

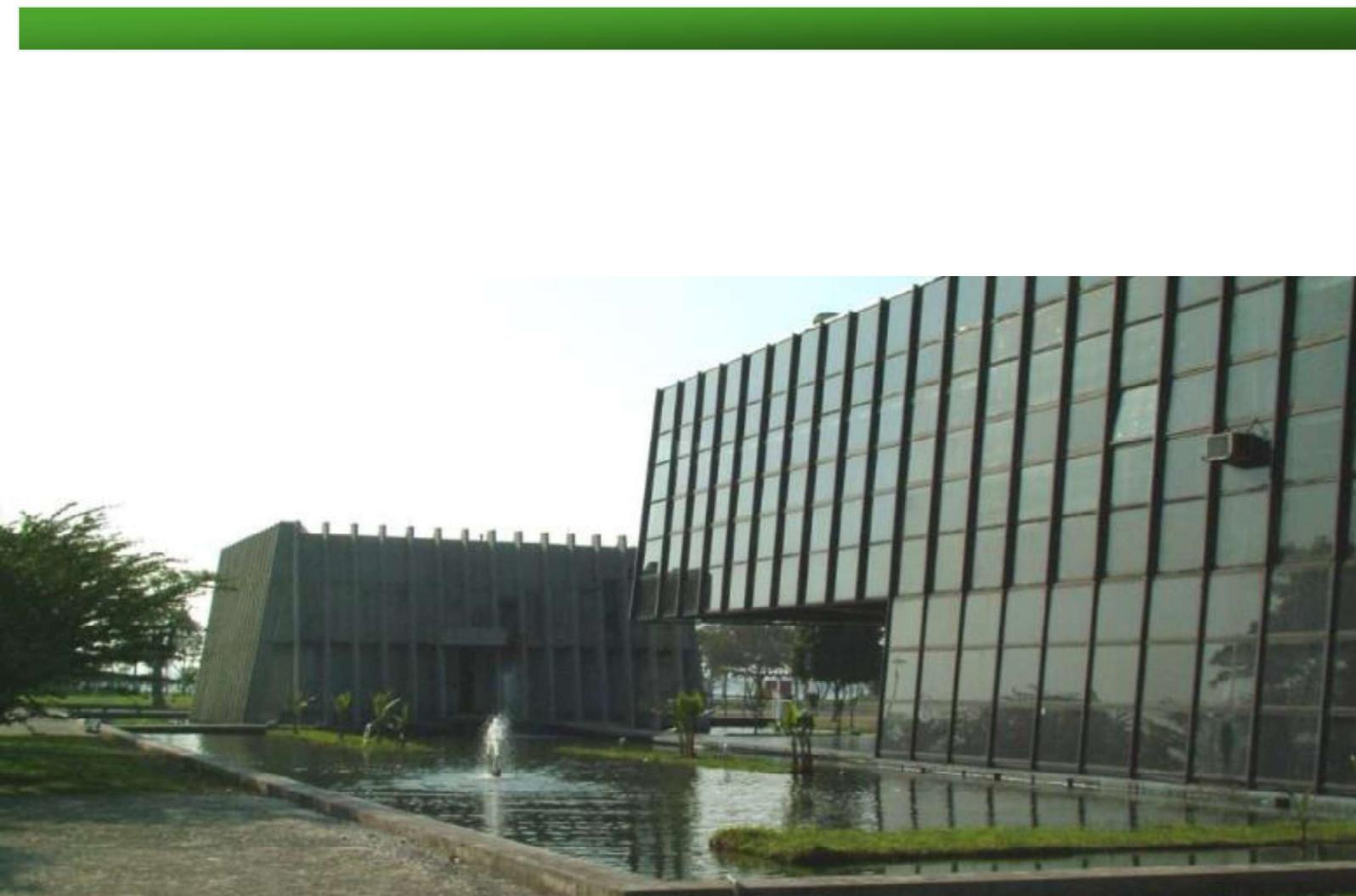
# Grupo de Trabalho RoHS

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

## White Paper

Centro de Tecnologia Mineral – CETEM

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI



**CETEM**  
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

## **CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM**

WHITE PAPER<sup>1</sup>

Documento apresentado em contribuição ao **Grupo de trabalho RoHS**

Departamento de Qualidade Ambiental

Secretaria Nacional de Meio Ambiente Urbano e Qualidade Ambiental

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

Elaborado por:

Lúcia Helena Xavier – Pesquisadora do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM

Coordenadora do Projeto RECUPER3

Luciana Contador, D.Sc. – Bolsista do Programa de Capacitação Institucional CETEM/MCTI

Pesquisadora colaboradora do Projeto RECUPER3

Lúciana Mofati – Doutoranda pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Pesquisadora do Projeto RECUPER3

Emmanuelle Freitas, D.Sc. – Bolsista do Programa de Capacitação Institucional CETEM/MCTI

Pesquisadora colaboradora do Projeto RECUPER3

---

<sup>1</sup> White Paper – Documento governamental de acesso público que apresenta discussões e proposições para buscar solucionar aspectos técnicos específicos baseados ou não em políticas públicas.

