

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA ELÉTRICA
HELIONAY FELICIANO ROCHA

**O IMPACTO DO DESCARTE E COMPARATIVO FINANCEIRO DAS LÂMPADAS
INCANDESCENTES, FLUORESCENTES E LEDs**

Varginha
2016

HELIONAY FELICIANO ROCHA

**O IMPACTO DO DESCARTE E COMPARATIVO FINANCEIRO DAS LÂMPADAS
INCANDESCENTES, FLUORESCENTES E LEDs**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Me. Eduardo Henrique Ferroni.

Varginha

2016

HELIONAY FELICIANO ROCHA

**O IMPACTO DO DESCARTE E COMPARATIVO FINANCEIRO DAS LÂMPADAS
INCANDESCENTES, FLUORESCENTES E LEDs**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof. Me. Eduardo Henrique Ferroni

(..)

(..)

OBS.:

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho no qual o tema é o impacto do descarte e comparativo financeiro das lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LEDs, é indicar a melhor alternativa entre lâmpadas incandescentes, fluorescentes e *LEDs* da perspectiva financeira e ambiental, analisando criteriosamente suas características como vida útil, luminosidade, potência, preço e etc. O mercúrio é um elemento químico extremamente perigoso contido nas lâmpadas fluorescentes, o trabalho irá informar riscos e também apresentar normas e leis referentes ao descarte adequado destas lâmpadas. Este trabalho também irá analisar os sistemas de reciclagem exemplificando seus métodos e resultados já que os fabricantes são responsáveis por seus produtos sendo este método de caráter obrigatório. A logística reversa se fundamenta nisto, com isso, pode-se deduzir como consequências do estudo, que os serviços oferecidos específicos para reciclagem de lâmpadas, ainda são poucos divulgados e restringidos. A solução é aumentar a divulgação desses serviços e também informar o problema causado no meio ambiente. Este estudo também esclarece que apesar do elevado custo da lâmpada *LED*, é a mais prudente escolha financeira e ambiental a partir de realizações de comparações do descarte da fluorescente. Para a realização deste foi feita uma pesquisa bibliográfica descritiva utilizando fontes virtuais para a obtenção de dados técnicos e para mais detalhes de métodos utilizados nos processos de descarte e reciclagem foram consultadas as empresas especializadas.

Palavras-chave: Lâmpadas. Descarte. Reciclagem. Meio Ambiente. Logística Reversa.

ABSTRACT

The main objective of this work, which the theme is a The impact of the disposal and financial comparison of incandescent, fluorescent lamps and LEDs is to indicate the best alternative between incandescent, fluorescent and LEDs environmental and financial perspective, analyzing their characteristics, light, power, price, etc. Mercury is an extremely dangerous chemical element contained in fluorescent lamps, this work will inform risks and also have rules and regulations regarding the proper disposal of these lamps. This work will also examine recycling systems exemplifying their methods and results as the manufacturers are responsible for their products which is mandatory method. Reverse logistics is based on this, it can be deduced as a result of the study, the specific services offered for recycling lamps, are still a few and restricted disclosed. The solution is to increase the dissemination of these services and also report the problem caused in the environment. This study also clarifies that despite the high cost of LED bulb, it is the most prudent financial and environmental choice from the realizations of fluorescent disposal comparisons. For the realization of this was made a descriptive literature search using virtual sources to obtain technical data and details of methods used in the disposal and recycling processes were consulted specialized companies.

Keywords: *Lamps. Disposal. Recycling. Environment. Reverse logistic.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 01 – Características construtivas lâmpada incandescente..... | 13 |
| Figura 02 – Características construtivas lâmpada fluorescente tubular..... | 14 |
| Figura 03 – Lâmpada fluorescente compacta..... | 15 |
| Figura 04 – Características construtivas lâmpada de <i>LED</i> | 16 |
| Figura 05 – Descarga elétrica do mercúrio..... | 19 |
| Figura 06 – Ciclo de intoxicação do mercúrio..... | 22 |
| Figura 07 – Emissões de mercúrio..... | 24 |
| Figura 08 – Uso médio de lâmpadas no Brasil..... | 24 |
| Figura 09 – Classificação dos resíduos sólidos..... | 29 |
| Figura 10 – Classificação por código dos resíduos sólidos..... | 29 |
| Figura 11 – Ilustração do equipamento de descontaminação “Papa-lâmpadas”..... | 34 |
| Figura 12 – Equipamento em operação e transporte para destinação final..... | 34 |
| Figura 13 – Operação “Papa Lâmpadas”..... | 37 |
| Figura 14 – Separação dos constituintes das lâmpadas 1 | 38 |
| Figura 15 – Separação dos constituintes das lâmpadas 2 | 39 |
| Figura 16 – Lâmpadas utilizadas como enfeites natalinos..... | 41 |
| Figura 17 – Lâmpadas utilizadas como vaso decorativo..... | 41 |
| Figura 18 – Lâmpadas utilizadas como luminária..... | 42 |
| Figura 19 – Lâmpadas utilizadas como enfeites natalinos..... | 42 |
| Figura 20 – Lâmpadas utilizadas como decoração..... | 43 |
| Figura 21 – Lâmpadas utilizadas como vela..... | 43 |
| Figura 22 – Comparações dos gastos das lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LEDs..... | 49 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Vida útil e eficácia luminosa..... | 17 |
| Quadro 2 – Emissão de energia térmica por lâmpada..... | 18 |
| Quadro 3 – Diagrama estado do mercúrio..... | 20 |
| Quadro 4 – Reações com mercúrio..... | 20 |
| Quadro 5 – Valores patológicos do mercúrio em exames de urina..... | 22 |
| Quadro 6 – Valores patológicos do mercúrio em exames de sangue..... | 22 |
| Quadro 7 – Lâmpadas contendo mercúrio..... | 23 |
| Quadro 8 – Cálculo de conversão..... | 23 |
| Quadro 9 – Relação de números de lâmpadas recicladas por país..... | 25 |
| Quadro 10 – Composição e decomposição dos elementos constituintes das lâmpadas incandescentes, fluorescentes, <i>LEDs</i> | 27 |
| Quadro 11 – Quantidade de material que provém da reciclagem de 1.000 lâmpadas..... | 39 |
| Quadro 12 – Valor aproximado de comercialização dos materiais reciclados..... | 40 |
| Quadro 13 – Comparações entre lâmpadas incandescentes, fluorescentes e <i>LEDs</i> | 45 |
| Quadro 14 – Comparação dos custos da reciclagem de lâmpadas fluorescentes e <i>LEDs</i> | 46 |
| Quadro 15 – Resumo comparativo das vantagens das lâmpadas abordadas..... | 49 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABILUMI – Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEIMM – Associação dos Expostos e Intoxicados por Mercúrio Metálico
AIE – Agência Internacional de Energia
CID – Classificação internacional de doenças
FUPAI – Fundação de Pesquisa e Assessoramento a Indústria
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia
ISO – Organização Internacional para Padronização
Kg – Quilograma
LM/W – Luminosidade (lm) / Potência (w)
NBR – Norma Brasileira
PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2 DEFINIÇÃO | 12 |
| 2.1 Lâmpadas incandescentes..... | 12 |
| 2.2 Lâmpadas fluorescentes..... | 14 |
| 2.3 Lâmpadas de <i>LED</i>..... | 15 |
| 2.4 Análise comparativa da eficiência energética em lâmpadas fluorescentes e incandescentes e <i>LED</i>..... | 17 |
| 3 MERCÚRIO..... | 19 |
| 3.1 Propriedades do mercúrio..... | 19 |
| 3.2 Mercúrio e o ser humano..... | 21 |
| 4 LÂMPADAS DE MERCÚRIO..... | 23 |
| 5 DECOMPOSIÇÃO DAS LÂMPADAS INCANDESCENTES, FLUORESCENTES E <i>LED</i>..... | 27 |
| 6 NORMAS E LEIS REFERENTES AO DESCARTE DE LÂMPADAS..... | 28 |
| 6.1 Minas Gerais – Leis e programas de reciclagem..... | 30 |
| 7 LOGÍSTICA REVERSA..... | 31 |
| 8 RECICLAGEM – MÉTODOS E RESULTADOS..... | 33 |
| 8.1 Usinas de reciclagem..... | 33 |
| 8.1.1 Reciclagem Santa Maria..... | 33 |
| 8.1.2 HG Descontaminação..... | 35 |
| 8.1.3 Zoom Ambiental..... | 37 |
| 8.1.4 Recitec MG..... | 38 |
| 8.2 Resultados da reciclagem..... | 39 |
| 8.2.1 Consumo dos materiais após a reciclagem..... | 40 |
| 8.3 Artesanato – Outra forma de reciclagem..... | 40 |
| 9 ORÇAMENTO DE CADA LÂMPADA..... | 44 |
| 9.1 Comparações entre lâmpadas..... | 44 |
| 9.2 Comparações de gasto, watts e preço no total..... | 45 |
| 10 COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DA RECICLAGEM DE LÂMPADAS FLUORESCENTES E <i>LEDs</i>..... | 46 |
| 11 MATERIAL E MÉTODO | 47 |

| | |
|--|-----------|
| 11.1 Abordagem metodológica e tipo de pesquisa..... | 47 |
| 11.2 Sujeitos..... | 47 |
| 11.3 Procedimento..... | 47 |
| 12 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 49 |
| 13 CONCLUSÃO..... | 51 |
| REFERÊNCIAS..... | 52 |
| ANEXO - Lei Municipal n° 5.733..... | 56 |

1 INTRODUÇÃO

Este estudo que tem como tema o impacto do descarte e comparativo financeiro das lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LEDs possui como objetivo apresentar as características das lâmpadas incandescentes fluorescentes e *LEDs*, comparando-as na sua produção e capacidade energética, possibilitando a escolha da melhor alternativa para os consumidores, com a finalidade de apresentar o tipo de descarte e reciclagem ideal para as mesmas.

Na contemporaneidade o descarte inadequado de alguns tipos de lâmpadas podem causar inúmeros problemas, por conterem material extremamente tóxico aos seres humanos. O perigo da utilização do mercúrio advém da lâmpada fluorescente que normalmente é descartada em lixo comum sem nenhum tratamento devido.

A maioria dos consumidores na hora de escolher a lâmpada ideal para consumir não levam em conta certos riscos e as lâmpadas são comparadas pelo seu valor econômico, durabilidade e luminosidade, sem preocupações com o descarte.

Este estudo se particulariza por abordar esse assunto de forma acentuada na comparação entre o descarte e reciclagem de lâmpadas, assim sendo, promovendo o meio ambiente e evitando que o mesmo seja prejudicado.

Para a realização deste foi feita uma pesquisa bibliográfica descritiva utilizando fontes virtuais para a obtenção de dados técnicos e para mais detalhes de métodos utilizados nos processos de descarte e reciclagem foram consultadas as empresas especializadas.

Esta análise é reservada aos profissionais das áreas abrangidas, como também a população sendo que todos necessitam e são consumidores de lâmpadas.

2 DEFINIÇÃO

A lâmpada tem a função de emitir luz, e é usada na iluminação de locais. Segundo Maxwell apud Educar (2014, p.1) considera que a luz é “uma modalidade de energia radiante que se propaga através de ondas eletromagnéticas”.

Uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas. Elas possuem diferentes comprimentos, e o olho humano é sensível a somente alguns. Luz é, portanto, a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual. A sensibilidade visual para a luz varia não só de acordo com o comprimento de onda da radiação, mas também com a luminosidade. (OSRAM, 2014, p.1).

Pode-se compreender que a luz é um fragmento visível de radiação do espectro eletromagnético. As ondas eletromagnéticas são aquelas que não precisam de um meio para se transmitir, podendo se percutir no vácuo (FERREIRA, 2014).

A variedade de lâmpadas existentes é vasta, se diferem no tipo de luz que emitem, no consumo de energia e na durabilidade. São elas: Incandescentes, halógenas, fluorescentes, e *LEDs*.

Antigamente as principais e as mais utilizadas na população brasileira era as incandescentes, mas hoje em dia pela popularidade e economia são mais utilizadas as fluorescentes e as *LEDs*.

2.1 Lâmpadas incandescentes

Em meados de 1879, Thomas Edison comercializou a primeira lâmpada incandescente, a haste era inserida numa ampola de vidro a vácuo, como funciona até hoje, dispõe de um filamento de metal que quando ganha energia elétrica se transforma em energia térmica, que chega a um ponto incandescente transmitindo uma luz amarelada.

