

## OBTENÇÃO DE PRODUTOS DO RESÍDUO BAGAÇO DE MALTE CERVEJEIRO

PEDRO A. W. DA SILVA<sup>1,2</sup>, JULIA MARTH<sup>3</sup>, ALINE P. DRESCH<sup>2,4</sup>, GUILHERME  
M. MIBIELLI<sup>2,5</sup>, JOÃO P. BENDER<sup>2,6</sup>

### 1 Introdução

Os resíduos lignocelulósicos têm sido amplamente estudados como fontes promissoras para obtenção de produtos de alto valor agregado, devido a sua ampla disponibilidade a um baixo custo, alinhando-se aos princípios da economia circular. Entre esses resíduos, o bagaço de malte cervejeiro destaca-se pelo seu elevado potencial de aproveitamento, especialmente no que se refere à valoração de suas frações proteica e fibrosa (ZEKO-PIVAČ *et al.*, 2022).

Atualmente, o bagaço de malte cervejeiro é o principal coproduto da indústria cervejeira, gerando-se, em média, 14 a 20 kg de bagaço por litro de cerveja produzida, resultando em uma geração anual superior a 39 milhões de toneladas (AGRAWAL *et al.*, 2023). Embora grande parte desse resíduo seja destinada à alimentação de ruminantes (HOADLEY *et al.*, 2023), esse uso representa um baixo valor agregado frente ao potencial bioeconômico dos seus constituintes.

O bagaço de malte é composto majoritariamente por fibras (celulose, hemicelulose) e proteínas, sendo que esta última pode alcançar cerca de 20% de sua composição (HE *et al.*, 2012). Entretanto, o aproveitamento efetivo da fração proteica ainda é limitado, devido à complexidade estrutural da matriz lignocelulósica que dificulta sua separação.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo a separação e isolamento das frações proteica e fibrosa do bagaço de malte cervejeiro, com ênfase na valorização da proteína. Para isso, pré-tratamentos alcalinos com hidróxido de sódio (NaOH) foram empregados visando a desestruturação da matriz lignocelulósica e a solubilização da fração proteica de forma mais acessível.

### 2 Objetivos

Caracterizar o resíduo de bagaço de malte cervejeiro quanto aos teores de umidade, cinzas, extrativos, proteína, lignina, hemicelulose e celulose e empregar rotas químicas de pré-tratamento para isolar a fração proteica e fibrosa do bagaço de malte cervejeiro.

<sup>1</sup> Discente, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó, contato: pedroafonsowurdig@gmail.com.

<sup>2</sup> Grupo de Pesquisa em Processos Enzimáticos e Microbiológicos (GPPEM).

<sup>3</sup> Discente, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó

<sup>4</sup> Mestra, Universidade Federal do Paraná, *campus* Palotina.

<sup>5</sup> Docente, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó.

<sup>6</sup> Docente, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó, **Orientador.**

### 3 Metodologia

O bagaço de malte foi gentilmente cedido por uma cervejaria localizada em Chapecó (SC). Inicialmente, o resíduo foi submetido à secagem a 55°C por 72 horas e, em seguida, moído até atingir partículas com tamanho inferior a 0,60 mm. Posteriormente, a caracterização físico-química do bagaço de malte cervejeiro foi realizada de acordo com os protocolos descritos pelo National Renewable Energy Laboratory (NREL) (SLUITER *et al.*, 2012).

Para separar o conteúdo fibroso e proteico, foram testadas duas massas, de 5 e de 10, com as condições de 0% (controle), 3% e 5% para cada, todas em triplicata. O método adotado foi baseado no estudo de He *et al.* (2019), no qual o bagaço foi pesado em erlenmeyers e misturado com 100 mL da solução preparada. Os frascos foram vedados e submetidos à agitação em shaker a 60°C por 4 horas. Ao término do pré-tratamento, as frações líquida e sólida foram separadas por filtração a vácuo em funil de Buchner utilizando tecido voal e caracterizadas quanto ao teor de fibras pelo método NREL.

A quantificação de proteína na fração sólida foi realizada por meio do método Kjeldahl, conforme descrito por MENEGHETTI (2018). O procedimento baseia-se na digestão da amostra com ácido sulfúrico até que o carbono e hidrogênio sejam oxidados. Após neutralização e destilação, o teor de nitrogênio total foi determinado e, então, convertido em proteína por meio do fator de conversão de 6,25 (CECCHI, 2003).

Na fração líquida, a concentração de proteínas solúveis foi determinada utilizando o método de Bradford (BRADFORD, 1976). A quantificação foi realizada a partir de uma curva padrão elaborada com concentrações conhecidas de Albumina Sérica Bovina (BSA) (0,1 a 1,0 g/L,  $R^2 = 0,9982$ ). Para a quantificação, 10 µL de amostra (diluídas na proporção 1:5 e 1:10) são adicionados em microplacas de 96 poços juntamente com 290 µL do reagente de Bradford. As leituras de absorbância foram realizadas a 595 nm em leitor de microplacas (Modelo Thermo Scientific™ Multiskan GO). A concentração de proteína na amostra foi calculada aplicando-se os valores de absorbância obtidos na equação da curva gerada.

