

**Logística reversa de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: uma proposta de indicadores de monitoramento para o órgão ambiental**

**RAISSA SILVA DE CARVALHO PEREIRA**

raissascp@gmail.com

**WANDA MARIA RISSO GUNTHER**

wgunther@usp.br

**FLAVIO DE MIRANDA RIBEIRO**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

flv.ribeiro@gmail.com

# **Logística reversa de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: uma proposta de indicadores de monitoramento para o órgão ambiental**

## **Resumo**

A gestão dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) no Brasil apresenta deficiências e desafios, sendo a logística reversa o instrumento adotado para promover a gestão adequada desses resíduos. O objetivo deste trabalho foi propor um conjunto de indicadores para avaliar sistemas de logística reversa de REEE no país, a partir das experiências europeia e japonesa e considerando as particularidades do contexto nacional. Por meio da aplicação de questionários aos responsáveis pelos sistemas europeus e japoneses, bem como representantes de órgãos ambientais responsáveis por monitorar tais sistemas, foram identificados alguns dos indicadores utilizados. Além disso, foram obtidas sugestões de indicadores por especialistas europeus e pelas entidades gestoras de REEE brasileiras. Como resultado do trabalho, foi proposta uma matriz de indicadores a ser aplicada aos sistemas nacionais, de modo a permitir sua avaliação e melhoria contínua.

*Palavras-chave: resíduos eletroeletrônicos, logística reversa, indicadores.*

## **Waste electrical and electronic equipment reverse logistics: a proposal of indicators for environmental compliance**

### **Abstract**

The management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Brazil presents deficiencies and challenges, and reverse logistics is the instrument adopted to promote the proper management of this waste. The objective of this work was to propose a set of indicators to evaluate WEEE reverse logistics systems in the country, based on the European and Japanese experiences and considering the particularities of the national context. Through the application of questionnaires to those responsible for the European and Japanese systems, as well as representatives of environmental agencies responsible for monitoring such systems, some of the indicators used by these systems were identified. In addition, suggestions were made for indicators by European experts and by the Brazilian WEEE management entities. As a result of the work, a matrix of indicators was proposed to be applied to the national systems, in order to allow their evaluation and continuous improvement.

*Keywords: e-waste, reverse logistics, indicators.*

## **1. Introdução**

Podem-se definir como equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) os equipamentos cujo

adequado funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos. Por sua vez, os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE), são os EEE que constituem resíduos, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que este é descartado (EC, 2003).

O crescimento da geração de REEE é um fenômeno global e que tende a se intensificar, devido a diversos fatores contemporâneos (RODRIGUES, 2012).

Os REEE possuem composição diversificada, incluindo substâncias perigosas e materiais de alto valor agregado, o que torna o seu gerenciamento complexo e oneroso tanto do ponto de vista técnico-econômico quanto da saúde do trabalhador. Por outro lado, o gerenciamento inadequado desses resíduos acarreta riscos à saúde humana e ao ambiente e não contribui para a utilização eficiente dos recursos naturais. A reciclagem de REEE e consequente recuperação dos materiais presentes apresenta, portanto, além do apelo ambiental, motivação econômica (RODRIGUES, 2012).

Em escala global, a gestão de REEE ainda apresenta deficiências e grandes desafios. A exportação ilegal desses resíduos dos países desenvolvidos para países em desenvolvimento, que carecem de instalações para realizar o tratamento adequado, permanece como um dos principais problemas a serem enfrentados (EFTHYMIOU et al., 2016).

A logística reversa (LR) tem emergido como um dos principais instrumentos para promover a gestão adequada dos REEE. Quanto a isso, destaca-se, desde a década de 1990, a atuação pioneira de países europeus, entre os quais Alemanha, Suécia e Suíça, assim como do Japão. A partir dos anos 2000, foram estabelecidas diretivas da União Europeia (EU) sobre esse tema, transpostas aos países membros, nos quais sua implementação trouxe avanços. Essa experiência de sucesso é considerada, atualmente, como referência na formulação e implementação de políticas para o avanço da gestão de REEE, inclusive na implementação da logística reversa desses resíduos, para diversos países. Já o Japão apresenta atualmente altos percentuais de reciclagem dos REEE (ONGONDO et al., 2011).

Na América Latina, o Brasil foi um dos primeiros países a estabelecer um marco regulatório abrangente em âmbito federal para disciplinar a gestão de REEE: a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 2010. A partir de então, iniciou-se um processo que visa à implantação da logística reversa de REEE. Espera-se que, em breve, entrem em operação sistemas de logística reversa (SLR) de REEE no país (ONGONDO et al., 2011; MENDES et al., 2017).

O objetivo deste trabalho é consolidar uma proposta inicial de um conjunto de indicadores para avaliação e monitoramento dos sistemas de logística reversa de REEE pelos órgãos ambientais no Brasil, a partir das experiências europeia e japonesa e considerando as particularidades do contexto nacional.

