



## DESENVOLVIMENTO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS A PARTIR DE CASCAS DE CAFÉ TIPO ARÁBICA POR INFUSÃO A FRIO

## DESARROLLO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS A PARTIR DE CÁSCARAS DE CAFÉ TIPO ARÁBICA MEDIANTE INFUSIÓN EN FRÍO

## DEVELOPMENT OF ALCOHOLIC BEVERAGES FROM ARABICA COFFEE HUSKS THROUGH COLD INFUSION

Apresentação: Comunicação Oral

Carlos Henrique Ferreira de Oliveira<sup>1</sup>; Camile de Melo Silva Nascimento<sup>2</sup>; Natália Lima de Espíndola<sup>3</sup>; Marteson Cristiano dos Santos Camelo<sup>4</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/VICIAGRO.0167>

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma cerveja artesanal do *estilo American Pale Ale* (APA), utilizando cascas de café arábica (*Coffea arabica* L. var *typica*) como ingrediente funcional, por meio da técnica de infusão a frio. A proposta visa promover a sustentabilidade e inovação no setor de bebidas, utilizando subprodutos da agroindústria cafeeira como fonte de compostos bioativos. A cerveja APA foi produzida seguindo os procedimentos descritos por Palmer (2021), com adaptações específicas para as condições laboratoriais e de escala. A metodologia baseia-se no uso de malte, lúpulo e levedura específicos para esse estilo, respeitando as diretrizes técnicas de processo. Três formulações foram elaboradas: uma amostra controle (CT), sem adição de extrato, e duas experimentais (C1 e C2), suplementadas com 10 mL e 20 mL de extrato de casca de café por garrafa, respectivamente. O extrato foi obtido por infusão das cascas secas em água mineral sob agitação de 200 rpm por 24 horas, seguido de filtração e exposição à luz UV por 10 minutos. A mosturação foi realizada em panela automatizada, com rampas de temperatura entre 62 °C e 80 °C. A fervura com adição de lúpulo ocorreu por 10 minutos, e o mosto foi resfriado utilizando trocador de placas. A fermentação foi conduzida a 19 °C por sete dias, seguida de maturação a 4 °C por sete dias. O envase foi feito com adição de solução de sacarose para carbonatação natural (priming). As análises físico-químicas incluíram pH, acidez titulável (%), sólidos solúveis (°Brix), compostos fenólicos totais (mg EAG/L) e extrato real, realizadas em triplicata conforme métodos do Instituto Adolfo Lutz. Os resultados mostraram estabilidade nos parâmetros de pH (4,34 a 4,37), acidez (0,30–0,32%) e sólidos solúveis (4,34–4,40 °Brix). O índice de amargor (IBU) manteve-se em 29 para todas as amostras. A concentração de compostos fenólicos, com resultados expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico, foi maior nas amostras com extrato (C1: 20,11 mg EAG/L; C2: 18,16 mg EAG/L), em comparação à amostra controle (10,70 mg EAG/L). O extrato real foi superior na formulação C1 (0,45), indicando melhor incorporação de compostos sólidos nessa concentração intermediária. Conclui-se que o extrato de casca de café é um aditivo funcional promissor, capaz de enriquecer cervejas artesanais com compostos antioxidantes sem comprometer suas características.

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco - UFAPE, [henrique.foliveira@outlook.com.br](mailto:henrique.foliveira@outlook.com.br)

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco - UFAPE, [camilenascimento@gmail.com](mailto:camilenascimento@gmail.com)

<sup>3</sup> Mestra em Produção Agrícola, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE, [agronataliaespindola@outlook.com](mailto:agronataliaespindola@outlook.com)

<sup>4</sup> Prof. Dr. Modelagem e simulação de processos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE. [marteson.camelo@ufape.edu.br](mailto:marteson.camelo@ufape.edu.br)