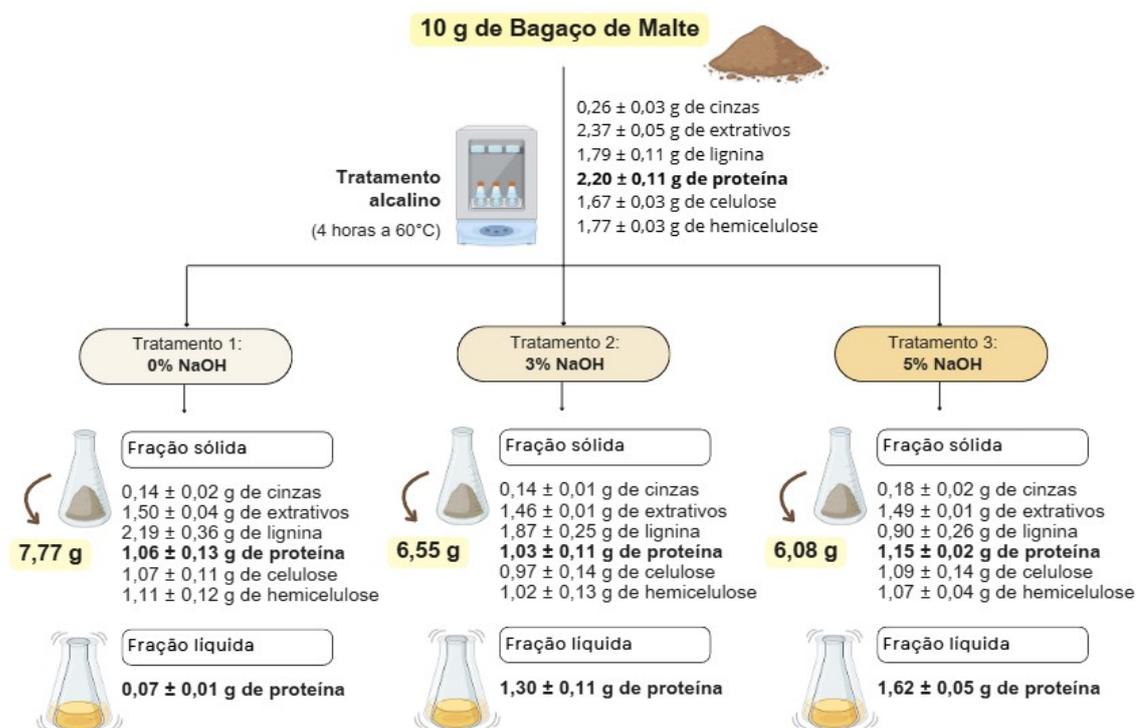
### 4 Resultados e Discussão

A composição inicial do bagaço apresenta concordância com o que é descrito na literatura, como o apresentado por MASSARDI, MASSINI E SILVA (2020), levando em conta que a composição físico-química do resíduo varia entre o tipo de cerveja produzido e as

etapas utilizadas no processo de produção. Assim, a composição do resíduo que compreende a proteína é de 22,0%, próximo aos 20% comumente encontrados na literatura. O mesmo ocorre com as frações de celulose (16,7%) e hemicelulose (17,7%).

Os resultados referentes a caracterização físico-química do bagaço de malte cervejeiro *in natura* e após o processo de pré-tratamento é apresentado na Figura 1. Os ensaios realizados com 5 gramas de bagaço cervejeiro resultaram em quantidades de amostra próximas ao limite de detecção dos métodos analíticos utilizados, o que compromete a precisão dos dados. Por esse motivo, esses resultados não serão discutidos nessa seção.

**Figura 1** – Fracionamento do bagaço de malte cervejeiro após a realização do pré-tratamento alcalino baseado na conversão de 10 g de resíduo.



A análise concentrou-se, portanto, nos ensaios realizados com 10 gramas de bagaço cervejeiro, que forneceram amostras em quantidade adequadas para a posterior caracterização das frações líquidas e sólidas remanescentes. Dos 10 gramas tratados sem adição de NaOH, houve pouca separação de proteína, com apenas 3,18% de recuperação. Por sua vez, nos tratamentos com 3% e 5% de NaOH houve 59,0% e 73,7% de recuperação de proteína total do bagaço de malte, respectivamente. Os resultados indicam que, dentro da faixa de concentração testada, a recuperação de proteína aumenta com a concentração de NaOH. Ambas as condições mostraram recuperação superior à observada no controle (sem adição de

NaOH), evidenciando a eficiência do pré-tratamento alcalino na solubilização proteica. O alto nível de recuperação de proteína pode fazer com o que processo seja válido do ponto de vista econômico, considerando as altas quantidade de resíduo disponíveis que podem servir de matéria-prima para uma grande quantidade de produto proteico.

