

MINERAÇÃO URBANA: RIQUEZAS MINERAIS ESCONDIDAS NOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Ana Daniela Gomes Rocha¹, Elisangela Alves
Rodrigues² e Flanelson Maciel
Monteiro³

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte^{1,2,3}

dannigoomess@gmail.com¹ eli-sangela4@hotmail.com² flanelson.monteiro@ifrn.edu.br³

Artigo submetido em 17/12/2022, aceito em 09/02/2023 e publicado em 14/02/2023

DOI: 10.15628/empirica.2015.14544

RESUMO

A mineração urbana é a transformação de produtos pós-consumo em matéria prima, com o objetivo de ser reutilizada na produção de novas mercadorias, evitando a necessidade da extração da natureza. A mineração urbana tem sido contemplada na literatura científica como mineração secundária, um contraponto à mineração primária ou tradicional. A mineração primária consiste na extração de recursos naturais, por meio da lavra de uma jazida mineral e o processamento dos minérios, a mineração urbana possibilita a recuperação de energia e matéria-prima secundária, a partir dos materiais presentes em produtos descartados, ao final de sua vida útil, geralmente concentrados nas cidades e em aterros. A mineração secundária cobre um conjunto de operações, desde a coleta até o processamento para a recuperação de materiais e elementos de interesse. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar de modo preliminar os elementos que compõem a economia circular e aprofundar a temática da mineração urbana de forma crítica e analítica. Para a realização deste trabalho foi feito um levantamento de pesquisas bibliográficas através de artigos científicos sobre o tema da pesquisa.

Palavras-Chave: Resíduos Eletroeletrônicos. Mineração Urbana. Mineração Primária. Mineração Secundária.

URBAN MINING: HIDDEN MINERAL RICHES IN ELECTRONIC EQUIPMENT WASTE

ABSTRACT

Urban mining is the transformation of post-consumer products into raw materials, with the aim of being reused in the production of new goods, avoiding the need to extract from nature. Urban mining has been considered in the scientific literature as secondary mining, a counterpoint to primary or traditional mining. Primary mining consists of the extraction of natural resources, through the mining of a mineral deposit and the processing of ores, urban mining allows the recovery of energy and secondary raw material, from the materials present in discarded products, at the end of their useful life, generally concentrated in cities and in landfills.

Secondary mining covers a set of operations, from collection to processing to the recovery of materials and elements of interest. Therefore, the present work aims to present in a preliminary way the elements that make up the circular economy and deepen the theme of urban mining in a critical and analytical way. In order to carry out this work, a survey of bibliographic research was carried out through scientific articles on the subject of the research.

KEYWORDS: Eletronic Waste. Urban Mining. Primary Mining. Secondary Mining.

1. INTRODUÇÃO

A mineração urbana é a transformação de produtos pós-consumo em matéria prima, com o objetivo de ser reutilizada na produção de novas mercadorias, evitando a necessidade da extração da natureza. Colocando de forma simples, a mineração tradicional tira minerais da terra, enquanto a mineração urbana recicla e coloca novamente em circulação materiais que foram descartados pelos consumidores e iriam ser dispostos em aterros sanitários. Apesar de pouco explorada no Brasil, a mineração urbana tem um grande potencial econômico e ambiental.

A mineração urbana emerge como uma solução potencial para o gerenciamento de resíduos, ao mesmo tempo em que possibilita a recuperação de valor e reinserção de matéria-prima secundária em diferentes cadeias produtivas. A recuperação de materiais a partir de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos representa um dos segmentos que tem motivado a elaboração de instrumentos para a regulamentação da destinação ambientalmente adequada dos produtos pós-consumo.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar de modo preliminar os elementos que compõem a economia circular e aprofundar a temática da mineração urbana de forma crítica e analítica. Para a realização deste trabalho foi feito um levantamento de pesquisas bibliográficas através de artigos científicos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MINERAÇÃO URBANA

O termo “mineração urbana” ainda é relativamente recente, uma vez que a preocupação com a destinação final de resíduos eletroeletrônicos se tornou maior, na última década, a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei N°12.305/2010 e Decreto 7.404/10, que estabelecerá a responsabilidade compartilhada por cada etapa do ciclo de vida dos produtos, desde a produção até o descarte e a destinação ambientalmente adequada dos materiais na sua fase pós consumo (XAVIER, 2021).

