



“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

Modelagem da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos urbanos: caracterização do fluxo domiciliar no município de Campos-RJ

PESSANHA, L. P. M.^{a*}, MORALES, G.^a

a. Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF

*Corresponding author, luizmpessanha@gmail.com

Resumo

A gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) ou lixo eletrônico (e-lixo ou e-waste) tem se tornado grande motivo de preocupação para as comunidades urbanas devido aos grandes volumes de resíduos gerados, a partir do final do século XX. Nesse contexto, esse trabalho busca levantar informações para implantação de um sistema de Logística Reversa que seja abrangente e regular para os REEE no município de Campos dos Goytacazes – RJ. Essas informações correspondem a obtenção de uma estimativa do potencial de geração de REEE (tais como, celulares, computadores e *tablets*) na cidade, caracterizando o fluxo domiciliar e suas particularidades. Para tanto, foi proposto um modelo de estimativa baseando-se no indicador de aparelhos presentes com o consumidor. Os dados necessários a esse trabalho foram levantados através da aplicação de um questionário a uma amostra, aleatória e representativa de cidadãos, no município em estudo. Percebeu-se que os resultados encontrados apoiariam as decisões a serem tomadas no dimensionamento de um sistema de gestão eficiente dos REEE. Ressalta-se ainda que esta pesquisa foi trabalhada sob as considerações atuais de sustentabilidade segundo o que determina a legislação brasileira sobre Resíduos Sólidos. Os resultados se aproximam as estimativas globais dos resíduos eletrônicos, específicos, pesquisados.

Palavras-chave: Lixo Eletrônico, Logística Reversa, Modelagem.

1. Introdução

O ambiente competitivo em que se encontram as empresas fomenta a busca por inovação tecnológica visando garantir sobrevivência no mercado e melhores taxas de lucro. Nesse sentido, o rápido desenvolvimento tecnológico inserido em novos produtos, juntamente com o desejo, por vezes induzido pela mídia, dos consumidores em adquirir produtos lançados recentemente está levando ao problema ambiental: geração de maior quantidade de resíduos e sua destinação inadequada, pois os produtos são descartados prematuramente antes mesmo de perder sua funcionalidade (POCHAMPALLY et al., 2009; VICTOR e KUMAR, 2012).

Tal fato é mais preponderante quando consideramos o setor da indústria eletroeletrônica, o qual atualmente ilustra com clareza essa dinâmica de produção, consumo e geração de resíduos. Isso ocorre principalmente devido ao encurtamento do ciclo de vida útil dos produtos ou Equipamentos Elétricos Eletrônicos - EEE, fazendo com que os mesmos tenham obsolescência programada ou planejada, visando a sua substituição rápida e, assim, fazendo girar a roda da sociedade de consumo (OLIVEIRA da

“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

São Paulo – Brazil – May 24th to 26th - 2017

SILVA, 2012); somado ao fato de que possuem baixíssimas taxas de reciclagem (VICTOR e KUMAR, 2012).

Os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) correspondem aos EEE descartados por usuários e incluem os componentes, subconjuntos e materiais que fazem parte do produto no momento do descarte (TSYDENOVA e BENGTSOON, 2011; RODRIGUES, 2012). O volume crescente de geração desses resíduos aliado à sua composição de alto risco, dada em grande parte pelos metais pesados (tais como mercúrio, cádmio e chumbo) necessário em sua confecção, até o momento, implicam em dificuldades no seu descarte e tratamento adequados.

Como apontado no artigo de Cox et al. (2013), a maioria dos produtos eletrônicos de pequeno porte (como caso dos celulares, computadores, etc.) são considerados com ciclo de vida esperado inferior a cinco anos. Além disso, estes produtos são facilmente descartados antes do fim da sua vida útil, por razões de manter-se alinhado aos avanços tecnológicos.

Devido a composição diversificada o gerenciamento da cadeia de reciclagem dos REEE torna-se complexo, por exemplo, as atividades de coleta e tratamento desses resíduos são onerosas e demandam um bom planejamento. Dessa forma, tornou-se importante a formulação e implantação de legislação específica visando equacionar a logística necessária para a reciclagem, que envolve a coleta, a triagem, o transporte e a disposição ambientalmente seguras dos mesmos. Por exemplo, é utilizada a extensão da responsabilidade das empresas produtoras e/ou comercializadoras, quanto ao descarte dos produtos fabricados e/ou comercializados.

Liet al. (2012) comentaram que os países desenvolvidos têm liderado o caminho no estabelecimento sistemas formais para o tratamento de REEE desde o início da década de 1990, iniciando-se com a adoção pela União Europeia de diretivas para tratamento desses resíduos. No Brasil, a Lei Federal nº 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) que estabelece princípios, objetivos e diretivas para a gestão integrada dos resíduos sólidos no país (Artigo 1º), compartilhando responsabilidades entre fabricantes, consumidores e poder público responsável pela limpeza urbana (Item XVII, Art. 3º). Rodrigues (2016) ressalta a existência de um quarto *stakeholder*, representado pelas empresas (e/ou cooperativas) gerenciadoras de resíduos recicláveis.