## **2. Revisão Bibliográfica**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída em 2010, representou um novo paradigma para a gestão de resíduos, estabelecendo importantes instrumentos, com destaque para a logística reversa pós-consumo (VALLE et al, 2014). Para implementar e operacionalizar os sistemas de LR, a PNRS instituiu os seguintes instrumentos: regulamentos, acordos setoriais e termos de compromisso; os dois últimos a serem firmados entre o poder público e o setor empresarial. O Acordo Setorial (AS) foi o instrumento adotado em âmbito federal (BRASIL, 2010).

Três anos depois da PNRS, o Edital n.º 01/2013 do Ministério do Meio Ambiente convocou o setor de eletroeletrônicos a apresentar propostas para a elaboração de Acordo Setorial para a implantação de sistema de LR de REEE. Em resposta, o setor apresentou propostas e houve discussão sobre os entraves para implantação nacional do sistema de LR. Até o presente, o Acordo Setorial de REEE não foi assinado, mas o processo de discussão entre poder público federal e setor privado, visando à sua assinatura, permanece (MENDES et al., 2017).

Como preparação do setor privado para assinatura do Acordo Setorial e implantação de um SLR de REEE, foram criadas duas entidades gestoras no país, a Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos – ABREE, e a Gestora de Resíduos Elétricos e Eletrônicos Nacional - GREEN Eletron. Essas entidades possuem como objetivo implantar e gerenciar sistemas de logística reversa de REEE em nome de seus associados (MENDES et al., 2017).

O cenário atual de gerenciamento dos REEE no Brasil caracteriza-se pelos seguintes elementos (ONGONDO et al, 2011; RODRIGUES, 2012):

- Alto grau de reparo e reuso, o que ocasiona a extensão da vida útil dos EEE e o descarte dos REEE por aqueles que compraram os EEE já usados,
- Grande parcela dos REEE é coletada com os resíduos sólidos urbanos (RSU) e acaba sendo disposta em aterros,
- Parte dos REEE coletados são exportados para serem processados, pois faltam instalações para processamento e reciclagem desses materiais, e
- As etapas de coleta, logística, processamento e reciclagem dos REEE apresentam alto grau de informalidade.

### 2.1. Logística Reversa de REEE na Europa

Apesar de alguns países já possuírem sistemas de LR de REEE desde o final da década de 1990, a expansão dos sistemas pela União Europeia (UE) se deu com a Diretiva 2002/96/CE, em 2003, que se baseou no conceito de Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), e da Diretiva 2002/95/CE (RoHS), que criou restrições quanto ao uso de substâncias químicas nos EEE, visando amenizar seu impacto ambiental ao atingirem o tempo de vida útil (OLIVEIRA, 2016).

Posteriormente, a Diretiva 2012/19/CE substituiu a Diretiva 2002/96/CE, mantendo o conceito de REP, definido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2001) como “*o instrumento de política ambiental no qual a responsabilidade, física ou financeira, do produtor por seu produto é estendida ao estágio pós-consumo de seu ciclo de vida*”.

Na Diretiva 2012/19/CE, há uma distinção entre os REEE de uso doméstico e não-doméstico, prevendo a participação do comércio na coleta dos primeiros. Definem-se percentuais mínimos de coleta: para 2016, 45% em relação às quantidades de EEE colocadas no mercado nos três anos anteriores e, a partir de 2019, 65%. Também são estabelecidos objetivos mínimos de reciclagem e valorização para cada categoria de REEE abrangida pela Diretiva. Visando a combater a exportação ilegal de REEE, estabelecem-se requisitos mínimos para garantir que sejam exportados a países não-membros EEE usados, mas aptos ao funcionamento, e não resíduos. Além disso, estabelece que os fabricantes devem promover o

*ecodesign*, isto é, conceber e produzir os EEE com vista a facilitar a reutilização, desmontagem e valorização dos REEE e que, para maximizar a reutilização, haja, nos pontos de coleta, a separação dos resíduos a serem enviados para a reutilização. Finalmente, quanto às informações a serem prestadas sobre a LR de REEE, devem ser recolhidas anualmente informações sobre as quantidades, em peso, e categorias de EEE colocados no mercado e de REEE recolhidos, preparados para a reutilização, reciclados, valorizados no Estado-Membro e exportados (EC, 2012).

Cada país membro da UE é responsável por implementar as Diretivas, regulamentando seus aspectos operacionais por meio da legislação nacional ou local. Assim, observa-se certa heterogeneidade entre os SLR de REEE que se estabeleceram nos países europeus, havendo discrepâncias quanto à performance técnica e econômica de cada um (EC, 2014). A Espanha, por exemplo, coletou 3,98 kg per capita em 2014, enquanto a Noruega, Bélgica, Irlanda e Holanda, coletaram 20,87; 10,38; 9,73 e 8,41, respectivamente (Eurostat, 2017).

Entretanto, uma similaridade entre os sistemas europeus é a existência de organizações de responsabilidade do produtor (ORP), que operacionalizam a responsabilidade estendida do produtor, ou logística reversa, em nome das empresas aderentes. Suas principais funções são: financiar o sistema, por meio da coleta de taxas e redistribuição dos recursos entre os atores, e gerenciar dados e informações, inclusive para os órgãos de controle (EC, 2014).

