



Uma proposta de diretiva ROHS Brasil: Exigências e desafios

Claudia Corrêa Torquato de Souza

Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), Brasil
etmtorquato@yahoo.com.br

Celso Romanel

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Rio de Janeiro (RJ), Brasil
romanel@puc-rio.br

RESUMO: A Comunidade Europeia em 2002 elaborou a Diretiva *Restriction of The Use of Certain Hazardous Substances in Electric Electronic Equipments (RoHS)* que restringiu determinadas substâncias nocivas em equipamentos eletroeletrônicos (EEE). Vários países como a China, o Japão e a Coréia se alinharam, com características próprias, à Diretiva *RoHS* visando, principalmente, a exportação ao mercado consumidor europeu. No Brasil, embora haja legislações e normas técnicas que normatizam parâmetros de sustentabilidade, não existe regulamentação específica que proíba o uso de substâncias nocivas na manufatura de eletroeletrônicos. A elaboração de norma brasileira que estabeleça parâmetros de sustentabilidade para o setor eletroeletrônico vai de encontro às exigências nacionais e internacionais de um mundo ambientalmente equilibrado, propiciando a redução do potencial de intoxicação humana devido ao manuseio de EEE e à redução de substâncias tóxicas lançadas no meio ambiente em uma disposição final indevida de resíduos eletrônicos. Uma Diretiva *RoHS* Brasil traz desafios como a adequação do parque industrial brasileiro às exigências técnicas mais restritas, aumento do custo final dos equipamentos, gastos extras com treinamento de pessoal e certificação dos produtos. Sugere-se a adoção da Diretiva *RoHS* Brasil agregando os principais benefícios verificados na *RoHS* Europeia com outras vantagens identificadas nas *RoHS* Coréia, China e Japão. Este trabalho pôde concluir que alinhar-se à Diretiva ROHS significa investir na salvaguarda da saúde humana e ambiental, permitindo que as indústrias brasileiras se mantenham competitivas tanto para o mercado nacional, quanto para o mercado internacional na exportação de produtos eletroeletrônicos.

Palavras-chave *RoHS, eletroeletrônico, sustentabilidade, Brasil.*

1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento de equipamentos eletroeletrônicos (EEE) no mundo fez crescer a preocupação com o grau de contaminação humana e ambiental decorrente da produção, do manuseio de EEE e do descarte dos resíduos eletroeletrônicos (REEE), visto que tais equipamentos e resíduos são formados por substâncias químicas, várias destas sabidamente nocivas ao ser humano e ao meio ambiente. Nesse sentido, a Comunidade Europeia (CE) elaborou a Diretiva 2002/96/EC, *Waste Electrical and Electronic Equipment* (WEEE) que orienta quanto ao tratamento e a reciclagem de REEE. Este contexto foi determinante para que, complementando a WEEE, a CE elaborasse a Diretiva *Restriction of Certain Hazardous Substances* (RoHS) que restringe em EEE as substâncias cádmio, mercúrio, cromo hexavalente, chumbo, éteres difenil-polibromados e bifenilos polibromados nos valores máximos de 1000 ppm para todas as substâncias da Diretiva, exceto o cádmio cujo limite é de 100 ppm. As duas Diretivas juntas abrangem a hierarquia do resíduo eletrônico: prevenção na fabricação (RoHS), redução, reuso, reciclagem e disposição final (WEEE) (Souza, 2015).

Vários países como a China, Japão, Coréia e o Estado da Califórnia (EUA) alinharam-se, com características próprias, à Diretiva RoHS visando, principalmente, o mercado europeu. O Brasil tem se empenhado em legislar em busca de soluções sustentáveis que permitam o progresso do país assegurando, ao mesmo tempo, a redução de impactos ambientais nocivos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), embora seja um avanço na legislação ambiental e em seu artigo 7º incisos III, IV e V determine a adoção de medidas para emprego de tecnologias limpas, redução de volume e periculosidade dos resíduos sólidos (Brasil, 2010) não detalha quais as substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente que devem ser evitadas, volume a ser reduzido ou escopo permitido. Não especifica restrições específicas para EEE.

