



# Caracterização de Soquetes de Lâmpadas Fluorescentes Compactas

*DOS SANTOS, Emanuele Caroline Araujo<sup>1</sup>*

*PICOLI, Rita Catarina Flores<sup>2</sup>*

*CALHEIRO, Daiane<sup>3</sup>*

*MARQUES, André C.<sup>4</sup>*

*MORAES, Carlos Alberto Mendes<sup>5</sup>*

## SÚMULA

Desde 2001 o consumo de lâmpadas fluorescentes, no Brasil, vem crescendo 20% ao ano. Neste mesmo ano foram descartadas 80 milhões de lâmpadas fluorescentes, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX). Essas lâmpadas são classificadas como resíduo sólido Classe I - Perigoso, o que significa que seu descarte deve ser controlado, uma vez que a disposição incorreta pode gerar danos ao meio ambiente devido aos elementos tóxicos contidos nelas. Existem empresas que reciclam o tubo de vidro com mercúrio, porém estas lâmpadas fluorescentes compactas geram outro resíduo, o soquete. Este soquete contém metal, polímero e material cerâmico, além de uma placa de circuito impresso. É importante então encontrar um melhor aproveitamento desses materiais de alto valor agregado e que não podem ser descartados de forma inadequada. Para que seja possível o reaproveitamento ou a reciclagem desses materiais este trabalho tem como objetivo caracterizar os materiais contidos nos soquetes. Para desenvolver esta pesquisa, os soquetes foram pesados inteiros e, posteriormente desmontados para análise quantitativa e qualitativa como: Fluorescência de Raios-X, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia por Dispersão de Energia e Perda ao Fogo. Com os estudos e análises feitos espera-se encontrar uma alternativa adequada para esses materiais, que possuem alto valor agregado, como a reciclagem do vidro e do metal. O material cerâmico contido no soquete está sendo caracterizado para achar uma melhor alternativa de utilização. Percebe-se a importância da caracterização para poder reciclar esses materiais, uma vez que tratam-se de bens não renováveis e que podem causar danos ao meio ambiente.

**Palavras-chave:** Soquetes; lâmpadas fluorescentes; Caracterização de Materiais.

## Characterization of Compact Fluorescent Lamps Sockets

### Abstract

Since 2001 the annual consumption of fluorescent lamps, in Brazil, has grown 20%. In the same year 80 million were discarded fluorescent lamps, according to the Brazilian





Association of Lighting Industry. These lamps are classified as solid residue Class I-Dangerous, which means that their disposal must be controlled, since the arrangement may generate incorrect environmental damage due to toxic elements contained therein. There are companies that recycle the glass tube with mercury, but compact fluorescent lamps generate another residue, the socket. This socket contains metal, polymer and ceramic material, and a printed circuit board. It is important then to find a better use of these materials with high added value and can not be disposed of improperly. For that be possible reuse or recycling of these materials this research aims to characterize the materials contained in the sockets. To develop this research, the sockets were weigh integers and disassembled for quantitative and qualitative analysis as: X-Ray Fluorescence, Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive Spectroscopy and Loss an Ignition. With the studies and analyzes made one expects to find a suitable alternative to these materials, which have high added value, such as recycling of glass and metal. The ceramic material contained in the socket is being characterized to find a better alternative use. It was realized the importance of the characterization to be able to recycle these materials, since these are nonrenewable goods and can cause damage to the environment.

**Keywords:** socket, Materials Characterization, fluorescent lamps.

## 1. INTRODUÇÃO

Com a criação da Lei nº 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos), que atribui responsabilidades aos geradores de resíduos e ao poder público, a procura por novas alternativas sustentáveis para a destinação de resíduos vem sendo intensificada.

Essa política tem alguns princípios, como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto e o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania <sup>(1)</sup>.

Dentre os objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estão: a reciclagem de resíduos sólidos, o incentivo a indústria de reciclagem e a priorização da reciclagem, ao invés da disposição em aterros. Além disso, a PNRS deixa claro, na seção II Art. 30, que é de responsabilidade compartilhada a logística reversa do produto envolvendo os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos <sup>(1)</sup>.

