

CIRCULARIDADE A PARTIR DA RECUPERAÇÃO DE PRODUTOS E MATERIAIS: ESTUDO DE CASO DE REFRIGERADORES E BATERIA ÍON-LÍTIO

CIRCULARITY FROM THE RECOVERY OF PRODUCTS AND MATERIALS: CASE STUDY OF REFRIGERATORS AND LITHIUM-ION BATTERY

Pedro Henrique Costa Guedes

Aluno de Graduação da Engenharia Ambiental, 11º período
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Período PIBIC ou PIBITI/CETEM: Setembro de 2021 a Julho de 2022
pedrohenriq98@poli.ufrj.br

Lúcia Helena da Silva Maciel Xavier

Orientador, Bióloga, D.Sc. em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ
lxavier@cetem.gov.br

RESUMO

A recuperação de valor a partir de produtos e materiais pós-consumo consiste na base da economia circular. A regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil trouxe a possibilidade de configuração de novos modelos de negócio circulares, com o potencial de geração de emprego, valorização de resíduos e o desenvolvimento de processos para a recuperação de produtos e rotas tecnológicas para a recuperação de materiais. Produtos como refrigeradores, que possuem gás CFC diluído no óleo lubrificante presente em seus compressores e baterias íon-lítio, que possuem matérias-primas críticas em sua composição apresentam grande importância de recuperação, um como produto e outro como matéria-prima secundária. A mineração urbana ganha espaço a partir do atendimento aos requisitos legais e solucionando o desafio global da escassez de insumos provenientes de recursos naturais, evitando o aumento excessivo de seu preço em curto prazo. Assim, os estoques antropogênicos (ou minas urbanas) representam uma nova fronteira a ser explorada.

Palavras-chave: Economia circular, bateria íon-lítio, óleo lubrificante.

ABSTRACT

The recovery of value from post-consumer products and materials is the basis of the circular economy. The regulation of the National Solid Waste Policy in Brazil brought the possibility of configuring new circular business models, with the potential to generate employment, recovery of waste and the development of processes for the recovery of products and technological routes for the recovery of waste materials. Products such as refrigerators, which have CFC gas diluted in the lubricating oil present in their compressors and lithium-ion batteries, which have critical raw materials in their composition, have great recovery importance, one as a product and the other as a secondary raw material. Urban mining gains space from meeting legal requirements and solving the global challenge of scarcity of inputs from natural resources, avoiding excessive price increases in the short term. Thus, anthropogenic stocks (or urban mines) represent a new frontier to be explored.

Keywords: Circular economy, lithium-ion battery, lubricating oil.

1. INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos impacta a saúde humana e a qualidade do meio ambiente, exigindo esforços no sentido do estabelecimento de medidas de preservação ambiental e reparação de danos. O avanço científico e o desenvolvimento de novas tecnologias têm botado em risco a disponibilidade de recursos naturais não-renováveis, que são considerados como geradores de riquezas para os países que os exploram. Com o intuito de mitigar esses impactos, são criadas leis e decretos orientando os geradores de diversos tipos de resíduos a como prosseguir para realizar um descarte ambientalmente correto de cada um deles.

Segundo a Lei nº 12.305 de 2010 (BRASIL,2010), resíduo sólido é tido como um material, substância, objeto ou bem descartado advindo de atividades humanas que estejam em estado sólido ou semissólido, bem como gases que estejam contidos em recipientes ou líquidos que apresentem características que impliquem na inviabilidade do seu lançamento em rede pública de esgotos ou em corpos d'água.

Conforme o Decreto nº 10.240 de 2020, produtos eletroeletrônicos podem ser definidos por aqueles “de uso doméstico cujo funcionamento depende de correntes elétricas com tensão nominal de, no máximo, duzentos e quarenta volts”. Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) representam a classe de resíduos que mais cresce em todo o mundo, com uma estimativa de 3 a 5% de crescimento anual (Xavier et al., 2021). Desta forma, o volume de geração pode ser interpretado como indicador de pressão em relação aos potenciais impactos decorrentes da gestão inadequada dessa categoria de resíduos.

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos possuem substâncias de grande valor econômico em sua composição, podendo elas estar na forma de material ou de produto. Assim, sua recuperação pós-consumo é de suma importância para a reinserção destes na cadeia de produção. A economia circular (EC) propõe o uso de recursos e produtos em sistemas fechados, a fim de mantê-los em uso durante a maior parte de sua vida útil. A economia circular é, portanto, uma proposta conceitual e prática que visa reduzir o impacto ambiental e, ao mesmo tempo, trazer benefícios econômicos, contribuindo para a inovação e desenvolvimento (Santiago, 2017).

