

EXTRAÇÃO, SEPARAÇÃO E SECAGEM DA PROTEÍNA DO BAGAÇO DE MALTE

**PEDRO A. W. DA SILVA^{1,2}, ALINE P. DRESCH^{2,3}, GUILHERME M. MIBIELLI^{2,4},
JOÃO P. BENDER^{2,5}**

1 Introdução

A necessidade de utilizar materiais lignocelulósicos está interligada à crescente demanda por fontes renováveis de energia e por insumos industriais. Essa necessidade, aliada aos princípios da economia circular, abre espaço para o uso de biomassas residuais, incluindo o bagaço de malte. As vantagens do uso do bagaço de malte incluem a grande disponibilidade, o baixo custo e o potencial de valorização de seus constituintes, especialmente a fração proteica, foco do presente trabalho.

Conhecido como o principal coproduto da indústria cervejeira, seu volume anual de geração chega a 39 milhões de toneladas ao redor do mundo (AGRAWAL, 2023). Sendo composto por frações de celulose, hemicelulose e lignina, o bagaço de malte possui um potencial de aproveitamento que depende da quebra da matriz que entremeia essas frações, as quais podem conter conteúdo significativo de proteína (TOMBINI *et al.*, 2021). Tanto na dissociação dos açúcares da glicose e da hemicelulose quanto na degradação da lignina, o uso de vias de pré-tratamento é amplamente difundido para facilitar esses processos.

Assim, dentre uma gama de tratamentos físicos, químicos e biológicos, escolheu-se a via de tratamento alcalino com hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de 5% (m/v). Além disso, em associação ao tratamento alcalino, foram testadas diversas condições de tratamento, como agitação em shaker (60 °C) por 2 e 4 h, banho ultrassônico com agitação mecânica e pré-tratamento em autoclave seguido de banho ultrassônico visando avaliar o potencial de recuperação proteica do bagaço de malte.

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

² Grupo de Pesquisa em Processos Enzimáticos e Microbiológicos (GPPEM).

³ Mestra, Universidade Federal do Paraná, *campus* Palotina.

⁴ Doutor, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó.

⁵ Doutor, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Chapecó, **Orientador.**

2 Objetivos

Empregar rotas químicas e físicas de pré-tratamento para isolar a fração proteica da biomassa de bagaço de malte cervejeiro.

3 Metodologia

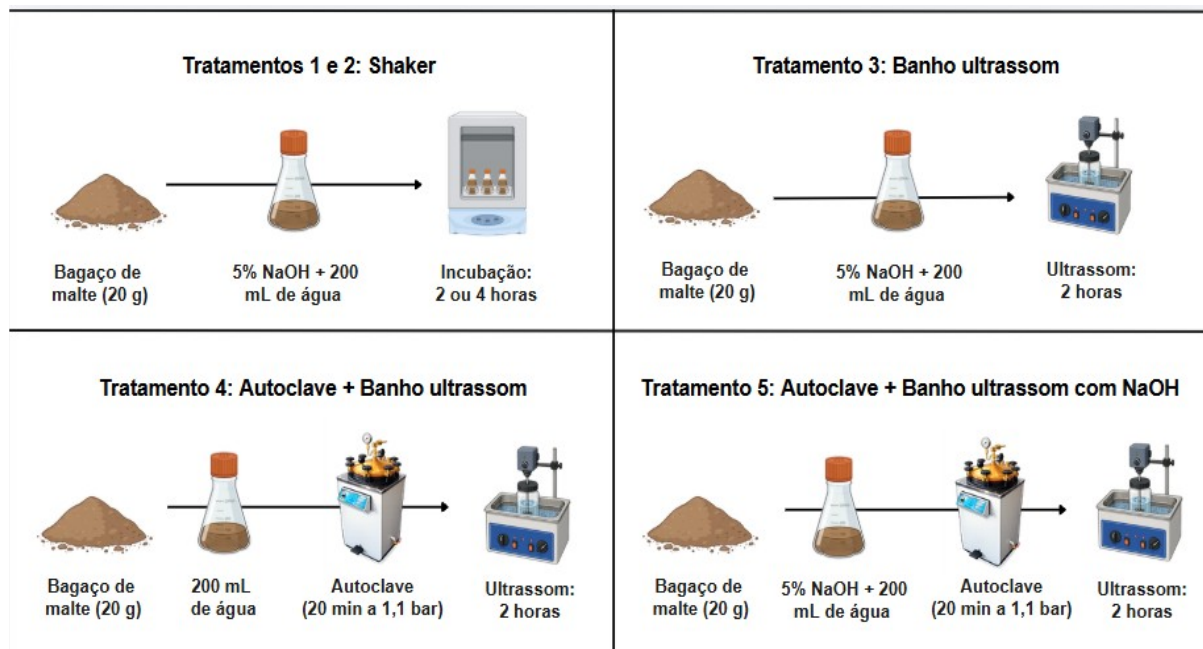
O bagaço de malte, cedido por uma cervejaria localizada em Chapecó (SC), foi previamente submetido à secagem a 55 °C por 72 h e moído até atingir granulometria inferior a 0,60 mm. A caracterização físico-química da biomassa *in natura* também foi realizada previamente, seguindo os protocolos descritos pelo National Renewable Energy Laboratory (NREL) (NREL/TP-510-42618) (SLUITTER *et al.*, 2012).

Visando identificar uma condição de pré-tratamento que facilitasse a solubilização da proteína presente no bagaço de malte, testaram-se cinco condições diferentes de pré-tratamento, conforme a Figura 1. Todas as condições foram realizadas em triplicata, em erlenmeyers devidamente tampados, na razão sólido-líquido de 1:10, ou seja, 20 g de bagaço de malte seco em 200 mL de solução.

