



DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS PARA O MUNICÍPIO DE FARROUPILHA

Vania Elisabete Schneider – veschnei@ucs.br
Universidade de Caxias do Sul
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - CEP 95070-560 -Caxias do Sul - RS

Tiago Panizzon – tpanizzon@gmail.com
Universidade de Caxias do Sul

Sofia Helena Zanella Carra- shzcarra@ucs.br
Universidade de Caxias do Sul

Rochele Santos da Conceição - rsconceicao@ucs.br
Universidade de Caxias do Sul

Thomas Benetti Pauletti- tbpauletti1@ucs.br
Universidade de Caxias do Sul

Resumo: *Uma das áreas do saneamento que mais apresenta problemas que afetam diretamente o meio ambiente e a população, é a de resíduos sólidos. Diariamente são geradas grandes quantidades das mais diferentes tipologias, estando entre elas os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs). Estes apresentam componentes tóxicos e prejudiciais que podem causar a contaminação do solo e de recursos hídricos, além de fornecer graves riscos à saúde humana quando dispostos de forma inadequada. Sabendo da importância do correto gerenciamento destes, um dos princípios introduzidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi o da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos responsabilizando, de certa forma, toda a sociedade pela gestão dos resíduos sólidos urbanos. Um dos instrumentos para aplicação deste é a Logística Reversa, que visa à restituição dos resíduos ao setor empresarial, para reaproveitamento destes em seu, ou em outro ciclo produtivo, ou outra destinação final ambientalmente adequada. Diante disto, a fim de verificar as quantidades de REEEs gerados e de componentes com possibilidade de reciclagem, foram realizadas projeções e estimativas para avaliação do cenário atual e futuro do município de Farroupilha. Os resultados realizados para um horizonte de 20 anos mostraram que para o ano de 2036, estima-se a geração de 571,48 toneladas de REEEs e percentuais de 34% de metais ferrosos, 22% de metais não ferrosos, 15% de vidro, 21% de plásticos e 8% de outros materiais. Estas avaliações poderão auxiliar na tomada de decisão, contribuindo com a gestão ambiental de resíduos sólidos do município.*

Palavras-chave: *Resíduos eletroeletrônicos, Logística reversa de resíduos, Gestão ambiental.*

DIAGNOSIS OF THE GENERATION OF ELECTRO-ELECTRONIC WASTE TO FARROUPILHA CITY

One of the areas that most have problems related with basic sanitation which affect directly the environment and the population is the solid waste. Everyday large amounts of several different typologies are generated, being between them the waste of electrical and electronic equipment (WEEE). These kind of waste have some toxic and harmful components which can cause the contamination of water and soil resources, besides provide serious health risks when arranged improperly. Knowing the importance of correct management of these, one of the principles introduced by Brazilian's National



Policy on Solid Waste, was sharing responsibility for the life cycle of the product, holding the whole society by the correct management of the urban solid waste. One of the instruments for application of this is the Reverse Logistic, which aims the restitution of waste to the business sector, for reuse of these in its own, or in other productive cycle, or other environmentally appropriate final destination. Based on this, in order to verify the quantities of WEEE generated and recyclable components, projections and estimations were realized for the evaluation of the current and the future scenario of Farroupilha city. The results achieved for a 20 years future showed that by the year 2036, it is estimated the generation of 571,48 tons of WEEE and percentages of 34% of ferrous metals, 22% of non-ferrous metals, 15% of glass, 21% of plastic and 8% of other materials. These evaluations may aid in decision making, contributing to the environmental management of municipal solid waste.

Keywords: *Electronic waste, Reverse logistic of waste, Environmental management.*

1. INTRODUÇÃO

Conforme exposto por Jacobi (2011), a sociedade moderna apresenta como grande desafio a ponderação entre geração excessiva e a disposição final sustentável de resíduos sólidos. A consciência ambiental atrelada a esse pensamento sustentável apresenta grande crescimento nos setores industriais. Assim, a responsabilidade, ao se produzir equipamentos e materiais que envolvem substâncias perigosas, gera uma necessidade de investimento em processos de reciclagem e reaproveitamento no fim da vida útil dos mesmos. Isso pode ser comprovado pela evidência na relação entre adoção de padrões de produção, consumo ambientalmente corretos e a redução dos impactos à saúde e ao ambiente.