Em relação à recuperação de conteúdo fibroso (celulose e hemicelulose), o tratamento com 3% de NaOH apresentou uma recuperação de 57,8%, enquanto o de 5% apresentou uma recuperação de 62,8%. Estes resultados sugerem que a utilização de concentrações mais baixas de NaOH pode ser suficiente para preservar a fração fibrosa, o que representa uma vantagem do ponto de vista técnico, econômico e sustentável.

O método de Bradford, embora amplamente utilizado para quantificação de proteínas, possui limitações, como a faixa de detecção (20-2000 mg/L) e a sensibilidade à matriz da amostra. No estudo, amostras diluídas em proporções de 1:5 e 1:10 apresentaram absorbância próximas ao branco, sendo desconsideradas. Dessa forma, é pertinente avaliar outros métodos de quantificação de proteína, como o método de Lowry, por exemplo. Além disso, durante o processo de pré-tratamento ocorrem perdas de massa, que afetam diretamente a composição final da amostra e conseqüentemente o percentual de recuperação de proteína, fazendo com que o balanço total final não seja exato (SCHMIDT *et al.*, 2025).

Além disso, os diferentes produtos gerados pelo pré-tratamento apresentam potencial para aplicações, como na obtenção de xilitol e etanol pós-fermentação do resíduo, produtos proteicos e fibrosos separados da constituição total do bagaço, assim como a farinha de bagaço de malte pode ser utilizada na indústria alimentícia (ASSIS *et al.*, 2024). Em relação ao xilitol, por exemplo, a capacidade de substituir a sacarose como adoçante de alimentos, por alta doçura e menor índice glicêmico, demonstra uma das aplicabilidades práticas de produtos advindos do resíduo bagaço de malte cervejeiro (SCHMIDT *et al.*, 2025). Este aspecto, portanto, pode ser ampliado para a aplicação das proteínas e fibras obtidas na indústria alimentícia, energética, entre outras.

## 5 Conclusão

Os resultados obtidos demonstraram que o pré-tratamento com 5% de NaOH foi o mais eficaz para a solubilização proteica. Por outro lado, em relação à preservação da fração fibrosa (celulose e hemicelulose), os pré-tratamentos testados (3% e 5% de NaOH) apresentaram desempenho semelhante. As taxas de recuperação observadas indicam um elevado potencial de valorização do bagaço cervejeiro por meio de seu fracionamento em

produtos com diferentes composições — proteína solúvel e fibras — o que pode favorecer sua aplicação industrial. Como continuidade da pesquisa, propõe-se o aprofundamento e purificação da proteína presente na fase líquida, visando obter um produto de alto valor agregado que pode ser aplicado em formulações alimentares, farmacêuticas e biotecnológicas.

### Referências Bibliográficas

AGRAWAL, Deepti *et al.* Recycling potential of brewer's spent grains for circular biorefineries. **Current Opinion In Green And Sustainable Chemistry**, [S.L.], v. 40, p.100748, abr. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100748>.

ASSIS, Luzia. *et al.* Potencial de utilização de bagaço de malte na elaboração de iogurte. **Revista Técnica da Agroindústria**, v. 1, n. 1, Artigo 050, 26 jun. 2024

BRADFORD, Marion M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1, p.248–254, 1976. <https://doi.org/10.1006/abio.1976.9999>

CECCHI, Heloísa M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. d. Campinas: Unicamp, 2003.

HE, Yanhong *et al.* Wet fractionation process to produce high protein and high fiber products from brewer's spent grain. **Food And Bioproducts Processing**, [S.L.],v. 117, p. 266-274, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2019.07.011>.

HOADLEY, A. *et al.* Biorefinery Development Based on Brewers' Spent Grain (BSG) Conversion: A Forecasting Technology Study in the Brazilian Scenario. **Biomass 2023, Vol. 3, Pages 217-237**, v. 3, n. 3, p. 217–237, 30 jun. 2023.

MENEGHETTI, Adriana M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise química de plantas, solo e fertilizantes**. Curitiba: UDUTFPR, 252 p. ISBN: 978-85-7014-209-2, 2018.

SCHMIDT, Aline Ruth. *et al.* Impact of Oxalic Acid Pretreatment on the Solubility and Fermentability of Hemicelluloses in Brewer's Spent Grain. **Industrial Biotechnology**, ahead of print, 2025. <http://dx.doi.org/10.1089/ind.2024.0045>

SLUITER, Amie *et al.* **Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass: Laboratory Analytical Procedure (LAP) (Revised August 2012)**. Disponível em: [http://www.nrel.gov/biomass/analytical\\_procedures.html](http://www.nrel.gov/biomass/analytical_procedures.html).

ZEKO-PIVAČ, Andela. *et al.* The Potential of Brewer's Spent Grain in the Circular Bioeconomy: State of the Art and Future Perspectives. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 10, p. 870744, 17 jun. 2022

**Palavras-chave:** Resíduo lignocelulósico; Proteína; Pré-tratamento alcalino.

**Nº de Registro no sistema Prisma:** PES 2024-0246

**Financiamento:**