

João Samarone Alves de Lima

Julia Sílvia Guivant

Introdução

Este artigo baseia-se em investigação realizada pelo autor principal para elaboração de tese de doutoramento no Programa Interdisciplinar em Ciências Humanas – UFSC, sob orientação da Dr^a Julia Sílvia Guivant. Na era da Sociedade da Informação,¹ a indústria das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) tem recebido destaque no cenário global seja pela sua capacidade de inovação no desenvolvimento de produtos e serviço, mas, também, pelo seu poder econômico. É característico desta sociedade o consumo de equipamentos eletrônicos, que levou a indústria das TIC a um período de prosperidade como nunca antes visto em um curto período de tempo. O setor das TIC sempre foi considerado uma indústria limpa, mas, nos últimos anos, começaram a surgir problemas socioambientais relacionados aos resíduos eletrônicos (*e-waste*) revelando uma situação bastante diferente do que se pensava a respeito da sustentabilidade

1 O sociólogo americano Daniel Bell foi um dos primeiros autores a introduzir a categoria “sociedade da informação”. Em seu livro *O advento da sociedade pós-industrial*, o autor sustenta que a dependência da tecnologia criaria o eixo principal desta sociedade – o conhecimento teórico. Advertiu que os serviços baseados no conhecimento se converteriam na estrutura central da nova economia e de uma sociedade sustentada na informação (BELL, 1973, p. 467).

daquela indústria. O capítulo aborda as origens do *e-waste* das TIC, apresenta seus impactos socioambientais e os desafios enfrentados pela cadeia de gestão dos mesmos. São abordadas as oportunidades de negócios e desenvolvimento social a partir da reciclagem deste tipo de resíduo no Brasil, com destaque em projetos desenvolvidos em Recife e Florianópolis. Normas reguladoras tanto a nível nacional, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, como internacionais, com as diretivas da União Europeia, estão entre as inovações discutidas que visam à construção de uma nova consciência de consumo para um sociedade sustentável.

Passaremos a analisar estratégias adotadas em seu processamento buscando responder essa e outras indagações: como as empresas geradoras desses resíduos estariam se posicionando? De quem seria a responsabilidade pela gestão do *e-waste*? Existem regulações a nível nacional e internacional? Quais suas semelhanças ou diferenças na abordagem do assunto? O capítulo foi organizado em subitens que cobrem desde as origens desses resíduos, seus riscos para o meio ambiente e a sociedade; como o problema está distribuído em nível global e nacional; regulações de Estados e organismos internacionais até as estratégias tecnológicas empregadas para o processamento e recuperação dos recursos materiais.

Contextualizando o *e-waste* e a problemática de riscos

A produção de resíduos é uma ação natural que está presente em todos os ecossistemas. A ação humana, através do consumo de recursos para manutenção de sua existência no decorrer dos tempos, naturalmente, tem gerado muitas formas de resíduos, criando certa dificuldade em defini-los enquanto tal. É sabido que uma infinidade de elementos oriundos do metabolismo dos ciclos de vida dos orga-

nismos serve de nutrientes vitais para outros organismos, permitindo, assim, a manutenção saudável da vida.

Na Sociedade de Risco, definição dada por Beck (2010) à última modernidade, a geração de resíduos é potencializada a níveis que têm provocado desequilíbrios ao ambiente natural devido à extração de recursos acima da capacidade de resiliência do sistema natural. A isso se somam as alterações físico-químicas das sobras que ficam como subprodutos e ultrapassam as capacidades de reintegração ou regeneração das substâncias por meios naturais. Atualmente, o lixo ou resíduos gerados representa um dos problemas potenciais para a sobrevivência das espécies porque polue de maneira violenta os recursos importantes para a manutenção da vida.

Alguns dos resíduos, principalmente após a revolução industrial, apresentam uma composição material muito complexa e, sobretudo, os artificiais, aqueles que não são encontrados naturalmente ou ocorrem em baixas concentrações, trazem sérios riscos à vida na biosfera. Guivant (1998, p. 22) afirma que os sociólogos Beck (2010) e Giddens (2012) adotam uma abordagem tão original quanto polêmica ao colocar os riscos ambientais e tecnológicos como centrais para a explicação da sociedade contemporânea. Os autores reconhecem que sempre existiram riscos, só que consideram os atuais objetivamente diferentes porque “não são meros efeitos colaterais do progresso, mas centrais e constitutivos destas sociedades, ameaçando toda forma de vida no planeta e, por isso, estruturalmente diferentes no que diz respeito a suas fontes e abrangência”. Essa transformação ocorre de maneira autônoma, portanto, independe de intenções ou políticas, mas é processada pelas forças da própria sociedade reflexiva. Os riscos dessa sociedade rompem a hierarquia distribucional de classes, apesar de os menos privilegiados continuarem sendo mais afetados, num efeito bumerangue em que as classes favorecidas são também

atingidas porque se torna impossível a fuga em uma sociedade global de risco (BECK, 2010, p. 27).

O crescimento da população e o aumento do consumo contribuem ano após ano para a geração de resíduos sólidos em escala global, tornando-se, nos dias atuais, tema de discussões e debates intermináveis que, na maioria das vezes, apresenta poucas soluções práticas. Os resíduos sólidos provenientes dos eletroeletrônicos (*e-waste*) passaram a despontar no cenário global como elementos potencialmente tóxicos, superando em muito as antigas engrenagens que faziam parte do aparato tecnológico da sociedade da informação anterior. Equipamentos mecânicos como máquinas de calcular e escrever, entre outros, abriram espaço para a era digital onde os computadores e os vários periféricos eletrônicos assumem o papel de protagonistas na nova sociedade da informação. Assim, são os resíduos sólidos dessa nova era – a digital ou eletrônica – que se quer apresentar com propriedade neste capítulo.

Origens, definições e classificações do *e-waste*

O *e-waste* tem sua gênese no desenvolvimento dos circuitos eletrônicos digitais construídos em material semicondutor, o silício, que dá forma ao chip, também conhecido como circuitos integrados, e possui em seu interior centenas, até bilhões de transistores nos dias de hoje (VASCONCELOS, 2009). Esse número tende a crescer muito ainda. E este seria, sem dúvida, o mais importante componente eletrônico sem o qual não existiriam os avanços da era digital tal como é conhecida. O processo de miniaturização dos transistores possibilitou a fabricação dos microprocessadores ou *chips*, considerados o “cérebro” do computador, que é o responsável por executar programas, fazer cálculos e tomar decisões de acordo com as instruções recebidas. Os primeiros microcomputadores foram montados em uma

placa principal, na qual ficam instalados o microprocessador e vários outros chips de apoio, memórias e algumas interfaces. Essa estrutura acabou por caracterizar a arquitetura dos micros e definiu o padrão *Personal Computer* (PC). Com o tempo, o termo placa de CPU, atribuído à placa principal, foi substituído por placa de sistema (*system board*) e placa mãe (*motherboard*) (TORRES, 2001; VASCONCELOS, 2009).

A revolução da microeletrônica tem início em 1971, quando a Intel² desenvolve o primeiro processador da companhia e lança no mercado o Intel 4004, anunciando o início de uma nova era na eletrônica: a era dos circuitos integrados.

A produção de transistores cada vez menores potencializa os benefícios na fabricação de processadores: redução dos custos de fabricação, redução do consumo de energia, menos corrente elétrica, representa maior eficiência energética e menor aquecimento; e, principalmente, maior velocidade no processamento. A busca contínua desses benefícios foi refletida no empenho da Intel e de outros fabricantes para fazer cumprir a afirmação de Gordon Moore,³ cofundador da Intel, que ficou conhecida como a Lei de Moore: “*The number of transistors incorporated in a chip will approximately double every 24 months*”.⁴

A Lei de Moore dita que o número de transistores em um processador tende a dobrar a cada dois anos, ainda que outros executivos da

2 Empresa inventora do microprocessador e líder mundial do mercado – www.intel.com.

3 Cofundador da Intel, Dr. Gordon E. Moore fez parte da geração de engenheiros eletrônicos dos anos 1960, apesar de ser formado em química pela Universidade da Califórnia e um Ph.D. na mesma área no *Institute of Technology California* (MOORE, 1965).

4 Disponível em: <<http://www.intel.com/content/www/us/en/history/museum-gordon-moore-law.html>>. Acesso em: 25 nov. 2013.

Intel afirmem que o período correto de transição corresponda a 18 meses. Nas últimas quatro décadas, os fabricantes de semicondutores em geral, e não somente a Intel, parecem demonstrar os ditames de Moore, investindo em pesquisas e desenvolvimento para manter o ritmo acelerado de inovação. Tanto o *hardware* como o *software* evoluíram transformaram os estilos de vida e trabalho. No quadro 1 foi organizada a evolução das principais gerações de processadores Intel. Nele é possível verificar, entre outras informações, o processo de miniaturização do transistor. É apresentada, também, sua íntima relação com os Sistemas Operacionais (SO) dominantes.

Utilizando os microprocessadores da Intel, a IBM promoveu uma revolução no consumo na indústria da microcomputação com o lançamento do IBM-PC (computador pessoal da IBM) no início dos anos de 1980 – na época a IBM era a maior e mais poderosa empresa de computadores do mundo. O peso do nome IBM favoreceu também a padronização do uso do MS-DOS como principal SO para PC naquele momento e projetou a Microsoft,⁵ que se tornaria, mais tarde, a maior empresa desenvolvedora de *software* do mundo.

Quadro 1 - Evolução dos processadores Intel e dos sistemas operacionais

Geração e ano	Processador	Velocidade do <i>clock</i>	Número de transistores	Largura do transistor	Sistema operacional
1ª - 1971	4004	108 KHz	2.300	10 μ	CP/M
2ª - 1972	8008	800 KHz	3.500	10 μ	COM
3ª - 1974	8080	2 MHz	4.500	6 μ	BASIC
4ª - 1978	8086	5 MHz	29.000	3 μ	MS-DOS
5ª - 1982	286	6 MHz	134.000	1,5 μ	MS-DOS
6ª - 1985	386	16 MHz	275.000	1,5 μ	MS-DOS
7ª - 1989	486	25 MHz	1,2 mi	1,2 μ	MS-DOS
8ª - 1993	Pentium	66 MHz	3,1 mi	0,8 μ	MS-DOS

⁵ Fabricante mundial de *softwares* fundada em 1977 por Bill Gates e Paul Allen.