Com vistas a reger a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, desde o ano de 2010, encontra-se em vigor a Lei Federal nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), contemplando: diretrizes, definições, objetivos, princípios, instrumentos e disposições a respeito do assunto. A partir deste instrumento legal, definiu-se, pela primeira vez no ordenamento jurídico brasileiro, a “responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos”, nos seguintes termos:

Conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei (BRASIL, 2010).

Um dos instrumentos utilizados para aplicação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é a logística reversa, definida como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Entre os resíduos abrangidos pela logística reversa estão os gerados a partir de equipamentos eletroeletrônicos. Estes são desenvolvidos e inseridos no mercado quase que diariamente, acompanhando as demandas tecnológicas exigidas pelo mercado. Em virtude da modernização contínua dos equipamentos eletroeletrônicos, estes se tornam produtos obsoletos, com uma vida útil reduzida, resultado na geração de resíduos. Por muitas vezes esta tipologia de resíduos é disposta de maneira inadequada, tendo isso relação com a falta de informação da população, que não sabe como descartar corretamente estes resíduos (Miguez, 2012).



Desta forma, em virtude dos problemas acerca do gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos, relacionados principalmente com a disposição final e os riscos que estes podem causar ao meio ambiente e a saúde humana, é fundamental que estratégias sejam criadas para implementação a nível nacional da logística reversa, visando valorizar os resíduos sólidos gerados através de práticas de reciclagem, diminuindo assim a extração de recursos naturais.

Neste contexto este trabalho tem como objetivo apresenta o diagnóstico sobre os resíduos eletroeletrônicos gerados no município de Farroupilha, localizado na região metropolitana da Serra Gaúcha/RS.

2. METODOLOGIA

2.1 Estimativa da população e da geração domiciliar

A unidade de referência para a realização deste trabalho é o município de Farroupilha, localizado na região Metropolitana da Serra Gaúcha, no Estado do Rio Grande do Sul, com população estimada para o ano de 2017 de 69.542 habitantes (IBGE, 2016).

Para estimar a geração anual de REEES domésticos utilizou-se a metodologia do Consumo e Uso, conforme proposto pela Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM, 2009). Este método leva em consideração o número de habitantes por domicílio, a porcentagem de domicílios que possuem os equipamentos contemplados nesta avaliação e respectivo número de aparelhos por domicílios, além de características dos equipamentos, como peso médio e vida útil.

Para as estimativas populacionais foram utilizados dados referentes aos anos de 2001 a 2016, fornecidos pela Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2017), sendo considerado um horizonte de 20 anos, ou seja, 2036. Para calcular o número de habitantes por domicílio, foram utilizados os dados referentes aos censos dos anos de 2000 e 2010 (IBGE, 2017), sendo feitas estimativas através da diferença entre as quantidades de domicílios dos respectivos anos.

Para realizar a análise dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEES) gerados, foram considerados: computador de mesa, computador portátil, fogão, freezer, geladeira, máquina de lavar roupa, rádio, telefone celular, telefone convencional e televisão. As porcentagens de domicílios com posse dos equipamentos contemplados neste trabalho, considerando as informações referentes ao Estado do Rio Grande do Sul, exceto para os computadores portáteis e de mesa, foram obtidas através da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (IBGE, 2016). A estimativa da geração de resíduos de computadores portáteis e de mesa foi realizada utilizando a pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no Brasil (CGI, 2015).

Considerou-se que cada domicílio possui somente 1 (uma) unidade de cada um dos equipamentos contemplados neste estudo, exceto os celulares e televisores. A proporção de celulares foi realizada considerando as informações disponibilizadas pela empresa de Inteligência em Telecomunicações-TELECO, referentes à densidade de aparelhos no Brasil no mês de agosto de 2017 (TELECO, 2017), ao passo que para os televisores, as informações utilizadas foram obtidas através da Eletrobrás (2007).

