Gestão:

Reunião de Acompanhamento e Avaliação - RAA 2026

ESTRATÉGIAS DE PRÉ-TRATAMENTO HIDROTÉRMICO DO BAGAÇO DE SORGO SACARINO VISANDO A PRODUÇÃO DE ETANOL E BIOMETANO

prh anp 52/UFSM

Ten Caten, L. R.[1]; Abaide, E. R.[2]
[1]Bolsista do PRH 52/UFSM, Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. E-mail: caten.leonardo@acad.ufsm.br
[2]Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFSM, Santa Maria – RS. E-mail: ederson.abaide@ufsm.br

1. MOTIVAÇÃO

A demanda global pela substituição de matrizes energéticas fósseis impulsiona a busca por combustíveis renováveis. A biomassa lignocelulósica é matéria-prima sustentável e abundante para biorrefinarias. O **bagaço de sorgo sacarino (BSS)** é um resíduo agroindustrial promissor, mas a recalcitrância da matriz dificulta o acesso aos açúcares fermentescíveis. As tecnologias hidrotérmicas semi-contínuas (**EAP-RA**, **EV** e **HAS**) são alternativas limpas: usam apenas água como solvente, sem insumos químicos corrosivos ou poluentes.

2. OBJETIVOS

Avaliar e otimizar estratégias de pré-tratamento hidrotérmico semi-contínuo (EAP-RA, EV e HAS) para o fracionamento do BSS. Converter os hidrolisados líquidos em **etanol de 2ª geração (E2G)** com a levedura *Scheffersomyces stipitis* e avaliar o sólido residual desconstruído para **biometano**, por ensaios de Potencial Bioquímico de Metano (PBM).

Composição do BSS *in natura* (% m/m)

29,71	26,05	22,05	11,62
extrativos	celulose	hemicelulose	lignina

3. METODOLOGIA

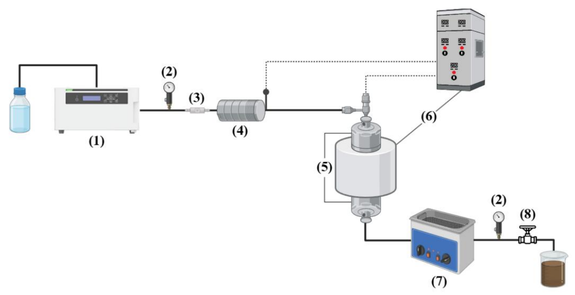
EAP-RA
Rampa de aquecimento com água pressurizada; extrai os açúcares livres

Explosão a vapor
150 ou 200 °C · 5 ou 10 min · 5 MPa; despressurização instantânea

Hidrólise subcrítica
230 ou 260 °C · R = 16 ou 32 · 10 MPa · 30 min

Fração líquida → etanol (E2G)
Fermentação com *S. stipitis* por 24 h, com e sem correção de pH; análise por CLAE

Sólido residual → biometano
Ensaios de PBM conforme a norma VDI 4630, a 35 °C, em triplicata



Unidade experimental: (1) bomba; (2) manômetros; (3) válvula de retenção; (4) pré-aquecedor; (5) reator de leito fixo; (6) aquecedor e painel; (7) resfriamento; (8) válvula de saída.

- Sistema de leito fixo semi-contínuo (reator de 100 mL; 15 g de BSS)
- Integração: EAP-RA → EV (200 °C, 5 min) → HAS (230 ou 260 °C)
- CLAE: açúcares, ácidos orgânicos, furfural e HMF

4. APLICAÇÃO NO SETOR DE PETRÓLEO E ENERGIA

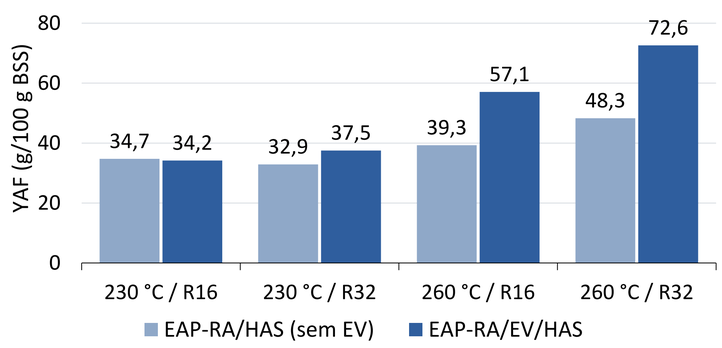
Transição energética
Rotas eficientes para converter resíduos lignocelulósicos em biocombustíveis atendem às diretrizes do setor de petróleo, gás natural e biocombustíveis no Brasil.

