



MARCELO RIBEIRO GOMES

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CERVEJA ESTILO
CATHARINA SOUR ADICIONADA DE EXTRATO MACERADO DE
JABUTICABA (*Myrciaria cauliflora*)**

**LAVRAS, MG
2023**

MARCELO RIBEIRO GOMES

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CERVEJA ESTILO CATHARINA SOUR
ADICIONADA DE EXTRATO MACERADO DE JABUTICABA (*Myrciaria cauliflora*)**

Trabalho de Conclusão de Curso à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia de Alimentos, para obtenção do título de Bacharel.

Dr. Diego Alvarenga Botrel
Orientador

**LAVRAS, MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

GOMES, MARCELO RIBEIRO.

Produção e caracterização de cervejaestilo catharina sour
adicionada de extrato macerado de jabuticaba (*myrciariacauliflora*)
/ MARCELO RIBEIRO GOMES. - 2023.

62 p.

Orientador(a): Diego Alvarenga Botrel.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.
Bibliografia.

1. Cerveja frutada. 2. Cerveja adocicada. 3. Compostos
fenólicos. I. Botrel, Diego Alvarenga. II. Título.

MARCELO RIBEIRO GOMES

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CERVEJA ESTILO CATHARINA SOUR
ADICIONADA DE EXTRATO MACERADO DE JABUTICABA (*Myrciaria cauliflora*)**

**PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF CATHARINA SOUR STYLE
BEER ADDED WITH MACERATE JABUTICABA EXTRACT (*Myrciaria cauliflora*)**

Trabalho de Conclusão de Curso à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia de Alimentos, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 13 de março de 2023.

Dr. Diego Alvarenga Botrel UFLA

Dr. Alexandre de Paula Peres UFLA

Dr. Felipe Furtini Haddad UFLA

**LAVRAS, MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família que esteve ao meu lado durante todo esse período, nunca deixou de acreditar em mim, me deu toda força e coragem para que me mantivesse de cabeça erguida. Minha mãe Maria Elizabeth Ribeiro Gomes e meu pai Paulo Rodolfo Pereira Gomes, amo vocês. Obrigado pelo imensurável amor e carinho.

Aos amigos que a Ufla me trouxe, agradeço por todo apoio, ensinamentos e bons momentos vividos. Estaremos sempre juntos, serei eternamente grato a cada um de vocês.

Agradeço também aos meus amigos da Cervejaria Jybá, em especial, ao mestre Gustavo Franke Brixner e ao Kauê da Silva, que com muita paciência e atenção tanto me ensinaram, o apoio de vocês foi essencial.

Aos companheiros do Laboratório de Embalagens e Encapsulação, que me receberam tão bem e me auxiliaram durante as análises, especialmente ao Gabriel, Ramon e Ariane, meu muito obrigado. A Poliana Bergamin e ao Felipe Haddad, agradeço por gentilmente me receberem na Planta Piloto durante a produção. Aos meus amigos Guilherme, Vitor, Gustavo, Diego, Gabriela e Raissa, agradeço pela amizade e por de alguma forma terem colaborado com muita dedicação durante a execução do trabalho.

Ao meu orientador Prof. Diego Alvarenga Botrel, agradeço pela enorme confiança, paciência, dedicação e pelos grandes ensinamentos passados.

Agradeço ao Prof. Alexandre de Paula Peres, por acreditar em mim e oferecer a oportunidade e incentivo para a realização deste trabalho.

RESUMO

As cervejas frutadas são notórias na indústria cervejeira, além de seu potencial efeito antioxidante, podem incorporar sabor, cor e aroma, ajudando na estabilidade da espuma e adicionando vantagens funcionais. *Catharina Sour* apresenta-se como um estilo e cerveja brasileiro, sendo uma cerveja com notas frutadas e acidez láctica refrescante, baixo teor alcoólico, corpo leve, alta carbonatação e baixo amargor, destacando a adição e o frescor da fruta. A jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) é uma fruta rica em polifenóis, em que as antocianinas são pigmentos flavonoides que, além de seu poder antioxidante, conferem a muitas flores e frutas suas cores vermelha, azul e roxa, sua utilização como ingrediente cervejeiro permite classificá-la como aditivo açucarado. Portanto, o objetivo deste trabalho foi produzir e caracterizar uma cerveja estilo *Catharina Sour* adicionada de extrato de jabuticaba. As etapas da produção da cerveja foram mosturação, lavagem, primeira fervura, *Kettle Sour*, segunda fervura, resfriamento, fermentação, maturação, carbonatação e envase. Duas bateladas foram realizadas sendo avaliados três tratamentos: controle, sem adição de jabuticaba, e adição de 5% e 10% de jabuticaba. As análises físico-químicas realizadas incluíram teor alcoólico (peso e volume), acidez titulável, pH, Brix e compostos fenólicos totais. Com os resultados obtidos neste estudo, foi possível confirmar o efeito positivo da adição de extrato de jabuticaba na produção de cerveja artesanal estilo *Catharina Sour*. Entre os resultados deste estudo foram encontrados os parâmetros estabelecidos pelo Programa de Certificação de Juízes de Cerveja, formalizando sua estrutura de estilo *Catharina Sour*. A cerveja produzida com a adição de extrato de jabuticaba apresentou características físicas e químicas satisfatórias, teor alcoólico, Brix, densidade e IBU estando todos dentro da faixa padrão BJCP, a acidez das bebidas adicionadas de jabuticaba foi reduzida e teor de compostos fenólicos aumentados. O uso de frutas regionais e com apelo funcional pode ser alternativa interessante na formulação de novos tipos de cervejas.

Palavras-chave: Cerveja frutada. Cerveja adocicada. Compostos fenólicos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Volume de cerveja produzida no período de 2014 a 2022 e perspectiva até 2027.	19
Figura 2 – Produção de cerveja no Brasil em bilhões de litros nos anos de 2014 a 2021.	21
Figura 3 – Total de estabelecimentos registrados dos anos de 2000 a 2021.	22
Figura 4 – Malte de cevada.....	24
Figura 5 – Lúpulo.	26
Figura 6 – Isomerização do lúpulo.	27
Figura 7 – Levedura para fabricação de cerveja.....	28
Figura 8 – Jabuticaba (<i>Myrciaria cauliflora</i>).	32
Figura 9 – Fluxograma do processo de fabricação de cerveja.....	34
Figura 10 – Etapas do processo de produção da cerveja Catharina Sour.	48
Figura 11 – Amostras das cervejas produzidas.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características sensoriais da Catharina Sour, descritas pelo BJCP.	44
Tabela 2 – Resultado das avaliações de teor alcoólico.....	53
Tabela 3 – Resultado das avaliações físico-químicas das cervejas antes da maturação.....	53
Tabela 4 – Resultado das avaliações físico-químicas da cerveja 1 após a maturação.....	53
Tabela 5 – Resultado das avaliações físico-químicas da cerveja 2 após a maturação.....	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	Histórico da Cerveja.....	13
2.2	Cerveja no Brasil.....	19
2.3	Ingredientes básicos para produção de cerveja.....	23
2.3.1	Água.....	23
2.3.2	Malte.....	24
2.3.3	Lúpulo.....	25
2.3.4	Levedura.....	27
2.3.5	Adjuntos ou aditivos.....	28
2.3.5.1	Utilização de frutas na produção de cerveja.....	29
2.3.5.2	Jabuticaba (<i>Myrciaria cauliflora</i>).....	32
2.4	Processo de produção de cerveja.....	33
2.4.1	Sanitização do material.....	34
2.4.2	Moagem do malte.....	34
2.4.3	Mosturação ou Brassagem.....	35
2.4.4	Filtração do mosto ou clarificação.....	36
2.4.5	<i>Kettle Sour</i>	36
2.4.6	Fervura do mosto.....	37
2.4.6	Tratamento do mosto ou resfriamento.....	38
2.4.7	Fermentação.....	38
2.4.8	Maturação.....	39
2.4.9	Carbonatação.....	40
2.4.10	Envase.....	41
2.4	Estilos de cerveja.....	41
2.5.1	Cerveja <i>Catharina Sour</i>	43
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	46
3.1	Produção da cerveja tipo <i>Catharina Sour</i>	46
3.2	Caracterização da cerveja.....	49
3.2.1	Teor de álcool.....	49
3.2.2	Determinação de pH.....	50

