

# **TÉCNICAS PARA RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS SECUNDÁRIOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS**

## **TECHNIQUES FOR SECONDARY MATERIALS RECOVERY FROM WASTE ELECTRICAL ELECTRONIC EQUIPMENT**

**Adriely Mirela Silva de Lima**

Aluno de Graduação do curso de Design, 4º período,  
Universidade Federal de Pernambuco  
Período PIBIC ou PIBITI/CETEM: março a junho de 2021,  
adriely.lima@ufpe.br

**Lúcia Helena Xavier**

Orientador, Bióloga, D.Sc.  
lxavier@cetem.gov.br

### **RESUMO**

A mineração urbana é um conceito relativamente recente e que tem como objetivo a recuperação de valor a partir da reciclagem de produtos e materiais pós-consumo, em alinhamento com a proposta de economia circular. A recuperação de materiais a partir dos resíduos eletrônicos pode ocorrer a partir de processos semelhantes aos processos metalúrgicos na mineração convencional. No entanto, para que o processo seja economicamente viável, há a necessidade da participação efetiva do consumidor. Para isso, o presente projeto apresenta uma proposta de infográfico com a consolidação das informações a respeito das técnicas de recuperação de materiais secundários como forma de disseminação do conhecimento e estímulo à participação da sociedade em atendimento aos requisitos legais estabelecidos no Brasil. Desta forma, percebe-se ainda o potencial de viabilizar processos de recuperação de materiais secundários a partir da consolidação de volumes economicamente viáveis.

**Palavras-chave:** mineração urbana, resíduo eletrônico, economia circular.

### **ABSTRACT**

Urban mining is a relatively recent concept that aims to recover value from the recycling of post-consumer products and materials, in line with the proposed circular economy. The recovery of materials from electronic waste can occur from processes similar to metallurgical processes in conventional mining. However, for the process to be economically viable, there is a need for the effective participation of the consumer. For this, this project presents a proposal for an infographic with the consolidation of information about techniques for recovering secondary materials as a way of disseminating knowledge and encouraging society's participation in compliance with the legal requirements established in Brazil. In this way, it is possible to perceive the potential of enabling processes to recover secondary materials from the consolidation of economically viable volumes.

**Keywords:** urban mining, e-waste, circular economy.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), constituem a categoria de resíduos que mais cresce em todo o mundo. A gestão de REEE no Brasil é regulamentada pela Lei nº 12.305 de 2010 e pelo Decreto nº 10.240/2020. Os documentos compõem a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e estabelecem os critérios para a gestão dessa categoria de resíduos. A partir dos REEE é possível a recuperação de materiais valiosos como ouro, cobre, platina e elementos de terras raras. A recuperação de valor a partir dessa categoria de resíduos é denominada mineração urbana, um conceito relativamente recente e que tem exigido a atuação dos consumidores no sentido de descartar os resíduos de forma ambientalmente adequada para possibilitar a recuperação dos materiais secundários.

## **2. OBJETIVOS**

O projeto teve como objetivo a análise dos principais textos publicados pelo grupo de pesquisa REMINARE, em especial o conteúdo desenvolvido no Projeto DAT4RE (<https://www.cetem.gov.br/antigo/reminare>), com o objetivo de possibilitar a visualização da informação de forma objetiva e, desta forma, possibilitar a disseminação do conhecimento e a participação da sociedade na mineração urbana.

## **3. METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento do projeto foram realizados esboços das informações com o propósito de se identificar o conjunto mínimo de informações e, ao mesmo tempo as informações mais relevantes a serem apresentadas. Foram experimentadas diferentes plataformas digitais para a consolidação e visualização da informação. A finalização do esboço ainda foi submetida à especialistas do Centro de Tecnologia Mineral para ajustes e validação.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O infográfico, por possibilitar a consolidação das informações em figuras, esquemas e fluxos, foi a ferramenta escolhida para o desenvolvimento do projeto. A proposta teve como objetivo comunicar visualmente o processo de recuperação de materiais secundários a partir dos resíduos eletroeletrônicos, considerando-se o contexto da mineração urbana. Foram especificados como critérios da proposta: (i) reduzir e traduzir o conjunto de informações sobre o tema com o objetivo de facilitar o entendimento por parte de público leigo e, (ii) permitir ao leitor absorver melhor as informações principais do processo e tomar parte das ações relacionadas.