## 2.2. Logística Reversa de REEE no Japão

No Japão, existem dois esquemas de gestão bastante distintos segundo a categoria de REEE. Para quatro categorias de resíduos de grande porte, aparelhos de ar condicionado, televisão, refrigerador e máquinas de lavar e secar roupa, o marco regulatório é a chamada Lei de Reciclagem de Grandes Eletrodomésticos, de 1998, mas que começou a vigorar em 2001. O sistema de logística reversa de eletrodomésticos de grande porte opera da seguinte forma: as lojas varejistas são obrigadas a coletar os equipamentos vendidos por ela e aqueles cuja coleta é solicitada no ato da compra. O consumidor solicita a coleta em seu domicílio e o varejista cobra dele a tarifa de reciclagem. O varejista, então, entrega os resíduos coletados aos fabricantes/importadores ou à empresa designada, que representa fabricantes de pequeno porte e se responsabiliza pelos chamados “produtos órfãos”, isto é, aqueles cujos fabricantes não existem mais. Os fabricantes/importadores e a empresa designada, então, encaminham os resíduos à desmontagem e reciclagem, majoritariamente. Em 2011, dois terços das unidades coletadas foram recicladas (YOSHIDA & YOSHIDA, 2014; SOEDA, 2016).

Quanto ao papel do poder público, as municipalidades também participam do sistema, coletando os resíduos nas situações em que a obrigação de coleta não pode ser imposta aos varejistas, e entregando os resíduos coletados aos fabricantes/importadores ou à empresa designada. Já o Ministério do Meio Ambiente Japonês tem a função de monitorar e inspecionar e o sistema e eventualmente aplicar multas no caso de não cumprimento das obrigações previstas (SOEDA, 2016).

Já para os demais REEE, existe a “Lei de Reciclagem de Eletrodomésticos de Pequeno Porte”, de 2012, em vigor desde 2013. Os produtores são obrigados a melhorar o projeto dos produtos de modo a facilitar a reciclagem e a utilizar matérias-primas secundárias provenientes da reciclagem dos REEE. As municipalidades exercem uma função fundamental, pois realizam a coleta seletiva dos REEE, seja por meio da instalação de pontos de coleta em locais públicos seja pela coleta nas lojas varejistas. Elas entregam os REEE às

empresas certificadas, que encaminham os resíduos ao tratamento intermediário e à recuperação de metais. Os consumidores não devem pagar taxa para descartar seus REEE (SOEDA, 2016).

### 2.3. Indicadores

Conforme já apresentado em um trabalho anterior (PEREIRA et al., 2017), o tema dos indicadores para avaliar sistemas de logística reversa de REEE tem sido ainda pouco abordado na literatura científica.

Dentre as publicações nesse tema, pode-se citar Gossart (2011), que propõe indicadores para avaliar as soluções adotadas pelos países para gerir os REEE, de modo a fornecer um diagnóstico da situação do país quanto aos REEE. Os indicadores são divididos em quatro categorias: “o problema dos REEE no país”, para a qual consta como indicador, por exemplo, a quantidade de EEE colocados no mercado; “soluções desenvolvidas para resolver o problema dos REEE”, com indicadores tais como legislação nacional sobre REEE e regras para exportar REEE; “performance das soluções colocadas em prática”, com indicadores relativos à coleta, destinação e custos, e “contexto”, apresentando indicadores como densidade populacional, riscos ocupacionais relacionados ao gerenciamento de REEE e postos de trabalho criados pelo sistema de reciclagem. Em análise crítica do resultado do próprio trabalho, pondera que os indicadores têm abordagem ampla e de difícil aplicação. Assim, sugere o desenvolvimento de indicadores mais simples e de fácil aplicação.

Outra publicação que se deve citar é resultado do projeto da Comissão Europeia de desenvolvimento de um guia sobre a Responsabilidade Estendida do Produtor. Traz um panorama geral e comparativo dos sistemas de REP nos 28 países da UE, assim como estudos de caso para as tipologias de resíduos com maior número de sistemas, entre as quais os REEE. Os indicadores utilizados para avaliar o funcionamento e a performance dos sistemas de REP de REEE são agrupados segundo cinco critérios: responsabilidade da PRO, competição, transparência e monitoramento, performance técnica e custo-efetividade. Em relação à performance técnica, há indicadores como: quantidade de EEE colocados no mercado, em peso, por origem (domiciliar ou não); quantidade de REEE coletados, em peso, total e por habitante, por origem, e percentuais de reciclagem e valorização, relativos ao que foi coletado (EC, 2014).

Favot et al. (2016) utilizam os mesmos indicadores da publicação da Comissão Europeia citada anteriormente para avaliar a performance técnica e econômica do sistema italiano e sua evolução de 2009 a 2014, bem como a participação dos municípios, especialmente do ponto de vista financeiro.

