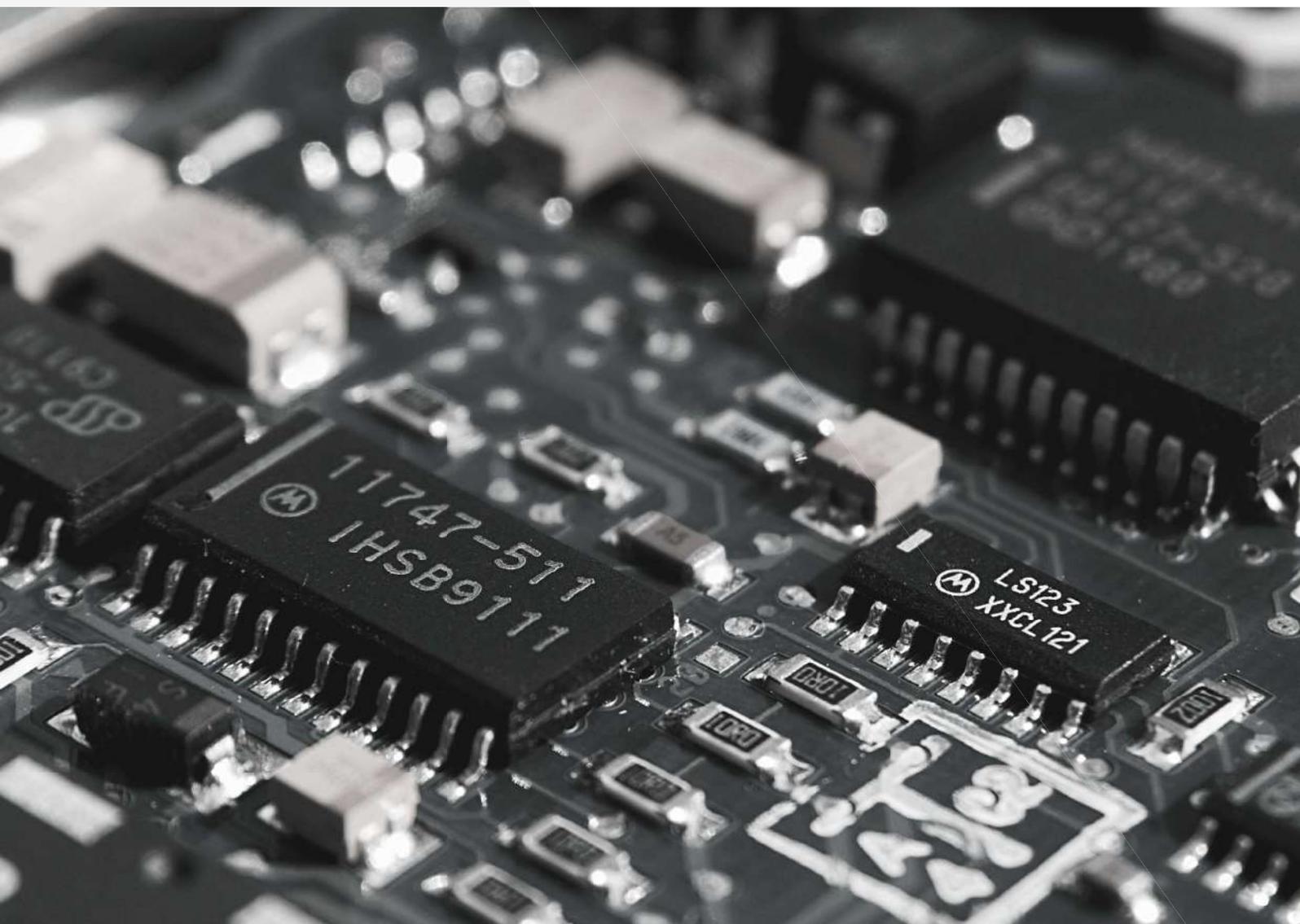


PROJETO DATARE



RELATÓRIO FINAL

NOVEMBRO - 2021



TÍTULO DO PROJETO

DATARE

Projeto CNPq

Nº 400555/2020-4

CAAE: 44800521.2.0000.5268

COORDENAÇÃO

Lúcia Helena Xavier

AUTORES

Lúcia Helena Xavier

Marianna Ottoni

Ricardo Sierpe

DATA DO RELATÓRIO

Outubro / 2021

EQUIPE TÉCNICA

Raíssa André de Araujo

Luciana Contador

Rafaela Rebello

João Coelho Neto

Jéssica Cugula

Leonardo de Abreu

Larissa Freire

Luca Apolônio

Giovanna Novelo

Adriely Lima

COLABORADORES



Associação Brasileira de Reciclagem
de Eletroeletrônicos e
Eletrodomésticos (ABREE)



GM&CLog



Vertas

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

Marcos Cesar Pontes

Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovações

Paulo Alvim

Secretário Executivo SEMPI

Sílvia Cristina Alves França

Diretora do Centro de Tecnologia Mineral - CETEM

Marisa Nascimento

Coordenadora COPMA - CETEM

CONTATOS

Grupo de pesquisa R3MINARE

<https://www.cetem.gov.br/antigo/reminare>

r3minare@cetem.gov.br

CIP – Catalogação na Publicação

P964

Projeto Datare: relatório final – novembro 2021 / Lúcia Helena Xavier (coord.). – Rio de Janeiro : CETEM/MCTI, 2021.

36 p.

ISBN 978-65-5919-057-7.

1. Ciência e tecnologia. 2. Economia circular. I. Xavier, Lúcia Helena. II. Ottoni, Marianna. III. Sierpe, Ricardo IV. Centro de Tecnologia Mineral.

CDD 303.483

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do CETEM/MCTI

Bibliotecário(a) Rosana Silva de Oliveira CRB7 – 5849

ÍNDICE

<u>APRESENTAÇÃO</u>	05
<u>CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM</u>	06
<u>R3MINARE</u>	07
<u>ECONOMIA CIRCULAR</u>	08
<u>RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS - REEE</u>	09
<u>REGULAMENTAÇÃO</u>	11
<u>O PROJETO DATARE</u>	13
<u>PUBLICAÇÕES R3MINARE</u>	14
<u>NOSSA METODOLOGIA</u>	17
<u>EMPRESAS IDENTIFICADAS</u>	18
<u>CNAE</u>	19
<u>PARQUE ECOINDUSTRIAL</u>	20
<u>PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA - PEVs</u>	22
<u>ROTAS PARA A LOGÍSTICA REVERSA</u>	23
<u>CLUSTERIZAÇÃO</u>	24
<u>SIS-DATARE</u>	25
<u>VOLUME COLOCADO NO MERCADO - VCM</u>	27
<u>CONCLUSÃO</u>	34
<u>REFERÊNCIAS</u>	36

APRESENTAÇÃO

A gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) é regulamentada no Brasil pela Lei Federal nº 12.305/2010 (Brasil, 2010a) e Decreto Federal nº 7.404/2010 (Brasil, 2010b), que compõem a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Em fevereiro de 2020 foi publicado o Decreto nº 10.240 (Brasil, 2020), que estabelece as metas e prazos para a coleta e destinação dessa categoria de resíduos no país. Juntos, esses instrumentos regulamentadores possibilitaram a consolidação das diretrizes e motivaram o estabelecimento de novos modelos de negócio para a gestão dos REEE no Brasil.

No entanto, a inexistência de dados sobre as empresas que atuam no segmento, o volume gerado de REEE, bem como a localização e potencial para consolidação do sistema de logística reversa representavam os principais obstáculos para a definição de estratégias e políticas públicas direcionadas.

Em 2020, foi publicada nova edição do Global E-Waste Monitor (Forti et al., 2020), a partir do qual estima-se que a geração per capita de REEE no Brasil equivale a 10,2 kg por habitante, volume que totaliza uma geração de 2,1 milhões de toneladas de REEE em 2019. Sem outro parâmetro que pudesse fornecer a ordem de grandeza desses valores, a equipe R3MINARE propôs uma pesquisa que pudesse trazer luz sobre o tema e, desta forma, permitir uma análise mais aproximada do parque ecoindustrial disponível para a gestão dos REEE, bem como avaliar os indicadores de geração.

Assim nasceu o Projeto DATARE (2021-2020), coordenado pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), com a colaboração de agentes atuantes no segmento. O levantamento do Projeto DATARE alcançou 379 empresas atuando na gestão de REEE no país, das quais 67% encontram-se na região Sudeste, 18,2% na região Sul e apenas 3% na região Norte, evidenciando a desigualdade da distribuição do parque ecoindustrial. Foram colocados no mercado no ano-base de 2018 mais de 1,7 milhão de toneladas de equipamentos eletroeletrônicos, representando cerca de 6,7 kg por habitante ano para a avaliação realizada a partir dos valores identificados para 45% dos equipamentos listados no decreto como objeto da implantação do sistema de logística reversa.

Os resultados alcançados evidenciam tanto os desafios como o potencial da circularidade na gestão de resíduos eletroeletrônicos no país e podem vir a contribuir com a consolidação de sistemas integrados, simbióticos e alinhados às melhores práticas.



CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM

O CETEM é único centro de pesquisa público dedicado exclusivamente à tecnologia mineral, visando inovar e desenvolver tecnologia para o setor minero-metalúrgico.

Os principais temas de pesquisa no CETEM estão voltados para caracterização química, mineralógica e tecnológica, processamento mineral, processos metalúrgicos extrativos voltados para rochas, minérios e minerais industriais, além do desenvolvimento e aplicação de tecnologias ambientais.

Em números:



43 anos



21 laboratórios



4 usinas-piloto



Biblioteca



60 mil m² / 21 mil m² construídos



324 colaboradores



90% pesquisadores doutores

43 anos

O **CETEM** atua há 43 anos como o único centro de pesquisa público dedicado exclusivamente à tecnologia mineral no Brasil



R3MINARE

O grupo de pesquisa do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTIC) surgiu da iniciativa de estudos aplicados à Mineração Urbana de Resíduos Equipamentos Eletroeletrônicos a partir meados de 2017.