**Palavras-Chave:** Subproduto, Resíduos, Cerveja, Sustentabilidade.

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo el desarrollo de una cerveza artesanal del estilo American Pale Ale (APA), utilizando cáscaras de café arábica (*Coffea arabica* L. var *typica*) como ingrediente funcional, mediante la técnica de infusión en frío. La propuesta busca promover la sostenibilidad y la innovación en el sector de bebidas, utilizando subproductos de la agroindustria cafetera como fuente de compuestos bioactivos. La cerveza APA fue elaborada siguiendo los procedimientos descritos por Palmer (2021), con adaptaciones específicas para las condiciones de laboratorio y a pequeña escala. La metodología se basa en el uso de malta, lúpulo y levadura específicos para este estilo, respetando las directrices técnicas del proceso. Se elaboraron tres formulaciones: una muestra control (CT), sin adición de extracto, y dos experimentales (C1 y C2), suplementadas con 10 mL y 20 mL de extracto de cáscara de café por botella, respectivamente. El extracto se obtuvo mediante infusión de las cáscaras secas en agua mineral con agitación a 200 rpm durante 24 horas, seguido de filtración y exposición a luz UV durante 10 minutos. La maceración se realizó en olla automatizada, con rampas de temperatura entre 62 °C y 80 °C. La ebullición con adición de lúpulo duró 10 minutos, y el mosto fue enfriado mediante intercambiador de placas. La fermentación se llevó a cabo a 19 °C durante siete días, seguida de maduración a 4 °C durante otros siete días. El envasado se realizó con adición de solución de sacarosa para lograr la carbonatación natural (priming). Los análisis fisicoquímicos incluyeron pH, acidez titulable (%), sólidos solubles (°Brix), compuestos fenólicos totales (mg EAG/L) y extracto real, realizados por triplicado conforme a los métodos del Instituto Adolfo Lutz. Los resultados mostraron estabilidad en los parámetros de pH (4,34 a 4,37), acidez (0,30–0,32%) y sólidos solubles (4,34–4,40 °Brix). El índice de amargor (IBU) se mantuvo en 29 en todas las muestras. La concentración de compuestos fenólicos, expresada en miligramos de equivalentes de ácido gálico, fue mayor en las muestras con extracto (C1: 20,11 mg EAG/L; C2: 18,16 mg EAG/L) en comparación con la muestra control (10,70 mg EAG/L). El extracto real fue superior en la formulación C1 (0,45), lo que indica una mejor incorporación de compuestos sólidos en esa concentración intermedia. Se concluye que el extracto de cáscara de café es un aditivo funcional prometedor, capaz de enriquecer cervezas artesanales con compuestos antioxidantes sin comprometer sus características.

**Palabras Clave:** Subproducto, Residuos, Cerveza, Sostenibilidad.

## ABSTRACT

The present study aimed to develop a craft beer of the American Pale Ale (APA) style using Arabica coffee husks (*Coffea arabica* L. var *typica*) as a functional ingredient through the cold infusion technique. The proposal seeks to promote sustainability and innovation in the beverage sector by using by-products from the coffee agroindustry as a source of bioactive compounds. The APA beer was produced following the procedures described by Palmer (2021), with specific adaptations for laboratory and small-scale conditions. The methodology is based on the use of specific malts, hops, and yeast for this style, in accordance with technical brewing guidelines. Three formulations were developed: a control sample (CT) without extract, and two experimental ones (C1 and C2), supplemented with 10 mL and 20 mL of coffee husk extract per bottle, respectively. The extract was obtained by infusing the dried husks in mineral water under agitation at 200 rpm for 24 hours, followed by filtration and UV light exposure for 10 minutes. Mashing was performed in an automated kettle, with temperature ramps ranging from 62 °C to 80 °C. The wort was boiled with hop additions for 10 minutes and then cooled using a plate heat exchanger. Fermentation was conducted at 19 °C for seven days, followed by maturation at 4 °C for an additional seven days. Bottling was done with the addition of a sucrose solution for natural carbonation (priming). Physicochemical analyses included pH, titratable acidity (%), soluble solids (°Brix), total phenolic compounds (mg GAE/L), and real extract, all performed in triplicate according to the methods of the Adolfo Lutz Institute. The results showed stability in pH (4.34–4.37), acidity (0.30–0.32%), and soluble solids (4.34–4.40 °Brix). The bitterness index (IBU) remained at 29 for all samples. The concentration of phenolic compounds, expressed in milligrams of gallic acid equivalents, was higher in the samples with extract (C1: 20.11 mg GAE/L; C2: 18.16 mg GAE/L) compared to the control (10.70 mg GAE/L). The real extract was higher in formulation C1 (0.45), indicating better incorporation of solid compounds at this intermediate concentration. It is concluded that coffee husk extract is a promising functional additive, capable of enriching craft beers with antioxidant compounds without compromising their traditional sensory characteristics.

**Keywords:** By-product, Residues, Beer, Sustainability.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de café do mundo, com destaque para o cultivo de variedades do tipo arábica. Com essa expressiva produção, também se acumulam grandes volumes de resíduos agroindustriais, especialmente a casca do café, geralmente descartada sem aproveitamento econômico ou funcional. No entanto, estudos recentes têm revelado que esse material possui composição rica em compostos bioativos, como polifenóis, cafeína, ácidos clorogênicos e açúcares fermentáveis, que o tornam promissor para aplicação em diversos segmentos da indústria alimentícia e de bebidas (FREITAS, 2016). Diante dessa realidade, surge a necessidade de se desenvolver estratégias que aliem inovação tecnológica e sustentabilidade, ao mesmo tempo em que se aproveitam recursos disponíveis na cadeia produtiva. A produção de bebidas fermentadas com adição de extratos naturais ou ingredientes não convencionais é uma das alternativas mais viáveis nesse cenário. Em particular, a cerveja artesanal tem se mostrado uma excelente matriz para inserção de novas propostas de formulação, tanto pelo seu apelo comercial quanto pela versatilidade de estilos e métodos produtivos.

