

# ESTIMATIVA DO VALOR ECONÔMICO POTENCIAL DE METAIS REAPROVEITADOS DE REEE NO BRASIL

## ESTIMATE OF THE POTENTIAL ECONOMIC VALUE OF REUSED METALS FROM WEEE IN BRAZIL

**Ana Clara Brandão da Silva**

Aluna de Graduação da Engenharia Ambiental  
7º período, Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Período PIBIC: Setembro de 2021 a Setembro de 2022  
anaclarabrandao@poli.ufrj.br

**Ricardo Sierpe Vidal Silva**

Orientador, Bolsista PCI, Geógrafo, D.Sc.  
rsilva@cetem.gov.br

### RESUMO

Desde o período colonial, a mineração teve um papel importante na história do Brasil e ainda hoje, o país possui importantes reservas minerais. A mineração urbana se baseia na extração de minerais a partir de resíduos, como resíduos eletroeletrônicos (REEE's) e constitui uma alternativa à mineração tradicional. Com as altas taxas de crescimento de REEE no país, a mineração urbana torna-se uma forma de obtenção de variados metais que podem ser convertidos em valor econômico. Dessa forma, o presente trabalho busca estimar para 2017, 2018 e 2019, o valor em reais que poderia ser obtido através da recuperação de metais presentes em REEE. Foi utilizado o cálculo do VCM (Volume colocado no mercado) para cinco dispositivos eletrônicos e seus respectivos dados de fração mássica pra diferentes materiais. A quantidade estimada foi convertida em valor econômico de acordo com a cotação de cada material. Estimou-se a produção de mais de 20000 toneladas de resíduos eletroeletrônicos por ano, o que equivaleria a mais de 780 milhões de reais. O cobre apresentou maior valor em massa recuperado, enquanto que o ouro foi o material que resultou em maior valor econômico. Além dos ganhos obtidos diretamente pelo valor de mercado dos metais, a mineração urbana possui um menor gasto de água e energia em comparação com a mineração tradicional, contribuindo na minimização dos impactos ambientais.

**Palavras-chave:** REEE, mineração urbana, geração de REEE.

### ABSTRACT

Since the colonial period, mining has played an important role in the history of Brazil and even today, the country has important mineral reserves. Urban mining is based on the extraction of minerals from waste, such as electronic waste (WEEE's) and is an alternative to traditional mining. Due to the high rates of WEEE growth in the country, urban mining becomes a way of obtaining various metals that can be converted into economic value. Thus, the present study seeks to estimate for 2017, 2018 and 2019 the value in Reais that could be obtained through the recovery of metals present in WEEE. The calculation of the VCM (Volume placed on the market) for five electronic devices and their respective mass fraction data for different materials was used. The estimated quantity was converted into economic value according to the quotation of each material. It was estimated the production of more than 20000 tons of electronic waste per year, which would amount to more than 780 million reais. Copper showed the highest mass value recovered, while gold was the material that resulted in the highest economic value. In addition to the gains obtained directly by the market value of metals, urban mining has a lower expenditure of water and energy compared to traditional mining, contributing to the minimization of impacts on the environment.

**Keywords:** WEEE, urban mining, E-waste Generation.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o período colonial, a mineração representa um pilar fundamental na economia brasileira, influenciando a ocupação do território e sua história. Ainda hoje, o setor mineral tem grande relevância no setor econômico do país. O Brasil possui importantes reservas de minerais em seu subsolo, produzindo cerca de 70 substâncias, sendo 21 dos grupos de minerais metálicos, 45 dos não-metálicos e quatro dos energéticos (FARIAS, 2002). No ano de 2021, o Brasil obteve o valor total de R\$ 309.892.236.096,00, mais de 300 trilhões de reais, por meio da comercialização de seus principais minerais metálicos (ANM, 2022).

A mineração urbana surge como uma rota alternativa de extração de minerais. Enquanto a mineração tradicional recorre a extração por meio de recursos naturais, a mineração urbana se baseia no reaproveitamento de materiais pós consumo descartados. Dessa forma, a mineração urbana pode ser uma fonte de materiais metálicos obtida por meio de resíduos eletroeletrônicos, de construção e demolição (XAVIER; LINS, 2018).

De acordo com o relatório The Global E-waste Monitor 2020, estima-se que no Brasil, no ano de 2019, a geração média de resíduos eletroeletrônicos (REEE) per capita (kg/hab/ano) foi de 10,2, um aumento de 37,8% em relação a 2016 (FORTI, VANESSA, et al., 2020). Frente à crescente geração de REEE, a mineração urbana representa uma forma de minimizar os impactos ambientais gerados pela disposição inadequada desses resíduos, além de garantir um ganho econômico.

## 2. OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo estimar em reais o valor que poderia ser obtido por meio do reaproveitamento de metais contidos nos REEE, para cinco dispositivos eletrônicos nos anos de 2017, 2018 e 2019.

