

ANÁLISE DO FLUXO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS EM BELO HORIZONTE E REGIÃO

Samuel França Duarte (*), Sarah Moreira de Almeida, Renato de Carli Almeida Couto, Cinthia Versiani Scott Varella, Raphael Tobias Vasconcelos Barros.

* Estudante de Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: samuelduarte50@hotmail.com

RESUMO

Os avanços tecnológicos e a diminuição do tempo de vida útil dos equipamentos eletroeletrônicos têm ocasionado maior geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) e a maior demanda na extração de recursos naturais. A cidade de Belo Horizonte (MG) possui um grande potencial de geração desses resíduos. No Brasil, reforçados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 (PNRS), os estudos são poucos diante da complexidade atrelada a estes resíduos. Visando a valorização dos REEE, um grupo de pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), elaborou este estudo, focado em analisar os principais fluxos de REEE em Belo Horizonte e região, a partir da identificação e caracterização dos atores que estão envolvidos nos processos a que os REEE são submetidos, segundo aspectos técnicos, socioambientais e econômicos. O trabalho baseou-se na identificação dos atores e levantamento de dados relacionados à cadeia dos REEE, através de revisão bibliográfica e busca por empresas em documentos oficiais e nos bancos de dados do Sistema de Informação Ambiental (SIAM), da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) de Minas Gerais; coleta de informações complementares através de pesquisas em sítios eletrônicos. As informações foram armazenadas em um banco de dados. Os resultados foram sistematizados e analisados através de fluxogramas e mapas. Verificou-se que em Belo Horizonte não existe um sistema formal de gestão dos REEE. O fato do mercado reger a recuperação dos REEE traz algumas consequências para o sistema: limita a quantidade de REEE reciclada e os materiais contaminantes, como as baterias dos celulares, “desaparecem” no processo de reciclagem, pressupondo-se que estão sendo descartadas de maneira inapropriada. Conclui-se, portanto, que os REEE, até por seu eventual componente de perigo, enquadram-se numa categoria que exige uma gestão mais aprimorada, ainda que o mercado não precifique esta iniciativa a contento. Os resíduos provenientes de eletroeletrônicos fazem parte de uma categoria que exige de aparelhos de gestão mais aprimorados, visando evitar os riscos da disposição inadequada ao ambiente e o retorno da matéria ao processo produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de REEE, Logística reversa, Reciclagem, Geração de resíduos, Fluxo de REEE.

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos e a diminuição do tempo de vida útil dos equipamentos eletroeletrônicos (EEE), nos últimos anos, têm ocasionado maior geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) e a maior demanda na extração de recursos naturais (BARROS, 2012). A sua gestão vem recebendo maior atenção nos últimos anos. Isso se dá, principalmente, pelo seu valor comercial significativo e pela presença de substâncias potencialmente danosas à saúde humana e ao meio ambiente em sua composição. Entre os componentes mais comuns estão substâncias tóxicas como mercúrio, chumbo, cádmio, bifenilas policloradas (PCB's), entre outras (ROMAN, 2007).

Os EEE são todos os produtos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos, podendo ser divididos em quatro categorias principais:

- Linha Branca: refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar;
- Linha Marrom: monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras;
- Linha Azul: batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras;
- Linha Verde: computadores desktop e laptops, acessórios de informática, tablets e telefones celulares.

Embora a composição dos REEE dependa de cada equipamento que o compõe, ela pode ser dividida em seis categorias: Ferro e aço, usado em gabinetes e molduras; Metais não-ferrosos, principalmente cobre usado em cabos e alumínio; Vidros, usados nas telas e displays; Plásticos, usados em gabinetes, revestimentos de cabos e circuito impresso; Dispositivos eletrônicos montados em circuito impresso; Outros, borracha, madeira, cerâmica etc (FEAM, 2009).

Segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente, no levantamento realizado em 2009 a geração de REEE em Minas Gerais apresentada foi de 68633 t/ano. A cidade de Belo Horizonte (MG), com território de 335 km² e população de 2.412.937 habitantes (IBGE, 2014), possui um grande potencial de geração desses resíduos. Com base nos dados do CMRR (2010), foi estimada uma geração de aproximadamente 9.052 t/ano de REEE em Belo Horizonte e região, em 2014, considerando telefones celulares, televisores e computadores (Barros *et al.*, 2014).