A cerveja é uma das bebidas fermentadas mais apreciadas no mundo, e sua diversidade de estilos e sabores reflete a riqueza cultural e a criatividade envolvida em sua produção. Cada estilo possui identidade própria, marcada por características sensoriais únicas. A classificação das cervejas leva em conta, entre outros fatores, o tipo de fermentação: as *ales*, que passam por fermentação em temperaturas mais altas, e as *lagers*, fermentadas em temperaturas mais baixas. Dentro dessas categorias, existe uma ampla variedade de estilos, cada um com suas tradições e particularidades.

A avaliação da qualidade da cerveja envolve diversos aspectos sensoriais. O equilíbrio entre o amargor do lúpulo, a doçura do malte e os aromas específicos de cada ingrediente é essencial. A aparência também desempenha um papel importante, incluindo atributos como cor, limpidez e formação de espuma. Além disso, a carbonatação, a textura na boca e a persistência dos sabores complementam a análise sensorial da bebida.

Na busca por otimizar a produção e reduzir custos sem comprometer a qualidade, diversas estratégias vêm sendo adotadas pelas cervejarias. Entre elas, destacam-se o uso eficiente dos insumos, a adoção de tecnologias apropriadas, o controle de recursos e práticas sustentáveis. Uma alternativa viável é a substituição parcial da cevada por outros cereais, como trigo, centeio, aveia e milho, além da incorporação de ingredientes não convencionais, como frutas, especiarias e ervas. Essa flexibilidade na escolha dos ingredientes amplia a criatividade na elaboração de novos estilos e produtos.

Nos últimos anos, o interesse por cervejas com características diferenciadas cresceu significativamente. Essa tendência impulsionou o desenvolvimento de produtos que oferecem novas experiências sensoriais, alinhadas às expectativas de um público cada vez mais exigente. As cervejarias artesanais têm se destacado nesse cenário por apresentarem maior liberdade criativa em relação às

grandes indústrias, oferecendo uma gama mais ampla de sabores, aromas e propostas inovadoras. Nesse contexto, o café — especialmente o grão e seus subprodutos — tem se mostrado uma alternativa promissora na composição da cerveja, seja como agente aromatizante, seja como elemento que intensifica notas sensoriais já valorizadas nesse tipo de bebida. A *American Pale Ale* (APA) é um estilo de cerveja artesanal originado nos Estados Unidos, caracterizado pelo equilíbrio entre maltes e lúpulos, com notas cítricas e florais bem definidas. A utilização de ingredientes funcionais, como extratos naturais, pode complementar esse perfil sensorial sem descaracterizar o estilo (PALMER, 2021).

Assim, este trabalho propôs o desenvolvimento de uma cerveja do tipo APA, aromatizada com extrato da casca do café, utilizando a infusão a frio como método de adição pós-fermentativa. Buscou-se avaliar o impacto dessa adição nas características físico-químicas da bebida, especialmente no teor de compostos fenólicos, sem comprometer parâmetros sensoriais importantes como o pH, a acidez e o amargor. Acredita-se que essa abordagem pode contribuir para a criação de produtos diferenciados, com valor funcional agregado, ao mesmo tempo em que promove o aproveitamento de resíduos agroindustriais e fortalece práticas sustentáveis.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Processamento do café

O processamento do café pode ser realizado por dois métodos distintos: o via seca e o via úmida. No método seco, o principal subproduto gerado é a casca, que compreende a polpa seca e o pergaminho, incluindo tanto a casca propriamente dita quanto a mucilagem. Já no processamento por via úmida, os subprodutos são obtidos em etapas separadas: inicialmente surge a polpa úmida, que inclui a casca, e, posteriormente, o pergaminho seco, ainda contendo a mucilagem (CANGUSSU *et al.*, 2021).

A borra de café é um resíduo amplamente gerado tanto no consumo doméstico quanto na produção industrial de café solúvel. Além dela, outras partes do cafeeiro, como flores, galhos e madeira, também são classificadas como subprodutos, contribuindo significativamente para a geração de resíduos na cadeia produtiva do café (KLINGEL *et al.*, 2020).

Tradicionalmente, esses materiais são destinados à incineração ou utilizados como alimentação animal. No entanto, tais práticas não aproveitam todo o potencial desses resíduos. Eles são ricos em componentes valiosos, como açúcares, proteínas, pectinas, taninos e outros compostos bioativos, que podem ser convertidos em produtos de maior valor agregado. A valorização desses resíduos representa uma estratégia eficaz para reduzir custos industriais e promover práticas sustentáveis. Assim, a reciclagem desses materiais não apenas favorece o meio ambiente, mas também oferece oportunidades econômicas relevantes (SKUMAR *et al.*, 2018).