A PNRS (2010) também trata da obrigação dos consumidores em disponibilizar adequadamente seus resíduos sólidos para coleta e devolução, sempre que houver sistema de coleta seletiva municipal, portanto um sistema de Logística Reversa estabelecido (ABDI, 2013).

Na cidade de Campos, como na maioria das cidades brasileiras, ainda não há um sistema de Logística Reversa para os REEE, como já acontece para as embalagens de agrotóxicos, por exemplo. O Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV) responde pelo gerenciamento do sistema de logística reversa de embalagens vazias de defensivos agrícolas; criado em atendimento à Lei Federal nº 9.974/2000 e ao Decreto 4.074/2002 (INPEV, 2015). Também, na mesma direção, existe o programa nacional de coleta e destinação de pneus inservíveis, o Programa Reciclanip, cujas atividades atendem a resolução CONAMA 416/09, este programa foi criado por fabricantes de pneus que atuam no Brasil. Um modelo de gestão para o REEE requer um diagnóstico que considere as características específicas dos fluxos de informação institucional e domiciliar, equivalentes aos fluxos de produção e descarte dos EEE.

Em particular, o fluxo domiciliar tem características específicas, tais como geração difusa dada principalmente pelo fator tempo de vida útil dos EEE, ou seja, prever em que momento e de que forma os produtos serão descartados, além disso existe dificuldades associadas ao comportamento e prática dos consumidores.

A falta de preocupação ambiental dos cidadãos e canais de reciclagem no município, contribuiu para o descarte inadequado de EEE, demandando necessidade urgente de estabelecer um sistema de gerenciamento dos REEE que utilize processos de Logística Reversa.

Nesse contexto, este trabalho busca caracterizar o fluxo de geração de REEE no município de Campos dos Goytacazes, uma cidade de médio porte localizada no norte do estado do Rio de Janeiro com uma

população estimada em mais de 480 mil habitantes, distribuídos um total de 150 bairros, sendo a 6^a cidade mais populosa do estado (IBGE, 2016) e com grande concentração de Universidades no município. Selecionou-se para investigação uma amostra devidamente estimada com a finalidade de fornecer subsídios para implementação de um modelo de Logística Reversa para os REEE no município, podendo este ser pretendido como protótipo a ser adaptado a outras realidades do país.

Ter uma previsão de forma mais precisa a geração atual e futura dos REEE é importante para quantificar o potencial de resíduos e estimar o conteúdo tóxico gerados com o descarte. Os resultados desta pesquisa visam fornecer uma base para otimizar e apoiar o planejamento de políticas para os REEE, que procura melhorar os sistemas de gestão da coleta de resíduos além de servir para monitorar a implementação legislativa federal, estadual e municipal.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Cadeia de Suprimentos Reversa e de Ciclo Fechado

A consciência ambiental tornou-se obrigação para a maioria das empresas dentro da Cadeia de Suprimentos (CS) tradicional ou CS direta (isto é, a cadeia que inclui todas as atividades necessárias à produção de novos produtos a partir de determinadas matérias-primas e sua distribuição até os clientes) por força da legislação e pelo aumento da preocupação atual dos consumidores com as questões ambientais (SAVASKAN et al., 2004; LAMBERT et al., 2005).

A Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos vem sendo desenvolvida pelas empresas de manufatura não apenas como resposta as pressões externas, como relatado anteriormente, mas também como uma visão estratégica de negócio, com intuito de obter melhores resultados ambientais e comerciais, como por exemplo redução nos custos de fabricação de produtos a partir de materiais e componentes provenientes de reprocessamento (FIGUEIRÓ, 2010).

Logística Reversa (LR) consiste em uma série de atividades necessárias para coletar um produto a partir do consumidor. Leite (2009) apresenta dois tipos de LR, a primeira chamada de LR de pós-consumo que se preocupa com o fluxo reverso de produtos descartados no fim da sua vida útil. Já a LR de pós-venda trata de produtos com pouco ou nenhum uso, que retornam, por exemplo, por problemas de qualidade. A LR proposta pela PNRS é a de pós-consumo e aplica-se aos produtos descartados após seu uso pelo consumidor.

Para Pochampally e colaboradores (2009), a cadeia de suprimentos reversa envolve as operações de LR de pós-consumo afim de reprocessar produtos tanto para recuperar seu valor de mercado, quanto para descartá-los da maneira adequada. A combinação de cadeias de suprimentos direta e reversa é chamada de Cadeia de Suprimentos de Ciclo-fechado (POCHAMPALLY et al., 2009), não considerando a LR de pós-venda, como é representada genericamente na Fig. 1.

