

ARTIGO

**Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Juiz de Fora**

João Luiz Cesarino Ferreira<sup>1,2</sup>

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho<sup>1</sup>, Universidade Salgado de Oliveira – UNIVERSO – Unidade Juiz de Fora<sup>2</sup>

Disponível *on-line* em [http://www.machadosobrinho.com.br/revista\\_online/index.php](http://www.machadosobrinho.com.br/revista_online/index.php)

**RESUMO:** A crescente geração de resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo vem desafiando gestores de várias áreas pela abrangência dos impactos gerados sejam eles ambientais, econômicos, sociais ou culturais. Este crescimento é decorrente da revolução tecnológica dos últimos anos que produz equipamentos em larga escala. Isto resulta em um aumento na quantidade e diversidade de equipamentos, que por se tornarem rapidamente obsoletos, representam hoje uma porcentagem significativa dos resíduos descartados. Estes resíduos são considerados perigosos pela sua composição diversificada, principalmente de metais pesados que causem sérios problemas ao ser humano, animais, vegetais, lençóis freáticos. O objetivo deste artigo foi determinar uma estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em Juiz de Fora e a partir destes dados, colaborar com o conhecimento sobre este tipo de resíduos e as possíveis soluções para minimizar seus impactos ao meio ambiente. Este trabalho foi desenvolvido através de revisão bibliográfica de artigos científicos relacionados ao tema proposto. Para atingir o objetivo do trabalho, foram levantados dados quantitativos para o Brasil quanto à geração, a quantidade e o peso dos materiais recicláveis e de substâncias tóxicas presentes. Posteriormente, foi feita uma estimativa destes valores para Juiz de Fora, sendo que a principal destinação dada pelos consumidores particulares para o descarte desses resíduos é a doação. Concluiu-se que as iniciativas de gerenciamento ambientalmente adequadas são oriundas de iniciativas privadas, visto que resíduos estão sendo manipulados sem as devidas precauções de saúde e segurança do trabalhador, bem como dispostos de forma irregular.

**Palavras-chave:** resíduos eletroeletrônicos, fluxo de resíduos, gerenciamento de resíduos, reciclagem.

**ABSTRACT:** The growing generation of electrical and electronic waste in Brazil and in the world has challenged managers in several areas by the scope of the impacts generated by them: environmental, economic, social or cultural. This growth is due to the technological revolution of the last years that produces equipment in large scale. This results in an increase in the quantity and diversity of equipment, which, since they become rapidly obsolete, represent a significant percentage of the discarded waste. These residues are considered hazardous due to their diversified composition, mainly of heavy metals that cause serious problems for humans, animals, plants and groundwater. The objective of this article was to determine an estimate of the waste stream of electrical and electronic equipment in Juiz de Fora and from this data, to collaborate with the knowledge about this type of waste and the possible solutions to minimize its impacts to the environment. This work was developed through a bibliographical review of scientific articles related to the proposed theme. To reach the objective of the work, quantitative data were collected for Brazil regarding the generation, quantity and weight of recyclable materials and toxic substances present. Subsequently, an estimate of these values was made for Juiz de Fora, and the main destination given by private consumers for the disposal of these

wastes is the donation. It was concluded that environmentally sound management initiatives come from private initiatives, since waste is being handled without proper worker health and safety precautions, as well as irregularly disposed of.

**Key-words:** waste electrical and electronic, waste stream, waste management, recycling.

## INTRODUÇÃO

Os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos – REEE estão em processo de plena expansão, inclusive nos países em desenvolvimento. A redução dos preços de vendas destes aparelhos elétricos e eletrônicos e a crescente inovação tecnológica e a diminuição do tempo de vida útil são alguns dos fatores que contribuem para o seu descarte. A preocupação quanto aos impactos ambientais desses resíduos se justifica pelo fato de que muitos dos REEE são descartados indevidamente. Alguns países importam REEE com o propósito de reutilizar equipamentos (exemplo: computadores que farão parte de programas de inclusão digital) ou aproveitam partes do equipamento devido ao valor econômico dos materiais envolvidos. Embora alguns dos equipamentos importados possam ser utilizados, de fato, segundo sua função de origem, outros são desmontados indevidamente causando sérios problemas ambientais (LIU *et al.*, 2006).