A maioria dos processos de reciclagem apresentam uma diminuição na qualidade da matéria-prima ao longo do processo (downcycling). Porém, o conceito de upcycling combate a defasagem gerada nesse processo, sendo caracterizada como uma prática de transformar algo que está no final de sua vida útil, ou que seria descartado como lixo, em algo de maior utilidade e valor, visando reduzir o desperdício de matérias-primas virgens (Shoup, 2008). Tendo em vista esse processo, colocamos em ênfase 2 tipos de resíduos eletroeletrônicos diferentes, os refrigeradores e as baterias de íon-lítio. As técnicas de processamento na reciclagem nos farão obter um produto (óleo lubrificante) e um material (lítio), respectivamente.

1.1. Óleo Lubrificante

No processo de refrigeração, o fluido refrigerante, que contém CFC (responsável pelo resfriamento de materiais pela absorção de calor latente), entra em contato com o óleo lubrificante usado no compressor e uma certa quantidade de gás refrigerante pode dissolver-se no óleo, criando assim uma mistura líquida de óleo e refrigerante no compressor. Como o tratamento deste resíduo é obrigatório por lei, o processo será constituído pela separação da mistura, onde o CFC será capturado e tratado e o óleo lubrificante será reutilizado.

1.2. Lítio

Já o descarte das baterias de íon-lítio se apresenta como um desafio ambiental e econômico por possuírem materiais potencialmente tóxicos (como níquel, chumbo e cobre), bem como eletrólitos inflamáveis. Elas estão cada vez mais presentes no mercado por serem utilizadas em telefones celulares, notebooks e tablets, além de fazerem parte da transição energética pois são fundamentais para os carros elétricos e para o armazenamento de energia elétrica para a energia

solar e instalações eólicas. Na última década, a demanda pelo lítio e seu preço internacional tiveram um aumento significativo desde que se tornou um mineral estratégico para a indústria de eletrônicos. Isso faz com que atualmente haja uma grande busca por métodos economicamente viáveis de recuperação de lítio através da sua mineração urbana para posterior utilização em novas baterias.

2. OBJETIVOS

Este estudo busca elaborar uma análise teórica a respeito da recirculação de produtos e materiais segundo os princípios da economia circular para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, utilizando como exemplo o óleo lubrificante obtido pelo tratamento de fluidos presentes nos compressores de refrigeradores e as baterias de íon-lítio que possuem uma demanda cada vez maior, colocando em risco a disponibilidade de sua matéria-prima principal no meio ambiente.

3. METODOLOGIA

Para este trabalho foram utilizados estudos científicos publicados em congressos e em revistas nacionais e internacionais, debatendo conceitos apresentados e analisando os dados obtidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Óleo Lubrificante

O potencial de redução de GEE dos frigoríficos é uma meta perseguida por produtores e stakeholders, podendo ser encontrada através da extensão de vida útil do produto, manutenção ou tecnologias eficientes de consumo de energia e recuperação de materiais (Srikaummun et al., 2021). A recuperação do óleo dos compressores é uma solução que implica na prevenção do descarte inadequado e na recuperação de valor do óleo pós-consumo, promovendo sua re inserção no mercado através da reutilização.

Um óleo lubrificante deve apresentar características físicas e químicas específicas, mantendo o padrão de qualidade desejado pelo consumidor. Marcas consolidadas no mercado aplicam rigorosos testes em seus produtos para que não haja falha na cadeia produtiva e para que seu produto se torne cada vez mais visível entre a população. Nesse contexto, existem 2 categorias principais que essas análises podem seguir: análise físico-química e análise de espectrometria.

Para testar a confiabilidade e a qualidade do óleo advindo dos refrigeradores, ele foi submetido a estes testes com o objetivo de analisar seus parâmetros e compará-lo com 3 marcas padrões já presentes no mercado.

Para o teste físico-químico foram analisadas 7 categorias. Em apenas uma delas, a viscosidade a 40°, o óleo upcycling não apresentou resultados satisfatórios, se diferenciando da média das marcas padrões em 12,2 cSt. Por ser um óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC), algumas características não chegarão ao parâmetro estabelecido pelo mercado. No entanto, mesmo com essa característica diferenciada, o óleo ainda tem grande aplicabilidade, pois o grau cSt não difere ao ponto de inviável o seu uso para os mesmos fins.

Considerando a análise espectrométrica, dividimos os elementos em 3 grupos: desgaste, aditivos e contaminantes. As moléculas consideradas como desgaste promovem uma diminuição na qualidade do óleo, enquanto as consideradas como aditivos melhoram sua qualidade. Contaminantes estão presentes, mas não influenciam a qualidade ou mudam seu desempenho, mas causam falhas no sistema petrolífero. Nesta análise observou-se que, devido ao desgaste das paredes do compressor, o óleo upcycling apresentava apenas 2 componentes desgastantes (ferro e alumínio) acima da média das marcas padrões, porém como não foi um valor muito discrepante, pode-se concluir que estes valores não comprometem a qualidade do óleo. Quanto aos aditivos, foi observado que há grande quantidade de fósforo, que garante maior vida útil ao equipamento. Por fim os contaminantes ficaram dentro ou abaixo da média.