Já Fredholm et al. (2008) desenvolveram indicadores para comparar a performance ambiental e econômica de sistemas de gerenciamento de REEE, por meio da análise do contexto e das opções de arquitetura do sistema. Os indicadores propostos são agrupados em 3 categorias: “opções de arquitetura do sistema”, com indicadores como: produtos abrangidos pelo sistema, métodos de coleta, quantidade de pontos de coleta (per capita e por área) e estrutura financeira; “contexto”, com os seguintes indicadores: população, área e média salarial no setor de reciclagem, e “performance”, na qual constam os indicadores: custo total anual e quantidade total coletada anualmente e peso de REEE coletado per capita e por unidade de EEE em uso nos últimos anos.

Por fim, vale mencionar Yano & Sakai (2016), que trazem indicadores para a prevenção da geração de resíduos sólidos, entre os quais os REEE. Dentre os indicadores, destacam-se: eficiência da coleta de REEE, peso de REEE coletados per capita, montante de venda de EEE reutilizados, peso de EEE colocados no mercado per capita e número de produtores que consideraram o fim de vida para projetar os EEE. Ainda, ressaltam que as propriedades de um bom indicador são a disponibilidade de dados, representatividade, confiabilidade, relevância e popularidade.

### **3. Metodologia**

A partir da realização da revisão bibliográfica e pesquisa documental sobre a gestão e os indicadores de REEE nos países europeus e no Japão, foi elaborado e enviado por e-mail um questionário endereçado aos órgãos ambientais e gestores de sistemas de logística reversa de REEE de países europeus e do Japão. No questionário, havia perguntas com respostas do tipo múltipla-escolha ou dissertativas, divididas em duas seções. Na primeira, constavam perguntas sobre o reporte de dados referentes a SLR de REEE aos órgãos de controle do país; na segunda, sobre os indicadores usados pelos próprios SLR ou pelos órgãos ambientais para avaliar os SLR de REEE.

Em seguida, um novo questionário foi elaborado, considerando as respostas obtidas na etapa anterior, e cujo público-alvo foram outros especialistas europeus ligados a entidades internacionais que trabalham com a temática ambiental, mas que não são diretamente operadores dos sistemas. Nesse segundo questionário, os especialistas foram indagados sobre quais indicadores eles empregariam para avaliar SLR de REEE.

Um terceiro questionário foi submetido às gestoras nacionais de REEE no Brasil, também indagando os gestores sobre quais indicadores poderiam ser usados para avaliar os SLR de REEE.

Com base nas respostas aos três questionários, os indicadores foram organizados em quatro grupos: os utilizados por sistemas europeus, os do sistema japonês, aqueles sugeridos por especialistas e os indicados por gestoras brasileiras.

Por fim, foi realizada uma análise crítica dos conjuntos de indicadores para que fosse obtida a matriz contendo a proposta de indicadores a ser aplicada para os sistemas brasileiros.

### **4. Apresentação e Análise dos Resultados**

#### **4.1. Indicadores utilizados pelos sistemas europeus**

No questionário direcionado aos sistemas europeus, solicitou-se que os respondentes listassem os indicadores utilizados para avaliar cada um dos aspectos do SLR de REEE listados na Tabela 1, apresentada adiante. Foram obtidas respostas de cinco países: Holanda, Bélgica, Espanha, Irlanda e Suíça. Duas delas foram de órgãos ambientais e três de organizações de responsabilidade do produtor (ORP). Na Tabela 1, são apresentados os indicadores que constam nas respostas recebidas.

Foram listados indicadores para 12 dos 13 aspectos. O único para o qual não houve indicadores foi o *ecodesign*. Três dos aspectos foram indicados por todos os respondentes: geração de REEE, categorias de REEE coletados e performance da reciclagem. Os

indicadores mais listados para essas categorias foram respectivamente: quantidade de produtos eletroeletrônicos colocada no mercado, peso de REEE coletado por categoria e percentual de REEE reciclado em relação ao coletado. Observa-se que, além dos aspectos citados anteriormente, os dois órgãos ambientais respondentes elencaram indicadores relativos à performance da reutilização, ao atingimento de metas e à comunicação e educação ambiental. Também se nota que os indicadores relacionados aos aspectos ambientais, econômicos e à cobertura geográfica da coleta não estão entre os mais frequentemente elencados. Os indicadores referentes aos aspectos ambientais foram: peso de resíduos perigosos destinados corretamente e resultados de auditoria ambiental, em termos percentuais. Por fim, ressalta-se que foi elencado um indicador na categoria “outros”: o peso de resíduos exportados.

#### 4.2. Indicadores utilizados pelos sistemas japoneses

O mesmo questionário submetido aos sistemas europeus foi enviado aos japoneses. Na Tabela 22, apresentada adiante, encontram-se as respostas quanto aos indicadores empregados pelos SLR com o objetivo de reporte aos órgãos públicos e comprovação do cumprimento da responsabilidade pós-consumo.

