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

Valorização de resíduos industriais: síntese e caracterização de espumas rígidas de poliuretano com bagaço de malte

Fernando A. Rosin[1]*, Adriano G. Viana[2], Márcio A. Fiori[1], Luciano L. Silva[3], Wellington Mazer[1], Juliana R. Kloss[1]

[1]Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR); [2]Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG); [3]Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó)

*frosin@alunos.utfpr.edu.br

Introdução

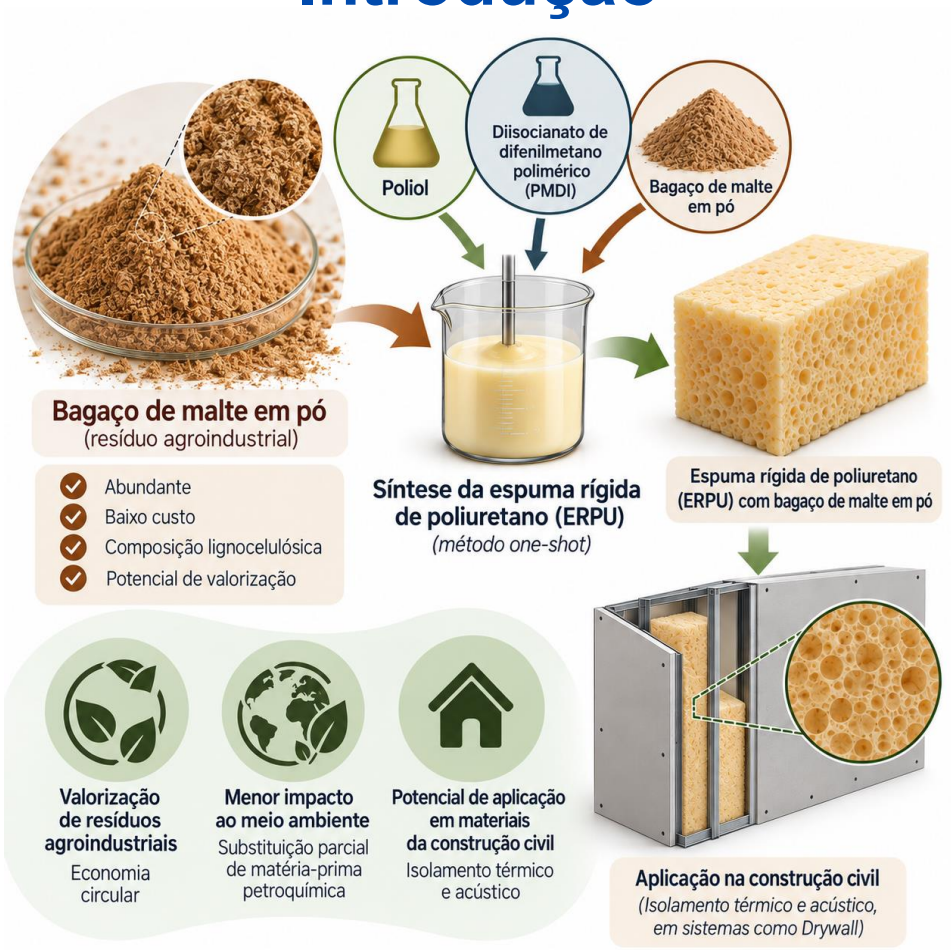


Figura 1. Representação esquemática da síntese de ERPU com bagaço de malte em pó e sua aplicação na construção civil.
(Preparado pelo autor, com auxílio da ferramenta de IA - ChatGPT).

Objetivo

Sintetizar e caracterizar espumas rígidas de poliuretano (ERPUs), com substituição parcial do poliol petroquímico por bagaço de malte em pó, visando à valorização de resíduo agroindustrial e a redução do uso de matérias-primas fósseis.

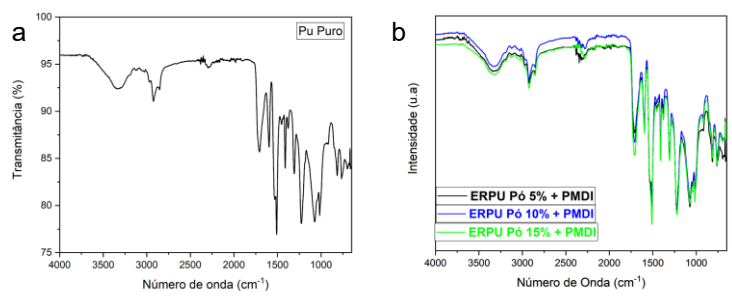
Metodologia



Figura 2. Representação esquemática da síntese e caracterização das ERPUs contendo bagaço de malte em pó.
(Preparado pelo autor, com auxílio da ferramenta de IA ChatGPT).