O resultado dessa nova Lei é o aumento da preocupação, por parte das pessoas e das empresas, com o destino de seus resíduos. Hoje mais do nunca vem se falando em desenvolvimento sustentável e compreende-se que práticas como a reciclagem tornam-se essenciais para o mundo em que vivemos.

A geração de resíduos sólidos urbanos vem crescendo a cada ano, segundo a Abrelpe (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), em 2011, o Brasil gerou cerca de 61 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Porém, destes 61 milhões, 6,4 milhões de toneladas não foram coletados. Outro problema apontado pelo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, realizado pela Abrelpe em 2011, é o fato de que aproximadamente 41,94% são



destinados inadequadamente. Infelizmente esses 41,94% contêm também resíduos perigosos como lâmpadas fluorescentes <sup>(2)</sup>.

Desde o apagão de 2001, que ocorreu no Brasil, o consumo de lâmpadas fluorescentes vem crescendo, pois consomem menos energia do que as incandescentes. Hoje, 70% da iluminação artificial no mundo é feita com lâmpadas fluorescentes <sup>(3)</sup>. Além disso, após a publicação da Portaria Nº 1.007, de 31 de dezembro de 2001, pelo Ministério de Minas e Energia, que estabelece níveis mínimos de eficiência energética para lâmpadas incandescentes e, busca acabar com lâmpadas que não respeitam esses níveis até 2016, diminui gradativamente a fabricação dessas lâmpadas dando lugar as fluorescentes <sup>(4)</sup>.

Durão Júnior, Windmöller (2008) apontam que o Brasil comercializa cerca de 100 milhões de lâmpadas por ano <sup>(5)</sup>. Com o crescimento do consumo das lâmpadas fluorescentes cresce também o descarte das que já não funcionam mais.

Mombach, Riella, Kuhnen(2008) citam a Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX) ao comparar a mudança na quantidade de descarte de lâmpadas fluorescente, contendo metais pesados como o mercúrio, após as mudanças em 2001. Segundo os autores em 1998 48,5 milhões de unidades de lâmpadas de mercúrio foram descartadas, ao passo que em 2001 esse descarte passou para 80 milhões de unidades <sup>(6)</sup>.

Segundo Polanco (2007), as formas de destinação final, comumente utilizadas, para as lâmpadas fluorescentes usadas (inservíveis) são: aterros de resíduos sólidos (descarte em aterros com ou sem pré-tratamento), incineração juntamente com os resíduos urbanos, trituração e descarte sem separação dos componentes, encapsulamento e reciclagem (com recuperação de mercúrio). Dentre estas, a que predomina é a de descarte em aterros <sup>(7)</sup>.

Por apresentarem mercúrio em seu interior, as lâmpadas fluorescentes são classificadas conforme ABNT NBR 10004: 2004, como resíduo classe I – perigoso. Devido a isso, seu descarte deve ser controlado, caso contrário, pode causar risco à saúde pública e ao meio ambiente <sup>(8)</sup>.

A reciclagem do tubo de vidro e do mercúrio já é bastante conhecida, existem muitas empresas que trabalham com isso, porém esse processo não elimina todos os resíduos contidos em uma lâmpada fluorescente. O conceito adotado de recuperar e reciclar todos os materiais que constituem a lâmpada, em vez de simplesmente descartá-los, é muito importante, pois protege os aterros, evitando a formação de passivos ambientais <sup>(7)</sup>.

Da lâmpada pode-se reutilizar a poeira fosforosa, o vidro, o alumínio e o mercúrio <sup>(7)</sup>. Por se tratarem de materiais de alto valor agregado, bens não renováveis e que podem causar poluição, percebe-se a necessidade de uma logística reversa capaz de dar destino adequado a todos esses materiais.

Lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) possuem, além do tubo de vidro, um soquete (base) que contém materiais como metal, polímero, material cerâmico e uma placa de circuito impresso.

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho consiste em caracterizar estes materiais contidos em soquetes de lâmpadas fluorescentes para encontrar uma alternativa de reaproveitamento ou reciclagem destes materiais.

## 3. MÉTODOS

O fluxograma da Figura 1 apresenta o processo de desmontagem e caracterização dos soquetes no qual utilizaram-se análises como: Fluorescência de Raios X, Espectroscopia por Dispersão de Energia e Perda ao Fogo (conforme ABIFA).