Visto que há dois sistemas distintos no Japão, um para os grandes eletrodomésticos pós-consumo e outro para os demais REEE, os indicadores utilizados para avaliar cada um dos sistemas também são diferentes. Observa-se que os dois sistemas declararam empregar indicadores para avaliar os seguintes aspectos: geração, categorias de REEE coletadas, performance da coleta, do tratamento, da reciclagem e econômica, e atingimento de metas. Com relação à geração, o indicador é ligeiramente diferente daquele utilizado pelos sistemas europeus: refere-se às quantidades de EEE vendidas, enquanto o outro diz respeito às colocadas no mercado. Além disso, para o SLR de grandes eletrodomésticos, alguns indicadores são em unidades e não em peso. Assim como os sistemas europeus, não houve indicadores para o *ecodesign*. Quanto à performance econômica, é interessante notar que, para o SLR de grandes eletrodomésticos, o indicador é o custo de reciclagem (sem incluir a coleta), enquanto que, para o SLR dos demais REEE, é o lucro com a venda dos materiais provenientes da reciclagem. Finalmente, quanto aos aspectos ambientais, o indicador, para os grandes eletrodomésticos, é o peso de gases CFC coletados.

Tabela 1 - Indicadores utilizados para os sistemas europeus

<b>Aspecto do SLR de REEE</b>	<b>Bélgica - ORP</b>	<b>Espanha – Órgão Ambiental</b>	<b>Holanda - ORP</b>	<b>Irlanda - Ambiental</b>
Geração dos REEE	Quant. EEE colocados no mercado	Quant. EEE colocados no mercado	Quant. EEE colocados no mercado	Quant. EEE colocados no mercado
Categorias de REEE coletados	Peso de REEE coletado por categoria	Peso de REEE coletado por categoria	Peso de REEE coletado por categoria	Peso de REEE coletado por categoria
Performance quantitativa da coleta		Percentual de resíduos coletados	Peso de REEE coletado	Percentual de resíduos coletados
Cobertura geográfica da coleta		Percentual de municípios cobertos pela coleta e quant. coletada em cada		
Performance do Tratamento	Performance do tratamento auditada	Quantidade e Percentual de REEE tratado	Percentual de REEE tratado	
Performance da Reciclagem	Percentual de REEE reciclado	Quantidade e Percentual de REEE reciclado	Percentual de REEE reciclado	Percentual de REEE reciclado
Performance da Reutilização	Unidades de REEE reutilizadas	Quantidade e Percentual de REEE reutilizado		Percentual de REEE reutilizado
Performance econômica / custos		Custos totais		
Ecodesign				
Aspectos ambientais	Peso de resíduos perigosos destinados corretamente			
Atingimento de metas		Em peso e percentuais		Atingimento de metas
Comunicação e educação ambiental		Investimentos em comunicação e educação ambiental		Ações de comunicação e educação ambiental
Outros: exportação			Peso exportado	

*Tabela 2 - Indicadores utilizados pelos sistemas japoneses*

<b>Aspecto do SLR de REEE</b>	<b>Grandes Eletrodomésticos</b>	<b>Demais REEE</b>
Geração dos REEE	Unidades de EEE vendidas nos últimos anos	Unidades de EEE vendidas nos últimos anos
Categorias de REEE coletados	Categorias	Categorias
Performance quantitativa da coleta	Quant. de REEE coletada (em unidades)	Quant. de REEE coletada (em unidades e peso)
Cobertura geográfica da coleta		Número de municípios participantes
Performance do Tratamento	Quantidade de REEE tratada (em unidades)	Peso de REEE tratado
Performance da Reciclagem	Peso e percentual de REEE reciclado	Peso de REEE reciclado
Performance da Reutilização		
Performance econômica / custos	Custo da reciclagem (sem incluir a coleta)	Lucros com a venda de materiais provenientes da reciclagem
Ecodesign		
Aspectos ambientais	Peso de gases CFC coletados	
Atingimento de metas	Percentual de REEE reciclado	Peso de REEE reciclado
Comunicação e educação ambiental		

#### 4.3. Indicadores sugeridos por especialistas

Quanto ao questionário submetido a especialistas europeus, os aspectos dos SLR de REEE foram concentrados em menos categorias que os anteriores e, para cada aspecto, constavam alguns exemplos de indicadores, para que os respondentes compreendessem melhor o objetivo da pesquisa. Houve duas respostas, ambas de representantes de órgãos ambientais europeus. A Tabela apresenta os indicadores recomendados pelos especialistas. Nota-se que a quantidade de indicadores, neste caso, é superior às dos dois questionários anteriores, provavelmente por tratar-se de propostas ao invés de indicadores já utilizados.

Ambos especialistas sugeriram indicadores para os seguintes aspectos: geração; coleta; tratamento, reciclagem e reutilização dos REEE; destinação e exportação, e aspectos ambientais. Assim como nas respostas ao questionário anterior, aparecem indicadores tais como a quantidade de produtos eletroeletrônicos colocada no mercado, peso de REEE coletado por categoria e percentual de REEE reciclado em relação ao coletado. Além desses, os dois especialistas listaram: número de pontos de coleta; quantidades de REEE tratadas /

recicladas / reutilizadas, e quantidade exportada. Quanto aos aspectos ambientais, foram listados vários indicadores: quantidade de substâncias perigosas enviada para destruição; quantidades recicladas por material; quantidade de gases CFC coletados; percentual de metais recuperados; quantidade de plásticos contendo PCB destinados corretamente. Diferentemente das respostas ao outro questionário, houve um indicador para a categoria *ecodesign*: uso de tarifas que variam de acordo com a facilidade de gerenciamento do resíduo.