4.2. Lítio

A União Europeia definiu em 2011 que as matérias-primas críticas são aquelas que apresentam um risco particularmente alto de escassez de oferta nos próximos 10 anos e que são altamente importantes para a cadeia de valor. O risco de oferta geralmente está associado à concentração da produção em determinados países e à baixa estabilidade político-econômica dos principais fornecedores. Na maior parte dos casos, a baixa substitutibilidade dos materiais e as baixas taxas de reciclagem aumentam o risco. Em muitos casos, uma oferta estável é importante para os objetivos da política climática e para a inovação tecnológica.

Alguns exemplos estabelecidos pela União Europeia em 2020 são: Berílio (Be), Nióbio (Nb), Cobalto (Co), Lítio (Li), dentre outros, totalizando uma lista com 30 matérias primas. A disponibilidade e a gestão do conhecimento destas matérias-primas são essenciais para políticas industriais, comerciais, de segurança de fornecimento e sustentabilidade.

O maior produtor global de lítio bruto é a Austrália, que exporta minérios ricos em lítio para a China para processamento. Chile, Argentina e Bolívia, conhecidos como “triângulo de lítio”, exportam concentrados de salmoura de lítio principalmente para China, Coreia do Sul e Japão. Apesar da falta de recursos naturais de lítio, a China é o principal importador do metal e domina seu processo de refino a jusante. Segundo dados do Resource Trade, em 2020 esses 3 países juntos importaram mais de 85,7kt de lítio (51,8kt apenas pela China), representando mais de 55% das importações globais.

A expansão da demanda global por baterias de íon-lítio vem crescendo exponencialmente nos últimos anos devido ao grande avanço tecnológico. Esse fato nos leva a questionar se as cadeias de suprimento serão capazes de atender a essa demanda ou se a possibilidade do esgotamento desse recurso ameaçará a transição energética global devido ao aumento de seu preço.

As indústrias de fabricação de baterias íon-lítio são consideradas estrategicamente importantes pois atualmente há uma grande dependência global da China (IEA,2022). Com o intuito de fortalecer o mercado interno, vários países ao redor do mundo estão investindo em suas próprias cadeias de suprimentos para a indústria de baterias, ameaçando assim a hegemonia chinesa (IEA, 2022). Apesar de ainda ser uma etapa difícil de ser superada visto que são necessários diversos aspectos produtivos, tal decisão apresenta um futuro muito promissor para a economia circular.

Com essas medidas, a matéria-prima secundária recuperada através da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos será capaz de abastecer parte da cadeia produtiva, minimizando os custos de importação e colaborando para combater o esgotamento das matérias-primas de reservas naturais. Além disso, também serão evitados danos ambientais da mineração primária e do descarte de lixo eletrônico (Beaudet, 2020; Duan et al., 2022).

5. CONCLUSÕES

A gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos como potencial fonte de recuperação de produtos e de minerais estratégicos se demonstrou uma técnica de grande importância pra o setor ambiental, visto que reduz as emissões de gases do efeito estufa, preserva as reservas naturais de minérios e diminui os impactos advindos do descarte inadequado, estas que apresentam risco de contaminação do solo e de corpos hídricos, gerando ameaça aos seres humanos e animais.

Além disso, essa gestão demonstra um futuro promissor pois ajudará no setor econômico, impedindo um grande aumento no valor das matérias-primas e gerando valor a produtos que, se não fossem processados, seriam descartados.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Lucia Helena, minha orientadora, pela confiança no meu trabalho, pela dedicação e por todo o suporte dado ao longo desses 10 meses em que atuamos juntos. Agradeço também ao CNPq pela concessão da bolsa e por acreditar que pesquisas nesse ramo são de grande importância para a sociedade atual.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEAUDET, A. & LAROUCHE, F. & AMOUZEGAR, K. & BOUCHARD, P. & ZAGHIB, K. 2020. Key Challenges and Opportunities for Recycling Electric Vehicle Battery Materials.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm.

BRASIL. Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305. Brasília, DF, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10240.htm.

DUAN, X.; ZHU, W.; RUAN, Z.; XIE, M.; CHEN, J.; REN, X. Recycling of Lithium Batteries – A Review. *Energies* 2022, 15, 1611.

IEA (2022), *Global EV Outlook 2022: Securing supplies for an electric future*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/c83f815c-en>.

SANTIAGO, L. *Economia Circular – CETEM*. Slides de apresentação. Rio de Janeiro: CETEM-MCTIC/EMAF, Abril, 2017, 29 p.

SHOUP, K. *Rubbish! Reuse your Refuse*. New Jersey: Wiley Publishing, 2008.

SRIKAUMMUN, N.; WONGSAPAI, W.; DAMRONGSAK, D., et al (2021). Greenhouse gas mitigation and electricity saving potential from replacing refrigerants in Thai refrigerator. *Energy Reports* 7, 98-104.

Xavier L.H.; OTTONI, M.; LEPAWSKY, J. Circular economy and e-waste management in the Americas: Brazilian and Canadian frameworks. *Journal of Cleaner Production*, v. 297, 2021.