3.2.3	Determinação de sólidos solúveis (°Brix), densidade e amargor (IBU) do mosto cervejeiro	50
3.2.4	Acidez titulável.....	50
3.2.5	Análise de compostos fenólicos totais	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a cerveja é o segmento mais importante no mercado mundial de bebidas alcoólicas, tanto em volume quanto em valor, e é a bebida alcoólica mais popular entre os brasileiros. O Brasil está se tornando uma potência cervejeira com 1.549 cervejarias, um aumento de 12% em relação ao ano anterior, de acordo com o último Anuário da Cerveja publicado pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA). Nos últimos quatro anos, a produção de cerveja no Brasil cresceu 17,21%, saltando de 12,2 para 14,3 bilhões de litros por ano, representando 2% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro (MAPA, 2021).

Ipiranga et al. (2022) afirmaram que os consumidores estão se tornando mais exigentes e passam a consumir cerveja com maior qualidade organoléptica, aumentando a procura por diferentes estilos. Com isso, foram descobertas várias cervejas com sabor e aroma mais fortes que as populares, e a produção de cerveja artesanal brasileira vem crescendo desde então.

O processo de produção da cerveja pode ser dividido em: sanitização do material, moagem do malte, mosturação ou brassagem, filtração do mosto ou clarificação, fervura do mosto, tratamento do mosto ou resfriamento, fermentação, maturação, carbonatação (*priming*) e envase (VENTURINI FILHO, 2016; MELLO; SIQUEIRA, 2017; PIMENTA et al., 2020).

Existem apenas dois tipos de cerveja: *lager* e *ale*, e a principal diferença entre elas é a etapa de fermentação. *Ales* são produzidas por fermentação alta, geralmente levedura trabalhando no topo do barril. *Lagers* são o resultado da fermentação a baixa temperatura no fundo dos barris. Elas podem ser subdivididas em diversos tipos que diferem em vários aspectos como fermentação, teor alcoólico, grãos utilizados, quantidade de lúpulo, microrganismos utilizados, etc. Segundo Mello; Siqueira (2017) são subdivididas em: *Pilsen*, *Weiss*, *Brown Ale*, *Pale Ale*, *Indian Pale Ale*, *Bock* e *Porter*.

Além dessas variedades principais de cerveja, existem muitas outras e, como mencionado, há um movimento crescente de cervejas artesanais. Assim, os estilos de cerveja são atualmente validados por meio de diretrizes denominadas BJCP (*Beer Judges Certification Program*), organização cujo objetivo é padronizar e aprimorar as diretrizes para harmonização de estilos de cerveja, variando os estilos mais conhecidos com adições de especiarias, madeira, mel, frutas, raízes e até vegetais. Nesse contexto, surgiu o estilo *Catharina Sour*, um estilo genuinamente brasileiro reconhecido oficialmente pelo BJCP em 2021 (STRONG, 2021).

As cervejas frutadas têm ganhado notoriedade no meio cervejeiro porque, além da capacidade antioxidante, podem incorporar sabor, cor e aroma, contribuir para a estabilidade da espuma e agregar algumas vantagens funcionais (MEIRELES et al., 2015). A *Catharina*

Sour apresenta uma cerveja refrescante com aromas frutados e acidez láctica refrescante, baixo teor alcoólico, corpo leve, alta carbonatação e baixo amargor para acentuar o frescor da fruta. É essencialmente uma cerveja de trigo inspirada em outro estilo de cerveja leve alemã, a *Berliner Weisse*. Este estilo tem forte acidez, entre 4% e 5,5% de álcool, e tem adição de frutas e bactérias lácticas. As possibilidades de utilização de frutas na *Catharina Sour* são enormes, como: framboesa, uva, abacaxi, morango, pêssego, pitáia, maracujá e jabuticaba (COSTA, 2020; STRONG, 2021).

A jabuticaba *Myrciaria cauliflora* teve origem no estado de Minas Gerais, mas hoje é encontrada em quase todas as regiões do Brasil, do Pará ao Rio Grande do Sul, e em outros países como Peru, Bolívia e Argentina (NUNES et al., 2014; FERNANDES; SILVA, 2018). É rico em polifenóis, dentre os quais as antocianinas são pigmentos flavonoides que, além de sua capacidade antioxidante, conferem a muitas flores e frutas suas cores vermelha, azul e roxa (LIMA et al., 2011). A utilização da jabuticaba como ingrediente cervejeiro permite classificá-lo como aditivo açucarado, pois em seu estágio mais elevado de maturação acumula grande quantidade de açúcares que são responsáveis pela rápida fermentação do fruto, além de poderem ser grandes contribuintes para o aumento de compostos fenólicos (IMAZUMI, 2019).

Assim, o objetivo desse trabalho é o desenvolvimento e caracterização de cerveja estilo *Catharina Sour* adicionada de extrato macerado de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico da Cerveja

É possível, que a cerveja tenha sido fabricada de alguma forma mesmo antes da revolução Neolítica, transição da vida nômade para vida camponesa. Alguns dos materiais fermentados necessários para fazer cerveja já estavam disponíveis em quantidades suficientes. Pessoas que viviam no sul da Mesopotâmia, região conhecida como Suméria, atualmente Iraque, Irã e Jordânia, no Oriente Médio, que inclui a região fértil entre os rios Tigre e Eufrates, eram conhecidas por produzir cerveja. Durante escavações arqueológicas, uma placa de argila datada de 6.000 aC foi encontrada na Mesopotâmia contendo uma das mais antigas receitas de cerveja conhecidas. Além disso, os sumérios já entendiam que a cerveja poderia ser usada como uma forma de "moeda", devido à introdução de solos férteis e métodos agrícolas aprimorados as pessoas trocaram grãos e cerveja por outros recursos naturais escassos, como madeira, metais e até pedras preciosas (POELMANS et al., 2011).

No segundo milênio aC, após o colapso do Império Sumério, os babilônios governaram a Mesopotâmia, com a fabricação de cerveja se tornando cada vez mais importante, promulgaram leis para proteger e manter seus métodos de fabricação. Por volta de 3000 aC, a produção de cerveja começou a se espalhar para o antigo Egito. Nestas civilizações antigas era costume beber cerveja não filtrada, sem estágios de peneiramento ou sedimentação, direto de grandes jarros (CABRAS; HIGGINS, 2016).