A iluminação incandescente resulta da incandescência de um fio percorrido por corrente elétrica, devido ao seu aquecimento, quando este é colocado no vácuo ou em meio gasoso apropriado. Para que o filamento possa emitir luz eficientemente, deverá possuir um elevado ponto de fusão e baixa evaporação. Os filamentos são, atualmente, construídos de tungstênio trefilado. (BASTOS, 2011, p. 9).

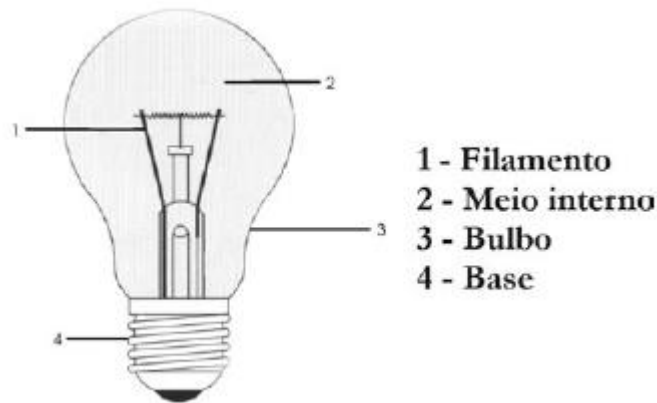
É a mais comum, mas está sendo menos usada, pois consome muita energia, e gera pouca iluminação. Segundo a tabela do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do

INMETRO, duram máximo mil horas, mais podem se queimar por superaquecimento ou de outras formas.

Recentemente há projetos para a retirada das lâmpadas incandescentes, o governo oferece vantagens a consumidores que utilizam cerca de 80% a 70 % menos energia, a solução é substituir por lâmpadas fluorescentes compactas, planejando o consumo consciente (CERRI, 2010).

Apresenta composição simples, composta de filamento bulbo e base, conforme a Figura 1:

Figura 1 – Características construtivas lâmpada incandescente



Fonte: (FUPAI, 2006).

O bulbo é feito para proteger o filamento de tungstênio do meio externo, modificar a iluminância da fonte de luz e também para o embelezamento do ambiente. Normalmente são constituídas de vidro-cal, vidro boro-silicato e vidro pirex.

De acordo com a FUPAI (2006, P.127) “A iluminância é definida como sendo o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, ou ainda, em um ponto de uma superfície, a densidade superficial de fluxo luminoso recebido”.

Segundo AIE (2010, p.1) estas lâmpadas “demandam baixo custo em sua produção e são extremamente ineficientes energeticamente, pois somente 5% do *input* de energia são convertidos em luz visível, o restante é transformado em calor”.

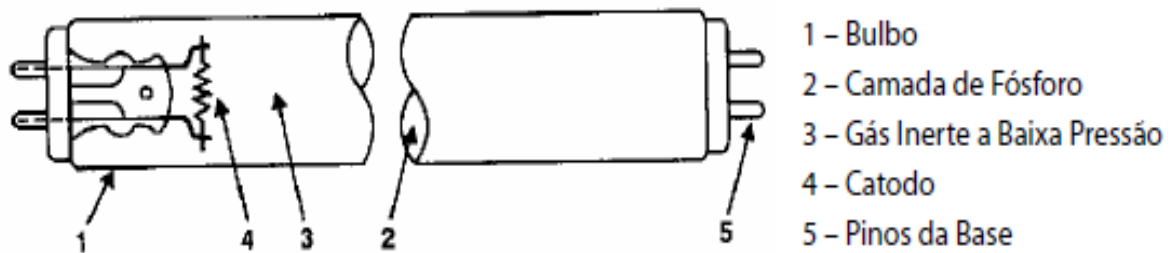
A lâmpada incandescente se abstém gases e metais poluentes, tornando-se lixo reciclável comum, podendo ser descartada nos mesmos. As lâmpadas halógenas e dicróicas também são consideradas incandescentes.

2.2 Lâmpadas fluorescentes

Em meados de 1930, a lâmpada fluorescente foi criada por Nikola Tesla, e compete diretamente com a lâmpada incandescente. São produzidas por pó fluorescente que é ativado pela radiação ultravioleta da descarga. No bulbo de modelo tubular e longo há um filamento e em seus extremos contém vapor de mercúrio em baixa pressão, para facilitar a execução utiliza uma pequena quantidade de gás inerte.

O gás de baixa pressão passa a conduzir eletricidade, quando a lâmpada é ligada a uma corrente elétrica. O choque das moléculas de mercúrio com os elétrons produz a ionização das moléculas, quando a ionização termina os gases voltam ao seu estado de início e emitem fótons com a frequência de luz visível. A Figura 2 mostra as características construtivas da lâmpada fluorescente tubular.

Figura 2 – Características construtivas de lâmpada fluorescente tubular



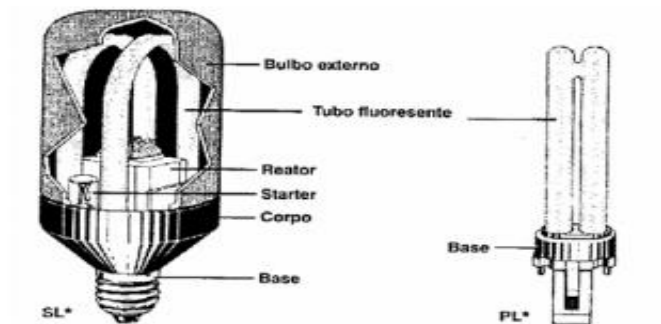
Fonte: (FUPAI, 2006).

Os materiais presentes na lâmpada fluorescente tubular como: 170g de vidro, 25g de alumínio, 5g de pó fosfórico, gotículas de mercúrio e outros materiais metálicos, podem ser reutilizados, depois remoção dos metais pesados (SCHRODER, 2011).

Nesse tipo de lâmpada há pouca perda de energia, a maior parte da energia fornecida é transformada em luz, por isso é mais econômica. Duram em cerca de oito mil horas, comparando com as incandescentes são maiores e duram oito vezes mais.

Existe também a lâmpada fluorescente compacta, estão disponíveis de várias formas e tamanhos, suas vantagens estão em apresentar o mesmo fluxo luminoso utilizando menos energia, gerando uma economia de 80%, além de possuírem uma variedade de cores, conforme a Figura 3 (FUPAI, 2006).

Figura 3 – Lâmpada fluorescente compacta



Fonte: (FUPAI, 2006).

As lâmpadas fluorescentes podem custar seis vezes mais do que a incandescente, mas as vantagens são inúmeras como a redução no custo de energia e a possibilidade de reciclagem. As fluorescentes por conter mercúrio apresentam um grande risco quando quebram, é um material tóxico, tornando um problema para o meio ambiente (CERRI, 2010).

Por conter material tóxico em suas características, elas não podem ser descartadas em qualquer lixo, assim sendo é importante tomar providências adequadas levando para os centros de reciclagem (DESCONTAMINAÇÃO, 2010).

Também são consideradas lâmpadas fluorescentes as lâmpadas a vapor de mercúrio, vapor metálico e vapor de sódio.

As lâmpadas de descarga (vapor metálico e vapor de sódio) possuem em seu interior (tubo de arco) uma mistura de gases em alta pressão. Quando a corrente elétrica aquece estes gases, ocorre um processo químico que gera luz. Precisam de um ignitor para produzir um pico de tensão e gerar o acendimento. Somente a corrente não é suficiente para dar a partida na lâmpada. Acesa a lâmpada, o ignitor para de produzir os pulsos automaticamente e se autodesliga. Nas lâmpadas de descarga, não há nenhum tipo de resistência, como no caso da lâmpada incandescente, e é por este motivo que necessitam de reator: para limitar a corrente no tubo de arco da lâmpada. Caso contrário, essa corrente excederia até estourar a lâmpada. (IGNITRON, 2011, p.1).

2.3 Lâmpadas de LEDs

Foi criado em 1962 por Nick Holonyak Junior o primeiro LED (*Light emitter diode*). É um equipamento semicondutor, ou seja, um diodo que transmite luz visível, quando é transposto por uma corrente elétrica (GUEDE; SILVA; RANGEL, 2009).

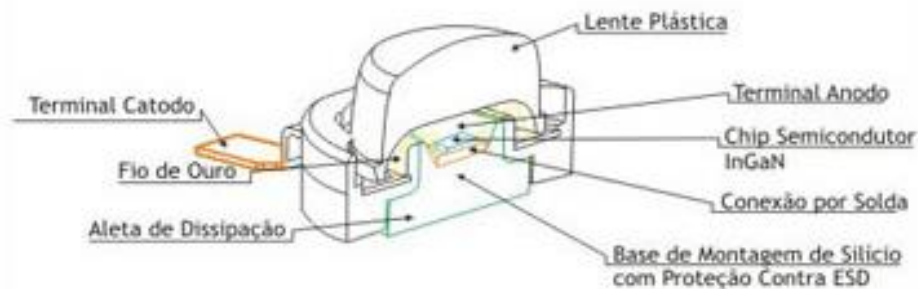
A conversão de energia elétrica em luz é diferente das outras lâmpadas que fazem o uso de filamentos metálicos e descarga de gases, entre outras. Nos *LEDs* a transformação é feita na matéria, sendo assim, chamada de estado sólido.

O *LED* possui um *chip* semicondutor designado a gerar luz, pois sendo um componente tipo bipolar, conforme como for polarizado, permite ou não a passagem de corrente elétrica, ou seja, a emissão ou não de luz.

Os materiais utilizados para a função de semicondutores são: Gálio (Ga), Arsênio (As), Índio (In), Fósforo (P), Alumínio (Al) e Nitrogênio (N), quando combinados emitem luz de variadas cores e eficiências. As combinações são: AlInGaP (fosfereto de alumínio-índio-gálio) produzem as cores vermelho e âmbar, e InGaN (nitreto de índio-gálio) produzem as cores azul, verde e ciano.

Na Figura 4 é apresentado o *LED* e seus componentes:

Figura 4 – Características construtivas lâmpada de *LED*



Fonte: (GUEDE; SILVA; RANGEL, 2009).

A luz branca consegue ser obtida através de duas formas, pela conversão de fósforo, o qual o *chip* semicondutor ultravioleta ou azul é munido por fósforo ou pelo processo RGB, no qual a luz provinda de *LEDs* monocromáticos (vermelho, verde e azul) se resulta na luz branca.

Os sistemas de iluminação com *LEDs* ainda custa mais caro, apesar de seu preço cair pela metade a cada dois anos. Essa tecnologia não está se tornando apenas mais barata, está também mais eficiente, iluminando mais com a mesma quantidade de energia. Uma lâmpada incandescente converte em luz apenas 5% da energia elétrica que consome, enquanto as lâmpadas *LED* convertem até 40%. Essa diminuição no desperdício de energia traz benefícios evidentes ao meio ambiente. Nos países em que a eletricidade é produzida a partir da queima de combustíveis fósseis, essa economia significa nove vezes menos gases do efeito estufa na atmosfera. Se metade de toda a iluminação mundial fosse convertida à tecnologia *LED* até 2025, seria possível economizar 120 gigawatts de eletricidade. Isso reduziria as emissões de dióxido de carbono em 350 milhões de toneladas por ano. (SILVESTRE, 2008, p.1).

2.4 Análise comparativa da eficiência energética em lâmpadas fluorescentes, incandescentes e de LEDs

O desempenho de energia térmica entre os três tipos de lâmpadas, sendo incandescentes, fluorescentes e LEDs são constituintes de fluxo luminoso, assim viabilizando comparações quanto sua competência luminosa, vida útil e carga térmica.

Em um período de dez anos o consumo de energia elétrica brasileiro cresceu aproximadamente 13,67% devido ao aumento de renda da população e também pela redução de impostos de bens de consumo, como eletrodomésticos, durante este período, no setor residencial tem consumo de 23,6% do total de consumo de energia elétrica no Brasil (Ministério de Minas e Energia, 2013). Devido a essa parcela significativa de consumo foi criada a Portaria Interministerial nº 1.007 que propõe datas-limite para fabricação e importação das lâmpadas incandescentes que não atendam aos critérios mínimos de eficiência energética (lm/w) dispostos na portaria, fica evidente que essas políticas são possíveis devido à evolução e diversidade. (DALLABRIDA; GONÇALVES; PIOVESAN, 2016. p.1).