O R3MINARE traz como objetivos contribuir, dentro das premissas da Economia Circular, com pesquisas no campo científico-tecnológico e desenvolvimento de projetos voltados para Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos, com o propósito de identificar o potencial de recuperação e reinserção de matéria-prima secundária e materiais críticos na cadeia produtiva.

As pesquisas realizadas pelo R3MINARE relacionam-se aos seguintes eixos temáticos:



Economia Circular



Gestão Inteligente de REEE



Mineração Urbana de REEE



Soluções em Logística Reversa de REEE



Indústria 4.0

2017

O grupo de pesquisa **R3MINARE/CETEM** atua desde 2017 com estudos voltados para mineração urbana de REEE



A Economia Circular corresponde a um modelo integrado, restaurativo e regenerativo voltado aos sistemas antrópicos. Essa abordagem inclui a redução ou eliminação do desperdício por meio de ciclos otimizados de produtos, componentes, materiais e serviços, mantendo-os em sua mais alta utilidade e valor, como “nutrientes” para os ciclos técnico e biológico. Uma economia circular bem-sucedida contribui para todas as três dimensões do desenvolvimento sustentável (Korhonen et al., 2018).

Estratégias de valorização de REEE

REPENSAR: Reestruturar processos produtivos e formas de consumir.

REDUZIR: Reduzir os volumes descartados ou processos de fabricação mais eficientes, que utilizem menos recursos naturais e materiais.

LOGÍSTICA REVERSA: Sistema de coleta e restituição de produtos eletroeletrônicos descartados pelos consumidores e destinados de forma ambientalmente correta, conforme requisitos legais.

REUSO: Solução para o aumento da vida útil dos produtos eletroeletrônicos.

MANUFATURA REVERSA: Processos de transformação dos resíduos eletroeletrônicos em partes e peças, insumos ou matérias-primas, sem a obtenção de novos produtos.

RECONDICIONAMENTO: Processo de manutenção para aumento da vida útil dos produtos.

REMANUFATURA: Uso de partes e componentes funcionais de produtos descartados para futuros processos de acondicionamento em um novos produtos.

RECICLAGEM: Transformação físico-química dos materiais originais a partir dos resíduos para recuperação de materiais e elementos neles contidos.



RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS - REEE



Equipamentos cujo funcionamento depende de correntes elétricas com tensão nominal de, no máximo, duzentos e quarenta volts.

8 Categorias de REEE:

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1 Eletrodomésticos
Geladeira, fogão | 5 Fios & Cabos |
| 2 Eletroportáteis
Liquidificador, ventilador | 6 Pilhas & Baterias |
| 3 Monitores
LCD, plasma, CRT | 7 Iluminação |
| 4 IT & Telecomunicações
Celular, computador, mouse | 8 Painéis Fotovoltaicos |

Ciclo de vida dos eletroeletrônicos



Cadeia de recuperação de valor dos REEE



FIM DE VIDA ÚTIL

O produto fica obsoleto ou sofre algum dano, sendo descartado pelo consumidor



COLETA

Os produtos eletroeletrônicos pós-consumo podem ser descartados nos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), campanhas ou coletados pelos sistemas de coleta de resíduos municipais



TRIAGEM

Os REEE são encaminhados para triagem dentro das organizações atuantes na logística reversa, onde são separados por tipologias para seguirem para as linhas de tratamento e recuperação de valor

TRATAMENTO / RECUPERAÇÃO DE VALOR

Existem diferentes técnicas da metalurgia que realizam o tratamento e recuperação de valor dos REEE. Destas, três grandes grupos podem ser destacados: (1) Pirometalurgia; (2) Hidrometalurgia; (3) Biohidrometalurgia.

PIROMETALURGIA



HIDROMETALURGIA

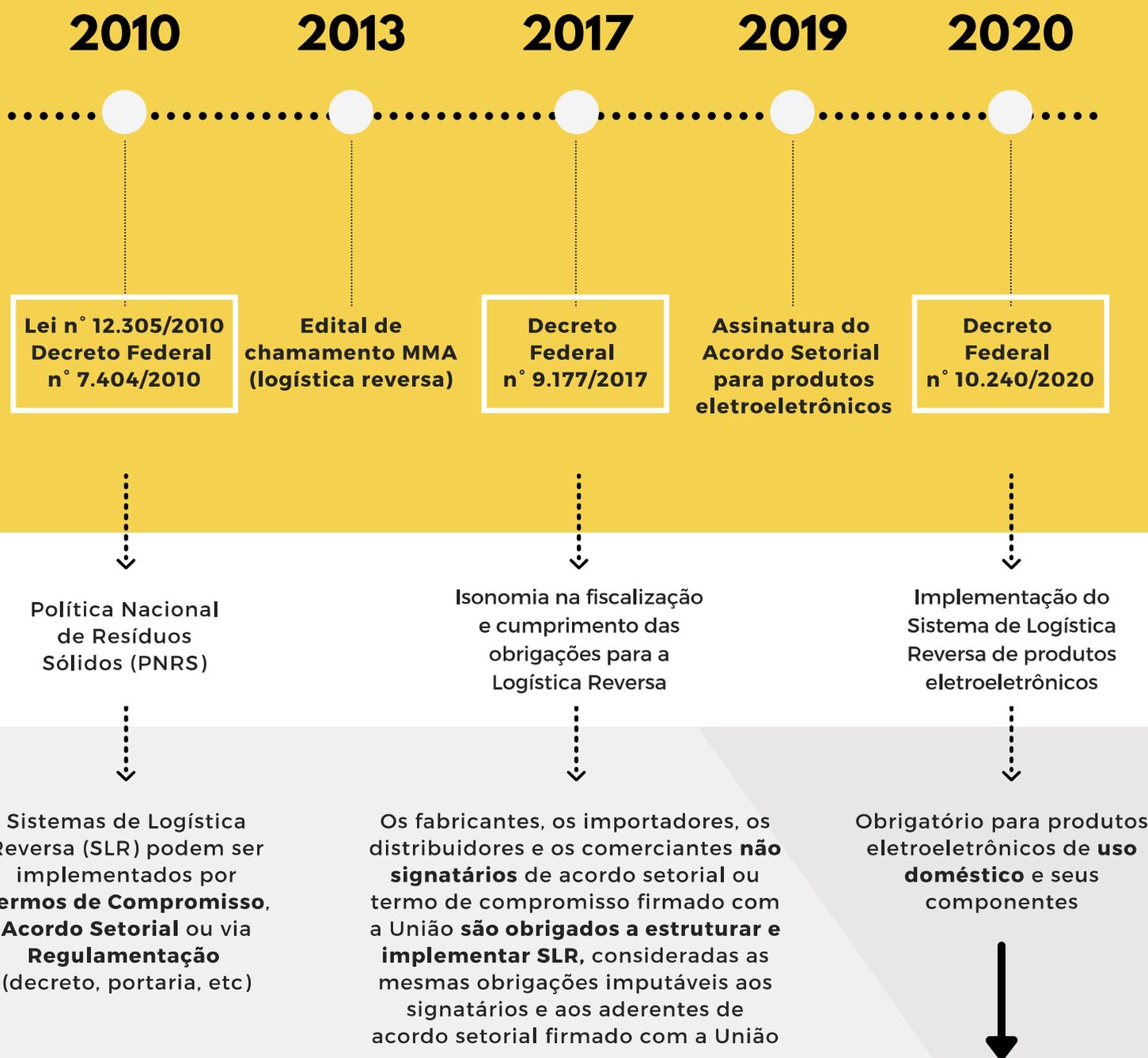


BIOHIDROMETALURGIA



REGULAMENTAÇÃO

11



Percentual a ser coletado e destinado a cada ano pelo SLR

ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
2021	2022	2023	2024	2025
1%	3%	6%	12%	17%

INSTRUÇÕES NORMATIVAS DO IBAMA

Duas instruções normativas (IN) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) podem se aplicar à gestão de resíduos eletrônicos. A IN nº 01/2013 sobre a regulamentação do Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos (CNORP) e a IN nº 08/2021 que regulamenta o Artigo 8 do Decreto nº 10.240/2020 a respeito da obrigatoriedade de emissão de Autorização Ambiental para Transporte de Produtos Perigosos para o transporte interestadual dos produtos eletroeletrônicos descartados e dos resíduos eletroeletrônicos. Esta última recorre aos requisitos da implantação do Sistema Nacional de Transporte de Produtos Perigosos (SNTPP) regulamentada pela Resolução nº 5.947/2021.

Desta forma, o SNTPP estabelecido em 2013, em atendimento à Lei Complementar nº 140/2011 que atribui ao IBAMA o controle ambiental do transporte marítimo e terrestre interestadual de produtos perigosos, substitui a IN nº 05/2012.

IN 01/2013

Regulamenta o Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos (CNORP), e define os procedimentos relacionados à prestação de informações sobre resíduos sólidos, inclusive os rejeitos e os considerados perigosos. São definidas as 19 atividades geradoras, bem como as categorias de transporte, armazenagem e destinadores. Dentre as atividades encontra-se definida a Categoria 5 que especifica como indústria de material elétrico, eletrônico e comunicações a fabricação de (código 5-1) pilhas, baterias, (código 5-2) material elétrico, eletrônico e equipamentos para telecomunicação e informática, e (código 5-3) fabricação de aparelhos elétricos e eletrodomésticos.

IN 08/2021

Regulamenta o Artigo 8 do Decreto nº 10.240/2020, estabelecendo que quando o transporte for de componentes classificados como perigosos ou de rejeitos perigosos torna-se obrigatória a inscrição do transportador no Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos (CNORP). O gerador ou operador de resíduos perigosos deve realizar a inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e ou Utilizadoras de Recursos Ambientais CTF-APP em conformidade com as Fichas Técnicas de Enquadramento (FTEs),



Em linhas gerais

O projeto DATARE tem como objetivo o levantamento do conjunto de empresas que atuam na reciclagem de eletroeletrônicos (REEE) no Brasil, de produtos eletroeletrônicos em âmbito nacional.

A partir da identificação das empresas, seguiu-se para a análise de suas particularidades, considerando-se o segmento de atuação, a geolocalização, bem como a capacidade produtiva, infraestrutura e atendimento aos requisitos legais. As empresas mapeadas foram organizadas no SIS-DATARE, o banco de dados desenvolvido para o projeto.