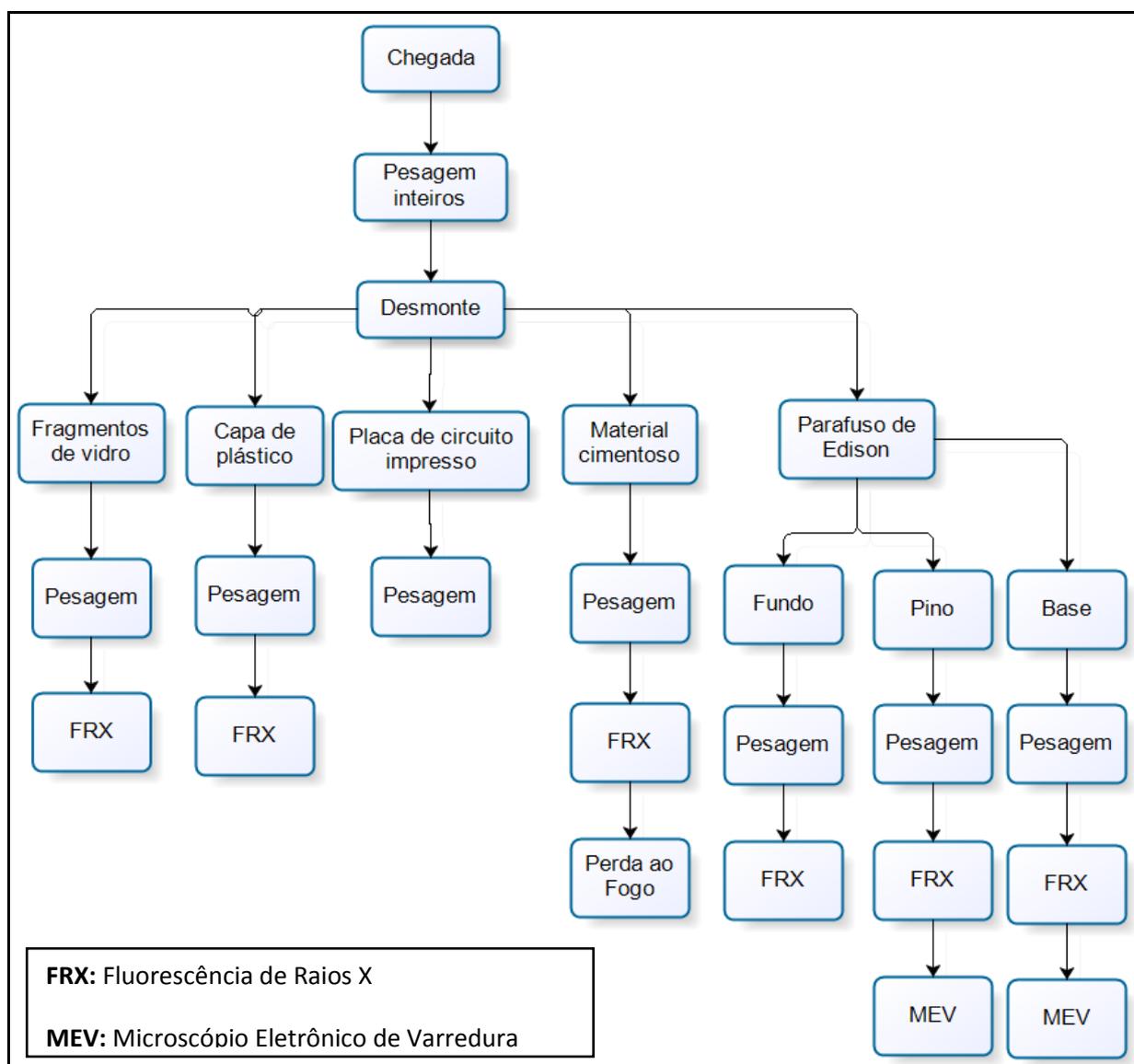


Figura 1: Fluxograma do processo.  
 Fonte: Autor



Assim que os soquetes foram recebidos no Laboratório de Caracterização e Valorização de Materiais da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, foram contados, total de 65 e pesados.