Ao longo do tempo, a extração de minério, o uso de metais na manufatura dos mais diversos produtos e infraestrutura urbana, além do seu descarte como “lixo”, resultaram no acúmulo de resíduos metálicos above ground (sobre a superfície), ou mesmo os chamados “estoques de material hibernando” (hibernating material stocks, do inglês) (WALLSTEN et al., 2013). Os resíduos metálicos, presentes nessa reserva antropogênica, seja em aterros, nos resíduos recuperados, por meio dos sistemas de logística reversa (SLR) ou mesmo estocados nos materiais urbanos, passam a serem vistos como fonte para a recuperação/extração de matéria-prima secundária pela denominada mineração urbana (urban mining) ou secundária.

2.2 MINERAÇÃO PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA

A mineração urbana tem sido contemplada na literatura científica como mineração secundária, um contraponto à mineração primária ou tradicional. A mineração primária consiste na extração de recursos naturais, por meio da lavra de uma jazida mineral e o processamento dos minérios, a mineração urbana possibilita a recuperação de energia e matéria-prima secundária, a partir dos materiais presentes em produtos descartados, ao final de sua vida útil, geralmente concentrados nas cidades e em aterros (XAVIER & LINS, 2018).

A mineração de aterro recupera a matéria-prima a partir de resíduos descartados em aterros. A mineração urbana amplia esse estoque antropogênico, incluindo edificações, estruturas, indústrias e produtos diversos (em uso e após vida útil) (LEDERER et al., 2014; COSSU & WILLIAMS, 2015).

A mineração urbana cobre um conjunto de operações, desde a coleta até o processamento para a recuperação de materiais e elementos de interesse, como descrito na tabela 1:

Tabela 1: Etapas simplificadas da mineração secundária de REEE

Estágio	Descrição
Coleta	O produto é retirado do local de descarte e segue para etapas de separação ou triagem a partir de uma logística primária de coleta, acondicionamento e transporte. Pode ocorrer por meio do recebimento em pontos de entrega voluntária (PEVs), por meio de campanhas ou coleta em domicílio.
Triagem	Separação e classificação por tipo de resíduo, possibilitando etapas não destrutivas (reparo, recondicionamento, remanufatura) ou destrutivas (moagem, trituração, quebra, etc), em função da destinação pretendida.
Descaracterização	Retirada de marcas ou dados com a finalidade de não possibilitar a identificação ou recuperação de informações.
Pré-processamento	Identificação do valor agregado com recuperação de peças, partes, componentes ou ainda materiais a partir de etapas de segregação, limpeza ou concentração.
Recuperação	Recuperação de valor a partir de técnicas de Waste to Resources (WtR) ou Waste to Energy (WtE). Inclui reciclagem química, mecânica ou energética, visando ampliar a circularidade.

Fonte: OTTONI (2021)

2.3 RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS

Os REEE são resíduos advindos de equipamentos que requerem energia ou corrente magnética para operarem, podendo conter elementos perigosos que oferecem risco tanto à saúde humana quanto ao meio ambiente (ARAÚJO et al., 2020). Contudo esses elementos são de alto valor de mercado, o que justifica um investimento em gestão adequada para a devolução desses produtos ao tratamento e extração de valor (GOMES et al., 2020).

Proveniente de resíduos de equipamentos eletrônicos, geralmente o lixo eletrônico constituem-se de placas e circuitos impressos, cabos, plásticos antichama, comutadores e disjuntores de mercúrio, equipamentos de visualização, como telas de CRT (Cathodic Ray Tube) e de LCD (Liquid Cristal Display), pilhas, baterias, meios de armazenamentos de dados, dispositivos luminosos, condensadores, resistências, relês, sensores e conectores. (CASTRO, 2013).

O REEE é o resíduo que mais cresce no Brasil e em todo mundo por causa do alto consumo de produtos eletroeletrônicos e por sua obsolescência programada, podendo apresentar variada gama de substâncias tóxicas ao ser humano e ao meio ambiente, mas que, por outro lado, contém metais economicamente valiosos, como é o caso do ouro.