No Brasil há estudos que apontam para esse manuseio indevido em muitas associações de catadores de recicláveis, onde os trabalhadores, por não saberem do potencial tóxico de muitos materiais, recuperam os metais de forma artesanal (FRANCO, 2008).

Nos componentes dos dispositivos eletrônicos existem substâncias e materiais tóxicos como chumbo, cádmio, mercúrio, bifenilas policloradas (PCBs) e éter difenil polibromado (PBDE), assim como materiais que, ao serem incinerados em condições inadequadas, são precursores na formação de outras substâncias tóxicas como as dioxinas.

Nos países desenvolvidos este tema tem sido vastamente estudado, com a existência de regulamentações que incluem a responsabilidade do produtor sobre o gerenciamento dos seus produtos pós-consumo, assim como legislações sobre a restrição de uso de substâncias tóxicas na fabricação dos equipamentos eletrônicos. No Brasil ainda são escassas as pesquisas sobre o tema, principalmente no que diz respeito à gestão adequada para esses resíduos. Estudos apresentados por Rodrigues (2007) sobre o potencial de geração de REEE no Brasil para 2014 a 2018 mostraram média anual de geração que corresponde a 935.000 toneladas, representando esse total a média *per capita* de 4,56 kg/ano.

Sob a ótica legal, tem-se um avanço com a nova Lei dos Resíduos Sólidos – 12.305/2010 (BRASIL, 2010) sancionada em agosto de 2010 e ainda a ser regulamentada. A lei aponta os REEE como resíduos, em que, após o uso pelo consumidor de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes serão obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS (REE)

Em meio à enorme quantidade de resíduos sólidos gerados, um tipo específico merece um foco especial pela sua característica de periculosidade ao meio ambiente: são os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos, também denominados resíduos eletroeletrônicos (REEs), resíduos tecnológicos, e-resíduos ou popularmente lixo eletrônico.

Para Rodrigues (2007, p.93)

*(...) Lixo eletrônico é o nome dado aos resíduos da rápida obsolescência de equipamentos eletrônicos, que incluem computadores e eletrodomésticos, entre outros dispositivos. Tais resíduos, descartados em lixões, constituem-se num sério risco para o meio ambiente, pois possuem em sua composição metais pesados altamente tóxicos, como*

*mercúrio, cádmio, berílio e chumbo. Em contato com o solo estes metais contaminam o lençol freático e, se queimados, poluem o ar além de prejudicar a saúde dos catadores que sobrevivem da venda de materiais coletados em lixões.*

Os REEs são compostos por diversas substâncias, desde elementos químicos simples a hidrocarbonetos complexos. Das substâncias presentes os metais são os que se apresentam em maior quantidade chegando a representar mais de 70%. A tabela 1 mostra os principais componentes presentes nos diversos resíduos eletrônicos bem como a quantidade de cada um no total de resíduos.

<b>Componente</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Ferro	Entre 35 e 40
Cobre	17
Fibras e plásticos	15
Alumínio	7
Papel e embalagem	5
Zinco	Entre 4 e 5
Resíduos não recicláveis	Entre 3 e 5
Chumbo	Entre 2 e 3
Ouro	0,0002 a 0,0003
Prata	0,0003 a 0,001
Platina	0,00003 a 0,00007

Tabela 1. Composição de 01 tonelada de sucata eletroeletrônica mista (Adaptado de Rodrigues *apud* ELETROS (2016))

## A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ELETROELETRÔNICOS

A indústria de eletroeletrônicos no Brasil é representada por duas entidades setoriais:

1. A ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, fundada em 1963, representa no Brasil o setor eletroeletrônico. Possui mais de 600 indústrias nacionais e internacionais associadas, de diversos portes e segmentos às quais fornece suporte e subsídios para o desenvolvimento de suas atividades.