Os primeiros sinais da produção de cerveja na Europa datam de 3000 aC. É incerto se os próprios europeus descobriram o processo de fabricação da cerveja ou se as técnicas de produção de cerveja usadas na Europa foram baseadas no conhecimento do Oriente Médio (NELSON, 2008).

Nos primeiros dias do Império Grego (cerca de 500 aC), os gregos fabricavam cerveja como alguns de seus ancestrais haviam feito, até que o cultivo de uvas para vinho se tornou mais comum e popular. À medida que Roma conquistava a Europa, a cultura do vinho romano e, posteriormente, a produção, se espalharam para o norte da Itália e sul da Gália (França), seguidas pela Península Ibérica (Espanha e Portugal), e mais tarde ainda para o norte da Gália (norte da França e Bélgica). Embora a introdução do consumo e produção de vinho tenha sido geralmente prejudicial para a cultura local de consumo de cerveja nas áreas de conquista romana, especialmente para as classes altas, algumas tribos celtas continuaram a beber cerveja. Especialmente nas regiões externas e setentrionais do Império Romano, onde a influência das

tribos germânicas era forte e o vinho era difícil de obter, ou seja, no que hoje é a Grã-Bretanha, Bélgica e Alemanha, a cerveja ainda era consumida em grandes quantidades no século XIX, período romano (BOSTWICK, 2014).

No século V dC, os alemães assumiram o controle da maior parte do Império Romano Ocidental, que anunciou o "Grande Renascimento da Cerveja". As primeiras tribos germânicas bebiam cerveja em grandes quantidades, assim, meio século depois a percepção negativa da cerveja tornou-se raras. Os egípcios viam a fabricação de cerveja como uma tarefa doméstica e, portanto, uma tarefa para as mulheres. Já a produção de vinho era vista como um processo mais complexo e, portanto, uma atividade realizada pelo homem. No século VIII dC, com a propagação do cristianismo e grandes mosteiros, que os homens assumiram a tarefa de fabricar cerveja das mulheres, embora elas continuassem a desempenhar um papel importante nas pequenas cervejarias familiares no Oriente Médio (PIMENTA et al., 2020).

Quando Carlos Magno começou a governar o Império Romano por volta de 800 dC, ele estabeleceu regras e deu aos cervejeiros um lugar em sua "hierarquia de dominação". A maioria dos mosteiros estavam localizados no sul da Europa, com principal produção de vinho, já os mosteiros estabelecidos nas regiões do norte da Europa, com o clima mais frio, facilitou o cultivo de cevada em vez de uvas, e assim, os monges começaram a fabricar cerveja em vez de vinho, que se espalhou amplamente nas Ilhas Britânicas, bem como em muitas partes da Alemanha e da Escandinávia. Nos séculos XII e XIII a fabricação de cerveja emergiu como uma empresa comercial. Até então, os mosteiros eram provavelmente a única instituição que produzia cerveja em escala comercial. Os monges fabricavam cerveja tanto para consumo próprio quanto para peregrinos e pobres (POELMANS et al., 2011).

Uma inovação importante foi o uso de lúpulo na fabricação de cerveja. Há evidências de que, por volta de 800 dC, os mosteiros alemães adicionaram extratos da planta do lúpulo para prolongar a vida útil da cerveja. Além disso, o amargor do lúpulo equilibra a doçura do malte, outro ingrediente principal das cervejas germânicas. No entanto, apesar de seus benefícios, o uso do lúpulo não se espalhou rapidamente pelas regiões produtoras de cerveja da Europa, levou séculos até que seu uso se tornasse amplamente aceito. A principal razão para a lenta disseminação dessa inovação é o impacto que ela teve na base tributária local em muitas regiões (LEGRAS et al., 2007).

Antes de usar o lúpulo, as cervejarias estavam sujeitas ao que é conhecido como "Grutrecht" ou "licença de sabor", determinado pelas autoridades locais e usado para taxar as cervejarias. E, embora a adição de lúpulo melhorasse o sabor e o prazo de validade da cerveja e permitisse que ela fosse transportada por longas distâncias, o lúpulo representava uma ameaça

para a Grutrecht e a renda dos governantes locais. Como resultado, o uso de lúpulo foi proibido em muitas regiões, incluindo o Reino Unido e a Holanda. Foi somente após a Guerra dos Cem Anos (1337-1453) que o lúpulo foi autorizado a ser usado na cerveja inglesa (SWINNEN et al., 2011).

Vale a pena mencionar que a terminologia da cerveja mudou depois que a adição de lúpulo se tornou geralmente aceita como uma técnica de fabricação de cerveja. A cerveja "antiga" sem adição de lúpulo chamada de "ale", com adição de lúpulo passou a ser chamada de cerveja (POELMANS et al., 2011).

Durante a Alta Idade Média, muitas pessoas bebiam cerveja apenas em celebrações religiosas, assim as receitas eram muito baixas para suportar uma forte demanda. Essa demanda aumentou apenas depois do período da Peste Negra (1347-1352) no final dos séculos XIV e XV, o qual muitos europeus, ricos ou pobres, morreram. Após esse período, houve aumento da renda populacional, reexpansão de cidades existentes e a criação de novas, ocasionando o aumento da demanda por cerveja. A demanda também aumentou à medida que mais pessoas começaram a beber cerveja em vez de água, naquela época havia muitos problemas de poluição da água (NELSON, 2008; BOSTWICK, 2014).

Outra razão para a crescente demanda por cerveja é o aumento do número de comerciantes que começaram a viajar entre mercados urbanos e feiras regionais. Esses comerciantes viajantes aumentaram a procura de alojamento, levando ao surgimento de estalagens e tabernas, e conseqüentemente, cresce a procura por cerveja nesses locais. À medida que os mercadores se habituaram, as tabernas tornaram-se verdadeiros locais de encontro, onde as pessoas iam não só para dormir e comer, mas também para fazer negócios. Por volta de 1376, a cidade de Hamburgo era conhecida como a 'União das Cervejarias Hanseáticas'. Mais tarde, outros importantes centros cervejeiros foram associados à União, como Wismar, Rostock, Lübeck e Danzig (BOSTWICK, 2014).

Com o surgimento de cervejarias comerciais, muitos regulamentos governamentais foram aplicados, estatutos impõem vários impostos e regras, descrevem como a cerveja é produzida, a duração do processo de fermentação, os ingredientes necessários para a cerveja, regras para fixação do preço da cerveja, etc. Os primeiros regulamentos cervejeiros deste tipo foram introduzidos em Nuremberg, Baviera, no início do século XIV (UNGER, 2004).

Em 1487, Munique, na Baviera, promulgou uma famosa "lei" cervejeira: a chamada "Reinheitsgebot" (ou "lei da pureza"), que permaneceu em vigor até 20 anos atrás. Essa lei estipulava que apenas cevada, lúpulo e água purificada poderiam ser usados para produzir cerveja. À medida que mais cerveja era produzida e vendida, sua qualidade aumentava, assim

como sua distribuição e exportação. O aumento da competição entre as cervejarias resultou em cervejas cada vez mais saborosas (CABRAS; HIGGINS, 2016).

Havia algumas boas razões para esta lei em uma época em que muitos cervejeiros menos escrupulosos às vezes usavam ingredientes inseguros como conservantes em suas cervejas, razão pela qual a lei explicitamente listava o lúpulo como o único conservante aceitável. Além disso, exigir que a cevada seja a única fonte de grãos para a cerveja garantiu que haveria um suprimento adequado de trigo e centeio para panificação (GEITNER, 2011).

