

Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em uma universidade particular

Evaluation of the electrical and electronic equipment waste (WEEE) generation in a private university

Tiago Panizzon¹, Geraldo Antônio Reichert¹, Vania Elisabete Schneider²

RESUMO

Resíduo de equipamento eletroeletrônico (REEE) é um termo utilizado para abranger diversos equipamentos elétricos e eletrônicos que não possuem mais valor para seus proprietários. Este trabalho propôs avaliar a geração de REEEs em uma instituição de ensino superior particular localizada no estado do Rio Grande do Sul. Para este trabalho foram utilizados dados de equipamentos eletroeletrônicos (EEEs) disponíveis no sistema de informações da universidade, o qual totalizava 51.066 itens, englobando aproximadamente 17 anos de dados. Verificou-se que o principal REEE gerado pela instituição são equipamentos de informática e telecomunicações (48,2%), seguido pelos grandes eletrodomésticos (14,4%), instrumentos de monitoramento (13,3%), ferramentas elétricas e eletrônicas (10,9%) e equipamentos de consumo (9,8%). Foram contabilizados 414 diferentes tipos de EEEs na instituição; porém, observa-se que, com exceção dos instrumentos de monitoramento, os 2 principais EEEs de cada categoria contabilizam sozinhos mais de 50% de suas respectivas categorias. Identificou-se que a maior parte dos REEEs (29,3%) da instituição são gerados no bloco administrativo da universidade, seguido pelas salas de informática (17,3%). Esses dois setores se caracterizam por utilizarem EEEs de rápida obsolescência, enquanto áreas como as Ciências Biológicas e, parcialmente, as Ciências Exatas, devido ao elevado número de equipamentos analíticos utilizados, possuem EEEs com um ciclo de vida maior, reduzindo assim a geração desses resíduos. Todas essas características resultam em uma grande complexidade na gestão de REEEs em unidades de ensino superior, em especial devido à grande variedade encontrada, sendo muitos deles de difícil reciclagem.

Palavras-chave: equipamentos eletroeletrônicos; e-waste; REEE.

ABSTRACT

Waste electrical and electronic equipment (WEEE) is an expression used to refer to several pieces of equipment that are no longer valuable for their owners. This study evaluated the WEEE generation in a private higher education institution, located in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. In this study, we used data from electrical and electronic equipment (EEE) available in the university information system, which amounted 51.066 items during 17 years. The main WEEE generated by the institution was Information technology (IT) and telecommunications equipment (48.2%), followed by large household appliances (14.4%), monitoring and control instruments (13.3%), electrical and electronic tools (10.9%) and consumer equipment (9.8%). Over 414 EEE classes were identified in the institution, although, except for monitoring and control instruments, the 2 main EEEs in each class correspond to at least 50% of its categories. In addition, it was noticed that the majority of WEEE was generated by the university administration (29.3%), followed by the computer classrooms (17.3%). These two areas feature low life EEEs, while other areas like Biology and Exact Sciences, due to the high number of analytics equipment used, have EEEs with longer life cycle, resulting in smaller waste generation. All these characteristics result in a great complexity in WEEE management in higher education institutions, mostly due to the considerable diversity, increasing the recycling complexity.

Keywords: electronic equipment; e-waste; WEEE.

¹Professor da Universidade de Caxias do Sul (UCS) - Caxias do Sul (RS), Brasil.

²Professora e Diretora do Instituto de Saneamento Ambiental da UCS - Caxias do Sul (RS), Brasil.

Endereço para correspondência: Tiago Panizzon - Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Petrópolis - 95034-000 - Caxias do Sul (RS), Brasil - E-mail: tpanizzo@ucs.br

Recebido: 10/11/14 - **Aceito:** 10/02/17 - **Reg. ABES:** 142636

INTRODUÇÃO

Resíduo de equipamento eletroeletrônico (REEE), também conhecido como “lixo eletrônico” ou *e-waste*, na língua inglesa, é um termo genérico utilizado para abranger diversas formas de equipamentos elétricos e eletrônicos que não possuem mais valor para seus proprietários.

Os REEEs consistem em uma área de estudo recente no Brasil, havendo ainda uma carência de estudos desenvolvidos sobre o assunto. Eles se caracterizam por ser um conjunto de resíduos de rápido crescimento, aumentando na faixa de 3 a 5% ao ano (MOHAN *et al.*, 2008), reflexo do constante aumento no consumo de eletroeletrônicos e da redução do seu ciclo de vida, o que aumenta a velocidade de obsolescência desses equipamentos. Somente em 2012 foram gerados 48.894 kt de REEEs em todo o mundo (ONU, 2015).

Uma vez que os REEEs consistem em resíduos de baixíssimo potencial de degradabilidade, torna-se importante pensar no acumulado de REEEs no decorrer dos anos. Segundo Widmer *et al.* (2005), estima-se que, em todo o mundo, aproximadamente 20 milhões de computadores chegaram ao final de sua vida útil no ano de 1994. Em 2004, esse valor aumentou para 100 milhões, sendo o acumulado de 1994 a 2003 de aproximadamente 500 milhões de computadores. Em termos materiais, isso significa em torno de 2.872.000 t de plásticos, 718.000 t de chumbo, 1.363 t de cádmio e 287 t de mercúrio, referentes apenas aos computadores.

Deve-se entender, porém, que, tendo em vista o elevado número de equipamentos eletroeletrônicos (EEEs) no mercado, esse tipo de resíduo acaba por ser um conjunto complexo, tanto que a Diretiva Europeia 2012/19/EU (PARLAMENTO EUROPEU, 2012) vê a necessidade de dividi-los em dez classes distintas, as quais totalizam juntas mais de cem itens.

Essa elevada variedade de elementos, somada ao rápido crescimento e às constantes mudanças tecnológicas, implica em um grande desafio no processo de gestão e reciclagem desses resíduos, tanto por parte dos gestores públicos quanto privados. Conforme Morf *et al.* (2007), observa-se que 66% dos REEEs são compostos por elementos como ferro, alumínio, cobre e não metais (alumínio, cobre e similares). Porém, também são encontrados plásticos, vidros, metais valiosos (ouro, prata e paládio) e até mesmo elementos tóxicos como chumbo, mercúrio e cádmio, além de bifenilas polibromadas (PBBs) e éter difenil polibromados (PBDEs). Somente nas placas de circuito impresso, Veit (2005) encontrou oito diferentes tipos de metais.