Devido a diversidade de linhas de produtos, na ABINEE, as indústrias estão distribuídas em dez sub-setores: Automação Industrial; Componentes Elétricos e Eletrônicos; Equipamentos Industriais; Geração; Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica; Informática; Material Elétrico de Instalação; Serviço de Manufatura em Eletrônica; Sistemas Eletroeletrônicos Prediais; Telecomunicações e Utilidades Domésticas Eletroeletrônicas.

2. A ELETROS é a associação representativa dos fabricantes de bens eletrônicos de consumo. Foi estabelecida em 1994 e tem como objetivo identificar e defender os interesses de seus associados e representá-los perante entidades públicas e privadas nacionais e internacionais. Possui entre seus associados as principais empresas fabricantes de eletrodomésticos e eletrônicos de consumo como a Arno, Black & Decker, BSH Continental, Electrolux, Esmatec, Evadin, JVC, LG Electronics, Mallory, Panasonic do Brasil, Philips/AOC, Samsung, Semp Toshiba, Sony e Tec Toy.

Em estudo recente encomendado pela Secretaria de Desenvolvimento da Produção do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) estimou os volumes de sucata de eletrônicos a ser produzido no Brasil (2014). E esse volume só tende a aumentar, com o uso mais intenso de computadores, celulares e aparelhos pela população. Em 2014 descartou 915000 toneladas desses resíduos, passando para 925000 já em 2016.

Os grandes centros urbanos – de acordo com o estudo, as 150 maiores cidades do país – irão gerar sozinhos dois terços desse volume. A organização dessas cadeias envolve não apenas as indústrias produtoras desses bens, mas também o poder público de diversas regiões.

Os rejeitos eletrônicos são classificados, para que se tenha idéia, em quatro grandes grupos, analisados pela tabela 2 de acordo com a ELETROS:

Linha	Aparelhos Eletrônicos
Branca	geladeiras, freezers, máquinas de lavar, fogões, condicionadores de ar e similares
Marrom	TVs e projetores os mais variados tipos e tamanhos, filmadoras, aparelhos de VHS, DVD e Blu-ray e aparelhos de som
Verde	microcomputadores, laptops, tablets, celulares e variações
Azul	pequenos eletrodomésticos, como batedeiras, secadores, ferros de passar, multiprocessadores, liquidificadores e similares

Tabela 2. Classificação dos aparelhos eletroeletrônicos (Adaptado de Rodrigues (2007))

A Figura 1 corresponde à representação da participação de cada equipamento/grupo na geração total de REEE.

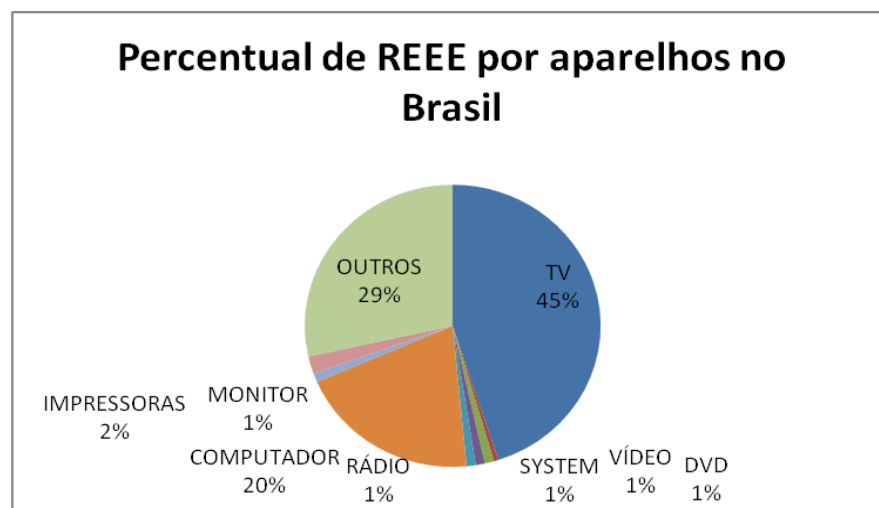


Figura 1. Percentual de REEE por aparelhos no Brasil (IBGE, 2016)

As placas de circuito impresso (PCI) fazem parte de todos os equipamentos eletrônicos e sua composição é bastante variada, contendo polímeros, cerâmicos e metais. A quantidade de metais, em especial o cobre, torna essas sucatas uma matéria-prima muito rica do ponto de vista econômico. A presença de chumbo em sua composição instiga estudos para sua reciclagem e reaproveitamento, visto que o chumbo é um metal pesado capaz de causar danos graves ao meio ambiente se indevidamente disposto.