As análises foram divididas em duas etapas, a primeira etapa analisou a vida útil e a eficácia luminosa, sendo submetidas a estudos bibliográficos, assim sendo, foram retirados de dados pelos fabricantes, conforme o Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Vida útil e eficácia luminosa

| Tipo de lâmpada | Vida útil (h) | Potência (w) | Luminosidade (lm) | Eficiência luminosa (lm/w) |
|-----------------|---------------|--------------|-------------------|----------------------------|
| Incandescente | 1000 | 100 | 1300 | 13 |
| Fluorescente | 6000 | 20 | 1280 | 64 |
| LED | 30000 | 15 | 1320 | 88 |

Fonte: (DALLABRIDA; GONÇALVES; PIOVESAN, 2016. p.1).

O segundo experimento foram utilizados os três tipos de lâmpadas, conectados a um suporte tipo uma rosca, dentro de uma caixa de isopor, cujo volume interno é dez litros, e a espessura da parede de dois centímetros. Junto à caixa foram conectados três termômetros de mercúrio para a leitura da temperatura em diferentes lugares da caixa. Os resultados podem ser observados no Quadro 2.

Quadro 2 – Emissão de energia térmica por lâmpada

| Tipo de lâmpada | Vida útil (h) | Potência (w) | Luminosidade (lm) |
|-----------------|---------------|--------------|-------------------|
| Incandescente | 97,75 | 0,98 | 0,98 |
| Fluorescente | 24,50 | 0,24 | 70,88 |
| LED | 14,00 | 0,14 | 40,50 |

Fonte: (DALLABRIDA; GONÇALVES; PIOVESAN, 2016, p.2).

A lâmpada *LED* é superior em 676,92% e apresentando (88lm/w) se tratando de iluminação, eficiência energética e dissipação de calor. A fluorescente compacta demonstrou uma boa relação entre custo de energia, características lumínicas e custo da lâmpada, sua eficiência é (64lm/w) e é superior em 492,30% comparada a lâmpada incandescente (13lm/w).

Fica evidenciada a relação entre a evolução das novas tecnologias em se tratando de lâmpadas de iluminação e eficiência energética das mesmas, através das abordagens aqui destacadas fica clara a superioridade da lâmpada tipo *LED* em relação à eficiência luminosa, vida útil e dissipação de calor nos ambientes, em seguida a fluorescente que também contempla aspectos satisfatórios e por último tem-se a lâmpada incandescente que tem baixa durabilidade, pouca eficiência luminosa e alta dissipação de calor. Esses fatores que são destacados nas lâmpadas Fluorescente e *LED* são provedores da sustentabilidade, já que uma lâmpada que dura mais, consome menos energia para prover determinada iluminação e gera menos calor em um ambiente que é climatizado, a soma desses fatores aplicados em uma grande escala de consumidores, acaba acarretando em uma utilização mais eficiente e racional da energia elétrica, agredindo menos o ambiente. (DALLABRIDA; GONÇALVES; PIOVESAN, 2016. p.3).

3 MERCÚRIO

É um elemento químico que é classificado como metal. Possui cor prateada, em temperatura ambiente normal é líquido e inodoro, possui o símbolo Hg, número atômico 80 e massa atômica 200 (SANTIAGO, 2010).

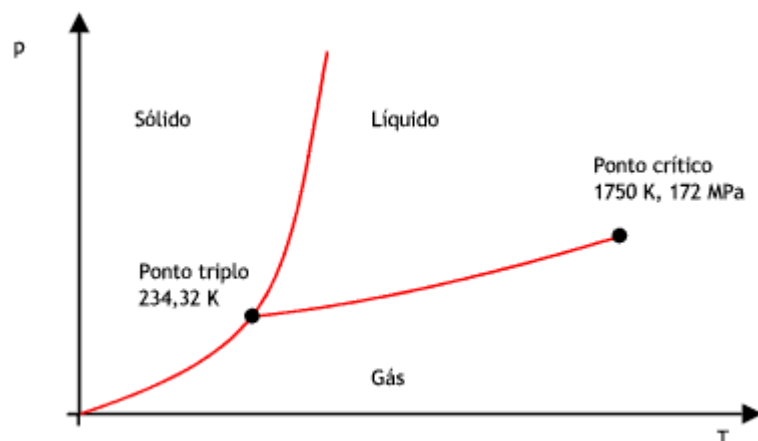
O elemento químico mercúrio é um metal bastante conhecido pode também ser chamado de azougue e prata-viva, se encontra entre os metais de transição externa e pertence ao grupo 12 ou grupo do zinco [...] Uma de suas características que mais ganha destaque nos estudos de química é que ele é o único metal que se encontra no estado físico líquido na temperatura ambiente. (PEDROLO, 2016, p.1).

3.1 Propriedades do mercúrio

Comparado com outros metais não é um bom condutor de calor, mais um bom condutor de eletricidade quando combinado com outros metais. Por isso é utilizado em lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, também em instrumentos de medidas, como por exemplo, o termômetro (SANTIAGO, 2010).

Quando o mercúrio é combinado com o neônio, argônio, criptônio e xenônio pode-se verificar uma descarga elétrica, conforme a Figura 5:

Figura 5 – Descarga elétrica do mercúrio



Fonte: (HG, 2006, p.1)

De acordo com a (HG, 2006, p.1) “A temperatura do ponto triplo do mercúrio ($-38,8344^{\circ}\text{C}$) é usada, em alguns casos, como referência de temperatura para aferição de termômetros”.

O Quadro 3 mostra o diagrama de estado aproximado:

Quadro 3 – Diagrama estado do mercúrio

| Grandeza | Valor | Unidade |
|------------------------------------|--------------|----------------------|
| Massa específica (líquido a 25°C) | 13533 | kg/m ³ |
| Ponto de fusão | -38,83 | °C |
| Calor de fusão | 2,29 | kJ/mol |
| Ponto de ebulição | 356,73 | °C |
| Calor de vaporização | 59,2 | kJ/mol |
| Pressão crítica | 172 | MPa |
| Temperatura crítica | 1477 | °C |
| Eletronegatividade | 2,0 | Pauling |
| Estados de oxidação | +2 +1 | - |
| Resistividade elétrica | 96 | 10 ⁻⁸ Ω m |
| Condutividade térmica | 8,3 | W/(m°C) |
| Calor específico | 139 | J/(kg°C) |
| Velocidade do som (líquido a 20°C) | 1451,4 | m/s |
| Estrutura cristalina | romboédrica | - |

Fonte: (HG, 2006, p.1)

Os principais reagentes mais comuns do mercúrio são cloreto de mercúrio, cloreto mercurioso, fulminato de mercúrio e sulfato de mercúrio. Outros exemplos serão mostrados no Quadro 4:

Quadro 4 – Reações com mercúrio

| | |
|-----------------------|--|
| Reação com oxigênio | Acima de 350°C: $2\text{Hg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{HgO}$ |
| Reação com nitrogênio | - |
| Reação com água | Não ocorre em condições usuais |
| Reação com halogênios | $\text{Hg} + \text{F}_2 \rightarrow \text{HgF}_2$ $\text{Hg} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HgCl}_2$ $\text{Hg} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{HgBr}_2$ $\text{Hg} + \text{I}_2 \rightarrow \text{HgI}_2$ |
| Reação com ácido | Entre outros, reage com ácido nítrico concentrado ou diluído e com ácido sulfúrico concentrado |
| Reação com base | Não ocorre em condições usuais |

Fonte: (HG, 2006, p.1)

3.2 Mercúrio e o ser humano

Para Souza e Barbosa (2000, p.1) “A substância simples e os compostos orgânicos de mercúrio (alquilmercuriais) são solúveis em solventes não polares. O vapor de mercúrio é mais solúvel em sangue do que em água, onde é ligeiramente solúvel”.

Este exposto ao ar livre, no estado de oxidação libera um gás monoatômico que é extremamente tóxico, deve-se evitar ao máximo qualquer contato ou exposição, por ele poder causar sérios problemas ao ser humano.

Os sintomas da contaminação são variáveis de acordo com seu nível, sendo agudos subagudos e crônicos, os sintomas mais comuns são: diarreia, dores no estômago, febre, vômitos, sabor metálico na boca. O nível crônico pode ocasionar câncer e levar o indivíduo à morte.

Mercurialismo metálico é o nome da doença, causada pela a exposição do mercúrio, existente em locais de trabalho, relacionados a garimpos ou trabalhadores de fábricas de lâmpadas mercúrios e outros produtos que inclui mercúrio em sua composição (AEIMM, 2010). Mercurialismo metálico de ocupacional apresenta a seguinte definição:

É uma intoxicação determinada pela exposição aos vapores de mercúrio presentes em ambiente de trabalho no qual é usado o Hg metálico. Frequentemente, o Mercurialismo Metálico (MM) é uma intoxicação crônica persistente enquadrada na Classificação Internacional de Doença (CID) com o código CID T56.1. As manifestações da doença podem variar mas são principalmente de caráter neurológico e psiquiátrico porque o órgão alvo da ação nefasta do Hg é o Sistema Nervoso Central. (AIEMM, 2010, p.1).

A contaminação é diretamente proporcional aos valores que encontramos no corpo, seja por exame de urina ou de sangue. As tabelas mostram os valores patológicos do mercúrio nos dois tipos de exames.

Os valores que encontramos no corpo de alguém intoxicado é proporcional a contaminação, nos quadros é exposto os valores patológicos do mercúrio nos dois tipos de exames, de urina e de sangue.

Quadro 5 – Valores patológicos do mercúrio em exames de urina

| Urina 24 horas | |
|-----------------|------------------------|
| Quantidade [mg] | Situação |
| 0,00 a 0,01 | não tóxico (acidental) |
| 0,02 a 0,09 | perigo de intoxicação |
| 0,10 a 0,80 | intoxicação crônica |
| acima de 1 | intoxicação aguda |
| acima de 2 | intoxicação subaguda |

Fonte: (MERCÚRIO, 2016).

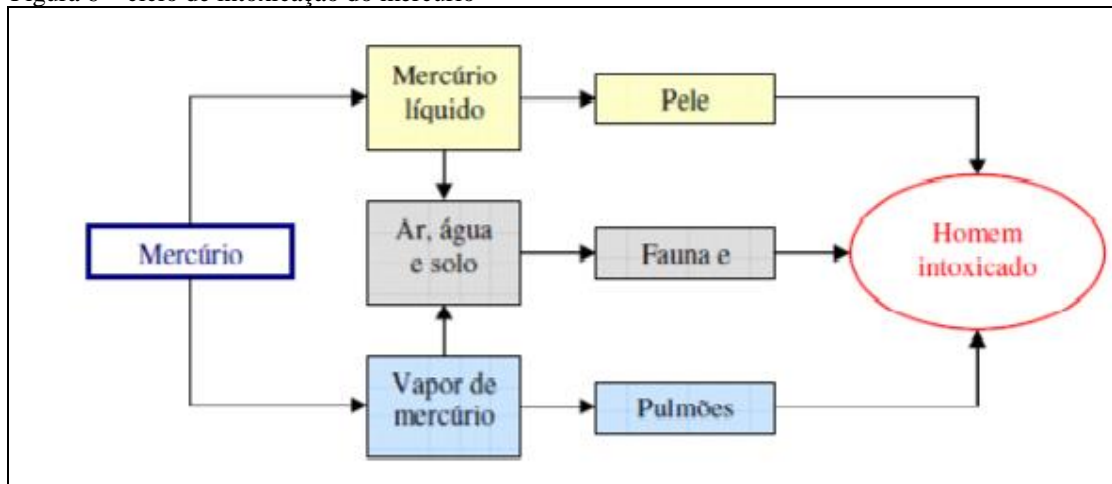
Quadro 6 – Valores patológicos do mercúrio em exames de sangue

| Sangue | |
|-------------------|-------------|
| Quantidade [mg/l] | Situação |
| 0,00 a 0,01 | não tóxico |
| acima de 10 | Intoxicação |

Fonte: (MERCÚRIO, 2016).

A Figura 6 apresenta o ciclo de intoxicação do mercúrio.

Figura 6 – ciclo de intoxicação do mercúrio



Fonte: (MERCÚRIO, 2016).

Para cada um dos níveis de intoxicação existe o tratamento adequado, os danos são graves e talvez permanentes, por isso deve-se manter um extremo cuidado. A recuperação do mercúrio via reciclagem é de primordial importância para evitar contaminações.

4 LÂMPADAS DE MERCÚRIO

Mercúrio é essencial na fabricação de lâmpadas fluorescentes e lâmpadas fluorescentes compactadas, contendo de 2mg até 6mg em sua fabricação. Os produtores destas investem constantemente na redução dos resíduos poluentes (ABILUMI, 2008).