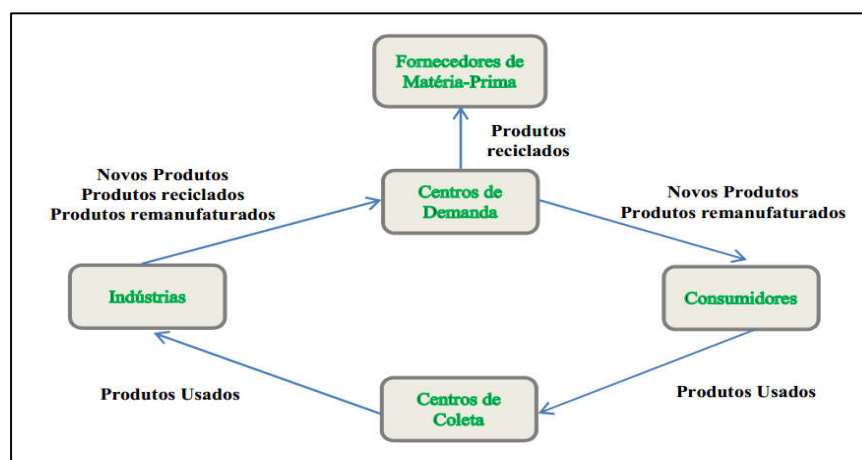


Fig.1- Representação genérica de uma Cadeia ou Rede de Suprimentos de Ciclo-fechado. Adaptado de Pochampally et. al (2009).

A cadeia ou rede de suprimentos reversa ou a de ciclo-fechado possuem aplicação a maioria das indústrias, incluindo a automobilística, química, vestuário, eletroeletrônicos, dentre outras.

Como visto, a cadeia de suprimentos de ciclo-fechado requer uma expansão da gestão da cadeia de suprimentos direta, enfatizando aspectos econômicos, ecológicos e sociais nas práticas de negócio, tais como: responsabilidade social, estratégias de compra verde, análise de ciclo de vida do produto, substituição e reutilização de insumos, Logística Reversa, destinação correta de resíduos, dentre outros (SVENSSON, 2007).

2.2 Modelos para Estimativa de Geração de REEE

As dificuldades inerentes à obtenção de dados sobre REEE e as possíveis maneiras de estimar sua geração, foram temas de vários trabalhos encontrados na literatura. A complexidade de estimar de forma mais acurada a geração de lixo eletrônico se dá principalmente devido à falta de informação, causada pela dinâmica do mercado e aspectos sócio-econômicos. Essas dificuldades são contornadas com a utilização de modelos matemáticos adequados visando aumentar a qualidade dos dados e, consequentemente, melhorar a estimativa.

No trabalho de Wang et al. (2013), por exemplo, afirma-se que na literatura existem uma série de métodos de avaliação utilizados para quantificar a geração de REEE (WALK, 2004; YU et al., 2010; CHUNG, 2011; ARAÚJO et al., 2012; LAU et al., 2013). Esses métodos foram classificados em quatro grupos: Análise relacionada à disposição dos REEE (usa imagens de e-lixo obtidos a partir de canais de coleta, instalações de tratamento e locais de disposição), Análise por séries temporais (projeções utilizando dados de ocorrências anteriores), modelos fatoriais (identifica fatores determinantes para a correlação) (HUISMAN, 2010) e Análise *Input-Output* - IOA (WALK, 2004; BEIGL et al., 2008; CHUNG, 2011).

O IOA é o método mais utilizado com múltiplas variações de modelo, que são aplicados para estimar a geração de lixo eletrônico em muitos estudos regionais e nacionais (CHUNG et al., 2011; ARAÚJO et al., 2012.; POLÁK E DRÁPALOVÁ, 2012). Tal método considera relações matemáticas (modelo) entre três variáveis: informações de vendas de produtos; tamanho do estoque, produtos em uso e inoperantes, no ambiente onde eles permanecem e o período de vida útil dos equipamentos.

Em particular, a pesquisa de Araújo et al. (2012), frente a falta de infraestrutura no Brasil para tratar resíduos sólidos, propõe dois modelos para a estimativa de geração de REEE. Os resultados mostraram a importância do dimensionamento acurado da variável tempo de vida do equipamento, o que requer um entendimento completo do comportamento do consumidor.

Apresenta-se a seguir variações do modelo IOA que considera as três variáveis: vendas, estoque e tempo de vida dos EEE:

Modelo *time step* - nesse modelo a mudança de estoque dentro de um período é igual à diferença entre o total das entradas e saídas. O método necessita de dois tipos de entrada de dados: vendas no ano de avaliação e informações de estoque para dois anos consecutivos. O modelo está representado por (ARAÚJO et al., 2012, WANG et al., 2013):

$$W(n) = POM(n) - [S(n) - S(n - 1)] \quad (1)$$

Onde, $W(n)$ é a geração de lixo eletrônico na avaliação do ano n ; $POM(n)$ representa a quantidade de vendas de um equipamento no ano n ; $S(n)$ e $S(n - 1)$ são as quantidades de aparelhos em estoque no ano n e no ano $n - 1$, respectivamente.

