



## Efeito dos Cafés *Coffea Arabica* e *C. Canephora* nas características de cervejas artesanais

### Effect of *Coffea Arabica* and *C. Canephora* Coffees on the characteristics of craft beers

Rodrigo Zunta Raia <sup>1</sup>, João Marcos Azevedo Gomes dos Santos <sup>2</sup>, Beatriz Cervejeira Bolanho Barros <sup>3</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar a influência da adição de grãos de café *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, nos parâmetros físico-químicos, no conteúdo de fenólicos totais (CFT) e capacidade antioxidante das formulações de cervejas produzidas. Foram produzidas 4 formulações: CERV0 (controle, produzida apenas com malte base), CERV1 (produzida com adição de 8%, m m<sup>-1</sup>, de *C. arabica*), CERV2 (produzida com adição de 8%, m m<sup>-1</sup>, de *C. canephora*), CERV3 (produzida com adição de 8%, m m<sup>-1</sup>, de malte *Chateau Cafe*). A formulação CERV2 apresentou os maiores valores de graduação alcoólica (4,6 %ABV) e atenuação (77,8 %) dentre as quatro formulações, representado pela maior variação entre a densidade inicial e final do mosto. As análises de pH mostraram um comportamento igual para as quatro cervejas produzidas, com uma queda sutil nos primeiros minutos (0 a 30 min) de mosturação e outra mais acentuada no período inicial (1 a 3 dias) da fermentação. A adição de café influenciou positivamente nos teores de CFT, cujos teores obtidos para CERV1 e CERV2 foram ~60% superiores ao valor encontrado para a CERV0. O mesmo comportamento foi observado para a atividade antioxidante, em que houve um aumento de até 4 vezes nas formulações com adição de café. Assim, este estudo demonstrou que a adição de grãos de café das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* tem um impacto significativo no processo fermentativo, bem como nas características funcionais, como CFT e atividade antioxidante, das cervejas produzidas.

**Palavras-chave:** Compostos fenólicos; Atividade antioxidante; Café torrado; malte *Chateau Cafe*.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the influence of the addition of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* coffee beans on the physicochemical parameters, total phenolic content (TPC), and antioxidant capacity of the beer formulations produced. Four formulations were produced: CERV0 (control, produced only with base malt), CERV1 (produced with the addition of 8%, m m<sup>-1</sup>, of *C. arabica*), CERV2 (produced with the addition of 8%, m m<sup>-1</sup>, of *C. canephora*), and CERV3 (produced with the addition of 8%, m m<sup>-1</sup>, of Chateau Cafe malt). The CERV2 formulation presented the highest values of alcohol content (4.6% ABV) and attenuation (77.8%) among the four formulations, represented by the greatest variation between the initial and final wort density. The pH analyses showed the same behavior for the four beers produced, with a subtle decrease in the first minutes (0 to 30 min) of mashing and another more pronounced decrease during the initial period (1 to 3 days) of fermentation. The addition of coffee positively influenced the TPC, with the values obtained for CERV1 and CERV2 being ~60% higher than the value found for CERV0. The same behavior was observed for antioxidant activity, in which there was an increase of up to 4 times in the formulations with coffee addition. Thus, this study demonstrated that the addition of coffee beans from the species *Coffea arabica* and *Coffea canephora* has a significant impact on the fermentation process, as well as on the functional characteristics, such as TPC and antioxidant activity, of the beers produced.

**Keywords:** Phenolic compounds; Antioxidant activity; Roasted coffee; *Chateau coffee malt*.

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá

Autor correspondente Rodrigo Zunta Raia: rodrigoraia@gmail.com

Recebido em: 10/04/2024. Aceito em: 11/06/2026.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado. 

## 1 INTRODUÇÃO

A cerveja é a bebida fermentada mais consumida no mundo (Humia *et al.*, 2020). Historicamente, é consumida desde os primórdios da humanidade, comprovada por evidências científicas e arqueológicas que registram o início da produção de cerveja no final do quarto milênio antes de Cristo, pelos sumérios no sul da Babilônia, na região que se estende da Mesopotâmia ao Egito. Assim, ao longo da história, descobertas como melhorias no aroma e no sabor, bem como a utilização do lúpulo, permitiram que a cerveja atingisse o nível de sofisticação e aceitabilidade, visto atualmente (Breda; Barros; Gouvinhas, 2022).

A cerveja é composta, obrigatoriamente, por quatro ingredientes: água, malte de cevada, lúpulo e fermento. Ingredientes adicionais são chamados de adjuntos ou especiarias, não sendo obrigatória sua utilização (Filho *et al.*, 2021). O princípio básico da produção de cerveja é converter os açúcares fermentáveis, oriundos da cevada maltada, em álcool e CO<sub>2</sub>, pela ação da levedura cervejeira. O lúpulo tem a função de fornecer amargor e aroma, dependendo da sua adição na etapa de produção. Devido à grande variedade desses três ingredientes, diferentes combinações fornecem a cada cerveja em particular, características e sabores únicos, além de possibilidades infinitas de harmonizações gastronômicas (Yang *et al.*, 2022).

Em se tratando de produção, o Brasil ocupa o terceiro lugar no mundo em volume de produção, com 15,4 bilhões de litros produzidos, atrás somente a China (46 bilhões) e dos Estados Unidos (22,1 bilhões) (Sindicerv, 2023). No entanto, nas últimas décadas, a indústria cervejeira teve seu consumo afetado pelo ressurgimento do “movimento cerveja artesanal”, que remonta à década de 1970 nos Estados Unidos (Donadini; Porretta, 2017). Em muitos países, a definição de cerveja artesanal não está legalmente determinada, porém, uma característica comum é a da produção por meio de práticas tradicionais, que geralmente não passam por filtração ou pasteurização, além de fabricação mais lenta e realizada em menor escala. Outro destaque para a cerveja artesanal são as matérias primas alternativas e inovadoras, que podem ser utilizadas com muito mais frequência que nas cervejas industriais. Assim, dependendo do processamento e das matérias-primas utilizadas, obtêm-se diferentes características sensoriais no produto, o que permite que as cervejas artesanais se diferenciem das cervejas industriais, em termos de inovação, criatividade e autenticidade (Masci *et al.*, 2014; Jaeger *et al.*, 2020; Breda; Barros; Gouvinhas, 2022).