No Quadro 7, é mostrada o tipo de lâmpada, sua potência a quantidade de mercúrio, respectivamente a variação das médias de mercúrio por potência.

Quadro 7 – Lâmpadas contendo mercúrio

| Tipo de Lâmpada | Potência | Quantidade Média de Mercúrio | Varição das médias de Mercúrio por Potência |
|-------------------------|---------------|------------------------------|---|
| Fluorescentes Tubulares | 15 W a 110 W | 0,015 g | 0,008 g a 0,025 g |
| Fluorescentes Compactas | 5 W a 42 W | 0,004 g | 0,003g a 0,010 g |
| Luz Mista | 160 W a 500 W | 0,017 g | 0,011 g a 0,045 g |
| Vapor de Mercúrio | 80 W a 400 W | 0,032 g | 0,013 g a 0,080 g |
| Vapor de Sódio | 70 W a 1000 W | 0,019 g | 0,015 g a 0,030 g |
| Vapor Metálico | 35 W a 2000 W | 0,045 g | 0,010 g a 0,170 g |

Fonte: (OSRAM, 1998).

A quantidade total de mercúrio presentes nas lâmpadas fluorescentes por ano pode chegar a 400 kg, isto é, 0,1% do total de importação legal do mercúrio. O Quadro 8 apresenta o cálculo de conversão para calcular a quantidade de mercúrio em cem milhões de lâmpadas (ABILUMI, 2008).

Quadro 8 – Cálculo de conversão

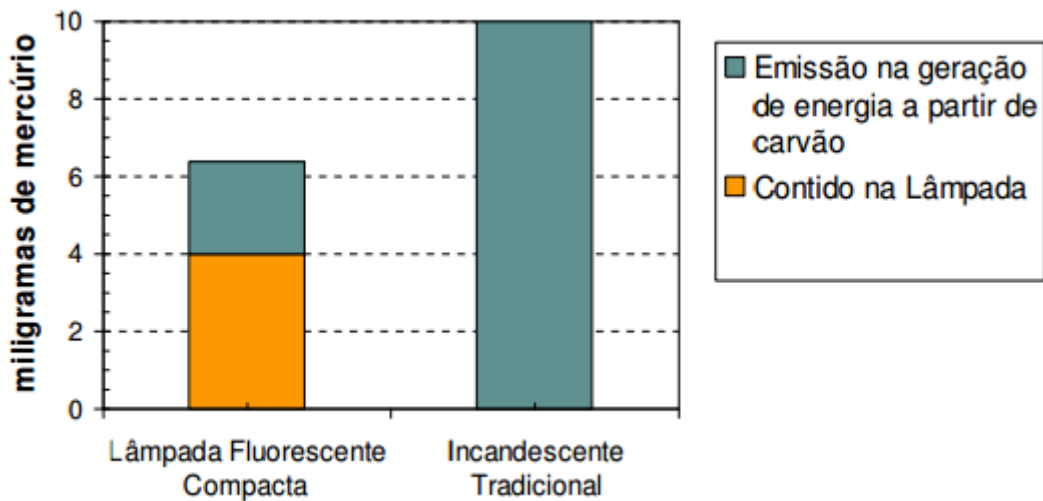
| Cálculo de Conversão | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1 grama | = 1.000 mg |
| 1 Kg | = 1.000.000 mg |
| 1 mg | = 0,000001 Kg |
| 400.000.000 mg | = (400.000.000 * 0,000001) Kg |
| 400.000.000 mg | = 400 Kg |

Fonte: (ABILUMI, 2008).

O departamento de proteção ambiental americano recomenda-se a substituição das lâmpadas fluorescentes pela as lâmpadas fluorescente compactas. Em relação aos consumidores as compactas trazem um benefício financeiro de (R\$2,00/mês) em relação aos metais pesados, com o uso das compactas pode-se reduzir o impacto ao meio ambiente.

Na Figura 7 é apresentado as emissões de mercúrio durante o uso de lâmpadas no período de 5 anos.

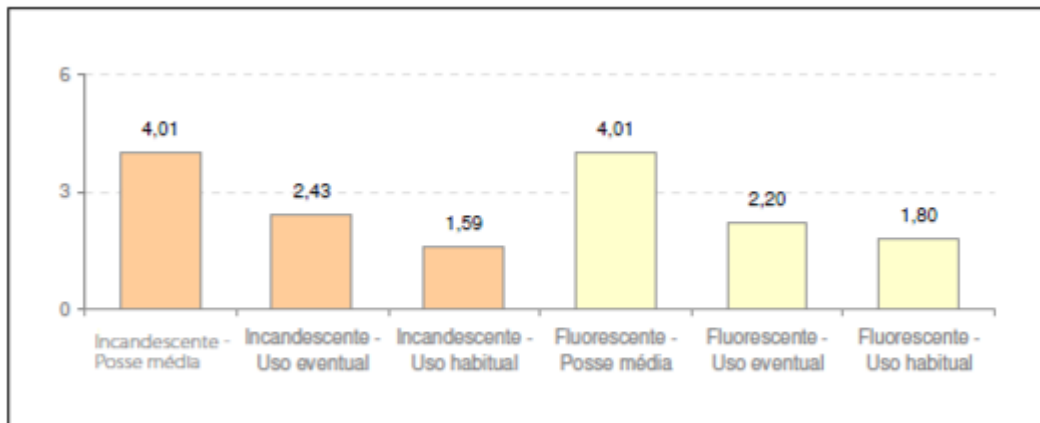
Figura 7 – Emissões de mercúrio



Fonte: (ABILUMI, 2008).

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e Centrais Elétricas Brasileiras S.A (ELETROBRÁS) divulgaram a Figura 8 dentro da pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso. A pesquisa foi realizada em 2005 na classe residencial e foi divulgada em 2007.

Figura 8 – Uso médio de lâmpadas no Brasil



Fonte: (PROCEL, 2007).

Podemos observar na Figura 8 que o número médio de lâmpadas incandescentes é semelhante ao de fluorescentes, isto é que em uma média de 8 lâmpadas por residência brasileira, 4 delas seria incandescente ou fluorescentes.

Segundo Teixeira (2012, p.19) “Os cálculos com os dados do PROCEL e os números do IBGE, teremos então que, nos 67.557.424 municípios brasileiros têm-se 1.080,92 kg de mercúrio na iluminação residencial”.

A quantidade de mercúrio em uma lâmpada não demonstra um elevado perigo, mais estas em grandes proporções, ressalta grande ameaça à população consumidora e a trabalhadores.

Só 2% da população destina o descarte destas lâmpadas fluorescentes à reciclagem devida (BULBOX, 2010).

Isso nos mostra que apenas 28,200 kg de mercúrio sofrem o processo adequado de descarte e que 1.381,800 kg são indevidamente lançados no meio ambiente. As lâmpadas quebradas liberam mercúrio que acaba sendo absorvido pelo solo, podendo chegar aos lençóis freáticos contaminando a água juntamente com o solo. (TEIXEIRA, FILHO, 2012, p.22).

MRT System (2007) relaciona os números de lâmpadas que sofrem o devido descarte e que são recicladas em vários países, apresentado no Quadro 9:

Quadro 9 – Relação de números de lâmpadas recicladas por país

| País | Descarte [milhões/ano] | Reciclagem [milhões/ano] | Reciclagem [%] |
|----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Holanda | 24 | 20 | 83,3 |
| Suécia | 14 | 7 | 50,0 |
| Alemanha | 100 | 50 | 50,0 |
| Bélgica | 12 | 6 | 50,0 |
| Estados Unidos | 903 | 220 | 25,0 |
| Noruega | 6 | 2 | 33,3 |
| Espanha | 35 | 5 | 14,3 |
| Itália | 45 | 5 | 11,1 |
| França | 50 | 5 | 10,0 |
| Reino Unido | 50 | 5 | 10,0 |
| Brasil | 100 | 6 | 6,0 |

Fonte: (MRT SYSTEM, 2007).

De acordo com o quadro 9 pode-se concluir que o Brasil é o país que menos recicla lâmpadas comparadas aos demais, o que mais recicla é a Holanda.

Definitivamente o mercúrio contido nas lâmpadas fluorescentes compactas, que são consideradas as principais substitutas às incandescentes, apresenta-se como um risco à saúde pública. Já existe no mercado uma quantidade muito elevada de lâmpadas mercuriais no Brasil, que já demanda uma política pública para haver sistema de logística reversa para disponibilizar à sociedade a opção de como descartar adequadamente lâmpadas mercuriais e, também, política pública para orientar a população sobre os riscos da exposição ao mercúrio e da importância do descarte adequado dessas lâmpadas. (BASTOS, 2011, p.79).

Compreende-se que a eliminação progressiva de lâmpadas incandescentes do mercado irá subir consideravelmente, torna-se inadiável e essencial que resoluções sejam formadas para regular as atividades de recolha, deslocamento, tratamento e destinação final para lâmpadas de mercúrio, de acordo com a lei nº 12.305 de 2010.

5 DECOMPOSIÇÃO DAS LÂMPADAS INCANDESCENTES, FLUORESCENTES E *LEDs*

No Quadro 10 mostra a composição dos principais elementos das lâmpadas incandescentes, fluorescentes e *LEDs* e o tempo de decomposição destes.

Quadro 10 – Composição e decomposição dos elementos constituintes das lâmpadas incandescentes, fluorescentes e *LEDs*

| Lâmpadas: | Composição: | Tempo de decomposição (anos) |
|----------------|------------------------|---|
| Incandescentes | - Vidro - Metais | Vidro = 4.000 Metais = 450 |
| Fluorescentes | - Vidro - Metais | Vidro = 4.000 Metais = 450 |
| <i>LEDs</i> | - Plástico - Metais | Vidro = 4.000 Plástico = 450 Metais = 450 |

Fonte: O autor.

Os outros componentes não citados são matéria orgânica como gases e outras substâncias, sendo que:

Toda e qualquer matéria orgânica é passível de decomposição. Podemos entender a decomposição da matéria orgânica como sendo um processo natural de reciclagem da matéria feito principalmente por micro-organismos como bactérias e onde a natureza transforma as substâncias originais em gases ou produtos que posteriormente serão reintegrados aos diferentes ciclos de vida dos muitos organismos encontrados no nosso planeta. (MACHADO, 2016, p.1).

Do ponto de vista ambiental relacionado à decomposição dos constituintes das lâmpadas podemos concluir que a lâmpada *LED* que possui o invólucro externo de plástico é a melhor opção, sendo que os materiais se decompõem no máximo em 450 anos comparados as lâmpadas incandescentes, fluorescentes e *LEDs* de vidro que podem demorar cerca de 4.000 anos para se dissecar.

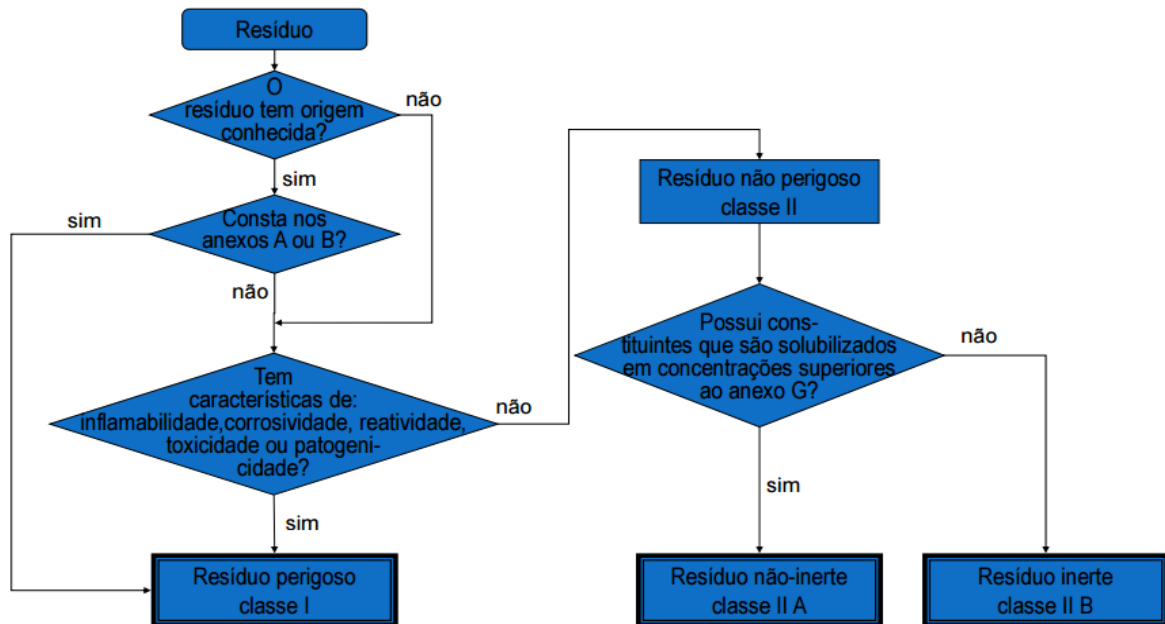
6 NORMAS E LEIS REFERENTES AO DESCARTE DE LÂMPADAS

Em agosto de 2010 foi aprovada a lei nº. 12.305 na qual estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esta, onde a lâmpada de mercúrio está inserida, presume a formação de GT's (Grupos de Trabalho) para a criação de resoluções que formulem as atividades de recolha, deslocamento, tratamento e uma finalidade para cada particularidade de resíduo sólido, a saber: agrotóxicos; pneus; óleos lubrificantes; pilhas e baterias; óleos lubrificantes; produtos eletroeletrônicos e lâmpadas de mercúrio. Essa lei também determina e que as empresas e governos fiquem responsáveis de programar planos de manejo de resíduos de longo prazo, formular sistemas de logística reversa e intensificar a reciclagem (FARIAS, 2010).

