

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Agravos à saúde decorrentes do descarte incorreto de resíduos eletroeletrônicos: revisão de literatura

Olívia Amaral Prado¹, Napoleão Verardi Galegale ², Elisabeth Pelosi Teixeira³,
Sílvia Pierre Irazusta⁴

Resumo – Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) constituem um problema ambiental emergente. A produção mundial é de 41,8 milhões de t/ano, sendo 1,4 milhões no Brasil. Esta é uma revisão de literatura sobre os agravos à saúde decorrentes do descarte inadequado de REEE. Foram levantadas 45 publicações, no banco de dados da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS-BIREME), no período de 2010 a 2016, das quais 20 estavam diretamente ligadas ao assunto. São descritos 60 elementos encontrados em REEE que podem provocar doenças em seres vivos, tais como câncer, doenças renais e distúrbios neurológicos. Métodos padronizados de reciclagem podem reduzir a exposição e mau uso dos materiais que causam contaminações.

Palavras-chave: e-lixo, Saúde Pública, Impactos à Saúde

Abstract - Waste electrical and electronic equipment (WEEE) is an emerging environmental problem. From the global production of 41.8 million tons/year, 1.4 million is produced in Brazil. This is a literature review about the health problems arising from improper disposal of WEEE. There were 45 publications raised in the Health Virtual Library Database (BVS- BIREME) in the period 2010-2016, of which 20 were directly related to the subject. There are 60 described elements found in WEEE that can cause disease in living beings such as cancer, renal disease and neurological disorders. Standardized recycling methods can reduce exposure and misuse of materials that cause contamination.

Keywords: e-waste, Public Health, Impacts on Health

¹ Aluna do Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Paula Souza - olivia.amaral@gmail.com;

² Docente do Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Paula Souza - nvg@galegale.com.br;

³ Docente do Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Paula Souza – elisabeth.pelosi@gmail.com;

⁴ Docente do Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Paula Souza - silvia.pierre@hotmail.com;

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.**1. Introdução**

Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) constituem um problema ambiental emergente, já que no mundo são produzidos 41,8 milhões de toneladas destes resíduos por ano, sendo que deste total, 1,4 milhões têm origem no Brasil (HEACOCK et al., 2016; MAGALINI; KUEHR; BALDÉ, 2015). Apesar do descarte brasileiro ter volume muito inferior ao de grandes geradores de REEE, como China e EUA, o descarte gerado no Brasil ainda necessita ser reduzido e ter a correta destinação. A questão da obsolescência programada aumenta o acúmulo de REEE (GIGANTE; RIGOLIN; MARCELO, 2012).

A definição da ABNT NBR16.156:2013 para REEE é dada por partes e peças de equipamentos eletroeletrônicos que chegaram ao final da sua vida útil ou uso foi descontinuado (ABNT, 2013):

“São exemplos de equipamentos eletroeletrônicos: eletrodomésticos, equipamentos de informática e telecomunicações, equipamentos de iluminação, ferramentas eletroeletrônicas, brinquedos e equipamentos de esporte e lazer, equipamentos eletromédicos, instrumentos de monitoração e controle, dispensadores automáticos e outros” (ABNT, 2013, p. 3).

Estes resíduos podem ou não ser perigosos. A classificação é feita em duas etapas: os que causam riscos à saúde ou ao meio ambiente.

Os REEE são conhecidos como fontes de recuperação de metais, porém não são desenhados para facilitar a reciclagem. O descarte indevido desrespeita a convenção de Basiléia e ocorre em regiões mais vulneráveis. China, Índia e alguns países da África, como Gana, recebem 80% dos REEE mundiais. Em Gana, as leis permitem o recebimento destes materiais em forma de doações. Agbogbloshie, considerada pelo Blacksmith Institute uma das 10 maiores ameaças tóxicas do mundo, tem 40 mil habitantes expostos a mais de 60 elementos químicos encontrados em REEE descartados indevidamente, alguns deles altamente tóxicos (HEACOCK et al., 2016).

Sem tecnologia adequada aos padrões ambientais e de saúde, os trabalhadores de lixões podem se contaminar ao utilizar procedimentos para extração dos metais para reaproveitamento, os quais podem ainda liberar outros poluentes como retardantes de chamas e bifenilas policloradas (PCBs ou ascarel) (HEACOCK et al., 2016; HUSSAIN; MUMTAZ, 2014; ZHENG et al., 2015).

