guardá-los. Por exemplo, na BR-040, existe um aterro sanitário de 25.000 metros quadrados que já está saturado. Segundo a Prefeitura, este lugar poderia ser utilizado como um espaço para reciclagem. Entretanto, a comunidade ao redor não quer, pois se trata de uma questão traumática e cultural que está arraigada (“3 gerações que já nasceram no meio do lixo”). Com relação à essa complexidade, a Prefeitura explicou:

"A legislação federal que trata sobre a logística reversa é parte integrante do conceito de economia circular, sendo uma política que já está legislada, mas que o Brasil inteiro não atende. E Belo Horizonte não foge à essa regra. É um processo complexo e muito difícil e quem vende as lâmpadas fluorescentes não controla a destinação das lâmpadas. Além disso, o órgão estatal não sendo aparelhado, fica difícil esse tipo de acompanhamento."

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, as lâmpadas atualmente podem ser vistas misturadas ao lixo doméstico, lixo de construção e até no lixo hospitalar. A educação de descarte pode ser enxergada apenas em empresas que normalmente são certificadas com o padrão ISO 14.001, que contempla o selo verde. Segundo Vieira e Soares (2009), as organizações que obtêm essa certificação se comprometem em cumprir as legislações de seu setor e também estudam os possíveis impactos de suas atividades produtivas no meio

ambiente. Contudo, a Prefeitura entende que a grande maioria das empresas não trabalha assim.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cada município deve elaborar um plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos tratando dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, e dos meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito local, da implementação e operacionalização dos sistemas de logística reversa (BRASIL, 2010). Contudo, em Belo Horizonte ainda não há um plano municipal. A Prefeitura tem a pretensão de estudar o processo de implantação desse sistema para lâmpadas e outros resíduos, a fim elaborar também um plano municipal.

Na visão do município, o plano pretende atingir inicialmente as empresas e depois as pessoas físicas. Inicialmente, serão priorizados os resíduos que avolumam e impactam mais. A Prefeitura irá iniciar a conversa sobre esta demanda no início de Outubro de 2017, montando um grupo de trabalho com atores envolvidos nesse processo: órgãos governamentais (Município, Estado e União), empresários, integrantes da academia e os agentes que lidam com questões ambientais da sociedade civil. Este posicionamento da Prefeitura ratifica o pensamento de Naime e Garcia (2004), de que é preciso a participação de todos para que haja um trabalho sinérgico, com a coordenação dos vários atores da cadeia de produção. Com o grupo de trabalho, a Prefeitura argumenta que será possível delinear a participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa.

Partindo dessa visão, a Prefeitura identifica diversas dificuldades em questões elementares para implantar um sistema de coleta de lâmpadas: (1) O consumidor adquire um produto, porém não é informado com relação aos procedimentos de descarte e com relação à possibilidade de devolução do mesmo nas lojas após o uso; (2) O consumidor não se sente obrigado a devolver o produto; e (3) O consumidor não tem nenhum estímulo para descartar a lâmpada da maneira adequada. As dificuldades apontadas reafirmam os problemas levantados na literatura.

Com relação ao item (1), Laruccia et al. (2011) enfatiza que o desconhecimento das pessoas a respeito das alternativas para descartar adequadamente é um dos grandes obstáculos relacionados ao descarte das lâmpadas no Brasil. No que tange o item (2), Marchese (2014) salienta que não há controle e fiscalização, mesmo em setores como o das lâmpadas fluorescentes que possuem uma legislação edificada. Existe apenas a fiscalização reativa, em

casos de denúncias relacionadas ao descarte ilegal ou indevido de qualquer resíduo. Essa falta de acompanhamento prejudica a devolução correta do produto pós-consumo.

O item (3) também ressalta a questão da falta de orientação e de políticas de educação ambiental, que Melo Júnior (2013) já havia apontado em seu estudo como uma barreira à realização do descarte correto. Sem os devidos estímulos, o consumidor não se sente incentivado para descartar a lâmpada adequadamente. Para a Prefeitura, falta educação ambiental, aparelhamento administrativo, instrumentos de trabalho e conscientização empresarial. O município pretende iniciar uma discussão nesse sentido, mas com a consciência de que o mandato atual não é suficiente para terminar. Segundo a Prefeitura, a dificuldade de implantar também esbarra em infraestrutura e nos aspectos culturais.

Questionado a respeito do relacionamento com empresas que realizam a descontaminação de lâmpadas, o município afirmou não ter conhecimento sobre a existência de empresas responsáveis pela descontaminação de lâmpadas na cidade e não há nenhum tipo de parceria desenvolvido. Além disso, a Prefeitura não se envolve especificamente no processo de comunicação à comunidade com relação ao descarte de lâmpadas fluorescentes. O que acontece é a comunicação de uma maneira geral, divulgando os princípios para manutenção do nível de limpeza, mas não está direcionada a um tipo de resíduo específico. Desse modo, observa-se que tanto no Estado quanto no Município, ainda existem falhas com relação à comunicação. No caso da Prefeitura, a situação é mais crítica do que no Estado, pois o município sequer sabe da existência das empresas de descontaminação.

Atualmente, também não é dado nenhum tipo de amparo às empresas que desejam devolver as lâmpadas fluorescentes em fim de vida útil para os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes. De acordo com a Prefeitura, as empresas sabem que o poder público não está aparelhado para isso. Contudo, mesmo sem a infraestrutura necessária, o município deveria propor ações para defender o meio ambiente ecologicamente equilibrado, visto que a própria Constituição Federal de 1988 prevê este dever para o poder público e para a coletividade (BRASIL, 1988).

#### *4.2.3 Empresa de descontaminação de lâmpadas fluorescentes*

A entrevista e a visita técnica ocorreram no dia 12/09/17, com o diretor da empresa de descontaminação das lâmpadas. A empresa possui em seu quadro de funcionários um diretor,

um motorista e dois funcionários na produção. A principal atividade desenvolvida é a descontaminação de lâmpadas fluorescentes e multivapores (vapor de mercúrio, vapor de sódio, luz mista e vapor metálico) e a capacidade mensal de tratamento da empresa é de 60.000 lâmpadas fluorescentes e 120.000 lâmpadas multivapores.

A empresa atua no mercado há anos, com início das operações em 2002 e começou a partir de um projeto desenvolvido em conjunto com a Escola de Engenharia de uma Universidade Federal. Com relação ao mercado, a organização salienta que nunca precisou realizar divulgação comercial, pois sempre existiu demanda para tratamento.

De acordo com a empresa, não há atendimento de pessoa física pois não há procura. A maioria são empresas grandes, em virtude do grande volume gerado, sendo que aproximadamente 80% correspondem a empresas privadas. Porém, há também o atendimento de empresas públicas, com clientes como a concessionária de energia de um outro estado da região sudeste. Mesmo atendendo a clientes públicos, a empresa afirma que não há nenhum tipo de parceria com o poder público (Prefeitura e Estado) com relação à destinação final das lâmpadas fluorescentes, o que evidencia a falta de articulação dos envolvidos.