O órgão responsável por inspecionar e promover a política ambiental é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Dentro de seus desígnios pode-se ressaltar o de “promover a adoção de medidas de controle de produção, utilização, comercialização, movimentação e destinação de substâncias químicas e resíduos potencialmente perigosos”. Assim sendo, pela legislação, todas as pessoas têm dever quanto ao manuseio destes resíduos, se jogados no meio ambiente de forma informal, causam sérios problemas à saúde humana e ao meio ambiente. As lâmpadas que contêm mercúrio e outros quando descartadas após sua vida útil, precisam ter uma alocação apropriada (FARIAS, 2010).

A norma NBR 10004:2004 (Resíduos Sólidos) da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas regulamenta a finalidade das lâmpadas mercuriais pós - uso, para que tenha um destino correto, podendo passar por processos de reciclagem, reaproveitando alguns materiais, evitando assim o descarte inadequado que prejudica os seres humanos e o meio ambiente. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004). A Figura 9 caracteriza e classifica os resíduos sólidos:

Figura 9 – Classificação dos resíduos sólidos



Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

A lâmpada com mercúrio é classificada como resíduo perigoso de fontes não conhecidas (resíduo classe I) eles apresentam: “periculosidade, risco a saúde pública ou risco ao meio ambiente ou uma das características de: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade”. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

A classificação por código da lâmpada é F044 que é apresentada na Figura 10:

Figura 10 – Classificação por código do resíduo sólido

- Resíduos perigosos classificados pela sua **fonte**:
fontes não específicas (anexo A) F---
fontes específicas (anexo B) K---
- Resíduos perigosos classificados pelas suas **características**:
inflamabilidade D001 - resíduo inflamável
corrosividade D002 - resíduo corrosivo
reatividade D003 - resíduo reativo
patogenicidade D004 - resíduo patogênico
- Resíduos perigosos classificados pela sua característica de **toxicidade**, quando conferida pela **presença de substâncias**:
agudamente tóxicas (anexo D) P--- - resíduos tóxicos
tóxicas (anexo E) U--- - resíduos tóxicos
- Resíduos perigosos classificados pela sua característica de **toxicidade**, quando resultante do **ensaio de lixiviação** (NBR-10.005):
conforme substância (anexo F) D005 a D052 - resíduos tóxicos
- Resíduos não perigosos (anexo H) A---

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

6.1 Minas Gerais - Leis e programas de reciclagem

Cada estado do Brasil é responsável pela criação de suas próprias responsabilidades, podendo passar estas para os municípios.

A população de Minas Gerais, por seus representantes, decretou e sancionou a seguinte lei: Lei nº 13.766, de 30 de novembro de 2000.

Art. 4º - Compete ao Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM - estabelecer normas para recolhimento, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada de resíduo sólido que, por sua composição físico-química, necessite de procedimentos especiais para descarte no meio ambiente sem prejuízo do disposto na Lei nº 13.796, de 20 de dezembro de 2000.

§ 1º - Incluem-se entre os resíduos sólidos a que se refere o "caput" deste artigo disquete de computador, lâmpada fluorescente, pilha e bateria.

§ 2º - Os resíduos de que trata este artigo serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que comercializam os produtos que lhes deram origem ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, a fim de que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, procedimentos de reutilização, reciclagem e tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

§ 3º - Os estabelecimentos comerciais e a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores manterão recipientes para descarte dos resíduos a que se refere este artigo, obedecidas as normas ambientais e de saúde pública pertinentes e as recomendações definidas pelos fabricantes ou importadores, até que estes promovam seu recolhimento e disposição ambientalmente adequada.

§ 4º - O descumprimento do disposto nesta Lei sujeitará o infrator à pena de multa, nos termos da Lei nº 7.772, de 8 de setembro de 1980, sem prejuízo de outras combinações cabíveis. (SEMAD, 2000, p.1).

No município de Varginha a prefeitura regulamenta a lei municipal nº 5.733, em 23 de julho de 2013, relata sobre a coleta e o descarte de lâmpadas fluorescentes, e ainda gera outras providências. Conforme é possível verificar no "ANEXO A" deste trabalho (VARGINHA, 2015, p.1).

7 LOGÍSTICA REVERSA

Os fabricantes devem ser responsabilizados por seus produtos, é obrigatório haver sistemas de descartes e reciclagem. A logística reversa se fundamenta nisto. De acordo com as leis citadas os municípios são responsáveis pela coleta e também podem solicitar o recolhimento das mesmas pelas as empresas distribuidoras (LOGÍSTICA, 2011).

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecida pela lei 12.305 a logística reversa:

É um 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, p.1)

Em 2014, foi assinado o acordo setorial sendo este um compromisso contratual entre o poder público e fabricantes, para implantação da logística reversa de lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio, mercúrio e luz mista. Com o objetivo de garantir de maneira ambientalmente adequada e de acordo com a Lei nº 12.305, a destinação final dos resíduos destas lâmpadas (SINIR, 2016).

Foi criado um Comitê Orientador para a implantação de sistemas de logística reversa, incluindo o grupo técnico de assessoramento (GTA). O comitê Orientador é presidido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), é composto por mais quatro ministérios: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Ministério da Fazenda (MF), e Ministério da Saúde (MS) (SINIR, 2016).

O Comitê Orientador e o GTA possuem a incumbência de conduzir as ações de governo para a implantação de sistemas de logística reversa, e têm centrado esforços na elaboração de acordos setoriais visando implementar a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Para estudar e buscar soluções de modelagem e governança para cada uma das cadeias de produtos escolhidas como prioritárias pelo COMITÊ ORIENTADOR foi criado cinco Grupos de Trabalho Temáticos – GTTs: Embalagens plásticas de óleos lubrificantes; lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes; embalagens em geral; e resíduos de medicamentos e suas embalagens.

Os objetivos principais desses grupos são a elaboração de uma minuta de edital de chamamento para a realização de acordos setoriais bem como a coleta de subsídios para a realização de estudos de viabilidade técnica e econômica para implantação de sistemas de logística reversa – EVTE (SINIR, 2016, p.1).

É uma tarefa multidisciplinar, responsável pelo armazenamento, sistema de transporte, manuseio específico e estoque. Isto é o regresso dos produtos a empresa que destina, a mesma faz com o que os materiais se destinem até para outros fins, mas normalmente são submetidos à reciclagem (LOGÍSTICA, 2011).

Após fazer o uso da lâmpada o consumidor é o responsável por leva-la no mesmo local que comprou. O local deve coletá-la de forma apropriada, embalar e armazenar até completar a quantidade correta determinada pela distribuidora, esta é competente pelo transporte até a distribuidora ou pela empresa que pode obter o processo de reciclagem. Assim acontece o correto descarte, e estas o destinam para seus novos fins (SANCHES, 2008).

Para a embalagem das lâmpadas descartadas, é recomendada a própria embalagem original, se esta não está disponível ou por alguma eventualidade foi descartada a recomendação é embala-las com papelão, e devem ser colocadas em ambientes que possuem máxima ventilação. Quando o descarte é feito de lâmpadas quebradas, as mesmas devem ser separadas das outras e colocadas em ambientes herméticos, ou seja, impedindo a passagem de ar (SANCHES, 2008).

É exigido ao caminhão que transporta seja propício para esta finalidade. Os caminhoneiros também devem ser aptos e treinados para lidar com o transporte de substâncias tóxicas. Dentro do caminhão é obrigatório conter um sistema de filtro para a captação do mercúrio, sendo que alguma lâmpada possa quebrar (SANCHES, 2008).

Na empresa de reciclagem, as lâmpadas devem ser adequadamente retiradas de suas embalagens, separadas por tipos, tamanhos e por fim estocadas. A finalidade do estoque é atender de forma propícia os pedidos de materiais reciclados (SANCHES, 2008).

8 RECICLAGEM – MÉTODOS E RESULTADOS

Na atualidade as empresas possibilitam diversas possibilidades para que a reciclagem seja concretizada, todas com suas vantagens e desvantagens, que resultam no desfecho do processo.

Algumas empresas consultadas só proporcionam um método de reciclagem enquanto as outras mostram diversas opções, fica a critério do cliente e das empresas a melhor escolha.

8.1 Usinas de reciclagem

As usinas de reciclagem têm por objetivo reduzir o impacto ambiental. As ofertas mais procuradas em Minas Gerais serão descritas abaixo.

8.1.1 Reciclagem Santa Maria

A empresa de Reciclagem Santa Maria residida em Varginha e com unidades ao redor de Minas Gerais traz a solução na coleta e destinação de resíduos sólidos industriais. Possui a missão de ser inovadora, contribuindo para a coleta e destinação dos resíduos industriais de maneira ambientalmente correta e sustentável.

Foi fundada há mais de 40 anos, é a primeira empresa no estado de Minas Gerais a obter Certificação pela NBR ISO 14001. Obtém abrangência em outras áreas de gestão de resíduos, como produção de biomassa e descontaminação de lâmpadas fluorescentes.

A reciclagem Santa Maria importou a tecnologia para triturar e descaracterizar lâmpadas fluorescentes. O equipamento é chamado de “Papa-lâmpadas”, processa as lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas de vários diâmetros e tamanhos.

O “Papa-lâmpadas” é adaptado a um tambor metálico, onde fica armazenado os resíduos de vidro e as partes de alumínio. A operação é feita através da trituração das lâmpadas e sucção dos gases através de um sistema de vácuo, passando por um processo de filtragem composto por 3 etapas.

As micro partículas do vidro, o pó fosfórico e os vapores de mercúrio passam pela filtragem em 3 estágios, sendo este último, feito de carvão ativado, onde fica retido o mercúrio, podendo ser recuperado posteriormente ou destinado ao aterro industrial.

Desta forma os resíduos de vidro, resultantes da trituração das lâmpadas, deixarão de ser resíduos perigosos - classe I, passando a ser classificados como Classe II-A –

não perigosos. Somente o filtro de carvão ativado, onde ficará retido o mercúrio, será considerado resíduo perigoso - classe I e deverá receber tratamento especial. (RECICLAGEM SANTA MARIA, 2016, p.1).

Figura 11 – Ilustração do equipamento de descontaminação “Papa – lâmpadas”



Fonte: (RECICLAGEM SANTA MARIA, p.1, 2016).

Este equipamento é conduzido por um veículo, adequado especialmente para coleta, transporte e processamento de lâmpadas fluorescentes.

O transporte é feito criteriosamente conforme Plano de Controle Ambiental, estando devidamente equipado com as placas de sinalização, kit de emergência e de primeiros socorros. O motorista está devidamente treinado e apto a operar o “Papa-Lâmpadas”, além de possuir o curso MOPP atualizado. (RECICLAGEM SANTA MARIA, p.1, 2016).

Figura 12 – Equipamento em operação e transporte para destinação final



Fonte: (RECICLAGEM SANTA MARIA, p.1, 2016).

Os resíduos concebidos pelo processo de descontaminação das lâmpadas fluorescentes serão depositados em tambores metálicos e após este processo são designados para reciclagem e/ou aterro industrial.

Os vidros triturados, assim como os bocais metálicos deverão passar por processo de descontaminação do pó fosfórico, por empresas específicas, antes de serem destinados para reciclagem. Porém o processo de descontaminação é bastante oneroso, enquanto o valor do vidro é irrisório, tornando inviável financeiramente a reciclagem desses materiais. Portanto, os vidros triturados resultantes do processo de descontaminação das lâmpadas, serão destinados para aterro industrial, com tecnologia e regularização específica para receber tais resíduos.