## **Documento propositivo para a regulamentação das restrições ao uso de substâncias perigosas em equipamentos eletroeletrônicos comercializados no território nacional – RoHS Brasileira**

### **Resumo**

O documento tem como objetivo apresentar os argumentos para reforçar a importância da adoção dos critérios de restrição para o uso de substâncias perigosas em equipamentos eletroeletrônicos comercializados no território nacional, tendo como base o documento de referência para a elaboração da Resolução CONAMA referente à RoHS brasileira. A abordagem técnica prioriza contribuir com soluções para o estabelecimento dos prazos de adesão coerente com medidas para o desenvolvimento e aprimoramento de novos modelos de negócio sustentáveis baseados na economia circular, focados no estímulo à indústria nacional e com potencial para a redução da dependência de minerais críticos e estratégicos.

### **Introdução**

A crescente geração de resíduos em todo o mundo motivou a elaboração de instrumentos regulamentadores e soluções tecnológicas que tendem a incluir os princípios da economia circular. Em razão da diversidade e complexidade de materiais, algumas tipologias de resíduo exigem mais infraestrutura (física e mão-de-obra), incentivos econômicos e capacidade de rastreabilidade, como é o caso dos resíduos eletroeletrônicos.

A gestão de resíduos eletroeletrônicos é regulamentada no Brasil a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010 e o Decreto nº 10.936/2022) e, em especial, a partir do Decreto nº 10.240 de 2020, que estipula as metas e prazos para o estabelecimento do sistema de logística reversa dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). No intuito de comprovar o atingimento das metas de coleta e destinação dos REEE encontram-se em consolidação mecanismos que possibilitem a rastreabilidade dos sistemas de logística reversa. Tais sistemas se estruturam a partir de modelos coletivos ou individuais de logística reversa, mas ainda com pouca adesão dos agentes envolvidos, a saber, fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. Os operadores (associações e cooperativas, recicladores, entre outros), ainda carecem de mecanismos de incentivo para maior adesão aos sistemas de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos.

Antes mesmo desses instrumentos regulamentadores citados, estados da federação já haviam regulamentado o setor, impulsionados por modelos de negócio já estabelecidos, como é o caso do Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo. Processos de coleta e destinação de REEE antecedem a regulamentação e seguem se multiplicando, especialmente a partir de micro e pequenos empreendimentos (DATARE, 2021<sup>2</sup>).

Cabe ressaltar que há uma demanda pela produção e difusão do conhecimento a respeito da gestão dos REEE no Brasil. Poucos grupos de pesquisa se dedicam à temática, como por exemplo: o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Um tópico que tem suscitado grandes debates e a demanda por pesquisas no setor é o potencial de recuperação de materiais secundários com importância econômica e a ocorrência de substâncias potencialmente perigosas nos REEE.

### **Restrição de substâncias perigosas**

A presença de substâncias como cromo, cádmio, mercúrio e chumbo nos equipamentos eletroeletrônicos foi regulamentada há mais de 20 anos pela Diretiva europeia RoHS que impõe restrições às substâncias perigosas contidas em produtos específicos. Esta ação resultou na negociação entre diferentes setores e exceções foram concedidas ao longo da implementação da Diretiva RoHS, com prazos de adoção variando entre 12 e 24 meses (RoHS, 2024<sup>3</sup>). Países como Coreia, China e Estados Unidos possuem regulamentação própria.

Chumbo e cádmio encontram-se na maioria das ocorrências de pedido de exceções apresentadas para validação por parte dos comitês técnicos. Em 2024 foram apresentados dez pedidos de análise por parte de fabricantes e outros, dos quais apenas seis mantiveram pedido de consideração. Dentre as solicitações estão incluídos, por exemplo, conectores eletrônicos, equipamentos eletromédicos, monitores do tipo CRT, entre outros. Dentre os argumentos técnicos dos especialistas para a manutenção da restrição está a impossibilidade de recebimento de equipamentos contendo tais substâncias na Europa, bem como a possibilidade de substituição.