O objetivo desta pesquisa é apresentar uma revisão sobre os impactos à saúde decorrentes do descarte indevido de REEE, bem como estratégias de monitoramento, por meio de busca na literatura sobre o assunto. Utilizando-se os descritores nas línguas inglesa e portuguesa presentes na Tabela 1 para guiar a pesquisa no banco de dados Biblioteca Virtual em Saúde (BVS-BIREME), no período de janeiro de 2010 a junho de 2016, obteve-se 20 publicações relacionadas, sendo que 8 se referem a agravos à saúde e 12 se relacionam com indicadores.

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

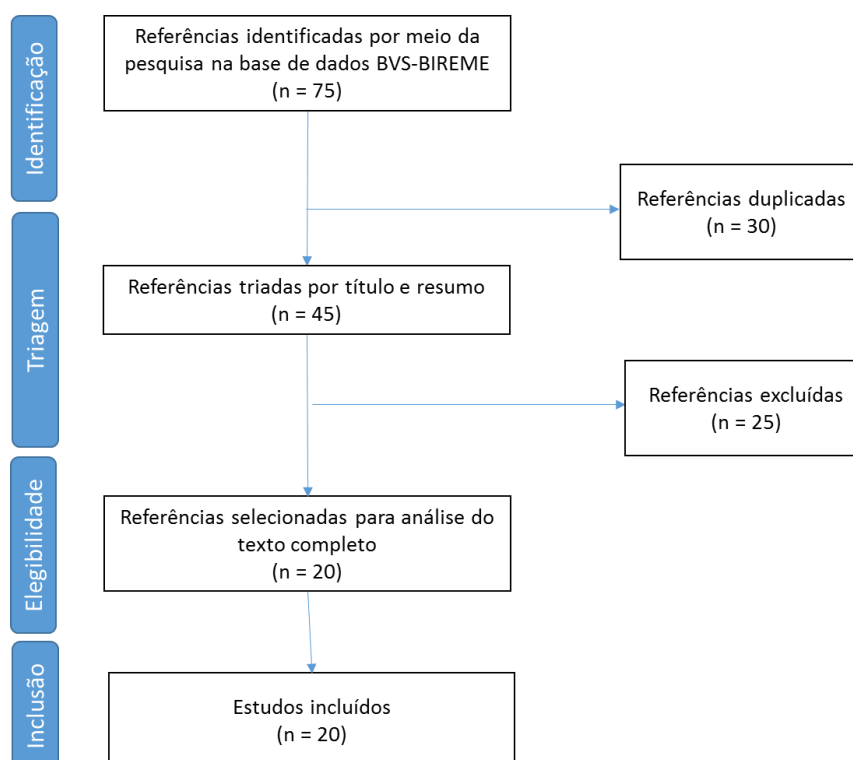
Tabela 1 – Matriz de Descritores

	"Saúde Pública"	"Impactos à Saúde"	"Public Health"	"Impacts on Health"
"e-waste"			and	and
"electronic waste"			and	and
"waste electrical and electronic equipment"			and	and
"post-consumer waste"			and	and
"e-lixo"	and	and		

Fonte: Os autores

Para os descritores relacionados à saúde, foi consultada a base Descritores em Ciências de Saúde (DeCS). Os descritores ligados aos REEE foram selecionados de uma listagem realizada em um artigo sobre redes sociais de REEE (GIGANTE; RIGOLIN; MARCELO, 2012). Devido ao fato de haver uma grande quantidade de descritores, uma análise de Pareto foi utilizada para selecionar os descritores mais relevantes na base Google Acadêmico.

Figura 1 – Fluxograma da seleção de revisão da literatura para o período de 2005 a 2016.



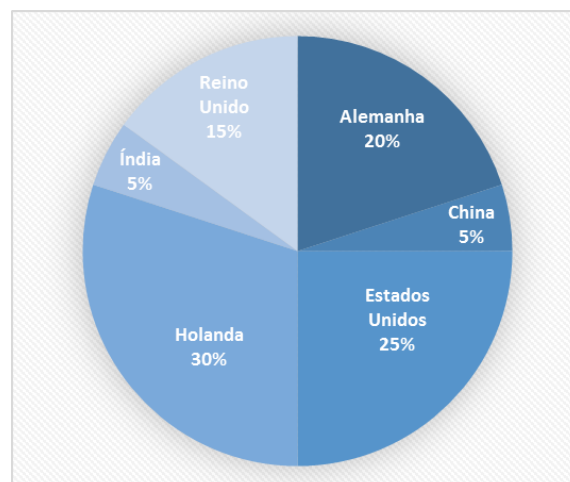
Fonte: Os autores

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Os descritores selecionados foram aplicados à base Biblioteca Virtual em Saúde (BVS-BIREME) que realiza busca integrada em 15 bases de dados nacionais e internacionais, entre elas MEDLINE e WHOLIS. A seleção de artigos seguiu o fluxo apresentado na Figura 1. Apesar de a Biblioteca Virtual em Saúde possuir bases em língua portuguesa, a pesquisa não apresentou resultados neste idioma para os descritores escolhidos. A Figura 1 detalha o fluxo de triagem dos artigos.

