Estratégias de produção de cervejas com baixo teor de carboidratos e aprovação diabética

DOI: 10.5281/zenodo.17507241

Sara Oliveira de Teixeira de Moraes,[a] Mariana Moura Moutinho,[b] Thiago Antonio da Fonseca,[a] Vitória Domenick G. R. M. Trovão[a] e Grace Ferreira Ghesti[b*]

The growing market for diabetic-friendly beers has driven the development of innovative brewing techniques to reduce residual carbohydrates. This study explores strategies for producing low-carbohydrate beers, including the use of alternative grains, cold mashing, isothermal mashing, and genetically modified yeasts. The results demonstrated that replacing traditional barley malt with sorghum reduces fermentable sugars, as does the cold mashing method; isothermal mashing produces beers with <0.75% residual sugars; and modified Saccharomyces cerevisiae yeast strains improve the handling of the non-fermentable sugar dextrin.

O crescente mercado de cervejas adequadas para diabéticos tem impulsionado o desenvolvimento de técnicas inovadoras de produção para reduzir carboidratos residuais. Este estudo investiga estratégias para a produção de cervejas com baixo teor de carboidratos, incluindo o uso de grãos alternativos, mosturação a frio, mosturação isotérmica e leveduras geneticamente modificadas. Os resultados demonstraram que a substituição do malte de cevada tradicional por sorgo reduz os açúcares fermentáveis, assim como o método de mosturação a frio; a mosturação isotérmica produz cervejas com <0,75% de açúcares residuais; e linhagens modificadas de Saccharomyces cerevisiae melhoram o processamento da dextrina, um açúcar não fermentável.

[a]*Universidade de Brasília (UnB). Campus Darcy Ribeiro. Instituto de Química (IQ/UnB).*
[b]*Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, Instituto de Química (IQ/UnB), Laboratório de Bioprocessos, Materiais e Combustíveis.*
**E-mail: labccerva@gmail.com*

Palavras-chave: cerveja; diabetes; carboidratos residuais; brassagem a frio; leveduras modificadas.

Recebido em 20 de agosto de 2025,
Aprovado em 29 de outubro de 2025,
Publicado em 03 de novembro de 2025.

Introdução

A cerveja é uma das bebidas alcoólicas mais consumidas no mundo. Entretanto, seu consumo exige cautela em um contexto de saúde global onde a prevalência de condições metabólicas é crescente.

De acordo com o *International Diabetes Federation* (IDF) *Diabetes Atlas* (2025), estima-se que 589 milhões de adultos (1 em cada 9) viviam com diabetes em 2024. Para esses indivíduos, o consumo de cerveja tradicional pode exigir cautela devido ao teor de carboidratos e ao consequente impacto na glicemia.[1,2]

Respondendo a essa demanda, o mercado de produtos funcionais tem se expandido significativamente. O mercado global de cervejas com baixo teor de carboidratos ("*low-carb*"), por exemplo, atingiu 9,8 bilhões de dólares em 2024 e é impulsionado pela maior conscientização dos consumidores sobre saúde.[3] Esse cenário tem impulsionado o desenvolvimento de formulações com baixo ou nenhum teor de carboidratos.

O desafio tecnológico reside no processo cervejeiro tradicional. Nas cervejas obtidas por métodos convencionais, a mosturação converte o amido dos grãos (majoritariamente cevada) em açúcares fermentáveis, como maltose e maltotriose. Durante a fermentação, esses açúcares são metabolizados pelas leveduras, produzindo etanol e dióxido de carbono. Contudo, uma fração de carboidratos complexos, como as dextrinas, não é totalmente fermentada e permanece na bebida como carboidratos residuais. São esses açúcares residuais que podem contribuir para o aumento da glicemia em pessoas com diabetes.[4]

Em contrapartida, as cervejas com baixo impacto glicêmico apresentam teor de açúcares residuais reduzido ou totalmente eliminado por meio de estratégias específicas de produção. Entre essas estratégias estão a substituição dos grãos utilizados na malteação, o uso de técnicas de brassagem diferenciadas (como a *cold mash* e a mosturação isotérmica) e o emprego de leveduras com maior capacidade fermentativa, incluindo cepas geneticamente modificadas.[4-6]

O objetivo deste trabalho é discutir algumas dessas estratégias, destacando métodos para reduzir o teor de carboidratos e viabilizar a produção de cervejas com baixo impacto glicêmico, mais seguras para pessoas com diabetes.

