

---

## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO COPRODUTO BAGAÇO DE MALTE

DANIEL L. F. CARVALHO<sup>1\*</sup>, ANA FLÁVIA M. SANTANA<sup>2</sup>, JOSÉ ROBERTO D. FINZER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Uberaba, Iniciação Científica em Engenharia Química

<sup>2</sup>Universidade de Uberaba, Programa de Mestrado em Engenharia Química

\*e-mail: danielfolador@edu.uniube.br

**RESUMO** – O bagaço de malte, popularmente conhecido com este nome, é um dos coprodutos gerados pela indústria cervejeira, além de ser o subproduto mais abundante que surge durante esse processo, possui grande potencial de aproveitamento em outros ramos industriais. Diante disso, diferentes formas de aproveitar esse material precisam ser avaliadas. O objetivo desse estudo é realizar a análise granulométrica do bagaço de malte moído, pois essa análise possibilita identificar características como a distribuição granulométrica que futuramente podem ser usadas para auxiliar na formulação de novos produtos que atendam requisitos como textura, sabor e entre outras.

### INTRODUÇÃO

A cerveja, talvez seja a bebida mais popular na atualidade, a sua produção e consumo tem origem de milhares de anos, o progresso tecnológico possibilitou o aumento de produção e por consequência o consumo.

A cerveja é uma bebida que é fermentada a partir do amido contido no malte e aromatizada com lúpulo. Esta simples definição engloba os quatro ingredientes essenciais utilizados na fabricação de cerveja: água, malte, lúpulo e fermento (Keukelerie 2000).

De acordo com Rosa et al. (2006), o cenário econômico desenvolvido no Brasil teve grande impacto no avanço das indústrias de bebidas. A cerveja, uma bebida fermentada, se destaca pelo baixo custo de produção e uma crescente ampliação no mercado de bebidas. (Venturini Filho, 2010)

A cerveja do tipo pilsen se sobressai como uma das variedades mais conhecida e apreciada no mundo, sendo a mais escolhida pelos brasileiros. Sua notoriedade se deve ao sabor leve e suave, além do baixo teor

alcoólico, que varia entre 3% e 5%. No âmbito brasileiro, a cerveja tipo pilsen é a predominante no mercado e representa aproximadamente 98% do consumo total. As demais categorias como Bock, Light, Malzbier e Stout representam 2% restantes, segundo dados do Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja (Sindicerc, 2023).

Sendo Venturini Filho (2010) o termo malte reporta a matéria-prima derivada da germinação de qualquer cereal tal como, cevada, arroz, milho, trigo, aveia, sorgo, dentre outros. No geral, é possível maltear qualquer cereal, mas é preciso levar em consideração o valor econômico e potencial diastático.

Na fabricação de cervejas, o malte utilizado no processo, geralmente é derivado da cevada, uma gramínea que pertence ao gênero *Hordeum*. A primeira camada, denominada da palha, é retirada durante o processo. Enquanto as outras camadas agregadas ao grão, denominados casca, cumprem um papel importante na técnica cervejeira.

Os grãos da cevada são armazenados em silos, após a colheita, onde são obtidas as

condições ideais de temperatura e umidade antes de serem enviados à malteação, onde será transformada a cevada em malte. O processo cria condições ideais de germinação, controlando temperatura, umidade e aeração. Além disso, é interrompido a etapa de germinação assim que o grão inicia a formação de uma nova planta. Nessa fase pós germinação o amido presente no grão malteado torna-se menos duro e mais solúvel, além disso, o malte possui enzimas no grão que são importantes para o processo cervejeiro.

O bagaço de malte é um coproduto de baixo custo e possui potencial alimentício, é produzido após a etapa de mosturação. Representa 85% do total de coprodutos gerados nas cervejarias, aproximadamente 20 kg úmidos são obtidos a cada 100 litros de cerveja produzida (Mussatto et al, 2006)

O bagaço de malte é bastante fibroso (70% de massa seca) e proteico (15% a 25% massa seca), composto também por lipídeos, minerais, vitaminas, aminoácidos e fenólicos. Esse coproduto tem muitas aplicações, como: alimentação e nutrição animal e humana; produção de energia pela queima ou; produção de biogás pela fermentação anaeróbica; material adsorvente em processos químicos; obtenção de subprodutos por fermentação e cultivo de microrganismos; dentre outros (Aliyu e Bala, 2011)

### Coleta das amostras

A coleta das amostras de bagaço de malte Figura (1) foi realizada na cidade de Uberaba-MG, nos meses junho e julho de 2023, na cervejaria Petrópolis. As amostras foram coletadas de dornas do Silo 1, malte do tipo Pilsen, que se produz a cerveja estilo Pilsen, sem a presença de outros adjuntos: Figuras 1 e 2).