O primeiro dado relevante é o que corresponde ao país de origem comparado ao país tema das publicações. Embora a origem da maior parte das publicações seja da Holanda, Estados Unidos e Alemanha, o principal país alvo de pesquisa é a China, com 55% das publicações (13 delas mencionam a cidade de Guiyu, e 6 a cidade de Taizhou no sul da China). China e Índia contribuem cada um com 5% das pesquisas, mesmo sendo os países que mais produzem REEE no mundo.

Figura 2 – Países de origem das publicações



Fonte: Os autores.

Riscos e Agravos à saúde relacionados à exposição a REEE

Os impactos diretos à saúde decorrentes do descarte incorreto de REEE são difíceis de medir devido à combinação da grande quantidade de elementos químicos com a variabilidade de tempos de exposição e dos diversos meios de contaminação: inalação, ingestão ou absorção (HEACOCK; KELLY; SUK, 2015). Também há de se considerar a maior vulnerabilidade especialmente de mulheres e crianças expostos. No caso de crianças, elas ingerem muito mais alimentação por quilo de massa corporal do que os adultos. Comportamentos como colocar as

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

mãos sujas ou até equipamentos na boca também podem contribuir para contaminações (HEACOCK et al., 2016).

Os elementos químicos trazem diversos agravos à saúde como problemas renais e neurológicos causados por chumbo encontrado na forma de pó em monitores CRT (tubo de raios catódicos) (FANG; YANG; XU, 2013), danos aos ossos causados por cádmio, problemas neurológicos, respiratórios e renais causados por mercúrio (XU et al., 2015), entre outros mostrados adiante.

As contaminações por elementos químicos, em sua maioria metais, decorrentes do descarte indevido de REEE podem ocorrer por meio de poeira contaminada, ingestão de alimentos contaminados, contatos com placas, soldas e cabos, que passam por processos precários de galvanização reversa, como utilização de incineração ao ar livre e ácidos para separação dos metais dos REEE. Quanto a não metais, estes processos podem liberar misturas complexas de compostos relacionados com dioxinas (DRCS), incluindo dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) e dibenzofuranos (PCDF), forma de dioxina - dibenzo-polibromados (DL-PCB), dioxinas/dibenzofuranos (PBDD/Fs) e seus bromados/clorados homólogos mistos (PXDD/FS). Éteres difenil-polibromados (PBDEs) são semelhantes aos PCBs e largamente utilizados como retardantes de chamas em produtos eletrônicos. (HEACOCK; KELLY; SUK, 2015; HEACOCK et al., 2016; HIBBERT; OGUNSEITAN, 2014; HUSSAIN; MUMTAZ, 2014; LEUNG et al., 2010; TUE et al., 2013; WANG et al., 2012; ZHENG et al., 2013, 2015).

Tabela 2 – Agravos à saúde decorrentes do descarte indevido de REEE

Material	Sistemas Prejudicados						Órgãos Danificados					Doenças				
	Endócrino	Nervoso	Circulatório	Respiratório	Imunológico	Digestivo	Reprodutor	Baço	Cérebro	Coração	Fígado	Ossos	Rins	Metabólicas	Cardíacas	Cancer
Bário								X	X	X						
Berílio																X
Cádmio											X	X	X			X
Chumbo	X	X	X			X	X			X		X				X
Cobre						X										
Cromo				X										X		
Mercúrio		X		X					X			X			X	
Níquel				X						X						X
Lítio						X				X						
Plásticos (e PVC)	X				X		X									
Retardantes de chama (PCB, PCDEs)	X						X		X							

Fonte: Compilado de Chen et al., 2016; Daniel Hsing Po; Mengjun; Ogunseitan, 2013; Hussain; Mumtaz, 2014; Kishore, 2012; Ni et al., 2014; Xu et al., 2015; Zheng et al., 2013).