Assim, o Brasil ainda não possui regulamentação específica para o setor eletroeletrônico quanto ao uso e limitações de substâncias químicas nocivas na fabricação de EEE. Neste sentido, visando complementar a PNRS, é verificada a urgência na realização de acordo setorial para equipamentos eletroeletrônicos.

A Diretiva ROHS foi atualizada em 2011 pela Diretiva 2011/65/EC, mantendo o mesmo escopo da Diretiva 2002/95/EC e limitando as mesmas substâncias. Em 2015, a Diretiva de 2011 foi novamente revista sendo verificada a necessidade de inclusão das substâncias Bis (2-ethylhexyl) phthalat (DEPHP), Butyl benzyl phthalate (BBP), Dibutyl phthalat (DBP) e Diisobutyl phthalate (DIBP).

2. MOTIVAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DA ROHS BRASIL

O aumento de resíduos eletroeletrônicos e consequentes danos ambientais e à saúde humana decorrente de seu manuseio e descarte indevidos são as principais motivações para regulamentar as substâncias nocivas presentes em EEE.

Atualmente o Brasil enfrenta grave crise política e econômica com retração, em 2015, de 16% de investimentos no setor eletroeletrônico e variação negativa de 2014/2015 para o mercado de microcomputadores e *tablets* (Abinee, 2016). Entretanto, até 2014 houve

aumento crescente de unidades de *desktops*, *notebooks*, *tablets*, e principalmente, *smartphones* e celulares (Abinee, 2015), estando o aumento do consumo de bens e serviço no Brasil atrelado ao aumento do índice de rendimento mensal apresentado pelo país nos últimos anos. Pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014) em 2013 97,2% e 49,5% das residências no Brasil possuíam televisão e computador pessoal, respectivamente. O crescente aumento do consumo de EEE, associado a baixos índices de reciclagem e reuso, resulta em aumento significativo de REEE. Entretanto, existem poucas estatísticas oficiais brasileiras que identifiquem a geração de resíduo eletroeletrônico no país. No Rio de Janeiro apenas a partir de 2008 a Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb) contabilizou a porcentagem de resíduo eletrônico no lixo domiciliar do Município do Rio de Janeiro, aproximadamente 0,13% do total (Comlurb, 2014). Conforme estudo da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (2009) o acúmulo de REEE de 2001 a 2030 no Brasil chegará a 22 milhões de toneladas, sendo a média, para o mesmo período de 3,4 kg/hab. Verificando ainda a geração de REEE, segundo a *Universaty Nations University* (UNU, 2014) em 2014, no mundo, foi gerado 41,8 milhões de toneladas, sendo 5,9 kg/hab. Nas Américas, o Brasil foi o 2º país na geração de resíduos eletrônicos com 1,4 milhões de toneladas, estando os EUA em primeiro lugar com 7 milhões de toneladas de REEE. Esta mesma instituição estima forte acréscimo mundial na geração de resíduos, podendo chegar a 50 milhões de toneladas em 2018. Além disso, estima que o resíduo eletrônico gerado em 2014 contenha 16.500k toneladas de ferro, 1.900k toneladas de cobre, 300 toneladas de ouro (11% da produção total de ouro em 2013), bem como prata, alumínio e paládio. Um dos fatores primordiais do aumento de resíduos eletroeletrônicos é a redução da vida útil dos EEE proveniente da adoção da obsolescência programada por parte do setor eletroeletrônico. A implementação da obsolescência programada, que tem por objetivo o aumento da produção e do lucro, só foi possível graças ao emprego de componentes *Commercial off-the-shelf* (Cots) no desenvolvimento de EEE que possibilitaram a redução do tempo de desenvolvimento de equipamentos eletroeletrônicos.