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido como uma triagem prospectiva, com o objetivo de reunir e discutir evidências científicas sobre estratégias tecnológicas voltadas à redução do teor de carboidratos em cervejas e à produção de bebidas de baixo impacto glicêmico.

A busca bibliográfica foi conduzida nas bases de dados ScienceDirect®, Scopus®, e Google Scholar®, abrangendo o período de 1980 a 2024. Utilizaram-se como descritores, em português e inglês, os termos: *"*cerveja com baixo teor de carboidratos", "cerveja para diabéticos", "*low-carbohydrate beer*", "*mashing techniques*", "*isothermal mashing*", "*cold mash*", "*brewing yeast*" e "*yeast modification*".

Foram incluídos artigos originais, revisões e comunicações científicas que abordassem métodos de redução de carboidratos em processos cervejeiros, tais como:

- substituição de grãos tradicionais por alternativas com menor teor de amido;
- aplicação de técnicas diferenciadas de mosturação (*cold mash* e mosturação isotérmica);
- utilização de enzimas exógenas, como glucoamilase;
- e uso de leveduras com alta capacidade fermentativa ou modificadas geneticamente.

Foram excluídos trabalhos sem revisão por pares, publicações voltadas apenas a análises sensoriais e fontes sem detalhamento metodológico.

Após a seleção, os estudos foram analisados de forma descritiva e comparativa, identificando as principais abordagens tecnológicas, suas vantagens e limitações, bem como as perspectivas para a produção de cervejas com menor impacto glicêmico.

Resultados e discussão

A triagem prospectiva evidenciou que diversas estratégias tecnológicas vêm sendo desenvolvidas para reduzir o teor de carboidratos em cervejas, com o objetivo de tornar seu consumo mais seguro para pessoas com diabetes. Dessa forma, os estudos analisados indicam que as principais abordagens envolvem modificações na composição do mosto, no processo de mosturação e na fermentação. De modo geral, essas estratégias podem ser agrupadas em quatro categorias principais:

(1) uso de grãos alternativos à cevada tradicional, visando diminuir a proporção de açúcares fermentáveis;
(2) ajustes nas condições de brassagem, como as técnicas de *cold mash* e mosturação isotérmica;
(3) adição de enzimas exógenas, que promovem uma conversão mais completa do amido; e
(4) emprego de leveduras com maior capacidade fermentativa, incluindo cepas geneticamente modificadas.

Nos tópicos a seguir, são discutidos os principais resultados relatados em estudos representativos de cada categoria, destacando-se as vantagens, limitações e potenciais aplicações industriais dessas técnicas.

Uso de grãos alternativos

A cevada é o grão mais tradicionalmente utilizado na malteação para a produção de cerveja. Sua escolha está relacionada à proporção adequada entre amido e proteínas, além da elevada atividade enzimática durante a mosturação. Contudo, nem todos os carboidratos presentes no malte são fermentados, e a presença de açúcares residuais pode ocasionar hiperglicemia em indivíduos com diabetes.[1]

A substituição do malte tradicional da cevada por grãos com menor teor de amido é uma alternativa para a produção de cerveja voltada para diabéticos. As opções de substituição que se destacam são sorgo, milho e arroz. O menor teor de açúcares fermentáveis desses grãos favorece a produção de uma cerveja final com menor teor de açúcares residuais.[7]

Pesquisadores do Cazaquistão estudaram a aplicação do sorgo como matéria-prima para a produção de mosto com baixo grau de digestão, ou seja, baixa proporção de açúcares fermentáveis, como maltose, glicose e maltotriose.[4] O trabalho analisou a resposta de duas variedades de sorgo como matéria-prima não malteada, combinadas com malte Pilsen em diferentes proporções (95:5 até 50:50).