Além do chumbo, ele pode conter uma imensa quantidade de outros componentes tóxicos como: o mercúrio, cádmio, arsênico, cobalto e muito outros. Os resíduos presentes no lixo eletrônico muitas vezes têm um alto valor, pois são compostos de metais pesados. Os televisores de telas planas, por exemplo, contêm ouro, platina, índio e rutênio, que são compostos de alto valor no mercado.

### OBJETIVO

Este estudo tem por objetivo conscientizar a população sobre o descarte de forma adequada dos aparelhos eletroeletrônicos ou uma possível reutilização dos mesmos, colaborando com o conhecimento sobre este tipo de resíduos, bem como as possíveis soluções para minimizar seus impactos ao meio ambiente.

## METODOLOGIA

A metodologia aplicada foi a da pesquisa descritiva. Método este onde se observa, registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos sem manipulá-los. O meio de realização da pesquisa foi por revisão bibliográfica, onde se obteve toda a fundamentação teórica a partir de livros, teses, dissertações, redes eletrônicas de acesso ao público em geral para que se pudesse obter o levantamento do estado da arte do tema e também para fundamentação teórica ou ainda para justificar os limites e contribuições da própria pesquisa.

## ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS DOMÉSTICOS NO BRASIL

Segundo a Diretiva 2002/95/CE (PARLAMENTO EUROPEU, 2003) são definidas dez categorias para os equipamentos eletroeletrônicos (EEE) que vão desde os pequenos eletrodomésticos até os distribuidores automáticos. Como as categorias de EEE são abrangentes, para esta pesquisa foram adotadas unidades de estudo segundo a Tabela 2. A Figura 2 relaciona os valores dos REEE em milhões de toneladas por ano entre 2014 e 2018 para o Brasil.



Figura 2. Média anual de resíduos eletroeletrônicos no Brasil (IBGE, 2016)

## EXTRAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Utilizando dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, de amostra de domicílio (IBGE, 2010) para os refrigeradores e congeladores, aparelhos de televisão e computadores. Para os telefones celulares, foram adotados os dados fornecidos pelo Relatório da Agência Nacional de Telecomunicações – Acessos/ Plano de Serviço/Unidade de Federação (ANATEL, 2011).

## DIAGNÓSTICO DO FLUXO DE REEE DOMÉSTICO NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA

O município de Juiz de Fora está situado na região sudeste Estado de Minas Gerais, com extensão territorial de aproximadamente 1437 km<sup>2</sup> e população de 550710 habitantes, segundo dados do IBGE (2010). A qualidade de vida de sua população, se vista pelo índice de desenvolvimento humano (IDH-M) 0,778, é acima da média brasileira (0,730), o que se traduz no desenvolvimento de um mercado de consumo com elevado potencial de geração de resíduo.

Estimando a geração de REEE, foi realizada através da quantidade e o peso dos materiais recicláveis e de substâncias tóxicas presentes em diferentes equipamentos e diagnosticar o fluxo dos REEEs do município de Juiz de Fora.

Em Juiz de Fora estimasse uma geração de resíduos de 12,55 milhões de toneladas entre os anos de 2014 e 2018, somente entre aparelhos de refrigeração, televisores, computadores pessoais e telefones celulares, o que leva a pensar em uma quantidade maior de geração de resíduos. Números esses subestimados, uma vez que dados sobre produção, venda e tempo de vida útil dos equipamentos é limitado.

Esse número expressivo de posse de bens de consumo duráveis induziu a questionar o destino dado a esses produtos quando não são mais úteis a seus possuidores – pós-consumo, além de como esses resíduos estavam sendo gerenciados e por que esses resíduos necessitam de uma gestão especial. Dessa forma, o presente trabalho objetivou obter um diagnóstico do fluxo dos REEE do município de Juiz de Fora, Minas Gerais.

