

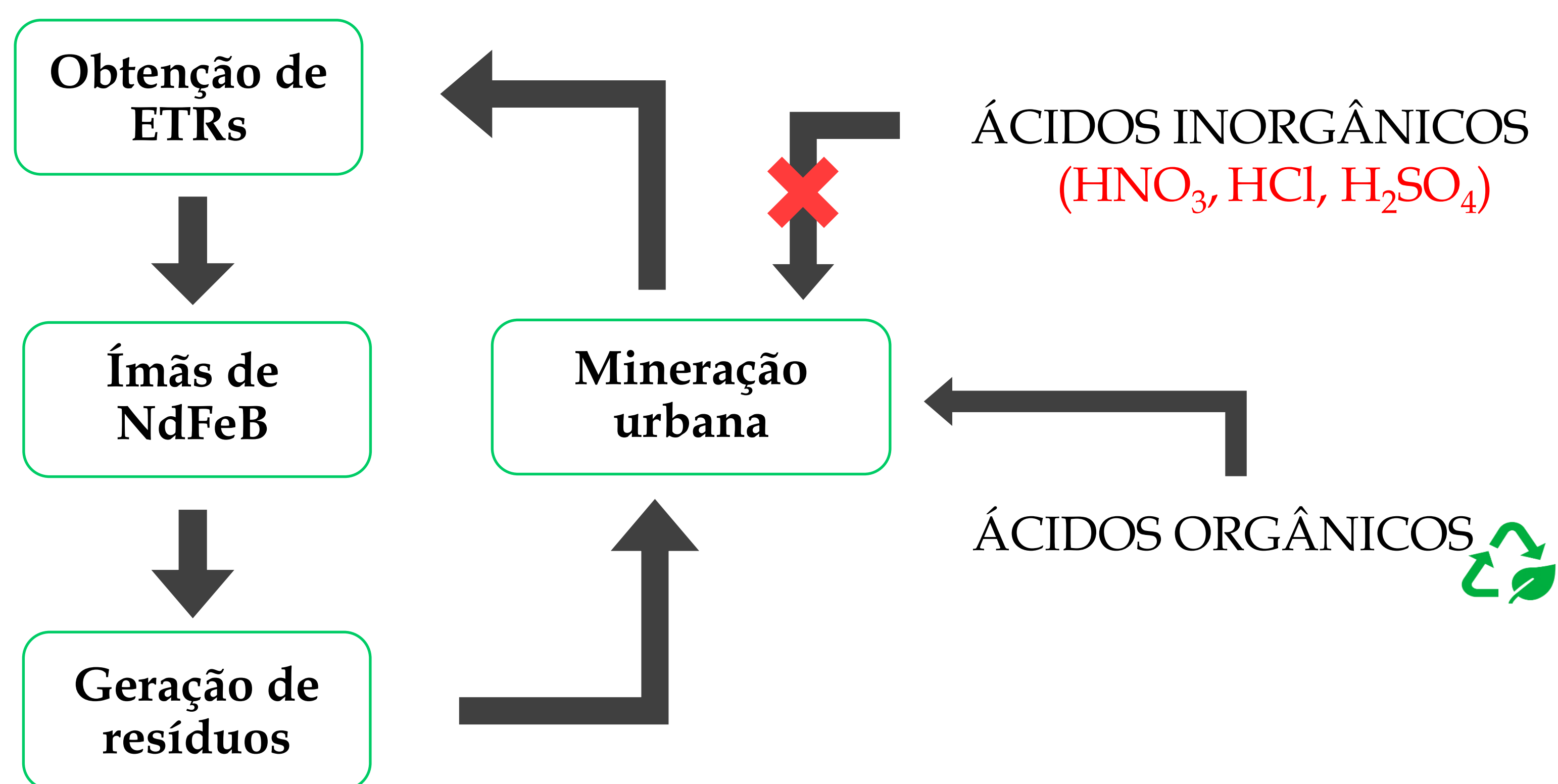
Avaliação do ácido levulínico como agente lixiviante na dissolução de ímãs de NdFeB obsoletos

Júlia S. Rodrigues (IC), Leonardo G. D Silva (IC), Thaís S. Soares (PG), Maria C. Hespanhol (PQ)

ODS 12: Dimensões Ambientais

Categoria: Pesquisa

Introdução



- A substituição pelos ácidos orgânicos visa diminuir a geração de resíduos tóxicos e de gases poluentes.