Também foram testadas o efeito de diferentes razões malte/água (de 1:3 a 1:7) e dois regimes de brassagem com temperaturas e pausas específicas para inibir a ação das enzimas amilolíticas. Os resultados indicaram a produção de uma cerveja com apenas 25,89% de açúcares fermentáveis e

79% não-fermentáveis. Como consequência do menor teor de açúcares e menor poder fermentativo, o teor alcoólico final estimado foi de até 0,5%. O desenvolvimento do estudo é especialmente interessante para a produção de cervejas de baixo impacto glicêmico.

Brassagem a frio

A técnica de brassagem a frio, do inglês *cold mash*, consiste em realizar a hidrólise enzimática do amido do malte em baixas temperaturas, em torno de 10 °C, por períodos de mosturação mais longos. Essa técnica resulta em uma menor extração de açúcares fermentáveis devido à menor atividade enzimática e em um mosto com menor teor de carboidratos.

Essa técnica é comumente empregada para obtenção de cervejas sem álcool e de baixo teor alcóolico com característica sensoriais semelhantes às de cervejas tradicionais e vem sendo recentemente ampliada para a produção de cervejas com teor reduzido de carboidratos.

Diante da busca pela obtenção de um mosto cervejeiro com baixo teor de carboidratos, o grupo de pesquisa Dalberto; Niemes; Da Rosa propuseram um estudo da composição e das características físico-químicas do mosto cervejeiro com a técnica de cold mash.[5]

O estudo concentrou-se apenas na etapa de brassagem (*mashing*), sem incluir lúpulo, fermentação ou maturação.

Foram utilizados maltes Pilsner e Caraamber. A técnica de *cold mash* foi aplicada em diferentes condições de tempo (12 e 24 horas) e temperatura (7 °C e 9 °C), e os mostos obtidos foram analisados quanto a cinco parâmetros físico-químicos: teor de extrato (°Bx), pH, acidez total, cor (EBC) e teor de proteínas.

Foi utilizado também um planejamento fatorial 2^2 para investigar a significância dos fatores. Com isso, obteve-se um teor de extrato que variou de 5,0 a 6,8 °Bx, sendo valores inferiores ao mosto tradicional (11-12 °Bx), indicando menor concentração de carboidratos e menor teor alcóolico.[5]

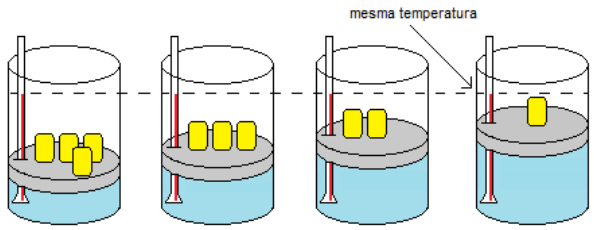
Brassagem isotérmica

Diferentemente da brassagem a frio, a mosturação isotérmica, do inglês *isothermal mashing*, busca otimizar a hidrólise enzimática a temperaturas de 70 °C, com a adição de glucoamilase. A glucoamilase é uma enzima que hidrolisa tanto ligações α-1,4 quanto β-1,6 em carboidratos, convertendo-os em glicose e garantindo uma hidrólise total do amido em açúcares fermentáveis. À temperatura de mosturação constante de 70 °C, há a ação simultânea das α-amilase naturais do malte e da glucoamilase termoestável adicionada.[6]

Um método de preparo eficiente para produzir cervejas com baixo teor de carboidratos por mosturação isotérmica em alta temperatura com a adição de glucoamilase foi proposto por S. L. Matthews.[7] O estudo realizou mosturações isotérmicas a 70°C com glucoamilase variando pH, teor de cálcio, taxa de ação da enzima e tempo de conversão. Foram avaliados a fermentabilidade real do mosto, perfil de carboidratos, nitrogênio livre e viscosidade. Os resultados obtidos indicaram que houve hidrólise completa dos carboidratos com tempo de mosturação de 90 - 120 minutos.