9ª - 1995	Pentium Pro	200 MHz	5,5 mi	0,35 μ	Windows 9x
10ª - 1997	Pentium II	300 MHz	7,5 mi	0,25 μ	Windows 9x
11ª - 1998	Celeron	266 MHz	7,5 mi	0,25 μ	Windows 9x
12ª - 1999	Pentium III	600 MHz	9,5 mi	0,25 μ	Windows 9x
13ª - 2000	Pentium 4	1,5 GHz	42 mi	0,18 μ	Windows 2000
14ª - 2001	Xeon	1,7 GHz	42 mi	0,18 μ	Windows 2000
15ª - 2003	Pentium M	1,7 GHz	55 mi	90nm	Windows X/P Vista
16ª - 2006	Core 2 Duo	2,66 GHz	291 mi	65nm	Windows X/P Vista
17ª - 2008	Core 2 Duo	2,40 GHz	410 mi	45nm	Windows X/P Vista
18ª - 2008	Atom	1,86 GHz	470 mi	45nm	Windows X/P Vista
19ª - 2010	Core 2ª geração	3,80 GHz	1,16 bi	32nm	Windows 7
20ª - 2012	Core 3ª geração	2,90 GHz	1,40 bi	22nm	Windows 8

Fonte: Elaborado por Samarone.⁶

6 A evolução dos processadores da Intel é caracterizada pelo aumento da quantidade de transistores e a velocidade de processamento. Elaborado a partir de Holcombe e Holcombe (2003), Vasconcelos (2009), Flynn e Mchoes (2002), Tanenbaum (2003) e do website: <http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/corporate-information/history-intel-chips-timeline-poster.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2013. Quanto maior for o *clock* – expresso em KHz, MHz e GHz – maior é o desempenho do processador.

M-DOS: Popularizou o Windows com várias versões.

“x” representa as versões 95, 98 e Millennium.

O *hardware* e o *software* representam as colunas da evolução tecnológica das últimas décadas na indústria das TIC. O desenvolvimento de novos *hardwares* (processadores, memórias etc.) com maior capacidade de processamento suscita a elaboração de novos *softwares* (sistemas operacionais e aplicativos) capazes de processar um número maior de dados que cresce freneticamente a cada momento.

É a parceria entre de um lado, essas grandes indústrias e os três principais fornecedores mundiais de *hardware* (Desktops, Portables, Mini Notebooks e Workstations), a Lenovo, HP e Dell e, do outro, a Microsoft, fornecedora de *softwares* que, mesmo em um cenário de crise econômica mundial, tiveram a capacidade de catalisar as vendas do segmento, conseguindo superar as projeções mais negativas em seus negócios, como mostram as pesquisas do International Data Corporation (IDC).⁷

Assim, tendo apresentado o panorama sobre a evolução do *hardware*, do *software* e a parceria entre essas indústrias, argumentamos que existe relação direta desses eventos com o agravamento do problema do *e-waste*. Parte deste tipo de resíduo tem despontado nos noticiários em todo o mundo e, por ser uma sobra problemática, tem sido alvo de muitos debates. Estamos nos referindo, especificamente, ao *e-waste* da indústria das TIC que, além de carregado de substâncias tóxicas (chumbo, cádmio, mercúrio, arsênio e cromo), tem gerado um enorme passivo ambiental em sua produção.

Cenário global da poluição eletrônica: o destino do *e-waste*

A necessidade crescente por matéria-prima em países emergentes tem levado países como a China a se destacar no cenário global como receptor do lixo tecnológico. Ano após ano de crescimento econômi-

⁷ Disponível em: <<http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24375913>>. Acesso em: 05/11/13.

co superando, inclusive, as nações desenvolvidas, mesmo em tempos de crise econômica, talvez tenham contribuído para que este País assumisse a dianteira na reciclagem precária do *e-waste*. Outros países no hemisfério sul, por exemplo, Índia, Paquistão, Nigéria, Gana e Quênia, também são os destinos finais do lixo digital produzido nos países desenvolvidos (ROBINSON, 2009).

Nestas nações há um conjunto de fatores como uma fraca ou inexistente legislação ambiental, regimes de governos autoritários e corruptos, além de uma vulnerabilidade social instalada, que contribui para implantação de uma indústria de reciclagem altamente poluidora do meio ambiente (CLAIBORNE, 2009). Isso reflete a negativa dos países consumidores de eletroeletrônicos em providenciar o seu tratamento adequado e, talvez, esconder todo seu lixo eletrônico.

O *e-waste* faz parte do cotidiano dos países ricos e emergentes; é onipresente e visível, sobretudo nas metrópoles. Quanto mais rico for um país, mais *e-waste* será gerado, podendo ser considerado até como inevitável e compreendido como resultado de uma economia pujante. Na edição especial da revista *Veja* de dezembro de 2011 sobre o tema, numa reportagem se afirma que, no porto de Karachi, no Paquistão, chegam e são descarregados navios cargueiros provenientes de Dubai transportando contêineres com resíduos eletrônicos de origem americana, europeia e de outros países como Japão, Kuwait, Arábia Saudita, Singapura e Emirados Árabes. O intrigante é que algumas dessas nações se apresentam na vanguarda dos processos de reciclagem, mas acabam permitindo a exportação desse material para ser reciclado de maneira contingente em localidades como Sher Shah – bairro periférico de Karachi, no Paquistão – onde sobrevivem mais de 20.000 pessoas da atividade de catação do *e-waste* depositado em aterros.

O processamento do *e-waste* em Sher Shah é, em grande parte, realizado em instalações informais, não é regulamentado e não segue normas ambientais prescritas para lidar com substâncias perigosas. As atividades praticadas no âmbito da informalidade têm causado sérios impactos ambientais e sociais (uso de produtos químicos tóxicos, queimas de placas eletrônicas, más condições de trabalho, trabalho infantil etc.). Essa cadeia produtiva de “reciclagem” do *e-waste* é composta por dois conjuntos de processos: o desmantelamento dos equipamentos e a separação dos componentes – atividades enquadradas como pré-processamento; e a recuperação de material, realizada por recicladores especializados em materiais como plásticos ou vidro, por exemplo, comercializados no mercado informal de sucata ali estabelecido. Outras frações dos resíduos são transferidas para recuperação do material em instalações no exterior.

O mesmo ocorre no subúrbio de Agbogbloshie, em Accra, capital de Gana, assim como, na Índia, em cidades como Delhi, Mumbai, Bangalore, Chennai e Kolkata. Nessas localidades, o setor informal de reciclagem de *e-waste* tem a maior participação no processamento dos resíduos. Estima-se que, na Índia, do total de resíduos disponíveis para o processamento, quase 95% por cento são tratados pelo setor informal (CLAIBORNE, 2009; SINHA et al., 2010). Por conta disso, os trabalhadores dessas regiões são acometidos de várias doenças, principalmente as respiratórias e câncer de pulmão. A causa mais provável seria a inalação de gases tóxicos emitidos a partir da fundição ou queima dos resíduos durante o processo de separação e recuperação de metais.

A figura 1, retirada da capa do artigo, ilustra de maneira impactante o trabalho de fundição empregado pelas pessoas que sobrevivem ou morrem trabalhando naquele que, talvez, seja o maior aterro de *e-waste* do mundo, localizado na República do Gana. É o retrato

da face mais sombria dos riscos na modernização reflexiva (BECK, 2012), os quais derivam do que Giddens (2012) aponta como as “incertezas fabricadas”.



Figura 1: Capa do artigo da Revista Veja sobre o drama do *e-waste* em Gana
Fonte: Revista Veja, n. 2249

É atribuída pela comunidade ambientalista mundial à cidade chinesa Guiyu o título de capital mundial do *e-waste*. Também seria o segundo lugar mais poluído do planeta, ficando atrás apenas de cidades russas que contêm depósitos de lixo radioativo (ROBINSON, 2009; WALDMAN, 2010). Guiyu está situada na costa do Mar do Sul da China, e é uma cidade do distrito de Chaoyang, da província de Guangdong. Nesta cidade, a reciclagem informal se repete em grande escala e em dimensões que envolvem a maioria dos habitantes que trabalha em oficinas domésticas. Estes habitantes especializaram-se na extração dos componentes valiosos da sucata eletrônica para vender matéria-prima a indústrias como a Foxconn, fornecedora da Apple. Grande quantidade do *e-waste* é proveniente da própria China. Mas, de acordo com Robinson (2009), a maioria do *e-waste* é proveniente de importações ilegais.

O Greenpeace descobriu que o comércio do *e-waste* na Índia vem crescendo substancialmente a cada ano e só em Delhi são envolvi-

dos mais de 25.000 trabalhadores. Estima-se que o volume de sucata eletrônica processada a cada ano na cidade ultrapasse as 20.000 toneladas e 25% desse total corresponde a computadores obsoletos. A figura 2 mostra algumas das rotas do entulho eletrônico produzido em países desenvolvidos e seus destinos na periferia pobre do mundo.

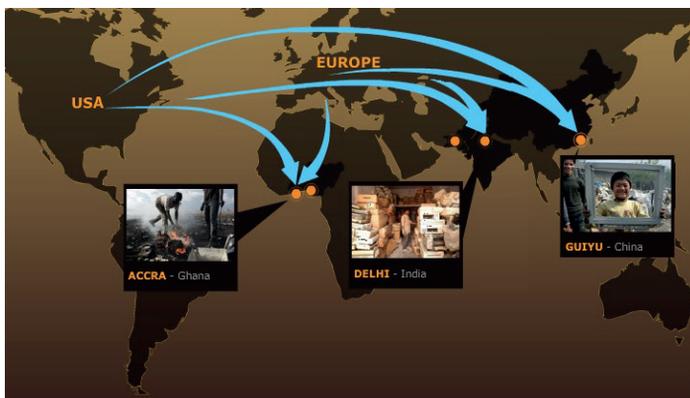


Figura 2: Rotas de movimentação transfronteiriça do *e-waste*
Fonte: Greenpeace Internacional⁸

A reciclagem representa uma excelente prática para reutilizar matérias primas de um produto, mas no caso de *e-waste*, os produtos químicos perigosos presentes – como indica o quadro 2 – podem prejudicar a saúde dos trabalhadores envolvidos, das comunidades vizinhas e do meio ambiente.

Em países desenvolvidos a reciclagem do *e-waste* é realizada em usinas construídas para esse propósito. Em condições controladas, a integração de tecnologias utilizadas nestas usinas é considerada o *state-of-the-art* em operação de reciclagem do *e-waste*, as melhores disponíveis segundo o Unep (2009).