Num primeiro momento observou-se a necessidade de desmontar os soquetes para averiguar seu interior, e também para que cada parte pudesse ser analisada individualmente, foram desmontados seis soquetes de lâmpadas fluorescentes compactas de diferentes potências (40W, 45W, 65W, 25W, 15W e 22W).

Após o desmonte do soquete, cada parte foi pesada para que fosse possível quantificar o percentual de cada material. A balança utilizada foi semi-analítica da marca Bel Engineering.

Posteriormente, foi realizada análise de Fluorescência de Raios X em cada parte, e nos componentes eletrônicos também, com o objetivo de identificar qualitativamente os elementos presentes no soquete. A Fluorescência de Raios X é uma técnica não destrutiva que possibilita uma análise qualitativa (identificação dos elementos presentes numa amostra) permitindo estabelecer a proporção em que cada elemento se encontra presente POTTs (1992)<sup>(9)</sup>. O equipamento usado para as análises foi o Espectrômetro de Raios X por Energia Dispersiva, Modelo EDX 720 Shimadzu.

Foi utilizado Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) para determinar a espessura da base e do pino do parafuso de Edison (base padrão para fixação de lâmpadas). As peças foram cortadas na transversal e o aparelho utilizado para análise foi o modelo MEV EVO LS 15 BV da marca ZEISS. Neste mesmo aparelho foi possível analisar os elementos contidos nas mesmas com análise de Espectroscopia por Dispersão de Energia (EDS). Um Microscópio Eletrônico de Varredura utiliza um feixe de elétrons no lugar de fótons, utilizados em um microscópio óptico convencional, o que permite solucionar o problema de resolução relacionado com a fonte de luz branca. O MEV é um aparelho que pode fornecer rapidamente informações sobre a morfologia e identificação de elementos químicos de uma amostra sólida<sup>(10)</sup>.

Com relação ao material cerâmico, encontrado no soquete, constatou-se a necessidade de realizar uma análise de Perda ao Fogo para verificar quantidade de material orgânico e volátil contido no mesmo. Uma amostra de 1g foi submetida à estufa com temperatura de 105°C de 3 a 4 horas. O material foi então encaminhado ao Forno Mufla em temperatura de 950°C durante 3 horas até obter massa constante. O resultado dessa análise é a diferença do peso inicial e final<sup>(11)</sup>.

#### 4. RESULTADOS

Após o desmonte observou-se que os soquetes são divididos em três partes: capa de plástico, parafuso de Edison (mecanismo de fixação) e placa de circuito impresso conforme ilustra a Figura 2.