Vantagem tecnológica e operacional
O reator semi-contínuo hidrotérmico dispensa reagentes químicos e reduz os custos com neutralização e com o tratamento de efluentes agressivos.

Vantagem econômica e financeira
A coprodução (etanol no líquido e biometano no sólido) maximiza o rendimento energético por ton. de biomassa, valoriza a cadeia do sorgo e diversifica a oferta de combustíveis limpos.

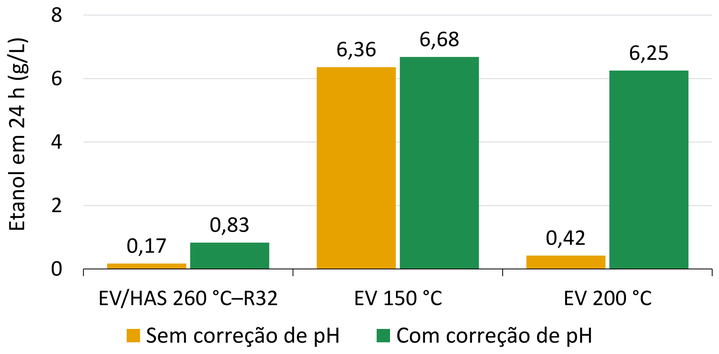
5. RESULTADOS OBTIDOS

Açúcares fermentescíveis



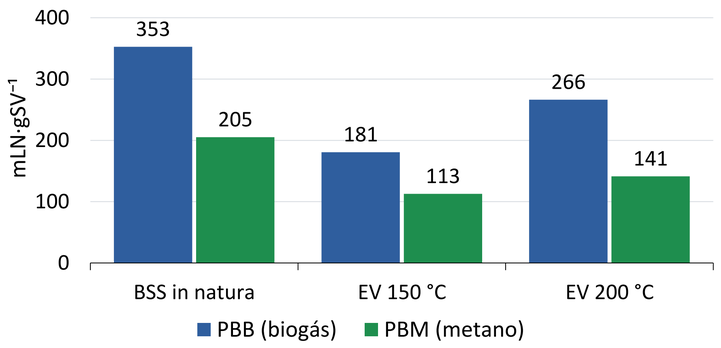
O pulso de EV aumentou em cerca de **50%** o YAF em relação ao processo sem EV, com pico de **72,59 ± 3,30 g/100 g BSS** (EV 200 °C / HAS 260 °C). Severidades elevadas intensificaram a degradação de açúcares em inibidores (furfural, HMF e ácido acético).

Fermentação alcoólica



Os hidrolisados de maior severidade inibiram a levedura (etanol ≤ 0,83 g/L). Os de menor severidade (EAP-RA/EV 150 °C) alcançaram até **6,68 g/L**, com rendimento de até **0,38 g/g** de açúcar consumido (≈ 75% da eficiência teórica). A 200 °C, a correção de pH foi decisiva.

Digestão anaeróbia



O BSS *in natura* teve os maiores potenciais de biogás (**352,56**) e de metano (**205,15 mLN·gSV⁻¹**). A extração removeu a fração solúvel de fácil biodegradabilidade, concentrou a lignina residual e gerou inibidores que reduziram a digestibilidade dos sólidos.

6. CONCLUSÕES

- O pulso de **EV** elevou em cerca de 50% o rendimento de açúcares fermentescíveis (72,59 ± 3,30 g/100 g BSS), à custa de maior geração de inibidores.
- Há um **trade-off** operacional: a severidade que maximiza o fracionamento de açúcares no líquido reduz o valor energético e fermentativo das frações individualmente.
- O etanol chegou a 6,68 g/L (EAP-RA/EV 150 °C) e o BSS *in natura* teve o maior potencial de metano.
- É necessária a **alocação seletiva das correntes** em biorrefinarias, com avaliação técnico-econômica.

Referências: CARNEIRO, S. C. et al. *J. Environ. Chem. Eng.*, v. 13, n. 5, 2025. DRASZEWSKI, C. P. et al. *J. Supercrit. Fluids*, v. 216, 2025. VEZARO, F. D. et al. *Sci. Total Environ.*, v. 959, 2025.

Agradecimentos: PRH/ANP 52, L2B, PPGEQ/UFSM e CPETS/UNIVATES