Essa preocupação torna-se evidente quando olhamos os índices de geração desse tipo de resíduo. Conforme dados da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM, 2009), estima-se que em 2012 tenham sido gerados aproximadamente 712.700 t de REEEs no Brasil, o que representa em torno de 3,58 kg/hab.ano. De fato, estima-se que o Brasil chegará à marca de geração de 1 milhão de toneladas de REEEs por ano em 2033.

Em estudo realizado por Chibunna *et al.* (2012) para a *University Kebangsaan Malaysia* (UKM), verificou-se que apenas 33,5% dos 200

alunos entrevistados conheciam ou já tinham ouvido falar sobre REEEs. No caso dos funcionários, esse número foi um pouco maior — 46% dos 270 funcionários entrevistados —, porém ainda abaixo do desejável.

Da mesma forma, a própria necessidade de geração de determinados tipos REEEs em universidades pode ser questionada. Odhiambo (2009) desenvolveu um estudo para uma série de universidades no Quênia e constatou que 17% dos computadores eram inutilizados devido à presença de vírus, problema de fácil resolução.

Dentro desse cenário, este trabalho propôs avaliar a geração de REEEs em uma instituição de ensino superior particular localizada no estado do Rio Grande do Sul. Este estudo foi elaborado visando a identificar a composição, a origem e as características dos REEEs da universidade, fornecendo assim ferramentas que venham a auxiliar na gestão desse tipo de resíduo em outras universidades.

MATERIAIS E MÉTODOS

Tendo em vista a baixa disponibilidade de dados acerca dos REEEs gerados na instituição, para este trabalho optou-se por utilizar os dados de EEEs disponíveis no sistema de informações da universidade. Uma vez que a aquisição de equipamentos eletroeletrônicos está diretamente ligada à geração dos resíduos eletroeletrônicos, ao avaliarmos as características dos EEEs comprados pela instituição é possível saber com precisão as características dos REEEs posteriormente descartados.

O banco de informações utilizado totalizou 51.066 itens, o qual compreendeu em sua maior parte o período de agosto de 1995 até novembro de 2013, totalizando pouco mais de 17 anos de dados. Destes, 5.104 itens foram desconsiderados por não serem efetivamente EEEs e 1.012 itens precisaram ser desconsiderados por problemas de catalogação na instituição. Como resultado, foram analisados 44.950 EEEs, um aproveitamento de 97,8% da amostra real de EEEs.

Apesar desse aproveitamento ser elevado, ressalta-se que os itens catalogados incorretamente consistiram basicamente em equipamentos de academia, utilizados no centro esportivo da instituição, e aparelhos médicos, utilizados principalmente no hospital e no ambulatório do *campus*, comprometendo a análise desses dois tipos de REEEs. Com vistas a dirimir esse problema, os principais EEEs encontrados foram manualmente catalogados.

Para as 414 classes de EEEs identificadas na instituição de ensino avaliada foram buscadas as suas massas médias. Visto que a grande maioria dos EEEs não possuía valores na bibliografia e que era possível identificar os modelos de equipamentos adotados, optou-se por buscar informações de massas de modelos de equipamentos similares. Quando disponíveis, foram avaliados cinco modelos diferentes para se realizar a média, sempre levando em consideração os modelos utilizados na instituição. A massa média foi utilizada para estimar a massa de cada amostra.

A única exceção nessa metodologia foram computadores e monitores, os quais o diagnóstico preliminar já havia determinado consistirem

no maior montante dos EEEs adquiridos. Nesse caso, foram adotados os valores da Tabela 1.

Como nem todo monitor apresentava informação sobre a tecnologia — se de tubos catódicos (CRT) ou de display de cristal líquido (LCD) —, essa separação foi realizada por período. Pelo que foi observado nos dados coletados, a partir no início de 2007 a instituição começou a adquirir basicamente monitores de LCD, sendo então considerado que todos aqueles adquiridos após essa data eram de tecnologia LCD.

Os dados obtidos foram catalogados e analisados em programa Microsoft Excel, sendo posteriormente avaliados em relação à geração, características, origem e vida útil. Uma vez que o Brasil não conta com uma classificação oficial de REEEs, e a classificação adotada pela Agência Nacional de Desenvolvimento Industrial (ABDI) — linhas branca, marrom, verde e azul — não é adequada para englobar a variedade de equipamentos encontrados, os EEEs e REEEs foram classificados conforme a Diretiva Europeia 2012/19/EU (PARLAMENTO EUROPEU, 2012) em dez categorias. Tendo em vista que a legislação brasileira, através da Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010), não considera lâmpadas fluorescentes como sendo um tipo de REEE, essas não foram contabilizadas na categoria “equipamentos de iluminação”. Ressalta-se ainda que, como não foram evidenciados distribuidores automáticos de posse da instituição, esses foram desconsiderados.

Para a análise das características dos REEEs gerados, em conjunto com a avaliação dos dados planilhados, foram realizadas entrevistas com os responsáveis pelos setores administrativos e de gerenciamento de resíduos da instituição e do hospital universitário, os quais se envolvem diretamente com a gestão de REEEs.

Foi também estudada a origem dos REEEs da instituição, sendo utilizados como referência os diferentes prédios do *campus*. Esses foram agrupados em 13 diferentes áreas: administrativo; tecnologia da informação e salas de informática; serviços (centros de convivência, zoológico, restaurante universitário, dentre outros); escola (referente à escola de ensino médio que existe na instituição); biblioteca; hospital/ambulatório; e as demais referentes a 7 áreas do conhecimento (Ciências da Saúde, Sociais, Biológicas, Exatas, Humanas, Jurídicas, e Artes).

Para a análise da obsolescência dos EEEs, foi considerada uma vida útil média para cada categoria, tomando-se como base os principais EEEs verificados em cada categoria. Os valores adotados estão apresentados na Tabela 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para estimar os dados de geração *per capita* de REEEs, foi utilizado como base o número de estudantes no *campus* central da instituição durante o primeiro semestre de 2013, o qual era de 17.802 alunos. Tal informação foi repassada diretamente pela instituição.

Tendo em vista a variabilidade da aquisição de EEEs pela instituição, optou-se por considerar o período de janeiro de 2010 a novembro de 2013 para a elaboração dos indicadores de geração *per capita*, obtendo-se uma média de 1.912,2 kg/mês de EEEs adquiridos.