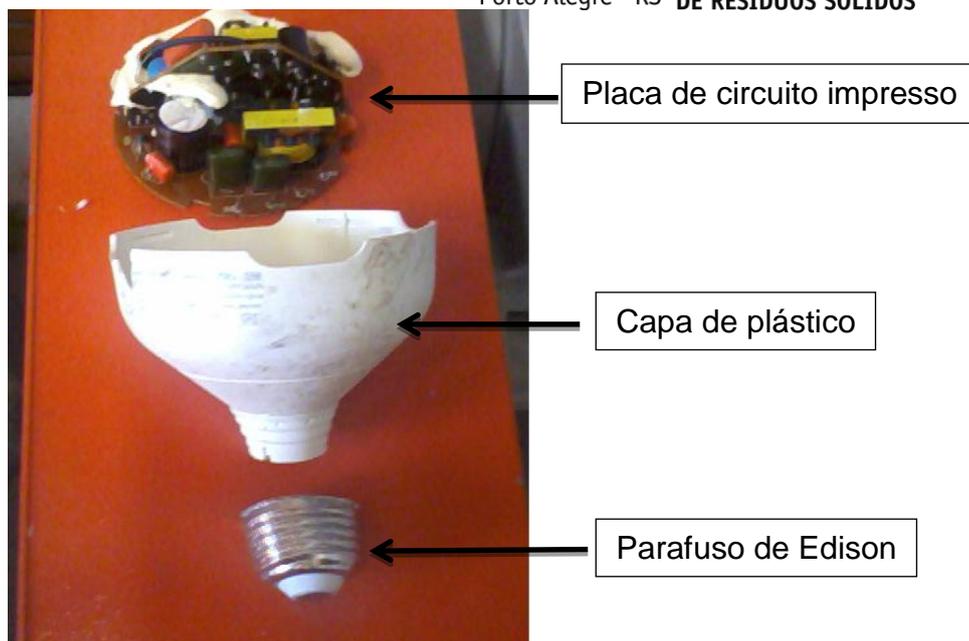


Figura 2: Lâmpada desmontada  
Fonte: Autor

Foram encontrados também fios, fragmentos de vidro e um material cerâmico colado pela capa de plástico. Foi possível também dividir o parafuso de Edison em pino, base, fundo de vidro ou fundo branco, Figura 3. O parafuso de Edison apresenta grande quantidade de material metálico e uma pequena de material plástico ou cerâmico conforme mostra a Figura 4.



Figura 3: Parafuso de Edison desmembrado  
Fonte: Autor



Figura 4: Dois tipos de parafuso de Edison  
Fonte: Autor

Após o desmonte do soquete, cada parte foi pesada para que fosse possível identificar a massa percentual de cada material como pode ser observado na Tabela 1.



Tabela 1: Percentual de massa em cada parte

Porcentagem de massa do soquete	
Plástico	32,69%
Placa de circuito impresso	54,10%
Parafuso de Edison (completo)	4,39%
Cimento	4,53%
Somente metal (Base + pino do parafuso de Edison)	1,92%
Fragmentos de vidro	3,01%

A análise de Fluorescência de Raios-X, em cada parte metálica e cerâmica, pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2: Resultado da caracterização química qualitativa via FRX.

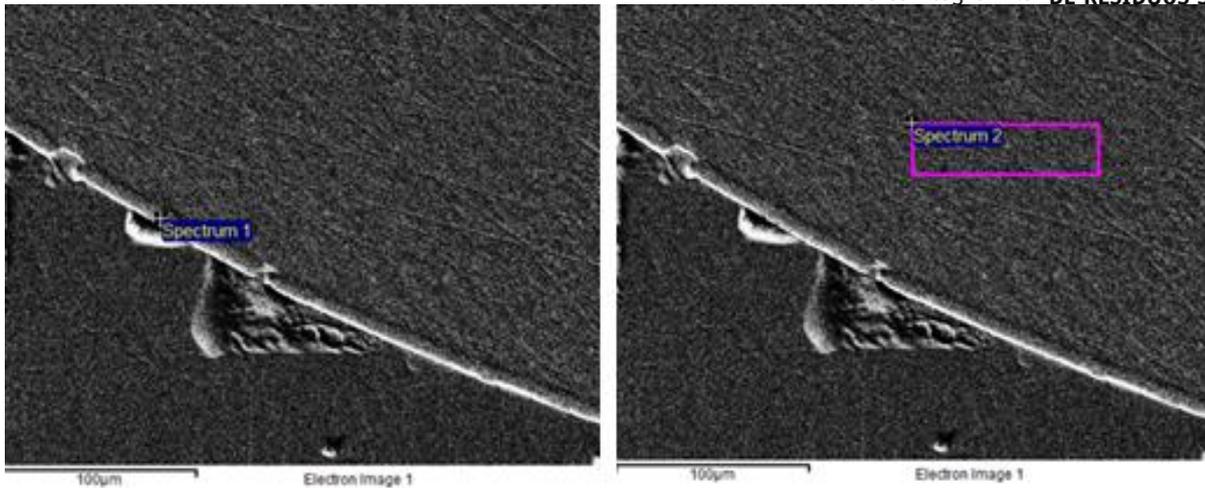
Descrição da amostra	Tipo de análise	Elemento majoritário	Elementos minoritários
Base do parafuso de Edison	Qualitativa	Ni	Zn
Pino parafuso de Edison	Qualitativa	Cu	Zn, Ni, Sn, Pb e Si
Material cerâmico	Qualitativa	Si	Al e Ca
Fundo de vidro	Qualitativa	Si	Ca, Mn, K, Fe, Ba e Cr

Na tabela 2 observou-se a presença majoritariamente de Níquel (Ni) na parte metálica, e Cobre (Cu) no pino.