O estudo avançou para a identificação do volume de equipamentos eletroeletrônicos colocado no mercado (VCM) a partir do ano-base 2018, utilizado no Decreto Federal nº 10.240/2020 para a implementação do sistema de logística reversa dos eletroeletrônicos no país.

DURAÇÃO:

Jan/2020-Out/2021

CUSTO:

R\$ 139.600,00

RESPONSÁVEL:

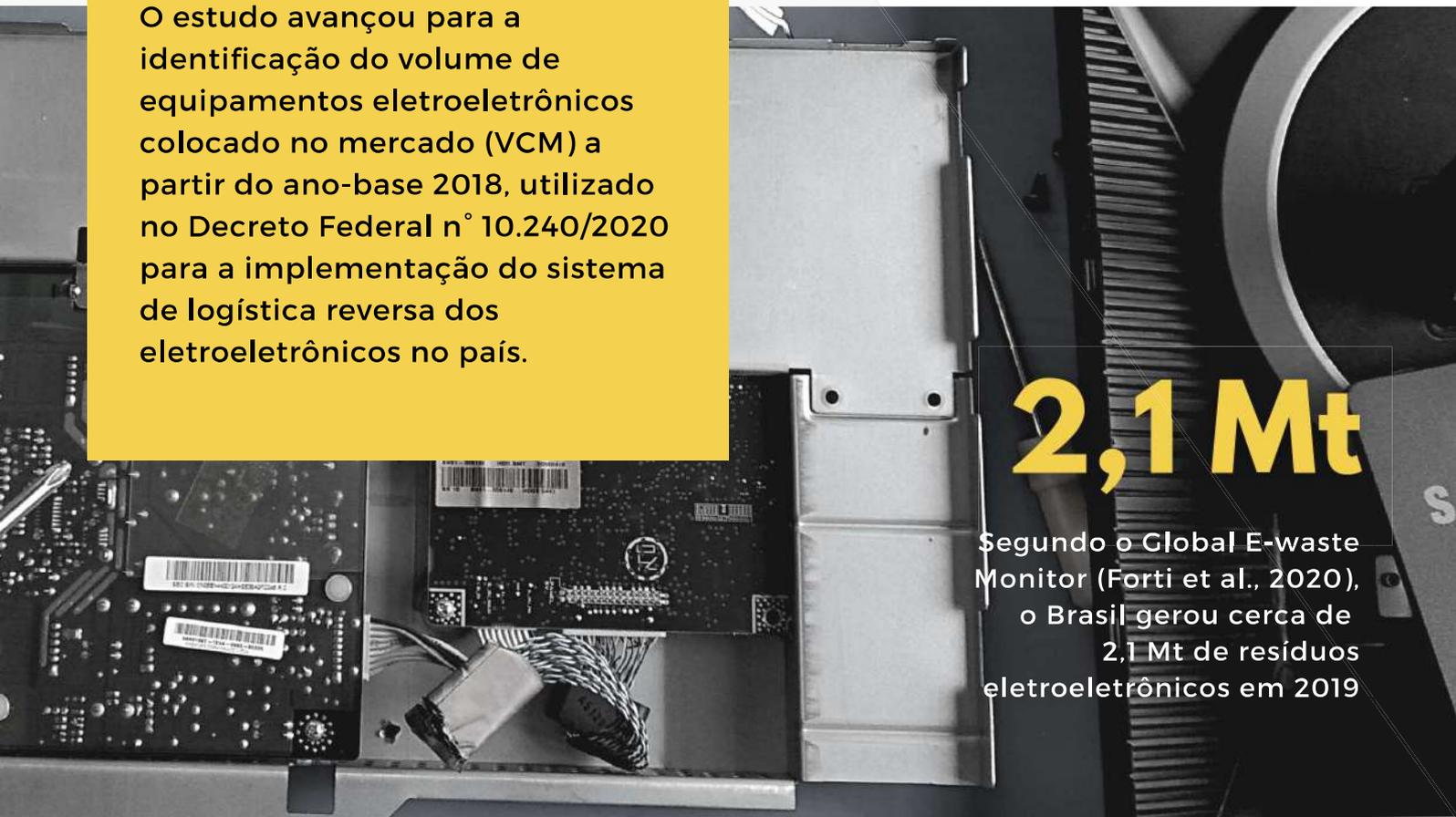
Centro de Tecnologia Mineral
CETEM/MCTI

FOCO:

Mineração urbana e logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil

PRINCIPAIS RESULTADOS:

Identificação, **geolocalização e análise das empresas** que realizam a gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil em atendimento aos requisitos legais, desenvolvimento do banco de dados **SIS-DATARE**, bem como o cálculo do **volume colocado no mercado** em 2018. O projeto resultou em mais de 20 publicações científicas em formato de artigos, e-books, livro e manuais



2,1 Mt

Segundo o Global E-waste Monitor (Forti et al., 2020), o Brasil gerou cerca de 2,1 Mt de resíduos eletroeletrônicos em 2019

Artigos

Xavier, L.H., Ottoni, M., Lepawsky, J., 2021. Circular economy and e-waste management in the Americas: Brazilian and Canadian frameworks. *Journal of Cleaner Production* 297, 15 May 2021, 126570. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126570>

Ottoni, M., Dias, P., Xavier, L.H., 2020. A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Cleaner Production* 261, 120990. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120990>

Xavier, L.H., Novais, M.P., Ottoni, M., Nascimento, H., 2021. Clustering Analysis of E-Waste Management in BRICS and G7 Countries. *EnvirolInfo 2021 Berlin, Germany*.

Apolonio, L., Xavier, L.H., Ottoni, M., Araujo, R.A., Giese, E.C., 2021. E-Waste collection in the reverse logistics systems and case study in Rio de Janeiro, RJ, Brazil. 2021 IEEE 2nd SUSTAINABLE CITIES LATIN AMERICA CONFERENCE (SCLA 2021), Medellin, Colombia.

Novais, M. P., Xavier, V.A., Xavier, L.H., Junseok, H., 2021. Modeling e-waste management data in smart cities, 2021 IEEE 2nd SUSTAINABLE CITIES LATIN AMERICA CONFERENCE (SCLA 2021), Medellin, Colombia.

Araujo, R., Cugula, J., Apolonio, L., Ottoni, M., Xavier, L.H., 2020. Spatial distribution analysis of e-waste voluntary delivery points (VDP) by Green eletron manager in São Paulo city (SP, Brazil), 5th Symposium on Urban Mining and Circular Economy, Venice, Italy.

Araujo, R.A., Ottoni, M., Xavier, L.H., 2020. Analysis of e-waste Voluntary Delivery Points (VDP) location in the city of Rio de Janeiro, Brazil. 5th Symposium on Urban Mining and Circular Economy, Venice, Italy.

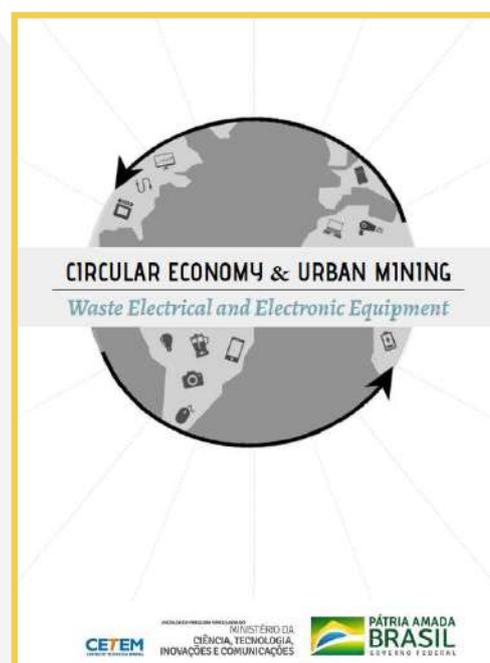
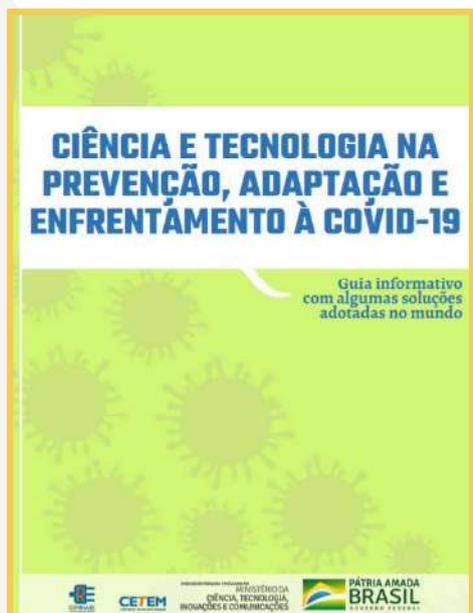
Cugula, J.S., Apolonio, L., Araujo, R., Ottoni, M., Xavier, L.H., 2020. E-waste hotspots and best routes analysis for reverse logistics in the city of São Paulo, Brazil. 5th Symposium on Urban Mining and Circular Economy, Venice, Italy.