A cidade de Juiz de Fora teve seu primeiro aterro sanitário inaugurado em 30 de maio de 2005, sendo, antes, todo o lixo gerado na cidade destinado aos “lixões” e aterros controlados. O mesmo aterro sanitário, tendo sido construído num local que abrigava um lixão, teve sua vida útil prejudicada, sendo encerrado em 2010, apenas cinco anos depois. Em substituição e, projetado para durar 25 anos, a Central de Tratamento de Resíduos, com capacidade para receber 530 toneladas de resíduos por dia foi inaugurada em seguida, no distrito de Dias Tavares, a 25 km do centro de Juiz de Fora.

Em Juiz de Fora, de acordo com o responsável pelo setor de Educação Ambiental e Coleta Seletiva do Departamento Municipal de Limpeza Urbana, não há recolhimento desse lixo por parte das empresas produtoras. Assim, o trabalho é feito pelo DEMLURB, através da coleta seletiva.

A Central de Tratamento de Resíduos possui aterro sanitário, estação de tratamento de efluentes. Juiz de Fora possui, também, uma usina de reciclagem, no bairro Santa Cruz, próximo à BR-040, com módulos para seleção de materiais recicláveis e trituração de material orgânico. Em 2008, a prefeitura passou o controle da usina para a Associação Municipal dos Catadores de Papel, Papelão e Materiais Reaproveitáveis de Juiz de Fora (ASCAJUF), que possui cerca de 40 associados. Com isso, a usina passou a receber, também, materiais recicláveis adquiridos por meio da coleta seletiva realizada na cidade desde 2010 (DEMLURB, 2016).

A Figura 3 relaciona os valores em milhões de toneladas por ano entre 2014 e 2018 para a cidade de Juiz de Fora, relacionando a estimativa do Brasil. Visto que a cidade de Juiz de Fora está entre os maiores municípios do país, fazendo frente ao seu desenvolvimento.

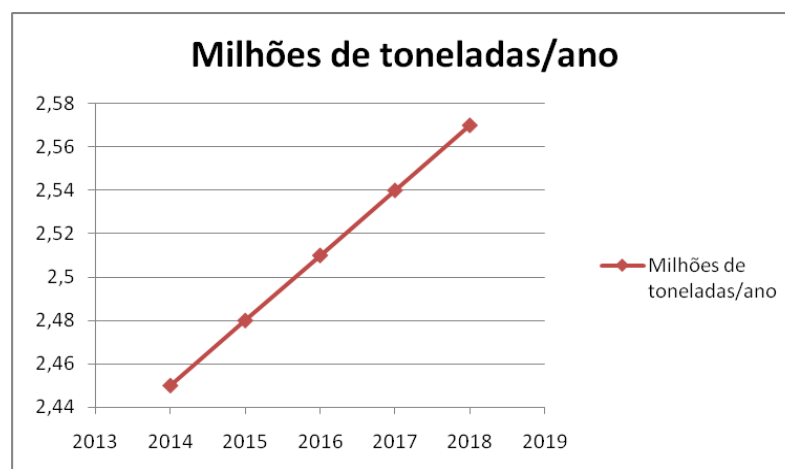


Figura 3. Média anual de resíduos eletroeletrônicos na cidade de Juiz de Fora (IBGE, 2016)

Após delimitar a área de estudo foram identificados os atores envolvidos na cadeia pós-consumo desses equipamentos, sendo: consumidores particulares; empresas que comercializam materiais recicláveis; cooperativas de catadores de materiais recicláveis; empresas de triagem e descaracterização; locais de disposição final e órgãos gestores municipais, estaduais e federais.

Para amostragem dos ‘consumidores particulares’, optou-se por amostras probabilísticas, que são selecionadas por critérios subjetivos do pesquisador, de acordo com os objetivos do estudo, sendo obtidas a partir de conceitos estatísticos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de revisão bibliográfica foi possível verificar o impacto que o lixo eletrônico causa no meio ambiente e a falta de percepção deste problema por parte dos responsáveis pela geração dos mesmos. Os problemas ambientais causados pelo descarte inapropriado de resíduos

eletroeletrônico são extremamente graves, visto seu potencial de contaminação do meio ambiente. Os danos causados podem ou não serem permanentes, porém é necessário ressaltar que sua intensidade vem crescendo proporcionalmente ao aumento da quantidade de material descartado.