Os pesos médios dos equipamentos: fogão, rádio, freezer, telefone celular e telefone fixo, foram obtidos através de levantamentos realizados em sites de vendas, consultados de forma aleatória, a partir da média do peso de 20 (vinte) diferentes modelos. Os pesos dos demais equipamentos foram consultados junto ao Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos, realizado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM, 2009). A partir do mesmo diagnóstico, obteve-se a vida útil do computadores de mesa, telefone celular, geladeira, freezer e televisão. Considerou-se que o computador portátil e o rádio tem a mesma vida útil que o computador de mesa, e o telefone convencional a mesmo que o celular. Para o fogão e máquina de lavar, os dados utilizados foram consultados junto ao Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor e Market Analysis (2013).



2.2 Composição dos Resíduos de Equipamentos de Eletroeletrônicos

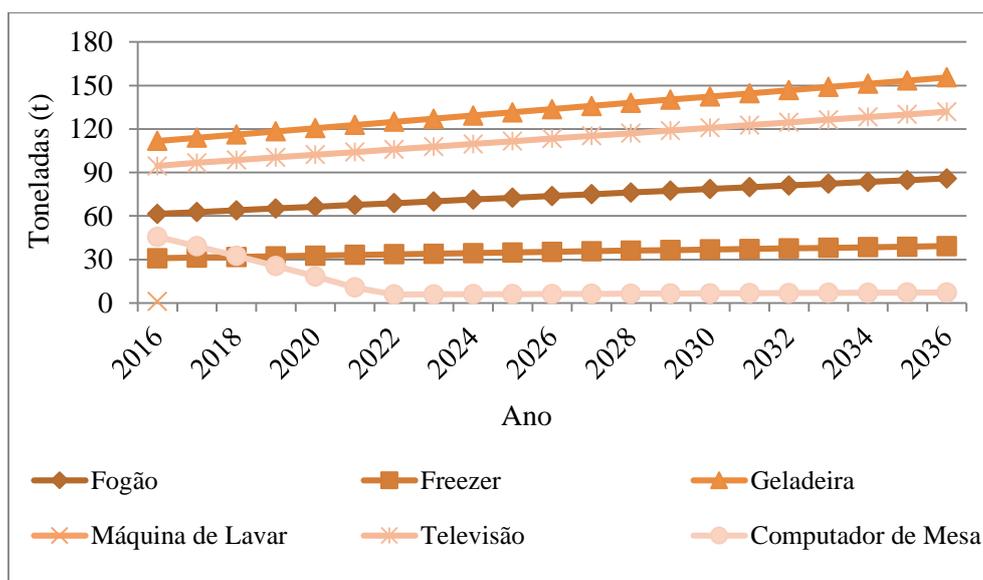
Para estimativa da composição dos resíduos eletroeletrônicos, os equipamentos foram divididos em categorias, conforme proposto pelo Parlamento Europeu - Diretiva 2012/19/CE, sendo estas: grandes eletrodomésticos, equipamentos de informática e de telecomunicações e equipamentos de consumo. Ressalta-se que esta metodologia foi utilizada devido ao fato de classificarem os resíduos em categorias claras e de fácil entendimento.

Para determinação das composições dos eletroeletrônicos utilizaram-se diferentes metodologias. As composições de fogão, geladeira, freezer, máquina de lavar, computador portátil, telefone celular e fixo, foram baseadas em dados da EMPA (2009) enquanto que para computador de mesa e televisão, os percentuais foram baseados de acordo com Kang e Shoening (2005). Por fim, para rádio, utilizou-se a base de dados da E-Waste (2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das projeções realizadas estima-se que em 2036, para uma população de 87.603 habitantes, o município terá uma geração de 571,48 toneladas de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos domiciliares. Na Figura 1, pode-se visualizar as projeções de geração anuais para os seguintes equipamentos: fogão, freezer, geladeira, televisão e computador de mesa.