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Além dos impactos que puderam ser sumarizados, na Tabela 2, vale ressaltar que o chumbo pode danificar o desenvolvimento do cérebro de crianças, os impactos do mercúrio e de PBDEs (retardantes de chama) são ampliados devido a bioacumulação em peixes e outros alimentos como a carne de porco, os quais são muito consumidos na China. Os PBDEs podem causar mau funcionamento do sistema endócrino e mutagênese. O cromo causa danos ao DNA (mutagênese) e bronquite asmática (CHAN et al., 2013; HUSSAIN; MUMTAZ, 2014). Alergia a níquel pode causar graves dermatites. As dioxinas, decorrentes principalmente da incineração de plásticos podem causar problemas reprodutivos e de desenvolvimento em crianças. O bário provoca fraqueza muscular (KISHORE, 2012).

Indicadores de exposição a REEE

Para medição dos impactos à saúde, foram estabelecidos alguns indicadores quantitativos que servem para diagnosticar o cenário da pesquisa. Cabelo, urina, sangue e seções de tecidos são geralmente usados como biomarcadores para avaliar a exposição ao mercúrio em indivíduos. A escolha por amostras de cabelos normalmente é feita por ser menos invasiva, de fácil manipulação e baixo custo (NI et al., 2014). Por exemplo, altas concentrações de mercúrio foram medidas em amostras de cabelo de habitantes de Guiyu, na China (NI et al., 2014), as quais apresentaram teores do metal acima de limites estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Alimentos e água, além de amostras biológicas, foram utilizadas nestas medições e, além dos metais, subprodutos de reciclagem inadequada também se mostraram bons indicadores. Medições da ingestão de PBDEs obtidas de moradores do entorno de áreas de depósitos inadequados de REEE apresentaram teores destes materiais, tão altos como 931 ng/kg em Guiyu (CHAN et al., 2013; ZHENG et al., 2013). Outros estudos foram capazes de demonstrar níveis inadequados de compostos retardantes de chama em poeira inalada por trabalhadores de áreas de reciclagem (ZHENG et al., 2015). Sistemas de sensoriamento remoto foram ainda utilizados para demonstrar a distribuição espacial destas contaminações no sul da China, região conhecida por descartes incorretos. (HU et al., 2013; LEUNG; CHEUNG; WONG, 2015).

O detalhamento de quantidades de metais existentes em placas de circuitos impressos desde 1996 até 2010 encontrado nas pesquisas é muito relevante pois permite relacionar as proporções de metais tóxicos aos agravos causados e prever o impacto negativo de descartes e priorizar monitoramentos. São conhecidos três métodos de separação de elementos em placas de circuitos impressos: *TTLC – Total Threshold Limit Concentration*, *TCLP – Toxicity Characteristics Leaching Procedure* e *WET – Waste Extraction Test*. A maioria das placas escolhidas era da fabricante Asus. Os resultados são demonstrados na Tabela 3, gerada a partir do método TTLC (Chen et al., 2016).

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Tabela 3 – Materiais existentes em placas de circuitos impressos de computadores

	1996	1997	1998	1999	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Prata	337	102	164	619	592	375	92	118	503	756	416	642	482	483
Alumínio	34.500	29.500	33.700	56.100	57.200	43.900	62.700	51.700	49.100	33.600	81.600	69.100	45.100	59.200
Arsênio	18	N/D	18	N/D	N/D	N/D	17	13	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Ouro	107	75	55	50	43	85	31	54	47	36	12	12	14	29
Bário	964	346	626	2.420	1.600	2.040	2.510	4.090	3.040	1.030	2.060	2.520	2.460	3.680
Berílio	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Cádmio	N/D	N/D	11,6	60,6	N/D	N/D	11	N/D	8	N/D	N/D	N/D	15,0	9,94
Cobalto	23,9	12,3	12	27,3	22,5	14,1	19,1	28,6	56,2	20,9	36,4	72	28,2	173
Cromo	449	259	156	760	194	184	158	1.760	6.080	808	2.150	5.530	1.690	12.800
Cobre	235.000	268.000	217.000	229.000	263.000	231.000	240.000	211.000	179.000	177.000	243.000	239.000	189.000	214.000
Ferro	27.400	34.600	31.200	51.800	49.700	30.600	24.900	46.400	14.200	64.400	78.000	87.000	149.000	96.200
Mercúrio	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Lítio	33,8	N/D	91,8	10,7	N/D	9,34	18,2	13,1	12,5	9,58	21,2	17,2	13,3	19,2
Magnésio	69,2	75,3	856	207	1.730	101	221	217	425	235	490	555	227	5.090
Molibdênio	N/D	N/D	2,77	N/D	N/D	9,84	N/D	13,1	45,7	16,5	N/D	67,4	11,8	21,8
Níquel	3.290	1.460	1.650	4.720	3.700	4.220	3.030	4.170	5.280	3.250	3.480	5.270	3.230	10.500
Chumbo	29.100	21.300	30.100	43.200	17.700	23.000	23.400	26.000	483	386	185	525	313	15.200
Paládio	12	8	N/D	24	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Antimônio	1.280	4.500	4.080	4.360	4.240	4.720	3.300	4.900	8.450	6.650	2.570	4.700	2.830	1.360
Selênio	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Estanho	50.500	44.600	43.900	64.800	39.300	40.200	44.100	51.400	32.300	45.000	33.400	61.500	35.700	35.800
Tálio	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Vanádio	9,86	N/D	11,3	15,2	18,5	14,5	N/D	13,8	35,1	N/D	15,4	29,2	76,6	71,6
Zinco	31.900	32.700	55.200	50.800	35.300	54.500	29.800	21.900	19.000	30.200	33.900	48.700	18.600	33.100