Modelo de Suprimento de Mercado – nesse modelo estima-se a geração de e-lixo pelas vendas de produtos em todos os anos históricos com sua respectiva taxa de obsolescência no ano de avaliação (OGUCHI et al, 2010; DWIVEDY E MITTAL, 2010; WANG et al., 2013).

$$W(n) = \sum_{t=t_0}^n POM(t) \cdot L^{(p)}(t, n) \quad (2)$$

Onde $POM(t)$ representa o histórico de vendas de um equipamento no ano t e t_0 o ano inicial em que o produto foi lançado no mercado. $L^{(p)}(t, n)$ representa a taxa de obsolescência probabilística para o lote de produtos vendidos no ano t , avaliados no ano n (equipamento fora de uso em porcentagem para o total vendas no ano t).

Modelo de Filtragem (*leaching*) – tal modelo calcula a geração de lixo eletrônico como uma porcentagem fixa do estoque total dividido pela média do tempo de vida do produto (CHUNG et al., 2011; ARAÚJO et al., 2012). Como proposto em Wang et al. (2013), temos:

$$W(n) = S(n)/L^{(av.)} \quad (3)$$

No qual, $W(n)$ é a geração de lixo eletrônico na avaliação do ano n ; $S(n)$ é a quantidade de produtos em estoque no ano n ; $L^{(av.)}$ é tempo médio de vida que representa o tempo mais provável do produto se tornar obsoleto. Assume-se que esse modelo só pode ser utilizado para produtos com uma vida útil relativamente curta (WALK, 2009).

Em Rodrigues (2012) a estimativa de geração é feita utilizando um modelo semelhante que considera uma proporção entre a quantidade de equipamentos descartados, o número de domicílios da cidade estudada (São Paulo) e o tamanho da amostra considerada na pesquisa. O modelo proposto utiliza informação da quantidade de EEE descartada e é equacionado como:

$$Q = \frac{q \times D}{395} \quad (4)$$

Onde Q representa as unidades descartadas no município em estudo; q unidades descartadas na amostra pesquisada; D número de domicílios do município em estudo; e 395 domicílios que representou o tamanho da amostra.

A abordagem comum é selecionar um método de estimativa correspondente com base de dados disponível. Como consequência, o resultado estimado é potencialmente sensível a qualidade dos dados, especialmente no caso de uma distribuição do tempo de vida assumido ou não validado (JAIN e SAREEN, 2006).

3. Método

Para o levantamento dos dados necessários a esta pesquisa levou-se em conta a dimensão do país e a natureza da pesquisa científica. Optou-se, então, por um recorte geográfico, tratando o caso do município de Campos dos Goytacazes no estado do Rio de Janeiro. Uma cidade com população estimada pelo IBGE (2016) de 487 mil habitantes, características culturais específicas, considerada polo universitário do norte do Estado e que convive com grande oferta e demanda dos bens de consumo eletroeletrônicos.

O instrumento desenvolvido para esse estudo foi baseado em um questionário desenvolvido pelos autores de acordo com o objetivo da pesquisa. Neste questionário foram investigados os seguintes EEE: celulares, computadores (portáteis e pessoais) e *tablets* que pertencem a categoria Equipamentos da Tecnologia da Informação e Telecomunicações, especificada na Diretiva 2012/19/EU.

Esse questionário foi estruturado com questões que buscam, primeiramente, definir o perfil dos respondentes, posteriormente, perguntou-se sobre a quantidade de EEE em uso e armazenados nos domicílios, além disso, o tempo de aquisição e marca do fabricante. Também foi identificado o motivo da compra e solicitou-se escolher uma opção entre possibilidades de descarte (por exemplo, "Jogar no lixo comum").

Por se tratar de resíduos sobre os quais ainda não há no país informações necessárias para tomada de decisão quanto ao gerenciamento de uma cadeia reversa (seção 2.1), o ato de conhecer, descrever ou caracterizar sua geração necessita de informações adicionais que antecedem sua fase de destinação. Além do que é efetivamente gerado atualmente, em termos de quantidade e tipo de EEE, é preciso estimar com acurácia potencial de geração futura, pois de acordo com a literatura, esse tipo de resí-

duo passa pelo fenômeno de armazenagem que diz respeito à pré-disposição que o consumidor têm ao guardar os EEE's, mesmo quando considerados obsoletos, por diversas razões, dentre elas a falta de alternativas viáveis para destinação adequada (RODRIGUES, 2012).

Tal fenômeno varia de acordo com aspectos socioeconômicos e culturais que podem ser percebidos na população aqui em estudo. Assim, foram investigados, para a estimativa do potencial de geração de lixo eletrônico, as quantidades de EEE em uso e armazenados nos domicílios.