Reciclagem do mercúrio Conforme especificação técnica do fabricante do equipamento “Bulb Eater” ou “Papa – lâmpadas”, o filtro de carvão ativado poderá absorver uma quantidade de vapor de mercúrio de até 1 milhão de lâmpadas, para haver saturação e substituição. Portanto, quando for atingido este montante, o material será destinado para empresa especializada em reciclagem de lâmpadas, cuja parceria está sendo estabelecida com a Reciclagem Santa Maria, para executar o processo de extração do mercúrio na sua forma líquida, e assim posteriormente ser reciclado em processos específicos de utilização desse metal. (RECICLAGEM SANTA MARIA, 2016, p.1).

Os resíduos obtidos durante o processo de descaracterização das lâmpadas fluorescentes serão destinados para empresas devidamente licenciadas pelos Órgãos Ambientais, aptas a receber tais resíduos. A RSM emitirá o Certificado de Coleta e Destinação das lâmpadas no momento da descaracterização, atestando que o processo foi executado conforme normas ambientais em vigência.

8.1.2 HG Descontaminação

A empresa HG Descontaminação Ltda localizada em Nova Lima em Minas Gerais foi criada em 1998 com o intuito de adotar as práticas dos países avançados com enorme consciência ecológica.

Coroando de forma determinante o aqui exposto, vale citar que inicialmente algumas empresas multinacionais e certos municípios, como São Paulo, se anteciparam às legislações ambientais e adotaram a prática de descontaminação de lâmpadas, aumentando a segurança do trabalho e a qualidade do meio ambiente. Atualmente é norma básica de proteção ambiental a descontaminação de lâmpadas no Brasil. (HG, 1998, p.1).

O principal objetivo da HG é a contribuição de serviços na área de descontaminação química de lâmpadas, estas sendo queimadas ou esgotadas, proporcionando a reciclagem de seus componentes que são: vidro, metais e o mercúrio (HG, 1998).

A tecnologia utilizada foi seguindo os projetos internacionais, o mesmo foi desenvolvido na Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais com a orientação do professor Wilfred Keller (HG, 1998).

Abaixo é apresentado os cuidados quanto ao manejo e a disposição, o procedimento correto para assim evitar a contaminação do ser humano e do meio ambiente. Cumprindo essas condições, todos estarão assegurando quanto ao trabalho.

Esgotada a vida útil, as lâmpadas fluorescentes e de descarga devem ser enviadas para a descontaminação em empresa especializada.

As lâmpadas, sempre que possível, devem ser armazenadas nas embalagens originais de fábrica, respeitando os limites de estocagem indicados nas embalagens.

Lâmpadas quebradas devem ser armazenadas dentro de tambores ou similar com tampa, estocados em local coberto a sombra e a temperatura ambiente. As lâmpadas fora de suas embalagens originais devem ser armazenadas dentro de caixas de papelão ou similar.

As áreas que sofrerem exposição as lâmpadas quebradas devem ser borrifadas com água sanitária e, após algumas horas, lavadas com água corrente.

Luvas, óculos de proteção, avental e máscara com filtro de carvão ativado devem fazer parte do equipamento de proteção individual do funcionário envolvido com o manejo de lâmpadas quebradas. (HG, 1998, p.1).

Em Ponte Nova, Minas Gerais a “Operação Papa Lâmpadas” consiste em transformar as lâmpadas contendo mercúrio em um produto não perigoso de classe II.

Esse processo é realizado com a contratação da empresa Naturalis, esta utiliza um equipamento chamado “Papa – Lâmpadas” é um tambor metálico com capacidade de 200 litros, a base superior possui uma tampa que sela, esta base superior possui um anel de borracha em toda a circunferência que se apoia sobre a borda do tambor e o veda (NOVA, 2016).

Ao introduzir - e quebrar - a lâmpada no equipamento, os materiais pesados (vidro e alumínio) depositam-se no fundo do tambor. Já o pó de fósforo, as micropartículas de vidro e o vapor de mercúrio ficam em suspensão, sendo sugados para uma unidade blindada, que possui dois filtros especiais à base de celulose. O objetivo é coletar o pó de fósforo e as micropartículas de vidro e permitir que o vapor de mercúrio viaje através de todo o seu interior soprando-o para um container, de onde providencia-se o descarte adequado. (NOVA, 2016, p.1).

O tambor é apresentado na Figura 13:

Figura 13 – Operação “Papa Lâmpadas”



Fonte: (NOVA, 2016, p.1).

8.1.3 Zoom Ambiental

O empresário Eugênio Pereira Instalou em Pouso Alegre (MG), uma unidade de central de tratamento comandada por microprocessadores eletrônicos. O investimento foi de aproximadamente de US\$ 280 mil, contando com o transporte e a montagem dos equipamentos. Na empresa trabalham em cerca de 50 funcionários diretos (ECOGERAIS, 2016).

A mesma se adéqua em uma área de 4.800 metros quadrados, e possui um setor específico para a descaracterização e descontaminação das lâmpadas. No processo não gera efluentes líquidos, a aspiração das partículas funcionam em um sistema a vácuo, selecionando o ar em estágios, guardando as micropartículas dos vapores (ECOGERAIS, 2016).

Segundo EcoGerais (2016, p.1) “A zoom Ambiental recebe hoje cerca de 4,7 mil unidades/dia de lâmpadas, captadas em empresas de todo Brasil. A coleta, transporte, codisposição, é feita mediante pagamento por unidade de lâmpadas coletadas”.

A Zoom Ambiental transforma o flúor, em pó, e é armazenado em um local adequado de acordo com as normas da ABNT. O alumínio e o vidro também são processados sendo enviados a usinas de refusão, para serem reutilizados por empresas que utilizam esse material, sendo as mesmas de cerâmica e metalúrgicas (ECOGERAIS, 2016).

8.1.4 Recitec MG

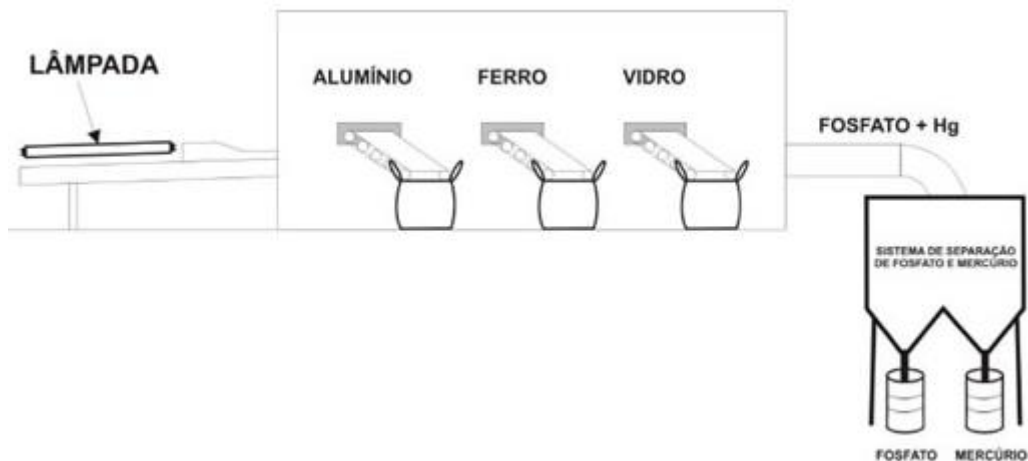
A empresa Recitec atua no mercado desde 1997 e atualmente é uma das referências do setor. À partir de 2002, a mesma se expandiu uma única unidade industrial para a destinação de lâmpadas fluorescentes e de vapores metálicos, através de um processamento a seco. Ainda conta com uma equipe especializada em transportes de resíduos perigosos de Classe I e II.

Os materiais são separados em 4 grupos sendo: terminais de alumínio; vidro triturado; fosfato e material ferroso e isolamento baquelítico. Conforme a Figura 11.

Os vidros podem ser recuperados para a produção de novas lâmpadas ou novos vidros, desde que não possuam aplicação alimentar. O alumínio e o material ferroso, após a limpeza, podem ser fundidos e utilizados na produção de novos materiais. O fosfato, quando livre do mercúrio, pode ser reutilizado em fábricas de cimento ou usinas de asfalto. (RECITEC, 2016, p.1).

Após a descontaminação das lâmpadas os clientes recebem o DDL (Certificado de Destruição e Descontaminação de Lâmpadas) que proporciona a forma correta para suas lâmpadas destruídas.

Figura 14 – Separação dos constituintes das lâmpadas 1



Fonte: (RECITEC, 2016, p.1).

Figura 15 – Separação dos constituintes das lâmpadas 2



Fonte: (RECITEC, 2016, p.1).

8.2 Resultados da Reciclagem

O processo de reciclagem, sendo recuperação da parte reutilizável para ser inserido no processo de consumo novamente. Para a cada 1.000 lâmpadas fluorescentes tubulares, a quantidade de material retornável é mostrada no Quadro 11:

Quadro 11 – Quantidade de material que provém da reciclagem de 1.000 lâmpadas

| Material | Quantidade |
|---------------|------------|
| Vidro | 260 kg |
| Alumínio | 18 kg |
| Pó de Fósforo | 6 kg |
| Mercúrio | 8 g |

Fonte: (SANCHES, 2008)

O valor aproximado para vendas destes materiais é mostrado no Quadro 12.

Quadro 12 – Valor aproximado de comercialização dos materiais reciclados

| Material | Valor [R\$/kg] |
|----------|----------------|
| Vidro | 0,90 |
| Alumínio | 0,20 |
| Mercúrio | 1000,00 |

Fonte: (SANCHES, 2008).

8.2.1 Consumo dos materiais após a reciclagem

O vidro após o processo de reciclagem é utilizado na fabricação de contêiner não alimentício, na mistura para confecção de asfalto e também como esmalte para vitrificação de cerâmicas e lajotas (ATIYEL, 2001).

O alumínio tem a principal aplicação como soquetes de lâmpadas, este, proveniente de lâmpadas tem um valor muito baixo comparado com o alumínio proveniente de outros resíduos, sendo assim não pode ser usado na fabricação de latas de alumínio, o qual teria um valor mais significativo como sucatas (ATIYEL, 2001).

O mercúrio depois de reciclado apresenta um elevado grau de pureza sendo de 99,9%, isso eleva a reutilização. É utilizado na fabricação de termômetros comuns, em lâmpadas, e em eletrônicos (ATIYEL, 2001).

8.3 Artesanato – Outra forma de reciclagem

Outra forma de reciclagem bastante comum é o artesanato, são encontrados trabalhos artesanais usando como matéria prima lâmpadas já descartadas para o uso. O artesanato é demonstrado em diversas áreas como enfeites, vasos, cultivo de plantas, decoração, luminárias e etc.

Não é recomendada a utilização de lâmpadas fluorescentes para este feito, considerando caso ocorra algum acidente, a pessoa pode ser infectada pela quantidade de mercúrio presente na mesma.

As figuras mostram as lâmpadas aplicadas no artesanato.

Figura 16 – Lâmpadas utilizadas como enfeites natalinos



Fonte: (ARTESANTO E RECICLAGEM, 2016).

Figura 17 – Lâmpadas utilizadas como vaso decorativo



Fonte: (ARTESANTO E RECICLAGEM, 2016).

Figura 18 – Lâmpadas utilizadas como luminária



Fonte: (ARTESANTO E RECICLAGEM, 2016).

Figura 19 – Lâmpadas utilizadas como enfeite natalino



Fonte: (ARTESANTO E RECICLAGEM, 2016).

Figura 20 – Lâmpadas utilizadas como decoração



Fonte: (ARTESANTO E RECICLAGEM, 2016).

Figura 21 – Lâmpadas utilizadas como vela



Fonte: (ARTESANTO E RECICLAGEM, 2016).

9 ORÇAMENTO DE CADA LÂMPADA

São comparadas três tipos de lâmpadas, estas vendidas na mesma loja online “Lustres Yamamura”. Abaixo estão quais os modelos escolhidos e as respectivas potências.