Figura 1 – Projeção anual da geração de resíduos eletroeletrônicos (t/ano)



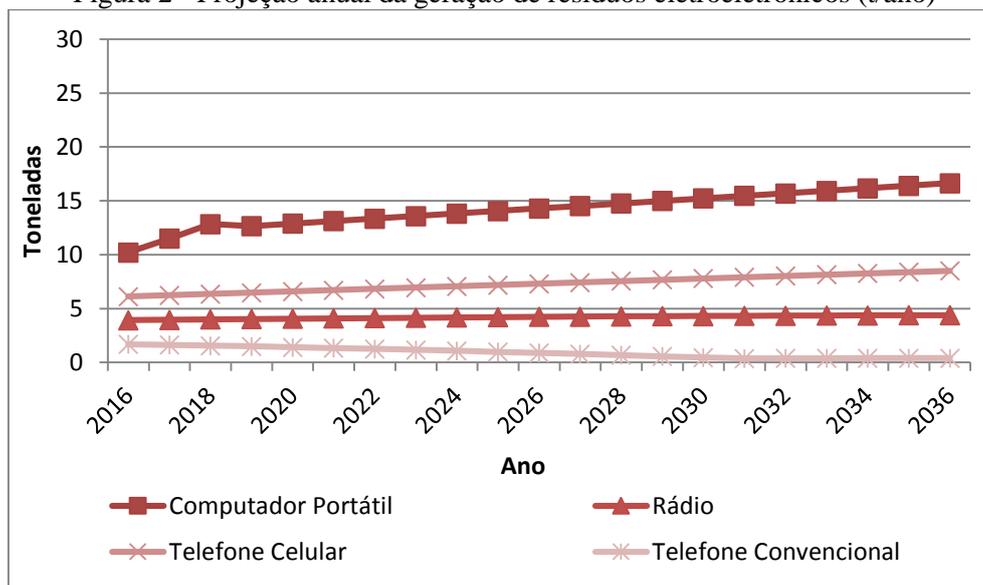
A partir da Figura 1, observa-se que no horizonte de tempo avaliado, a geração de geladeiras foi superior quando comparados aos demais resíduos. Ressalta-se que o peso do resíduo é utilizado no cálculo da projeção de geração, sendo assim, não significa que a geladeira será o resíduo mais gerado em quantidade, e sim, este apresentará a pesagem mais significativa.

É possível visualizar que com o passar dos anos os resíduos de computadores de mesa apresentam queda. No ano de 2016, estes representavam cerca de 10,4% da quantidade total de resíduos gerados no mesmo ano, enquanto que no final das projeções, estes representavam somente 1,3% do total gerado. Para as estimativas das quantidades dos computadores de mesa, considerou-se que ao menos 5% dos domicílios obtinham este equipamento, não descartando a existência destes resíduos.

A Figura 2 apresenta as projeções de geração anuais para os seguintes equipamentos: computador portátil, rádio, telefone celular e telefone convencional.



Figura 2 - Projeção anual da geração de resíduos eletroeletrônicos (t/ano)



Através da Figura 2, observa-se que ocorre um aumento nas quantidades geradas de resíduos de computadores portáteis. Estes, no ano de 2016, apresentavam um percentual de 2,3% da quantidade total de resíduos gerados, chegando a um percentual de 2,9% no ano de 2036. Os demais resíduos não apresentaram grandes variações, exceto o resíduo de telefone convencional, que no começo do horizonte analisado, representava cerca de 1,4% do total de resíduos gerados, e ao fim, no ano de 2036, estes somente representavam aproximadamente 0,1% dos resíduos gerados.

O Quadro 1, apresenta um resumo das quantidades anuais de resíduos eletrônicos gerados a cada 4 (quatro) anos para o município de Farroupilha.

Quadro 1 - Projeção da geração anual dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (t/ano).

Ano	Computador de mesa	Computador portátil	Fogão	Freezer	Geladeira	Máquina de lavar roupa	Radio	Telefone celular	Telefone convencional	Televisão	Geração per capita (kg/hab.ano)
2016	45,60	10,21	61,49	30,86	111,81	72,61	3,93	6,12	1,70	94,53	6,31
2020	18,29	12,89	66,41	32,69	120,55	87,87	4,07	6,60	1,42	102,26	6,14
2024	6,07	13,83	71,34	34,44	129,30	101,12	4,19	7,08	1,08	109,68	6,19
2028	6,48	14,76	76,22	36,11	138,05	107,96	4,28	7,56	0,69	117,10	6,31
2032	6,89	15,70	81,05	37,70	146,80	114,80	4,35	8,03	0,39	124,52	6,42
2036	7,30	16,64	85,88	39,20	155,55	121,64	4,40	8,51	0,41	131,94	6,52

No que tange a estimativa da composição dos resíduos eletroeletrônicos, o Quadro 2 apresenta a estimativa da geração anual destes.