As informações sobre o volume de vendas não estão disponíveis para a Cidade avaliada neste trabalho, principalmente no que se refere a produtos do mercado cinza ou mercado paralelo (produtos sem procedência conhecida e sem conhecimento da tecnologia utilizada), que possuem representatividade quando considera-se as vendas no mercado de eletrônicos.

Dessa forma, propõe-se o modelo inspirando-se no modelo de Filtragem e no modelo proposto por Rodrigues (2012), formulado como segue:

$$W(n) = \frac{S(n) \times P}{z} \quad (5)$$

Nesta relação $W(n)$ representa a geração de lixo eletrônico no ano n ; $S(n)$ é a quantidade média de produtos em estoque (em uso e/ou armazenado), por habitante, no ano n ; e P representa a população do município em estudo e z o tamanho da amostra utilizada.

Para estimar o volume de REEE também foram levantadas informações sobre o peso médio dos equipamentos, baseando-se no trabalho de Oguchi et al. (2010) e análise da ficha técnica dos produtos disponível em *sites* de venda eletrônica, considerando-se diferentes marcas e modelos.

4. Resultados

Os resultados dessa pesquisa foram obtidos através da aplicação dos questionários no período de julho a dezembro de 2016. Foram aplicados 328 questionários válidos, dos quais 14% representam os aplicados *online*.

A partir da tabulação dos dados, foi possível construir a Tab. 1 que mostra as características dos respondentes.

Tab.1 – Características gerais dos respondentes

Escolaridade		Faixa Etária		Gênero
Não Lê ou escreve	0,6%	15 a 25 anos:	55,9%	Masculino: 42,8%
Ensino Básico	11,8%	26 a 35 anos:	24,8%	Feminino: 57,2%
Ensino Médio	37,6%	36 a 45 anos:	13,3%	
Superior	37,3%	46 a 55 anos:	5,4%	
Pós graduação	12,7%	Acima de 56 anos:	0,6%	

Como pode ser observado a maioria dos entrevistados tem idade entre 15 e 25 anos (55,9%) e verifica-se que o nível de escolaridade Ensino Médio e Superior são os mais frequentes, 37,6% e 37,3%, respectivamente.

Quando perguntados sobre o meio de compra dos equipamentos aqui investigados (celular, computador e *tablet*), 53,5% afirmaram ter adquirido seus equipamentos em loja física, 24,4% compraram pela internet e 22,1% compraram tanto em loja física quanto pela internet. Esses dados foram obtidos considerando o total de entrevistados que responderam essa pergunta ($n=271$). O levantamento dessa

informação torna-se relevante quando deseja-se conhecer o volume de vendas desses produtos, variável que tem forte ligação com a acuracidade de um modelo de estimativa de geração de REEE.

Foi investigada a opção que o consumidor considera no momento em que os EEE aqui considerados estão fora de uso. Os gráficos abaixo (Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) apresentam os resultados. Neles pode identificar o número n de respostas validadas para esse questionamento. No caso do *tablete* o baixo número de respostas pode ser justificado por muitos respondentes não possuírem esse equipamento e, portanto, não se sentiam em condições de avaliá-lo.

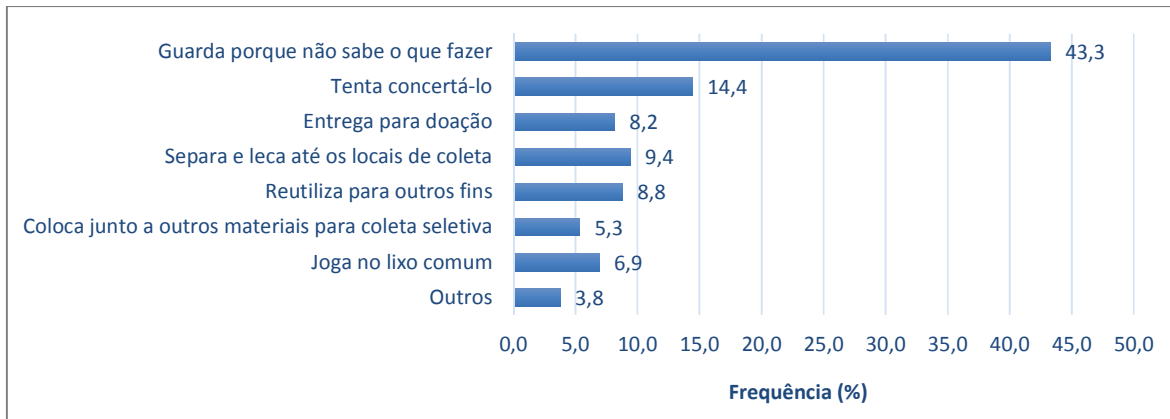


Fig.2 – Gráfico das opções consideradas para celulares fora de uso. ($n = 319$)