## 3. METODOLOGIA

Foram analisados os seguintes dispositivos: televisores, telefones celulares, computadores pessoais portáteis (PC), máquinas de calcular eletrônicas (calculadoras) e gravador ou reprodutor de sinais de áudio e vídeo portátil. A partir deles, foi observada a presença de ferro, cobre, alumínio, chumbo, níquel, prata, ouro e paládio. Para o estudo, considerou-se que ao fim de sua vida útil, todos os dispositivos analisados seriam reaproveitados, logo o VCM do ano analisado, se tornaria resíduo em alguns anos.

Para obter a quantidade anual gerada em kg de cada dispositivo, foi feita uma adaptação do cálculo do Volume Colocado no Mercado (VCM), mostrado na equação 1 e descrito por Silva e Xavier (2021). Nesse sentido, ao invés de usar pesos médios obtidos por meio de pesquisa bibliográfica, o peso médio de cada dispositivo foi obtido através de banco de dados para o comércio no Brasil.

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

A aplicação do VCM teve como base os dados de importação e exportação informados pelo Comex Stat, o sistema de dados do comércio exterior brasileiro. Já os dados de Produção Doméstica são informados pelo IBGE. Como os dados cedidos pelo Comex Stat já se encontravam em unidade de massa e os dados do IBGE estavam em unidades, foi preciso adequar os dados do IBGE por meio da obtenção do peso médio de cada dispositivo. A partir dos dados de quantidade exportada do Comex Stat, estimou-se o peso médio, o qual foi multiplicado pelo valor da produção em unidades do IBGE. Tal procedimento foi realizado tendo em vista que parte do que é produzido no Brasil é exportado, logo há uma correlação entre esses dados e considerou-se que o peso médio exportado é igual ao peso médio produzido no país.

A partir dos dados presentes no estudo de Xavier e Ottoni (2021), obteve-se a fração mássica de metais para os cinco tipos de dispositivos analisados. Por meio desse valor e do VCM, foi possível obter a quantidade em massa de cada metal gerado para os anos de 2017, 2018 e 2019. O valor em reais foi calculado com base nos valores da cotação internacional para cada ano segundo o Banco Mundial disponibilizado pelo Informe Mineral da Agência Nacional de Mineração.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os cálculos do VCM, obteve-se os valores reunidos na tabela 1. Os dispositivos que apresentaram maior VCM foram os televisores e celulares, correspondendo a respectivamente 50% e 45% do VCM total para os três anos analisados. Cabe ressaltar que os televisores apresentam o volume mais expressivo pois apresentam maior peso médio em comparação aos celulares. Para o período de estudo, estima-se que em média foram colocados no mercado três vezes mais unidades de celulares do que de televisões.

**Tabela 1:** Volume colocado no mercado (VCM) de cinco dispositivos para 2017, 2018 e 2019.

Dispositivo	VCM (t)		
	2017	2018	2019
Televisores	10.138,94	14.599,88	13.840,24
Celulares	9.750,21	8.520,24	12.977,87
Computadores (PC)	1.077,22	596,56	1.163,27
Calculadoras	1.694,27	1.309,22	954,71
Áudio Portátil	0,29	0,01	0,03
Total	22660,93	25.025,91	28.936,11

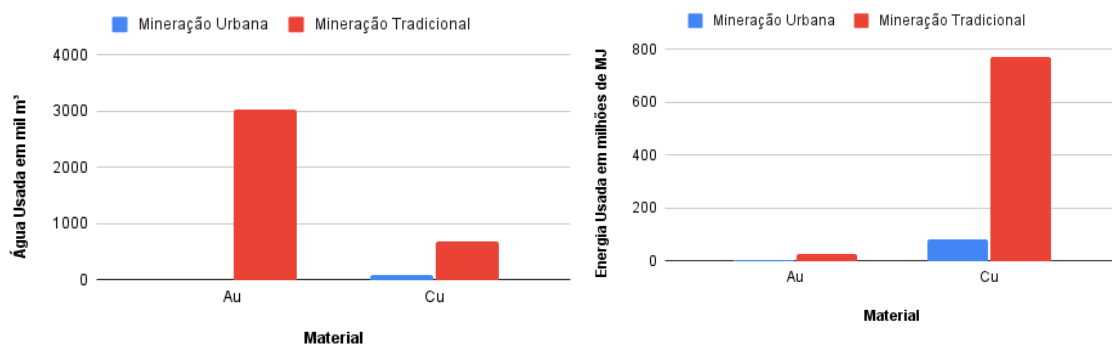
As quantidades recuperadas estimadas em toneladas para cada material encontram-se na tabela 2. Para os três anos analisados, o cobre (Cu) apresentou o maior valor estimado em toneladas, enquanto que o ouro (Au) apresentou o maior valor em reais.