Ottoni, M., Araujo, R., Xavier, L.H., 2020. Quantificação de pontos de entrega voluntária (PEVs) de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) na cidade do Rio de Janeiro. XI Forum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre, RS. <https://institutoventuri.org/ojs/index.php/FIRS/issue/view/11firs>

Araujo, R., Cugula, J., Apolonio, L., Gomes, C.F., Ottoni, M., Xavier, L.H., 2020. ALOCAÇÃO DE PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO POR MEIO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO EM SIG. XI Forum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre, RS. <https://institutoventuri.org/ojs/index.php/FIRS/issue/view/11firs>

Araujo, R., Ottoni, M., Xavier, L.H., 2020. PANORAMA DAS COOPERATIVAS DE CATADORES ATUANTES NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO SEGMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS. Forum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre, RS. <https://institutoventuri.org/ojs/index.php/FIRS/issue/view/11firs>

E-books e Manuais



Os e-books são de acesso gratuito e podem ser baixados diretamente no site do CETEM:

<https://www.cetem.gov.br/antigo/livros?start=50>

Vídeos

Resíduos Eletrônicos no Brasil



R3MINARE e a COVID-19



3º IEWD - Parte 1



3º IEWD - Parte 2



3º IEWD - Parte 3



Retos y Oportunidades de las Universidades y Centros de Investigación



Para mais informações e outros materiais gratuitos, basta acessar nossa página web:

<https://www.cetem.gov.br/antigo/reminare>

NOSSA METODOLOGIA



1 Identificar empresas

As empresas atuantes na cadeia dos REEE foram identificadas a partir de pesquisa extensa em mecanismos de busca e indicação de stakeholders

2 Verificar habilitação

A habilitação das empresas identificadas foi verificada a partir da análise dos documentos oficiais públicos que comprovem sua capacidade e licença para operar na área (CNPJ, CNAEs, licenças ambientais, auto de vistoria do corpo de bombeiros, etc)

3 Identificar fluxos

A Identificação dos fluxos materiais, processos produtivos e práticas gerenciais dessas organizações foi realizada a partir do envio de formulário online às empresas identificadas

4 Mapeamento de empresas

As empresas identificadas foram mapeadas no software ArcGIS para análise espacial

5 Banco de dados: SIS-DATARE

O SIS-DATARE foi desenvolvido como um banco de dados para armazenar as informações levantadas sobre as empresas

6 Análise de PEVs

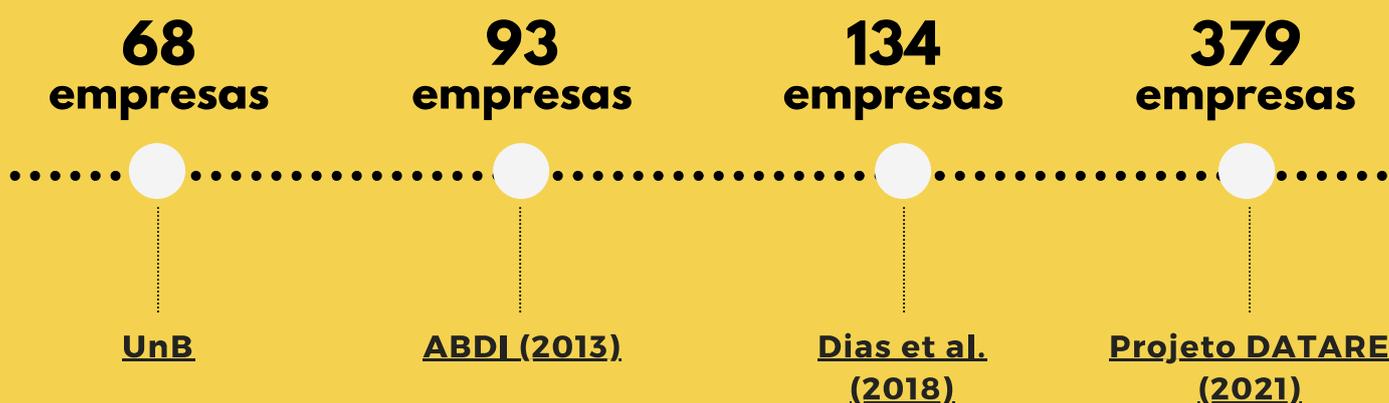
A análise espacial no Projeto DATARE se estendeu para a distribuição atual e ideal de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) de REEE

7 VCM

O Volume Colocado no Mercado (VCM) em 2018 foi calculado com base nos valores de exportação, importação e produção de eletroeletrônicos no Brasil

EMPRESAS IDENTIFICADAS

Empresas atuantes na cadeia dos REEE no Brasil



Levantamento DATARE

TIPOS DE ORGANIZAÇÕES:

379 Empresas

43 Cooperativas e associações

5 ONGs e 12 CRCs

DADOS GERAIS DAS EMPRESAS:

230 matriz - 61%

149 filial - 39%

66 com apenas CNAE 1º - 17%

Capital social médio: R\$ 500 mil

CNAEs primários: 91

CNAEs secundários: 90

Do total de CNAEs identificados no levantamento do projeto DATARE, 24% foram categorizados como **CNAEs únicos**, ou seja, 91 CNAEs primários para as 379 empresas.

Ainda foram identificados **CNAEs singulares**, aqueles que são atribuídos à uma única empresa, como:

- Comércio varejista de artigos de joalheria (4783101)
- Atividades de agenciamento marítimo (5232000)
- Fabricação de periféricos para equipamentos de informática (2622100)

379

empresas foram identificadas e analisadas segundo critérios selecionados pelo Projeto DATARE

CNAE

A partir de um conjunto de mais de 560 empresas identificadas foram excluídas aquelas com CNPJ inativo, as que não possuíam **Código Nacional de Atividade Econômica (CNAE)** equivalente ao segmento pretendido pela pesquisa, bem como cooperativas, CRCs e ONGs. A identificação de um total de 379 empresas não consiste em levantamento exaustivo do **parque ecoindustrial nacional** e, da mesma forma, não qualifica as empresas como aptas tecnicamente a atuar no segmento.

Ainda assim, esta pesquisa sugere quesitos para a qualificação técnica conforme estabelecido no Artigo 13 do Decreto nº 10.240/2020, como:

- (i) licenciamento ambiental,
- (ii) habilitação por empresas ou entidades gestoras, e
- (iii) atendimento às normas ABNT NBR 16.156:2013 e ABNT NBR 15.833:2018. Lembrando que os critérios operacionais encontram-se estabelecidos no Manual Operacional Básico.



Os códigos CNAE variam significativamente para algumas empresas de uma mesma área de atuação e nem sempre refletem a atuação da empresa na gestão de resíduos eletrônicos.

Este aspecto denota a possibilidade de se reavaliar a disponibilidade de códigos que reflitam as áreas de atuação e, da mesma forma, possibilite especificar as diferentes soluções para a gestão dos REEE no país, auxiliando inclusive a elaboração de instrumentos regulamentadores e políticas de incentivo a partir do diagnóstico da atuação das empresas de reciclagem.

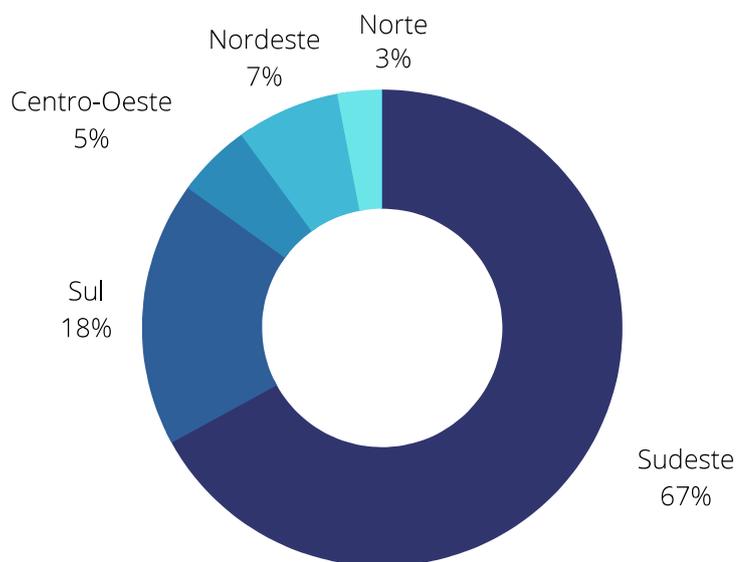
Alguns dos códigos CNAE observados com maior incidência entre as empresas analisadas:

- 811400** - Coleta de resíduos não-perigosos
- 4930202** - Transporte rodoviário de carga, exceto produtos perigosos e mudanças, intermunicipal, interestadual e internacional
- 5211799** - Depósitos de mercadorias para terceiros, exceto armazéns gerais e guarda-móveis
- 3821100** - Tratamento e disposição de resíduos não-perigosos
- 3822000** - Tratamento e disposição de resíduos perigosos
- 3831901** - Recuperação de sucatas de alumínio
- 3831999** - Recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio
- 3832700** - Recuperação de materiais plásticos
- 3839499** - Recuperação de materiais não especificados anteriormente

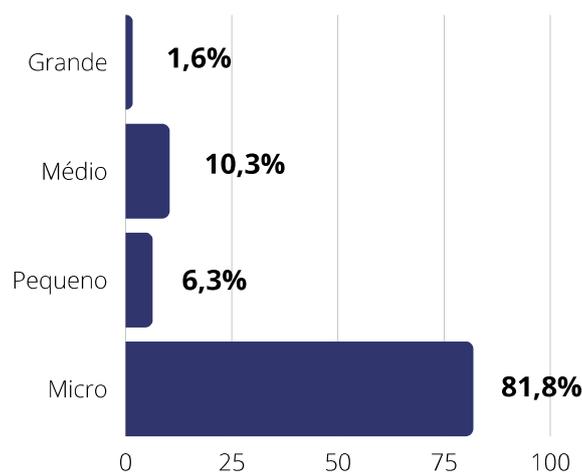
PARQUE ECOINDUSTRIAL

Uma amostra das empresas que compõem o parque ecoindustrial de recuperação de valor a partir dos REEE no Brasil foi levantada no Projeto DATARE. A distribuição geoespacial das empresas recicladoras no território nacional evidenciam sua concentração na **região Sudeste (67%)**, coincidindo com o maior potencial de geração de resíduos eletroeletrônicos.

LOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS



PORTE DAS EMPRESAS



PORTE DAS EMPRESAS IDENTIFICADAS CONFORME CATEGORIZAÇÃO DO BNDES

MICRO - Até 360 mil reais

PEQUENO - Até 4,8 milhões de reais

MÉDIO - Mais de 4,8 milhões de reais

Lorene, GRI Koleta, Essencis, Cobremax, Indústria Fox, Umicore, Re-Teck, Metalúrgica Barra do Piraí, Harsco, Silcon, Geodis

GRANDE - Mais que 300 milhões de reais

Stericycle e Flextronics

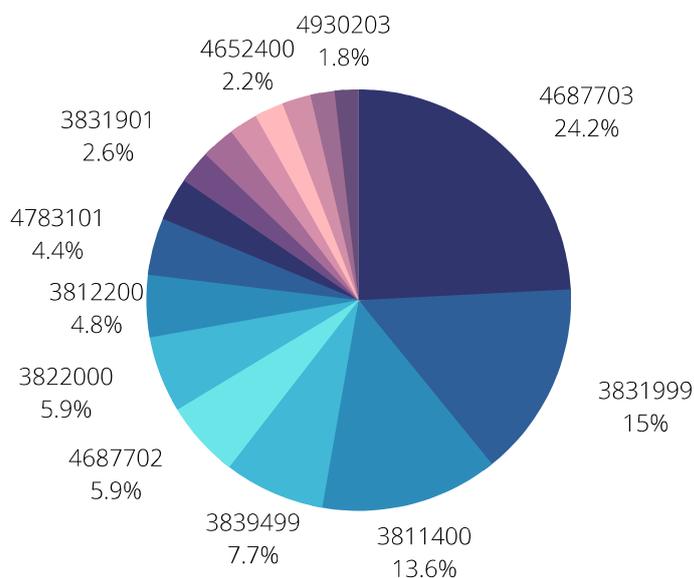
* As empresas de grande porte são empresas produtoras que também atuam em reparo, remanufatura ou processam material secundário.

PARQUE ECOINDUSTRIAL

Os códigos CNAE atribuídos às empresas que atuam na gestão de resíduos eletrônicos no país pode ser um importante indicador sobre o escopo de atuação e prioridade das atividades nesse seguimento. Foi verificada a atribuição de 1.279 códigos CNAE para as 379 empresas identificadas como atuando na gestão de REEE, representando uma média de 3,4 códigos por empresa. Desses códigos, 207 representavam códigos únicos distribuídos entre CNAE primário e secundário. A frequência de códigos mais frequentes para as empresas analisadas são apresentadas a seguir. Verifica-se que o comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicos prevalece em relação aos demais e que a maioria possui um código específico, evidenciando a diversidade de CNAEs primários.

ANÁLISE DOS 15 CÓDIGOS CNAE PRIMÁRIOS COM MAIOR INCIDÊNCIA

CNAE	Freq.	Descrição
4687703	66	Comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicos
3831999	41	Recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio
3811400	37	Coleta de resíduos não perigosos
3839499	21	Recuperação de materiais não especificados anteriormente
4687702	16	Comércio atacadista de resíduos e sucatas não metálicos, exceto de papel e papelão
3822000	16	Recuperação de sucatas de alumínio
3812200	13	Coleta de resíduos perigosos
4783101	12	Comércio varejista de artigos de joalheria
3832700	9	Recuperação de materiais plásticos
3831901	7	Recuperação de sucatas de alumínio
4930202	7	Transporte rodoviário de cargas, exceto de produtos perigosos, intermunicipal, interestadual e internacional
4687701	6	Comércio atacadista de resíduos de papel e papelão
4652400	6	Comércio atacadista de componentes eletrônicos e equipamentos de telefonia e comunicação
4751201	6	Comércio varejista de equipamentos e materiais de informática
3821100	5	Tratamento e disposição de resíduos não perigosos
4930203	5	Transporte rodoviário de produtos perigosos



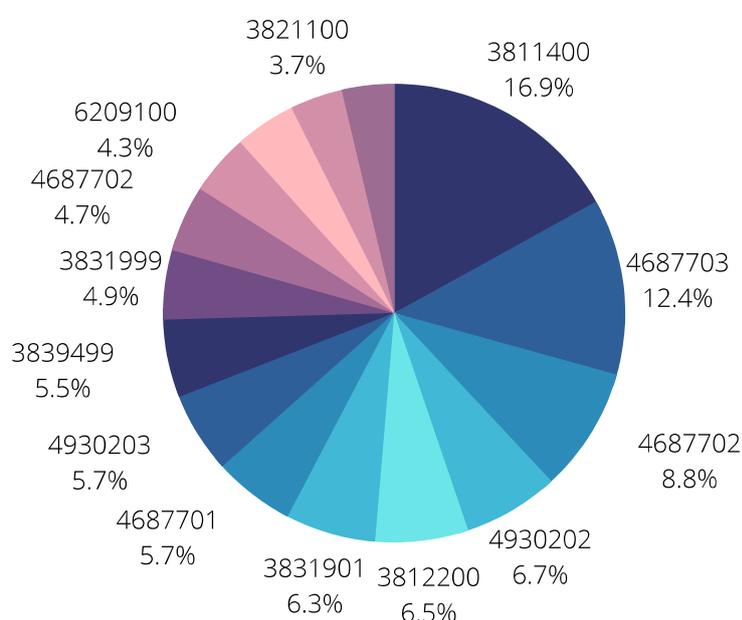
PARQUE ECOINDUSTRIAL

A análise dos CNAE para a totalidade dos códigos primários e secundários confirma a ocorrência dos códigos relativos à coleta de resíduos perigosos e não perigosos, o comércio atacadistas de resíduos e sucatas metálicas e não metálicas como prioritários. Diferente da análise dos códigos primários, nesta análise o código relativo ao transporte rodoviário de cargas, exceto produtos perigosos é elevado à quarta posição, com 33 ocorrências, o que não é verificado para o CNAE primário.

Por outro lado, a distribuição dos demais códigos mostra-se relativamente uniforme.

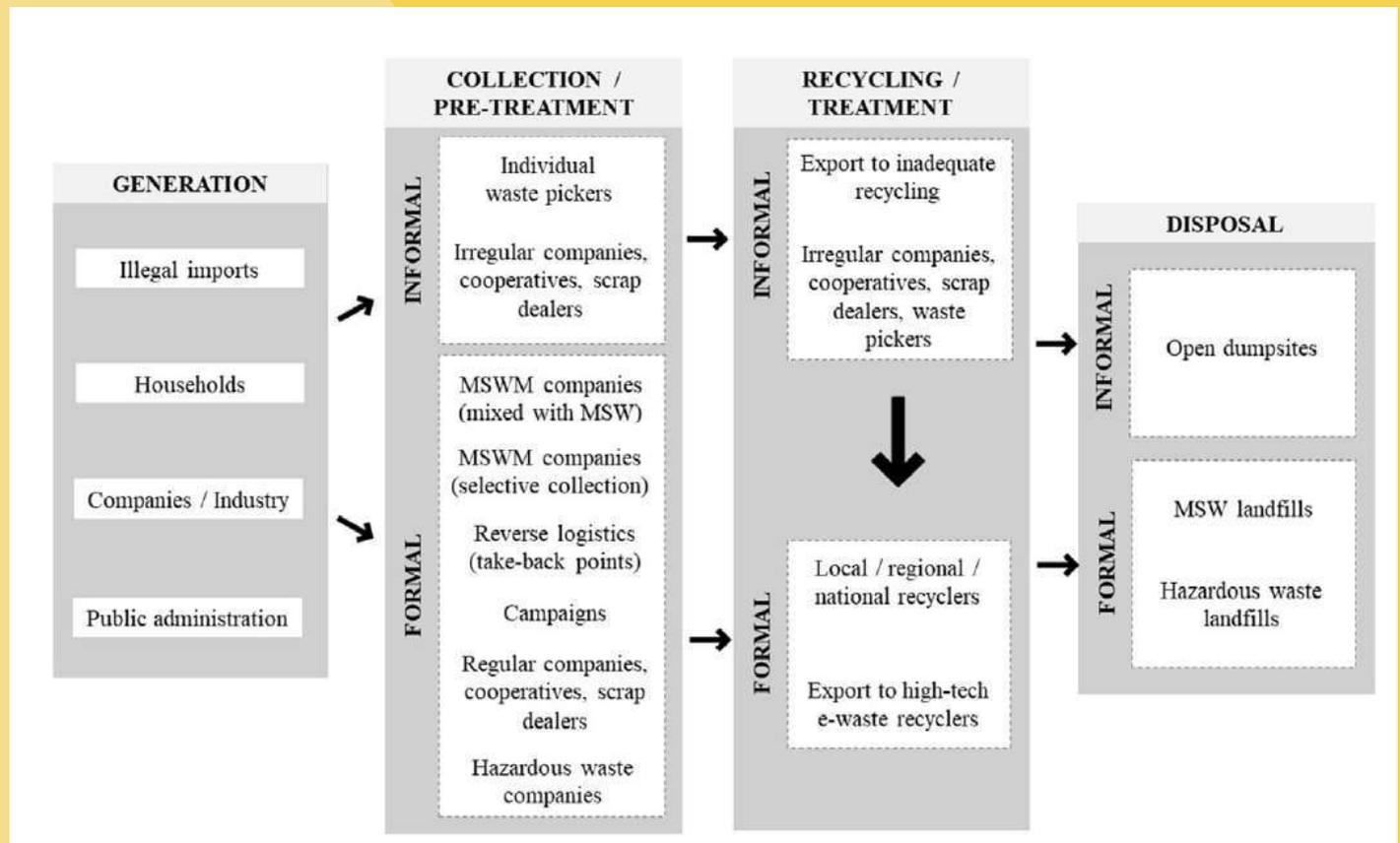
ANÁLISE DOS 15 CÓDIGOS CNAE COM MAIOR INCIDÊNCIA PARA O CONJUNTO DE CNAES PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS

CNAE	Freq.	Descrição
3811400	83	Coleta de resíduos não perigosos
4687703	61	Comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicos
4687702	43	Comércio atacadista de resíduos e sucatas não-metálicos, exceto de papel e papelão
4930202	33	Transporte rodoviário de carga, exceto produtos perigosos e mudanças, intermunicipal, interestadual e internacional
3812200	32	Coleta de resíduos perigosos
3831901	31	Recuperação de sucatas de alumínio
4687701	28	Comércio atacadista de resíduos de papel e papelão
4930203	28	Transporte rodoviário de produtos perigosos
3839499	27	Recuperação de materiais não especificados anteriormente
3831999	24	Recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio
4687702	23	Comércio atacadista de resíduos e sucatas não metálicos, exceto de papel e papelão
6209100	21	Suporte técnico, manutenção e outros serviços em tecnologia da informação
4930201	21	Transporte rodoviário de carga, exceto produtos perigosos e mudanças, municipal
3821100	18	Tratamento e disposição de resíduos não perigosos
7020400	18	Atividades de consultoria em gestão empresarial, exceto consultoria técnica específica