A base de metal do parafuso de Edson possui 0,31mm de espessura. Porém para melhor quantificar a espessura, tanto dele quanto, do pino foi necessária uma análise em um Microscópio Eletrônico de Varredura.

Com o MEV pode-se observar que a base do parafuso Edison possui uma camada de acabamento com 7,542µm de espessura. Já no pino do parafuso de Edison a espessura encontrada foi de 0,91mm

A análise EDS permitiu constatar que a base do parafuso de Edison é composta predominantemente de Alumínio e que a camada de acabamento é de Níquel, como é possível observar na Figura 4 e na Tabela 3.



Figura

4: Imagem MEV da base do parafuso Edison cortada

Tabela 3: Análise química de EDS da base do parafuso Edison

	Espectro 1	Espectro 2			
<b>Elemento</b>	Ni	Mg	Al	Mn	Ni
<b>Peso%</b>	100	1,19	95,42	1,77	0,89

A Figura 5 e a Tabela 4 podem ilustrar a análise de EDS feita no pino do parafuso de Edison.

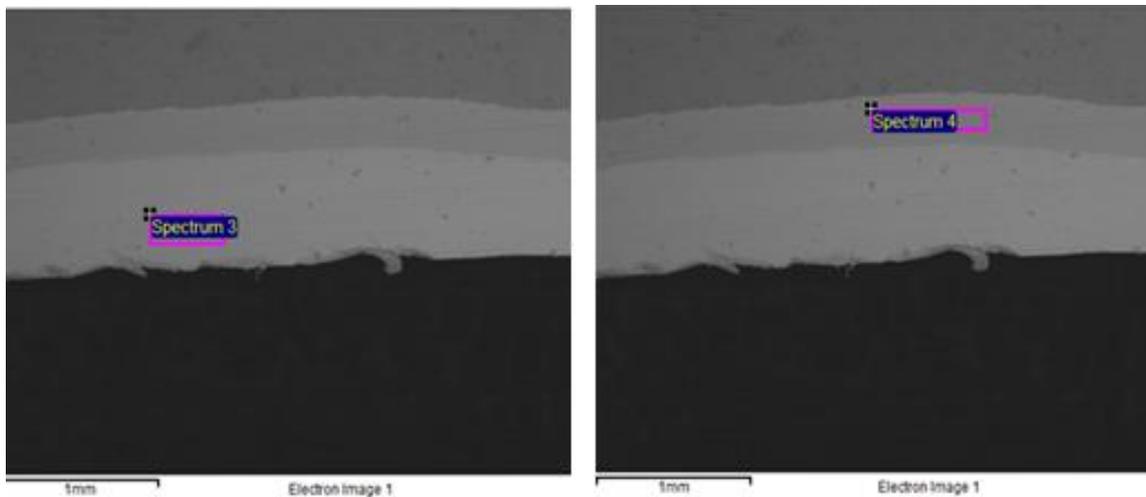


Figura 5: Imagem MEV do pino do parafuso Edison cortado na transversal.

Tabela 4: Análise química de EDS do pino do parafuso Edison

	Espectro3	Espectro4	
<b>Elemento</b>	Sn	Cu	Zn
<b>Peso%</b>	100,00	65,12	34,88



A Tabela 4 mostra presença de Zn e Sn além de Cu que já havia sido detectado no FRX. O material cerâmico apresentou 34,50% na análise de Perda ao Fogo.

## 5. CONCLUSÃO

A Tabela 1 mostra que 54,10% da massa de uma LFC é da placa de circuito impresso, pois é formada por vários componentes eletrônicos que são feitos de metais, cerâmicos e polímeros. A capa de plástico, apesar de ser muito fina, apresenta 32,69% da massa total da lâmpada. O parafuso de Edson contribui com 4,39% da massa do soquete, sendo que seu material metálico é de apenas 1,92%, os outros 2,47% são do outro material contido nele: vidro ou plástico. O total da massa da lâmpada é formado também pelo material cerâmico com 4,53% e de fragmentos de vidro com 3,01%.

A análise de FR-X mostrou, conforme a tabela 2, que a base do parafuso de Edison tem, como elemento majoritário, o Níquel. No pino o elemento majoritário foi o Cobre. O Fundo de vidro apresentou como elemento majoritário o Silício, o que era esperado, tratando-se de vidro. O cimento apresentou como elemento majoritário o Silício, somando-se a análise de Perda ao Fogo que resultou em 34,50%, significa que o Silício confere caracterização inorgânica a esse material.