9.1 Comparações entre lâmpadas

Produto 1 – Lâmpada Soft 60 W, da Philips (Incandescente)

Preço: R\$ 2,50 na loja Lustres Yamamura

Característica: Pode ser dimerizada

Produto 2 – Lâmpada Dulux Star fluorescente compacta 15 W, da Osram

Preço: R\$ 8,90 na loja Lustres Yamamura

Característica: Não pode ser dimerizada

Produto 3 – Lâmpada LED 7 W, da Philips

Preço: 34,90 na loja Lustres Yamamura

Características: Não pode ser dimerizada e ilumina da mesma forma que uma incandescente de 50 W

A iluminação dimerizada aumenta a percepção de ambiente sofisticado e acolhedor. Variação dos níveis de iluminação ocorre de forma suave preservando o conforto dos Clientes. Ambientes e decorações destacadas pela correta iluminação.

Custo/Benefício

A dimerização basicamente traz uma grande economia de energia, por usar a quantidade correta de energia para determinado cômodo e determinada situação. (RESIDENCIAL, 2016, p.1).

9.2 Comparações de gasto de watts e preço no total de um ano

O Quadro 14 mostra que a comparação entre lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LEDs, para compará-las igualmente é considerado que a lâmpada será utilizada durante 8 horas por dia durante 365 dias do ano.

Para o cálculo do consumo mensal das lâmpadas utiliza-se: Potência das lâmpadas (W) * número de horas utilizadas por dia (horas) * números de dias de uso no mês (dias) e é necessário dividir o resultado por 1000. O resultado é o consumo mensal em kilowatt horas (kWh).

É necessário multiplicar o resultado do consumo mensal das lâmpadas pela tarifa residencial plena, cobrada de pela Eletropaulo, e que tem valor de R\$ 0,33428 kWh (com impostos incluídos).

Quadro 13 – Comparações entre lâmpadas incandescentes, fluorescentes e *LEDs*

| Tipo da lâmpadas | Watts(potência) | Preço | Gasto total em um ano | Gasto total em cinco anos | Quantidade de lâmpadas gastas em cinco anos |
|-----------------------|-----------------|-------|-----------------------|---------------------------|---|
| Incandescente | 60 | 2,5 | 61,07 | 305,35 | 15 |
| Fluorescente compacta | 15 | 8,9 | 23,54 | 91,00 | 2 |
| <i>LED</i> | 7 | 34,9 | 41,73 | 69,05 | 1 |

Fonte: O autor.

A fluorescente compacta gasta 80% menos energia que a incandescente, com a *LED* o custo pode ser diminuído ainda mais o gasto de energia, mas como o preço é mais elevado, não economiza tanto em um ano ou dois. (KONKERO, 2016).

No período de um ano a dois anos a melhor opção de custo benefício é a lâmpada fluorescente compacta, a *LED* seria mais adequada em um período maior, com durabilidade de cinco anos, ainda com garantia nesse período. Desta forma demoraria mais para trocar uma lâmpada e economizaria em um prazo maior. (KONKERO, 2016).

De acordo com o os argumentos acima citados, pode-se averiguar que a lâmpada *LED* no período de cinco anos possui o melhor custo benefício, sendo que gasta só uma quantidade de lâmpada durante os cinco anos com garantia do fabricante, e o valor gasto de Quilowatt horas por ano é de R\$6,83, considerando 365 em um ano e sendo utilizada 8 horas por dia.

A lâmpada fluorescente compacta em um ano gasta em Quilowatt horas R\$14,63, e no período de cinco anos são necessárias duas lâmpadas, ainda é considerado o descarte e a reciclagem desta pois é prejudicial ao seres humanos e ao meio ambiente.

10 COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DA RECICLAGEM DE LÂMPADAS FLUORESCENTES E *LEDs*

O Quadro 14 mostra os custos referente a reciclagem de 1000 unidades de lâmpadas fluorescentes e 1000 unidades de lâmpadas de *LEDs*.

Quadro 14 – Comparação dos custos da reciclagem de lâmpadas fluorescentes e *LEDs*

| Empresa | Local | Quantidades | Lâmpadas | Valor por und. [R\$] | Valor do Transportes [R\$] | Tipo de atendimento |
|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Naturalis Minas | Betim [MG] | 1000 | Fluorescentes | 0,70 | 600,00 | Pessoa física e jurídica |
| | | 1000 | LEDs | | | |
| HG Descontaminação | Nova Lima [MG] | 1000 | Fluorescentes | 0,78 | 860,00 | Pessoa física e jurídica |
| | | 1000 | LEDs | | | |
| Descartelegal | Belo Hosisonte [MG] | 1000 | Fluorescentes | 0,70 | 600,00 | Pessoa física e jurídica |
| | | 1000 | LEDs | | | |
| Inovara Ambiental | Santa Luiza [MG] | 1000 | Fluorescentes | 1,25 | 1919,00 | Pessoa física e jurídica |
| | | 1000 | LEDs | | | |

Fonte: O autor.

De acordo com os orçamentos solicitados pode-se perceber que os valores da reciclagem das lâmpadas florescentes e *LEDs* são os mesmos, o valor cobrado é por lâmpada reciclada e único para qualquer modelo.

Este valor também se refere as lâmpadas inteiras, sendo as quebradas cobradas por kg (quilograma), o valor custa em média R\$ 4,00 por kg.

Apesar de não ter diferença no valor do custo do descarte para as lâmpadas fluorescentes e *LEDs*, o consumo e o impacto ambiental é maior na utilização da lâmpadas fluorescentes.

11 MATERIAL E MÉTODO

11.1 Abordagem metodológica e tipo de pesquisa

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e descritiva, com o objetivo de informar sobre os riscos do descarte inadequado de lâmpadas fluorescentes, induzindo a melhor escolha de lâmpadas para consumo no quesito ambiental.

A pesquisa é uma prática voltada para a resolução de problemas teóricos ou práticos, com o uso de processos científicos. Partindo este, de uma dúvida ou problema e, com emprego do método científico, procura uma resposta ou solução (CERVO e BERVIAN, 2002).

A pesquisa bibliográfica procura esclarecer um problema a começar de referências teóricas publicadas em documentos. Pode ser executada autonomamente ou como parte da pesquisa descritiva ou experimental. Buscam conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado existentes sobre um assunto, tema ou problema específico (CERVO e BERVIAN, 2002).

Segundo Oliveira (2010, p. 68) a pesquisa descritiva “procura analisar fatos e/ou fenômenos, fazendo uma descrição detalhada da forma como se apresentam esses fatos e fenômenos, ou, mais precisamente, é uma análise em profundidade da realidade pesquisada”.

O estudo descritivo tem como base apontar fatos observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, usando como técnicas a análise documental, sem a interferência do pesquisador.

11.2 Sujeitos

Alguns dados sobre a reciclagem foram coletados através de arquivos internos da empresa Reciclagem Santa Maria de Varginha/MG.

11.3 Procedimento

Primeiramente ocorreram as pesquisas bibliográficas, em artigos científicos e acadêmicos, revistas e publicações em sites que tratam do tema, obtendo mais conhecimento, uma visão ampla e crítica do assunto.

Depois de realizado a junção do material foi iniciada a leitura e o estudo dos materiais registrando os pontos mais relevantes, sendo este executado sobre consulta. O conteúdo das anotações e observações é de fundamental importância para a análise elaboração do texto.

Para Melo e Urbanetz (2009, p. 51), “após a leitura do material, é importante refletir para fazer uma escolha importante para a elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)”.

No segundo momento foi feito o agendamento com a empresa, respeitando os dias e horários para a visita para averiguação dos processos de reciclagem da empresa.

No terceiro momento à medida que foi se ordenando as ideias foi iniciada a escrita do texto, sendo construída a articulação das informações. Após a organização do texto foi feita uma revisão final com a leitura e correção, iniciando o trabalho de conclusão de curso.

Daí vem à relevância de se dedicar a um bom trabalho de metodologia, o qual gera um grande esforço e empenho do estudante, necessitando ter uma boa atenção para os dados recolhidos na pesquisa. Faz-se fundamental um esforço de análise consistente dos dados para retirar deles todo o potencial que apresenta.

12 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após as pesquisas contidas neste trabalho, é possível ressaltar que a melhor lâmpada a ser utilizada pela população é lâmpada *LED* se tratando de eficiência energética, vida útil, comodidade do descarte, visto que o único ponto negativo já citado é o elevado preço.

Em segundo lugar é a lâmpada fluorescente que possui relevantes características técnicas, mesmo tendo o problema do descarte. Do ponto de vista ambiental, em análise geral, a lâmpada fluorescente também é uma boa opção já que gasta menos energia e tem uma solução de recuperação completa dos materiais utilizados em sua composição.

O terceiro lugar fica para lâmpada incandescente que comparada às demais possui um único benefício, sendo o custo baixo.

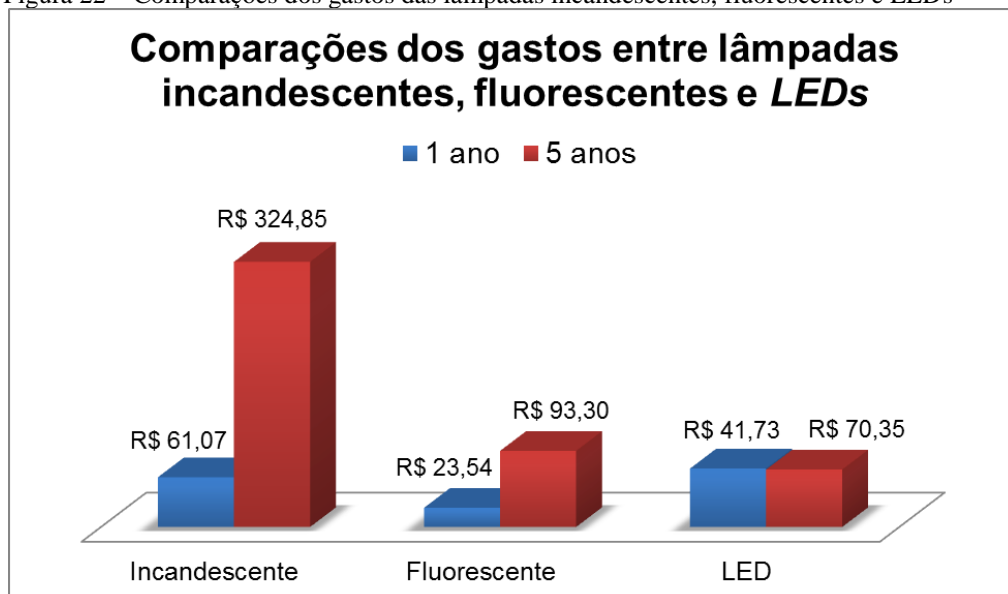
O quadro abaixo compara os três tipos de lâmpadas analisados e o gráfico a seguir compara os gastos entre as lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LEDs.

Quadro 15 – Resumo comparativo das vantagens das lâmpadas abordadas

| Tipos de lâmpada | Eficiência energética | Vida útil | Preço | Descarte | Menor impacto Ambiental |
|------------------|-----------------------|-----------|-------|----------|-------------------------|
| Incandescente | | | X | | |
| Fluorescente | | | | | |
| LED | X | X | | X | X |

Fonte: O autor.

Figura 22 – Comparações dos gastos das lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LEDs



Fonte: O autor.

No gráfico foram considerados os valores dos gastos das lâmpadas em watts e também os valores dos descartes conforme foram utilizadas no período de cinco anos. Para os valores de descarte foram considerados R\$ 0,7 por lâmpada.

Para o valor do transporte foram considerados R\$ 0,6 por lâmpada. Somando com o valor de descarte com o valor do transporte como resultado: R\$ 1,30. (valor utilizado como preço de descarte por lâmpada).

“A eficiência energética do *LED* contribui diretamente com o fator sustentabilidade, pois diminui o impacto ambiental. Fora isso, o *LED* também se destaca pela durabilidade. A sua vida útil pode variar de 15 a 25 mil horas, sendo a mais longa entre todas as tecnologias. Por ter alta durabilidade, a lâmpada de *LED* possui menor índice de descarte no meio ambiente — sem contar que todos os seus componentes podem ser reciclados. Ao final da vida útil, o produto deverá seguir a logística reversa prevista para eletroeletrônicos. A lâmpada deve ser desmembrada e cada tipo de material ser destinado ao seu tipo de reciclagem específico”. (SEGA, 2017, p.1)

De acordo com o quadro de resumo comparativo das vantagens das lâmpadas abordadas a lâmpada *LED* possui maior eficiência energética, maior vida útil, proveitos no descarte gerando assim um menor impacto ambiental. É melhor opção para o consumo da população e indústrias que visam preservar o planeta terra.

A única vantagem da lâmpada incandescente é o baixo preço, mas como mostrado neste trabalho, não compensa comparada a *LED*.