Verificou-se, então, que cada aluno da instituição gera em média 1,02 kg/ano de REEE, ou 4,08 a 5,1 kg/aluno no decorrer do curso, uma vez que os cursos da universidade possuem entre 4 e 5 anos de duração, na sua maioria.

Diversas avaliações podem ser feitas em relação à geração *per capita* anual. Primeiramente, podemos comparar os resultados com outras instituições de ensino superior, conforme tabulado por Agamuthu *et al.* (2015), apresentado na Tabela 3. Considerando as 6 instituições catalogadas pelo autor, temos uma variabilidade entre 0,5 e 4,8 kg/aluno.ano, colocando a geração *per capita* da instituição em questão no patamar inferior. Ainda, comparado com a única instituição brasileira disponível no estudo, a instituição em questão possui geração 35% inferior.

Outra forma de avaliar esses resultados é pela sua comparação com a geração usual no país. Como referência, os valores da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2009) para o Brasil são de 3,4 kg/hab.ano, enquanto a Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) — através do programa *Solving the e-waste problem (Step)* — estima para o Brasil uma

Tabela 1 - Valor, em massa, adotado para computadores e monitores.

Item	Massa (kg)	Fonte
Computador	9,90	Eugster <i>et al.</i> (2007)
Monitor LCD	6,23	Swico Recycling (2011)
Monitor CRT	14,10	Laffely (2007)

LCD: display de cristal líquido; CRT: tubos de raios catódicos.

Tabela 2 - Vida útil adotada para diferentes classes.

Categoria	Vida útil (anos)	Fonte
Grandes eletrodomésticos	11,0	NABH (2007)
Pequenos eletrodomésticos	7,0	UNU (2007)
Equipamentos de informática e telecomunicações	5,0	EPA (2008)
Equipamentos de consumo	13,0	EPA (2008)
Equipamentos de iluminação	8,6	Ecospecifier (2014)
Ferramentas elétricas e eletrônicas	10,0	IBAPE/SP (2007)
Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer	10,0	Adotado pelos autores
Aparelhos médicos	10,0	IBAPE/SP (2007)
Instrumentos de monitoramento	10,0	IBAPE/SP (2007)

NABH: Associação Nacional dos Construtores de Residências; UNU: Universidade das Nações Unidas; EPA: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos; IBAPE: Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo.

geração de 7,06 kg/hab.ano. Como resultado, a geração *per capita* da universidade equivale a 14 a 30% da geração *per capita* média de REEEs no Brasil, indicando que a comparação entre os REEEs de universidades e REEEs domésticos, em termos quantitativos, não é recomendada.

Tipos de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados na instituição

Abaixo, estão discutidos os principais tipos de REEEs encontrados em cada uma das nove categorias analisadas:

1. Grandes eletrodomésticos: compreendendo 15,9% dos equipamentos da instituição, totalizou 64 t, sendo composta principalmente por refrigeradores (38%), aparelhos de ar-condicionado (25%), freezers (11%), fogões (6%) e estufas (6%). Como o nome da categoria indica, a maior parte dos equipamentos possui grandes dimensões (acima de 10 kg), com a única grande exceção sendo as estufas (5 kg em média no caso da instituição), as quais são consideradas grandes eletrodomésticos pela Diretiva Europeia 2012/19/EU (PARLAMENTO EUROPEU, 2012). Alguns equipamentos de porte excepcional identificados foram três câmaras frias (336 kg) e duas assadeiras espiral (230 kg);
2. Pequenos eletrodomésticos: respondendo por apenas 1,2% dos REEEs, os pequenos eletrodomésticos compõem uma classe pouco presente na instituição de ensino. Os principais componentes são os ventiladores, os quais compreendem 68% dos REEEs da categoria. Evidenciaram-se também 50 máquinas de costura, fruto dos cursos da área de moda e estilo, as quais somam 6,7% da classe. Outros equipamentos encontrados foram aspiradores de pó (5,6%), cafeteiras (4,3%), batedeiras (3,7%) e liquidificadores (3,6%). Verificou-se ainda um número significativo de calculadoras e cronômetros (320 e 132, respectivamente), mas que em termos mássicos resultaram em baixa participação;
3. Equipamentos de informática e telecomunicações: responsáveis por 44,4% de toda a massa de equipamentos da instituição, os equipamentos de informática representam a principal parcela de EEEs, e por consequência, REEEs da instituição. Dos REEEs desse tipo, 40% são monitores e 40,4% computadores — ou seja, 80,4% de todo resíduo da categoria é composto por computadores de mesa. Tendo em vista a representatividade desta categoria sobre o montante
4. Equipamentos de consumo: respondendo por 10,6% dos EEEs, essa categoria é composta principalmente por equipamentos utilizados em salas de aula, como televisores (47%), caixas de som (12%), retroprojetores (11%), aparelhos de videocassete (5,6%) e projetores multimídia (4,8%). Importante ressaltar que, dos apresentados, os únicos que permanecem em uso são as caixas de som (em quantidade reduzida) e projetores multimídia, já que os demais consistem em tecnologias defasadas. Nessa categoria ficam também evidenciados equipamentos utilizados pelos setores de rádio e TV da instituição como amplificador (3,8%), gerador de efeitos (3,4%) e mesa de som (1,3%). Por tal motivo, essa categoria apresenta uma das maiores variedades de equipamentos, tendo sido identificados 71 diferentes tipos. Outros exemplos de EEEs encontrados são câmeras fotográficas, teclados musicais, lousas interativas, filmadoras, toca-discos, distribuidores de áudio e ampliadores fotográficos;
5. Equipamentos de iluminação: representando apenas 0,5% dos EEEs da instituição, os equipamentos de iluminação foram o tipo de REEE menos comum. Essa categoria é composta basicamente por luzes de emergência (53,8%), utilizadas nos corredores da universidade, e por equipamentos de iluminação empregados no canal de TV como canhões de luz (25,5%), focos de luz (15,7%) e, em menor quantidade, refletores (1,3%) e *flashes* (0,7%);
6. Ferramentas elétricas e eletrônicas: com 11,7% da amostra, mas apenas 1,5% dos itens, essa categoria representa um desafio à parte na gestão dos REEEs gerados na instituição. Uma vez que a instituição possui cursos e linhas de pesquisa na área das engenharias, em especial mecânica, produção e polímeros, são adquiridos diversos equipamentos

total de resíduos, isso significa que 40% de todos os REEEs gerados na instituição consistem em computadores. Esta verificação está de acordo com Agamuthu *et al.* (2015). Além de computadores, também foram catalogados nessa classe transformadores (5,3%), impressoras a laser (3,4%), impressoras *offset* (2,8%) e impressoras jato de tinta (1,2%). Essa categoria apresentou um grande número de componentes leves com massa inferior a 1% da amostra, como telefones, teclados, placas de computadores, pentes de memória, fontes, hubs e adaptadores;

Tabela 3 - Geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em instituições de ensino superior.