Objetivos

- Viabilizar a lixiviação de ímãs de NdFeB utilizando ácido levulínico como agente lixiviante.
- Investigar as melhores condições reacionais para a etapa de lixiviação.

Material e Métodos

PLANEJAMENTO COMPOSTO CENTRAL ROTACIONAL (PCCR)

Tabela 1. Fatores investigados e seus respectivos níveis selecionados para o PCCR

Fatores / Nível	-1,682	-1	0	1	1,682
Temperatura (°C)	40	50	65	80	90
S/L razão (g mL ⁻¹)	1/55	1/28,5	1/16,6	1/12,5	1/10
Concentração (mol L ⁻¹)	0,49	0,80	1,25	1,70	2,01



Condições fixas:
t = 240 min
400 rpm

Apoio Financeiro



Resultados e discussão

VALIDAÇÃO DO MODELO E REPRODUTIBILIDADE

- Modelo Preditivo Robusto: A ANOVA confirmou a validade dos modelos quadráticos (p-valor da regressão < 0,004) com excelente ajuste aos dados experimentais (R² > 85 %).
- Alta Reprodutibilidade Experimental: A triplicata do ponto central apresentou baixos coeficientes de variação (CV), a maioria entre 2-7 %, validando a consistência do método.

INFLUÊNCIA DOS PARAMETROS NA LIXIVIAÇÃO

A Tabela 2 resume a influência e a direção do efeito de cada parâmetro na eficiência de lixiviação dos elementos.

Tabela 2. Coeficiente do modelo (β) para os efeitos lineares com $p < 0,05$

Fator	Fe	Nd	Pr	Dy	Co	B
X ₁	ns	+1,30	+0,20	+0,04	ns	+0,07
X ₂	-10,89	-2,76	-0,40	-0,10	-0,19	-0,11
X ₃	9,77	+2,25	+0,37	+0,09	+0,13	+0,09
X ₃ ²	-3,85	-1,47	-0,17	-0,04	ns	ns

- Razão S/L (X₂) é o fator mais crítico: Menor S/L prejudica a extração de todos os elementos, possivelmente por saturação da fase líquida e limitação na transferência de massa.
- Maior concentração de ácido (X₁) e maior temperatura (X₃) favorecem a lixiviação, especialmente para os ETRs

OTIMIZAÇÃO

Com base no modelo, a condição para maximizar a lixiviação de ETRs foi definida em: **79 °C, razão S/L de 0,05 g/mL e 1,7 mol L⁻¹ de ácido levulínico.**

Tabela 3. Eficiência de lixiviação para o modelo predito e obtidas experimentalmente

Eficiência de lixiviação / %	Fe	Nd	Pr	Dy	Co	B
Prevista modelo	85	91	86	92	80	93
Obtida no ensaio	86	86	85	87	88	87

Conclusões

O ácido levulínico diluído mostrou-se uma alternativa menos agressiva ao ambiente e eficiente para a dissolução dos terras raras presentes nos ímãs de NdFeB, alcançando elevada eficiência de lixiviação.

Bibliografia

- S. Wang; C. Zhong; C. Shen; Y. Wei; Q. He; J. Chen; H. Qiu, *Coord. Chem. Rev.* **2025**, 537, 216686..
S.S. Behera; P.K. Parhi, *Sep. Purif. Technol.* **2016**, 160, 59–66.