Quanto à localidade, a concentração de clientes está na Grande BH, mas a empresa também atua no interior de MG, como em Pouso Alegre, Três Corações, Uberlândia, Araçuaí e em outros estados como Rio de Janeiro e São Paulo. Geralmente, quando a empresa atende em outros estados, trata-se de uma grande quantidade, como 20.000 lâmpadas, por exemplo.

A empresa cobra R\$ 0,78 por lâmpada para realizar o tratamento, sendo que este valor pode ser reduzido dependendo do volume. A taxa de deslocamento é cobrada a parte e corresponde a R\$ 100,00 para a região metropolitana de Belo Horizonte. Essa coleta é feita pela empresa, pois é preciso obter uma licença para transportar resíduos perigosos (classe I). No caso do transporte, o caminhão deve possuir placa de identificação, o motorista precisa possuir curso MOPP, deve haver um kit de emergência dentro do veículo e este precisa estar licenciado no INMETRO. O caminhão utilizado na coleta tem capacidade de 12.000 lâmpadas fluorescentes tubulares e no caso das compactas, a capacidade é de 120.000. Para a empresa, não é necessário acumular uma quantidade mínima de lâmpadas fluorescentes para ser feita a coleta.

Para reciclar as lâmpadas, a empresa utiliza a moagem com tratamento químico. Conforme figura 8, esse tratamento ocorre por via úmida, com a britagem das lâmpadas, peneiramento (para separar as pontas metálicas) e tanques de lixiviação e a água consumida é reaproveitada em todo o processo, a fim de evitar o desperdício. A escolha do tipo de tratamento se deu em

virtude do custo, que neste processo é menor. O reaproveitamento ratifica a afirmação de Zanicheli et al (2004), de que, ao utilizar a moagem com tratamento químico, a empresa deve promover a reutilização de água durante as lavagens a fim de reduzir os impactos ambientais.

**Figura 8 - Local de realização da moagem com tratamento químico**



Fonte: Dados da pesquisa

Cerca de 85% do peso da lâmpada é composto por vidro e o restante por alumínio, baquelite e mercúrio. O papelão proveniente das embalagens das lâmpadas, o vidro e o alumínio vão para a reciclagem. Após o tratamento, o papelão, o vidro e o alumínio são vendidos e a empresa emite um certificado em termos de responsabilidade, evidenciando que aquele cliente destinou adequadamente os resíduos da lâmpada. A empresa de descontaminação afirma que o vidro pode ser usado em cerâmica, confirmando a utilização apresentada na literatura por Mombach, Riella e Kuhnen (2008).

O baquelite (índice elevado de chumbo) e a “torta” (sulfeto de mercúrio e solução para tratamento da lâmpada) vão para o aterro classe I, o que representa um custo significativo para a empresa. A título de exemplo, a empresa de descontaminação informou que o aterro de Betim cobra aproximadamente R\$ 500,00 por tonelada de resíduo. Dessa forma, apesar de vender alguns resíduos tratados, a empresa alega que não há lucro no processo pois os custos

com o envio dos outros resíduos para o aterro são expressivos. O único lucro do negócio se refere ao valor que os clientes pagam para a descontaminação.

Para as micro e pequenas empresas, a descontaminadora salienta que o volume descartado é muito baixo e que estas empresas são pouco fiscalizadas. Uma alternativa que a empresa de descontaminação apresenta para o tratamento em micro e pequenas empresas seria a cobrança de uma taxa fixa anual, de R\$ 200,00 a R\$ 300,00, tendo direito a 2 coletas anuais, com um montante de até 240 lâmpadas por ano.

Com a PNRS, a empresa acredita que houve um aumento de 20% na demanda por reciclagem, em virtude da obrigatoriedade trazida pela legislação. A empresa de descontaminação tem ciência de que o sistema ainda está em fase inicial e que São Paulo está com os primeiros pontos de coleta para a fase de teste. Entretanto, a empresa salienta que a implantação da logística reversa no Brasil não irá funcionar, pois em algumas localidades ainda não há empresas especializadas no tratamento, como no caso do Nordeste.

O transporte saindo do Nordeste para as regiões que possuem estas empresas, localizadas Centro-Sul do país, enseja em um custo alto de transporte. Assim como a Gerência de Resíduos Especiais, a empresa de descontaminação também salientou que, em virtude do Acordo Setorial, os importadores das lâmpadas fluorescentes já estão pagando uma taxa correspondente ao custo para o tratamento das lâmpadas, que vai para a Reciclus.

A empresa também fala da transição das lâmpadas fluorescentes para as lâmpadas de LED. A mesma alega que vai haver um “boom” muito grande com a troca da iluminação antiga pelo LED, mas depois não vai haver mais este mercado para as empresas de tratamento, pois estas lâmpadas não possuem mercúrio e também porque não há previsão legal que obrigue o tratamento. A empresa acredita que terá mercado por mais 5 ou 6 anos apenas, em virtude desta transição.

A empresa de descontaminação também ressaltou a necessidade de estudar futuramente se haverá um acordo setorial ou aditivo em relação à logística reversa que abranja os grandes usuários de lâmpadas, como as indústrias, visto que o acordo contempla em um primeiro momento apenas os consumidores pessoa física. Isso é importante pois o importador já paga por lâmpada quando importa, para sustentar o processo de logística reversa e esse custo, inclusive, é embutido no valor das lâmpadas. Dessa forma, quando os grandes consumidores pagam pelo tratamento destas lâmpadas, estes arcam “novamente” com os custos do tratamento.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por finalidade analisar o processo de descarte de lâmpadas fluorescentes das indústrias usuárias e não geradoras deste produto, localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte. O estudo foi realizado dentro de uma abordagem quantitativa e qualitativa, de cunho descritivo e a coleta de dados foi feita por meio das seguintes técnicas: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, entrevista semiestruturada, aplicação de questionário estruturado e visita técnica.

Com relação aos questionários, a pesquisadora ligou e enviou o instrumento para 2004 indústrias, listadas no cadastro da FIEMG e deste total, obteve-se 370 respostas, o que corresponde a 18,46% de taxa de retorno. Neste estudo, verificou-se que a lâmpada mais utilizada pelas empresas é a fluorescente (68,1%) e uma das razões para sua escolha é a habitualidade de uso (14%). Este fato chama a atenção, pois percebe-se que parte das indústrias opta por determinado tipo de lâmpada apenas porque "sempre foi assim", sem considerar as demais variáveis envolvidas para a escolha do produto. A segunda lâmpada mais utilizada é o LED, demonstrando crescimento no mercado em virtude do menor consumo de energia.

Do total de respostas, o lixo comum é a opção de descarte predominante com 33%, ratificando a afirmação de Mombach, Riella e Kuhnen (2008). No entanto, a reciclagem também apresentou um percentual significativo de respostas, com 29% do total. Mesmo assim, as empresas respondentes não obtêm benefícios econômicos com a reciclagem, visto que assumem os custos com a contratação de uma empresa terceirizada para tratamento das lâmpadas.