Dentre os resíduos gerados, a casca do café é considerada o principal subproduto do processamento via seca, podendo representar até o dobro da massa do grão beneficiado. Apesar de seu grande volume, o uso da casca ainda é bastante limitado, sendo comumente aplicada como fertilizante orgânico ou matéria-prima na produção de biogás. No entanto, sua utilização na alimentação animal pode ser restrita devido à presença de compostos potencialmente tóxicos, como cafeína, taninos e polifenóis, que em concentrações elevadas podem exercer efeitos antinutricionais (SILVA *et al.*, 2020; FAUSTINO *et al.*, 2020).

A composição da casca do café guarda semelhanças com a do próprio grão, contendo diversos materiais orgânicos e inorgânicos, além de importantes compostos bioativos, como o ácido clorogênico. Sua constituição química inclui de 8 a 11% de proteínas, 0,5 a 3% de lipídios, 3 a 7% de cinzas, 1 a 5% de cafeína e taninos, e uma alta concentração de carboidratos (58 a 85%), já considerando as fibras presentes. Essa riqueza nutricional e funcional torna a casca um substrato atrativo para a indústria de alimentos, com potencial aplicação na formulação de bebidas estimulantes e suplementos de fibra dietética (BAQUETA, 2017; SKUMAR *et al.*, 2018; AMARAL, 2021).

O uso de resíduos vegetais como ingredientes em formulações alimentares e bebidas tem sido amplamente discutido na literatura como estratégia de sustentabilidade e inovação. A casca do café arábica é um subproduto rico em compostos fenólicos, antioxidantes e açúcares, sendo estudada como fonte promissora de aditivos funcionais e ingredientes naturais para bebidas fermentadas (FREITAS, 2016; PALOMINO GARCÍA; DEL BIANCHI, 2015a).

A técnica de infusão a frio permite a extração de compostos solúveis em água, como polifenóis, cafeína e compostos aromáticos, sem a aplicação de calor, o que favorece a preservação das propriedades funcionais dos ingredientes (SILVA; VERÍSSIMO; ARRUDA, 2021). Esse processo, quando aplicado a bebidas fermentadas como a cerveja, tem o potencial de incorporar compostos bioativos diretamente na garrafa, após a fermentação, otimizando a estabilidade dos compostos adicionados.

## **Cerveja**

Segundo a legislação brasileira, a cerveja é definida como a bebida alcoólica obtida por meio da fermentação do mosto proveniente de malte de cevada ou seu extrato, em água potável, pela ação de leveduras. A composição pode ainda incluir outros cereais maltados ou não, com a adição de lúpulo ou de seu extrato (BRASIL, 2019).

O setor cervejeiro tem grande relevância econômica no Brasil, representando cerca de 1,6% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. O país produz, em média, 13,3 bilhões de litros de cerveja por ano, apresentando um crescimento anual de 5%. Com esses números, o Brasil ocupa a terceira posição no ranking mundial de países com maior produção da bebida (PINA *et al.*, 2022). Esse elevado volume

de produção está diretamente ligado à alta demanda dos consumidores, uma vez que o consumo de cerveja no país está fortemente associado a momentos de lazer, socialização e convívio coletivo (SANTOS *et al.*, 2021).

Atualmente, diversos métodos são utilizados na fabricação de cerveja, resultando em uma ampla variedade de produtos com características sensoriais distintas. Para garantir a padronização, o controle de qualidade e a fiscalização do processo produtivo, cada país adota normas específicas voltadas à classificação, ao registro e à regulamentação desses produtos (RIBEIRO *et al.*, 2021).

Estudos prévios como os de Chacón-Figueroa *et al.* (2022) indicam que a adição de extratos vegetais em cervejas artesanais pode resultar em produtos com maior atividade antioxidante e estabilidade sensorial. No mesmo sentido, Costantin (2022) apresentou resultados positivos com a adição de ingredientes botânicos em formulações de cerveja. A APA, por sua vez, é um estilo amplamente utilizado em testes experimentais por conta de seu perfil equilibrado e versatilidade de composição, conforme descrito por Palmer (2021). Portanto, a fundamentação teórica deste estudo se apoia no potencial funcional da casca do café como ingrediente antioxidante, nas vantagens da técnica de infusão a frio para aplicações sensíveis, e na adaptabilidade da APA como base de bebida artesanal para experimentação com ingredientes não convencionais.

## **METODOLOGIA**

O delineamento experimental, foi desenvolvido nos laboratórios da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFape. As atividades foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos (LAAL) e no Laboratório de Fenômenos de Transporte e Operações Unitárias, situados no prédio de Laboratórios de Ciências e Tecnologia de Alimentos (LACTAL), ambos vinculados ao curso de Engenharia de Alimentos.