O papel dos mosteiros como centro cervejeiro declinou com o advento das cervejarias comerciais. Isso é amplamente influenciado por considerações e ações políticas. Primeiro, para compensar a perda de receita tributária de "Grutrecht", os governantes locais queriam tributar a própria cerveja. No entanto, os mosteiros cervejeiros estavam ligados às dioceses locais e não eram sujeitos a este imposto (SWINNEN et al., 2011).

Mais tarde, durante a Reforma na Europa no início do século XVI, os mosteiros perderam ainda mais participação no mercado, pois a Igreja Católica perdeu a maior parte de seu poder. No norte da Europa, que se voltou para o protestantismo, a Reforma destruiu os mosteiros católicos e, com eles, a produção de cerveja. Surgirão cervejarias comerciais para substituí-los, porém em países ainda católicos, os mosteiros continuaram a produzir cerveja e com a vantagem de serem isentas de impostos. O elemento final para completar a transição de mosteiros para cervejarias comerciais como centros de produção de cerveja ocorreu no final do século XVIII (PIMENTA et al., 2020).

No início da era moderna, as superpotências europeias da época, inicialmente Espanha e Portugal, seguidos pela Grã-Bretanha, França e Holanda, convencidos de que as águas de seus territórios recém-descobertos eram poluídas e possuíam vetores de doenças, incluíram a cerveja como uma carga muito importante em seus navios, e também introduziram métodos de fabricação de cerveja. Em algumas áreas conquistadas, como o Noroeste e terras astecas, onde hoje é o México, foi identificado que os nativos já estavam fabricando algum tipo de "cerveja", feita de milho fermentado (UNGER, 2004).

Durante os séculos XVIII e XIX, várias descobertas científicas tiveram um grande impacto na produção de cerveja. O maior conhecimento da função e composição da levedura permitiu a produção de novos tipos de cerveja e maior controle sobre o processo de produção. Outras descobertas importantes incluem a melhoria da máquina a vapor, a invenção da geladeira e da garrafa de cerveja de vidro, a introdução de novos métodos de vedação de garrafas de cerveja e a invenção da lata de metal no século XX. A última grande invenção foi a capacidade

de controlar a "estabilidade" da cerveja após o engarrafamento (UNGER, 2004; CABRAS; HIGGINS, 2016).

Primeiro, uma inovação importante foi a descoberta de um novo processo de produção de cerveja chamado "lager". Esse processo foi descoberto quando notaram que suas cervejas estavam estragando no calor do verão, as cervejas foram armazenadas em cavernas frias para protegê-los. No entanto, foi apontado que a fermentação em baixas temperaturas permitiu uma seleção natural de leveduras e uma cerveja mais límpida e mantê-lo nesses espaços frios o torna mais estável e tolerante mesmo em altas temperaturas (MIZRAHI, 2020).

Lager como a conhecemos hoje é uma bebida leve e brilhante, quase dourada, criada por Josef Groll (1813-87). Em 1818, os cientistas descobriram que o processo de fermentação da cerveja poderia ser dividido em uma primeira etapa, onde a sacarina é convertida em álcool e dióxido de carbono, e uma segunda etapa, onde a cerveja é "envelhecida" e as impurezas restantes removidas. Esse conhecimento levou a experimentos para produzir novas cervejas por meio da manipulação do ambiente de levedura (SWINNEN et al., 2011; POELMANS et al., 2011).

Na mesma época em que o processo de fabricação da cerveja estava sendo desenvolvido, a composição exata da levedura foi descoberta. Embora a levedura tenha sido usada para fabricar cerveja por séculos, até o século XIX ela não era identificada como a verdadeira causa da fermentação do malte: uma das etapas mais importantes no processo de fabricação da cerveja. Embora os princípios originais do funcionamento da levedura tenham sido descobertos nos séculos XVII e XVIII, foi somente em meados do século XIX que o cientista francês Louis Pasteur (1822-1895) conseguiu demonstrar que a levedura consiste em células vivas responsáveis por o processo de fermentação. Enquanto pesquisava as causas das "doenças" relacionadas ao vinho na década de 1860, Pasteur desenvolveu o chamado método de "pasteurização", no qual descobriu que o vinho poderia ser mantido por mais tempo se fosse aquecido a uma certa temperatura, que também auxiliou no processo de fabricação de cerveja (BAXTER et al., 2001; JACKSON, 2007).

Duas outras inovações tecnológicas no final dos séculos XVIII e XIX foram importantes para o desenvolvimento da lager e da fabricação de cerveja, a melhoria da máquina a vapor e a invenção da refrigeração. Primeiro, o motor a vapor Watts aprimorado não apenas permitiu o uso de maquinário a vapor mais complexo no processo de fabricação de cerveja, mas também reduziu os custos de transporte, ficando mais barato exportar cerveja para toda a Europa, bem como para os Estados Unidos, Canadá e até Austrália. Em segundo lugar, a invenção do refrigerador em 1876 possibilitou a produção de lagers que precisavam ser resfriadas o ano

todo, não apenas no inverno, quando o gelo natural podia ser usado para resfriar a cerveja (POELMANS et al., 2011).

O uso de garrafas de vidro é outro marco importante, tanto para o transporte quanto para conservação. No século XVIII, as garrafas de cerveja de vidro eram feitas à mão e, portanto, caras. Após a invenção do "molde de ferro de resfriamento" na década de 1860, as garrafas de vidro puderam ser produzidas em massa de forma relativamente barata. A partir da década de 1890, e igualmente importante foi a invenção de um novo método de vedação de garrafas de cerveja, que eram originalmente seladas com uma rolha conectada por um fio, posteriormente fechadas com o "tampão de rosca" inventado por Henry Barrett em 1872, e 20 anos depois, em 1892, William Painter patenteou o "Crown Plug", que possibilitou o desenvolvimento de engarrafamentos automatizados (UNGER, 2004).

Na primeira metade do século XX, latas de cerveja de metal foram inventadas e introduzidas nos Estados Unidos. Em suma, os avanços científicos dos séculos XVIII e XIX tiveram um grande impacto na produção de cerveja. Assim, a produção e o consumo de cerveja cresceram e se espalharam pelo mundo. E à medida que se aprendia mais sobre como o processo real de fabricação da cerveja ocorria e com o advento das garrafas de cerveja, latas de cerveja e fechamento, tornou-se cada vez mais possível controlar a "estabilidade" da cerveja após a fabricação (LEGRAS et al., 2007).