FLUXO DE REEE

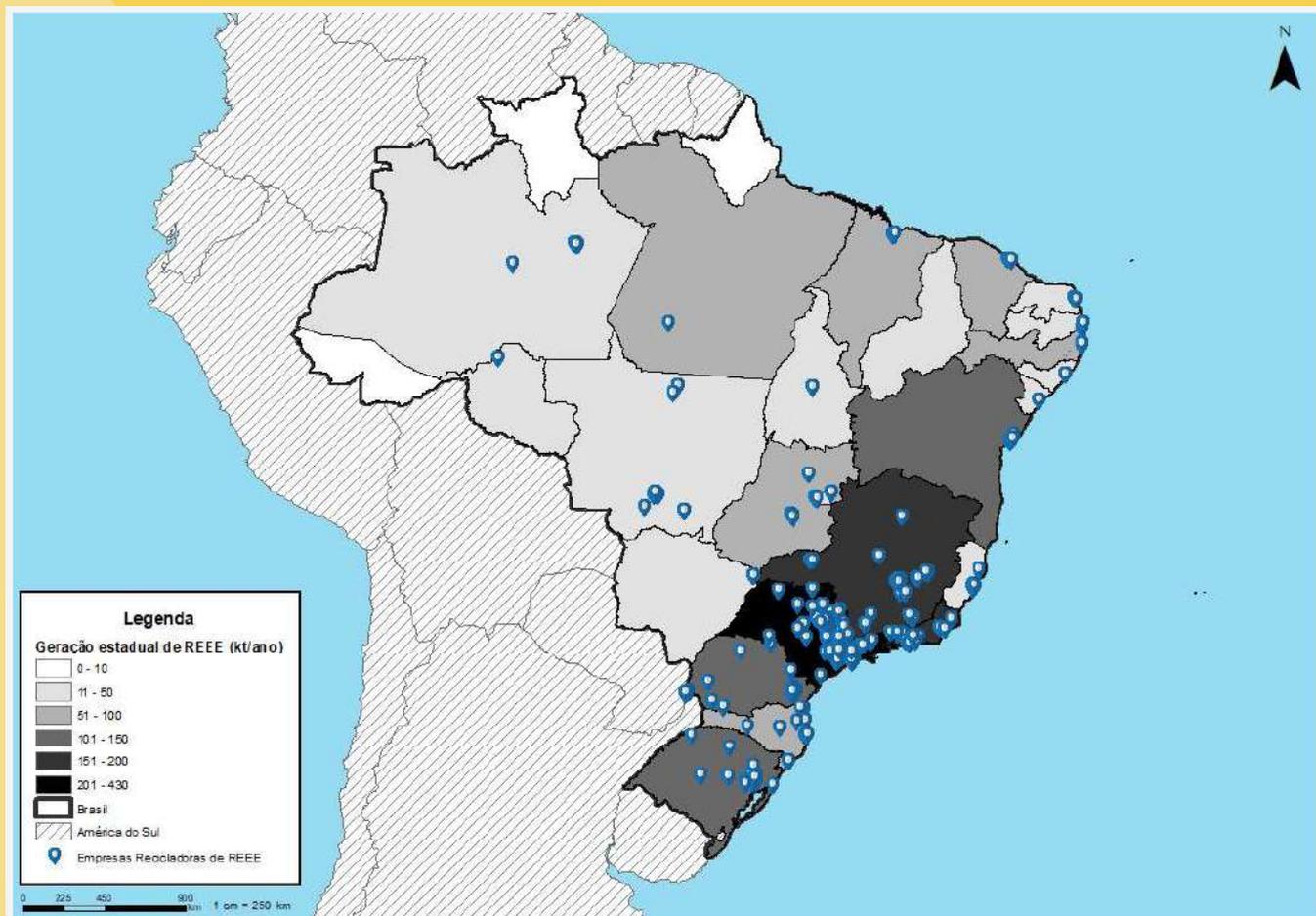
Otoni and Xavier (2019) show that a huge portion of Brazilians (approximately 85%) keep at home their post-consume electronic devices instead of discarding them in the existing e-waste collection points. This is an important challenge to consider regarding the reverse logistics approach. The collection performance and the collected volumes are crucial for the efficiency of the entire system.



As presented in the diagram, both, the formal and informal flows work in coordinated activities since the discard of e-waste by the holders (consumers), flowing by the collection/pre-treatment steps, the recycling/treatment processes and reaching the disposal alternatives.

According to the value recovering along this framework, short cycles (reusing) or long cycles (recycling) are performed according to the circular economy principles. The importance of informal stakeholders are highlighted by manual operations that guarantee volumes and valuable sorting of materials.

GEOLOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS



Os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro evidenciam a maior taxa de geração de REEE em razão da densidade populacional.

Por outro lado, a Bahia apresenta uma geração significativa, no entanto, não possui um quantitativo expressivo de recicladores para atender a demanda observada. A concentração dos recicladores nas capitais e na faixa litorânea também foi um padrão verificado para o Nordeste do país.

Um outro panorama é observado para os estados do Mato Grosso e Goiás apresentam uma distribuição mais uniforme das recicladoras identificadas, e uma menor geração de resíduos eletrônicos.

PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA (PEVS)

De acordo com o Artigo 48 do Decreto nº 10.240/2020, está estabelecida a localização de, pelo menos, um **Ponto de Entrega Voluntária (PEV)** para cada 25 mil habitantes no atendimento aos requisitos para a implantação do Sistema de Logística Reversa (SLR) de REEE. Desta forma, o próprio decreto apresenta em seu Anexo III as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Salvador, Fortaleza, Belo Horizonte e Manaus, as mais populosas do país, excedendo 2 milhões de habitantes cada uma.

Segundo o decreto, o estado de São Paulo deve ter, ao final do ano de 2021, pelo menos 8 cidades atendidas pelo SLR, enquanto os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais devem ter 3 cidades cada atendidas em cada um. Os estados da Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Distrito Federal, devem ter, pelo menos, uma cidade atendida em cada um.

Conforme exigência legal, as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília, devem possuir um número de PEVs equivalente a 480, 267 e 119 unidades, respectivamente.

Estudo de caso: cidade de São Paulo

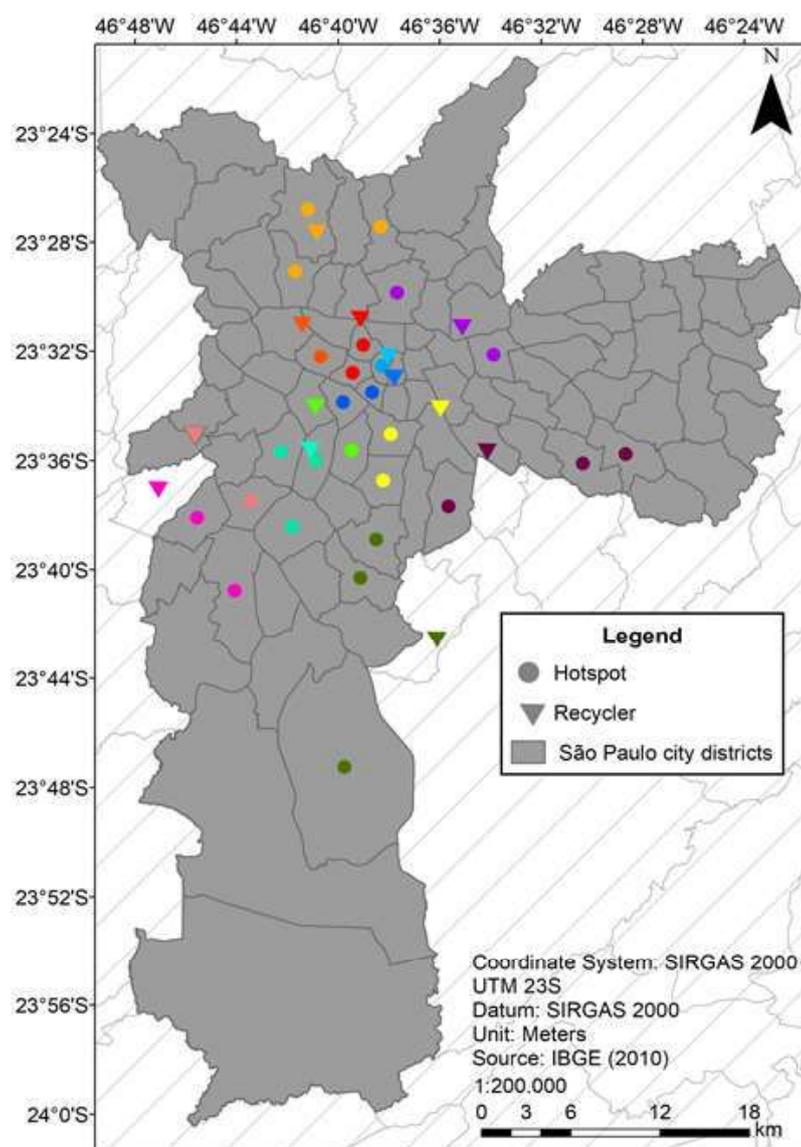
Como observado no mapa (imagem à direita), o estudo para a alocação de PEVs na cidade de São Paulo por meio de análise multicritério em SIG evidencia as áreas com maior potencial para a instalação e recolhimento de REEE (Araujo et al., 2020).

Para a definição das melhores localizações, foram utilizados 13 atributos e 40 sub-atributos na análise, considerando-se, por exemplo, potencial de geração, existência de malha de transporte e densidade populacional. O método pode ser replicado para outros estados, evidenciando o potencial das cidades em atendimento aos requisitos legais.