*Tabela 3 - Indicadores sugeridos pelos especialistas*

<b>Aspecto do SLR de REEE</b>	<b>Especialista 1 - Bélgica - Órgão Ambiental</b>	<b>Especialista 2 - Noruega – Órgão Ambiental</b>
Geração	Quant. EEE colocados no mercado	Quant. EEE colocados no mercado
Coleta	Quantidades coletadas por categoria; percentual de REEE coletado (em relação aos EEE colocados no mercado); número de pontos de coleta	Quantidades coletadas por categoria e total; número de pontos de coleta
Tratamento / Reciclagem / Reutilização	Quantidades de REEE tratadas / recicladas / reutilizadas; percentual de REEE reciclado (em relação ao coletado)	Quantidades de REEE tratadas / recicladas / reutilizadas; percentual de REEE reciclado
Destinação / Exportação	Quantidade de REEE exportada e os resultados do tratamento no exterior	Quantidade ou percentual de REEE exportado <sup>1</sup>
Performance econômica / custos	Custos e taxas por unidade de REEE	
Aspectos ambientais	Substâncias perigosas enviadas para destruição; quantidades recicladas por material (plásticos, metais, vidros, etc)	Quantidade de gases CFC coletados; percentual de metais recuperados; quantidade de plásticos contendo PCB destinados corretamente.
Ecodesign	Uso de tarifas que variam de acordo com a facilidade de gerenciamento do resíduo	
Atingimento de metas	Peso de REEE coletado por habitante por ano; percentual de REEE coletado (em relação aos EEE colocados no mercado); quantidades ou percentuais reciclados por material	
Comunicação e educação ambiental	Público atingido pelo sistema; quantidade de campanhas de comunicação e pesquisas para avaliar o conhecimento do público sobre o sistema	

#### 4.4. Indicadores sugeridos pelas gestoras nacionais

Foi enviado, para as duas gestoras nacionais, um questionário com a mesma estrutura daquele submetido aos sistemas europeus e japoneses, mas, visto que os SLR de REEE no Brasil ainda não estão em plena operação, perguntou-se quais indicadores elas acreditam que seriam utilizados para avaliar os SLR. As respostas das duas gestoras nacionais encontram-se compiladas na Tabela . Vale pontuar que uma das gestoras sugeriu alterar a categoria “aspectos ambientais” para “aspectos socioambientais”. Por isso, consta na Tabela a categoria sugerida.

Tabela 4 - Indicadores sugeridos pelas gestoras nacionais

Aspectos do SLR de REEE	Gestora Nacional 1	Gestora Nacional 2
Geração	Peso de EEE colocado no mercado	
Categorias de REEE coletadas	Linha e segmentos de EEE coletados	
Performance quantitativa da coleta	Peso coletado	Peso coletado
Cobertura geográfica da coleta	Cidades atendidas e número de pontos de entrega	
Performance do Tratamento	Tipos e quantidade de materiais obtidos após tratamento (peso e %): - Plástico - Metal - Papel/Papelão - Alumínio - Placa de Circuito - Conectores - Outros	- Peso dos materiais resultantes da desmontagem dos REEE (balanço de massa)  - Peso de materiais enviados para aterro
Performance da Reciclagem	- Índice de Reciclabilidade do equipamento coletado - Balanço de Massa por tipo de REEE	
Performance da Reutilização		
Performance econômica / custos	- Custo por peso de material coletado e transportado - Custo por peso de material tratado (desmontagem, reciclagem e disposição) - Custo total do sistema (incluindo custos administrativos)	
Aspectos Socioambientais	- Empregos gerados - Resíduos desviados de aterro (plástico, vidro, metais...) - Energia poupada pela recuperação de materiais (extração do material virgem em comparação ao reciclado)	Atendimento à legislação ambiental (das empresas contratadas para realizar o gerenciamento dos REEE)

Aspectos do SLR de REEE	Gestora Nacional 1	Gestora Nacional 2
Ecodesign	- Reciclabilidade do equipamento (percentual de aproveitamento na reciclagem e custo de reciclagem)	
Atingimento de metas	- Peso total de material coletado - Número de cidades atendidas	Peso total coletado
Comunicação e educação ambiental	- Pessoas alcançadas pela publicação - N° de visualizações do website do sistema - Número de anúncios em mídia virtual e impressa - Número de eventos	Investimento em comunicação

Pode-se observar que houve grande heterogeneidade entre as duas respostas. Uma das gerenciadoras listou diversos indicadores, abrangendo quase todos os aspectos, enquanto a outra foi mais concisa. Entretanto, ambas gestoras sugeriram indicadores para os seguintes aspectos: performance da coleta, do tratamento e da reciclagem, aspectos socioambientais, atingimento de metas e comunicação e educação ambiental. Também vale destacar que ambas citaram a importância do balanço de massa para avaliar o desempenho do tratamento ou reciclagem dos REEE. Nenhuma delas indicou indicadores para a performance da reutilização e uma delas elencou-os para o *ecodesign* e para a performance econômica.