Nas micro e pequenas empresas, um pouco mais da metade das indústrias responderam que os profissionais se capacitam para manusear as lâmpadas, o que é um percentual baixo se comparado aos valores das médias e grandes empresas (88%). Desse modo, percebe-se que a estrutura das empresas interfere diretamente em suas ações ambientais.

As empresas respondentes também salientaram que existem muitas dificuldades para implementação da logística reversa, sendo a ausência de programas do poder público que incentivem o descarte correto citada por quase todas as empresas (95%). Este fato também é confirmado pela Gerência de Resíduos Especiais da FEAM e a Secretaria Municipal de Meio

Ambiente da PBH, visto que o poder público não possui programas ou realiza uma comunicação aberta e clara no que tange ao descarte do resíduo.

No que concerne à responsabilidade ambiental, diversas medidas adotadas pelas empresas foram elencadas, como o tratamento e reciclagem de resíduos da produção, a coleta seletiva, o atendimento das condicionantes estabelecidas para licenciamento ambiental, dentre outros. Essas iniciativas confirmam o pensamento de Tachizawa (2009), de que a gestão da produção associada ao pensamento sustentável passou a ser considerada uma importante força estratégica para as empresas.

Contudo, apesar de muitas empresas adotarem ações de responsabilidade ambiental e estarem mais “próximas” do conceito de sustentabilidade, apenas 10% possuem a ISO 14.001. Além disso, no caso específico deste estudo, somente 51% das indústrias tem conhecimento sobre os resíduos que podem ser extraídos da reciclagem de lâmpadas fluorescentes.

No que diz respeito ao conhecimento das legislações, cerca de 40% dos respondentes responderam que desconhecem a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Lei de Crimes Ambientais. Este resultado demonstra que a existência das leis, por si só, não garante a ciência dos envolvidos e que ainda há falta de informação necessária para que o meio empresarial haja em consonância com o meio ambiente.

Com relação às entrevistas, a Gerência de Resíduos Especiais da FEAM está atuando em paralelo com o governo federal, buscando firmar Termos de Compromisso para a implantação da logística reversa de lâmpadas. Porém, sua atuação não é completa, visto que não há divulgações com relação ao procedimento correto de descarte e a fiscalização deste procedimento ocorre apenas de maneira reativa, confirmando a visão de Marchese (2014) que a logística reversa está longe de se concretizar como foi idealizada, devido a inexistência de controle e fiscalização, mesmo de setores legislados, como o das lâmpadas fluorescentes.

A Secretaria Municipal do Meio Ambiente da PBH demonstrou uma participação ainda mais modesta, pois não há qualquer programa definido para o descarte das lâmpadas. Do mesmo modo, não é feita a comunicação direta destes aspectos à comunidade e a fiscalização ocorre somente em casos de denúncias. Apesar de ser um assunto em que a responsabilidade principal recaia dos produtores, o Estado deve agir ativamente para que as empresas atuem em conformidade com a legislação e com as medidas ambientais.

No que se refere à empresa de descontaminação, o diretor levantou uma questão extremamente importante: a transição da fluorescente para o LED. De nada vai adiantar a organização de um sistema de logística reversa de lâmpadas fluorescentes se o mercado realizar a troca por inteiro para as lâmpadas de LED. Assim, ainda que seja um processo complexo, as autoridades devem se mobilizar para que o processo reverso comece a funcionar logo e para que todo o trabalho empenhado, ainda que somente para os consumidores domiciliares, possa ser utilizado até a transição final.

Após análise de todos os resultados, o estudo concluiu que o descarte das lâmpadas fluorescentes ainda não ocorre da maneira que deveria. Falta apoio governamental e iniciativa das empresas para que se cumpra a previsão da legislação. Por ser um resíduo perigoso, todas as medidas para minimizar o impacto ao meio ambiente já deveriam ter sido tomadas. Com o acordo setorial, é possível que ocorra a aplicação da PNRS para os consumidores domiciliares, mas o problema ainda permanece em relação ao descarte das empresas.

Portanto, os resultados encontrados neste estudo mostram-se bem próximos daqueles apresentados pela literatura, podendo ser utilizado para investigações e novos trabalhos. Como pesquisas futuras sugere-se a) investigar as articulações dos atores envolvidos na cadeia produtiva de lâmpadas fluorescentes e b) replicar esta pesquisa sob a visão do consumidor residencial e dos importadores, fabricantes, distribuidores e comerciantes.

## REFERÊNCIAS

- APLIQUIM BRASIL RECICLE. **Saiba mais – sobre lâmpadas**. 2016. Disponível em: <<http://www.apliquimbrasilrecicle.com.br/saibamais/sobrelampadas>>. Acesso em: 15 abr. 2017.
- APLIQUIM BRASIL RECICLE. **Empresa – Histórico**. 2017. Disponível em: <<http://www.apliquimbrasilrecicle.com.br/empresa/historico>>. Acesso em: 15 abr. 2017.
- ARSENEAU, R.; OUELLETTE, M. The Effects of Supply Harmonics on the Performance of Compact Fluorescent Lamps. **IEE Engineering Science and Education Journal**, v. 2, n. 8, p. 473-479, 1993.
- ASARI, M.; FUKUI, K.; SAKAI, S. Life-cycle flow of mercury and recycling scenario of fluorescent lamps in Japan. **Science of the total environment**, v. 393, n. 1, p. 1-10, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IMPORTADORES DE PRODUTOS DE ILUMINAÇÃO (ABILUMI). **ABilumi**. 2008. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/0E732C8D/ABilumi\\_16\\_out\\_2008.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/0E732C8D/ABilumi_16_out_2008.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX). **Dados técnicos das lâmpadas contendo mercúrio**. In: Reunião do grupo de trabalho sobre lâmpadas de mercúrio da Câmara Técnica do CONAMA. 3. 2001, Brasília, DF: CONAMA, 2001. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/doc/ctgt/perm02/lamp002.ppt](http://www.mma.gov.br/port/conama/doc/ctgt/perm02/lamp002.ppt)>. Acesso em: 04 out. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX). **Empresas como GE, Philips, Osram e Sylvania, distribuidores e varejo optam por montar gestora independente para operacionalizar descarte e reciclagem segundo a nova legislação**. 2011. Disponível em: <[http://www.abilux.com.br/destaque\\_020.asp](http://www.abilux.com.br/destaque_020.asp)>. Acesso em: 20 set. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX). **Uso de LED pode reduzir em 50% o consumo de energia**. 2015a. Disponível em: <<http://www.abilux.com.br/portal/abilux-na-midia/4/uso-de-led-pode-reduzir-em-50-o-consumo-de-energia>>. Acesso em: 07 out. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX). **Consumo de Lâmpadas no Brasil no ano de 2014 – Unidades**. 2015b. Disponível em: <<http://www.abilux.com.br/portal/institucional/3/projetos>>. Acesso em: 22 set. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX). **Lâmpadas incandescentes sairão do mercado a partir do dia 30**. 2016a. Disponível em: <<http://www.abilux.com.br/portal/noticia/38/lampadas-incandescentes-sairao-do-mercado-a-partir-do-dia-30>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX). **Guia Led**. 2016b. Disponível em: <[http://www.abilux.com.br/portal/pdf/guia\\_led\\_4ed.pdf](http://www.abilux.com.br/portal/pdf/guia_led_4ed.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2014. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR. 12235:1992**: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR. 14040:2001**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, p. 3, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR. 10004:2004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, p. 71, 2004.