N/D: Não detectado

Unidade de medida: mg localizados/kg de REEE

Fonte: Adaptado de (CHEN et al., 2016).

Foi identificado o monitoramento de contaminação por elementos químicos provenientes de REEE, mesmo em empresas que trabalham em sua correta destinação em ambientes controlados. Nestes ambientes, há indicadores para monitorar os níveis de antimônio, arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, estanho, mercúrio, níquel e zinco dependendo do tipo de reciclagem realizado (FANG; YANG; XU, 2013; LIM; SCHOENUNG, 2010; ZHAN; XU, 2016). Apenas um estudo mencionou os riscos atrelados à reciclagem de monitores de cristal líquido (LCD) e plasma, fontes de contaminação por chumbo e mercúrio. A evolução da tecnologia de monitores de CRT para LCD causou uma diminuição na quantidade de chumbo, porém aumentou a quantidade de mercúrio utilizada na produção. Os dispositivos com telas planas apresentam menores potenciais para causar câncer do que os CRT. As televisões e monitores de plasma possuem maior potencial de causar câncer do que as televisões e monitores LCD, principalmente devido às altas quantidades de chumbo que a tecnologia plasma requer (LIM; SCHOENUNG, 2010).

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.**5. Considerações finais**

A pesquisa apresentada identificou os impactos à saúde decorrentes do descarte indevido de REEE e como é feito o monitoramento de tais impactos, tanto pela determinação dos elementos no ambiente, como também, em amostras biológicas ou em alimentos e água consumidos pelos indivíduos expostos. Há muito referencial bibliográfico de diversas áreas da saúde e que se apropriam de novas tecnologias para medição de indicadores.

Métodos padronizados de reciclagem podem reduzir a exposição e mau uso dos materiais que causam contaminações. Capacitação sobre métodos de reciclagem que não gerem efluentes nem poeiras ou fumaças contaminadas devem ser promovidos, mas não eliminam totalmente os riscos, visto que não é possível sua eliminação total. Sugere-se priorizar os monitoramentos dos teores de chumbo dadas as grandes quantidades encontradas em REEE e os agravos à saúde relacionados e de mercúrio dados os altos índices encontrados em amostras de moradores de depósitos de REEE irregulares no sul da China.

As operações de reciclagem necessitam que os fabricantes de componentes eletroeletrônicos revejam seus projetos de produção de seus produtos para que facilitem a reciclagem e se elimine definitivamente a obsolescência programada. Os recursos naturais são finitos e esta estratégia não é sustentável. O emprego do georeferenciamento para fornecer dados da geração destes REEE ao longo do tempo, permitiria diversas abordagens, incluindo dados quantitativos de geração de REEE, sua localização, previsão de agravos e riscos à saúde humana e ambiental.

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.**Referências**

ABNT NBR 16156:2013. ABNT NBR 16156:2013 - **REEE-manufatura reversa**. ABNT, p. 1–32, 2013.

CHAN, J. K. Y. et al. Dietary intake of PBDEs of residents at two major electronic waste recycling sites in China. **Science of the Total Environment**, v. 463-464, p. 1138–1146, 2013.