Inicialmente, foram obtidos os insumos necessários para a produção da cerveja, incluindo malte Pilsen, malte *Munich Light*, lúpulo da variedade *Columbus*, leveduras do tipo *ale*, água mineral e cascas de café arábica do tipo *typica*. Os insumos cervejeiros foram adquiridos em lojas especializadas localizadas em Recife/PE, enquanto as cascas de café foram doadas por alunos da universidade, após processamento por secagem natural.

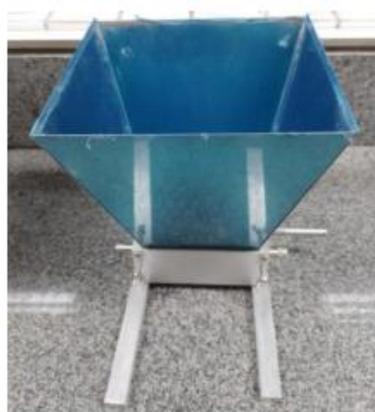
Para a elaboração da cerveja, foi produzido um lote único de 30 litros da base APA, o qual foi dividido em três partes iguais após a etapa de resfriamento do mosto. Essa divisão permitiu a criação de três formulações distintas: uma amostra controle (CT), sem adição do extrato; a amostra C1, contendo 10 mL de extrato por garrafa; e a amostra C2, contendo 20 mL de extrato por garrafa. A padronização do lote inicial garantiu uniformidade no processo e na base das amostras.

O extrato foi obtido com base na metodologia de Sá *et al.* (2024), sendo realizado um processo

de infusão a frio: as cascas secas foram submetidas à agitação contínua em água mineral por 24 horas, a 200 rpm. Após esse período, a solução foi coada e exposta à luz UV por 10 minutos, com o objetivo de promover a descontaminação microbológica.

A etapa de produção da cerveja seguiu os princípios da fabricação de uma *American Pale Ale*, conforme Palmer (2021). A moagem do malte foi realizada por meio de um moedor de rolos especializado, composto por um funil e dois rolos (Figura 1). Para garantir a eficiência e qualidade do processo, foi efetuado um teste ágil do volume de malte moído, conforme a metodologia estabelecida pela Cooperativa Agraria.

**Figura 1:** Moedor de rolos para Malte



**Fonte:** Própria (2025).

A mosturação foi realizada em panela automatizada (Figura 2) com rampas de temperatura específicas. A panela cervejeira automatizada é um equipamento desenvolvido para facilitar e padronizar o processo de produção de cerveja artesanal, reunindo em um único sistema as etapas de mosturação, clarificação, fervura e resfriamento do mosto. O sistema é controlado eletronicamente, permitindo o monitoramento e ajuste de variáveis como temperatura, tempo e agitação, essenciais para garantir a repetibilidade da produção.

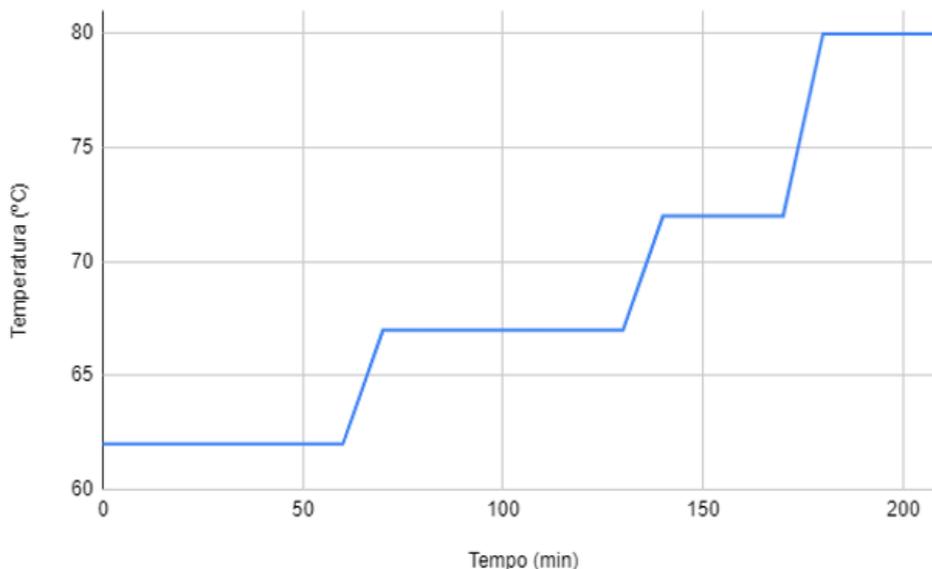
**Figura 2:** Panela de mostura automatizada.