Uma dessas matérias primas alternativas é o café, uma das bebidas mais populares do mundo e um produto de importância global. Do ponto de vista econômico, fontes indicam que o consumo global de café atingiu 173,1 milhões de sacas no ano cafeeiro 2022/2023, além de projetarem um crescimento de 2,2% no consumo para o ano cafeeiro 2023/2024 (International Coffee Organization, 2023). As

duas principais espécies de café comercial são *Coffea arábica* (café arábica) e o *Coffea canephora* (variedades Conilon e Robusta). Por apresentarem características morfológicas e composição diferentes, existem formas específicas de utilização para cada uma das espécies, pois enquanto as bebidas de *Coffea arabica* apresentam uma qualidade superior e podem ser preparadas utilizando 100% *Coffea arabica*, a espécie *Coffea canephora* é utilizada na produção de café solúvel e em blends de café torrado e moído com *Coffea arábica* (Portela *et al.*, 2021). A popularidade do café é atribuída aos seus efeitos estimulantes da cafeína, atributos sensoriais agradáveis e seus benefícios à saúde humana. A ingestão regular e moderada de café está associada a uma incidência reduzida de diabetes tipo 02, alguns tipos de câncer, doença de Parkinson, doença de Alzheimer e obesidade (Portela *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2022).

Diferentes tipos de compostos fenólicos podem ser identificados, tanto na cerveja quanto no café. Na cerveja estima-se que 20 a 30% do teor de compostos fenólicos são provenientes do lúpulo, enquanto cerca de 70 a 80% está relacionado diretamente ao malte (Da Silva; Dias; Koblitiz, 2021), e incluem flavonóides, como o xantohumol, e não flavonóides, como os ácidos fenólicos (Osorio-Paz; Brunauer; Alavez, 2020). Já no café, os compostos fenólicos mais abundantes são os ácidos clorogênicos, conhecidos não apenas por sua contribuição para a acidez final, adstringência e amargor do café, mas também por suas potentes propriedades antioxidantes (Ludwig *et al.*, 2012).

O teor de compostos fenólicos da cerveja está diretamente relacionado a sua atividade antioxidante, auxiliando na remoção de radicais livres e prevenindo a oxidação lipídica nos organismos. Há na literatura evidências que mostram a proteção antioxidante e os efeitos na saúde de compostos fenólicos presentes na cerveja (Mikyška; Dušek; Slabý, 2019; Neto *et al.*, 2017). Por exemplo, os compostos fenólicos exibem atividade antioxidante mais forte que as vitaminas, subjacentes às suas propriedades anti-inflamatórias e a melhoria da dependência lipídica no plasma e reduzem significativamente o risco de doença cardiovascular (Yang; Gao, 2021). Os compostos fenólicos nas cervejas também exercem atividades biológicas para prevenir o desenvolvimento de câncer, osteoporose, diabetes e doenças neurodegenerativas (Yang; Gao, 2021).

Entretanto, sabe-se que a variedade de concentrações relativas desses compostos afeta o estilo da cerveja e não está claro se as diferenças nos CFT entre várias cervejas podem ser devidas às diferenças nas matérias-primas, tecnologia de fabricação ou gravidade específica do mosto bruto (Moura-Nunes *et al.*, 2016). Além disso, os compostos fenólicos não só desempenham um papel fundamental na atividade antioxidante, mas também afetam negativamente a estabilidade sensorial e o sabor da cerveja. Por exemplo, para a levedura, descobriu-se que a presença de compostos fenólicos resulta em uma enorme redução no crescimento celular, além de alguns compostos apresentarem uma reação de pró-oxidação e aumentarem o teor de radicais livres da cerveja escura em certas situações (Yang; Gao, 2021).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o conteúdo fenólico total (CFT) e a atividade antioxidante de cervejas artesanais produzidas com a adição de grãos de café das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (variedade Conilon). Foram utilizadas

quantidades iguais de grãos, malte e café, nas duas cervejas produzidas e, visando a comparação dos resultados, produziu-se duas cervejas, uma sem a adição dos grãos de café e outra substituindo a quantidade de café por malte *Chateau Cafe*.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 INSUMOS PARA A PRODUÇÃO DA CERVEJA

Os insumos utilizados para a produção da cerveja foram: Malte Pilsen (Agrária Agroindustrial, Guarapuava, PR, Brasil), lúpulo Target (BarthHaas, Nürnberg, Alemanha) e levedura *S. cerevisiae* SafAle S-04 (Fermentis, Lille, França). O tipo e a quantidade de lúpulo (25 g), malte base (4,9 kg), levedura seca (11,5 g) e água (40 L) foram mantidos idênticos para todas as formulações de cerveja produzidas, a fim de evitar mais fontes de variação. A principal mudança na produção das cervejas foi a adição de 8% m m<sup>-1</sup> de grão de café das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (variedade Conilon) e malte *Chateau Cafe* (Castle Malting, Beloeil, Bélgica), nas amostras CERV1, CERV2 e CERV3, respectivamente. A amostra contendo somente malte base, foi denominada de CERV0.

Os equipamentos necessários para a produção foram uma máquina cervejeira *single vessel* automática (BeerMax, Campo Mourão, PR, Brasil), utilizada nas etapas de mosturação e fervura, trocador de calor de placas, fermentador plástico (25 L) e geladeira com controle de temperatura.

### 2.2 PRODUÇÃO DA CERVEJA

A Figura 1 mostra as etapas e suas respectivas temperaturas para a produção das cervejas utilizadas nos experimentos.

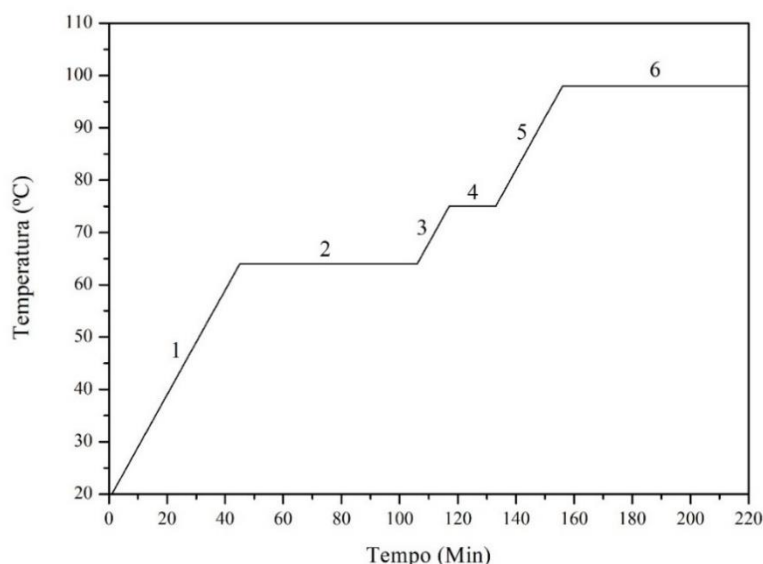


**Figura 1.** Etapas e temperaturas utilizadas no processo produtivo das cervejas utilizadas no experimento. Etapas de produção: 1) Aquecimento pré-mosturação; 2) Mosturação; 3) Aquecimento pré- *Mash Out*; 4) *Mash Out*; 5) Aquecimento pré-fervura; 6) Fervura.