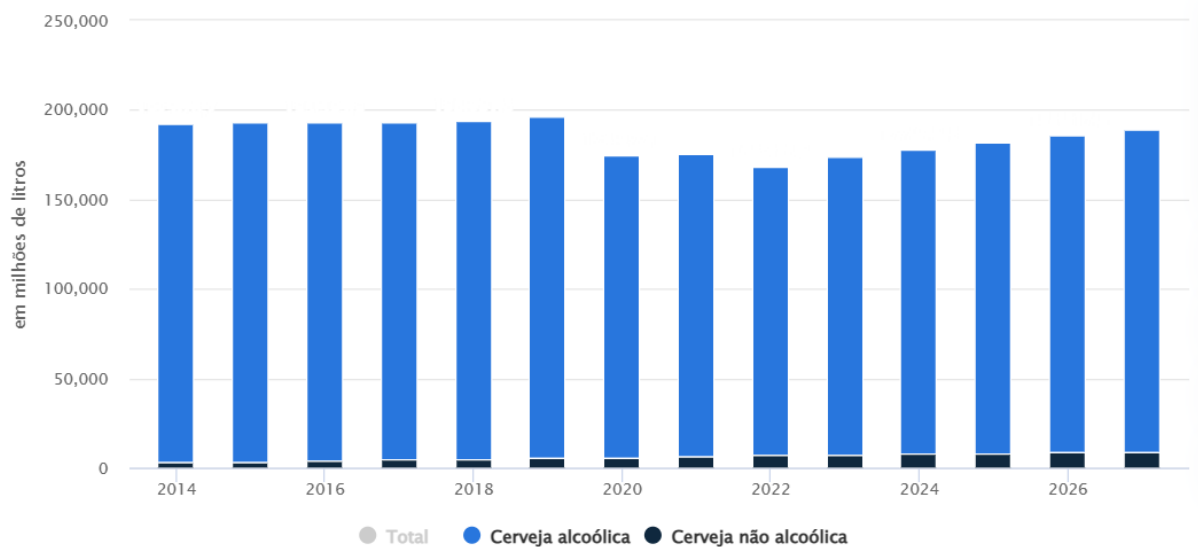
As guerras mundiais desempenharam um papel importante no processo de integração da cerveja, especialmente na Europa continental. Muitas cervejarias que tiveram que começar do zero após a Primeira Guerra Mundial decidiram mecanizar suas cervejarias ou fundir-se com cervejarias maiores. Da mesma forma, muitas cervejarias europeias em países ocupados foram destruídas durante a Segunda Guerra Mundial. Elas necessitaram de investimentos significativos em novos equipamentos de fabricação. O processo de fusão continuou após a Segunda Guerra Mundial. Assim como na Europa, a consolidação da indústria cervejeira americana continuou na segunda metade do século XX. Nas décadas de 80 e 90, cada vez mais cervejarias buscavam vendas adicionais no exterior. Para tanto, as cervejarias europeias e americanas começaram a exportar mais cerveja para o exterior, estabelecendo novas empresas e fazendo acordos de licenciamento em alguns países onde as cervejarias existentes começaram a produzir seus produtos (SWINNEN et al., 2011; POELMANS et al., 2011).

Os crescimentos que ocorreram nos mercados globais de cerveja durante o século XX, estão em andamento no século XXI. Atualmente, a cerveja é o segmento mais importante no mercado global de bebidas alcoólicas, tanto em volume quanto em valor. Em comparação com outros segmentos do mercado de Bebidas Alcoólicas, este segmento já é bastante concentrado,

representando cerca de 60% do volume global, metade do qual é atribuível apenas à líder de mercado AB InBev (STATISTA, 2023).

Ainda segundo dados da Statista (2023) a receita no segmento de Cerveja é de US\$ 610,00 bilhões em 2023. Espera-se que o mercado cresça anualmente 5,44% (CAGR 2023-2027). Em comparação global, a maior parte da receita é gerada na China (US\$ 125,60 bilhões em 2023). Em relação aos números da população total, são geradas receitas por pessoa de US\$ 79,42 em 2023, e até 2027, 52% dos gastos e 33% do volume de consumo no segmento de Cerveja serão atribuíveis ao consumo fora de casa por exemplo, em bares e restaurantes. Espera-se que o volume de cerveja produzida seja de 189.305,5ML até 2027, e deverá apresentar um crescimento de 2,2% em 2024 (Figura 1).

Figura 1 – Volume global de cerveja produzida no período de 2014 a 2022 e perspectiva até 2027.



Fonte: Statista, 2023.

2.2 Cerveja no Brasil

A cerveja é a bebida alcoólica mais popular entre os brasileiros. Ela foi introduzida no Brasil pelos holandeses durante a ocupação de Pernambuco (1634-1654), porém, quando os holandeses foram expulsos, a produção de cerveja foi esquecida, em parte devido à cultura do vinho em Portugal, mas também devido ao consumo de cachaça pelos habitantes da colônia. E assim, a cerveja praticamente desapareceu da região por mais de um século e meio (GIORD, 2015).

Depois que a corte chegou ao Brasil e posteriormente abriu seus portos para países amigos, a Grã-Bretanha, país que exercia forte influência sobre Portugal e também era beneficiária de acordos econômicos, passou a exportar diversos produtos para o Brasil, entre eles cerveja, por isso até a década de 1870 dominou o mercado brasileiro. No entanto, vale ressaltar que a partir da década de 1830 algumas famílias de imigrantes experimentaram produzir cerveja em casa. Outras pequenas cervejarias surgiram no país entre as décadas de 1830 e 1850. Essas cervejarias atestaram a existência de uma produção paralela às cervejarias britânicas nas regiões sudeste e sul do país, feita com mão de obra livre remunerada e escrava, e destinada ao comércio local (SANTOS, 2005).

Ainda segundo Santos (2005), entre 1885 e 1889 o valor da cerveja britânica aumentou, e durante o final do século XIX e início do século XX, a cerveja estrangeira praticamente desapareceu, abrindo caminho para as grandes cervejarias nacionais que surgiram no Brasil.

Portanto, o cenário cervejeiro brasileiro começou a mudar, surgindo as duas maiores indústrias do país, a Companhia Antártica Paulista e a Manufactura de Cerveja Brahma Villiger. A Companhia Cervejaria Brahma surgiu em 1904, quando a Villiger se fundiu com a Cervejaria Teutônia nas montanhas do estado do Rio de Janeiro. Ao longo do século XX, ambas as indústrias passaram a dominar o mercado cervejeiro, abrindo filiais por todo o país, apostando na publicidade de massa e incluindo outros negócios que surgiam (BELTRAMELLI, 2012).

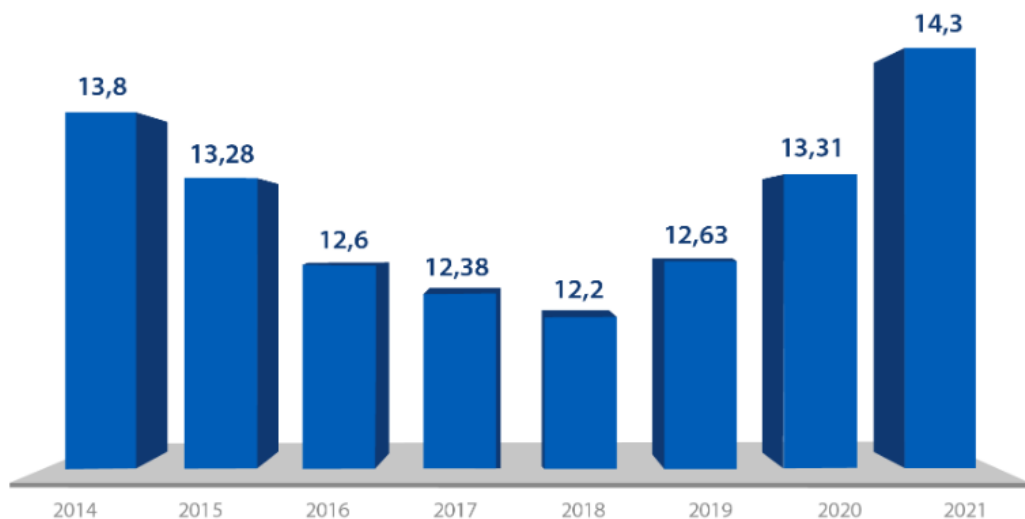
Em 1999, Brahma e Antártica se fundiram para formar a AmBev – Companhia de Bebidas das Américas, a quinta maior empresa de bebidas do mundo na época. No entanto, novos acordos internacionais envolvendo as referidas empresas acabaram por torná-las parte da Anheuser-Busch Inbev, o maior grupo cervejeiro do mundo atualmente. A partir da década de 1990, mas principalmente a partir da virada do século, o Brasil assistiu a um fenômeno intimamente relacionado ao "renascimento cervejeiro" observado nos Estados Unidos e partes da Europa, que vem transformando o mercado cervejeiro nacional e as perspectivas a bebida, surgimento e rápido crescimento na produção e consumo de cerveja artesanal (GIORD, 2015).