Vários constituintes, usados na produção da cerveja, técnicas empregadas pela cervejaria, origem dos grãos de cevada e adição de ingredientes, como milho, arroz, aveia e trigo, desempenham um papel fundamental na formulação final desse subproduto (Velasco et al.,2009).



Figura 1: Local de coleta em silos cilíndricos de amostra do bagaço de malte na cervejaria Petrópolis, unidade Uberaba-MG



Figura 2: Amostra úmida do bagaço de malte

### Secagem das Amostras

As amostras foram secas utilizando a estufa Quimis®, modelo B242 e estufa Fanem®, modelo 520 Figura (3), à uma temperatura de 105°C por um período de 3 (três) horas. Isso teve como finalidade de se retirar o máximo de umidade, para melhor conservação e armazenamento do bagaço.

Para realização das análises foram utilizados três lotes distintos de bagaço de malte (A1, A2, A3), porém todos com a mesma característica, proveniente do malte estilo Pilsen. A intenção, foi a caracterização do coproduto.



Figura 3: Estufa Quimis® à 105°C, (B242) à esquerda e estufa Fanem® à 105°C, à direita, instalado no laboratório de Operações Unitárias, Bloco E, UNIUBE Campus Aeroporto



Figura 4: Amostras do bagaço de malte secas na estufa à 105°C.

### Quarteamento da Amostras Secas de Resíduo

Para obter uma amostra final, é preciso dividir a amostra primária em alíquotas menores. Essa operação é denominada quarteamento, segundo Oliveira et. al (2007). A etapa consiste em divisão sucessiva de uma amostra em duas partes iguais, representando a amostra total. Uma das partes continuará a ser analisada, enquanto a outra parte será armazenada como amostra de reserva/contraprova para caracterização/análise futura, conforme Figura (5). Essa metodologia permite que diversas análises sejam realizadas com maior eficiência e homogeneização. Pode ser realizada manualmente, iniciando o processo com um formato de uma pilha cônica.



Figura 5: Etapa de quarteamento em amostras secas de resíduo bagaço de malte.

### Moagem das Amostras Secas

Foi realizada a moagem em um moinho de facas da Marconi® modelo MA 600, Figura (6), com potência de 700 watts, obtendo-se assim, um pó natural, proveniente do resíduo bagaço de malte já seco (Figura 7).



Figura 6: Moinho de facas da Marconi® (MA 600), instalado no laboratório de Operações Unitárias, Bloco E, UNIUBE Campus Aeroporto.



Figura 7: Bagaço de malte após a moagem

### Análise Granulométrica, Série Peneiras Tyler

A análise granulométrica consiste na determinação da distribuição de tamanhos de uma amostra de partículas. Para isso, foi utilizada a análise usando uma série de peneiras Tyler com as peneiras 14, 24, 35, 60 e o prato coletor para matéria seca moída.

Foi utilizado o agitador eletromagnético da Tecnal®, modelo B-AGIT Bertel, Figura (8) para efetuar a separação das partículas nas peneiras. Adotou-se um tempo de cinco minutos, a uma escada de intensidade de vibração igual a oito.



Figura 8: Agitador eletromagnético da Tecnal®, modelo B-AGIT Bertel, instalado no laboratório de Operações Unitárias, Bloco E, UNIUBE Campus Aeroporto.

Foi determinado o tamanho para amostras secas moídas (MSM), conforme Figura (9), do resíduo de bagaço de malte. Foram usadas 10 g a 11 g de amostra.



Figura 9: Série Peneiras Tyler 14, 24, 35, 60 com amostras de pó de malte retidas (MSM).

### Extrapolação

Segundo Montgomery (2012), extrapolar é o processo de prever ou estender valores além do alcance dos dados amostrais. Processo contrário a interpolação, que estima valores nos dados já conhecidos, a extrapolação faz a projeção dos valores para além dos dados. Utilizada para fazer previsões ou estimativa para situações futuras com base nos padrões ou tendências dos dados obtidos. A Equação (1) possibilita a realização da extrapolação. P consiste na porcentagem de amostra retida em uma peneira específica e do tamanho das partículas referentes à abertura de peneiras.

$$P = kd^n \quad (1)$$

A linearização da função de potência Equação (1), fornece:

$$\log(P) = n \log(d) + \log(k) \quad (2)$$

Para determinar o valor de n da equação (2), utiliza-se a Equação (3)

$$n = \frac{(\log P_2) - (\log P_1)}{(\log d_2) - (\log d_1)} \quad (3)$$

Obtém-se K usando d igual a 1 (ver a Figura 10, e substituindo os parâmetros na Equação (2) tem-se a Equação (4).