Fonte: os autores (2026).

A produção das quatro formulações foi realizada de forma individual e em escala única. O processo iniciou-se com a moagem a seco dos grãos (malte base, malte especial e cafés das duas variedades), em um moinho de disco, pouco antes da etapa de mosturação. A infusão foi realizada na temperatura de 64 °C, iniciando-se a etapa de mosturação, com duração de 60 minutos. A etapa de mosturação diferenciou as quatro formulações produzidas pois, em cada uma, foram adicionados juntamente com o malte base, o café da espécie *Coffea arabica* (CERV1), o café da espécie *Coffea canephora* (variedade Conilon) (CERV2) e o malte especial *Chateau Cafe* (CERV3), nas quantidades já especificadas. Após 60 minutos de mosturação, a temperatura foi elevada para 75 °C para a realização do *mash out*, e consequente desativação das enzimas, com duração de 15 minutos. Terminada a etapa de mosturação, o mosto foi separado dos grãos, não sendo realizado nenhum tipo de lavagem do malte. O mosto foi então levado à fervura por 60 minutos e uma quantidade de 25 g de pellets de lúpulo foi adicionada no início da fervura (60 min). Após o tempo de fervura, realizou-se o *whirlpool*, visando a separação dos resíduos sólidos (resto de lúpulo, proteínas coaguladas e outros subprodutos) do mosto produzido. Após 15 minutos, o mosto foi resfriado, utilizando um trocador de calor de placas (30 placas), e água como fluido refrigerante. A temperatura final do mosto foi estabelecida em 27 °C.

A levedura seca foi reidratada por 20 minutos e inoculada no mosto para a etapa de fermentação, realizada em um fermentador plástico em temperatura controlada de 18 °C. O tempo estipulado para a fermentação primária foi de 7 dias. Passado esse tempo, a temperatura foi ajustada em 1 °C para as etapas de maturação e clarificação, que foi mantida por mais 7 dias.

Ao término da etapa de maturação, as formulações de cervejas foram carbonatadas utilizando uma solução (*priming*) de 1 g ml<sup>-1</sup> de açúcar, que foram adicionadas em uma relação 1:100 v v<sup>-1</sup> de cerveja produzida. As cervejas foram armazenadas em temperatura ambiente, ao abrigo de luz, até o momento das análises.

## 2.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

### 2.3.1 Obtenção das amostras

Ao longo do processo de produção das cervejas foram retiradas amostras para monitoramento. Durante as etapas de mosturação e fervura, foram retiradas amostras com intervalos de 10 minutos, diretamente do processo. Também foram retiradas amostras do início e do final do *mash out*, bem como da água utilizada na produção. Nas etapas de fermentação e maturação, foram retiradas amostras nos dias 3 e 7, ou seja, no meio e no final das etapas. Por fim, a cerveja pronta, já carbonatada, também foi analisada. Ao todo, foram retiradas 19 amostras do processo de produção (mosturação/fermentação/maturação) e 1 amostra da cerveja pronta, totalizando 20 amostras por cerveja produzida. Na etapa de mosturação, foi utilizado cadinho e tintura de iodo para verificar a conversão do amido. O resultado foi obtido visualmente mediante igualdade de cores. Já para a verificação da extração e da concentração de açúcares, nas etapas de mosturação e fervura, respectivamente, a determinação foi realizada utilizando um refratômetro, no qual eram determinadas suas respectivas densidades.

### 2.3.2 Determinação do pH

O pH foi determinado utilizando um pHmetro digital (Gehaka, São Paulo, SP, Brasil), devidamente calibrado. Todas as amostras apresentadas no Tópico 2.3.1. foram utilizadas nas análises de pH. Para as análises, a temperatura das amostras permaneceu em uma faixa de 18 °C a 23 °C.

### 2.3.3 Cálculo de Graduação Alcoólica (% ABV)

A graduação alcoólica da cerveja foi determinada utilizando um refratômetro, para a determinação da densidade original (OG - *original gravity*) e um densímetro, devidamente calibrado, e proveta, para a determinação da densidade final da (FG - *final gravity*). Utilizou-se a equação 01 para a determinação da graduação alcoólica.

$$ABV(\%) = \frac{(OG - FG) \times 131}{1000} \quad (01)$$

### 2.3.4 Determinação dos Compostos Fenólicos Totais e da Atividade Antioxidante

A determinação de compostos fenólicos foi adaptada de De Souza, Barros e Raia (2020) a partir do método de Folin-Ciocalteu. Primeiramente, as amostras finais das cervejas produzidas, e já carbonatadas, foram centrifugadas por 10 minutos a 3000 rpm, e, posteriormente, foram realizadas diluições de 1:7 para as amostras CERV0, CERV1 e CERV2 e 1:9 para a amostra CERV3. Para a reação uma alíquota de 0,5 mL de extrato foi adicionada em um tubo com 2,5 mL de solução aquosa do reativo Folin-Ciocalteu a 10 %, juntamente com 2,0 mL de carbonato de sódio a 7,5 %. A mistura foi incubada por 5 minutos em banho-maria (Solidsteel, Piracicaba, SP, Brasil) a temperatura de 50 °C e, posteriormente, sua absorbância foi lida no comprimento de onda de 760 nm no espectrofotômetro (Shimadzu, Quioto, Japão). Determinou-se então a concentração total de fenóis por meio de uma curva padrão preparada com ácido gálico e os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico L<sup>-1</sup> de amostra (mg EAG L<sup>-1</sup>).

Assim como a determinação dos compostos fenólicos totais, a metodologia de determinação da atividade antioxidante foi realizada somente nas amostras das cervejas prontas. Utilizou-se a metodologia adaptada de Viana *et al.* (2021), em que uma alíquota de 30 µL da amostra foi transferida para 3 mL do radical ABTS<sup>•+</sup> e, após o período de 6 min, as leituras foram então realizadas em espectrofotômetro a 734 nm. Os resultados foram expressos em mM Trolox L<sup>-1</sup> de cerveja.