**Fonte:** Mercado Livre (2025).

As rampas de mosturação (Figura 3) seguiram a seguinte ordem: 62 °C por 60 minutos, 67 °C por mais 60 minutos, 72 °C por 20 minutos e 80 °C por 30 minutos. A temperatura de mosturação é um fator crucial na conversão de amido em açúcares fermentáveis durante a produção de cerveja. Palmer (2021) destaca que diferentes enzimas atuam em faixas de temperatura específicas, influenciando o perfil de açúcares do mosto e, conseqüentemente, as características da cerveja final. Após a mosturação, o mosto foi filtrado e encaminhado para a etapa de fervura por 1 hora, com adição do lúpulo *Columbus* durante os 10 minutos finais.

**Figura 3:** Perfil de tempo e temperatura da mosturação.



**Fonte:** Própria (2023).

Em seguida, o mosto foi resfriado em trocador de calor de placas (Figura 4), sendo a água o líquido refrigerante, e inoculado com a levedura, com a fermentação conduzida a 19 °C por sete dias.

**Figura 4:** Trocador de calor de placas

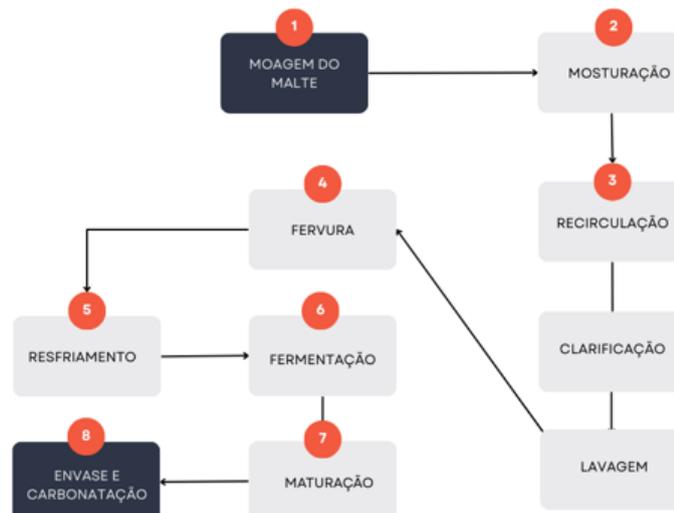


**Fonte:** Própria (2025).

Esse tipo de trocador utiliza placas metálicas finas, dispostas paralelamente, pelas quais circulam dois fluidos em sentidos opostos — normalmente, o mosto quente e a água fria. Esse arranjo proporciona uma grande área de troca térmica em um espaço compacto, resultando em um resfriamento rápido e eficiente. Segundo Zago (2017), em um estudo desenvolvido na Universidade de Caxias do Sul, um trocador de calor de placas com 30 unidades foi capaz de resfriar o mosto com alta eficiência, atingindo coeficientes globais de transferência de calor superiores a  $1000 \text{ W/m}^2\text{K}$ . O autor destaca que o trocador de calor projetado atendeu de forma satisfatória às condições de operação para diferentes estilos de cerveja, garantindo o resfriamento adequado do mosto antes da fermentação.

Após esse período, as amostras passaram por maturação a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  por sete dias. Toda a etapa de produção seguiu o fluxograma a seguir:

**Figura 5 -** Fluxograma de preparo das cervejas artesanais.



**Fonte:** Própria (2025).

O envase foi realizado em garrafas de 600 mL, com adição de 6 mL de solução de açúcar, promovendo a carbonatação natural por refermentação, conforme descrito por Teleginski *et al.* (2016).

O período de refermentação foi de 15 dias em temperatura ambiente.

As análises físico-químicas foram realizadas nas amostras descarbonatadas, em triplicata, utilizando os métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz. Os parâmetros avaliados foram: pH (potenciometria), acidez titulável (%), sólidos solúveis totais (°Brix), teor de compostos fenólicos totais, com resultados expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico (mg EAG/L) e extrato real. O índice de amargor (IBU) foi estimado com auxílio do *software BrewFather*® versão 2.11.6. Para análise estatística, os dados foram submetidos ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, por meio do *software Sisvar*® versão 6.7.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises físico-químicas das três formulações permitiram avaliar o impacto da adição do extrato de casca de café sobre as propriedades da cerveja. Os dados obtidos estão representados na tabela abaixo:

**Tabela 1:** Análises físico-químicas na cerveja

Parâmetro	Formulação		
	CT	C1	C2
pH	4,36 A	4,34 A	4,37 A
IBU	29 A	29 A	29 A
SST (°Brix)	4,40 A	4,34 A	4,37 A
Acidez (%)	0,32 A	0,30 A	0,30 A
Fenólicos	10,70 B	20,11 A	18,16 A
Extrato Real	0,36 B	0,45 A	0,35 C

Notas: C – Controle; C1 – Cerveja 1; C2 – Cerveja 2. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Fonte:** Própria (2025).