BABAEI, A. A.; ALAVI, N.; GOUDARZI, G.; TEYMOURI, P.; AHMADI, K.; RAFIEE, M. Household recycling knowledge, attitudes and practices towards solid waste management. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 102, p. 94–100, 2015.

BACILA, D. M. **Uso da logística reversa para apoiar a reciclagem de lâmpadas fluorescentes usadas**. 2012, 152 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BACILA, D. M.; FISCHER, K.; KOLICHESKI, M. B. Estudo sobre reciclagem de lâmpadas fluorescentes. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. spe, p. 21-30, 2014.

BAKSI, S.; VAN LONG, N. Endogenous consumer participation and the recycling problem. **Australian Economic Papers**, v. 48, n. 4, p. 281-295, 2009.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 3 ed. Editora Saraiva, 2010. 358 p.

BERNARDO, C. H. C.; BRAGAJÚNIOR, S. S.; MARQUES, M. D.; GOMES, S. C. V.; QUEIROZ, T. R. Percepção dos produtores rurais de Tupã, SP, sobre o processo de comunicação para execução da logística reversa de embalagens de agrotóxicos. **Revista Observatório**, v. 1, n. 3, p. 242-270, 2015.

BLACK, J. A.; CHAMPION, D. J. **Methods and issues in social research**. Nova York: Editora Wiley, 1976. 445 p.

BRANDÃO, A. C.; GOMES, L. M. B.; AFONSO, J. C. Educação Ambiental: O caso das lâmpadas usadas. **Revista de Química Industrial**, p 17-23, 2011.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 set. 1981.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 out. 1988.

BRASIL. Lei 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 jun. 1993.

BRASIL. Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 fev. 1998.

BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 03 ago. 2010.

BRASIL. **Acordo Setorial de Lâmpadas Fluorescentes de Vapor de Sódio e Mercúrio e de Luz Mista**. Ministério do Meio Ambiente. 2015a. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/web/guest/acordo-setorial-de-lampadas-fluorescentes-de-vapor-de-sodio-e-mercurio-e-de-luz-mista>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

BRASIL. **Manual de Diretrizes Operacionais para Implantação e Operação do Sistema de Logística Reversa**. Ministério do Meio Ambiente. 2015b. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/documents/10180/23979/Maunual+de+Implanta%C3%A7%C3%A3o+e+Opera%C3%A7%C3%A3o.pdf/5737c032-bcad-4e26-8d8d-f6f19e15e46f>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Resolução nº 01, de 05 de julho de 2016**. Dispõe sobre a anuência nas importações de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista e seus componentes. 2016. Diário Oficial, Brasília, DF, 7 jul. 2016.

BRASIL. Decreto 9.177, de 23 de outubro de 2017. Regulamenta o art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e complementa os art. 16 e art. 17 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 e dá outras providências. 2017a. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 out. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório de desempenho de Sistema de Logística Reversa**. 2017b. Disponível em: [http://mma.gov.br/images/arquivo/Relatorio\\_MMA\\_final\\_atividades\\_2.016\\_2\\_versao\\_.pdf](http://mma.gov.br/images/arquivo/Relatorio_MMA_final_atividades_2.016_2_versao_.pdf). Acesso em: 20 dez. 2017.

BULBOX. **Quem somos**. Disponível em:<<http://bulbox.com.br/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

CESTARI, W.; MARTINS, C. H. Política Nacional de resíduos sólidos e logística reversa de lâmpadas fluorescentes pós-consumo: estudo de caso. **GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 29-44, 2016.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **31º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais**. BEEMG 2016. Belo Horizonte: Cemig, 2017. 174 p. Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/pt-br/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/inovacao/Alternativas\\_Energeticas/Documents/BEEMG.pdf](http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/BEEMG.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2018

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM (CEMPRE). **Fichas técnicas**. 2008. Disponível em: <[http://www.cempre.org.br/fichas\\_tecnicas.php?lnk=ft\\_pet.php](http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_pet.php)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM (CEMPRE). **Guia da Coleta Seletiva de Lixo**. 2014. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigopublicacao/artigos>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

COSTA, L. ; MENDONÇA, F. M. ; SOUZA, R. G. O que é Logística Reversa. In: VALLE, R.; SOUZA, R. G. **Logística Reversa - Processo a Processo**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2014, v. 1, p. 18-33.

CHAVES, G.; BATALHA, M. Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da logística reversa em uma rede de hipermercados. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 13, n. 3, p. 423-434, 2006.

CPFL. **A Crise Energética Brasileira**. 2011. Disponível em: <<http://www.aleph.com.br/sciarts/cpfl/CPFL%20-%20Criseenergia.htm>>. Acesso em: 25 set. 2016.

DEMAJOROVIC, J.; ZUÑIGA, M. K. H.; BOUERES, J. A.; SILVA, A. G.; SOTANO, A. S. Logística reversa: como as empresas comunicam o descarte de baterias e celulares? **Revista de Administração de Empresas**, v. 52, n. 2, p. 165-178, 2012.

DEMAJOROVIC, J.; CAIRES, E. F.; GONCALVES, L. N. S.; SILVA, M. J. C. Integrando empresas e cooperativas de catadores em fluxos reversos de resíduos sólidos pós-consumo: o caso Vira-Lata. **Cadernos Ebape. Br**, v. 12, n. spe, p. 513-532, 2014.

DENZIN, N., LINCOLN, Y. **Handbook of qualitative research**. 2 ed. Editora SAGE Publications, 2000. 1143 p.

ELIJOŠIUTĖ, E.; BALCIUKEVIČIŪTĖ, J.; DENAFAS, G. Life cycle assessment of compact fluorescent and incandescent lamps: comparative analysis. **Environmental Research, Engineering and Management**, v. 61, n. 3, p. 65-72, 2012.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). **International Energy Outlook 2017**. U. S. Energy Information Administration. Office of Energy Analysis. Washington, DC. 2017. Disponível em: <[www.eia.gov/forecasts/ieo](http://www.eia.gov/forecasts/ieo)>. Acesso em: 05 jan. 2018.

ESPINOSA, D. C. R; TENÓRIO, J. A. S. Reciclagem de baterias: análise da situação atual no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 2, p. 14-20, 2005.

FEDERAÇÃO DO COMÉRCIO DE BENS, SERVIÇOS E TURISMO DE SÃO PAULO (FECOMÉRCIO-SP). **Comércio registra alta de mais de 100% nas vendas de lâmpadas de LED**. 2016. Disponível em: <<http://www.fecomercio.com.br/noticia/comercio-registra-alta-de-mais-de-100-nas-vendas-de-lampadas-de-led>>. Acesso em: 30 jan. 2018.