Os teores de CFT e de atividade antioxidante foram determinados em triplicata, e os resultados foram expressos como média ± desvio padrão. A análise dos dados foi realizada utilizando o nível de significância de 5% (p=0,05), através do software Statistica 10.0 (StatSoft TM, Inc), por meio de análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 EXTRAÇÃO DOS AÇÚCARES NAS ETAPAS DE MOSTURAÇÃO E FERVURA

A evolução da densidade específica do mosto cervejeiro em função do tempo, pode ser observada nos resultados apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Evolução da densidade específica das amostras produzidas em função do tempo.

| Etapas do processo em cada tempo | CERV0                           | CERV1 | CERV2 | CERV3 |
|----------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|
|                                  | Densidade (g cm <sup>-3</sup> ) |       |       |       |
| Mosturação (0 min)               | 1014                            | 1014  | 1017  | 1015  |
| Mosturação (30 min)              | 1032                            | 1035  | 1030  | 1033  |
| Mosturação (60 min)              | 1035                            | 1037  | 1036  | 1036  |
| <i>Mash out</i> (0 min)          | 1035                            | 1037  | 1038  | 1038  |
| <i>Mash out</i> (15 min)         | 1036                            | 1040  | 1039  | 1039  |

CERV0 – cerveja produzida apenas com malte base, CERV1 – cerveja produzida com adição de *Coffea arábica*, CERV2 – cerveja produzida com adição de *Coffea canephora*, CERV3 - cerveja produzida com adição de malte especial.

Fonte: os autores (2026).

Foi possível observar o aumento da densidade específica de todas as amostras, indicando a extração dos açúcares presentes nos grãos de malte (base e especial), bem como dos cafés utilizados. A extração foi mais eficiente no início da mosturação, devido a maior diferença de concentração, o que leva a uma rápida extração inicial, tendendo ao equilíbrio. Vale lembrar que as amostras da mosturação no tempo inicial foram retiradas após a adição e mistura dos grãos no equipamento resultando em uma densidade maior que a da água (~ 1000 g ml<sup>-1</sup>), devido ao rápido processo de extração inicial.

Os resultados mostram uma variação da densidade específica na faixa de 4,0%, valores próximos aos encontrados por Flaviis *et al.* (2022), Viana *et al.* (2021) e Filho *et al.* (2021) que foram de 4,4%, 5,1% e 4,8%, respectivamente. Diferenças nos valores de extração podem estar relacionadas ao tipo da cerveja produzida, que utiliza maior ou menor quantidade de grãos, ou com a eficiência do equipamento utilizado na etapa de mosturação. No entanto, todas as cervejas apresentaram densidade dentro da faixa encontrada para cervejas comerciais brasileiras (Moura-Nunes *et al.*, 2016).

A composição de açúcares varia entre os tipos de cerveja. Ciosek *et al.* (2020), reportaram 49,5 g L<sup>-1</sup>, 7,7 g L<sup>-1</sup> e 3,0 g L<sup>-1</sup>, de maltose, glicose e frutose, para cerveja *Sour*, tais teores foram de 75 g L<sup>-1</sup>, 9,0 g L<sup>-1</sup> e 3,5 g L<sup>-1</sup>, respectivamente para cerveja American Pale Ale (Viana *et al.*, 2021). Além disso, sabe-se que a frutose é apresentada no próprio malte de cevada, enquanto a maltose e a glicose são liberadas a partir das enzimas presentes no malte, oriundas do processo de malteação. Com relação aos açúcares dominantes nos grãos de café, estes são basicamente frutose, glicose e sacarose, podendo também ser encontrados traços de outros açúcares (Dos Santos *et al.*, 2018). Esses açúcares estão ligados diretamente à qualidade do café, contribuindo com o seu sabor adocicado, uma das características mais desejáveis em cafés de

qualidade *gourmet*. Assim, é possível afirmar que, para as formulações de cerveja produzidas, os maiores valores de densidade específica foram obtidos devido a adição dos grãos de *Coffea arabica*, *Coffea canephora* (variedade Conilon) e malte *Chateau Cafe*, respectivamente, que contribuíram para uma maior quantidade de açúcar solubilizada no mosto.

Na Figura 2 é possível visualizar o aumento da densidade do mosto durante a etapa de fervura. Verifica-se que a diferença de densidade específica das amostras CERV1, CERV2 e CERV3 para a amostra CERV0, devido a maior quantidade de açúcares no mosto, é mantida na etapa de fervura, indicando uma fervura igualitária para todas as amostras. Vale ressaltar que nesta etapa, o teste do iodo não foi realizado pois as enzimas  $\alpha$ -amilase e  $\beta$ -amilase são termosensíveis e quando a temperatura do mosto ultrapassa a temperatura ótima de ativação, aproximadamente 62-68 °C, elas são desnaturadas. Assim, ao final do processo de fervura, as densidades específicas das cervejas CERV0, CERV1, CERV2 e CERV3 foram, respectivamente, 1042 g cm<sup>-3</sup>, 1045 g cm<sup>-3</sup>, 1045 g cm<sup>-3</sup> e 1045 g cm<sup>-3</sup>, resultados próximos aos encontrados por Flaviis *et al.* (2022), Viana *et al.* (2021) e Filho *et al.* (2021).

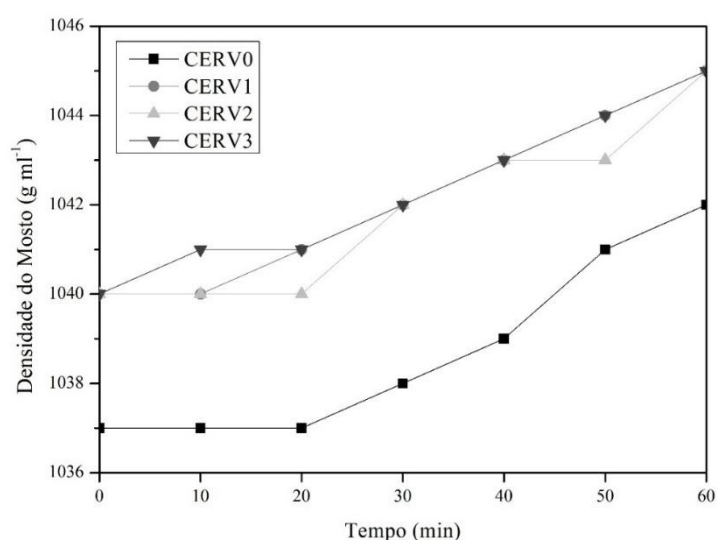


**Figura 2.** Densidade do mosto em função do tempo (min) na etapa de fervura. CERV0 – cerveja produzida apenas com malte base, CERV1 – cerveja produzida com adição de *Coffea arábica*, CERV2 – cerveja produzida com adição de *Coffea canephora*, CERV3 - cerveja produzida com adição de malte especial.

