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

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE CERVEJEIRO COMO CARGA EM ESPUMA DE POLIURETANO

Leandro Piffer[1*], Rosane A. Ligabue[1], Vinícius Demetrius da Silva[1], Marcus Seferin[2]
[1]Escola Politécnica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, Brasil,[2] Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil
*leandro.piffer@edu.pucrs.br

Introdução

O bagaço de malte cervejeiro (BSG) é o principal resíduo da produção de cerveja no Brasil, representando 85% dos resíduos sólidos (~2,8 milhões t/ano).
Composto por aproximadamente 75% de fibras brutas (celulose, hemicelulose e lignina), possui elevada estabilidade térmica (até ~200 °C).
Sua incorporação em poliuretano (PU) derivado de óleo de mamona (biopoliol) atende aos princípios da bioeconomia circular, visando espumas rígidas e hidrofílicas para uso como substrato agrícola/hidropônico.

Objetivos

• Avaliar a incorporação de diferentes teores de bagaço de malte em espumas de poliuretano hidrofílicas sintetizadas a partir de óleo de mamona e o efeito desta adição nas propriedades estruturais e físicas das espumas obtidas.

Metodologia

• Preparo da Carga (BSG): Secagem em estufa (55 °C, umidade < 10%), moagem em moinho de facas e peneiramento (partículas retidas entre 250 e 300 µm / 48 e 60 mesh).
• Síntese do PU: Reação por expansão livre em meio contendo óleo de mamona, etileno glicol, lauril-éter sulfato de sódio, DBTDL e diisocianato de hexametileno (HDI, razão NCO:OH 2:1). Pós-cura a 60 °C por 2 h.
• Caracterizações: Micrografias de MEV-FEG para análise de poros e diâmetro celular, além de ensaios de densidade (ASTM D1622) e cinética de absorção de água (10 min a 24 h).

Resultado e Discussões

a) Morfologia Celular e Densidade:
• A adição de 0,5, 1,0, 2,0, 5,0 e 10,0% w/w de BSG reduziu o diâmetro médio das células de 1,52 mm (PU puro) para 0,76–0,95 mm nas espumas com carga (Figura 2).
• As partículas atuaram como agentes nucleantes nas paredes celulares, promovendo rompimento parcial e maior abertura dos poros.
• A densidade aparente aumentou de 79,68 para 87,93 kg/m³ (+10,3%).

b) Cinética de Absorção de Água:
• A absorção foi rápida nos primeiros 10 min (~49,5%) e 1 h (~60,8%), atingindo estabilidade em 5 h e mantendo-se até 24 h.
• Em 24 h, o ganho de água aumentou de 52,5% (PU puro) para 66,4% (PU + 10% BSG), devido à combinação da estrutura de poros abertos com o caráter hidrofílico do bagaço de malte.

Resultado e Discussões

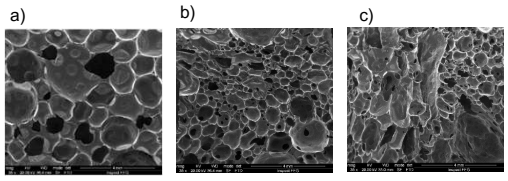


Figura 1: Micrografias das espumas de PU produzidas com: (a) PU Puro, (b) PU + 1,0% de BSG, (c) PU + 10,0% de BSG

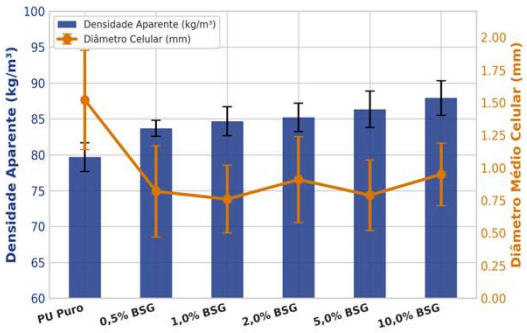


Figura 2: Densidade Aparente e Diâmetro Médio Celular

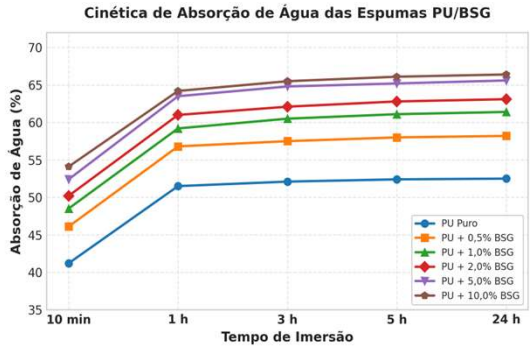


Figura 3: Cinética de Absorção de àgua das Espumas PU/BSG

Conclusões

• A adição do bagaço de malte reduziu o diâmetro dos poros e aumentou a frequência de células abertas/rompidas na matriz de PU.
• A retenção hídrica cresceu proporcionalmente ao teor de carga, atingindo 66,4% em 24 h (10% BSG), confirmando o ganho de hidrofilicidade do compósito.
• A estabilidade térmica até 200 °C e a estrutura química uretânica foram preservadas.
• O compósito demonstra potencial técnico para uso como substrato agrícola/hidropônico sustentável.

Referências e Agradecimentos

Referências: [1] DELUCIS, R. A. Tese Doutorado, UFRGS, 2018. [2] MUSSATTO, S. I. et al. J. Cereal Sci., v. 43, 2006. [3] SGANZERLA, W. G. et al. Biofuels Bioprod. Bioref., v. 15, 2021. Agradecimentos: PGETEMA / PUCRS, Cervejaria Blauth Bier, LabCEMM/PUCRS, CAPES.