8 Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/toxics/electronics/the-e-waste-problem/where-does-e-waste-end-up/>>. Acesso em: 09 jan. 2014.

Quadro 2 - Substâncias perigosas contidas no e-waste

Metais tóxicos	chumbo, cádmio, mercúrio, berílio, berílio, lítio, antinomia, arsênico
Retardadores de chama bromados	TBBPA (terabromo bisfenol-A) PBDE (éter difenil polibromados)
Outros hidrocarbonetos halogenados	PVC (policloreto de vinila) CFCs (clorofluorocarbonetos)
Elementos raros	ítrio, európio, amerício

Fonte: Westervelt (2011, p. 9 [tradução nossa]).

Empresas sem escrúpulos, em países desenvolvidos, utilizam do mecanismo de “doações bem intencionadas” de computadores considerados obsoletos, mas que ainda funcionam, e, driblando fiscalizações frágeis nos países pobres, enviam junto grandes quantidades de equipamentos irreparáveis, na verdade, sucata que tem como destino lixões e aterros nas periferias de cidades como as que foram apresentadas. Este tipo de operações semiclandestinas torna muito difícil, senão impossível, de quantificar a real quantidade de e-waste comercializado em todo o mundo. Além disso, representa uma ação ilegal, segundo a Convenção de Basileia (CB) (CLAIBORNE, 2009; LISBOA, 2009; ROBINSON, 2009; WALDMAN, 2010), que é assumida por países ricos e signatários da convenção. Esses países estão proibidos de exportar quantidades desconhecidas de materiais perigosos para outro país sem a autorização do destinatário, como é o caso do *e-waste*.

A CB, realizada pela ONU em 22 de março de 1989,⁹ proíbe os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos para países pobres. Entretanto, a atividade não é ilegal, por exemplo, para os Estados Unidos, único país desenvol-

⁹ O texto entrou em vigor em 5 de maio de 1992. Disponível em: <http://www.basel.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention>. Acesso em: 08 dez. 2013.

vido não signatário da BC, que comercializa e-waste com países que nunca ratificaram a convenção, como Angola, Serra Leoa ou o Haiti.¹⁰ O tráfego e operações semiclandestinas de movimentações transfronteiriças do e-waste já seriam previsíveis no momento da aprovação do texto final da CB. Países liderados pelos Estados Unidos – Canadá, Alemanha, Inglaterra, Austrália, Nova Zelândia e Japão – defendiam a implementação de mecanismos que permitissem que os países de destino dos resíduos decidissem por si sobre aquelas importações. Para Lisboa (2009), o Prior Informed Consentiment (PIC), imposto pelo grupo dos países desenvolvidos, é falho porque não leva em consideração a capacidade técnica do país importador para avaliar a toxicidade dos resíduos perigosos, bem como os custos socioambientais de curto e longo prazo.

Outro relatório ambiental do UNEP (United Nations Environment Programme / Programa Ambiental das Nações Unidas), produzido em 2011, continua indicando para cenários de agravamento da situação. O relatório sugere que países como: Índia, China, África do Sul, países da Europa Oriental e da América Latina, principalmente, o Brasil, serão os próximos a se tornarem grandes produtores de *e-waste*, ultrapassando, ainda nesta década, o montante gerado nos países desenvolvidos. Na África do Sul e China, por exemplo, é previsto que até 2020 o *e-waste* exclusivo de computadores e periféricos obsoletos pode saltar de 200% a 400% em relação aos níveis de 2007. Espantosamente, na Índia, o salto previsto é de 500%. Entre os países emergentes, o Brasil só fica atrás da China, como pode ser observado na tabela 1.¹¹

10 Disponível em: [http://www.basel.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesSignatories / tabid/1290/Default.aspx](http://www.basel.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesSignatories/tabid/1290/Default.aspx). Acesso em: 08 dez. 2013.

11 Para uma panorâmica ampla, ver UNEP (2011)

Tabela 1 - Estimativas de geração de *e-waste* em toneladas por ano

País	Data Avaliação	Computadores Pessoais (PCs)	Impressoras	Total
China	2007	300.000	60.000	360.000
Brasil	2005	96.800	17.200	114.000
Índia	2007	56.300	4.700	61.000
México	2006	47.500	9.500	57.000
África do Sul	2007	19.400	4.300	23.700

Fonte: Samarone a partir do UNEP (2011, p. 298).

O ritmo nas vendas mundiais de computadores contribui para geração de PCs obsoletos e de resíduos provenientes destes, o que, aliado com o crescimento de poder de compra das populações de países emergentes, tende a reforçar os cenários de geração do *e-waste* apresentados. Por exemplo, as vendas mundiais de computadores no terceiro trimestre de 2013 dos três principais fornecedores – Lenovo, HP e DELL – apresentaram, mesmo em tempos de crise econômica, um modesto crescimento quando comparado com o mesmo período do ano anterior, com destaque para Lenovo que registrou um crescimento de 2% no último ano, ajudando-a a se consolidar como líder mundial de vendas daquele mercado, como indica a tabela 2.

Tabela 2 - Vendas globais de PCs no 3º trimestre (em milhares de unidades)

Fabricante	Vendas 3º Trimestre 2013	Participação Mercado 3º Trimestre 2013	Vendas 3º Trimestre 2012	Participação Mercado 3º Trimestre 2012	Crescimento Anual
1. Lenovo	14.136	17,3%	13.828	15,7%	2,2%
2. HP	13.992	17,1%	13.931	15,8%	0,4%
3. Dell	9.519	11,7%	9.493	10,8%	0,3%
4. Acer	5.467	6,7%	8.349	9,5%	-34,5%
5. ASUS	4.208	5,2%	6.384	7,2%	-34,1%
Outros	34.287	42,0%	36.314	41,1%	-5,6%

Total	81.609	100,0%	88.298	100,0%	-7,6%
-------	--------	--------	--------	--------	-------

Fonte: IDC¹²

A cada ano são vendidos no mercado global milhões de computadores para atender não só à demanda crescente do consumo doméstico, mas, também, atender a mercados corporativos. Só nos últimos cinco anos, foram vendidos no mercado global mais de 1,6 bilhões de computadores (tabela 3), muitos dos quais já se tornaram obsoletos. A média do tempo de vida útil de um PC, conforme apontado no relatório da UNEP (2009, p. 67), gira em torno de cinco anos.

Tabela 3 - Vendas globais de PCs de 2009 a 2013 (em milhares de unidades)

Ano	Lenovo	HP	Dell	Acer	Asus	Outros	Total
2009	24.710	58.940	37.350	39.790	8.490	138.270	307.550
2010	35.720	62.730	42.110	48.740	18.940	147.280	355.520
2011	45.700	60.560	42.860	39.290	20.680	156.230	365.320
2012	52.160	56.510	37.620	36.560	24.200	145.550	352.600
2013	38.450	37.820	27.020	19.820	14.870	97.450	235.430
Total	196.740	276.560	186.960	184.200	87.180	684.780	1.616.420

Fonte: Samarone, a partir de Gartner¹³

Cenário brasileiro da poluição eletrônica

A realidade brasileira não difere do cenário internacional. Não existem lixões e aterros exclusivos de entulho eletrônico nas proporções dos países africanos e asiáticos. Mesmo assim, o *e-waste* nacional se configura como um grande problema de saúde pública e ambiental. Muitos dos resíduos são despejados sem qualquer tratamento junto com o lixo urbano. O trabalho de reciclagem informal de catadores,

12 Disponível em: <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24375913>. Acesso em: 05 nov. 2013.

13 Disponível em: <http://www.statista.com/statistics/263393/global-pc-shipments-since-1stquarter-2009-by-vendor/>. Acesso em: 14 nov. 2013.

na grande maioria das cidades brasileiras, representa, talvez, uma das forças ativas para resolver o problema, o que os tornam verdadeiros “heróis do *front* ambiental”.

A figura 3 ilustra de maneira bastante significativa os impactos socioambientais gerados pela falta de gestão do *e-waste* em um grande centro urbano, no caso específico, a Região Metropolitana do Recife (RMR). Nas imagens, pode ser observado o descarte do *e-waste* em vias públicas; carroças de catadores informais lotadas de resíduos sólidos e, entre eles, nota-se, também, a presença de *e-waste*; trabalhadores de cooperativas de catadores em meio a montanhas de resíduos realizando a triagem de materiais; e, no centro, uma imagem forte porque retrata o drama humano de um menino¹⁴ nadando no Canal do Arruda tomado pela poluição de resíduos sólidos em busca de materiais recicláveis. No detalhe circulado na imagem, é possível notar a presença de *e-waste*.

14 Retirada da apresentação da pesquisa intitulada “Resíduos Eletroeletrônicos na Região Metropolitana do Recife (RMR): Gestão socioambiental da cadeia produtiva”, realizada pela Fundaj (Fundação Joaquim Nabuco), no Recife, e liderada pela pesquisadora Lúcia Helena Xavier. As fotos de Paulo Henrique Félix da Silveira, ou, simplesmente, Paulinho, 9 anos, catando lixo no Canal do Arruda, ganharam o mundo. A imagem do menino quase submerso no rio de lixo do Canal do Arruda, na Zona Norte do Recife, só a cabeça para o lado de fora, correu o Brasil e atravessou fronteiras. Disponível em: <<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/noticia/2013/11/06/fotos-e-materia-de-criancas-catando-lixo-no-canal-do-arruda-ganham-o-mundo-104349.php>>. Acesso em: 14 de janeiro de 2014.