Fonte: os autores (2026).

### 3.2 CONSUMO DE AÇÚCARES E GRADUAÇÃO ALCOÓLICA DURANTE A FERMENTAÇÃO

Os resultados de densidade ao longo dos 7 dias de fermentação são apresentados na Figura 3 para as quatro formulações de cerveja produzidas. É possível verificar a diminuição da densidade das amostras, devido ao consumo, pela levedura *S. cerevisiae*, dos açúcares presentes no mosto. De acordo com Muxel (2022), no início

da fermentação (primeiras 6 a 10 horas) há o consumo do oxigênio presente no sistema, não ocorrendo a absorção da glicose. Em um período secundário da fermentação, aproximadamente de 10 a 20 horas, é possível observar a formação de uma camada de espuma, bem como visualizar bolhas de CO<sub>2</sub> no fermentador, indicando o início do consumo dos açúcares. Por fim, entre 48 e 72 horas, o açúcar é consumido em taxas mais elevadas e a fermentação atinge o seu auge.

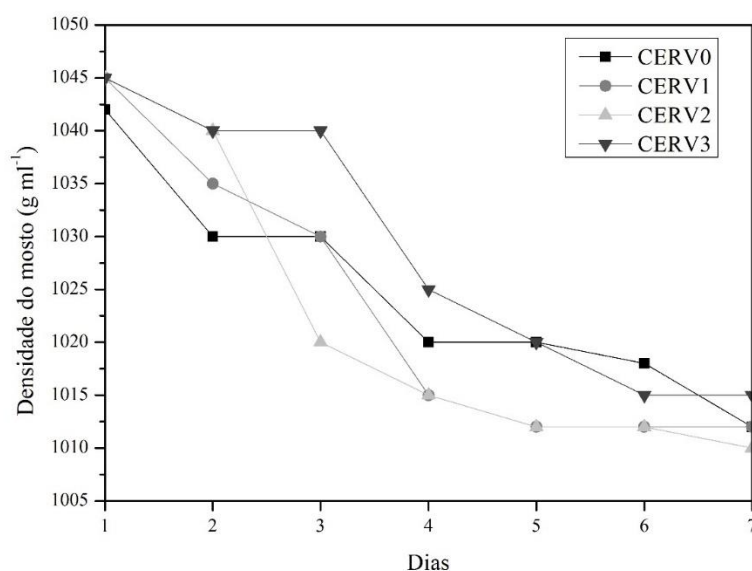


**Figura 3.** Densidade do mosto em função do tempo (dias) na etapa de fermentação. CERV0 – cerveja produzida apenas com malte base, CERV1 – cerveja produzida com adição de *Coffea arábica*, CERV2 – cerveja produzida com adição de *Coffea canephora*, CERV3 – cerveja produzida com adição de malte especial.

Fonte: os autores (2026).

Nos resultados apresentados na Figura 3, é possível verificar que o consumo dos açúcares apresentou uma faixa de 67% a 85%, ao final do terceiro dia de fermentação, corroborando com o apresentado por Muxel (2022). Quando se considera o final do quinto dia de fermentação, os valores sobem para até 95%, indicando praticamente o final da fermentação. No entanto, vale lembrar que as leveduras comerciais apresentam um comportamento fermentativo diversificado. Em um estudo sobre a influência da levedura na fermentação de cervejas, Viana *et al.* (2021) identificaram um comportamento diferente no consumo da maltose, da glicose e da frutose do mosto quando utilizada a levedura US-05 (Fermentis, Lille, França) e S-04 (Fermentis, Lille, França). Os resultados mostraram que quando utilizada a levedura S-04, a mesma utilizada neste experimento, as taxas de consumo dos açúcares ao final do terceiro dia de fermentação foram superiores a 70%, próximas às encontradas neste trabalho.

Com base nos valores da densidade original (OG) e da densidade final (FG), foi possível a determinação da graduação alcoólica (%ABV) das amostras produzidas

(Tabela 2). Nota-se que as amostras CERV0 e CERV3 apresentaram menor teor alcoólico e menor atenuação quando comparadas com as cervejas que utilizaram grãos de café. De acordo com Briggs *et al.* (2004), os açúcares presentes no mosto são utilizados pelas leveduras para obter energia e gerar subprodutos, como etanol, dióxido de carbono, ácidos succínico e acético, glicerol, ésteres, aldeídos, entre outros compostos. Pode-se inferir que, a maior quantidade dos açúcares provenientes da adição dos grãos de café *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (variedade Conilon), forneceu às leveduras, condições de realizarem uma fermentação mais acelerada, produzindo cervejas com maiores valores de % ABV (CERV1 e CERV2), no tempo de fermentação de 7 dias.

**Tabela 2.** Densidades original (OG) e final (FG), graduação alcoólica (ABV) e atenuação das amostras produzidas.

| Formulação | Densidade original<br>(g cm <sup>-3</sup> ) (OG) | Densidade final<br>(g cm <sup>-3</sup> ) (FG) | ABV<br>(%) | Atenuação<br>(%) |
|------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|------------------|
| CERV0      | 1042                                             | 1012                                          | 3,93       | 71,4             |
| CERV1      | 1045                                             | 1012                                          | 4,32       | 73,3             |
| CERV2      | 1045                                             | 1010                                          | 4,59       | 77,8             |
| CERV3      | 1045                                             | 1015                                          | 3,93       | 66,7             |

CERV0 – cerveja produzida apenas com malte base, CERV1 – cerveja produzida com adição de *Coffea arabica*, CERV2 – cerveja produzida com adição de *Coffea canephora*, CERV3 - cerveja produzida com adição de malte especial.

Fonte: os autores (2026).