---

<sup>2</sup> Projeto DATARE, 2021. Centro de Tecnologia Mineral. <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2486>

<sup>3</sup> RoHS, 2024. [https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/rohs-directive/implementation-rohs-directive\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/rohs-directive/implementation-rohs-directive_en)

Toda esta configuração estimula outras nações a aderirem a padrões restritivos quanto à presença de substâncias tóxicas nos produtos. Desta forma, o Grupo de Trabalho baseado na RoHS para a elaboração de uma Resolução CONAMA sobre o tema no Brasil conta com especialistas e partes interessadas que estruturam o documento considerando especificidades locais e regionais.

A versão mais recente da Diretiva é a RoHS 3 (EU Directive 2015/863<sup>4</sup>) que contempla 10 substâncias e 11 categorias. Nessa versão foram incluídas quatro substâncias do grupo dos ftalatos, plastificantes considerados pela lista REACH<sup>5</sup> como substâncias de elevada preocupação (do inglês, *Substances of Very High Concern - SVHC*). Cádmio, cromo hexavalente, chumbo, mercúrio e os ftalatos são classificados como restritos pela lista REACH 2024<sup>6</sup>.

Substância	RoHS 2 (2011)	RoHS 3 (2015)	RoHS brasileira
Cádmio (Cd)	0,01%	0,01%	0,01%
Chumbo (Pb)	0,1%	0,1%	0,1%
Mercúrio (Hg)	0,1%	0,1%	0,1%
Cromo hexavalente (Cr-VI)	0,1%	0,1%	0,1%
Bifenilas polibromadas (PBB)	0,1%	0,1%	0,1%
Éteres difenílicos polibromados (PBDE)	0,1%	0,1%	0,1%
Ftalato de di(2-etil-hexila) (DEHP)	-	0,1%	0,1%
Ftalato de butilbenzila (BBP)	-	0,1%	0,1%
Ftalato de dibutila (DBP)	-	0,1 %	0,1 %
Ftalato di-isobutila (DIBP)	-	0,1 %	0,1 %

Nota: 0,01% ≤ 100 ppm e 0,1% ≤ 1.000 ppm.

Dentre os produtos contemplados na RoHS 3 estão:

- Distribuidores automáticos (Ex.: caixa de autoatendimento bancário e dispenser de bebidas);
- Equipamentos de consumo;
- Ferramentas elétricas e eletrônicas;
- Equipamentos de TI e telecomunicações;
- Grandes eletrodomésticos;
- Equipamentos de iluminação;
- Dispositivos médicos;

<sup>4</sup> RoHS 3, 2015. <https://www.rohsguide.com/rohs3.htm>

<sup>5</sup> REACH. ECHA, 2024. <https://echa.europa.eu/substance-information>

<sup>6</sup> REACH, 2024. <https://www.rohsguide.com/rohs-reach.htm>

- Dispositivos de monitoramento;
- Pequenos eletrodomésticos;
- Brinquedos, equipamentos de lazer e esporte;
- Todos os outros dispositivos eletrônicos.

Estavam em período de exceção para DEHP, BBP, DBP e DIBP os equipamentos eletromédicos, incluindo dispositivos médicos *in vitro*, bem como os instrumentos de monitoramento e controle, incluindo os de uso industrial. Esse período de exceção terminou em agosto de 2023.

Na versão RoHS 3 foi incluída a Categoria 11, abrangendo todos os equipamentos eletroeletrônicos não cobertos pelas outras categorias. Estão incluídos veículos de duas rodas, sistemas eletrônicos de distribuição de nicotina (ENDS), como cigarros eletrônicos, vaporizadores de cannabis e canetas vape. Também estão incluídos cabos elétricos com voltagem de trabalho inferior a 250 V.

### **Balança comercial e a dependência da importação**

De acordo o Artigo 8 da Diretiva RoHS<sup>7</sup>, os importadores são responsáveis por garantir que os produtos colocados no mercado europeu atendam às restrições estabelecidas, bem como devem registrar e informar aos distribuidores os equipamentos eletrônicos que estiverem fora de conformidade. Caso venham a colocar no mercado produtos fora de conformidade, os importadores devem providenciar medidas corretivas que incluem a retirada ou recolha dos produtos do mercado.

De acordo com dados do Comex Stat (Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços - MDIC), O Brasil importa a maior parte dos equipamentos eletroeletrônicos que são consumidos no país. Em 2023 foram importados US\$ 3,3 bilhões em valor FOB, o equivalente a 223 mil toneladas, sendo fornecidos prioritariamente pela China (51%), seguido pelos países: Japão (6%), Estados Unidos (5%), Alemanha (4,8%) e México (4,3%). As importações são realizadas a partir dos principais estados: São Paulo, Amazonas, Santa Catarina, Minas Gerais e Paraná. Como base de comparação, no mesmo período, o país exportou US\$ 850 milhões, o equivalente a 79 mil toneladas, evidenciando o desequilíbrio da balança comercial. O mesmo padrão se verifica, por

---

<sup>7</sup> RoHS, 2011. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0065>

exemplo, no setor mineral com a exportação de commodities e compra de bens manufaturados ou semimanufaturados.