Figura 3: Retratos dos impactos socioambientais de *e-waste* no Recife
Fonte: Xavier et al. (2013)

Informações oficiais sobre a quantidade de *e-waste* gerada no Brasil e proveniente, exclusivamente, de produtos da indústria das TIC, não foram encontradas, nem em dados agregados nem estratificadas por região ou tipo de produto. Não existem informações publicadas pelo Ministério de Meio de Ambiente, pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) ou pela Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos (ELETROS). A ABINEE e ELETROS são associações representativas de centenas de empresas do segmento eletroeletrônico, cujas projeções para 2013 indicavam uma correspondência de faturamento daquele setor de mais de 3% em relação ao PIB nacional.¹⁵

A referência mais citada em relação ao volume do entulho eletrônico nacional, classificado como *Linha Verde*, é aquela que consta no relatório da UNEP (2011) e foi apresentada na tabela 1. Ou seja, uma estimativa do ano 2005, muito desatualizada quando comparada à velocidade de desenvolvimento das TIC. Um relatório anterior,

15 Um panorama econômico mais completo do setor está disponível em: < <http://www.abinee.org.br>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2014.

também da ONU, já havia criticado a falta de dados oficiais sobre o assunto, inclusive porque o Brasil foi classificado como o maior produtor de *e-waste* entre os emergentes e é considerado o 5º maior mercado de eletrônicos depois da China, Estados Unidos, Japão e Rússia. Neste relatório, intitulado “*Recycling: from E-Waste to Resources*”, o problema do *e-waste* no Brasil foi apresentado como uma questão de pouca importância em virtude da escassez de informações e avaliações abrangentes dos impactos socioambientais (UNEP, 2009). Dados preliminares e incompletos desse relatório, apurados até outubro de 2008, apontavam em três direções: 1) falta de uma regulação estatal abrangente para gestão de resíduos e, portanto, um obstáculo ao desenvolvimento de regulação específica para o *e-waste*; 2) limitação tecnológica e competência técnica para o processamento do *e-waste*, ficando reduzida a reciclagem a frações de materiais com mais valor agregado (como placas de circuito impresso, aço inoxidável, componentes contendo cobre); e, por último, falta de investimentos para alavancar o negócio da reciclagem do *e-waste*. A nosso ver, o principal fator gerador para o descaso de alavancar de forma sustentável a indústria de reciclagem do *e-waste* nacional reside na falta de uma regulação estatal. As empresas estariam aguardando esta imposição para assumir suas responsabilidades socioambientais.

A ONU também aponta para o trabalho de reciclagem informal que, de forma seletiva, opta, prioritariamente, por itens de maior valor agregado e, neste sentido, não haveria preocupação em atender princípios de sustentabilidade como, por exemplo, a não adoção de tecnologias seguras do ponto de vista socioambiental. Critica, ainda, a indústria de TIC instalada no país por não estar fazendo a parte que lhe cabe na gestão dos resíduos eletrônicos, chegando a sugerir um imposto adicional destinado à reciclagem do *e-waste* mesmo diante de um quadro tributário impopular no País.

Também faltam dados oficiais sobre a quantidade de resíduo eletrônico resultante da obsolescência dos equipamentos do setor das TIC. Esse tipo de informação não é publicada por órgãos públicos, como poderia ser o caso do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), que recebeu a incumbência de montar um Grupo Técnico de Trabalho de Eletroeletrônicos, no âmbito dos acordos setoriais, para preparar um estudo e propor uma modelagem para subsidiar a implantação da logística reversa. Ou, ainda, pelas associações civis do setor, como a ABINEE e a ELETROS.

Um cálculo preciso deste volume representa um requisito básico e muito relevante para uma análise ampla da problemática. A representatividade deste montante de *e-waste* teria a capacidade de prever o impacto ambiental, além de influenciar um planejamento de implantação de um padrão de logística reversa. Fazer uma estimativa do *e-waste* nacional representa uma tarefa sensível que deve levar em consideração alguns cuidados por razões como as expostas pela ABDI (2012): i) volumes subestimados poderiam sobrecarregar arranjos implantados, sufocar os sistemas de forma não prevista e gerar sobrecarga na disposição final; e ii) volumes superestimados poderiam desorientar a cadeia de reciclagem, diminuir a ocupação da estrutura montada, aumentando custos e desestimulando agentes envolvidos.

Para estimar a quantidade com maior precisão de volume do *e-waste*, em tese, faz-se necessário adotar um modelo que falhe menos no quesito volume. Assim, utilizando o critério de menos “erro de volume” e visando à minimização do nível de incertezas na aferição, o estudo da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), de novembro de 2012, poderia ser adotada a metodologia de “Suprimento de Mercado” para produzir uma estimativa de geração do volume de *e-waste* até o ano 2020. O volume calculado considera todas as categorias de produtos eletroeletrônicos. Entretanto, não foi

realizada uma estratificação para mostrar a estimativa do volume dos resíduos específico da indústria das TIC.

Uma estimativa com foco nos produtos de informática mais comuns (*desktop*, *notebooks*) poderia ser desenvolvida utilizando metodologias semelhantes ao caso anterior devido à disponibilidade da informação e pelas características específicas desses produtos em termos de crescimento acelerado da venda e do tempo de vida útil em comparação com outros eletroeletrônicos. Estima-se que, em média, a partir do terceiro ano de utilização, os computadores atingem o início da janela de obsolescência e, por volta do quinto ano, já não apresentariam condições operacionais produtivas pelos motivos antes apresentados no quadro 1. Ou seja, evolução da velocidade de processamento do microprocessador e compatibilidade deste com a arquitetura do PC, entre as quais se pode destacar o aumento da capacidade de processamento e armazenamento em memórias voláteis e não voláteis; atualização de softwares básicos e aplicativos, com destaque para o sistema operacional e o conjunto de sistemas compatíveis do qual dependem para um perfeito funcionamento.

Com esta orientação, seria possível simular cenários de obsolescência desses equipamentos de informática que se diferenciam dos demais eletrodomésticos justamente pela rápida percepção de obsolescência por parte de seus usuários. Neste sentido, e sem considerar o desgaste natural dos equipamentos por oxidação ou outras formas de uso, projetamos dois cenários de obsolescência: no primeiro, cenário “A”, os microcomputadores se tornariam obsoletos quando completassem três anos de utilização. No segundo, cenário “B”, a obsolescência se daria a partir do quinto ano.

Na tabela 4 são apresentados os cenários. No cenário “A”, um computador (*Desktop* ou *Notebook*) vendido no ano de 2004 estaria obsoleto após três anos de uso, ou seja, no ano de 2007. Com base neste cenário e nas vendas do período, conforme esta mesma tabela, o

ano de 2014 se inicia com um passivo de entulho eletrônico estimado em 66 milhões de máquinas obsoletas. No cenário “B”, o montante, apesar de menor, continua sendo motivo de preocupações diante do desafio que se lança para a gestão daquele *e-waste* que aumenta ano após ano. Neste cenário está previsto um montante de velharia eletrônica que alcança os 40 milhões de unidades obsoletas em 2014.

**Tabela 4 - Vendas e estimativas de PCs obsoletos no Brasil
(em milhares de unidades)**

Descrições & Projeções	Período anual de vendas									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Venda Total	4.074	6.274	7.755	10.673	11.893	11.482	14.189	15.853	15.513	13.996
Desktop	3.880	5.997	7.143	9.123	8.673	7.687	7.981	7.500	6.582	5.715
Notebook	194	277	612	1.551	3.219	3.795	6.208	8.353	8.931	8.251
Venda acumulada	4.074	10.348	18.103	28.776	40.669	52.151	66.340	82.193	97.706	111.702
PCs Obsoletos (Cenário A)				4.074	10.348	18.103	28.776	40.669	52.151	66.340
PCs Obsoletos (Cenário B)						4.074	10.348	18.103	28.776	40.669

Fonte: Samarone, a partir da ABINEE¹⁶

Construir uma estimativa da quantidade, em toneladas, de todo esse *e-waste* é uma tarefa relativamente simples, considerando que o peso individual de um *desktop* com monitor *Cathodic Ray Tube* (CRT) ou *Liquid Crystal Display* (LCD) corresponde, em média, a 26 e 6 quilos respectivamente, e um *notebook* em média pesa 3 quilos, de acordo com Ijgosse (2012) e UNEP (2009). Utilizando como base para cálculo o peso de um *desktop* com LCD, característica predominante da configuração de um microcomputador do período de vendas apurado nesta amostra e de um *notebook*, seria possível estimar que o país iniciou 2014 com uma montanha entre 226.000 (considerando o cenário “B” de geração de computadores obsoletos)

16 Disponível em: <http://www.abinee.org.br>. Acesso em: 20 jan. 2014.

e 350.000 (cenário “A”) toneladas de resíduos sólidos oriundos exclusivamente de computadores.

Tecnologias de reciclagem do *e-waste*

Como vimos anteriormente, a gestão do *e-waste* tanto pode evitar sérios danos ambientais como, também, promover a recuperação de recursos naturais. No relatório UNEP (2009), é apresentado o processo de reciclagem do lixo eletrônico, sendo ele composto por três etapas principais e subsequentes:

coleta do e-waste: processo de fundamental importância para o estabelecimento de uma cadeia de reciclagem. Desse processo nasce todo o sistema de reciclagem. Ele é o motor que determina a quantidade de material que está realmente disponível para a recuperação. Se não forem coletados dispositivos, simplesmente não existirá a matéria-prima para a desmontagem, para o pré-processamento e para as instalações de processamento final. Além disso, outras atividades, como a identificação de fontes geradoras, para tornar o processo de aquisição da matéria-prima perene, e a existência de espaços apropriados para armazenamento dos resíduos, fazem parte desta fase.

triagem, desmontagem e pré-processamento: têm por objetivo a separação de materiais ao encaminhamento dos mesmos para os processos de tratamento subsequentes adequados. As substâncias perigosas são identificadas e removidas para receberem o tratamento necessário de maneira ambientalmente segura. O material valioso precisa ser retirado para reutilização ou para ser encaminhado a processos de recuperação eficientes. Por exemplo, placas de circuito impressos (PCI) presentes em equipamentos de TIC contêm a maior parte dos metais preciosos e especiais. Eles podem ser removidos dos dispositivos no processo de desmontagem manual, trituração, ou uma combinação de ambos. Mas a remoção manual das PCI dos equipamentos antes

de trituração pode evitar perdas daqueles metais, o que pode vir a favorecer a obtenção de vantagens econômicas. Entretanto, alguns dispositivos eletrônicos, por serem pequenos e muito complexos, inviabilizam sua desmontagem, como telefones celulares, por exemplo. Neste caso, devem seguir diretamente para a próxima etapa – o processamento final – para recuperação dos metais. Segundo Conde, Xavier e Frade (2014), a triagem objetiva também identifica equipamentos que podem ser encaminhados para reuso ou remanufatura. Nesta etapa, é possível identificar equipamentos passíveis de recondição e reutilização que, submetidos à remanufatura com a substituição de peças, podem ter seu tempo de vida útil estendido. Para realizar a triagem, é exigida a mão de obra de um profissional técnico em informática ou eletrônica que avaliará a funcionalidade do equipamento, definindo as necessidades do reparo ou manutenção.

o processamento final (refinação e eliminação) de metais a partir dos resíduos vindos da etapa de pré-processamento: separados em três processos principais. As frações de resíduos ferrosos são destinadas às usinas siderúrgicas para recuperação do ferro. As frações contendo alumínio têm destino semelhante: fundições de alumínio. Os demais resíduos contendo frações, por exemplo, cobre, chumbo e PCIs, seguem para fundições especializadas em metais integrados que recuperam os metais, inclusive, os preciosos e outros metais não ferrosos.