Instituição	País	Ano	Geração (kg)	População	Geração per capita (kg)
Universidade de São Paulo	Brasil	2007	124.000	80.000	1,55
Universidade de Sydney	Austrália	2007	20.000	40.000	0,50
Universidade Macquarie	Austrália	2010	40.000	40.000	1,00
Universidade Auburn	EUA	2011	62.000	30.000	2,07
Universidade Columbia	EUA	2011	40.500	31.000	1,31
Universidade de Indiana	EUA	2010	272.000	57.000	4,80

Fonte: AGAMUTHU *et al.* (2015).

- industriais de grande porte. Dessa forma, essa categoria é composta por equipamentos como injetoras (41,3%), extrusoras (15,8%), impressoras serigráficas. (8,7%), calandras (4,5%), frezadoras (4,5%), recravadeiras (4,1%), dentre outras. Em menor número, verificam-se aqui também algumas ferramentas de pequeno porte como furadeiras, parafusadeiras, lixadeiras, serras, equipamentos de solda e similares;
7. Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer: sendo o menor tipo de REEE gerado (0,7%), essa classe é formada somente por conjuntos de ensino (51,1%) e equipamentos utilizados em academia: esteiras ergométricas (19,5%), bicicletas ergométrica (19,5%), *precorsstep* (5%);
 8. Aparelhos médicos: formados por 969 itens, são compostos por equipamentos utilizados principalmente no hospital e no ambulatório do *campus*. Compõe uma fração pequena da amostra total (0,8%), porém, com uma grande variedade de classes (62), além de uma elevada complexidade para reciclagem, visto sua composição distinta dos REEEs domésticos. Os principais equipamentos encontrados foram incubadoras (42,5%), aparelhos de raios-X (11,1%), capelas de esterilização (5,6%), monitores cardíacos (4,2%), negatoscópio (2,9%), dentre diversos outros como monitores fetais, termômetros digitais, aparelhos de ultrassom, nebulizadores etc.;
 9. Instrumentos de monitoramento: Representando 14,2% da massa de REEEs gerada na instituição, os instrumentos de monitoramento representam um dos maiores desafios na gestão de REEEs dentre as classes avaliadas, sendo gerados principalmente em laboratórios analíticos. Foram identificadas 98 classes de equipamentos, não havendo uma grande predominância de nenhum equipamento, diferente das demais classes analisadas. De fato, a soma dos 5 equipamentos mais utilizados totaliza somente 52% da classe. Os principais equipamentos identificados foram estufas laboratoriais (13,1%), microscópios (11,2%), máquinas de ensaio (10,2%), câmaras laboratoriais (9,9%), autoclaves (7,2%) e cromatógrafos (5,1%). Porém, como mencionado, essa categoria apresenta uma grande variedade de componentes, tendo sido identificados também equipamentos como espectrofotômetros, destiladores, ionizadores, multímetros, calorímetros, chapas de aquecimentos, teodolitos, oxímetros, dentre outros. Como agravante, a maior parte desses equipamentos possui elevada complexidade e sensores distintos dos verificados em REEEs convencionais, dificultando seu processo de reciclagem.

Os resultados de composição apresentados estão sintetizados na Tabela 4 denotam que certas categorias, apesar de geradas em pequena quantidade, contribuem de forma significativa para a massa total de REEEs gerados. Exemplo disso são os grandes eletrodomésticos, os quais representam apenas 5,8% dos itens, mas correspondem a 15,9% da massa total de resíduos. De forma ainda mais evidente, as ferramentas elétricas e eletrônicas, que respondem por apenas 1,5% dos itens, são responsáveis por 10,9% dos REEEs gerados.

Em termos gerais, a categoria que mais gera REEEs na instituição é a de equipamentos de informática e telecomunicações, respondendo por quase metade (44,4%) dessa produção. A segunda é a de grandes eletrodomésticos (15,9%), seguida por: instrumentos de monitoramento (14,2%); ferramentas elétricas e eletrônicas (11,7%); e equipamentos de consumo (10,6%). Outras categorias também foram encontradas, porém, de forma menos significativa: aparelhos médicos (0,8%); pequenos eletroeletrônicos (1,2%); brinquedos e equipamentos de esporte e lazer (0,7%); e equipamentos de iluminação (0,5%).

Cabe ressaltar que a baixa quantidade encontrada de certos equipamentos não significa que esses não sejam igualmente importantes. Exemplo disso são os aparelhos médicos, os quais incluem equipamentos como autoclaves, incubadoras, monitores cardíacos e até aparelhos de raios-X, os quais consistem em eletrônicos de elevada complexidade e, como consequência, apresentam maior dificuldade para serem reciclados.

A composição dos REEEs encontrados na universidade difere, conforme esperado, significativamente dos REEEs domésticos. Conforme dados da Universidade das Nações Unidas (UNU, 2007), os REEEs domésticos europeus são formados, em sua maioria, por grandes eletrodomésticos (49,07%), seguidos por equipamentos de consumo (21,1%), equipamentos de informática e telecomunicações (16,27%), pequenos eletroeletrônicos (7,01%) e ferramentas elétricas e eletrônicas (3,52%). As demais categorias representam, juntas, menos de 5% dos REEEs residenciais.

A composição dos resíduos em relação às categorias em que foram classificados é apresentada na Tabela 5, na qual é ressaltado o quanto cada um dos cinco principais EEEs representa sobre o total de EEEs daquela categoria. Na tabela, “1º” representa a colocação do EEE mais comum na geração de resíduos (e, portanto, com a maior porcentagem sobre o total de REEEs), “2º” a colocação do segundo EEE mais comum, e assim por diante.

Apesar de terem sido contabilizados 414 diferentes tipos de EEEs na instituição, observa-se que, com exceção dos instrumentos de

Tabela 4 – Composição dos equipamentos eletroeletrônicos avaliados, em itens e em massa.

