cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Proposição de diretrizes de design para facilitar a reciclagem de ímãs de terras raras

Zacarias I. V.; Bonfante M. C. ; Cordeiro C. C. ; Passos da Silva D. A. ; Wendhausen P. A. P. e Engerroff J. A. B.
Laboratório de Materiais Magnéticos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

Introdução

Os ímãs de terras raras são essenciais em tecnologias de alto desempenho e sua produção depende da mineração de elementos críticos. A reciclagem promove a recuperação desses componentes ao final da vida útil. Desta forma, o *design* para reciclagem é fundamental para facilitar o acesso aos imãs nos equipamentos obsoletos.



Figura 1: Ciclo de reciclagem de ímãs.

Objetivos

Propor diretrizes de *design* que facilitem a reciclagem de ímãs de terras raras ao final da vida útil dos equipamentos, considerando:

- Aspectos de desmontagem;
- Identificação e separação dos materiais.

Metodologia

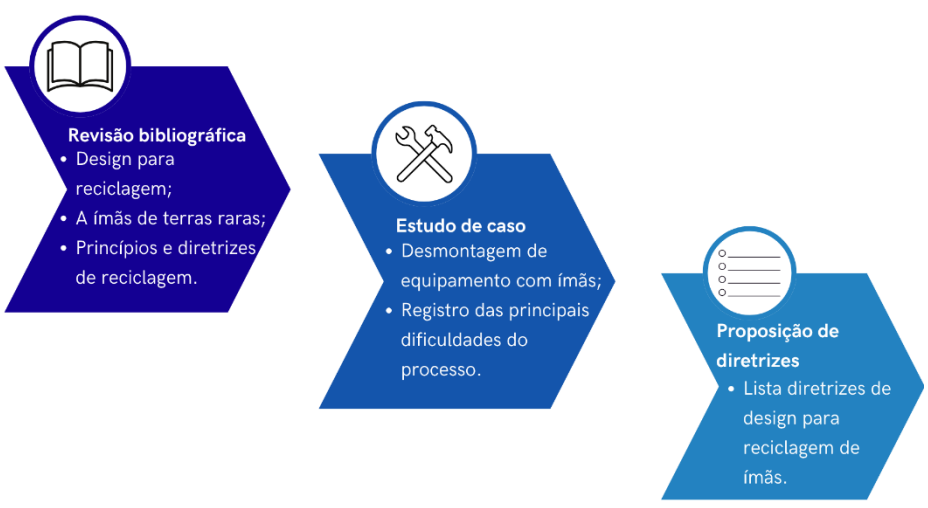


Figura 2: Etapas da metodologia adotada na pesquisa.

Resultados e Discussão

A revisão bibliográfica identificou a desmontagem como etapa crítica na reciclagem de ímãs de terras raras, destacando as seguintes diretrizes:

- Fácil acesso aos ímãs durante o desmonte;
- Utilização de sistemas de fixação reversíveis;
- Identificação dos materiais e componentes;
- Modularização dos produtos;
- Minimização da combinação de materiais;
- Consideração da reciclagem ainda na fase de projeto.

O estudo de caso evidenciou a ausência de critérios de reciclabilidade no desenvolvimento do produto, destacando os seguintes desafios:



Figura 3: Etapas na desmontagem dos ímãs e principais dificuldades observadas.

Com base na revisão bibliográfica e no estudo de caso, foram propostas as seguintes diretrizes:



Figura 4: Diretrizes de desmontagem de ímãs.

Essas recomendações podem reduzir o tempo de desmontagem, aumentar a recuperação dos ímãs e favorecer a economia circular.

Conclusões

- A desmontagem influencia na recuperação de ímãs de terras raras, conforme evidenciado no estudo de caso;
- A incorporação de princípios de design para reciclagem desde o desenvolvimento dos produtos favorece a reciclabilidade e a economia circular.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [INCT-CNPq: 408656/2024-7 MATERIA]; ao MAGBRAS e à FINEP (REGINA 2023/0194, UFSC 23080.070619/2023-39).

Referências

OSTAPSKA, K.; RÜTHER, P.; LOLI, A.; GRADECI, K. *Design for Disassembly: A systematic scoping review and analysis of built structures Designed for Disassembly*. **Sustainable Production and Consumption**, v. 48, p. 377–395, 2024. DOI: 10.1016/j.spc.2024.05.014. WU, X.; GAO, Q.; LI, W. *Design for Recycling: A Systematic Review of Approaches for Enhancing Product Recyclability*. **Sustainability**, v. 17, n. 5, 2025. DOI: 10.3390/su17051790. GRAU, L.; FLEISSNER, P.; KOBE, S.; BURKHARDT, C. *Processability and Separability of Commercial Anti-Corrosion Coatings Produced by In Situ Hydrogen-Processing of Magnetic Scrap (HPMS) Recycling of NdFeB*. **Materials**, v. 17, n. 11, art. 2487, 2024. DOI: 10.3390/ma17112487.