Para cada uma das etapas se faz necessária a existência de recursos especializados, sejam eles humanos ou tecnológicos, para que seja atingida a eficiência em toda a cadeia. A eficiência final fica dependente de cada etapa e da forma como as interfaces de gestão entre os passos tornam-se interdependentes. As técnicas utilizadas no tratamento para recuperação de materiais dos resíduos eletroeletrônicos precisam cuidar para que componentes tóxicos sejam processados

sem comprometer o meio ambiente e, também, que haja, no processo, a recuperação econômica de recursos materiais. Trata-se da interligação de duas dimensões importantes, a ambiental e a econômica, tendo por finalidade a ecoeficiência.

Contextualização da regulação interna e externa da poluição eletrônica

O relatório *Recycling – From E-waste to Resources*, preparado por especialistas da UNEP, em 2009, e publicado em reunião da CB, de fevereiro de 2010, alerta para a necessidade de se intensificar os esforços para coletar e para a reciclagem ambientalmente sustentável do *e-waste* nos países em desenvolvimento. Segundo o estudo, alcançar eficácia nos processos para o tratamento sustentável do *e-waste* no Brasil a partir da transferência de tecnologias modernas teria como pré-requisito o enfrentamento e a resolução de outras questões importantes, entre elas, a falta de uma política pública e uma legislação nacional. A falta de marcos legais que valessem para todo o país acabava criando conflitos e aplicações descoordenadas entre as poucas legislações estaduais existentes. Por exemplo, a ausência das definições quanto à presença de determinadas substâncias em produtos aumentaria, em tese, a dificuldade de fiscalização dos órgãos competentes, bem como da aplicação das devidas sanções. Ou seja, a ausência de enquadramento jurídico claro e da participação ativa do governo acaba contribuindo para a falta de consciência entre os consumidores em relação à importância do tema, fazendo com que ele não receba a devida prioridade. Outros problemas registrados na avaliação da ONU: ausência de normas para preservar a segurança e saúde dos trabalhadores e a preservação ambiental; forte influência do setor informal; e a falta de infraestrutura de coleta.

Em países desenvolvidos, a consciência quanto aos riscos provenientes da má gestão dos *e-waste* motivou o estabelecimento de normas que visam à regulamentação do gerenciamento dos resíduos eletrônicos e a restrição de substâncias tóxicas. As diretivas da UE, a RoHS e a WEEE são exemplos de arcabouços legais com tais finalidades. Para os países membros da EU, as respectivas diretivas funcionam como recomendações tomadas em consenso pelos países membros, os quais devem criar leis que regulamentem sua aplicação em seus territórios nacionais e, assim, consigam adaptar e tornar práticas as medidas para gestão eficiente do *e-waste*.

A diretiva RoHS (2002/95/EC) sobre a restrição do uso de certas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos foi revisada e substituída em 8 de junho de 2011 pela diretiva 65/2011/UE, mantendo a delimitação do uso de substâncias tóxicas em equipamentos eletroeletrônicos no estágio de fabricação e produção. A diretiva WEEE (2002/96/EC) relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos também foi alvo de revisões, sendo substituída pela diretiva 19/2012/UE de 4 de julho de 2012. A norma estende-se do projeto à produção de equipamentos eletroeletrônicos, objetivando auxiliar no processo de reciclagem, e atribui a responsabilidade da reciclagem ao produtor. Ambas as diretrizes compartilham de alguns dos conceitos, sendo importantes para o entendimento do que seja um produto, componente, fabricante, importador, distribuidor ou comerciante de eletroeletrônicos.

O princípio de responsabilidade do produtor fica estabelecido na diretiva WEEE (19/2012/UE), com o objetivo de contribuir para uma produção e o consumo sustentável. Ela busca, igualmente, melhorar o desempenho ambiental de toda a cadeia de operadores envolvidos no ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos: os produtores, distribuidores; consumidores; e, em especial, os opera-

dores diretamente envolvidos na coleta e tratamento do *e-waste*. Na pauta da diretriz aparece, prioritariamente, a prevenção de geração do *e-waste* e, depois, a reutilização, reciclagem e outras formas de tratamento que possibilitem a valorização desses resíduos e a recuperação de matérias-primas, inclusive, os metais valiosos.

As direttrizes europeias são os instrumentos mais observados por fabricantes transnacionais de computadores. Produtos em desconformidade com essas direttrizes estão proibidos de serem comercializados nos países-membros da UE e, também, em outros países que acabaram incorporando-os aos seus arcabouços jurídicos, a exemplo do Japão, China, Coreia e a maioria dos estados americanos – com algumas adaptações e diferenças entre si.

PNRS e Regulamentação aplicável ao *e-waste*

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal 12.305/2010 e sancionada em agosto de 2010, foi fruto de discussões que perduraram por mais de duas décadas. A política tem por objetivo criar condições para o Brasil avançar em relação aos principais problemas ambientais, socioeconômicos, políticos e culturais derivados do manuseio inadequado dos resíduos sólidos. Para guiar o planejamento de ações de vanguarda para essas dimensões, a PNRS foi estruturada com a seguinte hierarquia: “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010, art. 7º, inciso II).

Estes princípios encontram consonância com legislações internacionais, a exemplo da Diretiva 2008/98/CE, da UE, e implicam o desenvolvimento de mecanismos capazes de inventariar e desenhar os fluxos e destinos dos resíduos (UNIÃO EUROPEIA, 2008, art. 4º). Entretanto, existem diferenças substanciais entre a PNRS e as

legislações da UE que, como vimos, utilizam o princípio da responsabilidade estendida do produtor pelo ciclo de vida dos produtos, o incentivo à concepção de fabricação de produtos eletroeletrônicos que contemplem atualizações, facilidades em reparação, reutilização, desmontagem e reciclagem. Os fabricantes tornam-se responsáveis financeiros pela coleta do seu *e-waste* e, inclusive, deverão “prestar uma garantia financeira a fim de evitar que os custos da gestão de WEEE provenientes de produtos órfãos recaiam sobre a sociedade” (UNIÃO EUROPEIA, 2012, p. 41).

A PNRS institui o princípio de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e adota vários outros objetivos. A responsabilidade compartilhada é assim definida:

[...] conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010, art. 3º, inciso XVII).

O princípio da responsabilidade compartilhada admite que as responsabilidades iniciadas no processo produtivo e concluídas na etapa pós-consumo de um determinado produto são de todos os atores envolvidos: os fabricantes; importadores; distribuidores; comerciantes; poder público e, até, os consumidores e catadores de materiais recicláveis. A responsabilidade compartilhada desafia governos, empresas e cidadãos a mudar sua forma de compreensão e relação com os resíduos sólidos em geral, além de mostrar que as soluções dependem da colaboração ativa entre esses atores, afinal, todos, de alguma maneira, são poluidores e, portanto, devem pagar um preço pela proteção ambiental. A Lei torna obrigatória a implantação de sistemas de logís-

tica reversa para a cadeia produtiva dos seguintes produtos: pilhas e baterias; embalagens de óleos lubrificantes; lâmpadas de vapor de sódio e mercúrio; descarte de medicamentos; embalagens em geral e produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Os desafios para implantação da logística reversa dos Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE) envolvem uma série de questões, como a necessidade de harmonização e uniformização entre as legislações (federal, estadual e municipal).

Diferentemente de regulações internacionais que determinam a responsabilidade como sendo exclusiva do fabricante, a brasileira possibilitou o compartilhamento de responsabilidades com uma rede de atores que inclui o fabricante, o comércio e o consumidor. É possível que esse espaço coletivo de responsabilidade possa trazer um melhor resultado prático quando estiver em plena operação. O fato é que a gestão dos resíduos eletrônicos no Brasil e no mundo tem sido motivada, principalmente, por exigências legais. Entretanto, como foi apresentado no capítulo, aspectos de ordem social, econômica e ambiental também deflagram condutas que têm favorecido a implantação de políticas públicas pelo Brasil afora. Assim, enquanto são aguardadas soluções políticas e tecnológicas para a questão nacional do *e-waste*, por exemplo, a assinatura de acordos setoriais entre o governo e a indústria de eletrônicos, soluções criativas de reuso e reciclagem do *e-waste* despontam como alternativas de criação de valor social e também econômico, como nos exemplos das iniciativas do Comitê pela Democratização da Informática (CDI), Centros de Recondicionamento de Computadores (CRC) e em empresas de reciclagem como a Compuciclado, que passamos a discutir a seguir.

Reciclagem do *e-waste* na prática: casos em Florianópolis e Recife

Mesmo com o cenário de incertezas que a PNRS pode acarretar, um dos propósitos da política é propiciar o desenvolvimento da in-

dústria de reciclagem e avançar na agenda de resíduos, percebendo e abrindo a perspectiva do tema na legislação como oportunidade para novos negócios sustentáveis. O desenvolvimento desta nova indústria exige uma governança integrada com estratégias de eliminação de resíduos e valorização de materiais que, juntos, podem moldar os passos importantes para que o Brasil inicie um processo rumo a uma nova economia. Contudo, essa trajetória pode se delinear como uma tarefa não muito simples de ser atingida, por exemplo, a pergunta sobre a viabilidade econômica precisa ser transportada à prática. Casos identificados na Compuciclado, empresa instalada na cidade de Palhoça, em Santa Catarina, e o Centro de Reciclagem de Computadores (CRC), no Recife, em Pernambuco, entre outros exemplos, serão apresentados nos próximos tópicos como experiências e práticas do processamento do *e-waste*.

Compuciclado, Palhoça-SC: gestão do *e-waste* e benefícios sociais

O casal de empresários, fundadores e proprietários da Compuciclado Manufatura Reversa e Gerenciamento de Resíduos, empresa especializada na manufatura reversa (desmanche, triagem e destinação ambientalmente correta) de equipamentos de informática e outros resíduos eletroeletrônicos, iniciou sua atuação no setor de reciclagem de *e-waste* em 2008. Desde o início, o casal tinha em mente desenvolver um negócio inovador na região que facultasse aos usuários de equipamentos eletroeletrônicos (principalmente microcomputadores e seus periféricos) os meios adequados de descarte daqueles resíduos. As informações e dados apresentados a seguir são fruto de visita à empresa Compuciclado, em 2013, quando foi possível conhecer in loco o processo de tratamento do *e-waste* e a filosofia de trabalho empregada no negócio. Os dados apresentados foram obtidos por meio de entrevista semiestruturada com a proprietária da empresa.