Além disso, o estudo avaliou a quantidade de materiais gerados para cada dispositivo. Dessa forma, a discussão será focada nos televisores e celulares, já que são os maiores contribuintes no valor total do VCM para cada ano. Nos televisores, o cobre (Cu) e o Alumínio (Al) foram as substâncias com maior expressividade em toneladas e o Cobre apresentou a maior estimativa em reais. Nos telefones celulares, o cobre e o alumínio também foram os mais expressivos, além de apresentarem pequenas quantidades em toneladas de ouro e prata quando comparadas aos demais metais. Devido ao seu alto valor econômico, o ouro e a prata representaram a maior parcela do valor econômico estimado a partir dos celulares.

**Tabela 2:** Estimativas da quantidade e valor de material recuperado para o ano de 2017, 2018 e 2019.

Estimativas em toneladas e em reais de metais recuperados								
	Fe	Cu	Al	Pb	Ni	Ag	Au	Pd
2017	770,8 t	1738,5 t	454,7 t	115,9 t	31,2 t	14,3 t	3,5 t	2,1 t
	R\$300 mil	R\$ 58 milhões	R\$ 4,8 milhões	R\$ 1,4 milhão	R\$ 1,8 milhão	R\$ 42,6 milhões	R\$ 772 milhões	-
2018	597, t	1685,1 t	409,4 t	91,9 t	25,7 t	12,5 t	3,1 t	1,8 t
	R\$ 226 mil	R\$ 59,7 milhões	R\$ 4,7 milhões	R\$ 1,1 milhão	R\$ 1,8 milhão	R\$ 34,3 milhões	R\$ 677,4 milhões	-
2019	919,7 t	2267,8 t	506,4 t	137,4 t	32,9 t	18,6 t	4,6 t	2,7 t
	R\$ 468 mil	R\$ 74,0 milhões	R\$ 4,9 milhões	R\$ 1,5 milhão	R\$ 2,5 milhões	R\$ 52,8 milhões	R\$ 1,1 trilhão	-

Tendo como base um estudo realizado pelo Conselho Científico das Academias Europeias (EASAC, 2016), foi feita uma comparação entre a mineração tradicional e a mineração urbana (Figura 1). Foi comparado o consumo de água e energia necessário para obtenção da quantidade de ouro (Au) e cobre (Cu) total estimada nos três anos analisados no presente trabalho, considerando as duas formas de mineração. O consumo de água e energia para mineração urbana de ouro foram respectivamente, 335 m<sup>3</sup> e 2068300 MJ, valores bem menores em comparação aos demais ilustrados na figura 1. Dessa forma, o consumo de água e energia foi muito menor para a mineração urbana e conseqüentemente ela oferece uma maior eficiência energética, assim como, uma e menor demanda de recursos hídricos e energéticos, minimizando impactos ambientais.



**Figura 1:** Gráfico comparativo para água (m<sup>3</sup>) e energia usada (MJ) na mineração urbana e tradicional.

## 5. CONCLUSÕES

O trabalho apresentado atingiu seu objetivo de realizar estimativas do potencial econômico dos resíduos eletroeletrônicos. Mesmo sendo realizada apenas para cinco dispositivos e para três anos, a análise demonstra o grande potencial de geração de REEE e de seu aproveitamento econômico. Dessa forma, estudos semelhantes podem ser reproduzidos tendo como base mais dispositivos e um maior intervalo de tempo, a fim de compreender melhor o cenário em questão.

Os altos valores econômicos encontrados podem servir de base para comparações entre a mineração urbana e a tradicional, explorando os impactos ambientais relativos as duas práticas e sua rentabilidade.

## **6. AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao CETEM e CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida. Agradeço também à Lúcia Helena Xavier, Ricardo Sierpe Vidal Silva e toda a equipe R3MINARE pelo auxílio durante a realização da pesquisa.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

FARIAS, Carlos Eugênio Gomes. Mineração e meio ambiente no Brasil. Relatório do CGEE/PNUD, v.76, p. 2, 2002.

ANM (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO). Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas. 2022. Disponível em <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/PreviaAMB2022.pdf>>. Acesso em: 05 jul 2022.

XAVIER, Lúcia Helena; LINS, Fernando A. Freitas. Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil. Brasil Mineral, v. 379, n. 1, p. 22-26, 2018.

FORTI V., BALDÉ C. P., KUEHR R., BEL G. 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. 2020.

SILVA, Ricardo Sierpe Vidal; XAVIER, Lúcia Helena da Silva Maciel. Limites e Possibilidades do Volume Colocado no Mercado-VCM de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos-REEE no Brasil. 2021.

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.

EASAC (2016). Priorities for critical materials for a circular economy. German National Academy of Sciences Leopoldina. European Academies Science Advisory Council, 34 p.