Da mesma forma, a prática da produção nacional de cerveja passou a ganhar considerável adesão em todo o país, seja em associações ou não. Além disso, pode-se observar um aumento significativo no número de estabelecimentos especializados na venda de cervejas consideradas especiais; eventos de cerveja artesanal; e cursos de formação de sommelier de cerveja; degustações; produção caseira, etc. Produtores, consumidores e demais associados à cerveja artesanal estão promovendo movimentos para redefinir a bebida no Brasil, cultural, nutricional, sensorialmente, e criar diferenciação entre produtos artesanais e industrializados de

massa. Mas, apesar do aumento ano a ano da produção e consumo de cerveja artesanal no país, observa-se que tais bebidas ainda estão restritas a um pequeno número de massas consumidoras, enquanto a bebida comercial continua sendo consumida e com grande importância para o mercado (IPIRANGA et al., 2022).

Segundo o último anuário da cerveja publicado pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA) de 2021, o Brasil é, cada vez mais, um país cervejeiro, possuindo 1.549 cervejarias, um aumento de 12% em relação ao anuário anterior. Outras informações retiradas do relatório são a produção de 14,3 bilhões de litros de cerveja, R\$ 77 bilhões em faturamento, 2% no PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro e R\$ 115 milhões de superávit nas exportações (MAPA, 2021). E como observado na Figura 2 nos últimos quatro anos, a produção de cerveja no Brasil cresceu 17,21%, saltando de 12,2 bilhões para 14,3 bilhões de litros anuais.

Figura 2 – Produção de cerveja no Brasil em bilhões de litros nos anos de 2014 a 2021.



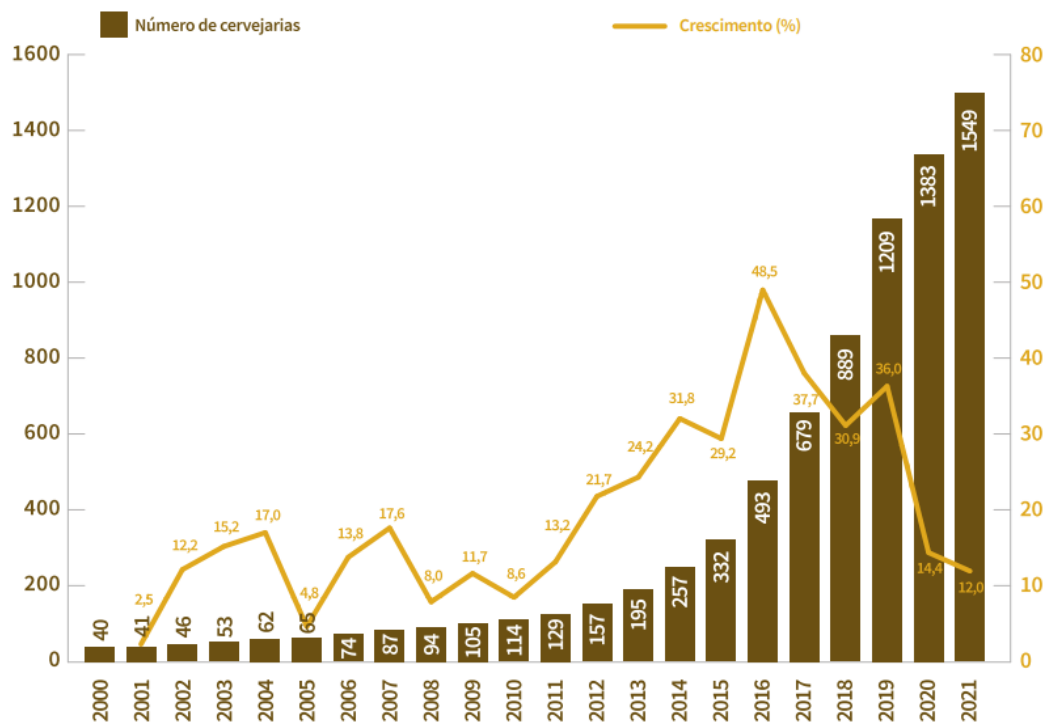
Fonte: Sebrae, 2022.

E apesar desse crescimento, por conta da pandemia o setor cervejeiro passou por desafios nos anos de 2020 e 2021, iniciando uma recuperação em 2022, das vendas e do faturamento, e acredita-se que pode melhorar em 2023. Empresas consultadas enxergam movimentações para abertura de empreendimentos e para expansão das atividades, pela esperança no aumento do consumo e da recuperação do poder de compra da população em 2023 (GUIA DA CERVEJA, 2023).

Em 2021, o número de estabelecimentos produtores de cerveja registrados no MAPA atingiu a marca de 1.549, o que representa um aumento de 12,0% em relação ao ano anterior

(Figura 3), com registro de 200 novas cervejarias (MAPA, 2022). Ipiranga et al. (2022) afirma que os consumidores estão cada vez mais exigentes e passam a consumir cervejas de maior qualidade organoléptica, aumentando a procura por diferentes estilos. Assim, foram descobertas várias cervejas com sabor e aroma mais intensos do que a popular, e desde então, a produção de cerveja artesanal no Brasil vem crescendo.

Figura 3 – Total de estabelecimentos registrados dos anos de 2000 a 2021.



Fonte: MAPA, 2022.

A retomada pós-pandemia está em destaque também para o crescimento das cervejas artesanais (GUIA DA CERVEJA, 2023). Nesse sentido o CEO da Companhia Brasileira de Cerveja Artesanal (CBCA):

“O crescimento do mercado de cervejas especiais ainda tem um longo caminho pela frente. Em países mais maduros, o percentual de especiais dentro do mercado total de cervejas já chega a 20% e ainda estamos em 3%. Não acredito que chegaremos aos mesmos 20% por diversos fatores, entre eles tributários e questões de renda, mas, ainda assim, temos um longo caminho, com bons anos de crescimento, até os 12% que acredito ser o número para o mercado brasileiro.”

2.3 Ingredientes básicos para produção de cerveja

A cerveja é uma bebida que consiste basicamente de quatro ingredientes principais: água, malte, lúpulo e levedura. E dependendo da cerveja que está sendo produzida, podem ser adicionadas adjuntos e outros ingredientes.