#### 4.5. Análise dos indicadores levantados

Comparando as respostas a todos os questionários, observa-se grande variabilidade entre os indicadores. Tal resultado já era esperado, pois, quando se fala de indicadores, abre-se uma vasta gama de possibilidades e, além disso, há muitas diferenças entre os contextos abrangidos, ou seja, entre a LR de REEE na Europa, no Japão e no Brasil.

Em relação às similaridades entre as respostas, destaca-se que a maioria dos indicadores possui caráter quantitativo, sendo, em geral, expressos em peso e percentual de resíduos. Quanto aos aspectos selecionados, foi unânime a escolha dos relacionados à coleta e ao tratamento e reciclagem. Assim, pode-se inferir que tais aspectos são considerados cruciais para avaliar um SLR de REEE, uma vez que se relacionam diretamente aos principais objetivos de um SLR: maximizar as quantidades coletadas e prover-lhes uma destinação adequada, preferencialmente a reciclagem. Com relação ao *ecodesign* e à reutilização, deduz-se que, para a maioria dos respondentes, tais aspectos não estão diretamente envolvidos na avaliação da performance dos SLR de REEE. Isso pode ser explicado pela dificuldade dos sistemas em promover a reutilização dos REEE e pelo fato de que, em geral, os sistemas não possuem interface com o projeto dos EEE. Vale ainda ressaltar que os aspectos ambientais envolvidos no gerenciamento dos REEE ainda estão pouco presentes na avaliação dos sistemas de logística reversa.

#### 4.6. Proposta de indicadores para avaliar SLR de REEE

Considerando os resultados obtidos pela aplicação dos questionários, bem como as características do contexto nacional, consolidou-se uma proposta inicial de indicadores para avaliação dos SLR de REEE pelos órgãos ambientais, apresentada na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5 – Proposta inicial de indicadores para avaliação de SLR de REEE

Dimensão	Indicador	Unidade de Medida
Geração	EEE colocados no mercado no ano anterior por categoria de produto	Toneladas
Coleta	REEE coletados em relação aos EEE colocados no mercado por categoria de produto	Adimensional (%)
	REEE coletados por ponto de coleta	Toneladas por ponto de coleta
	REEE coletados pela coleta no domicílio por categoria de produto	Toneladas e unidades
	REEE de origem domiciliar em relação ao total coletado pelo sistema	Adimensional (%)
	REEE coletados per capita	Kg por habitante
	Percentual de atendimento à meta de coleta	Adimensional (%)
Destinação	Materiais (plástico, metal, vidro, placas, etc) resultantes da manufatura reversa em relação aos REEE (balanço de massa)	Adimensional (%)
	REEE destinados à reutilização <sup>1</sup>	
	REEE destinados à reciclagem (total e por material) <sup>1</sup>	
	REEE destinados à destinação final <sup>1</sup>	
	REEE destinados à exportação <sup>1</sup>	
Abrangência	Categorias de REEE abrangidas	Unidades
	Municípios atendidos em relação ao total do país	Adimensional (%)
	Pontos de coleta a cada 10 mil habitantes	Unidades
Representatividade	Percentual do mercado de EEE que as empresas aderentes representam	Adimensional (%)
	Quantidade de empresas fabricantes em relação ao total atuante no mercado	
	Quantidade de empresas importadoras em relação ao total atuante no mercado	
	Quantidade de empresas distribuidoras ou comerciantes em relação ao total atuante no mercado de eletroeletrônicos	
Estratégica	Gestão realizada por entidade gestora específica?	Sim / Não
	Parceria com poder público municipal?	
	Parceria com poder público estadual?	
	Parceria com poder público federal?	
Econômica	Custo total por resíduo coletado	R\$/kg
Ambiental	Gases CFC tratados	Toneladas

Dimensão	Indicador	Unidade de Medida
	Resíduos perigosos tratados (inclui plásticos contendo POP)	Toneladas
	Todas as empresas destinadoras possuem licença ambiental?	Sim / Não
	Quantidade de empresas destinadoras que possuem certificação ISO	Unidades
Comunicação	Anúncios em mídia virtual e impressa	Unidades
	Quantidade de locais abrangidos (lojas, pontos de coleta, pontos de ônibus)	
	Acessos ao site do sistema	

<sup>1</sup>Em relação à quantidade total de REEE coletados

Consideram-se como empresas aderentes as que participam do SLR e, como empresas destinadoras, as contratadas pelo SLR para realizar os processos de destinação dos REEE, tais como, manufatura reversa e reciclagem. As categorias de EEE ou REEE consideradas na Tabela 5 são aquelas utilizadas pelo setor de eletroeletrônicos:

- Linha Branca, que corresponde aos eletrodomésticos de grande porte, tais como refrigeradores, fogões, lava-roupas e aparelhos de ar condicionado.
- Linha Marrom, composta por televisores, aparelhos de DVD e áudio.
- Linha Azul, formada por batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos e furadeiras.
- Linha Verde, que consiste em aparelhos de telefonia móvel, microcomputadores e impressoras.