Quadro 2 - Projeção da geração anual dos componentes dos resíduos eletroeletrônicos (t/ano).

Ano	Metais Ferrosos	Metais Não Ferrosos	Vidro	Plástico	Outros
2016	149,53	89,58	73,12	92,00	34,63
2017	150,90	91,37	73,13	92,87	35,30
2018	152,19	93,15	72,89	93,62	35,96
2019	152,85	94,79	72,28	93,88	36,52
2020	153,60	96,46	71,69	94,20	37,11
2021	154,27	98,13	71,03	94,48	37,69
2022	155,99	100,06	71,02	95,37	38,38
2023	159,35	102,23	72,26	97,27	39,20
2024	161,98	103,93	73,50	98,85	39,85
2025	164,62	105,63	74,74	100,43	40,51
2026	167,24	107,33	75,99	102,00	41,16
2027	169,85	109,02	77,23	103,56	41,80
2028	172,46	110,70	78,47	105,12	42,45
2029	175,06	112,39	79,72	106,68	43,09
2030	177,66	114,07	80,96	108,23	43,74
2031	180,27	115,75	82,20	109,80	44,38
2032	182,91	117,44	83,45	111,41	45,03
2033	185,54	119,12	84,69	113,02	45,68
2034	188,17	120,81	85,93	114,63	46,33
2035	190,80	122,49	87,18	116,23	46,98
2036	193,43	124,17	88,42	117,83	47,63

A partir do Quadro 2, observa-se que os resíduos ferrosos apresentam a maior representatividade, em peso, dentre os componentes dos resíduos eletroeletrônicos. Ressalta-se que este resíduo pode ser encaminhado para reciclagem, retornando ao processo produtivo como matéria prima ou novo produto, contribuindo com a redução dos impactos ambientais associados à extração e beneficiamento de materiais ferrosos.

No ano de 2014, Knob et al. (2014) realizou a projeção da geração anual de equipamentos eletroeletrônicos para 13 (treze) municípios da região metropolitana da Serra Gaúcha, contemplando o município utilizado no presente estudo. Para o cálculo da projeção, realizada até o ano de 2040, os autores consideraram 16 (dezesseis) resíduos eletroeletrônicos. Considerando a projeção obtida para o ano de 2036, a geração per capita, somente dos mesmos resíduos abrangidos neste trabalho, foi de 6,28 kg/hab.ano, estando este valor próximo ao obtido de 6,52 kg/hab.ano, demonstrando que o município de Farroupilha segue a tendência de geração da região onde está inserido.

Comparando os valores estipulados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2009), para o Brasil, de 3,2 kg/hab.ano, com a geração per capita estimada para Farroupilha, observa-se que estes apresentam uma variação significativa. Este fato pode ser principalmente associado com a metodologia utilizada pela FEAM, visto que neste estudo parâmetros adicionais foram considerados, como: a geração de fogões, maior número de televisões e celulares por residência, além da metodologia utilizada para o cálculo das quantidades de computadores de mesa e portáteis nas residências ser diferente. Esta variação também pode ter relação com as questões econômicas, tendo em vista que em 2014, o município de Farroupilha possuía um produto interno bruto de R\$ 40.055,66, estando em 394º lugar, dos 5570 municípios do país (IBGE, 2014).



A geração per capita também pode ser comparada com os valores estimados para o Brasil, pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), de 7 kg/hab.ano, estando este mais próximo ao valor encontrado. Esta metodologia considerou resíduos eletroeletrônicos europeus, além de utilizar uma maior variedade de equipamentos.