O aumento da demanda por bens minerais para o cumprimento das metas de descarbonização e a transição energética posicionam vários países em condições críticas de dependência da importação desses insumos minerais. Estima-se que os veículos elétricos, símbolo da transição energética na atualidade, demandem seis vezes mais minerais do que os veículos tradicionais, enquanto as usinas eólicas *onshore* necessitem nove vezes mais minerais do que as térmicas a gás (IBRAM, 2024<sup>8</sup>). Cabe enfatizar que a dotação mineral de um país não garante a segurança em relação à adoção de fontes energéticas sustentáveis, uma vez que os processos industriais necessários para a obtenção dos insumos e produtos nem sempre coincidem geograficamente com a disponibilidade das reservas naturais. No Brasil evidencia-se, em muitos setores, uma lacuna importante entre o potencial mineral e a capacidade de produção especializada de bens acabados.

Ao experimentar crises econômicas e motivados por condições de vulnerabilidade, vários setores produtivos inovaram no Brasil e alcançaram possibilidades de mineração urbana, ou seja, recuperação e reinserção de materiais secundários em cadeias produtivas, contribuindo para a utilização sustentável de produtos e materiais a partir do redesenho de produtos e processos. Como exemplo, tem-se a coleta e reciclagem de latinhas de alumínio, que hoje já correspondem à totalidade dos produtos colocados no mercado, o equivalente a quase 400 mil toneladas de alumínio em 2023 (ABAL, 2023<sup>9</sup>). Da mesma forma, cita-se a Nexa Resources, que processa pilhas e baterias portáteis pós-consumo em duas plantas em Minas Gerais e se qualifica como a maior recicladora do país, com processamento de mais de 200 toneladas em 2021 das quais foram recuperadas 36,7 toneladas de zinco e outros metais (Nexa Resources, 2021<sup>10</sup>). As unidades da empresa ainda processam material secundário a partir de rejeito de aciaria.

O potencial para a recuperação de materiais a partir da mineração urbana tem sido explorado por diferentes processos, sendo as frações metálicas recuperadas principalmente por processos

---

<sup>8</sup> IBRAM, 2024. [https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2024/07/Fundamentos\\_para\\_politicas\\_publicas\\_em\\_minerais\\_criticos\\_e\\_estrategicos.pdf](https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2024/07/Fundamentos_para_politicas_publicas_em_minerais_criticos_e_estrategicos.pdf)

<sup>9</sup> ABAL, 2023. <https://abal.org.br/noticia/indice-de-reciclagem-de-latas-de-aluminio-para-bebidas-atinge-marca-recorde-de-100/>

<sup>10</sup> NEXA RESOURCES, 2021. <https://www.nexaresources.com/juiz-de-fora-tem-a-maior-recicladora-de-pilhas-e-baterias-portateis-do-brasil/>

metalúrgicos usuais. De acordo com o Diagnóstico da Mineração Urbana dos Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil (Projeto MINARE, 2023<sup>11</sup>), desenvolvido pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTI), as frações metálicas representam cerca de 60% em peso dos materiais resultantes do processamento dos resíduos eletroeletrônicos. Metais como ouro, cobre, níquel, aço e outros encontram-se aptos para a recuperação e reprocessamento.

Entretanto, aspectos desafiadores se apresentam. A recuperação de cobre, por exemplo, é limitada pela ocorrência de furtos de fios e cabos, bem como pela canibalização de equipamentos. Da mesma forma, a ocorrência de substâncias potencialmente tóxicas nos equipamentos eletroeletrônicos compromete significativamente etapas de coleta, acondicionamento e pré-processamento de produtos que tenham sido desmontados.

Estados como o Rio Grande do Sul e São Paulo possuem regulamentações específicas que caracterizam os REEE como não perigosos (classe II), desde que o produto não tenha sido desmontado. Mas esta definição não é uniforme para todos os estados brasileiros. Desta forma, justifica-se a importância de se estabelecer restrições às substâncias perigosas para que sejam estimulados tanto a consolidação quanto o desenvolvimento de novos modelos de negócio baseados em processos sustentáveis e pautados nos princípios da economia circular.