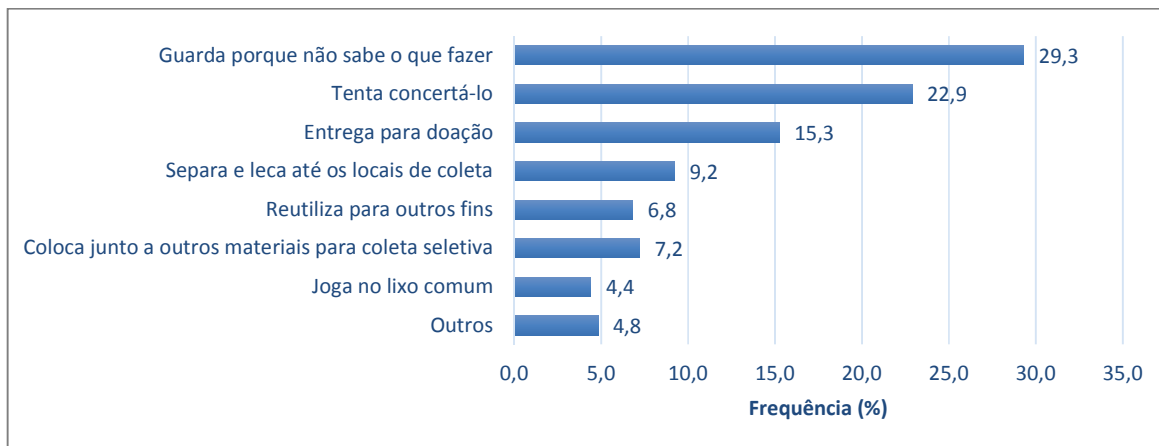


Fig.3 - Gráfico das opções consideradas para computadores fora de uso. ($n = 249$)

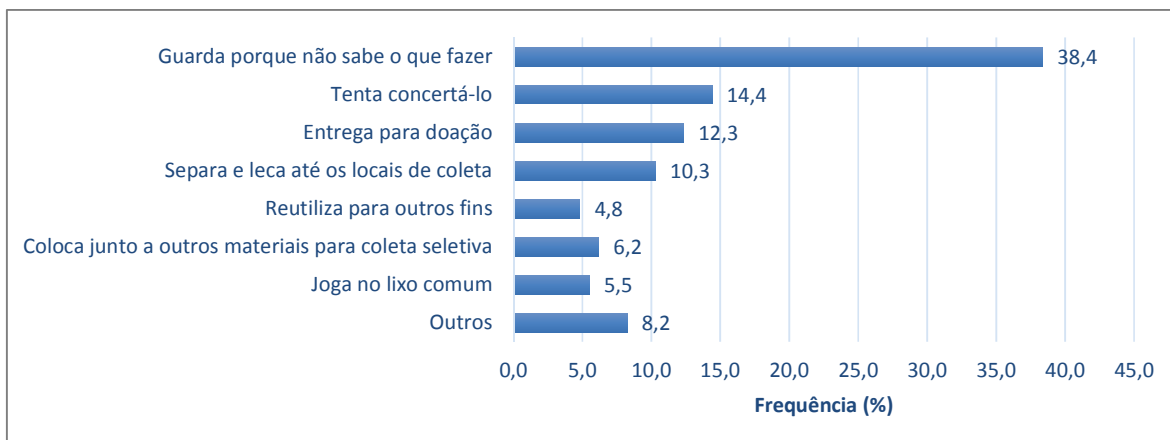


Fig.4 - Gráfico das opções consideradas para *tablets* fora de uso. ($n = 146$)

Como pode ser observado, a opção mais considerada pelos consumidores, para os três produtos, é a de guardar o equipamento por não saber o que fazer (43,3% para celulares; 29,3% para computadores; e 38,4% para *tablets*). Tal constatação demonstra a predisposição dos consumidores em manter armazenados tais equipamentos, por razões diversas e particulares como, por exemplo, apego ao bem que teve alto custo de aquisição. Assim, para uma estimativa precisa da geração de REEE, reforça-se a importância da investigação da variável estoque, definida como a soma dos equipamentos em uso e armazenados pelos consumidores.

Dos entrevistados que escolheram a opção “Outros” a maioria sinaliza que tem intenção de vender os EEE quando estão fora de uso. Contudo, quando questionados sobre a possibilidade de coleta ou entrega gratuita em locais específicos, daqueles equipamentos fora de uso, 96,9% dos respondentes tem intenção de entregar seu equipamento.

Outro resultado importante é que apenas 17,4% dos respondentes já ouviram sobre coleta de lixo eletrônico na cidade de Campos-RJ.

4.1 Modelo de Estimativa de Geração de REEE

Para estimar o volume de REEE que pode ser gerado a partir dos equipamentos em posse dos consumidores no ano de 2016 foi utilizado o modelo proposto nesse trabalho. A tabela a seguir apresenta tais estimativas. Foi considerada a população do município $P = 487.186$ habitantes. A geração de REEE em volume de peso (kg) foi calculada por *Volume estimado x Peso Médio*.