Porém o que se observa do contexto dos REEE na região é principalmente a falta de políticas públicas para a gestão e um mercado ainda pouco desenvolvido, muitas vezes informal, para sua coleta, reciclagem e destinação. No Brasil, como é definido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 (PNRS), a Lei Nacional nº 12.305/2010, os resíduos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são obrigados a aplicar sistemas de logística reversa, garantindo a coleta e destinação dos produtos.

A disposição inadequada dos REEE acarreta impactos ambientais negativos, assim como significativa perda econômica, pela não valorização de materiais recicláveis presentes na composição dos aparelhos (FRANCO & LANGE, 2011). Essas são questões importantes e que merecem especial atenção da sociedade, do poder público e de todas as entidades envolvidas na geração e gestão de REEE. Entretanto, os estudos ainda são poucos diante da complexidade atrelada a estes resíduos.

OBJETIVO

Este trabalho tem como foco central analisar os principais fluxos de REEE em Belo Horizonte e região, a partir da identificação e caracterização dos atores que estão envolvidos nos processos a que os REEE são submetidos, segundo aspectos técnicos, socioambientais e econômicos.

METODOLOGIA

O estudo abrange o município de Belo Horizonte e as cidades conurbadas. O levantamento dos dados apresentados ocorreu desde o início do projeto de pesquisa em junho de 2013 até setembro de 2015. Para elaboração da pesquisa foi realizada a identificação dos atores e levantamento de dados relacionados à cadeia dos REEE, através das seguintes fontes:

- Revisão bibliográfica e pesquisas em publicações e documentos oficiais;
- Busca por empresas licenciadas cadastradas no Sistema de Informação Ambiental, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) de Minas Gerais;
- Indicações a partir das entrevistas semiestruturadas realizadas por contatos telefônicos e visitas técnicas;
- Coleta de informações através de pesquisas em endereços eletrônicos.

Após a identificação, as informações foram sistematizadas através de tabelas e representações gerais por meio de fluxogramas e mapa. Permitindo a análise posterior dos dados.

RESULTADOS

Várias atividades e atores da cadeia dos REEE puderam ser identificados. Sendo eles: Reuso e recondicionamento; Coleta; Coleta, triagem e descaracterização de REEE; Beneficiamento e transformação; Destinação final. As informações obtidas foram sistematizadas e apresentadas na Tabela 1, constituindo um banco de dados em constante atualização.

Tabela 1. Sistematização das informações levantadas relacionadas aos REEE.

Atividades	Atores	Número de Empresas Identificadas
Reuso e acondicionamento	Organizações assistenciais e públicas	3
	Oficinas de reparação	116
Coleta	Gerenciamento de resíduos industriais	6
	Fabricantes	-
	Leilões	-
	Distribuidores	-
	Entidades especializadas em coleta de REEE	1
Coleta, triagem e descaracterização de REEE	Associações de catadores	12
	Sucateiros e Ferro-velho	3
	Empresas especializadas em REEE	4
Beneficiamento e transformação	Processamento de PCI*	1
	Processamento de metais proveniente de REEE	3
	Processamento de plásticos proveniente dos REEE	1
	Processamento de vidro proveniente dos REEE	-
	Processamento de pilhas e baterias	-
Destinação final	Aterro Industrial	1
	Aterro Sanitário	2
	Entreposto (URPV**)	34
	Disposições inadequadas (clandestinas)	-

*PCI (Placa de Circuito Impresso); **URPV (Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes).

Identificaram-se os atores localizados em Belo Horizonte e região, entretanto, existem empresas instaladas em outros estados que também coletam e processam os materiais gerados na cidade. Após o momento em que são gerados, os REEE podem seguir por três caminhos: acondicionamento, cadeia da reciclagem ou destinação final, que consiste em aterros sanitários e especiais, lixões ou pontos inapropriados. O destino dos REEE varia de acordo com suas fontes geradoras, que podem ser classificadas em instituições públicas ou privadas e consumidores.