Instalada no Centro Empresarial e Industrial Palhoça II, na cidade de Palhoça, região metropolitana de Florianópolis, a empresa emprega sete funcionários e está devidamente homologada pelos órgãos estatais para operar com *e-waste*. A empresa possui Certificação Ambiental emitida pela Fundação do Meio Ambiente (FATMA) – órgão ambiental do Estado de Santa Catarina – e obteve a Licença Ambiental Operacional (LAO) emitida pela Fundação Cambirela do Meio Ambiente (FCAM) - órgão ambiental do município da Palhoça. Possui cadastro técnico federal no IBAMA e está em fase de análises para adoção da norma *International Organization for Standardization* (ISO) 14.001. De acordo com a entrevistada, a Compuciclado teve sua fundação motivada para proporcionar oportunidades tanto para pessoas físicas como jurídicas, de descartarem adequadamente seus equipamentos eletroeletrônicos (resíduos ou lixo eletrônico) que, após o término da vida útil e/ou obsolescência, necessitam de uma destinação preferencialmente realizada por uma empresa qualificada, autorizada e cadastrada junto a órgãos ambientais.

Pelo relato da proprietária, é possível identificar que, desde o início de sua fundação, houve a visão de uma oportunidade de um novo negócio a partir do cenário de crescimento da poluição eletrônica. Nota-se também a preocupação para a aplicação de técnicas apropriadas nos processos de tratamento e destinação final ambientalmente adequada do *e-waste*, que, na Compuciclado, inclui a reutilização a partir da recuperação e destinação de PCs para projetos sociais e a reciclagem com a transformação dos resíduos em insumos que serão destinados a empresas parceiras – as quais a Compuciclado faz questão que estejam devidamente licenciadas e certificadas a operar – que se encarregam de inseri-los em outros processos produtivos. Além disso, observa-se, na declaração da empresária, a atenção dada

ao atendimento a padrões e exigências ambientais estabelecidos pelos órgãos de controle competentes.

Na Compuclado, o processo de Manufatura Reversa consiste, primeiramente, em passar todo o material por uma avaliação que identifica os equipamentos (PC e Monitores) que apresentam condições de reuso. Depois dessa etapa, os equipamentos não selecionados para aquele fim são encaminhados para o processo de desmontagem, separação e classificação (ferro, plástico, alumínio, placas eletrônicas, fios e cabos), para, posteriormente, serem encaminhados à reciclagem.

Em todo o processo, a Compuclado se preocupa com a completa destruição e descaracterização de todo o material gravado em dispositivos, garantindo a proteção de marcas e de tecnologias das empresas fornecedoras dos resíduos. Isso se dá de duas formas: os equipamentos selecionados para reuso têm todos os dados apagados e recebem novas instalações de programas não proprietários – softwares livre – que viabilizam a extensão do tempo de vida útil do equipamento; os equipamentos restantes, ou seja, aqueles não destinados ao reuso, registre-se, têm, em sua maioria, seus dados apagados através de processos de trituração completa do material, destruindo-os efetivamente e impossibilitando a reutilização ou o retorno de qualquer parte do produto para o mercado. Os processos realizados na Compuclado compreendem as etapas do pré-processamento do *e-waste*.

A Compuclado não opera com processos de recuperação de metais preciosos contidos nas PCIs. Segundo a entrevistada “não existem empresas no Brasil para reciclar as placas eletrônicas (circuitos integrados). As placas eletrônicas enviamos para uma empresa nos Estados Unidos e outras para a Alemanha”. Para exportar este tipo de resíduo, a empresa segue rigorosamente as orientações dos órgãos controladores. O material é semitriturado, embalado e enviado em contêineres para o exterior em navios.

Para a Alemanha seguem os resíduos de Monitores CRT, TV e suas PCIs – em média vinte e duas toneladas/mês – e para os Estados Unidos são enviadas as PCIs dos demais resíduos, sobretudo, as placas dos PCs – em média são exportadas duas toneladas por mês. Com capacidade instalada para processamento de até 100 toneladas por mês de *e-waste*, a Compuciclado tem operado em média com 70% de sua capacidade. Indagada a respeito da viabilidade econômica do negócio, a empresária é cautelosa em confirmar, mas é otimista, apostando em um futuro modelo de negócio ancorado na prestação de serviço para empresas e organizações. Segundo ela, o custo com a logística para aquisição do *e-waste* tem o maior peso no processo, o qual, não sendo bem equalizado, pode inviabilizar economicamente todo o negócio. Na produção, o processo de desmontagem também exerce uma pressão significativa nos custos do negócio. Por isso, a empresária é categórica em afirmar: “a prestação de serviço de reciclagem para empresas é a solução para a sustentabilidade do nosso negócio”.

A sustentabilidade à qual se refere a empresária deve ser compreendida a partir do tripé: dimensão social, ambiental e econômica. Nesse sentido, seria difícil pensar em negócios ambientalmente corretos – “verdes” – que excluam o contexto econômico. Em outras palavras, a economia pode estar alinhada ao meio ambiente natural no momento em que se estabelecem relações convergentes entre princípios econômicos e os interesses ligados ao meio ambiente.

Entretanto, em relação a custos do processo de logística citados pela entrevistado, alguns modelos observados na pesquisa parecem ir na contramão. Organizações e empresas recicladoras de *e-waste* oferecem gratuitamente o serviço de coleta dos resíduos eletroeletrônicos, por exemplo, a ONG Ecobraz (www.ecobraz.org.br) e a empresa Eco

Computadores (<http://www.ecocomputadores.com/>), que atuam na região metropolitana de São Paulo-SP.

Na região metropolitana do Recife-PE é encontrado este mesmo tipo de serviço, oferecido pela empresa Eco Reverso (<http://www.eco-reverso.com.br/>), conforme sítios acessados em 5 janeiro de 2014. Geralmente, nos grandes centros urbanos brasileiros se formam grandes congestionamentos que propiciam a geração de uma série de custos relacionados com o transporte de cargas, e essas situações são associadas às perdas e aos prejuízos. Portanto, manter serviços desta natureza de forma gratuita deve exigir grandes desafios do ponto de vista econômico para seus mantenedores. Em estudo de viabilidade econômica desse tipo de negócio, produzido pela ABDI (2012), considerando a existência de muitas variáveis que impactam os custos, o valor do frete para transporte do *e-waste* até a empresa recicladora seria uma das mais sensíveis. Por isso, adota como premissa a proposta de prestação de serviço por parte das recicladoras.

Sobre a origem do *e-waste* processado pela Compuciclado, a empresária esclarece que os resíduos eletrônicos que recebem são provenientes da população, empresas, universidades, órgãos públicos, prefeituras, da Grande Florianópolis e de outros municípios do Estado de Santa Catarina e também de outros Estados. Não importa o *e-waste*. Até a presente data, a empresa não cobra para receber os equipamentos/materiais para dar a destinação ambientalmente correta aos mesmos. Também não paga para receber e destinar todo este passivo ambiental.

Na declaração da empresária, observa-se a pluralidade de origens do *e-waste* sendo que ela deixa evidente que não faz importações, as quais seriam ilegais devido à ratificação feita pelo Brasil à CB. Percebe-se, também, no entender da empresária, uma obrigação que deve ser assumida pela sociedade: resolver o problema do *e-waste* gerado a

partir do consumo crescente de equipamentos eletroeletrônicos, reforçando a proposta antes lançada da necessidade de se pagar pelo serviço de reciclagem e, não o contrário, que as recicladoras comprem/paguem pelo *e-waste*. A Compuciclado recebe esse material em suas instalações quando trazido pelos doadores, mas também faz a coleta após avaliar a viabilidade econômica do frete versus volume de resíduos.

A empresa conta com um parceiro importante para obtenção de resíduos, o Comitê pela Democratização da Informática (CDI) de Santa Catarina. Na parceria, ambos saem ganhando: a Compuciclado ganha por contar com um volume significativo de doações de *e-waste* de diversas empresas e órgãos estatais que contribuem para o CDI, e aquele, por contar com os serviços especializados da Compuciclado no acondicionamento de PCs que serão utilizados pela ONG na montagem de Escolas de Informática e Cidadania.

A figura 4 mostra o volume de PCs recebidos de diversas fontes para serem reciclados. O programa “Recicla Tec”, organizado pelo Centro de Reciclagem Tecnológica (CERTEC) do CDI de Santa Catarina, recebe doações de pessoas físicas e jurídicas, exclusivamente de equipamentos de informática (PC, notebook, impressora, teclado, mouse, monitor, modem, roteador, cabos e celulares). O CDI também conta com uma rede de apoiadores (empresas em geral) que disponibiliza pontos de coleta espalhados na grande Florianópolis.

De acordo com a entrevistada, quando estes postos de coletas estão lotados de material, algumas empresas os transportam até a Compuciclado. Mas, quando isso não acontece, a recicladora os inclui em suas rotas de coleta de *e-waste*.



Figura 4: Fardos de PCs Compuciclado para reciclagem

O projeto CDI é uma das iniciativas que surgiram como consequência da espera por uma legislação que atribuísse a devida responsabilidade sobre a gestão do *e-waste*, que, no Brasil, só ocorreu com a promulgação da Lei que institui a PNRS discutida anteriormente. Criado em 1995 por Rodrigo Baggio, um jovem professor e talentoso profissional de TIC com passagem por empresas como a IBM, que, junto com amigos e voluntários, iniciou uma grande campanha de arrecadação de computadores intitulada “Informática para Todos”. Pioneiro no movimento de Inclusão Digital (ID) na América Latina, fundou, naquele ano, a primeira Escola de Informática e Cidadania (EIC) da ONG no Morro Dona Marta, Zona Sul do Rio de Janeiro, oferecendo cursos básicos de informática para a comunidade. O CDI é um projeto da sociedade civil organizada, espalhado em 17 estados brasileiros, no Distrito Federal e em outros Países: Argentina, Chile, Colômbia, Equador, Espanha, Estados Unidos, Inglaterra, México e Portugal. Por meio de seus 715 espaços de ID existentes no País e no mundo, já beneficiou mais de 1,58 milhões de pessoas. O projeto recebe o apoio de atores econômicos como: Microsoft; TIM; GVT; Google; HP; Adobe; Casas Bahia, entre outros que ajudam mantendo e apoiando as iniciativas desenvolvidas pela ONG.¹⁷

17 Disponível em: < <http://www.cdi.org.br/> >. Acesso em: 20 nov. 2013.

O CDI é um projeto cujo objetivo é promover o reuso de EEE, especificamente, microcomputadores e periféricos, com finalidades sociais visando beneficiar populações menos favorecidas. Ao realizar ações ID, possibilita, também, que seja dado um passo além da preocupação ambiental quando evita que seja jogada fora vasta quantidade de conhecimento incorporado aos EEE. Entre as formas de reuso de EEE, destacam-se: projetos de inclusão digital como bibliotecas públicas e centros comunitários; e suporte material computacional para fins educacionais e artísticos para projetos comunitários.