ROTAS PARA A LOGÍSTICA REVERSA

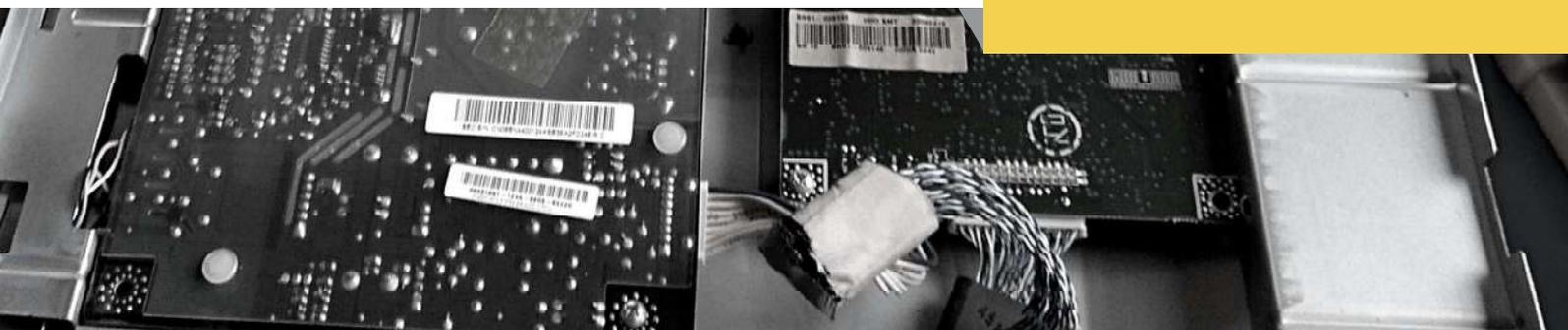
Em outra abordagem, foi possível a análise das rotas para a logística reversa de REEE em razão da localização dos recicladores e dos pontos de maior concentração da geração de REEE, denominados **hotspots**. Ao total, o estudo identificou 26 hotspots de REEE na cidade de São Paulo, a maioria na parte central e rica da cidade, junto com a distribuição de recicladores (Cugula et al., 2020).



Identificação dos hotspots e recicladores de REEE na cidade de São Paulo.
Fonte: Cugula et al. (2020)

Estudo de caso: Cidade de São Paulo

Este estudo possibilitou a identificação da aderência entre os pontos geradores e a possibilidade de localização de PEVs com a intenção de direcionar a categoria de REEE para os respectivos pontos de processamento. Estudos futuros podem ainda considerar o potencial de processamento e tipologia de materiais a serem recuperados.



CLUSTERIZAÇÃO

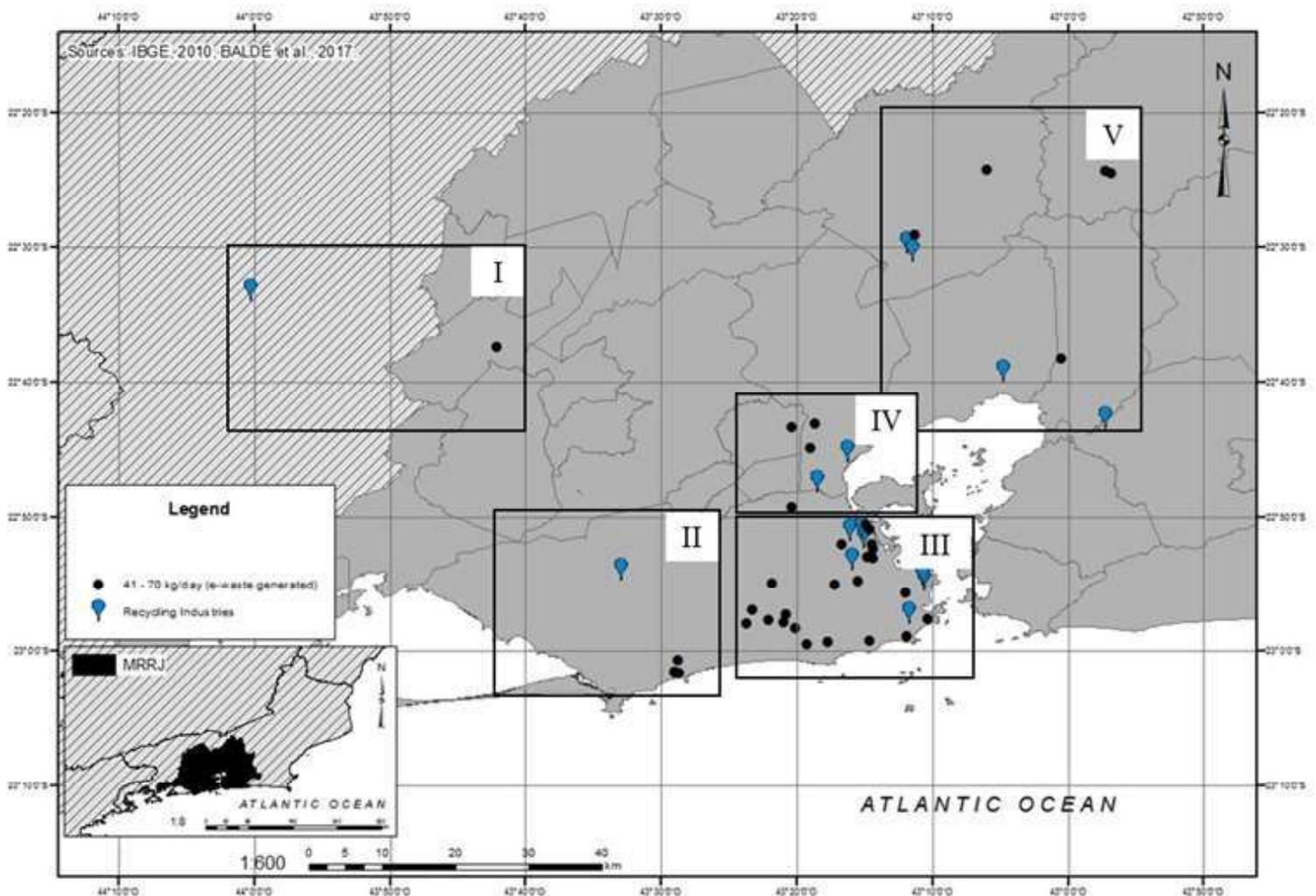
Estudo de caso: Região metropolitana do Rio de Janeiro

A análise da localização das empresas que atuam na gestão de resíduos eletroeletrônicos permitiu a identificação de possíveis clusters em razão da concentração de unidades de processamento e da geração de REEE na área analisada.

Na figura abaixo, são apresentados cinco possíveis clusters para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, RMRJ (Ottoni et al., 2020).

Conforme apresentado, as regiões I e II teriam menor aderência entre as áreas com maior potencial de geração e a localização de unidades de processamento. Enquanto as regiões III e IV teriam melhor distribuição de unidades de processamento. A região V, por sua vez, possui um maior distanciamento das unidades de processamento, exigindo maior deslocamento e necessidade de instalações de mais PEVs para a consolidação de volumes para otimizar rotas e processamento do material coletado.

Desta forma, o estudo evidencia a necessidade de estratégias diferenciadas em conformidade com a distribuição das unidades recicladoras no espaço.



SIS-DATARE



<https://sisdatare.cetem.gov.br/>

O **Sistema Sis-DATARE** é um dos resultados do projeto de pesquisa DATARE desenvolvido ao longo de 2020 e 2021 pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM).

Muitos empreendedores têm se interessado em atuar no segmento de manufatura reversa, reciclagem, produção e comercialização de matéria-prima secundária recuperada a partir da sucata de equipamentos eletrônicos. No entanto, muito pouca informação tem sido disponibilizada sobre o tema.

Assim, o Sis-DATARE nasceu da demanda por uma base de dados consistente para se identificar e avaliar os agentes atuantes na gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil.

O **sistema Sis-DATARE** permite a busca pelas empresas cadastradas e a verificação do status da empresa quanto aos dados fornecidos ao projeto DATARE.

Organizações

Pesquise pelo nome

#	Organização	Status
267	Vertas - Comercio de Residuos Tecnologicos LTDA	■

Legenda:

- Respondeu questionário e apresentou documentos
- Retorno com pendência
- Sem retorno

O banco de dados do Sis-DATARE contém o cadastro das empresas atuantes na logística reversa de REEE no Brasil em termos das sua informações gerais, de infraestrutura, gestão e fornecedores.

CADASTRAR EMPRESA 2.0

1º IDENTIFICAÇÃO

2º INFRAESTRUTURA

3º GESTÃO

4º FORNECEDOR

1.1 Razão Social *

1.2 Nome Fantasia

1.3 CNPJ *

1.4 Classificação *

1.5 CNAE Primário *

Adicionar CNAE secundário

1.7 CEP *

1.8 Logradouro *

1.9 Número *

1.10 Bairro *

1.11 Estado *

1.12 Cidade *

VOLUME COLOCADO NO MERCADO - VCM

Na Fase 1 da implementação do Sistema de Logística Reversa (SLR), entre fevereiro e dezembro de 2020, dentre outras medidas, coube a criação do Grupo de Acompanhamento de Performance (GAP), formado por entidades representativas de âmbito nacional dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos para acompanhar e divulgar a implementação do SLR e detalhar as funções e as atividades do grupo em regimento interno.

A gestão de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo mostra-se significativamente complexa em razão da diversidade de produtos e do desconhecimento dos canais de destinação por parte dos consumidores. As metas estabelecidas no Decreto 10.240/2020 para a coleta e destinação dos REEE estão baseadas no volume total de produtos eletrônicos colocados no mercado (**VCM, volume colocados no mercado, ou PoM, do inglês, placed on market**) no Brasil.

VCM e o Decreto 10.240

O cálculo do VCM deve ser realizado para produtos de uso doméstico tendo-se como referência o peso no ano base de 2018. Para tanto, foram estabelecidas metas de volume em peso para coleta e destinação de REEE, com percentuais escalonados, iniciando a Fase 2 da implantação dos SLRs com 1% (em 2021) de coleta e destinação, seguindo para 3% (em 2022), 6% (em 2023), 12% (em 2024), até 17% (em 2025).

O Decreto nº 10.240/2020 estabelece uma lista de 215 produtos como alvo da logística reversa no Brasil. No entanto, após análise da lista e comparação dos itens com os códigos atribuídos para a importação e exportação (base de dados Siscomex da Receita Federal) e para a produção (base de dados do IBGE), foi realizada a triagem com a eliminação de 3 itens repetidos. Foram encontrados os pesos para 96 itens da listagem, dos quais 17 possuíam correlação direta com o código IBGE e os outros 79 itens foram aglutinados em 26 códigos IBGE.