2.3.1 Água

A cerveja é feita de 90% de água, e esse recurso deve ser de boa qualidade, ela deve ser potável, incolor, inodora e insípida. Além disso, é necessário ter algum controle sobre ela como: manter o pH menor que 6, seguir os padrões de potabilidade e controlar a concentração de cálcio (de 50 ppm a 150 ppm) e de magnésio (de 10 ppm a 30 ppm). Um valor de 30ppm ou mais pode resultar em uma cerveja adstringente ou amarga. Meios alcalinos podem fazer com que substâncias indesejadas no malte e na casca de cereais se dissolvam. Um meio levemente ácido é ideal, pois promove a atividade enzimática, evita a extração de taninos durante a etapa de lavagem do bagaço de malte e, portanto, aumenta o rendimento e o teor de álcool na etapa de maltose (GASPAROTTO, 2015; SILVA et al., 2017).

Outro fator que deve ser considerado é a presença de sais minerais na água. A presença de íons de magnésio atua como cofator enzimático em muitas reações bioquímicas, principalmente durante a fermentação. Os íons de cálcio desempenham vários papéis no processo de fermentação, interagem com o polifosfato, diminuindo o pH e ativando enzimas como protease e alfa-amilase durante a maceração e a fervura. Além de aumentar a estabilidade da cerveja, o cálcio também ajuda a precipitar as proteínas durante o processo de fervura. Quando usado em baixas concentrações, inibe a extração das resinas do lúpulo, além de auxiliar na extração de compostos adstringentes da casca do malte. O cloreto inibe a fermentação em concentrações acima de 600 ppm, mas causa sabor salgado em concentrações abaixo de 400 ppm. As amilases alfa e beta funcionam com mais eficiência no suco ácido devido às interações elétricas com as ligações alfa e beta que são mais suscetíveis à ação enzimática (GASPAROTTO, 2015; PIMENTA et al., 2020; RINALDI, 2021).

E se a qualidade ou composição química da água não for a desejada, ela pode ser tratada por meio de diferentes processos para purificação da água e alteração do teor de íons inorgânicos, se necessário (AIZEMBERG, 2015).

2.3.2 Malte

O principal malte utilizado na produção da cerveja é o de cevada (Figura 4), que pode ser substituído pelo seu extrato, que é produto da desidratação do mosto em estado sólido ou pastoso, que deve apresentar as mesmas propriedades do mosto quando reconstituído. O malte de outros cereais deve ter a designação acrescida do nome do cereal de sua origem (BRASIL, 1994).

Figura 4 – Malte de cevada.



Fonte: Embrapa, 2019.

Os cereais mais utilizados além da cevada são o milho, arroz, aveia e trigo:

- Milho - um dos grãos não maltados mais utilizados na cerveja, que funciona como fonte de açúcar fermentável sem adicionar corpo. O uso do milho não agrega aroma e sabor à bebida, mas torna a receita mais leve. É usado tanto em cervejas claras comuns quanto em bebidas mais fortes, como algumas cervejas belgas, em quantidades menores para não torná-las muito pesadas (D'ÁVILA et al., 2012).
- Arroz - Também amplamente utilizado em *lagers*, é frequentemente usado como fonte de açúcar para fermentação sem muito impacto nos níveis sensoriais. Os grãos geralmente adicionam leveza à bebida. Existem também cervejarias que utilizam outras variedades, como o arroz vermelho, que dá cor à cerveja (FARINI et al., 2016).

- Aveia – Muitas receitas de cerveja contêm aveia, germinada ou não. A aveia é utilizada principalmente para dar cremosidade à bebida, está ganhando popularidade em *lagers* e outros tipos de cerveja atualmente (CARDOSO et al., 2021).
- Trigo – O trigo é um dos grãos cervejeiros mais famosos e pode ser usado em bebidas maltadas ou não maltadas. Usada nos estilos clássicos como *Weizenbiers* alemães e *Wit Biers* belgas, que geralmente são turvos, cremosos e refrescantes, utilizadas também para o mesmo fim em outras cervejas (TRENTIN et al., 2021).

Embora a cerveja possa ser produzida a partir de diferentes tipos de malte, a cevada é um grão tecnicamente menos difícil de produzir malte do que outros grãos citados acima. O milho, por exemplo, sofre de ranço na fração lipídica, enquanto o trigo está sujeito a micróbios que crescem na superfície do grão durante a maltagem. Por outro lado, o alto teor de amido da cevada produz extratos mais fermentáveis, enquanto a quantidade e a qualidade da proteína são suficientes para fornecer nutrição à levedura durante e favorecer a formação de espuma durante a fermentação (AIZEMBERG, 2015).

O processo de maltagem é constituído por três etapas: maceração, germinação e secagem. Após a colheita da cevada ou outros grãos, são armazenados em condições favoráveis de temperatura (10 °C), permitindo que o grão absorva toda a umidade necessária (45%), antes de enviar o grão para a indústria processadora, etapa de maceração. Para transformar os grãos de cevada em malte, eles devem ser colocados em condições propícias à germinação, controlando temperatura, ventilação e umidade, e o processo de germinação deve ser interrompido, com o aumento da temperatura, etapa de secagem, caso contrário, novas plantas podem se formar. Essa temperatura deve ser totalmente controlada para não haver excesso de inativação das enzimas. A intensidade da secagem proporciona características de cor, sabor e rendimento da cerveja. Devido ao seu baixo teor de proteína e alto teor de amido, aproximadamente 80% da cevada produzida é usada para produzir cerveja (DE MORI; MINELLA, 2012; ROSA; AFONSO, 2015; PAYÁ et al., 2019).

2.3.3 Lúpulo

O lúpulo é cientificamente conhecido como *Humulus lupulus*, uma planta dióica, ou seja, mas apenas as flores femininas são aproveitadas, pois contêm mais óleos essenciais e resinas. O lúpulo (Figura 5) possui formato cônico e pó resinoso que contém a maioria das

características desejadas pelos cervejeiros (ALMAGUER et al., 2014; FERREIRA; BENKA, 2014; WANNENMACHER et al., 2018).

Figura 5 – Lúpulo.

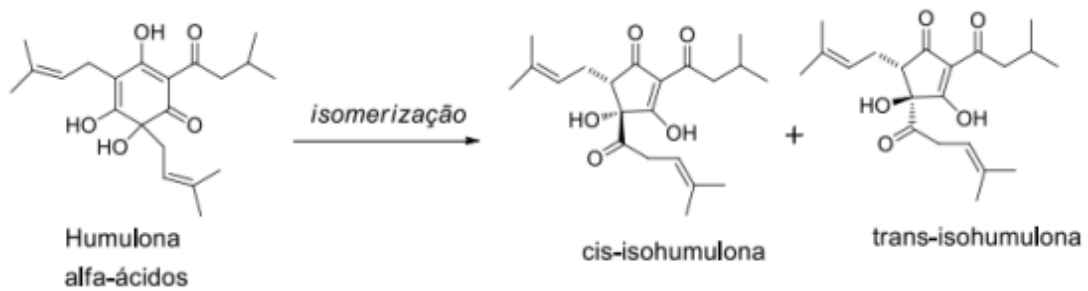


Fonte: Embrapa, 2023.