O CDI Santa Catarina conta com uma rede de apoiadores que faz as doações de computadores usados. Figuram entre seus apoiadores atores econômicos como empresas públicas e privadas de vários setores da economia: Grupo Angeloni; Shopping Iguatemi Florianópolis; Floripa Shopping; Eletrosul; Intelbras; FAPESC; Comcap; Dígito; CIASC; Seprol; Stock&Info; CiaNet Networking, entre outros.¹⁸ Pode ser observado que alguns dos atores econômicos citados como mantenedores e apoiadores do CDI atuam no setor das TIC. Suas participações corroboram com ações sociais desenvolvidas pelo CDI, o que pode ser um indicativo de que o setor estaria tomando consciência da emergência de ações que visam mitigar parte dos efeitos socioambientais nocivos por ele causados.

Sobre a atuação das empresas em resolver os problemas sociais ou ambientais da sociedade, Laville (2009, p. 45) argumenta contra uma ideia que considera ultrapassada: assuntos de cunho socioambiental são de responsabilidade do Estado que já recebe impostos das empresas. Para a economista francesa, a vocação das empresas não é resolver os problemas sociais, mas “ela deve, apesar de tudo, resolver aqueles [problemas] pelos quais é corresponsável, ou seja, aqueles para os

18 Disponível em: < http://cliquefuturo.org.br/?page_id=519>. Acesso em: 22 nov. 2013.

quais a própria existência de suas atividades contribui”. Assim, acreditamos que é errado atribuir às ações das empresas de base tecnológica rótulos que classifiquem aquelas ações como simples mecenato.

Como o CDI não demonstra ter infraestrutura para processar a sucata eletrônica, e, talvez, nem tenha interesse em resolver a questão do *e-waste* em grande escala, uma vez que tem como foco a ID, conta com o apoio de parceiros como, por exemplo, a Compuciclado, em Santa Catarina, para recondicionar os computadores descartados pelas organizações.

A Compuciclado e a Cereel¹⁹ são as duas únicas empresas indicadas pelo departamento técnico da Companhia de Melhoramento da Capital (Comcap) como os destinos corretos para o descarte de *e-waste* na cidade de Florianópolis. As empresas foram selecionadas porque cumprem uma série de exigências de ordem técnica, burocrática e ambiental. Segundo a Comcap, depois de uma análise detalhada das documentações solicitadas, foram realizadas visitas às empresas por Engenheiros Sanitários que aprovaram as inspeções das instalações²⁰.

Com o lema “Renovação com Atitude”, a Compuciclado quer demonstrar que atua no descarte correto e na reciclagem de eletroeletrônicos de maneira responsável. Podemos afirmar que a atividade desenvolvida pela empresa tem contribuído para preservação do meio ambiente a partir do momento em que possibilita, por um lado, a recuperação de recursos materiais e os reinsere no processo produ-
ti-

19 Empresa localizada na Fazenda Rio Tavares, município de Florianópolis-SC. Foram feitos contatos solicitando agendar uma visita ao local e todos foram negados. O empresário responsável, Clovis Caíres, alegou como motivo para não atender à solicitação a existência de informações comerciais privilegiadas que precisavam ser preservadas. Algumas informações sobre o negócio da empresa constam em seu endereço eletrônico na Internet (www.cereel.com.br), esclarece o empresário.

20 Cf. < <http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/comcap/index.php?cms=residuo+eletroeletronico+++++que+fazer&menu=5>>. Acesso em: 15 dez. 2013.

vo. Por outro lado, a Compuciclado, atuando em resuo de EEE com natureza social em parceria com o CDI Santa Catarina, tem ajudado a promover o desenvolvimento da inclusão sócio-digital de parcela significativa de populações carentes. Com acesso às tecnologias da informação, pensamos que essas populações habilitam-se como parte ativa na nova sociedade do conhecimento e, na condição de cidadãos autônomos, críticos e empreendedores sociais, teriam mais chance de desenvolver capacidades para combater a pobreza e a desigualdade social.

CRC, Recife-PE: gestão do *e-waste* e benefícios sociais

O Centro de Recondicionamento de Computadores (CRC) instalado no Recife é parte do Projeto “Computadores para Inclusão” – Projeto CI – do Governo Federal, criado em 2004, é coordenado pela Secretaria de Inclusão Digital do Ministério das Comunicações. Trata-se de uma rede nacional de reuso de equipamentos de informática, formação profissional de jovens carentes e inclusão digital, supridos por computadores e outros periféricos de TIC descartados por órgãos do governo e empresas estatais (federal, estadual e municipal), empresas privadas, além de pessoas físicas. No CRC, os computadores são recondicionados e doados a telecentros, escolas públicas e bibliotecas de todo o País; eles são distribuídos pelo CRC conforme a região de atuação onde estão instalados. Por exemplo, o CRC Recife faz a entrega de computadores recondicionados em todos os estados da região nordeste utilizando veículos próprios.²¹

21 Disponível em: < <http://www.youtube.com/watch?v=X9NWT0Uy58I>>. Acesso em: 08 de nov. 2013.



Figura 5: Modelo de funcionamento do Projeto CI

Fonte: Computadores para inclusão²²

A figura 5 mostra o funcionamento do Projeto CI, que tem os seguintes objetivos: i) criar oportunidades de formação educacional e profissional e de inserção no mercado de trabalho para jovens de baixa renda, em situação de vulnerabilidade social; ii) apoiar iniciativas de promoção da inclusão digital por meio da oferta de equipamentos de informática recondicionados, e do reaproveitamento criativo de suas partes e peças; iii) estimular a disseminação de políticas de descarte planejado e ecologicamente sustentável dos equipamentos de informática dos setores público e privado; iv) definir e implantar modelo de funcionamento em rede dos CRCs para o aprimoramento dos conteúdos, recursos didático-pedagógicos e metodologias relacionadas à manutenção e configuração de computadores; e v) desenvolver e aprimorar atividades educacionais e de sensibilização em temáticas relacionadas à gestão e descarte de *e-waste*.²³

Os CRCs funcionam, portanto, como oficinas e assistências técnicas especializadas em manutenção e recondicionamento dos equi-

22 Disponível em: <http://www.computadoresparainclusao.gov.br>. Acesso em: 07 mar. 2014.

23 Idem.

pamentos de TIC. Estes são espaços físicos preparados para a formação técnica de jovens em situação de vulnerabilidade social. Os jovens são formados em uma série de atividades inerentes à qualificação profissional exigida pelo mercado de trabalho daquele setor, como: instalar softwares, testar, consertar, limpar, configurar equipamentos, entre outras atividades afins. Dessa maneira, a iniciativa estaria favorecendo a inclusão social e a profissionalização dos jovens, bem como refletindo em ações que ajudam na redução dos impactos ambientais causados com o descarte inadequado do *e-waste*.

Instalados e mantidos em parceria com o setor público e privado em diferentes regiões do Brasil, com o apoio do Governo Federal, os CRCs, além dos objetivos já mencionados, cuidam da captação de doações, armazenagem, recondição e distribuição dos equipamentos de informática para entidades selecionadas como beneficiárias; e, também, separa e prepara os resíduos não aproveitados em projetos de inclusão digital e os enviam para destinação final ambientalmente adequada; outra parte não funcional dos equipamentos é utilizada na forma de objetos artísticos, artesanato ou afins, contribuindo, assim, na formação cultural dos jovens integrantes dos projetos.

Inaugurado em outubro de 2009, o CRC Recife é resultado de parceria entre a União Brasileira de Educação e Ensino (UBEE), por meio do Centro Marista Circuito Jovem do Recife. Antes da unidade no Recife, a rede Marista havia instalado o primeiro CRC em Porto Alegre, em 2006. A mantenedora tem entendido e participado cada vez mais da agenda da inclusão sócio-digital para o Brasil com o Governo Federal, informou o professor Domingos Sávio de França, diretor do CRC Recife, em entrevista à TV SERPRO em agosto de 2013 pela ocasião do VI Congresso Internacional de Software Livre

e Governo Eletrônico (CONSEGI). Naquela entrevista o professor França apresentou as linhas gerais de atuação do CRC Recife:

Hoje, talvez, o que consigamos menos fazer é recondicionar computadores, hoje temos um conjunto de outras iniciativas que terminam configurando o espaço como um grande centro de tecnologias livres. E trabalhamos muito forte desde os primeiros dias de atuação com a dimensão do software livre, com a dimensão da metarreciclagem, na dimensão da robótica livre. Os meninos estão ali em processo de formação, eles têm acesso a uma quantidade gigante de resíduos de materiais que são descartados ou não têm mais utilização para algumas pessoas. E a partir daí eles começam a desenvolver a sua criatividade, sua inteligência e isso fazendo uma harmonia entre a dimensão do resíduo com a dimensão do desenvolvimento em plataforma livre. Sempre coloco como viés de emancipar e promover jovens em situação de vulnerabilidade.²⁴

Lúcia Helena Xavier, autora do livro “Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos”, publicado pela editora Elsevier, em 2014, foi colaboradora durante os dois primeiros anos da fundação do CRC Recife e tem pesquisado a gestão de *e-waste*, conhece a história recente das atividades desenvolvidas nos CRCs no País e, em particular no Recife. Desde sua fundação, o CRC Recife tem assistido às demandas de inclusão socio-digital de mais de cinco mil jovens carentes. O *e-waste* utilizado nos trabalhos desenvolvidos na instituição é doado por órgãos públicos e estatais das três esferas (federal, estadual e municipal), empresas privadas e por pessoas físicas que levam o material até o centro. Dotados de uma Logística Ativa, utilizam veículos próprios para buscar volumes maiores de *e-waste* diretamente nas fontes doadoras, dentro da área de atuação do CRC, neste caso, todos os estados da região nordeste do País, conta a pesquisadora.