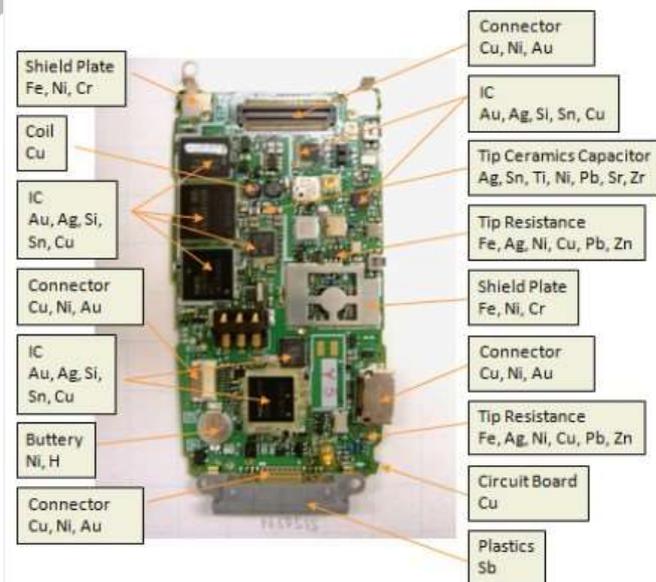
3. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como um estudo descritivo e analítico baseado em estudos de revisão bibliográfica. Para tanto, foi realizado levantamento de artigos científicos sobre o tema da pesquisa, bem como instrumentos legais e normativos relacionados à gestão de resíduos eletroeletrônicos e mineração urbana.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resíduos eletrônicos são uma verdadeira “mina urbana”, contendo diversos metais preciosos e críticos, como ouro, prata, paládio (Nithya et al., 2020). Um aparelho de celular pode conter mais de 40 elementos conforme a figura 1 (UNEP, 2013). A reciclagem de REEEs pode recuperar esses metais para uso como matéria-prima secundária. O montante global de REEE gerado, em 2019, contém, aproximadamente, 57 bilhões de dólares em matéria-prima, sobretudo em ferro, cobre e ouro (Forti et al 2020). O aproveitamento desses materiais, a partir da reciclagem, depende do desenvolvimento de tecnologias eficazes na separação e purificação dos elementos, de modo sustentável e economicamente viável.

Figura 1: Elementos químicos encontrados no aparelho celular



Fonte: GREEN ELETRON (2019)

A mineração urbana dos lixos eletrônicos ou REEE é apontada como uma alternativa ambientalmente viável, pois, por um lado, tem como principal característica minimizar ao máximo a existência e a permanência do REEE em depósitos, aterros sanitários, etc e, por outro, proporciona a redução da demanda por minérios da mineração tradicional. Xavier e Lins (2018) mostram que “a mineração urbana é a recirculação ou reciclagem de produtos e materiais pós-consumo, na forma de matéria-prima secundária, como forma de se minimizar os impactos ambientais, valorizar os resíduos e criar e otimizar os benefícios econômicos em prol de um ambiente sustentável”. Sendo assim, a mineração urbana é fundamental para romper com o processo de impactação na natureza mostrado anteriormente.

5. CONCLUSÃO

A mineração urbana é fundamental, para a sustentabilidade ambiental, por preservar as reservas naturais e reduzir as consequências negativas da destinação inadequada de resíduos e para a diminuição da pobreza, pois, ao mesmo tempo que minimiza significativamente os impactos causados pela mineração tradicional, traz benefícios, como geração de renda e

empregos formais.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, R.; CUGULA, J.; APOLONIO, L.; GOMES, C. F. M. S.; OTTONI, M.; XAVIER, L. H., 2020b. **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 (SUM 2020). Acesso: 03/09/2022;

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>.

Acesso em: 03/09/2022;

EmpiricaBR, ano 2022, vol. 2, n. 1

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. Acesso: 03/09/2022;

GREEN ELETRON. **O que é a mineração urbana?**

Disponível:<<https://greeneletron.org.br/blog/o-que-e-a-mineracao-urbana/>>. Acesso: 03/09/2022;

LEDERER, J., LANER, D., JOHANN FELLNER, J., 2014. **A framework for the evaluation of anthropogenic resources: the case study of phosphorus stocks in Austria.** Journal of Cleaner Production 84, 368-381. Disponível:< <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.078>>. Acesso: 03/09/2022;

NITHYA, R.; SIVASANKARI, C.; THIRUNAVUKKARASU, A. **Electronic waste generation, regulation and metal recovery: a review.** Environ Chem Lett, 2020. Disponível<<https://doi.org/10.1007/s10311-020-01111-9>>. Acesso: 03/09/2022;

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. Disponível:< <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120990>>. Acesso: 03/09/2022;

UNEP. Metal Recycling: **Opportunities, Limits, Infrastructure.** 2013. Disponível:< <http://www.unep.org/resourcepanel/publications/metalrecycling/tabid/106143/default.aspx>>. Acesso: 03/09/2022;

Xavier, L.H., Ottoni, M. (org). **Mineração Urbana: Conceitos e análise do potencial dos resíduos eletroeletrônicos.** 1ª ed. Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia Mineral, CETEM/MCTI. 2021. Acesso: 03/09/2022;

XAVIER, L. H.; LINS, F. A. "**Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil**", Brasil Mineral, No. 379, 2018. Acesso: 03/09/2022;