### **Novos modelos e a economia circular**

A Estratégia Nacional de Economia Circular foi lançada em junho de 2024, por meio do Decreto nº 12.082/2024. Este instrumento institui, entre outras determinações, a redução da dependência de recursos naturais, aumento do ciclo de vida de produtos e materiais, a redução da utilização de recursos e da geração de resíduos por meio da articulação entre as políticas e do tratamento tributário adequado. Adicionalmente, em setembro de 2024 foi instituído, por meio da Portaria GM/MDIC nº 309, o Fórum Nacional de Economia Circular, que será responsável pela elaboração, implementação e monitoramento do Plano Nacional de Economia Circular.

Conforme exemplificado anteriormente, diferentes cadeias produtivas, por motivos sociais, regulatórios ou econômicos, desenvolveram soluções para a recuperação e reprocessamento de materiais secundários. Apesar dos desafios logísticos e tributários (com a incidência de impostos também na comercialização de materiais secundários), a recuperação de materiais ainda enfrenta

---

<sup>11</sup> PROJETO MINARE, 2023. [http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2632/1/Projeto\\_MINARE\\_2023.pdf](http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2632/1/Projeto_MINARE_2023.pdf)

a ocorrência de substâncias tóxicas que compromete os modelos de negócio circulares pelas seguintes razões:

1. **Custo logístico:** aumento do valor do frete de materiais ou substâncias classificadas como Classe I (perigosos);
2. **Risco ocupacional:** a ocorrência de substâncias potencialmente perigosas em valores superiores aos permitidos nos equipamentos eletroeletrônicos exige o estabelecimento de procedimentos seguros para o transporte, acondicionamento, armazenagem e pré-processamento de forma a evitar riscos à saúde humana. A destinação dos REEE de baixo valor agregado é operacionalizada, maior parte das vezes, a partir de agentes informais ou em condição de subsistência. Tais agentes podem desconhecer os riscos envolvidos e ser alvo de contaminação;
3. **Risco ambiental:** em razão da diversidade de materiais que compõem os diferentes produtos e modelos de equipamentos eletroeletrônicos, substâncias potencialmente tóxicas podem ser liberadas ao longo das etapas de gerenciamento dos REEE;
4. **Processo de fiscalização:** a presença de substâncias perigosas nos REEE para além dos padrões permitidos exige maior frequência de ações de fiscalização, onerando o sistema público;
5. **Necessidade de rastreabilidade:** a destinação ambientalmente adequada dos REEE pressupõe a rastreabilidade dos produtos e dos materiais, exigindo sistemas compatíveis de acompanhamento que ainda não se encontram estabelecidos em grau satisfatório de maturidade;
6. **Competição desigual:** os agentes informais, que participam dos sistemas de logística reversa por motivações de subsistência, contribuem para o sistema sem serem remunerados pelo serviço ambiental prestado;
7. **Redução do valor de mercado:** as substâncias perigosas atribuem aos produtos a necessidade de tratamento e inviabiliza, em maior parte das vezes, processos de recuperação dos materiais. Mesmo quando possível tecnicamente, o valor de mercado de frações de materiais contaminados com substâncias perigosas torna os processos inviáveis economicamente;

- 8. Inviabilidade dos modelos de negócio circulares:** a ocorrência de substâncias tóxicas em REEE pode inviabilizar modelos de negócio, em razão dos grandes volumes necessários para a operacionalização de processos de recuperação de materiais de importância econômica.

### Síntese

- As substâncias perigosas são regulamentadas na Europa, China e outros países que também comercializam para o Brasil insumos restritos ou produtos;
- Por já haver adesão às restrições de substâncias perigosas por diferentes países, a oferta de produtos RoHS *compliance* já apresenta preços competitivos no mercado internacional;
- Os prazos de adequação podem ser encurtados em razão da existência de produtos RoHS *compliance* e materiais com potencial de substituição para os materiais perigosos;
- O Brasil possui uma balança comercial negativa quanto à comercialização de eletroeletrônicos, mas que resulta em formação de minas urbanas a partir do pós-consumo – potencial de obtenção de minerais críticos e estratégicos;
- Por ser grande importador, o Brasil possui poder de barganha e pode condicionar a importação de produtos à isenção de substâncias perigosas;
- A ocorrência de concentração de substâncias perigosas em materiais pós-consumo pode inviabilizar técnica e economicamente a consolidação de rotas de circularidade de produtos e materiais;
- A Resolução CONAMA referente à RoHS brasileira pode incentivar os modelos de negócio baseados na economia circular a partir da restrição de substâncias perigosas, movimentando a economia a partir do estabelecimento de negócios sustentáveis.