FIEMG. **Cadastro Industrial Minas Gerais**. 2017. Disponível em: <<http://www.cadastroindustrialmg.com.br/>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

FREITAS, H. M. de. Réplica 1–Análise de Conteúdo: Faça Perguntas às Respostas Obtidas com sua ‘Pergunta’! **Revista de Administração Contemporânea**, v. 15, n. 4, p. 748-760, 2011.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Institucional**. 2017. Disponível em: <<http://www.feam.br/instituicao>>. Acesso em 15 nov. 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, p. 61, 2002.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H.; KANNAN, D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. **European Journal of Operational Research**, v. 240, n. 3, p. 603-626, 2015.

GUARNIERI, P. **Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental**. 1 ed. Recife: Editora Clube de Autores, 2011. 307 p.

HARRIS, J. B. Electric Lamps: past and present. **IEE Engineering Science and Educ. Journal**, v. 2, n. 4, p. 161-170, 1993.

HERNÁNDEZ, C. T.; MARINS, F. A. S.; CASTRO, R. C. Modelo de Gerenciamento da Logística Reversa. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 19, n. 3, p. 445-456, 2012.

HG DESCONTAMINAÇÃO. **Empresa**. 2017. Disponível em: <<http://www.hgmg.com.br/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

HOUSE, B. W.; CAPSON, D. W.; SCHURMAN, D. C. Towards real-time sorting of recyclable goods using support vector machines. In: IEEE International Symposium on Sustainable systems and technology, 2011, Chicago. **Anais...Chicago**. 2011, p. 1-6.

HU, Y.; CHENG, H. Mercury risk from fluorescent lamps in China: status and future perspective. **Environment international**, v. 44, p. 141-150, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Nota Técnica**: Estimativas da população dos municípios brasileiros com data referência em 1º de Julho de 2014. Diretoria de Pesquisas – DPE. 2014. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise\\_estimativas\\_2014.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise_estimativas_2014.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Minas Gerais**. 2016. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=31&search=minas-gerais>. Acesso em: 20 fev. 2017.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DE MINAS GERAIS. **Conselho Estadual de Política Ambiental**. 2017. Disponível em: <<http://servicos.meioambiente.mg.gov.br/copam/copam.asp>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

KELLE, U. Sociological Explanations between Micro and Macro and the Integration of Qualitative and Quantitative Methods, **Forum Qualitative Sozial for schung / Forum: Qualitative Social Research**, v. 2, n. 1, p. 1-22, 2001.

KLAASSEN, C. D. **Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons**. 6ed. New York: Editora McGraw-Hill Professional Publishing, 2001, 1233 p.

LARUCCIA, M. M.; NASCIMENTO, J. V.; DEGHI, G. J.; GARCIA, M. G. A study of consumer behavior on recycling of fluorescent lamps in São Paulo, Brazil. **International Journal of Business Administration**, v. 1, n. 3, p. 101-112, 2011.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2003. 250 p.

LEVINE, D. M.; STEPHAN, D. F.; SZABAT, K. A. **Estatística: Teoria e Aplicações usando Microsoft Excel em Português**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2000. 811 p.

LIM, S. R.; KANG, D; OGUNSEITAN, O. A.; SCHOENUNG, J. M. Potential environmental impacts from the metals in incandescent, compact fluorescent lamp (CFL), and light-emitting diode (LED) bulbs. **Environmental science & technology**, v. 47, n. 2, p. 1040-1047, 2012.

LÓPEZ-MOSQUERA, N., LERA-LÓPEZ, F., SÁNCHEZ, M. Key factors to explain recycling, car use and environmentally responsible purchase behaviors: a comparative perspective. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 99, p. 29-39, 2015.

MAGUEIJO, V.; FERNANDES, M. C.; MATOS, H. A.; NUNES, C. P.; CALAU, J. P.; CARNEIRO, J.; OLIVEIRA, F. **Medidas de eficiência energética aplicáveis a indústria portuguesa: Um enquadramento tecnológico sucinto**. Lisboa: Editora Adene, 2010. 109 p.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2006. 720 p.

MANOMAIVIBOOL, P.; VASSANADUMRONGDEE, S. Buying back household waste electrical and electronic equipment: Assessing Thailand's proposed policy in light of past disposal behavior and future preferences. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 68, p. 117-125, 2012.

MARCHESE, L. Q.; KONRAD, O.; CALDERAN, T. B. Logística reversa e educação ambiental contribuindo para a implantação da política nacional de resíduos sólidos. **Caderno Pedagógico**, v. 8, n. 2, p. 83-96, 2011.

MARCHESE, L. Q. **Logística reversa das embalagens e sua contribuição para a implantação da política nacional de resíduos sólidos**. 2014, 83 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento). Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 144 p.

MARTINS, G. A. **Manual para elaboração de monografias e dissertações**. 3 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 134 p.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing-edição compacta**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008. 336 p.

MELO JÚNIOR, T. A.; DÂNDARO, F. AMBROSETO, G. TABAH, J. Estudo de Caso: coleta e logística reversa para lâmpadas fluorescentes no município de Franca, SP. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 10, n. 10, p. 2091-2101, 2013.

MENDONÇA, F. M.; INFANTE, C. E. D. C. Gestão Contábil-financeira e orçamentária. In: VALLE, R.; SOUZA, R. G. **Logística Reversa - Processo a Processo**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2014, v. 1, p. 218-230.

MENDONÇA, F. M. ; PONTES, A. T.; SOUZA, R. G. Logística Reversa, Meio Ambiente e Sociedade. In: VALLE, R.; SOUZA, R. G. **Logística Reversa - Processo a Processo**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2014, v. 1, p. 18-33.

MIGUEZ, E. C. **Logística reversa como solução para o problema do lixo eletrônico**. Rio de Janeiro: Editora Quality mark, 2010. 112 p.

MIQUILUCHI, L.; GONÇALVES, M. G. C. Logística reversa de pós-consumo no setor de lâmpadas fluorescentes nas cidades do interior de São Paulo pertencentes ao CONSAB (Consórcio Intermunicipal de saneamento básico). **UNIVERSITAS**, n. 8, 2013.

MINAS GERAIS. **Lei nº 13.766, de 30 de novembro de 2000**. Dispõe sobre a política estadual de apoio e incentivo à coleta seletiva de lixo e altera dispositivo da Lei nº 12.040, de 28 de dezembro de 1995, que dispõe sobre a distribuição da parcela de receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos municípios, de que trata o inciso II do parágrafo único do art. 158 da Constituição Federal. Diário do Executivo, MG, 01 dez. 2000. col. 1, p. 1.

MINAS GERAIS. **Decreto 45.181, de 25 de setembro de 2009**. Regulamenta a Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009, e dá outras providências. Diário do Executivo, MG, 26 set. 2009a. col. 1, p. 1.

MINAS GERAIS. **Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009**. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Diário do Executivo, MG, 13 jan. 2009b. col. 1, p. 1.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Copam nº 217, de 06 de dezembro de 2017**. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Diário do Executivo, MG, 08 dez. 2017. col. 1, p. 14.