Os valores de atenuação das cervejas também corroboram com essas afirmações. Segundo Filho *et al.* (2021), esse parâmetro representa a taxa de conversão de açúcares em álcool e dióxido de carbono, ou seja, quanto maior a atenuação, maior a quantidade de açúcar convertido em álcool. A amostra CERV3, que contou com a adição de malte *Chateau Cafe*, possui um conteúdo maior de maltose que as outras. Assim, durante o período estipulado para a fermentação, o consumo desse açúcar não foi totalmente realizado, acarretando a menor atenuação. Quando a quantidade de malte, e consequentemente da maltose, é diminuída (amostra CERV0), o resultado é uma atenuação maior, como consequência do consumo primário da glicose e, posterior, da maltose. Os valores de % ABV das duas amostras indicam que as quantidades de açúcares consumidas e transformadas em álcool foram iguais, mas a diferença no valor da atenuação indica que a amostra CERV3 ainda possui uma quantidade de açúcar, provavelmente maltose, para ser transformada em álcool. Assim, caso a fermentação fosse realizada em um tempo maior, o resultado esperado seria uma cerveja com um teor alcoólico maior que a amostra CERV0.

### 3.3 VALORES DE PH NAS ETAPAS DE MOSTURAÇÃO, FERMENTAÇÃO E MATURAÇÃO

Os valores dos pH obtidos em cada uma das etapas do processo, para as quatro formulações de cervejas produzidas, estão demonstrados na Figura 4.

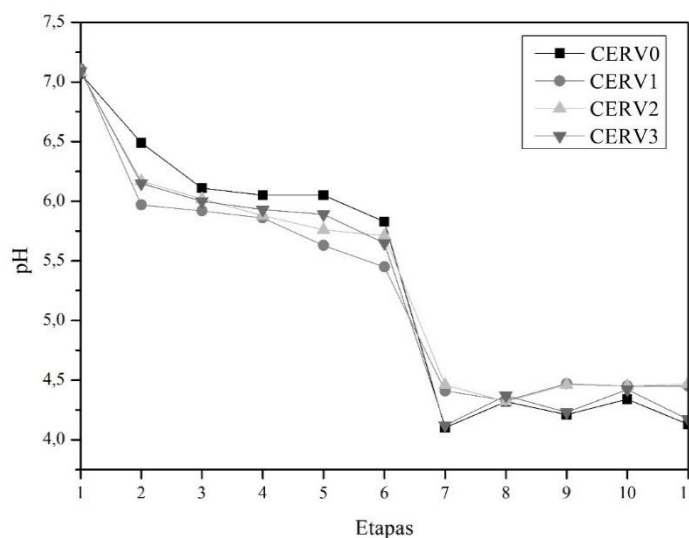


**Figura 4.** Valores de pH do mosto em função das etapas de produção das amostras produzidas. CERV0 – cerveja produzida apenas com malte base, CERV1 – cerveja produzida com adição de *Coffea arabica*, CERV2 – cerveja produzida com adição de *Coffea canephora*, CERV3 - cerveja produzida com adição de malte especial. Etapas de Produção: 1) Água de mosturação; 2) Mosturação 0 min; 3) Mosturação 60 min; 4) Mash Out 15 min; 5) Fervura 0 mi; 6) Fervura 60 min; 7) Fermentação 3º dia; 8) Fermentação 7º dia; 9) Maturação 3º dia; 10) Maturação 7º dia e 11) Carbonatação 7º dia.  
Fonte: os autores (2026).

Na Figura 4 observa-se a redução do pH do mosto após a adição dos grãos na etapa de mosturação. De acordo com Muxel (2022) a diminuição do pH do mosto é devido a precipitação do carbonato de cálcio advindo dos grãos, o qual libera íons  $H^+$  no mosto reduzindo seu pH. Os autores ainda relatam que essa diminuição é proposital pois as enzimas presentes no malte atuam melhor em pH mais ácidos.

Entre o intervalo de 3 a 6, o pH do mosto se manteve constante, quando comparado com a brusca queda da adição dos grãos na panela (etapas de 1 a 3). A pequena queda na etapa 6 é devido a ação da temperatura na etapa de evaporação, aumentando a densidade, que é responsável pela leve redução no pH do mosto. Nestas etapas é possível notar que as amostras contendo grãos de café apresentam valores de pH ligeiramente menores que as amostras contendo somente malte, devido ao pH dos grãos de café *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (variedade Conilon) apresentarem valores na faixa de 5,15 a 5,38 (Portela *et al.*, 2021), diminuindo o pH do mosto.

Entre as etapas 6 e 7, os valores de pH de todas as amostras diminuíram já que, na etapa de fermentação o metabolismo da *S. cerevisiae* está relacionado a genes específicos para a produção de ácidos orgânicos, que podem influenciar o perfil químico da cerveja e, conseqüentemente, afetar o pH do meio (Yoshida; Yokoyama, 2012). Desse modo é comum a formação de ácidos como acético, propanóico, cítrico, succínico, entre outros, além do consumo de materiais tamponantes, como o nitrogênio livre (MUXEL, 2022). Vale ressaltar que os ácidos orgânicos podem contribuir para os gostos salgados e azedos da cerveja, mas em concentrações muito

altas, podem resultar em sabores desagradáveis, como suado e queijo (Michel *et al.*, 2016).

Por fim, de acordo com Kutkoski *et al.* (2019), entre as etapas 7 e 11, espera-se que a cerveja apresente um pH na faixa de 4,0 a 5,0 pois, segundo os autores, pH menores proporcionam uma melhor estabilidade da espuma, além de prevenir o desenvolvimento bacteriano, quando abaixo de 4,5. Todos os resultados encontrados nas amostras encontram-se abaixo deste valor.

### 3.4 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os dados de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, para as amostras de cerveja produzidas, estão representadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Valores de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante na etapa final de produção para as formulações de cervejas produzidas.

| Formulação | CFT (mg EAG L <sup>-1</sup> ) | Atividade antioxidante (mM Trolox L <sup>-1</sup> ) |
|------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|
| CERV0      | 214,35 <sup>c</sup> ± 5,74    | 0,012 <sup>c</sup> ± 0,002                          |
| CERV1      | 382,94 <sup>a</sup> ± 1,51    | 0,048 <sup>a</sup> ± 0,001                          |
| CERV2      | 376,76 <sup>a</sup> ± 5,14    | 0,041 <sup>b</sup> ± 0,002                          |
| CERV3      | 324,70 <sup>b</sup> ± 3,63    | 0,018 <sup>c</sup> ± 0,006                          |

CERV0 – cerveja produzida apenas com malte base, CERV1 – cerveja produzida com adição de *Coffea arabica*, CERV2 – cerveja produzida com adição de *Coffea canephora*, CERV3 – cerveja produzida com adição de malte especial. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p=0,05).

Fonte: os autores (2026).