O pH manteve-se estável entre as amostras: CT (4,36), C1 (4,34) e C2 (4,37), indicando que o extrato não interferiu significativamente no equilíbrio ácido-base da bebida. Esses resultados corroboram

os achados de De França Andrade *et al.* (2023), que afirmaram que extratos fenólicos da casca de café possuem baixo impacto sobre o pH de matrizes alimentares. No que se refere ao índice de amargor (IBU), todas as formulações apresentaram valor idêntico de 29, evidenciando que a adição do extrato após a fermentação não influenciou o perfil de amargor, o que já era esperado, uma vez que os compostos amargos da cerveja são majoritariamente oriundos dos iso- $\alpha$ -ácidos do lúpulo (DE CLIPPELEER; DE COOMAN; AERTS, 2014). A ausência de interação perceptível entre os compostos fenólicos adicionados e os compostos responsáveis pelo amargor foi também relatada por De Francesco *et al.* (2020).

Quanto aos sólidos solúveis totais (SST), os valores permaneceram próximos: CT (4,40 °Brix), C1 (4,34 °Brix) e C2 (4,37 °Brix). Isso indica que o extrato fenólico adicionado, embora possua compostos bioativos, apresenta baixo teor de açúcares solúveis, conforme observado por Baqueta *et al.* (2017), o que justifica a ausência de alteração significativa nesse parâmetro. A acidez titulável apresentou uma leve redução nas amostras com extrato: CT (0,32%), C1 (0,30%) e C2 (0,30%). Essa redução pode estar associada à ação antioxidante dos compostos fenólicos, que podem inibir reações oxidativas relacionadas à formação de ácidos, como discutido por Palomino García e Del Bianchi (2015b).

O teor de compostos fenólicos totais foi o parâmetro que apresentou maior variação entre as amostras, confirmando a eficácia do processo de infusão a frio. A amostra controle apresentou 10,70 mg EAG/L, enquanto C1 e C2 registraram 20,11 mg EAG/L e 18,16 mg EAG/L, respectivamente. A formulação com 10 mL de extrato (C1) demonstrou a melhor incorporação dos compostos fenólicos, possivelmente pela concentração ideal de equilíbrio entre solubilidade e estabilidade desses compostos na matriz cervejeira. Palomino García e Del Bianchi (2015a) identificaram na casca de café a presença de ácidos fenólicos com elevada atividade antioxidante, como o ácido cafeico e o ácido clorogênico, o que reforça a funcionalidade da adição observada neste trabalho. O extrato real, por fim, também apresentou variação entre as amostras: CT (0,36), C1 (0,45) e C2 (0,35), com destaque para a formulação intermediária, que atingiu maior valor. Acredita-se que concentrações mais altas do extrato possam ter promovido interações ou precipitações com os componentes da cerveja, reduzindo a incorporação efetiva de sólidos, conforme discutido por De França Andrade *et al.* (2023)

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento de uma cerveja artesanal do estilo American Pale Ale com adição de extrato fenólico da casca de café arábica, via infusão a frio, mostrou-se viável sob os aspectos técnico, funcional e ambiental. Os resultados indicaram que a técnica de infusão utilizada permitiu a extração eficiente de compostos fenólicos sem comprometer características físico-químicas essenciais da bebida, como pH,

acidez, amargor e teor de sólidos solúveis.

Dentre as amostras testadas, a formulação C1 (10 mL de extrato por garrafa) apresentou melhor desempenho, com maior incorporação de compostos fenólicos e extrato real, sugerindo que a concentração intermediária favorece a estabilidade e a funcionalidade da bebida.

A pesquisa reforça a possibilidade de aproveitamento de resíduos agroindustriais na produção de bebidas fermentadas, agregando valor a subprodutos como a casca do café e contribuindo com práticas sustentáveis na cadeia produtiva. Além disso, amplia o leque de inovação para cervejarias artesanais, propondo uma alternativa funcional, sensorialmente equilibrada e alinhada às tendências de consumo consciente.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, C. G. Compostos bioativos, capacidade antioxidante e potencialidades de aplicação da casca do café na indústria alimentícia : uma revisão. 2021.

BAQUETA, M. R. *et al.* Extração e caracterização de compostos do resíduo vegetal casca de café. *Brazilian Journal of Food Research*, v. 8, n. 2, p. 68, 2017.

BRASIL, INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 65, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2019 – DOU -Imprensa Nacional. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou>>. Acesso em: 1 jun. 2025.

CANGUSSU, L.B.; MELO, J.C.; FRANCA, A.S.; OLIVEIRA, L.S. Caracterização Química das Cascas de Café, um subproduto da Produção de *Coffea arabica*. *Foods*. 2021, 10, 3125. <https://doi.org/10.3390/foods10123125>

CHACÓN-FIGUEROA, I. H. *et al.* Use of coffee bean bagasse extracts in the brewing of craft beers: Optimization and antioxidant capacity. *Molecules (Basel, Switzerland)*, v. 27, n. 22, p. 7755, 2022.