Categoria	Itens (%)	Massa (%)
Grandes eletrodomésticos	5,8	15,9
Pequenos eletrodomésticos	3,9	1,2
Equipamentos de informática e telecomunicações	58,8	44,4
Equipamentos de consumo	14,5	10,6
Equipamentos de iluminação	1,3	0,5
Ferramentas elétricas e eletrônicas	1,5	11,7
Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer	1,4	0,7
Aparelhos médicos	1,7	0,8
Instrumentos de monitoramento	11,1	14,2
Total	100	100

monitoramento, os dois principais EEEs de cada categoria contabilizam sozinhos mais de 50% de suas respectivas categorias. No caso dos equipamentos de informática e telecomunicações, esse valor chega a 80%. Embora isso denote certa homogeneidade nos principais EEEs, há ainda uma grande variedade de EEEs, como pode ser verificado na Tabela 6.

Das 9 classes estudadas, 4 possuem mais de 50 itens, sendo os instrumentos de monitoramento a mais crítica, com 97 diferentes classes de equipamentos. Mesmo nos equipamentos de informática e telecomunicações, em que 5 tipos de equipamentos respondem por 92% dos REEEs gerados, foram identificados 74 tipos de EEEs. Os equipamentos de consumo são outro exemplo desse tipo de situação: 66 categorias são responsáveis por apenas 19% da massa de EEEs. Da mesma forma, nos aparelhos médicos, 57 classes respondem por apenas 16% dos EEEs.

Como resultado, apesar de haver predominância de alguns poucos tipos de REEEs na instituição, existe uma variedade muito grande de resíduos, os quais precisam ser adequadamente destinados. Visto que

os sistemas de triagem e, principalmente, reciclagem são especializados em alguns tipos específicos de REEEs, isso representa um grande desafio na gestão desse tipo de resíduo.

Localização dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados

Foi ainda realizada uma análise da geração de REEEs por local, separando em sete áreas do conhecimento, além de setores de apoio como administrativo, salas de informática e biblioteca. Com vistas a facilitar a interpretação dos dados, na Figura 1 os REEEs gerados nos blocos das Ciências Humanas, Artes e na biblioteca foram agrupados na categoria “Outros”, uma vez que respondiam por menos de 1% da amostra cada.

Ressalta-se aqui que nem todos os equipamentos adquiridos possuíam seu local informado no sistema de informações utilizado, sendo que apenas 40% dos dados puderam ser aproveitados. Ainda, como um conjunto grande de dados estava incorretamente cadastrado como

Tabela 5 - Principais equipamentos eletroeletrônicos em cada categoria.

Categoria	Principais equipamentos eletroeletrônicos (%)					
	1º	2º	3º	4º	5º	Outros
Grandes eletrodomésticos	38	25	11	6	6	14
Pequenos eletrodomésticos	68	7	6	4	4	12
Equipamentos de informática e telecomunicações	40	40	5	3	3	8
Equipamentos de consumo	47	12	12	6	5	19
Equipamentos de iluminação	54	25	16	3	1	1
Ferramentas elétricas e eletrônicas	41	16	9	7	4	23
Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer	51	24	19	5	0	0
Aparelhos médicos	43	11	6	4	3	34
Instrumentos de monitoramento	13	11	10	10	7	48
Total	42	26	8	5	4	16

Tabela 6 - Principais equipamentos eletroeletrônicos e classes identificadas.

Categoria	Classes identificadas	Principais equipamentos eletroeletrônicos (%)	
		1º	1º - 5º
Grandes eletrodomésticos	23	38	86
Pequenos eletrodomésticos	26	68	88
Equipamentos de informática e telecomunicações	74	40	92
Equipamentos de consumo	71	47	81
Equipamentos de iluminação	11	54	99
Ferramentas elétricas e eletrônicas	45	41	77
Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer	5	51	100
Aparelhos médicos	61	43	66
Instrumentos de monitoramento	98	13	52
Total	414	42	84

estando situados no bloco da reitoria, os mesmos precisaram ser descartados, resultando em somente 25,2% de dados aproveitáveis.

Em contrapartida, se forem considerados somente computadores, tem-se um valor de 57% dos mesmos contendo a informação de local instalado. Dessa forma, visto esse se tratar do principal resíduo da universidade, optou-se por avaliar a geração de REEEs de computadores em separado.

Visando a facilitar a interpretação dos dados, os locais foram classificados em 11 áreas conforme as principais finalidades dos blocos analisados. Os resultados estão apresentados na Figura 1, informando a porcentagem total de REEEs e computadores encaminhados para cada setor.

Como pode ser observado, a maior parte dos REEEs (27,9%) da instituição é gerada no bloco administrativo da universidade e é constituída principalmente por monitores e computadores, mas também são evidenciados outros equipamentos como projetores multimídia, caixas de som, impressoras e similares. Levando em conta os dados disponíveis, as salas de informática aparecem como segunda maior geradora de REEEs (19,3%), devido ao número elevado de computadores utilizados.

Após, aparecem os blocos das Ciências da Saúde, com 14,5% do REEE gerado, composto em sua maioria por equipamentos médicos. Em seguida, está o bloco das Ciências Exatas (14,4%), que demanda um volume grande de computadores, além de diversos equipamentos analíticos. O bloco das Ciências Biológicas respondeu por 7,0% da amostra, tendo predominância de equipamentos laboratoriais. Outras áreas responderam por menos de 5% dos REEEs gerados cada.

No que diz respeito apenas aos computadores, conforme observado na Figura 1, o setor administrativo constitui o principal gerador, com 32,1% dos computadores, seguido pelas salas de informática, com 27,9%, e pelos blocos das Ciências Exatas, com 15,6%, e de Ciências Jurídicas, com 5,2%.

Uma observação interessante relativa a esses dados diz respeito à importância do setor administrativo na geração de REEEs da universidade, excedendo inclusive o próprio setor de tecnologia da informação e as salas de informática, até mesmo na utilização de computadores. Isso denota a importância que esse setor possui na geração de REEEs, merecendo então procedimentos à parte no processo de gestão de REEEs. Ainda, os REEEs gerados no setor administrativo possuem características similares aos REEEs residenciais, sendo em sua maioria classificados nas classes 1 a 4, conforme a Diretiva Europeia 2012/19/EU (PARLAMENTO EUROPEU, 2012).

Por outro lado, determinados cursos se caracterizam por gerar REEEs muito especializados. É o caso dos cursos da área da saúde, os quais utilizam muitos equipamentos médicos, e da área biológica, em que existe uma demanda grande por equipamentos laboratoriais. As Ciências Exatas consistem em um meio termo, em especial devido ao fato de considerarem uma gama muito diversificada de cursos, gerando assim uma grande variedade de REEEs, que vão desde ferramentas até equipamentos de laboratórios e computadores.