A adição do malte *Chateau Cafe*, contribui para aumentar o teor de CFT na formulação CERV3, em relação à formulação CERV0, a qual apresentou o menor teor de CFT. Verifica-se a influência positiva da adição, dos grãos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (variedade Conilon), que proporcionaram os maiores teores de CFT nas amostras CERV1 e CERV2.

Da Silva, Dias e Koblit (2021) observaram a correlação entre o teor de CFT e a atividade antioxidante da cerveja, uma vez que estes compostos possuem, em sua natureza, capacidade de sequestrar radicais livres, como no teste *in vitro* realizado neste estudo (ABTS). Dessa forma, verificou-se que os maiores valores de CFT, encontrados para as formulações CERV1 e CERV2, refletiram em uma maior atividade antioxidante das mesmas. Por outro lado, a não adição de grãos de cafés nas formulações CERV0 e CERV3 refletiram em menor atividade antioxidante.

A atividade antioxidante do café é atribuída, em partes, aos compostos naturais, mas também aos produzidos pela torrefação, como as melanoidinas (Ludwig *et al.*, 2012). As melanoidinas são os produtos finais da reação de Maillard gerada pelos grupos carbonila na redução de açúcares e grupos amino em proteínas, peptídeos e aminoácidos e contribuem com atividade antioxidante em cervejas escuras (Zhang *et al.*, 2023). No processo industrial de produção de maltes especiais, principalmente maltes escuros, elevadas temperaturas são utilizadas na secagem/torrefação. O

processo de secagem do malte *Chateau Cafe* utilizado na amostra CERV3 foi de 220 °C, segundo informações do fabricante, o que também indica a ocorrência da reação de Maillard e a presença de melanoidinas, justificando o aumento no teor de CFT na amostra CERV3.

A maior atividade antioxidante encontrada na formulação CERV1, em comparação à amostra CERV2, pode ser atribuída a maior quantidade de cafeína e outros compostos antioxidantes presente nos grãos de café *Coffea arabica*, em comparação aos grãos *Coffea canephora* (variedade Conilon) (Vignoli; Bassoli; Benassi, 2011).

Por fim, este estudo contribui como uma alternativa de produção de cervejas artesanais, e motiva futura pesquisas a investigar os aspectos sensoriais e mercadológicos das formulações desenvolvidas. Isso se alinha as novas tendências de mercado, em que a cerveja artesanal se apresenta como um produto com uma estrutura experiencial em vez de um produto utilitário, sendo a autenticidade a principal motivação para o consumo (Machado, Thomé e Leitão, 2026).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou que a utilização do café como matéria-prima alternativa, bem como sua espécie, impacta significativamente tanto no processo fermentativo quanto nas características físico-químicas e funcionais da cerveja produzida. O mosto produzido utilizando café da espécie *Coffea canephora* (variedade Conilon) apresentou maior quantidade de açúcares simples dissolvidos no mosto, originando uma cerveja com maior graduação alcoólica ao final do processo fermentativo. Já para os compostos fenólicos e a atividade antioxidante das cervejas produzidas com ambas as espécies (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*), os resultados mostraram os benefícios de se utilizar esta matéria prima visando o aumento da quantidade de compostos bioativos na cerveja. Este trabalho tem como limitação o fato de ter se produzido apenas uma batelada de cada formulação de cerveja. Assim, recomenda-se que estudos futuros avaliem o efeito da repetição experimental nas propriedades investigadas neste estudo, bem como, pesquise os efeitos no perfil fenólico, bem como, nas propriedades sensoriais das cervejas produzidas. Tal vertente reveste-se de importância ao considerar que a adição dos tipos de café estudados, podem contribuir positivamente para o aroma, amargor, entre outras características, influenciando na aceitação dos consumidores, o que vai de encontro com a crescente demanda do mercado por cervejas artesanais e/ou do tipo *premium*.

#### 6 REFERÊNCIAS

BREDA, C.; BARROS, A.I.; GOUVINHAS, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant capacity of Portuguese craft beers. **International Journal of**

**Gastronomy and Food Science**, v. 27, p. 100473, 2022. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100473>

BRIGGS, D.E.; BOULTON, C.A.; BROOKES, P.A.; STEVENS, R. **Brewing: Science and Practice**. 1. ed. Boca Raton: Woodhead Publishing Limited, 2004. ISBN: 978-1-885573-490-6.

CHAN, M.Z.A.; CHUA, J.Y.; TOH, M.; LIU, S.Q. Survival of probiotic strain *Lactobacillus paracasei* L26 during co-fermentation with *S. cerevisiae* for the development of a novel beer Beverage. **Food Microbiology**, v. 82, p. 541-550, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.04.001>

CIOSEK, A.; FULARA, K.; HRABIA, O.; SATORA, P.; POREDA, A. Chemical composition of sour beer resulting from supplementation the fermentation medium with magnesium and zinc ions. **Biomolecules**, v. 10, e. 12, p. 1599, 2020. DOI: <http://doi.org/10.3390/biom1012599>

DA SILVA, R. N. P; DIAS, J. F; KOBLITZ, M. G. B. Cervejas: relação entre estilos; compostos fenólicos e capacidade antioxidante. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, e42210313471, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13471>

DE SOUZA, A.P.; BARROS, B.C.B.; RAI, R.Z. Drying kinetics and antioxidant potential of pitaya Pulp and mesocarp. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**, p. 282-01, 282-25, 2020. DOI: <http://doi.org/10.21575/25254782rmetg2020vol5n71112>

DONADINI, G.; PORRETTA, S. Uncovering patterns of consumers' interest for beer: A case study with craft beers. **Food Research International**, v. 91, p. 183-198, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.043>

DOS SANTOS, R.A.; PRADO, M.A.; PERTIERRA, R.E.; PALACIOS, H.A. Análises de açúcares e ácidos clorogênicos de cafés colhidos em diferentes estágios de maturação e após processamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. e2017136, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.16317>

FILHO, R.C.N.; GALVAN, D.; EFFTING, L.; TERHAAG, M.M.; YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T.; SPINOSA, W.A. Effects of adding spices with antioxidants compounds in red ale style Craft beer: A simplex-centroid mixture design approach. **Food Chemistry**, n. 365, p. 130478, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130478>

FLAVIIS, R.; SANTARELLI, V.; MUTARUTWA, D.; GIULIANI, M.; GIAMPIERO, S. Volatiles profile of 'Blanche' wheat craft beer as affected by wheat origin: A chemometric study. **Food Chemistry**, v. 385, p. 132696, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132696>

HUMIA, B.V.; SANTOS, K.S.; SCHNEIDER, J.K.; LESSA, I.; ABREU, G. DE; BATISTA, T.; APARECIDA, B.; MACHADO, S.; IZABEL, J.; CANIELAS, L.; MENDONÇA, C.; FERREIRA, F. Physicochemical and sensory profile of Beauregard sweet potato beer. **Food Chemistry**, v. 312, p. 126087, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126087>

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Relatório sobre o mercado do Café**. Disponível online em: <https://www.icocoffee.org/documents/cy2023-24/cmr-1223-p.pdf> Acesso em: 12 dez 2023.