Desta forma, o material contempla as etapas desde o fim da vida útil do objeto ao reaproveitamento dos materiais secundários, exemplificando as principais técnicas existentes para que isso aconteça, quais sejam: hidrometalurgia, biohidrometalurgia e pirometalurgia.

Utilizando da linguagem iconográfica para representar os diferentes tipos de materiais envolvidos, a compreensão dessas técnicas é captada mais objetivamente, uma vez que o modelo mental do leitor já está familiarizado com aquelas representações. Dessa forma, a estratégia de utilizá-lo corresponde ao objetivo, o de facilitar a compreensão adotando uma abordagem visual.

O infográfico foi elaborado a partir de um fluxo encadeado e lógico, contemplando as atividades principais da mineração urbana de REEE. Desta forma, o fluxo de informações tem início a partir do fim da vida útil dos equipamentos eletroeletrônicos, uma premissa da logística reversa. Essa etapa é exemplificada no infográfico por um ícone de um monitor quebrado. A seguir, vem a etapa de coleta e triagem, onde os itens são separados para posterior processamento. A partir daí, começa então a explicação das técnicas exemplificadas.

A *hidrometalurgia* mostra visualmente a captura do resíduo pós-triagem, a separação da fração para processamento e a adição do solvente ao material, resultando no metal recuperado.

Já a *biohidrometalurgia*, mostra uma estrutura visual semelhante a hidrometalurgia, apenas substituindo o solvente anteriormente mencionado por símbolos de filamentos e estruturas orgânicas que realizam tal ação- a de dissolver quimicamente a fração para processamento. Também resulta no material recuperado.

Quanto à *pirometalurgia*, a estrutura é subdividida em três categorias: smelting, combustão, pirólise. A etapa de *smelting*, subdivide-se em outras duas etapas: a etapa 1, mostrando as frações de objetos sendo enviadas a um forno em alta temperatura; e a etapa 2, onde há a adição dos elementos químicos como cobre e chumbo. Na segunda categoria, a de combustão, a iconografia foca em representar a cadeia orgânica que constitui o material sendo eliminada em alta temperatura, exalando gás na atmosfera. Na terceira e última, a pirólise, apenas há em texto a observação de que seu processo se diferencia da combustão somente porque há uma menor concentração de gás envolvida na queima.

## 5. CONCLUSÕES

O trabalho demandou a busca pela consolidação das informações a respeito das principais técnicas passíveis de serem aplicadas na mineração urbana a partir dos REEE. A visualização da informação a partir de elementos gráficos mostrou-se alinhada aos objetivos de disseminação da informação e motivação da participação de consumidores.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CETEM e CNPq pela bolsa concedida - Projeto CNPq n° 400555/2020-4 (DAT4RE), e toda a equipe R3MINARE pelo apoio durante a realização da pesquisa.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Giese, E.C., Blanco, J., Lins, F.A.F., Xavier, L.H., 2021. Mineração Urbana e Cooperativismo: Uma Abordagem sobre a Reciclagem de Resíduos de Eletroeletrônicos. 1ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM, 2021.

Xavier, L.H., Giese, E.C., Ribeiro-Duthie, A.N., Lins, F.A.F., 2019. Sustainability and the circular economy: A theoretical approach focused on e-waste urban mining. Resources Policy, 101467. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101467>.

Xavier, L.H., Ottoni, M. Economia Circular e Mineração Urbana. Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. 1ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM, 2019.

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, 126570. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126570>.

## APÊNDICE



**Figura 1.** Técnicas para recuperação de materiais secundários em mineração urbana.