Os consumidores, comumente, geram tais resíduos de forma pulverizada, em pequenas quantidades, o que aumenta o custo do processo de logística reversa. Segundo a PNRS de 2010, os consumidores também são responsáveis pelos REEE e deveriam encaminhar os materiais, mas observa-se o desconhecimento em relação às possíveis destinações adequadas, além de desacordos com empresas privadas, causados pelos preços cobrados pelos serviços de coleta e destinação.

No caso do acondicionamento (recuperação), os aparelhos descartados são processados pelas oficinas de reparação de equipamentos eletroeletrônicos ou seguem para a metarreciclagem, que consiste na desconstrução e reconstrução da tecnologia, sendo processados principalmente por instituições públicas ou por Organizações Não Governamentais (ONG's). Parte das oficinas comercializam os resíduos para outros agentes da cadeia da reciclagem, como catadores autônomos, sucateiros e ferros-velhos, ou os destinam para a coleta convencional realizada pelo município, junto aos resíduos domésticos. Foram identificadas três entidades que trabalham com o acondicionamento de equipamentos de informática, duas vinculadas à Prefeitura e uma ONG. Elas recebem os equipamentos por meio de doações de entidades públicas, privadas e de consumidores. Os computadores recuperados são doados para entidades com fins sociais, tais como projetos de inclusão digital, escolas e centros comunitários. Os rejeitos são encaminhados para empresas

recicladoras, aqueles que têm valor são direcionados para a reciclagem, os outros são destinados, em geral, a aterros sanitários.

A cadeia de reciclagem de REEE é um setor que possui elevada informalidade, 30% dos atores seriam informais (KOBAL *et al.*, 2013). Todo o processo pode ser compreendido através das etapas de geração, coleta, descaracterização e beneficiamento/transformação, simplificadas na Figura 1.

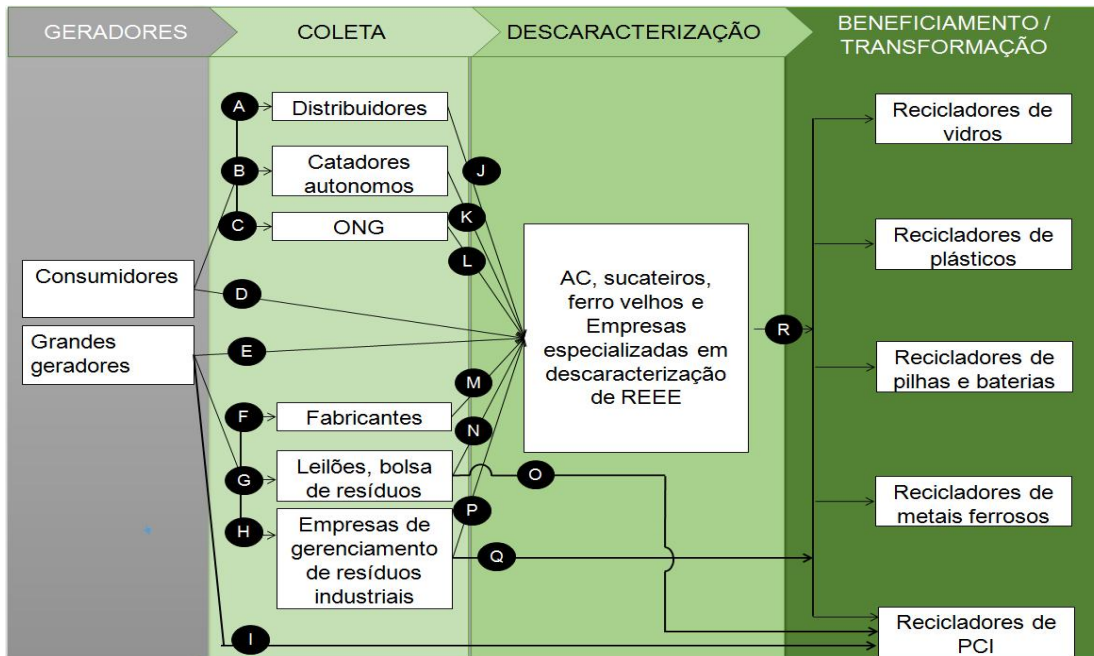


Figura 1: Fluxograma das relações entre atores da cadeia de reciclagem de REEE. Fonte: Barros *et al.*, 2015.