Em relação aos preços, para Porto Alegre, Rio Grande do Sul, a tonelada dos materiais recicláveis de latas de alumínio limpo e prensado, latas de aço limpo, vidro e de plástico rígido prensado e limpo, custam respectivamente, R\$ 2.400, R\$ 220, R\$ 60 e R\$ 1.150 (CEMPRE, 2017). Desta forma, para o ano de 2017, se os componentes gerados no município fossem vendidos para reciclagem, seriam gerados cerca de R\$ 363.667,20.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido às características apresentadas pelos resíduos eletroeletrônicos, a disposição irregular destes pode causar degradação ambiental, contaminando o solo e os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, conferindo riscos graves à saúde da população. Sabe-se que uma grande parte dos componentes presentes nestes resíduos podem ser encaminhados para reciclagem e utilizados, posteriormente, como matéria prima para fabricação de novos produtos.

O correto gerenciamento dos resíduos sólidos, entre eles os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, trás inúmeros benefícios não somente para os setores empresariais, mas para toda a sociedade, minimizando os impactos ambientais causados principalmente pela exploração de recursos naturais não renováveis e pela disposição irregular de resíduos, assim como aumento da geração de emprego e renda, através da inclusão de recicladores, cooperativas e associações de reciclagem. Desta forma, é imprescindível que todos os envolvidos exerçam suas respectivas responsabilidades e obrigações legais.

Este diagnóstico, realizado para o município de Farroupilha/RS, poderá auxiliar na tomada de decisão dos órgãos gestores na elaboração de um Acordo Setorial Local, efetivando a Logística Reversa, conforme preconiza a legislação em vigor. Ressalta-se que o gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos é de responsabilidade dos geradores e fabricantes, cabendo ao poder público apenas orientar e auxiliar nas definições necessárias para que a logística reversa seja efetiva.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 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. Brasília, DF, 03 ago. 2010.

CICLO DE VIDA DE ELETROELETRÔNICOS. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, Market Analysis. out. 2013. Disponível em: <http://www.idec.org.br/uploads/testes_pesquisas/pdfs/market_analysis.pdf>. Acesso em: 25 set. 2017.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. TIC Domicílios 2015: Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Domicílios Brasileiros. São Paulo, 2016.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. TIC Domicílios 2015: Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Domicílios Brasileiros. São Paulo, 2016.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). 2017. Disponível em: <<http://cempre.org.br/cempre-informa/id/9/preco-do-material-reciclavel>>. Acesso em: 01 out. 2017

EMPA. SWISS FEDERAL LABORATORIES FOR MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY. e-Waste material composition



FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. FEEDADOS. Disponível em: <<http://feedados.fee.tche.br/feedados/>>. Acesso em 27 set. 2017.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Jun. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 26 set. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sistema de Recuperação Automática (SIDRA): Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1954>>. Acesso em: 26 set. 2017.

INTELIGÊNCIA EM TELECOMUNICAÇÕES - TELECO. Estatísticas de Celulares no Brasil. 2017. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/ncel.asp>>. Acesso em: 26 set. 2017.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

KANG, H.Y., SHOENUNG J.M.. Electronic waste recycling: A review of U.S. infrastructure and technology options. Resources Conservation & Recycling, Elsevier, v.45, p.368-400. 2005.

KANG, Hai-Yong; SHOENUNG, Julie M. Electronic waste recycling: A review of US infrastructure and technology options. Resources, Conservation and Recycling, v. 45, n. 4, p. 368-400, 2005.

KNOB, L.; PANIZZON, T.; SCHNEIDER V. E. Diagnóstico da geração de resíduos eletroeletrônicos na Região Metropolitana da Serra Gaúcha. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 5., Bento Gonçalves. Trabalhos técnicos, 2016.

MIGUEZ, Eduardo Correia. Logística reversa como solução para o problema do lixo eletrônico: benefícios ambientais e financeiros. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012. 112 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). (2015) StEP E-waste WordMap. Disponível em:<http://www.step-initiative.org/Overview_Brazil.html>. Acesso em 01 out. 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). StEP E-waste WorldMap

SCHNEIDER, V. E et al Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos –PMGIRS. Farroupilha, RS. Disponível em: < <http://ecofar.com.br/wp-content/uploads/2017/04/PMGIRS-DE-FARROUPILHA.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2017.