Tab.2 – Estimativa da geração dos REEE, município de Campos-RJ

Equipamentos	Quantidade média/hab.	REEE estimados (und./ano)	Peso Médio (kg/und.)	REEE estimados (kg/ano)	Geração de REEE <i>per capita</i> (kg/hab.)	
Celulares	1,8	2.674	0,1	267	0,18	
<i>Desktops</i>	0,5	743	15,0	11.145	7,50	
Computador	<i>Notebook</i>	0,9	1.337	2,6	3.476	2,34
	<i>Netbook</i>	0,1	149	1,3	193	0,13
<i>Tablets</i>	0,4	594	0,3	178	0,12	
TOTAL		5.497		15.259	10,27	

Como pode ser observado, o total de REEE estimado é 5.497 com peso total de 15.259 kg. A geração de REEE *per capita* foi estimada por *Quantidade média x Peso Médio*, totalizando 10,27 kg/habitante. Além disso também foi calculada a média *per capita* dos equipamentos fora de uso, ou seja, armazenados nos domicílios dos consumidores, resultou que para celulares a média foi de 0,6 celulares/hab.; 0,1 *desktops*/hab.; 0,2 *notebooks*/hab.; 0,04 *netbooks*/hab.; e 0,08 *tablets*/hab.

A quantidade média de 0,1 *netbooks* por habitante pode ser explicada pelo encerramento da produção desse equipamento, como apontando pela IHS iSupply (2013) os *netbooks* tiveram uma redução de 72% em seu volume de vendas no ano de 2013 e nesse mesmo ano as fabricantes Asus© e Acer© anunciaram o encerramento da produção desses itens.

Para os celulares, dados da ANATEL (2017) apontam no estado do Rio de Janeiro uma densidade de celulares, por 100 habitantes, de 132,53 ou 1,32 celulares/habitante. Para a cidade de Campos a média encontrada é de 1,8 celulares/habitante.

5. Considerações finais

Essa pesquisa buscou levantar informações relevantes sobre o fluxo domiciliar de REEE, tomando em conta que o consumidor é um elo importante dentro da cadeia reversa. Estudos com consumidores

apontam que grande parte deles está preocupada com o descarte correto dos EEE, mas poucos sabem o que fazer com esse material, seja por falta de informação ou pela ausência de locais apropriados para o descarte, como acontece para o município em estudo e em grande parte das cidades brasileiras.

Como apontado, os consumidores aqui entrevistados tendem a guardar os EEE por não saberem o que fazer com os mesmos quando entram em desuso e 96,9% desses entrevistados tem intenção de entregar seu equipamento, reforçando a necessidade de locais coleta para os REEE que garantam, inclusive, o escoamento do material recebido, completando as atividades de um sistema de Logística Reversa eficiente.

Ainda sobre essa perspectiva, estimou-se um volume total de 15.259 kg de REEE (celulares, computadores e *tablets*) gerados no município de Campos – RJ no ano de 2016. Os resultados encontrados nessa pesquisa permitem inferir uma geração de REEE de 10,27 kg/habitante, para equipamentos aqui considerados. Segundo a UNU (2015) é esperado para o Brasil uma geração de 8,3 kg/habitante em 2018, essa estimativa considerou informações de vendas e distribuição do tempo de vida e tomou em conta outros tipos de EEE, tais como televisores, refrigeradores, etc. Esta e as outras estimativas de geração de REEE podem ser usadas para fornecer informação e indicativos importantes no dimensionamento de uma cadeia reversa no município.

Existem dificuldades relacionadas a quantificação precisa da geração de REEE, devido, além de outros fatores, as incertezas associadas as variáveis de um modelo. No caso desse trabalho, as informações sobre as vendas não estão disponíveis para a cidade avaliada. No entanto, os resultados encontrados com o modelo proposto demonstram a possibilidade de realizar estimativas mesmo quando não há total disponibilidade de informações. Existe, contudo, oportunidades para pesquisas futuras na direção buscar novas rodadas para o modelo proposto (utilizando dados de outras regiões, por exemplo), bem como seu aperfeiçoamento com a inclusão de novas variáveis e parâmetros.

Referências

Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABID. 2013. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. Brasília: Inventta.

Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL. Telefonia Móvel - Acessos. 2017. The electronic farmer <http://www.anatel.gov.br/dados/destaque-1/283-movel-acessos-maio>, acessado em 20 fevereiro de 2017.

Araújo, M. G., Magrini, A., Mahler, C. F., Bilitewski, B., 2012. A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil. *Waste Management*. 32, 335-342.

Beigl, P., Lebersorger, S., Salhofer, S., 2008. Modelling municipal solid waste generation: a review. *Waste Management*. 28, 200-214.