As áreas jurídicas e sociais demandam poucos recursos informatizados em sua maioria, utilizando apenas os equipamentos usuais de sala de aula (computador e projetor multimídia), resultando então em uma menor participação na geração de REEEs da instituição. Demais setores tiveram uma participação pequena na geração de REEEs.

Importante ressaltar que os dados referentes ao hospital universitário dizem respeito apenas a equipamentos da universidade encaminhados ao hospital e não a todos os utilizados no mesmo e, por esse motivo, respondem por uma fração tão baixa da geração de REEEs (2,5%). Isso deve-se ao fato de o hospital e a universidade

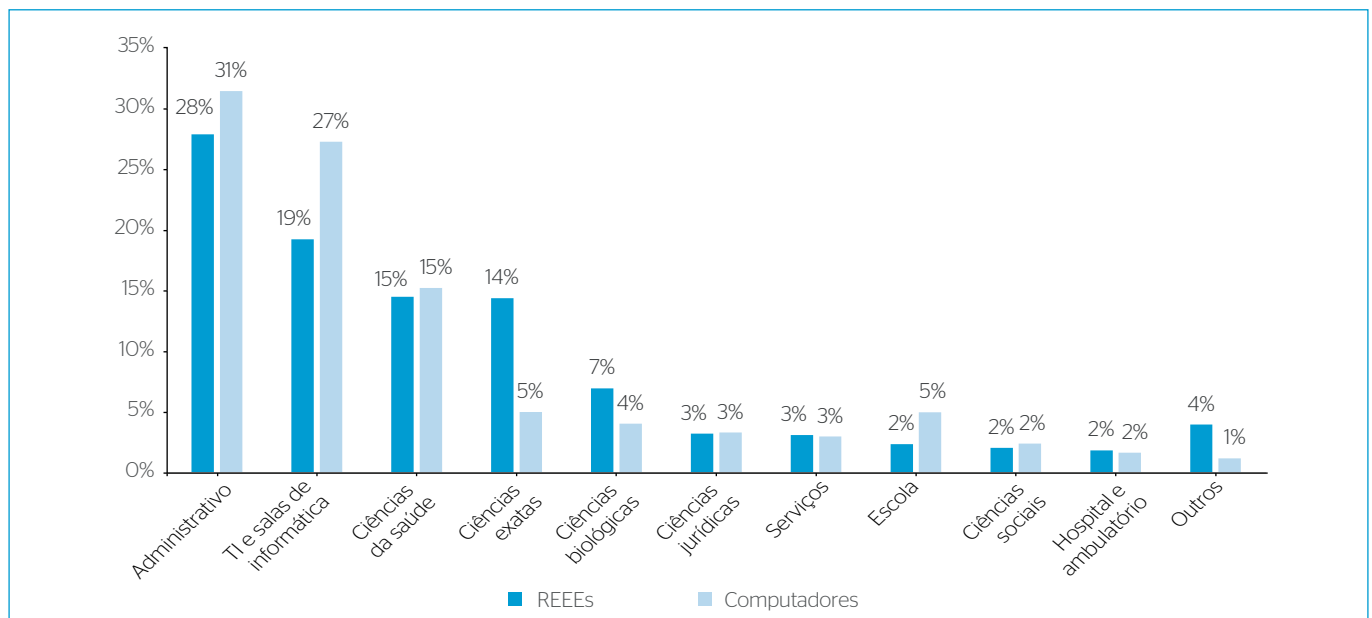


Figura 1 - Origem dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados na instituição.

possuírem equipamentos próprios, ocorrendo em certos casos doação e/ou empréstimo de equipamentos ao hospital por parte da universidade.

Obsolescência dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados

Foi ainda avaliada a obsolescência dos equipamentos, conforme apresentado na Tabela 7. Optou-se por utilizar somente os equipamentos adquiridos a partir de 2010 para a realização das análises, uma vez que uma análise considerando todos os EEEs seria de difícil interpretação, visto os diferentes períodos de aquisição e obsolescência dos equipamentos. A Tabela 7 apresenta a fração de equipamentos que se tornam obsoletos a cada ano.

Em uma amostra tão restrita, ficam evidentes as diferentes vidas úteis estimadas para cada tipo de equipamento. No caso dos equipamentos de informática, tendo em vista a constante evolução tecnológica desse tipo de ferramenta, esses se tornam obsoletos muito rapidamente. Não por acaso, esse consiste no principal REEE da instituição.

A única outra categoria de REEE com uma vida útil semelhante é a dos pequenos eletrodomésticos. Demais categorias possuem vidas úteis longas, na faixa de dez anos.

Períodos tão grandes entre a aquisição e a obsolescência do equipamento representam uma dificuldade ímpar na gestão de REEEs, uma vez que após tantos anos é perfeitamente possível que nem o funcionário responsável pela compra do EEE na instituição e nem o vendedor responsável pela venda trabalhem mais nas suas respectivas empresas. Em casos mais extremos, isso pode inclusive significar que a fabricante do produto não existe mais ou que deixou de atuar no país. Essas questões representam dificuldades no processo de logística reversa de REEEs.

Tal questão é especialmente problemática no caso dos aparelhos médicos e instrumentos de monitoramento, visto que apresentam uma vida útil longa e sua maior complexidade dificulta o descarte e a reciclagem de resíduos.

Uma análise semelhante pode ser realizada para as diferentes áreas de ensino e serviços da universidade, conforme apresentado na Tabela 8.

Os dados da Tabela 8 são importantes, pois refletem a relação entre as diferentes composições dos REEEs gerados nessas áreas. As Ciências Biológicas, as quais possuem grandes investimentos em equipamentos laboratoriais, acabam por ter uma concentração grande de equipamentos descartados somente após o ano de 2020 (76,3%). Esse mesmo comportamento pode ser evidenciado nas Ciências Exatas, onde 26,4% dos equipamentos são descartados após esse período. Áreas que possuem a maioria dos seus REEEs decorrentes de computadores, como o setor de tecnologia da informação e as Ciências Sociais, apresentam uma rápida obsolescência de seus EEEs, com a maior parte já estando obsoleta antes de 2020.