Aquilo que é gerado por consumidores são direcionados para:

- [A] Distribuidores e comerciantes: os consumidores, segundo a PNRS devem devolver os REEE após o uso, a esses. Este ainda não é um canal logístico relevante em Belo Horizonte, embora alguns comerciantes e distribuidores recebam alguns tipos de REEE (como as lojas que comercializam celulares [J]);
- [B] Catadores autônomos: são indivíduos que coletam e vendem os REEE gerados por terceiros. Como esse é um processo informal e que envolve muitas pessoas dispersas geograficamente, é difícil localizar esses atores e estimar quantidades, embora eles sejam fornecedores importantes de para o elo subsequente do processo;
- [C] ONG: é uma Organização Não Governamental que possui ecopontos (locais específicos para recebimento de resíduos) e faz campanhas de recolhimento de REEE;
- [D] Associações e Cooperativas de Catadores (AC): entidades que processam materiais recicláveis provenientes da coleta seletiva da Prefeitura de Belo Horizonte. Existem consumidores que destinam de forma equivocada alguns tipos de REEE junto com os materiais recicláveis. Na cidade existem seis delas. A quantidade de REEE processada por esses grupos é baixa.
 - Sucateiros e ferros-velhos: compram os REEE de catadores autônomos [K], de consumidores [D], de empresas privadas [E] e de outros sucateiros menores, descaracterizam e depois os comercializam para empresas beneficiadoras e transformadoras [R]. Esses atores processam grande parte do REEE gerado em BH; devido à informalidade do setor, a quantificação desses atores fica comprometida.
 - Empresas especializadas em descaracterização de REEE: foram identificadas quatro empresas, duas na cidade, uma com sede no estado de São Paulo e unidade em BH, e a última, uma multinacional que possui dois galpões de estoque, descaracterização e triagem de placas de REEE na região.

Os materiais provenientes grandes geradores seguem para:

- [E] Sucateiros, ferros-velhos e empresas especializadas na descaracterização de REEE;



- [F] Fabricantes: identificou-se que alguns fabricantes possuem uma estrutura de logística reversa, oferecendo aos seus clientes, entidades públicas e privadas, a coleta depois de finalizado a vida útil dos equipamentos fornecidos por elas.
- [G] Leilões: as empresas que organizam leilões, assim como o projeto Bolsa Resíduos da FIEMG, promovem a venda dos REEE, geralmente para sucateiros, ferros-velhos, empresas especializadas em descaracterização [N] e para recicladores de PCI [O], atuando na etapa de coleta.
- [H] Empresas de gerenciamento de resíduos industriais: coletam e comercializam para empresas especializadas em descaracterização de REEE [P] e algumas atuam também na descaracterização de REEE, comercializando os materiais para recicladores [Q].
- [I] Recicladores de PCI: compram os materiais das empresas que descaracterizam e coletam [R], também compram por meio de leilões e de bolsa de resíduos [O] e fazem contratos com grandes geradores para garantir matéria-prima direto da fonte [I].

Não existem políticas públicas municipais, estaduais e federais relativas a esta atividade que estejam funcionando na prática. Sendo assim, os REEE que seguem para a cadeia da reciclagem estão sujeitos somente às questões mercadológicas.

São estabelecidas as seguintes estratégias para a coleta de materiais gerados pelos consumidores: compra, pontos fixos de coleta, campanhas de recolhimento, coleta domiciliar, coleta por catador e coleta seletiva porta-a-porta.

Todos os agentes fazem a descaracterização dos materiais manualmente, exceto as empresas de processamento de metais ferrosos. Observa-se a compra de materiais já sem alguns componentes contaminantes, como baterias, bobinas de cobre e tubos de raios catódicos. Dessa forma, os indivíduos envolvidos transferem para os geradores e para os atores da coleta a responsabilidade pelos resíduos mais perigosos. Catadores autônomos realizam essa atividade pelas ruas, retirando os materiais com valor dos REEE e descartando as carcaças e os materiais contaminantes sem cuidados adequados.