Além disso, o processo produziu cervejas com menos de 0,75% de carboidratos residuais e teor alcoólico de ~5,5% (v/v), concluindo que a mosturação isotérmica é eficiente para produzir cervejas com baixo teor de carboidratos.

Figura 1. Exemplo de como é o comportamento da pressão e do volume a temperatura constante em uma transformação isotérmica. Extraído da referência 12.



Adição de enzimas exógenas

Uma das estratégias tecnológicas mais estabelecidas e eficientes para a redução de carboidratos residuais, muitas vezes combinada com as outras abordagens citadas, é o uso de enzimas exógenas.

Conforme mencionado, o processo de mosturação tradicional deixa uma fração significativa de carboidratos não fermentáveis, principalmente dextrinas, devido à incapacidade das enzimas naturais do malte (α e β-amilases) de hidrolisar as ligações α-1,6 da amilopectina. Para solucionar isso, a indústria utiliza enzimas microbianas que promovem uma sacarificação (quebra de amido) muito mais completa.

A principal enzima empregada é a amiloglucosidase (AMG), ou glucoamilase. Sua vantagem crucial é a capacidade de hidrolisar tanto as ligações α-1,4 (lineares) quanto as ligações α-1,6 (pontos de ramificação). A AMG atua

sequencialmente nas extremidades das moléculas de dextrina, quebrando-as completamente em unidades de glicose, um açúcar 100% fermentável. O resultado é um mosto com altíssimo grau de fermentabilidade.[9]

Para otimizar a eficiência, a AMG é frequentemente usada em sinergia com a pululanase, uma enzima desramificadora que ataca especificamente as ligações α-1,6. A pululanase possibilita uma abertura na estrutura das dextrinas complexas, facilitando o acesso da AMG e das α-amilases às cadeias lineares, acelerando a conversão total.

A aplicação dessas enzimas (seja na mosturação, como no método isotérmico, ou até mesmo na fermentação) permite a produção de cervejas com atenuação quase total, resultando em produtos com teor de carboidratos residuais mínimo, ideal para o público diabético, embora também resulte em um teor alcoólico proporcionalmente maior, se o extrato inicial não for ajustado.

Leveduras com elevada capacidade fermentativa

O uso de leveduras com elevada capacidade fermentativa também é uma estratégia a ser explorada na produção de cervejas com baixo teor de carboidratos.

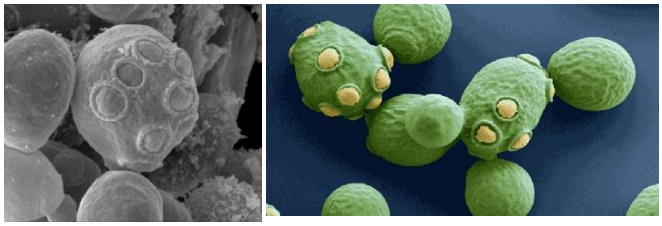
Espécies como *Saccharomyces pastorianus*, utilizadas em cerveja do tipo Lager, e cepas selecionadas de *Saccharomyces cerevisiae* são comumente empregadas diante da sua alta atenuação aparente, ou seja, à sua capacidade de fermentar grande parte dos açúcares presentes no mosto.

Ensaios recentes também exploram o uso de leveduras geneticamente modificadas para metabolizar açúcares normalmente não fermentáveis, como a dextrina.[10]

Um estudo de Park *et al.*, propôs a modificação genética de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* para torná-las capazes de degradar completamente a dextrina, um dos principais açúcares não fermentáveis presentes no mosto cervejeiro durante a etapa de fermentação. Para isso, foram inseridos na *S. cerevisiae*, o gene GAM1 de outra espécie de levedura *Debaryomyces occidentalis*, capaz de romper as ligações α-1,6-glicosídicas da dextrina.[11]

Nos experimentos realizados, foi possível monitorar a atividade das glucoamilases secretadas pelas leveduras por meio de ensaios enzimáticos. Os resultados obtidos indicaram que as cepas de *S. cerevisiae* modificadas com o gene GAM1 foram capazes de degradar complemente dextrina e isomaltose, dois carboidratos tipicamente não fermentáveis. Essa modificação representa um avanço para a produção de cervejas com baixo teor de carboidratos, indicada para pessoas com diabetes.