Entretanto, nem só de metais nobres são compostos os REEE. As substâncias tóxicas neles existentes, inclusive as incluídas na Diretiva *RoHS* podem ocasionar vários danos à saúde e ao meio ambiente. O chumbo ingerido ou inalado, mesmo em pequenas quantidades, acumula-se no organismo ocasionando uma grande variedade de efeitos nocivos no corpo humano. Em crianças pode afetar a capacidade intelectual causando redução de QI. O nível de chumbo no sangue tem aumentado, principalmente em crianças, em áreas onde há reciclagem e disposição final de REEE não supervisionado, como na Índia, China e países na África e Ásia. Foram verificados níveis de 35µg/dl de chumbo, quando 10µg/dl é suficiente para ocasionar problemas de aprendizado. Outra substância, o cádmio, ocasiona como dano principal a insuficiência renal. Em altas doses pode ocasionar danos ao sistema respiratório, sendo também cancerígeno. Já trabalhadores expostos ao cromato via consumo de água contaminada, mesmo em pequenas concentrações, podem adoecer seriamente (Premier Farnell, 2011).

3. REFERÊNCIAS PARA A ROHS BRASIL: DIRETIVAS FORA DA COMUNIDADE EUROPEIA

O alinhamento à Diretiva *RoHS*, além de remediar impactos ambientais negativos e danos à saúde humana, facilita o comércio de produtos eletrônicos entre os países, já que a Diretiva *RoHS* é considerada barreira alfandegária por alguns destes.

Vários países, como a Coreia, China e Japão, bem como o Estado da Califórnia (EUA), adaptaram os conceitos da Diretiva *RoHS* em normas técnicas que, basicamente, restringem as mesmas substâncias, nas mesmas concentrações, das determinações da *RoHS* europeia.

3.1 ROHS China

A *RoHS* China restringe seu escopo aos EEE à venda na China, não sendo aplicável a componentes importados para montagem e exportação de eletroeletrônicos. A *RoHS* China é regulamentada por várias normas nacionais, como as que estabelecem os valores máximos das substâncias nocivas em EEE e por outras que focam na identificação de produtos submetidos à *RoHS* China.

Como fator diferencial, a *RoHS* China exige que todos os produtos que possuem valores das substâncias da *RoHS* China acima além do permitido indiquem o tempo que esta substância se manterá inócua (Texas *Instruments*, 2015). Este período é definido pela função *Environmentally Friendly Use Period* (EFUP).

3.2 ROHS Coreia

Alinhando-se à política ambiental europeia, a Coreia do Sul elaborou a norma *The act of resource of electrical and electronic equipment and vehicles* que limita o uso, bem como as mesmas quantidades, das substâncias regulamentadas pela *RoHS* europeia. O diferencial da *RoHS* Coreia é sua preocupação com o *design* dos equipamentos, que deve facilitar a separação das partes e subpartes dos EEE, favorecendo a reciclagem e o descarte dos REEE, permitindo a segregação de unidades que contenham substâncias tóxicas. Sabiamente, a Coreia investe no *eco-design*.

3.3 ROHS Califórnia (EUA)

Os EUA não aderiram, até esta data, à Diretiva *RoHS*. Desde 2009, tramita na Câmara dos Deputados dos EUA o Projeto de Lei H.R. 2420 (EUA, 2009) que visa restringir substâncias nocivas, com os mesmos critérios da *RoHS* europeia em EEE. Sem uma Lei Federal, o Estado da Califórnia legislou pioneiramente em 2002, aprovando a lei considerada a *RoHS* Califórnia - *The Electronic Waste Recycling Act* (Califórnia, 2002). A *RoHS* Califórnia cobre as mesmas substâncias da *RoHS* europeia, com escopo menor de EEE, limitando-se a apenas dispositivos eletrônicos.