O problema desse tipo de análise, como mencionado anteriormente, é que não se leva em consideração as variações na compra de EEEs. Nesse caso, isso pode ser observado nas Ciências da Saúde, as quais utilizam basicamente aparelhos médicos, que possuem uma vida útil estimada de dez anos. Porém, isso não se reflete na Tabela 8, pois mais de 50% dos equipamentos foram adquiridos antes de 2005.

Cabe aqui fazer uma observação acerca da obsolescência de REEEs na instituição. Um hábito evidenciado foi o acúmulo de equipamentos, o qual ocorre, via de regra, em laboratórios e setores de manutenção. Por esse motivo, a obsolescência de equipamentos não significa necessariamente que eles serão descartados.

De fato, evidenciou-se um elevado acúmulo de equipamentos, especialmente em laboratórios, ocasionado principalmente por terem sido adquiridos com verbas de projetos, os quais nem sempre são renovados pelos pesquisadores. Como resultado, observa-se que muitas vezes os pesquisadores optam por manter os equipamentos antigos armazenados por questões de segurança, para o caso dos equipamentos novos estragarem, visto que nem sempre há recursos disponíveis para fazer os reparos e adquirir peças de reposição.

Tabela 7 - Obsolescência prevista para os equipamentos adquiridos a partir de 2010.

Categoria	Obsolescência dos equipamentos eletroeletrônicos adquiridos a partir de 2010 (%)											
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Grandes eletrodomésticos	-	-	-	-	-	-	27,5	18,7	37,5	16,3	-	-
Pequenos eletrodomésticos	-	-	62,4	12,0	18,5	7,1	-	-	-	-	-	-
Equipamentos de informática e	27,3	14,5	35,8	22,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Equipamentos de consumo	-	-	-	-	-	-	-	-	21,1	20,7	33,8	24,3
Equipamentos de iluminação	-	-	-	-	0,6	75,6	20	3,9	-	-	-	-
Ferramentas elétricas e eletrôn.	-	-	-	-	-	48,9	28,7	19,6	2,8	-	-	-
Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
Aparelhos médicos	-	-	-	-	-	32,3	17,9	12,5	37,3	-	-	-
Instrumentos de monitoramento	-	-	-	-	-	21,3	12,5	47,4	18,7	-	-	-

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do estudo realizado, evidenciou-se diversas dificuldades no que tange à gestão de REEEs em uma universidade. A maior talvez diga respeito justamente à grande diversidade de equipamentos utilizados nesse tipo de instituição, visto que estão envolvidos laboratórios de ensino e pesquisa, além de atividades administrativas, e até mesmo áreas da saúde como hospital, laboratórios de análise, farmácia escola e ambulatórios.

Apesar disso, em termos mássicos, os principais REEEs gerados são os computadores, utilizados nos laboratórios de informática, salas de aula e principalmente nas áreas administrativas. Porém, mesmo dentro de subclasses, como os equipamentos de tecnologia da informação, se evidenciou uma diversidade grande de REEEs gerados.

Outra dificuldade identificada foi a presença de REEEs de grande porte, como máquinas industriais, além de REEEs de equipamentos de saúde e laboratoriais. Em todos esses casos os equipamentos apresentam sensores e características muito particulares, diferindo consideravelmente dos REEEs convencionalmente encontrados em residências.

Uma análise das diferentes áreas de ensino também demonstrou como diferentes setores da universidade geram REEEs com características muito distintas. As áreas biológicas e da saúde demandam equipamentos laboratoriais e médicos, enquanto áreas humanas, sociais e jurídicas se caracterizam por necessitarem basicamente de computadores e equipamentos de sala de aula, como projetores. De forma intermediária, as Ciências Exatas apresentaram tanto REEEs laboratoriais quanto equipamentos de informática e de sala de aula.

Observa-se também uma grande variabilidade na velocidade de obsolescências dos equipamentos, como por exemplo de equipamentos hospitalares, laboratoriais e de consumo, em contrapartida aos equipamentos de informática. Como resultado, os EEEs utilizados na área da saúde, biológicas e parcialmente nas exatas apresentam uma vida útil muito inferior aos das áreas humanas, sociais e jurídicas, além daqueles utilizados pelo setor administrativo, em sua maioria.

Recomendações para o gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

Os levantamentos desenvolvidos denotaram uma elevada complexidade na gestão de REEEs em unidades de ensino superior, em especial quando consideramos os estabelecidos na Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), com os conceitos de logística reversa e corresponsabilidade. Dessa forma, estão apresentadas a seguir algumas recomendações para o gerenciamento de REEEs em instituições de ensino superior, tendo como base a experiência dos autores:

- A implantação de um sistema de informações que permita controlar a localização dos EEEs e REEEs da instituição se mostra básica para o bom gerenciamento dos resíduos. Ressalta-se aqui que a ausência desse controle na instituição resultou no aproveitamento de somente 25,2% dos dados de localização dos EEEs, restringindo significativamente a análise;
- A utilização do sistema de compras se mostra uma ferramenta adequada para a gestão de REEEs, uma vez que necessariamente todo EEE no futuro se torna REEE. Porém, o sistema não gerencia os equipamentos no momento que esses recebem baixa no sistema

Tabela 8 - Obsolescência dos equipamentos analisados, por área.

Área	Período de obsolescência (%)						
	95-99	00-04	05-09	10-14	15-19	20-25	26-30
Ciências Biológicas	0,2	0,4	4,7	4,7	13,7	75,5	0,8
Ciências da Saúde	0,4	1,8	16,4	38,8	34,1	8,1	0,2
Ciências Exatas	0,1	0,6	13,4	14,7	44,9	25,4	1,0
Ciências Humanas	-	-	2,2	34,2	43,3	-	20,3
Ciências Sociais	-	0,4	-	1,9	74,9	4,5	18,2
Ciências Jurídicas	-	1,2	4,3	34,0	58,2	1,9	0,3
Artes	-	-	1,6	20,1	54,6	19,1	4,6
Administrativo	1,4	1,7	13,5	24,0	44,1	13,0	2,2
Hospital e afins	-	0,4	42,4	20,7	25,1	9,8	1,6
TI e salas de informática	-	0,7	6,7	23,7	67,1	1,7	0,1
Escola	-	1,3	8,7	11,6	49,3	28,3	0,8
Biblioteca	-	-	7,9	6,2	50,3	2,0	33,6
Diversos	0,3	2,1	18,7	28,5	35,6	14,8	-
Serviços	-	3,1	13,0	38,2	28,7	16,1	1,0

TI: tecnologia da informação.