$$P = 1,471 \cdot d^{-1,777} \quad (4)$$

Com a equação (4) é possível extrapolar o diâmetro da abertura e da fração mássica

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando a Tabela (1), a peneira de Mesh igual à 60, com abertura da malha de 250µm, ficou retida a maior porção de amostra, 6,61g, (MSM)

Tabela 1: Amostra A1 de bagaço seca de malte (MSM)

Tyler Mesh	Di (mm)	Massa Retida	Fração Mássica (%)
14	1,180	0,17	1,80
24	0,710	1,23	13,06
35	0,425	2,46	26,11
60	0,250	2,56	27,18
Prato	-	3,00	31,85
Total	-	9,42	-

Fonte: Autores, (2023)

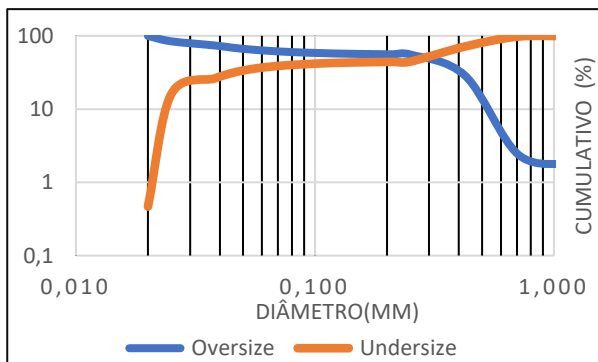


Figura 10: Representação da distribuição cumulativa *undersize* versus tamanho das partículas.

Tabela 2: Amostra A1 com resultados extrapolados

Peneiras Tyler	Fração Mássica (%)	Oversize	Underzise
14	1,805	1,805	98,195
24	0,573	2,378	97,622
35	26,115	28,492	71,508
60	27,176	55,669	44,332
65	0,231	55,900	44,100
80	0,310	56,210	43,790
100	0,428	56,638	43,362
115	0,592	57,230	42,770
150	0,794	58,024	41,976
170	1,062	59,085	40,915
200	1,468	60,553	39,447
250	2,001	62,554	37,446
270	2,720	65,274	34,726
325	3,638	68,912	31,088
400	4,913	73,825	26,175
500	10,339	84,163	15,837
635	15,370	99,534	0,446

Fonte: Autores, (2023)

Conforme a Figura (10), os dados da representação cumulativa (*undersize*) tendem a se localizar sobre uma linha reta sobre uma ampla faixa de tamanhos, de 0,02 a 0,25 mm.

## CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O bagaço de malte, coproduto da indústria cervejeira, tem grande potencial de se tornar um produto de valor agregado. Uma análise de caracterização das partículas é indispensável, pois o diâmetro influenciará em aspectos físico e químicos, e consequentemente na característica final na geração de novos produtos. Muitas vezes se torna difícil e trabalhoso, realizar uma análise manual e sujeita a erros. Por isso o uso de ferramentas estatísticas e matemáticas se tornam extremamente valioso.

## NOMENCLATURA

**Di** Diâmetro

**MSI** Matéria seca inteira

**MSM** Matéria seca moída

## REFERÊNCIAS

- ALIYU, S.; BALA, M. (2011) Brewer's spent grain: A review of its potentials and application. *African Journal of Biotechnology*, v. 103, n.3, p. 324-331, 2011.
- KEUKELEIRE, D. (2000), *Fundamentals of Beer and Hop Chemistry*. *Química Nova*, 23, 108-112.
- MONTGOMERY, D. C., PECK, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis*. John Wiley & Sons
- ROSA, S.E.S.; COSENZA, J.P.; LEÃO, L.T.S. (2006), *Panorama do setor de bebidas no Brasil*, BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 23, p. 101-150.
- SINDICADO NACIONAL DA INDUSTRIA DE CERVEJA SINDCERV. Disponível em <<https://www.sindicerv.com.br/>>. Acessado em: 17 de outubro de 2023
- S.I. MUSSATTO ET AL. (2006) Brewers' spent grain. Generation characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*
- VENTURINI FILHO, WALDEMAR GASTONI. *Bebidas alcoólicas*. 1. Ed. São Paulo: Blucher, 2010. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 29 set. 2023

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à UNIUBE (Universidade de Uberaba); à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais); À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), e ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio disponibilizado para o desenvolvimento deste estudo.