24 Disponível em: <http://www.tv.serpro.gov.br/jornalismo/cobertura-consegi/video.2013-08-15.8105319259/view>. Acesso em: 02 dez. 2013.

Em 2011, o volume movimentado por mês chegava a 80 (oitenta) toneladas. Desse total, segundo Lúcia Xavier, 30% correspondem ao “material vivo”, ou seja, aquele montante reconicionado pelo CRC e tornado útil para montagem de telecentros aplicados à inclusão digital. Os 70% restantes são passíveis de serem reciclados (desmontados, desmembrados, descaracterizados, compactados, acondicionados) e terem uma destinação final ambientalmente adequada, mas isso não é realizado no CRC, e, sim, por uma empresa privada que recebe os resíduos, os quais, após sua transformação, tornam-se recursos primários valorizados.

Esse volume de matéria-prima – o *e-waste* –, fonte de doações sendo transformada em recursos de alto valor agregado em mãos da iniciativa privada, tem chamado a atenção da direção do CRC Recife, que já planejava, para o ano 2011, montar uma unidade de produção voltada à metarreciclagem – não foi possível confirmar o funcionamento desta unidade de produção porque a visita ao CRC Recife não foi viabilizada pela instituição. Neste novo espaço definido de Metarreciclagem, os jovens aprenderão a transformar *e-waste* em novos componentes que retornarão à cadeia produtiva, como afirma o diretor do projeto, Sávio França:

Na unidade de metarreciclagem outros jovens em processo de formação vão entender conceitos, vão entender a filosofia, vão entender técnicas de como realizar a separação dos fios, dos metais, do cobre, dos metais leves e pesados e retorná-los para as cadeias produtivas.²⁵

Processo semelhante havia sido adotado antes pelo CRC Oxigênio, em São Paulo, que, posteriormente, passou a ser uma empresa quando descobriu que a atividade de reciclagem poderia ser lucrativa.

25 Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=X9NWT0Uy58I>. Acesso em: 08 nov. 2013.

Essa é uma direção que choca com os ideais fundadores da proposta original do CRC, comenta Lucia Xavier, destacando:

[Os CRCs] recebem recursos do Governo Federal para dar encaminhamento nesse sentido, [...] construir unidades com finalidade de educação, a parte de educação do CRC Recife e Porto Alegre são os que mais se destacam neste âmbito [...] estão formados pela questão da capacitação. É nobre a meta deles de capacitação, de formação, de inclusão socioambiental, sócio digital, eles tiram pessoas da situação de risco. Estive conversando com alunos de lá e são surpreendentes as histórias de vida e os resgates que eles alcançam, com certeza, é um fim muito nobre. Minha colocação é no sentido de não se desvirtuar.

A pesquisadora entende que a utilização dos resíduos excedentes no CRC Recife, os 70% passíveis de destinação final ambientalmente adequada, poderiam, por exemplo, a partir da reciclagem, ter uma aplicação capaz de potencializar ainda mais as já nobres ações desenvolvidas naqueles centros. De que outra forma poderia ser? Fazendo a indagação, ela sugere que o CRC, atuando em parceria com outras instituições, outras unidades que não necessariamente empresas – tem outras instituições que podem receber e recebem [*e-waste*]. Daria para fazer parcerias porque se desmembram os equipamentos. Separando os materiais agrega-se valor, e associações cooperativas precisam receber esse material para agregar valor – cooperativas de catadores legalmente constituídas.

As observações da pesquisadora permitem que seja vislumbrado um novo panorama onde a multiplicação das virtudes poderia se tornar realidades factíveis. Os aspectos sociais e econômicos poderiam encontrar um equilíbrio nestes lugares, resgatando a dignidade das pessoas e contribuindo para a formação de uma economia catalisadora, inclusiva e sustentável.

Considerações finais

A atividade recicladora é uma alternativa para inclusão social e sociodigital ao mesmo tempo em que põe em ação a recuperação de materiais. Isto alivia a pressão sobre os recursos dos ecossistemas. Enquanto a indústria de TIC e o governo brasileiro discutem como fazer a logística reversa dos equipamentos eletrônicos, oportunidades de negócios são desenhadas pela iniciativa privada para dar vazão ao entulho eletrônico de forma produtiva e econômica. Redes de colaboração entre empresas privadas, organizações públicas e organizações não governamentais desenvolvem estratégias para fazer o processamento dos resíduos. A responsabilidade pelo *e-waste* é encarada como uma ação desse coletivo.

Neste capítulo, procurou-se apresentar os problemas socioambientais provocados pelos resíduos eletrônicos do setor, mostrando que os desafios são enormes e urgentes. Caso não sejam tomadas medidas eficazes, países que já sofrem com as consequências daqueles resíduos perigosos vivenciarão, no futuro próximo, a intensificação dos efeitos refletidos na poluição do meio ambiente e na saúde pública. Argumentamos que a diretriz europeia WEEE sobre resíduos eletroeletrônicos é um avanço no combate desta anomalia, sendo um esforço inicial que, combinado com outras iniciativas, como o desenvolvimento de uma indústria focada na reciclagem do *e-waste* poderá reduzir impactos socioambientais.

No Brasil, a implantação e desenvolvimento da PNRS pode contribuir para resolver os problemas desta poluição. A PNRS é importante por esperar que os próprios fabricantes façam suas propostas como ponto de partida para implantação do plano de gestão dos resíduos eletroeletrônicos. A reciclagem como solução para o drama do *e-waste* é a inteligência que precisa ser posta em prática a fim de reutilizar os recursos extraídos dos ecossistemas para evitar a escassez

completa deles. O capítulo apresentou modelos de reciclagem que indicam ser possível tratar da problemática de forma ambientalmente responsável e muito distinta daquelas formas altamente poluidoras, também apresentadas.

Referências

ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (Comp.). *Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica*. Brasília: ABDI, 2012. 178p. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1362058667.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2014.

BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*. 2. ed. São Paulo: 34, 2010. 384p.

_____. “A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva”. In: BECK, U.; GIDDENS, A.; LASH, S. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. 2.ed. São Paulo: UNESP, 2012. p. 11-89. (Capítulo 1)

BELL, Daniel. *O advento da Sociedade Pós-Industrial: uma tentativa de previsão social*. São Paulo: Cultrix, 1973.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de janeiro de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos: altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 28 out. 2013.

CLAIBORNE, Ron (Org.). U.S. *Electronic Waste Gets Sent to Africa*. Ghana: ACCRA, ago. 2009. Disponível em: <<http://abcnews.go.com/GMA/Weekend/story?id=8215714&page=1>>. Acesso em: 27 dez. 2013.

CONDE, Antonio; XAVIER, Lúcia Helena; FRADE, Neuci Bico. “Aspectos operacionais da Gestão de REEE”. In: CARVALHO, Tere-

za Cristina M. B.; XAVIER, Lúcia Helena (Orgs.). *Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade*. São Paulo: Elsevier, 2014. p. 165-174. (Capítulo 10)

FLYNN, Ida M.; MCHOES, Ann Mciver. *Introdução aos sistemas operacionais*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002. 434p.

GIDDENS, A. “A vida em uma sociedade pós-tradicional”. In: BECK, U.; GIDDENS, A.; LASH, S. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. 2.ed. São Paulo: UNESP, 2012. p. 89-166. (Capítulo 2)

GUIVANT, Julia Silvia. “A Trajetória das análises de risco: da periferia ao centro da teoria social”. *Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais*. Rio de Janeiro, v. 46, p. 3-37, 1998.

HOLCOMBE, Jane; HOLCOMBE, Charles. *Dominando os sistemas operacionais: teoria & prática*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2003. 400p.

IJGOSSE, Jeroen. “Estabelecer uma estratégia para a gestão de resíduos tecnológicos no estado do Ceará”. Fortaleza: FADURPE, 2012. 118p. Disponível em: <<http://lixoeletronico.org/blog/informe-finaldo-projeto-lixo-eletr-nico-ceara>>. Acesso em: 8 out. 2013.

LAVILLE, Élisabeth. *A empresa verde*. São Paulo: Óte, 2009. 404p.

LISBOA, Marijane. *Ética e cidadania planetária na era tecnológica: o caso da Proibição da Basileia*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2009. 235p.

MOORE, Gordon E. “Cramming More Components Onto Integrated Circuits”. *Electronics Magazine*, v. 38, n. 8, p. 82-85, 19 abr. 1965. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=658762&isnumber=14340>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

ROBINSON, Brett H. “E-waste: An assessment of global production and environmental impacts”. *Science Of The Total Environment*, v. 408, n. 2, p. 183-191, 20 dez. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969709009073>>. Acesso em 20 out. 2013.

SINHA, Satish et al. "Waste electrical and electronic equipment. The EU and India: sharing best practices". New Delhi: Toxics Link, 2010. 116p. Disponível em: <http://toxicslink.org/docs/E-Waste_Report-Designing-Take-Back-Systems.pdf>. Acesso em 10 fev. 2014.

TANENBAUM, Andrew S. *Sistemas operacionais modernos*. 2.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 695p.

TORRES, Gabriel. *Hardware curso completo*. 4. ed. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2001. 1397p.

UNEP - United Nations Environment Programme (Ed.). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. The Unep Knowledge Repository, 2011. Disponível em: http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/ger_final_dec_2011/GreenEconomyReport_Final_Dec2011.pdf. Acesso em 15 set. 2013.

_____. *Recycling: from E-Waste to Resources*. Bali: The Unep Knowledge Repository, 2009. Disponível em: http://www.unep.org/pdf/Recycling_From_e-waste_to_resources.pdf. Acesso em 10 set. 2013.

UNIÃO EUROPEIA. *Directiva 2008/98/CE*. Parlamento Europeu e Conselho, de 19 de novembro de 2008. Relativa aos resíduos e que revoga certas directivas. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0098:PT:PDF>>. Acesso em 28/11/2013.

_____. *Directiva 2012/19/UE*. Parlamento Europeu e Conselho, de 4 de julho de 2012. Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Disponível em: < <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:PT:PDF> >. Acesso em 21 out. 2013.

VASCONCELOS, Laércio. *Hardware na prática*. Rio de Janeiro: Laércio Vasconcelos Computação, 2009. 713p.

WALDMAN, Mauricio. *Lixo - cenários e desafios: abordagens básicas para entender os resíduos sólidos*. São Paulo: Cortez, 2010.