Figura 2. Levedura da espécie *Sacharomyces cerevisiae* para exemplificar a morfologia desses fungos. Extraído das referências 13 e 14.



Conclusão

A produção de cervejas com baixo teor de carboidratos representa um campo promissor dentro da tecnologia cervejeira, especialmente diante da crescente demanda por produtos voltados a pessoas com restrições metabólicas, como o diabetes.

A revisão realizada permitiu identificar quatro abordagens tecnológicas principais capazes de reduzir o teor de açúcares residuais e, consequentemente, o impacto glicêmico da bebida:

(1) a substituição de grãos tradicionais, como a cevada, por matérias-primas com menor teor de amido, como sorgo, milho e arroz, que são base para a produção de cervejas sem glúten;
(2) a aplicação de técnicas de mosturação diferenciadas, como a *brassagem a frio*, que limita a atividade enzimática e reduz a formação de açúcares fermentáveis;
(3) o uso de mosturação isotérmica com adição de glucoamilase, que favorece a conversão completa do amido e a fermentação mais eficiente; e
(4) a seleção de leveduras com alta capacidade fermentativa ou modificadas geneticamente, capazes de metabolizar carboidratos normalmente não fermentáveis, como a dextrina.

Em conjunto, essas estratégias demonstram que é possível obter cervejas com baixo teor de carboidratos sem comprometer as características sensoriais tradicionais, desde que se estabeleça um equilíbrio entre composição de grãos, condições de mosturação e perfil fermentativo das leveduras.

Além de ampliar as possibilidades de consumo para o público diabético, essas inovações contribuem para a diversificação do setor cervejeiro e para o desenvolvimento de produtos mais saudáveis e tecnologicamente avançados. Futuras pesquisas podem aprofundar a otimização dos parâmetros de processo e avaliar o impacto sensorial e nutricional das formulações obtidas, consolidando o potencial industrial dessas tecnologias.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesses.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Bioprocessos, Materiais e Combustíveis (LMCERVA) da Universidade de Brasília pelo suporte técnico e infraestrutura. Agradecem também às agências de fomento pelo apoio financeiro.

Referências

1 B. Henderson, *et al.*, *Pract. Diabetes Int.*, 1987, **04**, 283–285.

2 INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. *IDF Diabetes Atlas*. Brussels, Belgium: IDF, 2025, **11**.

3 DATAINTELO. Low-Carb Beer Market Research Report 2033. 2024.

4 A. Kerimbayeva, *et al.*, *East.-Eur. J. Enterprise Technol.*, 2022, **05**, 75–82.

5 G. Dalberto, J. P. Niemes and M. R. da Rosa, *Braz. J. Food Technol.*, 2023, *26*.

6 KUNZE, Wolfgang. Technology Brewing and Malting, *Berlin: VLB*, 2014, 05.

7 S. L. Matthews, H. Byrne and G. P. Hennigan, *J. Inst. Brew.*, 2001, **107**, 185–194.

8 FOX, G. P.; ONLEY-WATSON, K. Sorghum and millet as alternatives to barley in brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 2003, **109**, 113-120.

9 MOJSOVIĆ, B.; PEJIN, J.; GRUJIĆ, O. The role of exogenous enzymes in brewing—A review. *Food Industry*, 2019, **30**, 13-20.

10 MUDREK, R.; WESOLOJ, M. Genetic modification of *Saccharomyces cerevisiae* yeast for the production of light and dietetic beers: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022, **62**, 7028-7043.

11 J. Y. Park, *et al.*, *Biotechnol. Lett.*, 2014, **36,** 1693–1699.

12 Transformação Isotérmica. *Infoescola*, 2010.

13 NASA, Leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae.* [Foto]. National Aeronautics and Space Administration.

14 BUENO, Deyvid. Leveduras como bioestimulantes em plantas [Foto], *Agrotécnico.*