COSTANTIN, Francini Aparecida Barreto; Produção E Caracterização De Cerveja Artesanal Estilo *American Pale Ale* Adicionada De Zimbros (*Juniperus communis*). Orientador: Profa. Dra. Renata Dinnies Santos Salem. 2022. 61 p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, PONTA GROSSA, 2022.

DE CLIPPELEER, Jessika; DE COOMAN, Luc; AERTS, Guido. Beer's bitter compounds: a detailed review on iso-alpha-acids: current knowledge of the mechanisms for their formation and degradation. *Brewing Science*, v. 67, n. 11–12, p. 167–182, 2014. Disponível em: <https://biblio.ugent.be/publication/01H3XY0ZKBP5W4MCD3VJVHMH8K>.

DE FRANCESCO, G. *et al.* Effect of addition of different phenolic-rich extracts on beer flavour stability. *Foods (Basel, Switzerland)*, v. 9, n. 11, p. 1638, 2020.

DE FRANÇA ANDRADE, Sonja *et al.* Otimização da extração de compostos bioativos da casca do café arábica por ultrassom e seu potencial como fonte de substâncias antioxidantes e aromáticas. *Scientia Plena*, v. 19, n. 5, 2023.

FAUSTINO, T. *et al.* Utilização de grão de milho reidratado e casca de café na alimentação animal.

**Revista Científica Rural**, v. 22, p. 259–275, 10 jun. 2020.

FREITAS, W. L. C. Estudo da casca de café como matéria-prima em processos fermentativos. 2015. 139 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97132/tde-25022016-094951/pt-br.php>. Acesso em: 13 mai. 2025.

KLINGEL, T.; KREMER, J. I.; GOTTSTEIN, V.; REZENDE, S. S.; LACHENMEIER, D. W. *A Review of Coffee By-Products Including Leaf, Flower, Cherry, Husk, Silver Skin, and Spent Grounds as Novel Foods within the European Union*. **Foods** (Basel, Switzerland), v. 9, n. 5, p. 665, 21 mai. 2020.

PALMER, John. **How to brew: tudo o que você precisa saber para fazer cerveja em casa**. Tradução de Fabiano M. Calixto. São Paulo: Krater, 2021. 432 p. Ilustrado. Tradução da 4ª edição americana.

PALOMINO GARCÍA, L. R.; DEL BIANCHI, V. L. Capacidade antioxidante em resíduos da indústria cafeeira. **Brazilian journal of food technology**, v. 18, n. 4, p. 307–313, 2015a.

PALOMINO GARCÍA, L. R.; DEL BIANCHI, V. L. Efeito da fermentação fúngica no teor de compostos fenólicos em casca de café robusta. **Semina. Ciências agrárias**, v. 36, n. 2, p. 777, 2015b.

PINA, R. L.; CRUZ, D. C. P.; MARTELLI, M. C. Avaliação da influência de aromas gerados por leveduras não convencionais utilizadas na produção de cerveja: uma revisão. **Research Society and Development**, v. 11, n. 17, p. e43111738868–e43111738868, 19 dez. 2022.

RIBEIRO, E. S. *et al.* Produção de cerveja e análise sensorial: um referencial teórico. *Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas - volume 2*, v. 2, n. 1, p. 656–670, out. 2021.

SÁ, D. L. M. DE *et al.* Métodos de extração de compostos fenólicos da casca melosa do *Coffea arabica* L. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 7, n. 14, p. e141225, 2024.

SANTOS, A. S.; JESUS, A. C.; SILVA, A. P. Q.; COELHO, D. G. Aplicação da fermentação mista na produção de cervejas artesanais. **Diversitas Journal**. Volume 6, Número 1 (jan./mar. 2021) pp: 783-800. ISSN 2525-5215 DOI: 10.17648/diversitas-journal-v6i1-1585.

SILVA, I. A.; VERÍSSIMO, C. M.; ARRUDA, L. L. A. L. Cold brew como tendência: principais variáveis que impactam na composição da bebida. Em: **A indústria de alimentos e a economia circular: alimentando uma nova consciência**. [s.l.] Agron Food Academy, 2021.

SILVA, O. M. DAS C. *et al.* Potencial uso da casca de café como constituinte de substrato para produção de mudas de espécies florestais. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 1161–1175, dez. 2020.

SKUMAR, S.; TS, S.; ABDULHAMEED, S. *Coffee Husk: A Potential Agro-Industrial Residue for Bioprocess*. Em: [s.l.: s.n.]. p. 97–109

TELEGINSKI, F.; WECKL, A.; WECKL, A. Guia prático de produção para cervejarias. **Agraria Malte**: [s. n.], 2016.

ZAGO, Patrick. Estudo de um trocador de calor para produção artesanal de cerveja. 2017. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias

do Sul, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/4323>. Acesso em: 31 mai. 2025.