13 CONCLUSÃO

Neste estudo prova-se às inúmeras vantagens da lâmpada *LED*, se o seu consumo pela população e indústrias aumentarem a tendência é que seu custo possa vir a diminuir, descartando essa única desvantagem do seu elevado preço comercial.

Mas a falta de conhecimento da população é evidente, é fato que muitas pessoas não sabem que a lâmpada fluorescente é poluente e que as lâmpadas podem e devem ser recicladas. Para a amenização deste problema devem ser criados programas de divulgação por parte dos fabricantes e órgãos competentes voltados para a consciência ambiental. Recomenda-se ainda que seja rotulado na própria lâmpada (próximo às informações técnicas) o informe sobre o descarte correto do produto.

Durante esse tempo que as pessoas ainda insistirem a usar a lâmpada fluorescente, para auxiliar o serviço de reciclagem propõe-se a montagem de uma Unidade Recicladora (UR) coma finalidade de auxiliar o serviço de reciclagem já existente, utilizando a série de máquinas agrupadas da MRT System.

Propõe-se que esta empresa preste serviços para consumidores físicos e jurídicos com um preço totalmente acessível aos consumidores. Para contribuir no lucro, os materiais obtidos da reciclagem são revendidos para que sejam reutilizados. Afere-se com as despesas decorrentes da produção, incluindo salário de funcionários, divulgação, energia elétrica e etc, que sejam necessários três anos de atividade o investimento retorne fazendo com que a empresa possa se manter sozinha financeiramente.

Pode-se concluir que estas soluções são bem vindas quando grande parte da população faz uso destas lâmpadas fluorescentes, sendo a grande importância deste trabalho alertar a sociedade de maneira ambientalmente correta quanto ao uso, descarte e reciclagem de lâmpadas incandescentes, fluorescentes e *LEDs*.

REFERÊNCIAS

ABILUMI. **ABilumi**, 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/0E732C8D/ABilumi_16_out_2008.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira ABNT NBR 10004 – Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2016.

ASSOCIAÇÃO DOS EXPOSTOS E INTOXICADOS POR MERCÚRIO METÁLICO. **Mercurialismo**, 2010. Disponível em: <<http://www.aeimm.org.br>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Phase out of incandescent lamps: Implications for international supply and demand for regulatory compliant lamps**. Paris, 2010.

ÁREASEG. **Mercúrio**, 2016. Disponível em: <<http://www.areaseg.com/toxicos/mercurio.html>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

ARTESANATO E RECICLAGEM. **15 dicas de artesanato com lâmpadas queimadas**, 2016. Disponível em: <<http://www.artesanatoereciclagem.com.br/7990-15-dicas-de-artesanato-com-lampadas-queimadas.html>>. Acesso em: 20 out. 2016.

ATIYEL, S. **Gestão de Resíduos Sólidos: O caso das lâmpadas fluorescentes**. Rio Grande do Sul: UFRGSM, 2001.

BASTOS, Felipe. **Análise da política de banimento de lâmpadas incandescentes do mercado brasileiro**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

BULBOX. **Bulbox - Triturador e Descontaminador de Lâmpadas Fluorescentes**, 2007. Disponível em: <<http://www.bulbox.com.br>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

BRASIL. **Lei nº 12.305: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 23 ago. 2016.

CERRI, Alberto. **Adeus, incandescente**, 2010. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35-atitude/336-adeus-incandescente.html>>. Acesso em: 31 mai. 2016.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Armando. **Metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

DALLABRIDA, C; GONÇALVES, M.; PIOVESAN, R. **Análise comparativa da eficiência energética em lâmpadas incandescentes, fluorescentes e led**, 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/viewFile/4990/417>>. Acesso em: 06 jun. 2016.

DESCONTAMINAÇÃO. **Descontaminação e Reciclagem de Lâmpadas fluorescentes**, 2010. Disponível em: <<http://www.apliquimbrasilrecicle.com.br/servicos>>. Acesso em: 15 set. 2016.

ECOGERAIS. **Destino certo**, 2016. Disponível em: <<http://www.zoomambiental.com.br/ecogerais.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2016.

EDUCAR. **Fundamentos Teóricos**. Programa Educar – USP SC, 2016. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/optica/luz.htm>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

FARIAS, W. Aspectos **energéticos do descarte de lâmpadas de mercúrio no Brasil**. UNIFEI. Itajubá, 2010.

FERREIRA, Z. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e tubulares de led**, 2014.

FUPAI. **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. 3 ed. Itajubá, 2006.

GUEDE, A; SILVA, B; RANGEL, M. **LED – Iluminação de estado sólido**, 2009. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/0508_0224_01.pdf> Acesso em: 28 mai. 2016.

HG. **Hg Descontaminação**, 1998. Disponível em: <<http://www.hgmg.com.br/informacao.htm>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

HG. **Mercúrio**, 2006. Disponível em: <http://www.mspc.eng.br/quim1/quim1_080.shtml>. Acesso em: 25 jan. 2017.

IGNITRON, Wgr. **Pra que reator e inigtor**, 2011. Disponível em: <<http://blog.wgr.com.br/2011/12/para-que-reator-e-inigtor.html>>. Acesso em: 24 jan. 2017.

KONKERO. **Lâmpada incandescente, fluorescentes ou led: Qual a mais econômica**, 2014. Disponível em: <<https://www.konkero.com.br/financas-pessoais/gastar-menos/lampada-incandescente-fluorescente-ou-led-qual-usar>>. Acesso em: 26 out. 2016.

LOGÍSTICA. **Logística reversa de lâmpadas com mercúrio já existe**. O Estado de São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impreso,logistica-reversa-de-lampadas-com-mercurio-ja-existe,766402,0.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

MACHADO, Gleysson. **Decomposição da matéria orgânica**, 2016. Disponível em: <<http://www.portaldobiogas.com/decomposicao-da-materia-organica/>>. Acesso em: 29 ago. 2016.

MELO, Alessandro de; URBANETZ, Sandra Terezinha. TCC e Estágio em Pedagogia-trabalho em conclusão do curso em Pedagogia. Curitiba: Ibpx, 2009.

MRT SYSTEM. **About MRT**, 2007. Disponível em: <<http://www.mrtsystem.com/index.asp?page=59>>. Acesso em 08 jun. 2016.

NOVA, Ponte. **Reciclagem adequada de lâmpadas no Hospital Arnaldo Gavazza**, 2016. Disponível em: <http://www.folhadepontenova.com.br/vs/pt/pg_materia/?m=12866>. Acesso em: 10 jun. 2016.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**, 2014. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lb/luz/ld/Arquitetura/manuais/manual_lumino.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2016.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 3. Ed. Petrópolis: Vozes, 2010.

PEDROLO, Caroline. **MERCÚRIO**, 2010. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/quimica/elemento-mercurio/>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

PROCEL. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil – Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso – ano base 2005**. Classe residencial. Relatório Brasil, 2007. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={4A5E324F-A3B0-482A-B1CD-F75A2A150480}>>. Acesso: 08 jun. 2016.

RECICLAGEM SANTA MARIA. **Solução na coleta e destinação de resíduos sólidos industriais**, 2016.

RECITEC. **Reciclagem técnica do Brasil Ltda**, 2016. Disponível em: <<http://www.recitecmg.com.br/?pg=lampadas>>. Acesso em: 19 out. 2016.

RESIDENCIAL, Automação. **Iluminação dimerizada**, 2016. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/guiadigitalar/iluminacao/dimerizada>>. Acesso em: 24 jan. 2016.

SANCHES, Everton de Sá Segóbia. **Logística reversa de pós-consumo do setor de lâmpadas fluorescentes**, 2008. Disponível em: <<http://portal.anhemi.br/publique/media/artigo-conem2008.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

SANTIAGO, Emerson. **Mercúrio**, 2010. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/quimica/elemento-mercurio>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

SEGA, Pedro. **Led alia eficiência energética e economia**, 2017. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/led-alia-eficiencia-energetica-e-economia_9773_0_1>. Acesso em: 10 mai. 2017.

SINIR. **Logística reversa**, 2016. Disponível em: <<http://sinir.gov.br/web/guest/logistica-reversa>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

SCHRODER, Denise. **Descontaminação e reciclagem de lâmpadas**, 2011. (Documento não publicado)

SEMAD. **Lei nº 13.766, de 30 de novembro de 2000**. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=755>>. Acesso em: 09 jun. 2016.

SILVESTRE, THIAGO. **LED's. Revista do Meio Ambiente**, 25 de março de 2008. Disponível em: <<http://www.revistameioambiente.com.br/2008/03/25/leds/>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

SOUZA, J.R.; BARBOSA A.C. **Química Nova na Escola**: Contaminação por mercúrio e o caso da Amazônia, n.12, novembro de 2000.

TEIXEIRA FILHO, Vilmar. **Descarte e reciclagem de lâmpadas**, 2012. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/249.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

VARGINHA. **Decreto n° 7.156/2015 regulamenta a lei municipal n° 5.733, de 23 de julho de 2013**, 2015. Disponível em: <<http://www.varginha.mg.gov.br/legislacao-municipal/decretos/542-2015/12938-decreto-no-71562015-regulamenta-a-lei-municipal-no-5733-de-23-de-julho-de-2013>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

ANEXO A – Lei Municipal n° 5733

Art. 1º Ficam os estabelecimentos situados no Município de Varginha que comercializam lâmpadas fluorescentes, obrigados a colocar a disposição dos usuários lixeiras para o descarte e a coleta das referidas lâmpadas já usadas, para que posteriormente sejam destinadas para local ecologicamente adequado.

Parágrafo único. Os recipientes de coleta deverão ser instalados em locais visíveis e, de modo explícito, deverão conter dizeres que venham alertar e despertar a conscientização do usuário sobre a importância e necessidade do correto fim dos produtos e os riscos que representam à saúde e ao meio ambiente quando não tratados com a devida correção.

§ 1º As embalagens das lâmpadas usadas devem ser identificadas para não serem confundidas com as embalagens de lâmpadas novas.

§ 2º Os produtos descartados deverão ser mantidos intactos, de forma a evitar o vazamento de substâncias tóxicas, até a sua destinação final ou reciclagem.

§ 3º Os pinos de contato elétrico não poderão ser introduzidos nas lâmpadas para indicar aquelas inservíveis, pois os orifícios resultantes nos soquetes das extremidades das lâmpadas permitirão o vazamento de mercúrio no ambiente.

§ 4º O transporte de lâmpadas fluorescentes, tipo tubo, deverá ser feito em recipiente adequado, metálico ou de madeira, enquanto que o das lâmpadas fluorescentes tipo bulbo e circulares (de vapor de mercúrio, vapor de sódio, luz mista ou similar) poderá ser em tambores.

Art. 2º Os estabelecimentos indicados no artigo 1º, deverão, após o recebimento das lâmpadas descartadas, solicitar o recolhimento das mesmas pelas empresas que as distribuí e/ou revendem.

Art. 3º As empresas públicas e privadas, concessionárias de energia e as empresas de iluminação usuárias de lâmpadas fluorescentes que contêm mercúrio ficam obrigadas a adotar as medidas determinadas no artigo 1º deste Decreto.

Art. 4º Os estabelecimentos com pontos de coleta deverão afixar, em locais visíveis e de modo explícito, informações que visem a alertar e despertar a conscientização do usuário sobre a importância e a necessidade do descarte das lâmpadas e sobre os riscos que estas representam à saúde humana e ao meio ambiente, quando não tratadas adequadamente.

Art. 5º Poderá a Secretaria Municipal do Meio Ambiente – SEMEA, desenvolver programas de educação ambiental, a fim de conscientizar a população quanto aos cuidados

que devem ser tomados no manuseio do produto, especialmente no caso de lâmpadas quebradas.

Art. 6º Quando ocorrer quebra acidental, o local deverá ser aspirado, os cacos coletados e colocados em embalagem estanque, de preferência lacrada, a fim de evitar a contínua evaporação do mercúrio liberado.

Parágrafo único. O operador responsável pela limpeza do local deverá usar equipamento de segurança apropriado.

Art. 7º Competirá aos órgãos da Administração Municipal exercer o poder de polícia administrativa, fiscalizando o cumprimento das determinações previstas neste Decreto e aplicando as multas previstas.

Art. 8º O não cumprimento das disposições contidas nesta Lei sujeitará o estabelecimento infrator à multa, no valor de R\$ 678,00 (seiscentos e setenta e oito reais).

Art. 9º Os estabelecimentos terão prazo de 90 (noventa) dias, a contar da data de publicação deste Decreto para se adequarem aos seus termos.

Art. 10. Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.