Os diferentes componentes vão seguir processos distintos. É preciso analisar os processos por materiais, dividindo em PCI, metais e plásticos. Vidros, pilhas e baterias acabam seguindo para a destinação final, muitas vezes, já que não existem empresas recicladoras na região.

As PCI e os processadores são os componentes mais valiosos. Existe apenas uma empresa em Belo Horizonte e região que processa PCI, realizando a separação dos componentes e os processos químicos visando à produção de ligas metálicas. Há ainda alguns atores informais que retiram metais nobres das placas utilizando procedimentos perigosos e substâncias proibidas.

Foi identificada a dificuldade na comercialização de plástico, indicando que existe significativa informalidade. Não existem muitas empresas no setor e o valor desse material no mercado é baixo. Identificou-se apenas uma empresa que processa os resíduos plásticos provenientes de uma empresa produtora de EEE, ou seja, resíduo pré-consumo. Alguns atores que descaracterizam REEE encaminham os plásticos para o processo de coprocessamento nas indústrias cimenteiras, onde são utilizados como combustível para produção.

Na Figura 2 é apresentado um dos mapas com a localização dos principais pontos que interferem na gestão de REEE na área em estudo, obtidos durante os levantamentos.

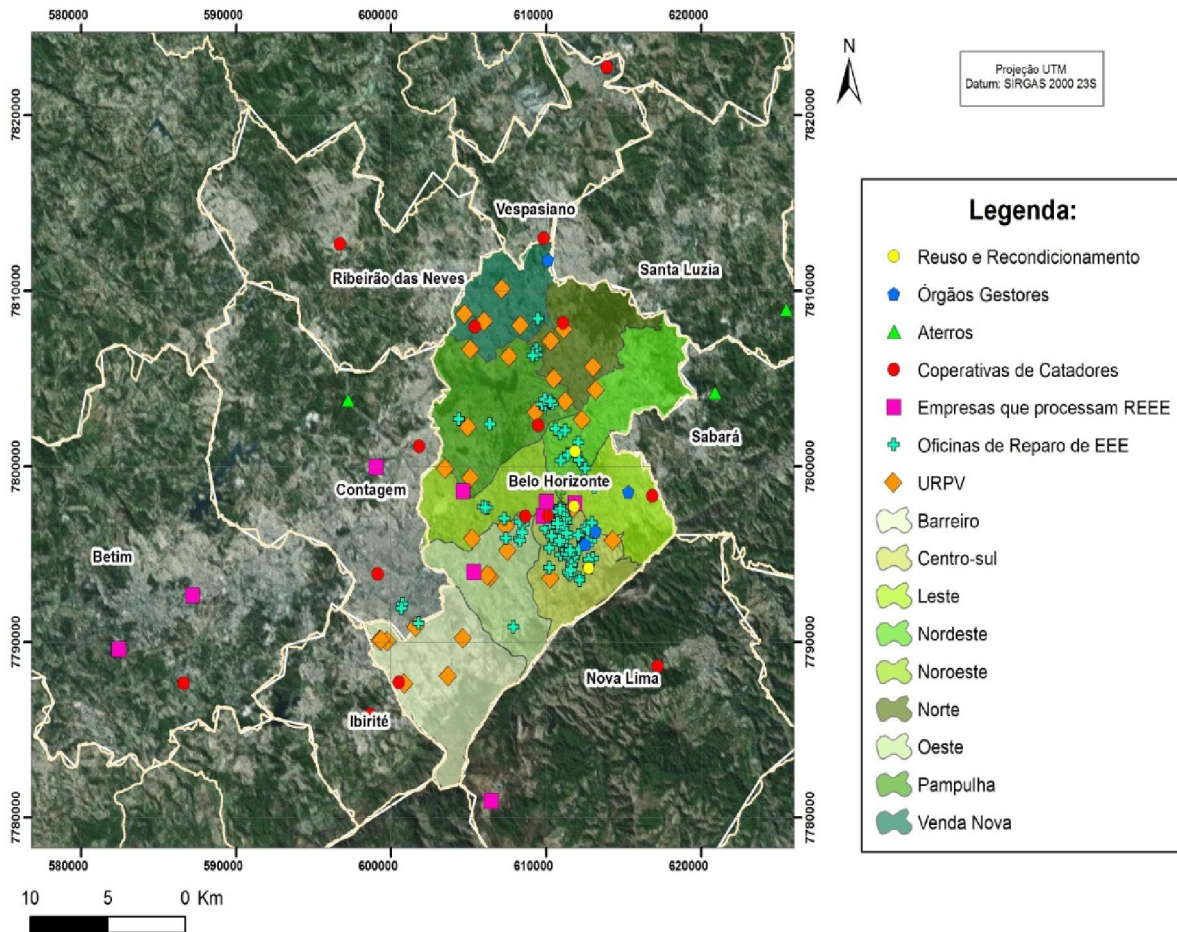


Figura 2: Mapa com a disposição geográfica dos atores do fluxo e gestão de REEE em Belo Horizonte e região.
Fonte: Autoria própria, 2015.

Os destinos finais mais comuns são: aterro sanitário, aterro industrial e destinações clandestinas. Parte dos REEE acaba sendo dispensada pela população junto com os resíduos domésticos. Esses resíduos são encaminhados para o aterro sanitário, em Sabará (MG). Observou-se que uma parte é dispensada pela população junto aos resíduos de construção civil (RCC) nas URPV ou em caçambas, de onde são enviados para algum aterro da região não adaptado para receber este tipo de resíduo. Os REEE podem contaminar o aterro, que não é preparado para receber este tipo de material. A parcela gerada, pela indústria, é direcionada para aterros industriais. Também são descartados de forma incorreta em locais inadequados, como encostas, terrenos baldios e em margem de rodovias, causando grave risco para esses ambientes.

CONCLUSÕES