Os tratamentos 1 e 2 foram realizados em shaker a 60 °C, 200 rpm, com adição de 5% (m/v) de NaOH (massa de NaOH por massa de bagaço seco) por um período de duas a quatro horas, respectivamente. Para o tratamento 3, empregou-se a mesma quantidade de NaOH que nos tratamentos 1 e 2; contudo, realizou-se em banho ultrassônico (40 kHz/250 W) por 2 horas, combinado com agitação mecânica a 200 rpm a 60 °C. O único teste conduzido sem NaOH foi o tratamento 4, que consistiu no uso da autoclave a 1,2 bar por 20 minutos, seguido de banho ultrassônico combinado com agitação mecânica a 200 rpm e 60 °C por 2 horas. Por fim, o tratamento 5 testou as mesmas condições do tratamento 4, porém com a adição de 5% (m/v) de hidróxido de sódio. Cabe salientar que os testes, incluindo os com NaOH, utilizaram uma amostra composta apenas por água, que serviu de controle no experimento.

A quantificação de proteínas solubilizadas na fração líquida foi realizada pelo método de Bradford (BRADFORD, 1976). Neste método, elabora-se uma curva padrão de absorbâncias com concentrações conhecidas de albumina sérica bovina (BSA) (0,1 a 1,0 g/L). As amostras foram analisadas em uma microplaca de 96 poços, com 10 µL de amostra e 290 µL do reagente de Bradford comercial. A placa foi lida a 595 nm em um leitor de microplacas, e a concentração de proteína foi calculada a partir da equação da curva padrão obtida.

Figura 1. Pré-tratamentos empregados na solubilização da proteína do bagaço de malte.



4 Resultados e Discussão

Os resultados da caracterização do bagaço de malte cervejeiro são apresentados na Tabela 1, enquanto os efeitos dos diferentes pré-tratamentos sobre a solubilização e a recuperação da proteína são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 – Caracterização físico-química do bagaço de malte cervejeiro em base seca.

Composição química (%)					
Cinzas	Extrativos	Lignina Total	Proteína	Celulose	Hemicelulose
2,60 ± 0,26	23,70 ± 0,47	17,91 ± 1,10	22,03 ± 1,12	16,74 ± 0,25	17,71 ± 0,22

Tabela 2 – Efeito dos diferentes pré-tratamentos na concentração e recuperação de proteínas.

Tratamento	Condição experimental	Concentração de proteína		Recuperação
		(g/L)	(g proteína/g biomassa)	
1	Shaker (2 h) + NaOH	12,75 ± 0,85	0,13 ± 0,01	58,00%
2	Shaker (4 h) + NaOH	12,42 ± 1,80	0,12 ± 0,02	56,50%
3	Ultrassom + NaOH	4,89 ± 0,44	0,10 ± 0,01	44,50%
4	Autoclave + ultrassom	0,00	0,00	0,00%
5	Autoclave + Ultrassom + NaOH	16,11 ± 0,82	0,16 ± 0,01	73,20%

Os rendimentos foram calculados com base na quantidade de proteína (2,2 g) obtida na caracterização do bagaço de malte, apresentada na Tabela 1. Em todos os parâmetros, percebe-se que tanto os piores quanto os melhores resultados estão relacionados aos tratamentos que associaram autoclave e ultrassom. A diferença está na presença do hidróxido de sódio, que, quando adicionado, resultou em um rendimento superior (73,20%). Entretanto, apenas na presença de água não foi possível solubilizar nenhuma quantidade detectável de proteína, o que resultou no pior rendimento (0,00%) entre os cinco tratamentos.

Em relação aos tratamentos realizados no shaker, os rendimentos foram muito semelhantes, com 58,00% em 2 h e 56,50% em 4 h. Assim, neste caso, o aumento do tempo de tratamento não teve efeito na solubilização da proteína, o que pode significar a possibilidade de utilizar o menor tempo, sem prejuízo nos resultados.

O tratamento realizado apenas com ultrassom com hidróxido de sódio apresentou rendimento intermediário (44,50%), indicando que a associação do método à autoclave tem resultados positivos, como o rendimento de 73,20% supracitado. A associação dos métodos permite que a matriz lignocelulósica seja atingida de formas diversas dentro da mesma rota de tratamento, o que pode explicar o rendimento maior do tratamento 5.

5 Conclusão

Os resultados obtidos demonstraram que o pré-tratamento que integrou a utilização de NaOH (5%, m/v), a autoclave e o banho de ultrassom por duas horas apresentou os melhores resultados, com rendimento proteico de 73,20%. Percebe-se também que a ausência de hidróxido de sódio impede a solubilização da proteína, mesmo que as outras etapas do pré-tratamento sejam mantidas.

Além disso, os testes realizados com o shaker demonstraram que não há necessidade de prolongar o tempo de pré-tratamento para além de duas horas nesse método. Dessa forma, com os rendimentos obtidos, comprova-se o elevado potencial de valorização do bagaço de malte por meio de seu fracionamento em um produto rico em proteínas, de alto valor agregado. Demonstrando, dessa maneira, a possibilidade de integrar a valorização econômica aos princípios da economia circular.

Referências Bibliográficas

AGRAWAL, D *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>

BRADFORD, M. 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>.

SLUITER, A. *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.

TOMBINI, C. *et al.* **Utilização do bagaço de malte na alimentação humana: revisão sistemática da literatura**. Ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas áreas das engenharias 2. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. cap. 16, p. 160-172. E-book. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.88020220916>.

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

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2025-0269

Financiamento