JAEGER, S.R.; WORCH, T.; PHELPS, T.; JIN, D.; CARDELLO, A.V. Preference segments among declared craft beer drinkers: perceptual, attitudinal and behavioral responses underlying craft-style vs. traditional-style flavor preferences. **Food Quality and Preference**, v. 82, p. 103884, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103884>

KUTKOSKI, R.F.; CABRERA, L.C.; DA ROSA, M.R.; FELSNER, M.L. Influence of the processing and raw material in the physicochemical characteristics of the lager beer produced in the microbrewery. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 3, 2019. DOI: <http://doi.org/10.21577/1984-6835.20190053>

LUDWIG, I.A.; SANCHEZ, L.; CAEMMERER, B.; KROH, L.W.; DE PEÑA, M.P.; CID, C. Extraction of coffee antioxidants: Impact of brewing time and method. **Food Research International**, v. 48, p. 57–64, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.02.023>

MACHADO, G.A.; THOMÉ, K.M.; LEITÃO, F.O. Market differentiation: practices and socio-technical agencing in the craft beer market. **International Journal of Wine Business Research**, v. 38, no. 1, p. 114–129, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJWBR-08-2024-0048>

MARTINEZ-GOMEZ, A.; CABALLERO, I.; BLANCO, C.A. Phenols and Melanoidins as Natural Antioxidants in Beer. Structure, Reactivity and Antioxidant Activity. **Biomolecules**, v. 10, n. 3, p. 400, 2020. DOI: <http://doi.org/10.3390/biom10030400>

MASCIA, I., FADDA, C., DOSTÁLEK, P., OLŠOVSKÁ, J., DEL CARO, A., Preliminary characterization of an Italian craft durum wheat beer. **Journal of Institute of Brewing**, v. 120, p. 495–499, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1002/jib.176>

MICHEL, M.; MEIER-DÖRNBERG, T.; JACOB, F.; METHNER, F.J.; WAGNER, R.S.; HUTZLER, M. Pure non-Saccharomyces starter cultures for beer fermentation with a focus on secondary metabolites and practical applications. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 122, p. 569–587, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1002/jib.381>

MIKYŠKA, A.; DUŠEK, M.; SLABÝ, M. How does fermentation, filtration and stabilization of beer affect polyphenols with health benefits. **Kvasný Průmysl**, v. 65, p. 120–126, 2019. DOI: <http://doi.org/10.18832/kp2019.65.120>

MOURA-NUNES, N.; BRITO, T.C.; FONSECA, N.D.; DE AGUIAR, P.F.; MONTEIRO, M.; PERRONE, D.; TORRES, A.G. Phenolic compounds of brazilian beers from different types and styles and application of chemometrics for modeling antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 199, p. 105–113, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.133>

MUXEL, A. A. **Química da Cerveja: Uma abordagem química e bioquímica das matérias-primas, processo de produção e da composição dos compostos da cerveja**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2022. ISBN: 978-65-250-2105-8

NETO, J.R.O.; DE OLIVEIRA, T.S.; GHEDINI, P.C.; VAZ, B.G.; GIL, E.S. Antioxidant and vasodilatory activity of commercial beers. **Journal of Functional Foods**, v. 34, p. 130–138, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jff.2017.04.019>

OSORIO-PAZ, I.; BRUNAUER, R.; ALAVEZ, S. Beer and its non-alcoholic compounds in health and disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, p. 3492–3505, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1696278>

PORTELA, C.S.; ALMEIDA, I.F.; DOS REIS, T.A.D.; HICKMANN, B.R.B.; BENASSI, M.T. Effects of brewing conditions and coffee species on the physicochemical characteristics, preference and dynamics of sensory attributes perception in cold brews. **Food Research International**, v. 151, p. 110860, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110860>

PORTELA, C.S.; ALMEIDA, I.F.; MORI, A.L.B.; YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T. Brewing conditions impact on the composition and characteristics of cold brew Arabica and Robusta coffee beverages. **LWT - Food Science and Technology**, V. 143, p. 111090, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111090>

SINDICERV. O setor em números. Disponível online em:

<https://www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros/> Acesso em: 12 Dez 2023.

VIANA, A.C.; PIMENTEL, T.C.; DO VALE, R.B.; CLEMENTINO, L.S.; FERREIRA, E.T.J.; MAGNANI, M.; LIMA, M.S. American Pale Ale craft beer: Influence of brewer's yeast strains on the Chemical composition and antioxidant capacity. **LWT – Food Science and Technology**, v. 152, p. 112317, 2021. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112317>

VIGNOLI, J.A.; BASSOLI, D.G.; BENASSI, M.T. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. **Food Chemistry**, v. 124, n.3, 863–868, 2011. DOI:

<http://doi.org10.1016/j.foodchem.2010.07.008>

YANG, D.; GAO, X. Research progress on the antioxidant biological activity of beer and strategy for applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 110, p. 754–764, 2021.

YANG, N.; WU, C.; YANG, H.; GUO, Z.; JIAN, H.; JIANG, T.; LEI, H. Bioactive compounds, antioxidant activities and flavor volatiles of lager beer produced by supplementing six jujube cultivars as adjuncts. **Food Bioscience**, v. 50, p. 102008, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102008>

YOSHIDA, S.; YOKOYAMA, A. Identification and characterization of genes related to the production of organic. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 113, p. 556–561. 2012. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2011.12.017>

ZHANG, L.; WANG, X.; MANICKAVASAGAN, A.; LIM, L-T. Extraction and physicochemical characteristics of high pressure-assisted cold brew coffee. **Future Foods**, p. 100113, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100113>

ZHANG, Q.; CHEN, M.; COLDEA, T.E.; HUIRONG, Y.; ZHAO, H. Structure, chemical stability and antioxidant activity of melanoidins extracted from dark beer by acetone precipitation and macroporous resin adsorption. **Food Research International**, v. 164, p. 112045, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112045>