A partir dos levantamentos e análises feitas em um primeiro momento, constata-se que em Belo Horizonte e nos municípios ao entorno não existe um sistema formal de gestão dos REEE, havendo um mercado ainda pouco estabelecido que recupera parte desse material. Devido às condições de mercado serem o fator principal que controla o processo de recuperação dos REEE, algumas dificuldades são destacadas, como as baixas taxas de recuperação de materiais gerados pelos consumidores, já que a logística de coleta é custosa para as empresas. Além do descarte inapropriado de materiais contaminantes como pilhas e baterias, que são negligenciados durante o processo.

Como as prefeituras das cidades da região não têm práticas de registro, a situação da coleta e disposição dos REEE é delicada, havendo a presença de um comércio paralelo, sem controles fiscais e ambientais. Cooperativas e associações de catadores buscam participar da reciclagem destes resíduos, em condições precárias de trabalho e sem que o mercado sinalize o interesse em participar da gestão.



A Política Nacional de 2010 reforça a necessidade de ser feita a gestão de resíduos sólidos abrangente, auxiliando regulamentos locais, em que este tipo de resíduo não tem sido contemplado. Os resíduos provenientes de eletroeletrônicos fazem parte de uma categoria que exige de aparelhos de gestão mais aprimorados, visando evitar os riscos da disposição inadequada ao ambiente e o retorno da matéria ao processo produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, R. T. V. Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 424 p.
2. BARROS, R. T. V.; LIMA, F. P. A.; VARELLA, C. V. S.; SANTOS, V. R. Análise da situação da produção de resíduos eletroeletrônicos (REEE) em Belo Horizonte e região. In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12., 2014, (Natal): ABES, 2014. 12 p.
3. BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 ago. 2010.
4. CMRR (Centro Mineiro de Referência em Resíduos). Diagnóstico da Geração de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE). BH (MG). 2010. 65 p.
5. FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.
6. FRANCO, R. G. F.; LANGE, L. C. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, (ABES), v. 16, n. 1, p.73-82, 2011.
7. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <<http://www.ibge.org.br>>. Acesso em: 15 abr. 15.
8. KOBAL, A. B. C.; SANTOS, S. M.; SOARES, F. A.; LÁZARO, J. C. Cadeia de suprimento verde e logística reversa - os desafios com os resíduos eletroeletrônicos. Produto & Produção, vol. 14 n.1, p.55-83, fev. 2013.
9. ROMAN, G. Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica. Instituto Politécnico Nacional México, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo México D.F., 2007.