Na análise feita com o MEV, na base de metal do parafuso de Edison, observou-se que o Níquel está presente apenas na superfície e, que em seu interior existe predominância de Alumínio. Ou seja, a peça é de Alumínio com banho de Níquel. Essa análise também foi feita no pino do parafuso de Edison, e o resultado indicou que o pino é formado de Zinco e Cobre, ou seja, latão. A presença de Estanho se deve ao fato de ser costumeiro usá-lo para cobrir metais protegendo-os da corrosão.

O soquete de lâmpada fluorescente mostrou-se como um resíduo de difícil separação, necessitando de força manual e cuidados no manuseio, pois ainda apresentavam fragmentos de vidro. Além disso, muitas partes não se descolavam e quebravam.

Seria interessante fazer também uma caracterização dos fragmentos de vidro encontrados. Sabe-se que o tubo de vidro já é reciclado e, esses fragmentos, se devidamente separados do restante do soquete, poderão ser reciclados também.

O fundo de vidro, do parafuso de Edison, também podem ser reciclados.

Outro resíduo encontrado, e que também pode ser reciclado, foi o fio de cobre, pois trata-se de um metal de muito valor.

As partes de metal do parafuso de Edison apresentam metais de grande valor agregado e grande aplicabilidade, o que torna a reciclagem desses metais extremamente vantajosa.

Os resultados das análises feitas foram satisfatórios, porém serão necessárias mais análises para caracterização de outros materiais encontrados no resíduo. Partes como a placa de circuito impresso, capa de plástico, fundo presente no parafuso de Edison e o cimento, ainda não foram totalmente caracterizados.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS e UNISINOS pela bolsa de iniciação científica de autores, ao ITT FUSE pela análise de MEV realizadas, e a empresa Apliquim Brasil Recycle pela doação dos soquetes.

## REFERÊNCIAS

- 1 BRASIL, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm)> Acesso em: 15 jan. 2013.
- 2 ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil). Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>> Acesso em: 20 jan. 2013.
- 3 PINTO, A. J. G. ; NUNES, B. R. ; ANTUNES, M. O. ; LEITE, R. B. Fator De Potência E Distorção Harmônica De Lâmpadas Fluorescentes Compactas. Revista Ciências do Ambiente On-Line, V. 4, n. 2, agosto de 2008.
- 4 BRASIL, PORTARIA INTERMINISTERIAL Nº 1.007, DE 31 DE DEZEMBRO DE 2010. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos\\_comite/cgiee/Portaria\\_Interministerial\\_nx\\_1007\\_2010.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/cgiee/Portaria_Interministerial_nx_1007_2010.pdf)> Acesso em : 15 jan. 2013
- 5 DURÃO JÚNIOR, W. A.; WINDMÖLLER, C. C. A Questão do Mercúrio em Lâmpadas Fluorescentes. Química Nova Na Escola, n. 28, maio de 2008.
- 6 MOMBACH, V. L.; RIELLA, H. G.; KUHNEN, N.C.O Estado Da Arte Na Reciclagem De Lâmpadas Fluorescentes No Brasil: Parte 1. Acta Ambiental Catarinense, V. 5, n. ½, jan./dez. 2008.
- 6 ABILUX - Associação Brasileira da Indústria de Iluminação. Disponível em: <<http://www.abilux.com.br/portal/>> Acesso em 20 jan. 2013.
- 7 POLANCO, S. L. C.; A situação da destinação pós-consumo de lâmpadas de mercúrio no Brasil. 2007. (Dissertação) – Escola de Engenharia Mauá do centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, 2007.
- 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004:2004 – Resíduos Sólidos – Classificação. Rio Janeiro: ABNT, 2004.
- 9 POTTS, P.J. Handbook of silicate rock analysis. Blackie & Son, 1992, p. 622.
- 10 DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- 11 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO. CEMP (Comissão de Estudos de Matérias Primas) nº 120: Materiais para Fundição – Determinação da Perda ao Fogo. São Paulo: ABIFA, 2003.