Resultados e Discussão

Figura 3. FTIR a) ERPU Puro com PMDI e b) ERPU Pó 5,10 e 15 % + PMDI.



Bandas em: ~3300 cm⁻¹ (N–H/O–H), ~2920 cm⁻¹ (C–H), ~1710–1730 cm⁻¹ (C=O), ~1595–1510 cm⁻¹ (N–H/C=C), ~1220–1250 cm⁻¹ (C–N/C–O) e ~1050–1150 cm⁻¹ (C–O–C)

Confirmação da formação das ligações uretânicas e de que a incorporação do resíduo de malte não promoveu alterações na estrutura química das espumas.

Figura 4. MEV a) ERPU Pura + PMDI 50x, b) ERPU Pura + PMDI 200x, c) ERPU pó 15 % + PMDI 50x e d) ERPU pó 15 % + PMDI 200x

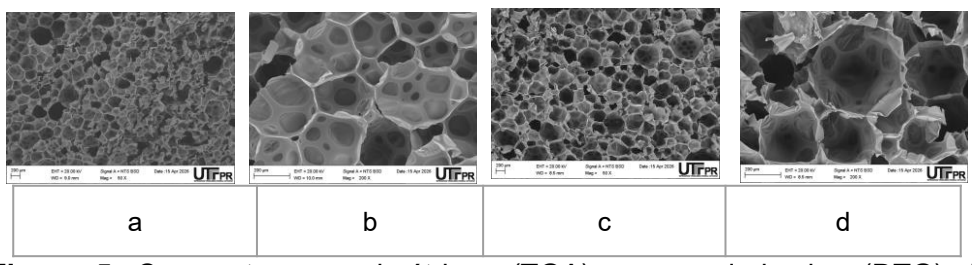
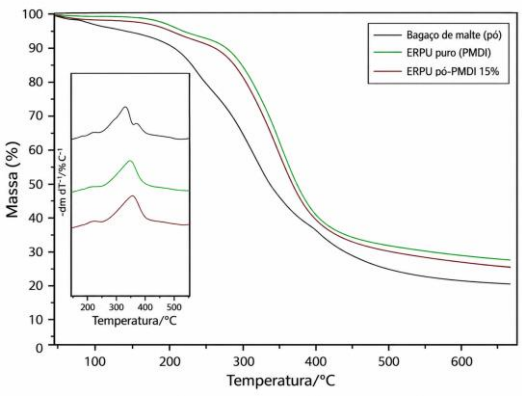


Figura 5. Curvas termogravimétricas (TGA) e suas derivadas (DTG) do bagaço de malte em pó, da ERPU pura (PMDI) e da ERPU contendo 15% de bagaço de malte em pó (PMDI).



As curvas de TGA/DTG indicaram comportamento térmico semelhante entre as ERPUs, com degradação entre 280 e 400 °C.
A incorporação de 15 % de bagaço de malte em pó manteve o perfil de degradação da matriz, com massa residual de aproximadamente 25 %, frente a 28 % da ERPU pura a 650 °C.

Tabela 1. Resultados dos ensaios de dureza (Shore 00) das ERPUs produzidas com PMDI e diferentes teores de bagaço de malte em pó.

Amostras	Média (mm)	Média Shore 00	Desvio Padrão	CV (%)
ERPU Pura PMDI	1,55	38,08	1,73	4,53
ERPU Pó 5 % + PMDI	1,50	40,08	2,39	5,97
ERPU Pó 10 % + PMDI	1,59	36,52	7,61	20,83
ERPU Pó 15 % + PMDI	1,58	36,64	1,62	4,43

Os resultados de dureza variaram entre 36,52 e 40,08 Shore 00, com maior valor para a ERPU contendo 5 % de bagaço de malte. A incorporação de até 15 % do resíduo manteve valores de dureza próximos aos da espuma pura, indicando a preservação dessa propriedade mecânica.

Conclusão

O bagaço de malte em pó demonstrou potencial para substituir o poliol petroquímico em até 15%, contribuindo para a valorização de resíduos agroindustriais e o desenvolvimento de espumas rígidas de poliuretano mais sustentáveis.

Agradecimentos e Referências

[1] STUART, B. **Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications**. Chichester: John Wiley & Sons, 2004.
[2] PIFFER, L. **Estudo da aplicação do bagaço de malte cervejeiro como carga em espumas de poliuretano de óleo de mamona.** Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2023.
[3] ABREU, A. P. O. **Síntese e caracterização de hidrocarvões a partir de resíduo da indústria cervejeira para adsorção de fármaco.** 2023. 119 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos e Processos) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.