Chung, S., Lau, K., Zhang, C., 2009. Generation of and control measures for e-waste in Hong Kong. *Waste Management*, 31, 544-554.

Cox, J., Griffith, S., Giorgi, S.; King, G., 2013. Consumer understanding of product lifetimes. *Resources, Conservation and Recycling*. 79, 21-29.

Dwivedy, M.; Mittal, R. K., 2010. Estimation of future outflows of e-waste in India. *Waste Management*. 30, 483-491.

Figueiró, P. S., 2010. A Logística Reversa de Pós-consumo vista sob duas perspectivas na cadeia de suprimentos. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Huisman, J., 2010. WEEE recast: from 4kg to 65%: the compliance consequences. United Nations University, Bonn, Germany.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. IBGE Cidades. The electronic farmer <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330100&search=rio-de-janeiro|campos-dos-goytacazes|infograficos:-informacoes-completas>, acessado em 20 de dezembro de 2016.

Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias - INPEV. 2015. Logística Reversa. The electronic farmer <http://www.inpev.org.br/logistica-reversa/logistica-reversa-das-embalagens>, acessado em 20 março 2016.

IHS ISUPPLY.2013.NetbookstoBow Out of PC Market Completely by 2015. The electronicfarmer <https://technology.ihs.com/433025/netbooks-to-bow-out-of-pc-market-completely-by-2015>, acessado em 20 fevereiro de 2017.

Jain, A.; Sareen, R., 2006. E-waste assessment methodology and validation in India. *Journal of Material Cycles And Waste Management*. 8, 1, 40-45.

Lambert, A. J. D, Gupta, S. M., 2005. Disassembly modeling for assembly, maintenance, reuse and recycling. CRC Press, Boca Raton.

Lau, W.K., Chung, S., Zhang, C., 2013. A material flow analysis on current electrical and electronic waste disposal from Hong Kong households. *Waste Management*. 33, 714-721.

Leite, P.R., 2009. Logística reversa: Meio ambiente e competitividade. 2 Prentice Hall, São Paulo.

Li, J., Liu, L., Ren, J., Duan, H., Zheng, L., 2012. Behavior of urban residents toward the discarding of waste electrical and electronic equipment: a case study in Baoding, China. *Waste Management & Research*. 30, 11, 1187-1197.

Oguchi, M., Murakami, S., Tasaki, T., Daigo, I., Hashimoto, S., 2010. Lifespan of commodities, Part II. *Journal of Industrial Ecology*. 14, 613-626.

Oliveira da Silva, 2012. Obsolescência Programada e Teoria do Decrescimento versus Direito ao Desenvolvimento e ao Consumo (Sustentáveis). *Veredas do Direito*. 9, 17, 181-196.

Pochampally, K., Nukala, S., Gupta, S. M. 2008. Strategic Planning Models for Reverse in Closed-Loop Supply Chain. CRC Press, Boca Raton.

Polák, M.; Drápalová, L., 2012. Estimation of end of life mobile phones generation: The case study of the Czech Republic. *Waste Management*. 32, 1583-1591.

Rodrigues, A. C., 2012. Fluxo domiciliar de geração e destinação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de São Paulo/SP: caracterização e subsídios para políticas públicas. 247 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saúde Pública, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo.

Rodrigues, J. T. M., 2016. Seleção de Variáveis para Prever a Demanda de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos no Contexto da Logística Reversa. 176 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Savaskan, R. C., Bhattacharya, S., Wassenhove, L. N. V., 2004. Closed-Loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing. *Management Science*. 50, 2, 239-252.

Svensson, G., 2007. Aspects of sustainable supply chain management (SSCM): conceptual framework and empirical example. *Supply Chain Management: An International Journal*. 12, 4, 262-266.

Tsydenova, O., Bengtsson, M., 2011. Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. *Waste Management*. 31, 45-58.

United Nations University- UNU. E-Waste in Latin America: Statistic analysis and policy recommendations. 2015. The electronicfarmer https://collections.unu.edu/eserv/UNU:3315/eWaste_in_Latin_America_2015.pdf, acessado em 20 fevereiro de 2017.

Victor, S.P., Kumar, S. S., 2012. Planned obsolescence – roadway to increasing e-waste in indian government sector. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*. 2, 3, 554-559.

Walk, W., 2004. Approaches to estimated future quantities of waste electrical and electronic equipment (WEEE). *Proceedings of the Eletronics Goes Green, Berlin, Germany*, 263-268.

Wang, F., Huisman, J., Stevels, A., Baldé, C. P., 2013. Enhancing e-waste estimates: Improving data quality by multivariate Input-Output Analysis. *Waste Management*. 33, 2397-2407.

Yu, J., Williams, E., Ju, M., Yang, Y., 2010. Forecasting global generation of obsolete personal computers. *Environmental Science & Technology*, 44, 3232-3237.