215

Produtos eletroeletrônicos como alvo da logística reversa no Brasil

Cálculo do VCM

Como referência para o cálculo do VCM foram utilizadas como referências metodologias consolidadas aplicadas por países europeus e difundidas pela Universidade das Nações Unidas. Os métodos utilizam como base os volumes de produção, importação e exportação.

Cálculo do VCM na literatura

- Norden (2009): Method to measure the amount of WEEE generated
- Magalini et al. (2014): Study on collection rates of WEEE (European Commission)
- Baldé et al. (2017): Global E-Waste Monitor
- Forti et al. (2018): Statistics for E-Waste
- Forti et al. (2020): Global E-Waste Monitor
- Universidade das Nações Unidas (UNU)

No projeto DATARE, o VCM (medido em toneladas, t) foi calculado a partir da equação abaixo:

$$\text{VCM (t)} = \text{Produção (t)} + \text{Importação (t)} - \text{Exportação (t)}$$

LISTA DE PRODUTOS
Decreto nº 10.240/2020
215 itens



PRODUÇÃO

Lista para o ano-base 2018
Fonte: Base IBGE

EXPORTAÇÃO

Lista para o ano-base 2018
Fonte: Base Receita Federal

IMPORTAÇÃO

Lista para o ano-base 2018
Fonte: Base Receita Federal

Cálculo do VCM: o passo a passo



ANO-BASE 2018

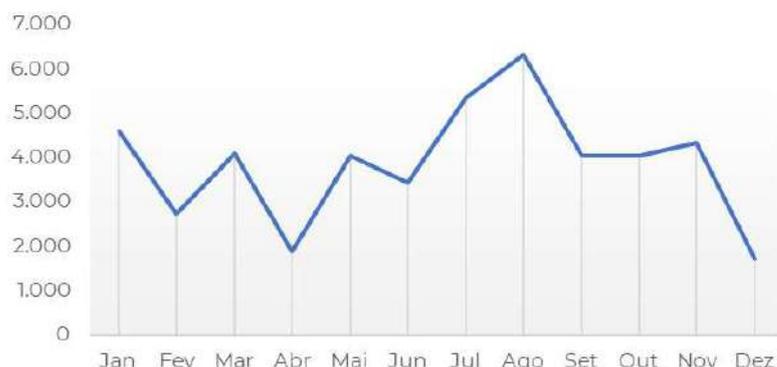
Total importado:	475.661 toneladas
Total exportado:	12.280 toneladas
Produção total:	1.325.379 toneladas

VCM = 1.788.760 toneladas

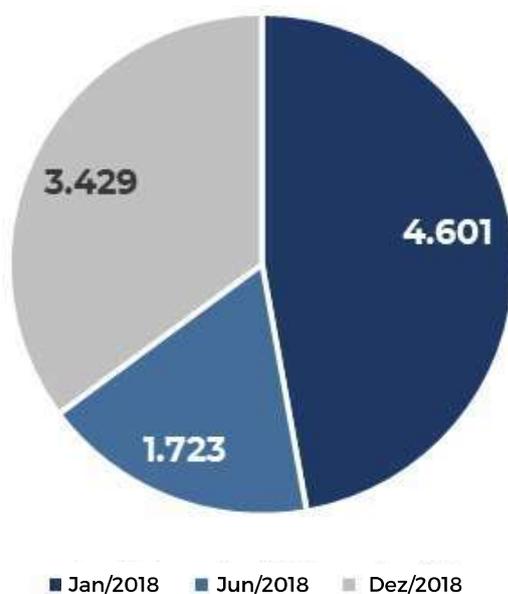
colocadas no mercado no ano-base de 2018

VOLUMES DE EEE IMPORTADOS EM 2018

Volume de placas de circuito impresso importadas pelo Brasil em 2018 (t)



Importação de placas de circuito impresso em peso (t/mês)



A partir da análise dos dados disponibilizados pelo SISCORI é possível a identificação dos volumes de exportação e importação para categorias específicas de REEE no Brasil.

As planilhas possuem dados ampliados referentes, por exemplo, à origem, volumes, valores de importação e ainda o valor do frete. Tais dados permitem a comparação com a movimentação internacional.

Em 2018 foram importadas 46.622 toneladas de placas de circuito impresso. Apenas para o mês de janeiro, o valor de importação de US\$ 37 milhões e valor de frete de US\$ 1,8 milhão. As placas foram importadas de 20 países, sendo a China responsável por mais de 95% das importações.

Como a importação de equipamentos eletroeletrônicos pelo Brasil supera o volume exportado de forma significativa, apenas os volumes importados são um importante indicador para a estimativa dos REEE gerados.

CONCLUSÃO

A gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos representa um desafio global em razão dos potenciais riscos e do valor de mercado dos produtos e materiais recuperáveis. No Brasil, a gestão de REEE é regulamentada e as metas para implantação do sistema de logística reversa que iniciou em 2021 e será concluído em 2025.

A definição das categorias do volume de REEE colocado no mercado (VCM) é requisito fundamental para a verificação das metas de coleta e destinação no país. Desta forma, o presente estudo buscou apresentar formas de categorização dos equipamentos eletroeletrônicos por meio da análise dos códigos de identificação (IBGE e NCM), bem como identificar o VCM para os equipamentos eletroeletrônicos como subsídio ao atendimento das metas estabelecidas para a implantação do SLR de REEE no Brasil.

A análise dos códigos CNAE para a categorização das empresas que compõem o parque ecoindustrial para a gestão de REEE é uma questão que pode impactar a configuração dos modelos de negócio baseados nos princípios de economia circular e a fiscalização da atuação dos agentes e, por isso, deve ser priorizada ou reconfigurada de modo permitir a harmonização com os requisitos legais e normativos .





Desafios

- Limitação da disponibilidade de dados
- Empresas produtoras protegem os dados por razões estratégicas
- Bases de dados inconsistentes
- Necessidade de harmonização de dados



Oportunidades

- Metodologia validada internacionalmente
- Validação dos resultados
- Identificação dos segmentos/locais mais viáveis (valor e porte)
- Identificação do potencial de mineração urbana a partir dos REEE no Brasil



Identificação do Parque Ecoindustrial

- Quantificação e qualificação das empresas
- Análise do potencial de produção e atendimento às metas da legislação
- Identificação da diversidade de atuação
- Contribuição de integração / fortalecimento das atividades



Georreferenciamento

- Localização das minas urbanas
- Identificação dos clusters
- Análise do potencial do parque ecoindustrial



Volume Colocado no Mercado - VCM

- Pontos para harmonização das categorias
- Clareza quanto às exigências legais
- Identificação dos grupos de equipamentos a partir da produção
- Análise da dispersão em relação ao valor (FOB) e volume (peso)
- Potencial de mineração urbana no Brasil em valores econômicos



Economia Circular

- Conteúdo propositivo para regulamentação no setor
- Identificação do grau de circularidade no segmento

REFERÊNCIAS

Araujo, R.; Cugula, J.; Apolonio, L.; Gomes, C.; Ottoni, M.; Xavier, L. H, 2020. Alocação de pontos de entrega voluntária de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na cidade de São Paulo por meio de análise multicritério em SIG. XI Fórum internacional de Resíduos Sólidos (FIRS-2020).

Baldé, C.P., Forti V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P., 2017. The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf>. Acesso em: Julho de 2021.

Brasil, 2010a. Lei N° 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: Julho de 2021.

Brasil, 2010b. Decreto N° 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm. Acesso em: Julho de 2021.

Brasil, 2020. Decreto n° 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto n° 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10240.htm. Acesso em: Julho de 2021.

Cugula, J., Apolonio, L., Araujo, R., Ottoni, M., Xavier, L.H., 2020. "E-waste hotspots and best routes analysis for reverse logistics in the city of São Paulo, Brazil", SUM2020 / 5TH Symposium on Urban Mining and Circular Economy. November, p. 1-5.

Dias, P., Bernardes, A.M., Huda, N., 2018. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) management: An analysis on the Australian e-waste recycling scheme. Journal of Cleaner Production. Vol, 197. Pp. 750-764. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.161>.

Forti, V., Baldé, C.P., Kuehr, R., 2018. E-waste Statistics. Guidelines on classification, reporting and indicators. Disponível em: http://collections.unu.edu/eserv/UNU:6477/RZ_EWaste_Guidelines_LoRes.pdf. Acesso em: Agosto de 2021.

REFERÊNCIAS

Forti, V., Baldé, C.P., Kuehr, R., Bel, G., 2020. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, Flows, and the Circular Economy Potential, United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam.

Korhonen, J., Honkasalo, A., Seppälä, J., 2018. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecol. Econ.* 143, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>

Magalini, F., Wang, F., Huisman, J., Kuehr, R., Baldé, K., Straalen, V., Hestin, M., Lecerf, L., Sayman, U., Akpulat, O., 2014. Study on Collection Rates of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), possible measures to be initiated by the Commission as required by Article 7(4), 7(5), 7(6) and 7(7) of Directive 2012/19/EU on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/Final_Report_Art7_publication.pdf. Acesso em: Julho de 2021.

Norden (2009): Method to measure the amount of WEEE generated. Report to Nordic council's subgroup on EEE waste. Disponível em: <https://www.norden.org/en/publication/method-measure-amount-weee-generated>. Acesso em: Outubro de 2021.

Otoni M., Dias P., Xavier L.H., 2020. A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil. *J Clean Prod* 261:120990. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120990>

Otoni, M.S.O., Xavier, L.H., 2019. Circularity in the management of waste electrical and electronic equipment (e-waste): contributions to urban mining in Brazil. XXVII Journey of Scientific Initiation and III Journey of Initiation in Technological Development and Innovation - center of Mineral Technology/CETEM. Available at: Marianna de Souza Oliveira Otoni.pdf (cetem.gov.br) Accessed in: 25. Nov.2021.

Xavier, L.H., Otoni, M., Lepawsky, J., 2021. Circular economy and e-waste management in the Americas: Brazilian and Canadian frameworks. *Journal of Cleaner Production*, 297. 126570. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126570>