Como dentro de uma própria empresa ou residência é impossível realizar uma reciclagem destes componentes, sugere-se que ao menos seja feita a sua separação através de critérios como toxicidade, composição física, utilidade, dentre outros. Finalmente enviá-los a empresas que possam realizar a reciclagem de maneira correta e segura, sem prejudicar o meio ambiente. É bom ressaltar que, “Mesmo a incineração destes resíduos, fornos de microondas, baterias, copiadoras ou secadores podem liberar toxinas” (DOYLE, 2007).

O alto custo da coleta e transporte do resíduo eletroeletrônico até as empresas recicladoras pode ser compensado pelo reaproveitamento de certos componentes, como o ouro presente nos circuitos integrados, ou o cádmio de baterias e pilhas, que possuem alto valor de mercado. Hoje nota-se que não há conhecimento de como manipular o REE, o que é feito geralmente em condições precárias.

A Prefeitura da cidade de Juiz de Fora já estuda junto ao setor empresarial formas adequadas de descarte e ações para conscientização da população.

A mudança deverá ocorrer por conta de uma sanção publicada recentemente pelo Governo do Estado, no Diário Oficial de Minas Gerais, e que altera as regras da coleta seletiva de lixo.

Como já existe uma política pública, um balizamento legal, falta apenas maior incentivo do governo para a implementação de programas voltados à reciclagem desse tipo de resíduo, a exemplo da reciclagem do resíduo doméstico como latas de alumínio, vidro e papéis. Hoje nota-se que não há conhecimento de como manipular o REEE. O que é feito, geralmente o é em condições precárias.

Segundo o documento, os usuários deverão entregar os produtos aos estabelecimentos que os comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada para repasse aos fabricantes ou importadores. Esses, por sua vez, serão responsáveis pelos procedimentos de reutilização, reciclagem e tratamento ou disposição final adequada.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Eletro Eletrônica. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br>> Acesso em 12 de novembro de 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR -10004. Resíduos Sólidos Classificação, 2004.

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações. Disponível em: <[http://www.anatel.gov.br/dados/index.php?option=com\\_content&view=article&id=283](http://www.anatel.gov.br/dados/index.php?option=com_content&view=article&id=283)> Acesso em 01 de novembro de 2016.

ASCAJUF – Associação Municipal dos Catadores de materiais Recicláveis e Reaproveitáveis de Juiz de Fora. Disponível em: <<http://www.rotadareciclagem.com.br/cooperativa/3467> > Acesso em 17 de outubro de 2016.

BRASIL. Lei Federal Nº 12.305/2010 de 02 de agosto de 2010 – Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010. 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 03 de outubro de 2016.

DEMLURB – Departamento de Limpeza Urbana de Juiz de Fora. **Dados estatísticos**. Disponível em: < <http://www.demlurb.pjf.mg.gov.br/> > Acesso em 12 de setembro 2016.

DOYLE, Alister. **Nova aliança para combater as montanhas de lixo eletrônico**. Disponível em: <<http://www.hsm.com.br/canais/notic.php?marcabusca=reciclagem#marcabusca>> Acesso em 25 de novembro de 2016.

ELETROS – Associação Nacional de Fabricantes de produtos eletroeletrônicos. Disponível em: <<http://www.eletros.org.br>> Acesso em 17 de outubro de 2016.

FRANCO, R.G.F. **Protocolo de referência para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte**. Dissertação – Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 162p. 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Dados do Censo 2010, Publicados no Diário Oficial da União**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/apps/mapa/>> Acesso em 12 de novembro de 2016.

LIU, X., TANAKA, M. & MATSUI, Y. Electrical and Eletronic Waste Management in China: progress and barriers to overcome. **Waste Management Research**, v. 24, p. 92-101, 2006.

PARLAMENTO EUROPEU. **RoHs – Directiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003**: relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos, 2003.

RODRIGUES, A.C. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. Dissertação – Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. São Paulo, 2007.