MINEHIRA, C. **Saiba como descartar objetos que contém mercúrio**. 2010. Disponível em: <<http://www.akatu.org.br/Temas/Residuos/Posts/Saiba-como-descartar-objetos-que-tem-mercúrio-2>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Logística Reversa**. 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/478-comit%C3%AA-orientador-log%C3%ADstica-reversa>>. Acesso em: 17 out. 2017

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Esquema simplificado da logística reversa**. 2016. Disponível em: <www.mma.gov.br/srhu>. Acesso em: 10 abr. 2017.

MOMBACH, V. L.; RIELLA, H. G.; KUHNEN, N. C. O estado da arte na reciclagem de lâmpadas fluorescentes no Brasil: parte 1. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 5, n. 1/2, p. 43-53, 2008.

MORAES, M. A.; ALVES, D. D.; SCHREIBER, D. Logística Reversa de Lâmpadas Fluorescentes. In: XVI ENGEMA 2014, 2014, São Paulo. **Anais...**São Paulo: USP, 2014. p. 1-16.

MOURÃO, R. F.; SEO, E. S. M. Logística reversa de lâmpadas fluorescentes. **InterfacEHS Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 94-112, 2012.

MUKHERJEE, A. B.; ZEVENHOVEN, R.; BRODERSEN, J.; HYLANDER, L. D.; BHATTACHARYA, P. Mercury in waste in the European Union: sources, disposal methods and risks. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 42, n. 2, p. 155-182, 2004.

NAIME, R.; GARCIA, A. C. Proposta para Gerenciamento de lâmpadas fluorescentes. **Espaço para Saúde** v.6, n.1, p.1-6, 2004.

OLIVEIRA, S. L. de. **Tratado de metodologia científica**: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. 2 ed. São Paulo: Editora Pioneira, 1999. 320 p.

OLIVEIRA, J. C.; GABRIELE, C. M.; FIRMINO, S. G.; CUNHA, A. L.; MAXIMO, H. O.; SANTOS, G. O. Estudo preliminar do destino final de lâmpadas fluorescentes pós-consumo em Fortaleza, Ceará. In: VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012. Ceará. **Anais...** Ceará: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), 2012. p. 1-7.

OLIVEIRA NETO, G. C. Princípios e ferramentas da produção mais limpa: um estudo exploratório em empresas brasileiras. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 326-344, 2015.

OSRAM. **Life Cycle Assessment of Illuminants - A Comparison of Light Bulbs, Compact Fluorescent Lamps and LED Lamps**. Osram Opto Semiconductors GmbH, 2009. 24p.

PANT, D., SINGH, P. Pollution due to hazardous glass waste. **Environmental Science and Pollution Research**. v.21, p. 2414–2436, 2014.

PENG, L., WANG, Y., CHANG, C. T. Recycling research on spent fluorescent lamps on the basis of extended producer responsibility in China. **Journal of the Air and Waste Management Association**. v. 64, p. 1299–1308, 2014.

PEREIRA, A. P. C.; GUARNIERI, P. Logística Reversa de Lâmpadas pós-consumo e política nacional de resíduos sólidos: estudo em uma instituição federal. **Gestão e Saúde**, v. 4, n. 3, p. 3435-3468, 2014.

POLANCO, Sara L. C. **A situação da destinação pós-consumo de lâmpadas de mercúrio no Brasil**. 2007, 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia em Processos químicos e Bioquímicos). Instituto Mauá de Tecnologia (IMT), São Caetano do Sul, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Limpeza urbana**. 2016. Disponível em: <http://portaldeservicos.pbh.gov.br/portalservicos/view/paginas/home.jsf>. Acesso em 10 fev. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Região metropolitana de Belo Horizonte**. 2017. Disponível em: <http://gestaocompartilhada.pbh.gov.br/estrutura-territorial/regiao-metropolitana-de-belo-horizonte>. Acesso em 25 mar. 2017.

PRIMI, L. Lâmpada compõe cerâmica. **O Estadão, São Paulo**, 3 jul. 2009. Economia& Negócios, s.p. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/economia,lampada-compoe-ceramica,397431,0.htm>. Acesso em: 11 jan. 2017

RAMOS, P. L. F.; FRAGA, J. L. L.; MORAIS, A. S.; SILVA, L. F. S.; MORAIS, F. S.; SILVA, B. S.; ROCHA; R. M. Impacto ambiental do mercúrio em lâmpadas fluorescentes descartadas no Instituto Federal de Sergipe, *Campus Lagarto* (Nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 4, p. 61-68, 2016.

RAMPAZZO, L. **Metodologia científica**: para alunos dos cursos de graduação e pós-graduação. São Paulo: Loyola, 2002.

RAPOSO, C; ROESER, H. M. Contamination of the environment by the current disposal methods of mercury-containing lamps in the state of Minas Gerais, Brazil. **Waste Management**, v. 21, n. 7, p. 661-670, 2001.

RAPOSO, C; WINDMOLLER, C. C.; DURÃO, W. J. Mercury speciation in fluorescent lamps by thermal release analysis, **Waste Management**, v.23, n. 10, p. 879-886, 2003.

RECITEC. **Empresa**. 2017. Disponível em:<<http://www.recitecmg.com.br/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

RIBEIRO, R.; OLIVEIRA, T.; TARDIN, V. **Logística reversa de lâmpadas tem acordo setorial assinado**. 2014. Disponível em: <http://www.abras.com.br/supermercadosustentavel/noticias/logistica-reversa-de-lampadas-tem-acordo-setorial-assinado/>> Acesso em: 17out. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 11.019, de 23 de setembro de 1997**. Dispõe sobre o descarte e destinação final de pilhas que contenham mercúrio metálico, lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais pesados no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/legislacao/id1979.htm>. Acesso em:24 mar 2017.

RODRIGUES, P. **Manual de Iluminação Eficiente**. 1ª ed. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 2002. Disponível em: [http://www.cqgp.sp.gov.br/gt\\_licitacoes/publicacoes/procel%20predio\\_pub\\_manual\\_iluminacao.pdf](http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/procel%20predio_pub_manual_iluminacao.pdf)> Acesso em:24 mar. 2017.