3.4 ROHS Japão

O Japão, em 1991, promulgou o documento “*The law for promotion of effective utilization of resources*”, com última revisão em 2000 (Japão, 2000), que trata sobre o desenvolvimento saudável da economia do país, promovendo a redução de bens usados (resíduos) e a utilização de materiais recicláveis e reutilizáveis para a indústria de construção civil e

elétrica. As substâncias tóxicas contidas em partes e materiais a serem controladas de EEE foram concentradas no documento *Material Composition Survey and Response Manual (JGPSSI, 2012)*. Dentre as substâncias nocivas normatizadas pela *RoHS* Japão estão as substâncias do escopo da *RoHS* europeia, nas mesmas concentrações, assim como o níquel e o berílio, além de substâncias radioativas.

A Tabela 1 apresenta as principais características das Diretivas ROHS internacionais mencionadas anteriormente.

Tabela 1: Resumo comparativo das Diretivas Rohs internacionais (fonte: autores)

Critério	Europeia UE	China	Coreia	Califórnia	Japão
Substâncias restritas	0,01% em peso de cádmio e 0,1% em peso de chumbo; mercúrio; cromo hexavalente, polibromato bifenil (PBB) e éter difenil polibromato (PBDE)	ROHS UE	ROHS UE	ROHS UE exceto polibromato bifenil (PBB) e éter difenil polibromato proibidas por lei estadual desde 2006	ROHS UE e outras substâncias
Foco da diretiva	Produto final, colocado no mercado após a Diretiva ter entrado em vigor	Produtos e acessórios à venda na China	Desenvolvimento de EEE com foco no <i>design</i> , favorecendo a coleta seletiva e a quantidade de EEE a ser reciclada	Produto final, fabricado após a diretiva entrar em vigor	Redução, reuso e reciclagem de EEE e produtos da construção civil
Categorias atendidas	EEE	Discriminadas em <i>Electronic Information Products Classification</i>	EEE e veículos	Dispositivos eletrônicos	EEE e construção civil
Declaração de conformidade	IEC 62474	Sim	Sim para substâncias tóxicas e para requisitos de reciclagem	Não informado	IEC 62474
Metodologia para teste	IEC 62321	SJ/T-11365/2006	Não informado	Não informado	Sim
Controle do período de toxicidade das substâncias químicas existentes em EEE	Não	Sim, para EEE com níveis de substâncias ROHS acima dos recomendados	Não	Não	Não

4. ROHS BRASIL: EXIGÊNCIAS E DESAFIOS

4.1 EXIGÊNCIAS

O Brasil ao se alinhar à Diretiva *RoHS* vai de encontro aos anseios nacionais e internacionais de proteção ambiental em relação à redução do potencial de intoxicação humana e ambiental. O relatório da Arcadis & RPA n° 30-CE-0095296/00-09 (Bogaert et al., 2008) comprova a redução da quantidade de substâncias tóxicas descartadas no meio ambiente em decorrência da adoção da Diretiva *RoHS*. O mesmo documento informa que a redução anual de chumbo, Octa-BDE, cádmio e mercúrio dispostas no meio ambiente, creditada à Diretiva *RoHS*, tendo como referência a quantidade de substâncias *RoHS* evitada na comunidade europeia em categoria específica de produtos (refrigeradores, lâmpadas fluorescentes, celulares, computadores pessoais etc.) é estimada respectivamente em: 89.800, 12.600, 4.300 e 22 toneladas. Ou seja, redução de 20% de mercúrio, 56% de cádmio, 59% de chumbo, 68% de Octa-BDE e 71% de cromo VI. Desta maneira, vale salientar que, segundo a *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR, 2015) no escopo das Diretiva *RoHS* estão 4 das 20 substâncias consideradas com maior potencial de toxicidade: chumbo em 2°, mercúrio em 3°, cádmio em 7° e o cromo hexavalente em 17°, substâncias extremamente danosas à saúde humana.

A restrição às substâncias tóxicas em EEE reduzirá não somente a contaminação ambiental, mas também, o grau de contaminação humana, principalmente em relação ao chumbo. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (2004), nas Américas 44,7% das crianças e 48% dos adultos apresentam elevados níveis de chumbo no sangue, entre 5 e 10 µg/dl, níveis que podem ocasionar danos neurais, danos ao sistema reprodutivo, problemas cardiovascular e imunológico. Na Europa a porcentagem é de 18,6% e de 22,5% para crianças e adultos, respectivamente. Pode-se creditar estes níveis mais baixos de contaminação a uma legislação e educação ambiental melhor estruturados.