CHEN, M. et al. Evolution of electronic waste toxicity: Trends in innovation and regulation. **Environment International**, v. 89-90, p. 147–154, 2016.

DANIEL HSING PO, K.; MENGJUN, C.; OGUNSEITAN, O. A. **Potential Environmental and Human Health Impacts of Rechargeable Lithium Batteries in Electronic Waste**. 2013.

FANG, W.; YANG, Y.; XU, Z. **PM 10 and PM 2.5 and Health Risk Assessment for Heavy Metals in a Typical Factory for Cathode Ray Tube Television Recycling**. **Environmental Science & Technology**, v. 47, n. 21, p. 12469–12476, 2013.

GIGANTE, Luciana Cid; RIGOLIN, Camila Carneiro Dias; MARCELO, Júlia Fernandes. Redes sociais de produção e colaboração tecnológica para o descarte de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. **AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento**, v. 1, n. 2, p. 52-64, 2012.

HEACOCK, M. et al. E-Waste and Harm to Vulnerable Populations: A Growing Global Problem. **Environmental Health Perspectives**, v. 124, n. 5, p. 550–555, 2016.

HEACOCK, M.; KELLY, C. B.; SUK, W. A. E-waste: the growing global problem and next steps. **Reviews on Environmental Health**, v. 31, n. 1, p. 33–35, 2015.

HIBBERT, K.; OGUNSEITAN, O. A. Risks of toxic ash from artisanal mining of discarded cellphones. **Journal of Hazardous Materials**, v. 278, p. 1–7, 2014.

HU, J. et al. Spatial distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDDs/Fs) in dust, soil, sediment and health risk assessment from an intensive electronic waste recycling site in Southern China. **Environmental Science. Processes & impacts**, v. 15, n. 10, p. 1889–96, 2013.

HUSSAIN, M.; MUMTAZ, S. E-waste: Impacts, issues and management strategies. **Reviews on Environmental Health**, v. 29, n. 1-2, p. 53–58, 2014.

KISHORE, J. E-Waste Management : As a Challenge to Public Health in India. **Indian Journal of Community Medicine**, v. 35, n. 3, p. 2010–2013, 2012.

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

LEUNG, A. O. W. et al. Body burdens of polybrominated diphenyl ethers in childbearing-aged women at an intensive electronic-waste recycling site in China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 17, n. 7, p. 1300–1313, 2010.

LEUNG, A. O. W.; CHEUNG, K. C.; WONG, M. H. Spatial distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil, sediment, and combusted residue at an e-waste processing site in southeast China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 12, p. 8786–8801, 2015.

LIM, S. R.; SCHOENUNG, J. M. Human health and ecological toxicity potentials due to heavy metal content in waste electronic devices with flat panel displays. **Journal of Hazardous Materials**, v. 177, n. 1-3, p. 251–259, 2010.

MAGALINI, F. U.-I.; KUEHR, R. U.-I.; BALDÉ, C. P. U.-I. **eWaste in Latin America**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015-eng.pdf>>. Acesso em: 28/06/2016.

NI, W. et al. Hair mercury concentrations and associated factors in an electronic waste recycling area, Guiyu, China. **Environmental Research**, v. 128, p. 84–91, 2014.

TUE, N. M. et al. Environmental contamination and human exposure to dioxin-related compounds in e-waste recycling sites of developing countries. **Environmental science. Processes & impacts**, v. 15, n. 7, p. 1326–31, 2013.

WANG, X. et al. Health risk assessment of lead for children in tinfoil manufacturing and e-waste recycling areas of Zhejiang Province, China. **Science of the Total Environment**, v. 426, p. 106–112, 2012.

XU, X. et al. E-waste environmental contamination and harm to public health in China. **Frontiers of Medicine**, v. 9, n. 2, p. 220–228, 2015.

ZHAN, L.; XU, Z. Assessment of heavy metals exposure, noise and thermal safety in the ambiance of a vacuum metallurgy separation system for recycling heavy metals from crushed e-wastes. **Waste Manag Res**, v. 32, n. 12, p. 1247–1253, 2016.

ZHENG, J. et al. Heavy metals in food, house dust, and water from an e-waste recycling area in South China and the potential risk to human health. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 96, p. 205–212, 2013.

ZHENG, X. et al. Flame retardants and organochlorines in indoor dust from several e-waste recycling sites in South China: Composition variations and implications for human exposure. **Environment International**, v. 78, p. 1–7, 2015.