- SANCHES, E. S. S. de. Logística reversa de pós-consumo do setor de lâmpadas Fluorescentes. In: V CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2008, Salvador. **Anais...** Bahia: CONEM, 2008, p. 18-22
- SANTOS, J. S.; BORTOLON, K. M.; CHIROLI, D. M. G.; OIKO, O. T. Logística verde: conceituação e direcionamentos para aplicação. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 314–331, 2015.
- SANTA CATARINA. **Lei nº 11.347, de 17 de janeiro de 2000**. Dispõe sobre a coleta, o recolhimento e o destino final de resíduos sólidos potencialmente perigosos que menciona, e adota outras providências. Disponível em: <[http://www.mp.sc.gov.br/legisla/est\\_leidec/lei\\_estadual/2000/le11347\\_00.htm](http://www.mp.sc.gov.br/legisla/est_leidec/lei_estadual/2000/le11347_00.htm)>. Acesso em: 24 mar. 2017.
- SÃO PAULO. **Lei Estadual nº 10.888, de 20 de Setembro de 2001**. Dispõe sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/cao\\_urbanismo\\_e\\_meio\\_ambiente/legislacao/leg\\_estadual/leg\\_est\\_leis/Lei%20n%C2%BA%2010888-01.htm](http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_estadual/leg_est_leis/Lei%20n%C2%BA%2010888-01.htm)>. Acesso em: 24 mar. 2017.
- SARAIVA, W. J. S. **O modelo de negócio voltado à remanufatura de lâmpadas fluorescentes, gerenciamento dos resíduos e sua reinserção, em cumprimento à Legislação Ambiental Brasileira**. 2015, 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.
- SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de conteúdo: Exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 16, n. 1, p. 1-14, 2015.
- SILVA, F. M. D. **Análise do descarte de lâmpadas fluorescentes na cidade do Recife**. 2010, 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- SILVA, F. R. Impactos ambientais associados à logística reversa de lâmpadas fluorescentes. **InterfaceHS - Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 8, n. 1, p. 42-69, 2013.
- SILVEIRA, G. T. R.; CHANG, S. Fluorescent lamp recycling initiatives in the United States and a recycling proposal based on extended producer responsibility and product stewardship concepts. **Waste Management & Research**, v. 29, n. 6, p. 656-668, 2010.
- SOARES, I. T. D.; STRECK, L.; TREVISAN, M; MADRUGA, L. R. D. R. G. Logística Reversa: Uma Análise de Artigos Publicados na Base Spell. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 2, p. 76-97, 2016.
- TACHIZAWA, T. **Gestão Ambiental e Responsabilidade Social Corporativa: Estratégias de Negócios Focadas na Realidade**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 442 p.
- TAGHIPOUR, H.; AMJAD, Z.; JAFARABADI, M.; GHOLAMPOUR, A.; NOROUZ, P. Determining heavy metals in spent compact fluorescent lamps (CFLs) and their waste

management challenges: Some strategies for improving current conditions. **Waste management**, v. 34, n. 7, p. 1251-1256, 2014.

TECHATO, K.; WATTS, D. J.; CHAIPRAPRAT, S. Life cycle analysis of retrofitting with high energy efficiency air-conditioner and fluorescent lamp in existing buildings. **Energy Policy**, v. 3, p. 318-325, 2009

TRAMPPO. **História**. 2017. Disponível em:  
<<http://www.trampo.com.br/index2.php?local=3/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1987. 175 p.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. 2 ed. 2006. São Paulo: Atlas. 288 p.

VIEIRA, K. N.; SOARES, T. O. R.; SOARES, L. R. A logística reversa do lixo tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e baterias da Braskem. **RGSA– Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 120-136. 2009.

WALKER, C. H.; SIBLY, R. M.; HOPKIN, S. P.; PEAKALL, D. B. **Principles of Ecotoxicology**. Bristol: Taylor & Francis, 1996.

WANDERLEY, T. C. A evolução das lâmpadas e a grande revolução dos LEDs. **Revista online IPOG Especialize**. v. 1, n. 9, p. 1-17, 2014.

WELZ, T.; HISCHIER, R.; HILTY, L. M. Environmental impacts of lighting technologies— Life cycle assessment and sensitivity analysis. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, n. 3, p. 334-343, 2011.

WIENS, C. H. **Gestão de resíduos tóxicos: o caso das lâmpadas fluorescentes descartadas em quatro empresas do setor automotivo da região metropolitana de Curitiba - PR**. 2001, 117f. Tese (Doutorado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2001.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 205 p.

ZANICHEL, C.; PERUCHI, I. B.; MONTEIRO, L. A.; JOÃO, S. A. S.; CUNHA, V. F. **Reciclagem de lâmpadas: Aspectos Ambientais e Tecnológicos**. 2004, 22 f. Trabalho de conclusão para obtenção do título de Engenheiro Ambiental à Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2004.

ZAPPE, A. L.; TRENTIN, A. W. S.; RODRIGUEZ, A. L.; LOPEZ, D. R. Diagnóstico da logística reversa de lâmpadas por meio da avaliação de ciclo de vida. **Revista CIATEC-UPF**, v. 7, n. 1, p. 13-27, 2015.

ZAVARIS, C. **Documento de recomendações a serem implementadas pelos órgãos competentes em todo território nacional relativas as lâmpadas com mercúrio**. 2007. São Paulo. Disponível em:

[http://www.acpo.org.br/campanhas/mercurio/docs/recomendacoes\\_lampadas\\_hg.pdf](http://www.acpo.org.br/campanhas/mercurio/docs/recomendacoes_lampadas_hg.pdf). Acesso em: 18 abr. 2017.

ZHANG, S., ZHANG, M., YU, X., REN, H. What keeps Chinese from recycling: accessibility of recycling facilities and the behavior. **Resources, Conservation and Recycling**. v.109, p. 176–186, 2016.

## APÊNDICE A - Questionário de Pesquisa

Este questionário faz parte de uma pesquisa de dissertação em Administração pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

**O objetivo deste estudo é analisar o processo de descarte de lâmpadas fluorescentes das indústrias que são usuárias e não geradoras deste produto, localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte.**

Com a Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos), os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de lâmpadas fluorescentes passaram a ser obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa (BRASIL, 2010). A logística reversa se trata de uma das corretas alternativas de descarte e caracteriza-se pelo retorno dos produtos pós-venda e pós-consumo ao ciclo produtivo (LEITE, 2003). Desta maneira, faz-se necessário investigar o processo atual de descarte de lâmpadas fluorescentes.

Para que suas respostas sejam válidas, por favor responda TODAS as perguntas. Deve-se preencher ao questionário apenas uma vez. As respostas que você nos fornecerá serão estritamente confidenciais, sendo mantido sigilo absoluto dos respondentes e os dados usados apenas para fins estatísticos. Caso tenha alguma dúvida sobre o questionário, nos envie um e-mail: [lopescalazanscarolina@msn.com](mailto:lopescalazanscarolina@msn.com)

Sua participação é muito importante para nós!

Desde já agradecemos pela colaboração.

Aluna: Carolina Calazans Lopes Leopoldino  
Professor Orientador: Fabrício Molica de Mendonça

**ROTEIRO DO QUESTIONÁRIO**  
**DADOS DA EMPRESA:**

- 1 – Cidade:**  
**2 – Cargo/Função do respondente:**  
**3 – Quantidade de funcionários:**

**MÓDULO 1 –LÂMPADAS**

**1 - a) Qual o tipo de lâmpada mais utilizada pela empresa?**

- Incandescente  
 Halógena / Dicroica  
 LED  
 Fluorescente  
 HID / Descarga

**b) Por que?**

- Custo menor de aquisição da lâmpada  
 Menor consumo de energia elétrica  
 Não gera calor excessivo  
 Durabilidade maior  
 Outro (especificar): \_\_\_\_\_

**2 – Os funcionários que lidam com a troca de lâmpadas são treinados com relação ao manuseio e acondicionamento desse produto?**

- Sim  Não

**3 – a) Dentre as alternativas abaixo, qual o destino final das lâmpadas fluorescentes utilizadas pela empresa?**

- Lixo comum  
 Reciclagem  
 Aterro sanitário  
 Prefeitura do município  
 Venda  
 Cooperativas ou associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis  
 Armazenamento indefinido em galpões  
 Devolução para os comerciantes, distribuidores, fabricantes ou importadores de lâmpadas