Cabe esclarecer que os dados necessários para alimentar os indicadores devem ser anuais, de preferência obtidos por meio de relatório elaborado pelos responsáveis pelos SLR ou por meio de um sistema online de coleta de dados, com as devidas comprovações quanto às quantidades destinadas e licenciamento das empresas destinadoras. Complementarmente, é interessante haver um mapa com a localização dos pontos de coleta.

Quanto às dimensões da matriz, três são mais relacionadas ao desempenho do gerenciamento dos resíduos (geração, coleta, destinação) e as demais mais ligadas à arquitetura do sistema e sua interface com outros atores: entes públicos e sociedade. Pode-se observar que o *ecodesign* não foi incluído na matriz, devido à dificuldade de relacionar os SLR com o desenvolvimento dos EEE e devido ao estágio inicial em que se encontra a implementação da logística reversa no país. Visto que a informalidade ainda é grande no gerenciamento dos REEE, para a dimensão ambiental, foram incluídos os indicadores relacionados ao licenciamento ambiental e certificação das empresas destinadoras.

## 5. Conclusões

Ao analisar todas as respostas obtidas, infere-se que os aspectos que constavam em todos os questionários e, no caso daquele direcionado aos especialistas, os exemplos de indicadores apresentados no próprio questionário, podem ter influenciado na escolha dos indicadores elencados. Além disso, poderia ter ajudado na compreensão dos respondentes sobre os objetivos da pesquisa se, em vez de ter submetido os questionários por e-mail, os pesquisadores os tivessem submetido presencialmente ou por telefone. Contudo, a

abrangência geográfica dos sistemas objeto da pesquisa impediu o contato presencial ou mesmo por telefone, mas forneceu um caráter mais amplo e maior representatividade aos resultados obtidos.

De modo geral, observa-se que, apesar de, por um lado, os sistemas europeus e japoneses serem maduros e apresentarem bons resultados e, por outro, seus órgãos ambientais serem instituições atuantes e sólidas, o uso de indicadores para avaliar os SLR de REEE ainda não é uma prática consolidada e não há uniformidade entre os indicadores utilizados.

Quanto à proposta de estabelecimento de uma matriz de indicadores de desempenho para uso dos órgãos ambientais no Brasil, prevê-se uma próxima etapa da pesquisa na qual a mesma seja submetida à validação de especialistas, por meio de método Delphi, de modo a garantir sua confiabilidade e relevância.

## **6. Referências**

Brasil. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (...). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Exec., Brasília, 03 ago. 2010.

Efthymiou, L., Mavragani, A., & Tsagarakis, K. P. (2016). Quantifying the effect of macroeconomic and social factors on illegal e-waste trade. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(8).

European Commission (EC). Development of Guidance on Extended Producer Responsibility (EPR). Final Report. 2014.

\_\_\_\_\_. Diretiva 2012/19/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 04 de julho de 2012, relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). 2012.

Eurostat – Gabinete de Estatísticas da União Europeia. Página da Internet Institucional. Disponível em: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/> Acesso em 10 de outubro. 2017.

Favot, M., Veit, R., & Massarutto, A. (2016). The evolution of the Italian EPR system for the management of household Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Technical and economic performance in the spotlight. *Waste Management*, 56, 431–437.

Fredholm, S. A., Gregory, J. R., & Kirchain, R. E. (2008). Characterizing architectural options for electronic waste recycling systems. *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*.

Gossart, C. StEP Green Paper on e-waste Indicators. 2011.

Mendes, H. M. R., Ruiz, M. S. (2017). Revisão sobre o Cenário Atual da Logística Reversa de Eletroeletrônicos, Lâmpadas, Pilhas e Baterias no Brasil. XX Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Extended Producer Responsibility. A Guidance manual for governments. Paris: 2001.

Ongondo, F. O. Williams, I. D. Cherrett, T. J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste Management*. Vol. 31. Pag. 714 - 730. 2011.

Rodrigues, A. C. Fluxo Domiciliar de Geração e Destinação de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos no Município de São Paulo/SP: Caracterização e Subsídios para Políticas Públicas. Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.

Soeda, S. Linhas Gerais sobre a Reciclagem de REEE no Japão. In: *Implantação do Projeto Descarte ON*. São Paulo. 2016.

Valle, Rogério, Souza, Ricardo Gabbay de. *Logística Reversa: Processo a Processo*. São Paulo: Atlas. p. 11-36, 2014.

Yano, J., & Sakai, S. (2016). Waste prevention indicators and their implications from a life cycle perspective: a review. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 18(1), 38–56.

Yoshida, F., & Yoshida, H. (2014). E-waste Management in Japan: a Focus on Appliance Recycling. *Advanced Materials Research*, 878, 420–423.