(prontos para descarte), sendo necessária uma ferramenta à parte (ou uma adaptação no sistema de informações da instituição) para controlar os REEEs. Tal aspecto limitou as análises em termos de quando ocorria efetivamente o descarte, tendo sido necessário adotar estimativas de vida útil, e impossibilitando uma avaliação da real magnitude do *housekeeping* na instituição;

- De fato, a geração irregular de REEEs, como observado nas Tabelas 7 e 8, significa que a gestão desse tipo de resíduo lida com momentos de picos e baixas na geração, demandando dos gestores um procedimento dinâmico no processo de recolhimento e destinação adequada. O encaminhamento periódico não reflete esse comportamento, podendo gerar situações de acúmulo de REEEs;
- Por fim, ressalta-se que, apesar de se identificar alguns tipos principais de REEEs, em especial computadores, a análise evidenciou uma grande variedade de diferentes REEEs: 414 tipos, dentro das 9 classes consideradas. Essa grande variabilidade representa uma dificuldade tanto no armazenamento (visto as

diferenças no formato) quanto de encaminhamento (devido aos diferentes componentes dos REEEs). Como agravante, muitos desses equipamentos podem ser considerados pouco usuais, como é o caso dos aparelhos médicos e equipamentos de monitoramento. Por tais motivos, recomenda-se que o sistema de informações utilizado comporte também informações sobre como acondicionar e, principalmente, como destinar esse resíduo ao final da sua vida útil, reduzindo riscos de gerenciamento inadequado.

Importante aqui fazer um paralelo com o trabalho realizado junto à Universidade de São Paulo (Bonhomme *et al.*, 2008), o qual verificou como algumas das principais dificuldades no gerenciamento de REEEs na instituição a ausência de destinação adequada para certos REEEs, a desatualização dos dados do sistema de informações utilizados e a falta de preparo de diferentes setores na universidade para lidar com a gestão e o inventário de REEEs.

REFERÊNCIAS

AGAMUTHU, P.; KASAPO, P.; NORDIN, N.A.M. (2015) E-waste flow among selected institutions of higher learning using material flow analysis model. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 105, p. 177-185.

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS (EPA). (2008) *Electronics Waste Management in the United States - Approach 1*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/osw/conservation/materials/ecycling/docs/app-1.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2014.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CONSTRUTORES DE RESIDÊNCIAS (NAHB). (2007) *Study of Life Expectancy of Home Components*. Disponível em: <<https://www.interstatebrick.com/sites/default/files/library/nahb20study20of20life20expectancy20of20home20components.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2014.

BONHOMME, G.; CASTRO, F.; CLARKE, A. (2008) *Final Report: E-Waste Initiative at University of São Paulo*. Cambridge: MIT Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology. p. 1-31.

BRASIL. Presidência da República. (2010) Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, p. 1-21. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 10 nov. 2012.

CHIBUNNA, J.B.; SIWAR, C.; BEGUM, R.A.; MOHAMED, A.F. (2012) The Challenges of E-waste Management Among Institutions:

A Case Study of UKM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 59, p. 644-649.

ECOSPECIFIER. *Are you in Line with the Future of Lighting?* Disponível em: <<http://www.ecospecifier.com.au/media/7230/Ballasts%20-%20High%20Performance%20Comparisons.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2014.

EUGSTER, M.; HISCHIER, R.; DUAN, H. (2007) *Key environmental impacts of the Chinese EEE industry - a life cycle assessment study*. Disponível em: <http://ewasteguide.info/files/Eugster_2007_Empa.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2014.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS (FEAM). (2009) *Diagnóstico da Geração Resíduos Eletroeletrônicos Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte. Disponível em: <http://ewasteguide.info/files/Rocha_2009_pt.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO (IBAPE/SP). (2007) *Estudos de Vidas Úteis para Máquinas e Equipamentos*. Disponível em: <http://www.ibape-sp.org.br/arquivos/estudo_de_vidas_uteis.apresentacao.pdf>. Acesso em: 27 out. 2014.

LAFFELY, J. (2007) Assessing cost implications of applying best e-waste recovery practices in a manual disassembly material recovery facility in Cape Town, South Africa, using process-based cost modelling. Tese (Doutorado) - Suíça. Disponível em: <http://ewasteguide.info/files/Laffely_2007_EPFL-Empa.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2014.

- MOHAN, M.P.R.; GARG, I.; KUMAR, G. (2008) Regulating e-waste: a review of the international and national legal framework on e-waste. In: JOHRI, R. (Ed.). *E-Waste. Implication, Regulations, and Management in India and Current Global Best Practices*. New Delhi, India: The Energy and Resources Institute.
- MORF, L.S.; TREMP, J.; GLOOR, R.; SCHUPPISSER, F.; STENGELE, M.; TAVERNA, R. (2007) Metals, non-metals and PCB in electrical and electronic waste--actual levels in Switzerland. *Waste Management*, Nova York, v. 27, n. 10, p. 1306-1316.
- ODHIAMBO, B.D. (2009) Generation of e-waste in public universities: the need for sound environmental management of obsolete computers in Kenya. *Waste Management*, Nova York, v. 29, n. 10, p. 2788-2790.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). (2015) *StEP E-waste WorldMap*. Disponível em: <<http://www.step-initiative.org/step-e-waste-world-map.html>>. Acesso em: 17 nov. 2016.
- PARLAMENTO EUROPEU. (2012) Diretiva 2012/19/EU. Relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e eletrônicos (REEE). Reformulação. *Jornal Oficial da União Europeia*. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&from=PT>>. Acesso em: 12 jun. 2013.
- SWICORECYCLING. (2011) *2011 Activity Report*. Disponível em: <<http://www.swicorecycling.ch/downloads/dokumente/swicotb2011webenpdf.pdf/1271>>. Acesso em: 5 nov. 2014.
- UNIVERSIDADE DAS NAÇÕES UNIDAS (UNU). (2007) *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*. Final Report. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2014.
- VEIT, H.M. (2005) *Reciclagem de cobre de sucatas de placas de circuito impresso*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e de materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/6530>>. Acesso em: 20 mar. 2014.
- WIDMER, R.; OSWALD-FRAPF, H.; SINHA-KHETRIWAL, D.; SCHNELLMANN, M.; BÖNI, H. (2005) Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 25, n. 5, p. 436-458. Disponível em: <http://ewasteguide.info/files/Widmer_2005_EIAR.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2013.