O Ministério da Saúde do Brasil (2006) alerta no documento “Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao chumbo metálico” que níveis de chumbo no sangue de 10,4µg/dl causa alterações na creatinina, enquanto que em torno de 14µg/dl já provoca variações de pressão arterial. Com 20µg/dl as mulheres são desaconselhadas de engravidar.

4.2 DESAFIOS

A adequação à Diretiva *RoHS*, nos países que a adotaram, impulsionou as empresas do setor eletroeletrônicos a investirem em pesquisa e em novos métodos de produção. Ansanelli (2008) atesta que inovação ambiental, resultante da pressão ambiental, pode gerar vantagens competitivas para as corporações.

Embora seja incentivador, a adequação da indústria à *RoHS* apresenta desafios como gastos extras em decorrência desta transição. “A adequação à Diretiva *RoHS* requer investimentos em toda a cadeia produtiva do equipamento, desde a fase de pesquisa e desenvolvimento do produto, passando por investimentos em capacitação de pessoal e certificação do produto, até chegar à fase de divulgação do EEE.” (Souza, 2015).

Segundo Gordon (2008), foram gastos US\$ 32 bilhões para adequação mundial à Diretiva, sendo estimados US\$ 3,7 bilhões, anuais, para atualização da mesma. O Instituto de Pesquisas Tecnológica de São Paulo (IPT-SP, 2011) estima em torno de 30% o acréscimo nos custos de EEE decorrentes de adaptações à Diretiva *RoHS*. Muitos fabricantes repassam este aumento ao valor de venda do produto; outros recorrem a demissões de pessoal visando recuperar o investimento realizado. Alguns poucos preferem agregar valor à própria marca arcando com os custos de adaptação.

Outro desafio a ser superado é quanto ao entendimento da Diretiva que originalmente era de difícil compreensão devido às suas várias exceções. Bogaert et al. (2008) informa que grande parte dos custos (67%) inerentes à adoção da Diretiva recai sobre coleta de dados, análise de exceções, treinamento de pessoal e certificação dos produtos. Apenas 33% é gasto com adequação técnica à *RoHS*.

Outro fator desafiador a ser suplantado diz respeito à confiabilidade técnica a ser obtida. Os EEE *RoHS* devem atender completamente às características técnicas, funcionais e operativas de EEE não *RoHS*. Vários estudos neste sentido estão sendo realizados, principalmente quanto à restrição ao uso de chumbo nas ligas de solda para aplicação em eletrônica.

5. CONCLUSÃO

As exigências e os desafios a serem enfrentados pelas empresas passam pelas normas e leis ambientais nacionais que visam mitigar e prevenir danos ambientais e à saúde humana, gerados por substâncias nocivas, especialmente o chumbo. Neste sentido, o alinhamento à Diretiva *RoHS* permitirá que as empresas brasileiras do setor eletroeletrônico se mantenham competitivas, tanto no mercado nacional, quanto no mercado internacional. Motivará, ainda, as empresas a investirem em novas tecnologias, em pesquisa e em desenvolvimento de adaptações de processos e produtos, principalmente em tecnologias limpas e no *ecodesign*, assegurando condições adequadas para manuseio e descarte de REEE.