**CASO A EMPRESA OPTE PELA RECICLAGEM:**

**b) A empresa obtém algum tipo de benefício econômico com o processo?**

- Sim  Não

**c) A reciclagem é feita por alguma empresa especializada?**

- Sim  Não

**d) Se sim, qual?**

- Apliquim Brasil Recycle  
 Bulbox Destinação de Lâmpadas  
 Hg Descontaminação

- Mega Reciclagem de Materiais Ltda  
 Naturalis Brasil Desenvolvimento de Negócios  
 Recitec – Reciclagem Técnica do Brasil Ltda  
 Rodrigues e Almeida Moagem de Vidros  
 Silex – Tecnologias Ambientais Ltda  
 Trampo Comércio e Reciclagem de Produtos Industriais  
 Outra (especificar): \_\_\_\_\_

**4 - Na sua opinião, quais são as dificuldades de implementação da logística reversa das lâmpadas fluorescentes?**

QUESTÕES	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Indiferente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Número insuficiente de pontos de coleta de lâmpadas na cidade					
Operacionalização cara					
Falta de informação sobre como deve ser feito o procedimento de descarte das lâmpadas					
Ausência de programas do poder público que incentivem o descarte correto					
Os comerciantes, fabricantes ou importadores se recusam a receber as lâmpadas em fim de vida útil					
Dificuldade na logística de transporte de resíduos perigosos no Brasil					

**5 – Com exceção à lâmpada fluorescente, a empresa adota a logística reversa para outros tipos de resíduos?**

- Sim  Não

**6 – A empresa utiliza a logística reversa como forma de marketing?**

- Sim  Não

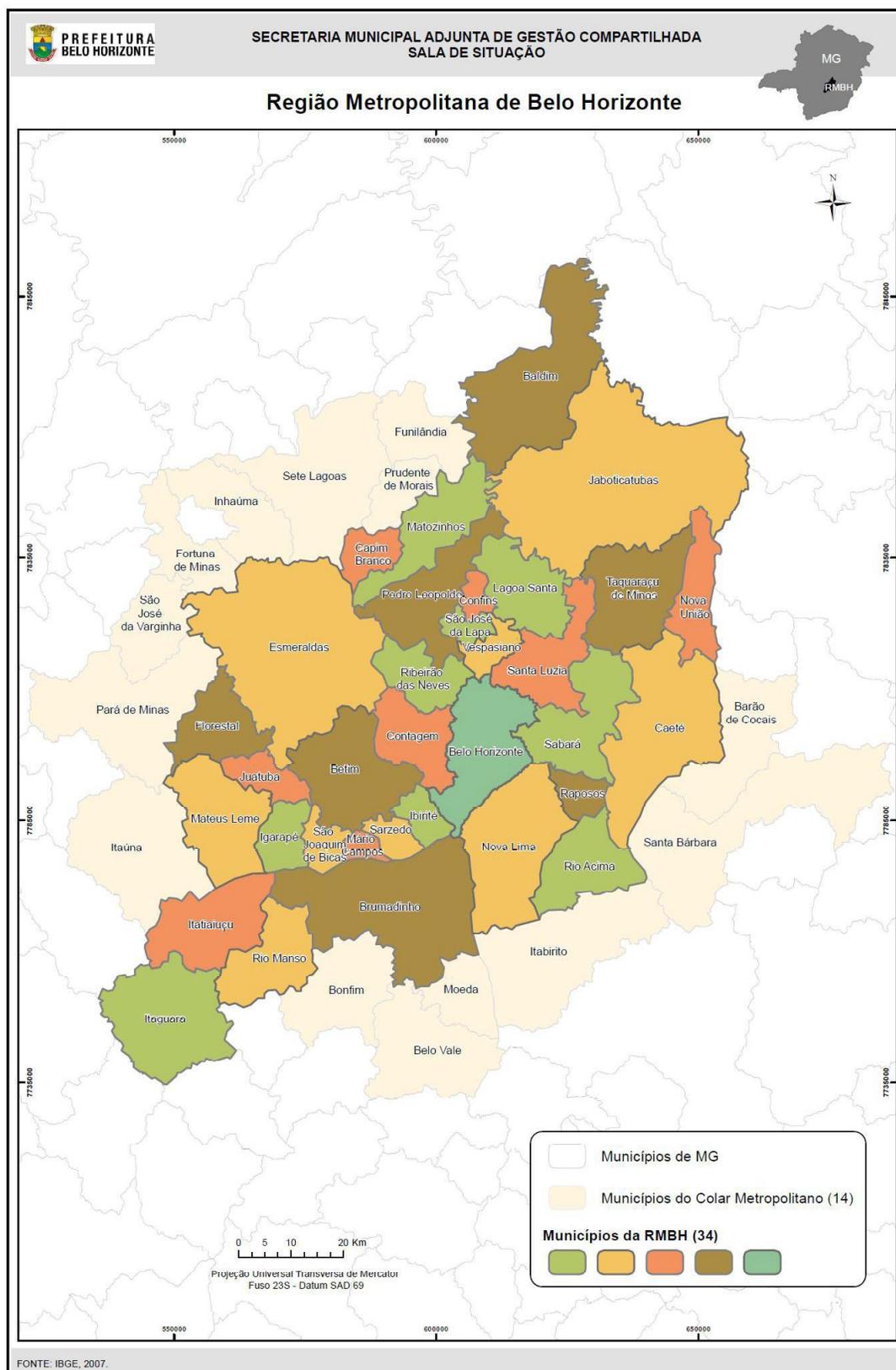
**MÓDULO 2 - LEGISLAÇÃO****7 – Responda as questões de acordo com a escala abaixo:**

QUESTÕES	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Indiferente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Existem aspectos legais que motivem a empresa a descartar corretamente as lâmpadas fluorescentes					
A empresa tem conhecimento a respeito da política nacional de resíduos sólidos, expressa na Lei 12.305/2010					
A empresa conhece a Lei 9.605/1998, referente às sanções relacionadas a danos ao meio ambiente					

**MÓDULO 3 – GESTÃO AMBIENTAL****8 – a) A empresa adota alguma medida de responsabilidade ambiental?** Sim  Não**b) Se sim, qual?** \_\_\_\_\_**9 – A empresa possui ISO 14001?** Sim  Não**10 - Responda as questões de acordo com a escala abaixo:**

QUESTÕES	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Indiferente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Eu percebo que a preservação ambiental tem sido tratada como prioridade por parte das empresas					
Eu percebo que a logística reversa de lâmpadas fluorescentes possui vantagens					
Eu tenho conhecimento sobre os resíduos que podem ser extraídos da reciclagem de lâmpadas fluorescentes					
Eu conheço os motivos e necessidades do tratamento adequado das lâmpadas pós-consumo					
Eu percebo que há riscos no descarte incorreto dos resíduos perigosos					

## ANEXO A – Região Metropolitana de Belo Horizonte



Fonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2017)