REFERÊNCIAS

- ABINEE. 2015. Desempenho setorial abril 2015. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>. Acesso em: jun. 2015.
- ABINEE. 2016. Desempenho setorial – Dados atualizados em março de 2016. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>. Acesso em: mai. 2016.
- ANSANELLI, S. L. M. 2008. Os Impactos internacionais das exigências ambientais da União Europeia para o Setor de Equipamentos Eletro-Eletrônicos sobre o Brasil. Campinas, SP. 227p. Tese de Doutorado em Economia Aplicada. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.
- ATSDR. 2015. The ATSDR 2013 substance priority list. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html>> Acesso em: nov. 2015.
- BOGAERT, S., et al. 2008. Study on RoHS and WEEE Directives N° 30-CE-0095596/00-09 – Final Report. 369p. <ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/rpa_study.pdf> Acesso em: out. 2015.
- BRASIL. 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Lei nº 12.305/10, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: set. 2015.

- CALIFORNIA (USA). 2002. Senate Bill N°20. <www.leginfo.ca.gov/pub/03-04/bill/sen/sb_0001-0050/sb_20_bill_20021202_introduced.pdf> Acesso em: out. 2015.
- COMLURB. 2015. Principais características do lixo domiciliar do município do Rio de Janeiro de 1995 – 2013. Disponível em: <armazem.de.dados.rio.rj.gov.br> Acesso em: 2 jun. 2015.
- EUA. 2009. H.R.2420 - Environmental Design of Electrical Equipment Act (EDEE) Act. Disponível em: <<https://www.congress.gov/bill/111th-congress/house-bill/2420>> Acesso em: ago. 2015.
- FEAM. 2009. Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletrônicos no Estado de Minas Gerais. 85p. http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/4E1B1104/DiagGer_REE_MG_FEAM_EMPA.pdf. Acesso em: ago. 2015.
- GORDON, P. et al. 2008. Economic Impact of the European Union RoHS Directive on the Electronics Industry. Consumer Electronics Association - /Technology Forecasters Inc. CEA/TFI, <<http://www.smfederation.org.sg/Portals/0/Events/Ppt%20Slides/Report%20FINAL%20TFI-CES%202008-01-23%20JS.pdf>> Acesso em: 17 jan. 2015.
- IBGE. 2014. Pesquisa nacional por amostra de domicílios. Síntese de indicadores 2013. 88p.
- IPT. 2011. Diretiva RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances). Testes de Certificação. <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/6e5e478047458d9b9713d73fbc4c6735/Semin%C3%A1rio+2+-+1%C2%AA+Apresenta%C3%A7%C3%A3o+-+Cl%C3%A1udia+de+Souza+-+IPT.pdf?MOD=AJPERES>
- JAPÃO. 2000. Law for Promotion of Effective Utilization of Resources. Disponível em: <www.meti.go.jp/english/information/data/creffectle.pdf> Acesso em: 28 fev. 2015.
- JGPSSI. 2012. Material composition survey and response manual. 57p. Disponível em: <www.shimadzu.co.jp/.../120601_v4.2-sr_manual> Acesso em: fev. 2015.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2006. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao chumbo metálico. Brasília: Editora do Ministério da Saúde. 44 p. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_atencao_saude_trab_exp_chumbo_> Acesso em: jul. 2015
- OMS. 2004. Global Burden Disease 2004 Report. Disponível em: <www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/index.html>. Acesso em: Jan 2015.
- Premier Farnell. 2011. ROHS substances: effects on humans and the environment. Disponível em: www.element14.com/legislation Acesso em: mai 2015.
- RSJ TECHNICAL CONSULTING. 2015. Sumary of Korea RoHS. Disponível em <www.rsjtechnical.com/whatisKoreaRoHS.htm> Acesso em 13 fev 2015;
- Souza, C. C. T. 2015. Viabilidade técnica e econômica da adoção da Diretiva ROHS por Organização Militar da Marinha do Brasil. Rio de Janeiro, RJ, 145p. Dissertação de Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil.
- TEXAS INSTRUMENTS. 2015. Eco-Info & Lead-free (Pb-free): China RoHS and Chasing Arrow Information. Disponível em: <www.ti.com/corp/docs/legal/privacy.shtml>. Acesso em: 21 fev. 2015
- UNU. 2014. The Global E-Waste Monitor, Quantities, Flows and Resources. 41p. Disponível em: <http://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>. Acesso em: ago. 2015