Os benefícios do lúpulo são os que conferem amargor, aroma e sabor à cerveja. Também é bacteriostático, limitando a ação de microorganismos indesejáveis. Os óleos essenciais, que possuem compostos fenólicos, são responsáveis pelo aroma do lúpulo na cerveja. Por serem muito voláteis e para evitar perdas, são adicionados ao processo de fabricação no final da fervura. A resina é dividida em alfa ácidos e beta ácidos, onde os alfa ácidos contribuem para o amargor da cerveja e atuam como bacteriostáticos, favorecendo a ação de leveduras e reduzindo a ação de determinados contaminantes (COUTINHO et al., 2011; HORST; SALLES, 2015).

Os ácidos são insolúveis em água, porém, quando expostos a altas temperaturas (76 °C), sofrem uma reação química chamada de isomerização, conforme mostra a Figura 6. Essa reação altera sua estrutura molecular, formando iso-alfa-ácidos, tornando-os mais solúveis. Portanto, quanto maior o tempo de ebulição, maior a isomerização, e quanto maior a concentração de alfa ácidos no lúpulo, mais amarga é a bebida, pois contêm mais óleos essenciais e resinas (FERREIRA; BENKA, 2014; TING; RYDER, 2017; WANNENMACHER et al., 2018).

Figura 6 – Isomerização do lúpulo.



Fonte: Justen, 2019.

Os compostos fenólicos são uma grande classe de compostos com diferentes propriedades químicas. Representam em média 4% da massa seca do lúpulo e juntamente com os presentes no malte são responsáveis pela atividade antioxidante do mosto cervejeiro e da cerveja final, protegendo-os dos processos oxidativos (WANNENMACHER et al., 2018).

2.3.4 Levedura

As leveduras foram descobertas no final do século XIX, como apresentado anteriormente, através de estudos realizados por Louis Pasteur sobre a fermentação de cervejas e vinhos (BAXTER et al., 2001; MELLO; SIQUEIRA, 2017). Elas são microrganismos vivos unicelulares pertencentes ao reino Fungi, não filamentosos, com características esféricas ou elipsoidais, e entre 6 µm e 9 µm de tamanho (Figura 7). Podem ser aeróbicas ou anaeróbicas facultativas, assim, o metabolismo das leveduras pode ser respiratório ou fermentativo, dependendo da presença ou ausência de oxigênio. Em uma vida aeróbica, as leveduras tendem a respirar, metabolizando a glicose por meio da via glicolítica. O piruvato resultante é então oxidado pela via do citrato, produzindo subprodutos água, dióxido de carbono (CO₂) e energia suficiente para a sobrevivência e divisão celular. Sob condições hipóxicas, a levedura metaboliza a glicose através da via glicolítica e oxida os produtos através da via de fermentação alcoólica para produzir etanol, dióxido de carbono e energia suficiente para a sobrevivência (PAYÁ et al., 2019; RINALDI, 2021).

Figura 7 – Levedura para fabricação de cerveja.



Fonte: Deposit, 2023.

As mais utilizadas na fabricação de cerveja são as do gênero *Saccharomyces*, responsáveis por converter açúcares em etanol e dióxido de carbono e conferir sabor e aroma a qualquer cerveja. A reprodução que ocorre na levedura é chamada de gemulação, ocorre em células clonais, onde o material genético do núcleo é duplicado, garantindo que as células-filhas tenham exatamente as mesmas características da célula-mãe. Após a replicação, o núcleo filho move-se para o final da célula e é envolvido pelo citoplasma para produzir uma nova célula germinativa, a célula filha. Com essa propagação ocorrendo no fermentador de cerveja, as células de levedura vivas podem ser coletadas e usadas novamente em outros lotes para a fermentação do mosto (TORTORA et al., 2012).

Várias estirpes de *Saccharomyces* são capazes de produzir os metabolitos necessários à fermentação, etanol e dióxido de carbono. Os dois tipos de cervejas mais consumidos, a do tipo *lager* e a *ale*, são fermentados com cepas *S. uvarum* e *S. cerevisiae*, respectivamente (PALMER, 2006; PAYÁ et al., 2019).

2.3.5 Adjuntos ou aditivos

Um adjunto cervejeiro pode ser definido como qualquer ingrediente que não seja água, malte, lúpulo e levedura adicionado à cerveja para um propósito específico. Eles são itens diversos que são adicionados à cerveja por vários motivos, podem ser usados para alterar o sabor, cheiro, cor e propriedades e, em alguns casos, até reduzir o preço (RINALDI, 2021).

O mais comum é o açúcar, adjuntos carboidratos não maltados, como: arroz e milho, frutas, especiarias e grãos contendo açúcares fermentáveis. Eles são adicionados à preparação do mosto cervejeiro, onde as enzimas do malte são usadas para hidrolisar os amidos existentes em açúcares fermentáveis, a quantidade correta adicionados é importante para evitar concentrações excessivas de glicose, o que inibiria a fermentação (GUIMARÃES, 2017).

Outro componente muito utilizado é o trigo, que contém mais amido, proteínas e lipídios. Esses componentes indicam vários aspectos do processo cervejeiro como o aumento da viscosidade, mudanças de cor no produto final, espuma mais consistente, dando uma aparência mais agradável, entre outras interferências diretas nas características da cerveja (D'AVILA et al., 2012). Já a aveia, que também é utilizada como adjunto, na maioria das vezes, é para conferir cremosidade à bebida, além de aumento do teor alcoólico e densidade (PAYÁ et al., 2019).

Considerando a importância dessa bebida no Brasil, a utilização de frutas tropicais como coadjuvantes no processo cervejeiro atende a demanda do mercado. A influência das condições de produção na qualidade técnica e aceitação dos produtos, bem como o aumento da fruticultura no país, tornam cada vez mais importante o desenvolvimento das cervejas de frutas tropicais. As cervejas produzidas com a fruta agregam certas características à bebida, como dulçor residual, aroma e notas características da fruta. Além disso, aumenta o caráter vínic da cerveja através de uma gama mais ampla de compostos aromáticos (KUNZE, 2006; PINTO et al., 2015). Estudos demonstram que a adição de outros ingredientes à cerveja, levam a um aumento no valor nutricional, além de agregar valor ao produto (RINALDI, 2021).

2.3.5.1 Utilização de frutas na produção de cerveja

A *Fruit Beer*, ou cerveja de frutas, é um estilo de cerveja bem exótico que pede uma combinação harmoniosa de fruta e cerveja. O estilo começa com uma cerveja base, à qual é adicionada uma determinada fruta com o objetivo de melhorar aroma e sabor, e também como fonte de vitaminas e antioxidantes, obtendo uma bebida diferenciada, muitas vezes superior ao estilo base. Sendo que a presença de frutas não deve sobrepor o estilo original, mas sim enriquecê-lo, e as possibilidades de tal arranjo são tão variadas que podem dar características diferenciadas ao estilo (RINALDI, 2021).

Na literatura é possível encontrar diversos estudos que avaliaram a adição de frutas na fabricação de cerveja sob diferentes formas, (polpa, suco, extrato, casca) com diferentes quantidades e em diferentes etapas do processo de fabricação, mas não se tem um consenso de

qual a melhor forma se adicionar a fruta a cerveja. Segundo Barbosa (2019) geralmente são quatro métodos sugeridos ao adicionar frutas na cerveja:

- Adicionar no final da fervura: Pois ao ferver por muito tempo a fruta pode ser liberado a pectina, que traz um amargor indesejado na cerveja, além de deixar a mesma turva, mas possui como vantagens a eliminação de eventuais bactérias e leveduras selvagens que provavelmente existem em todas as frutas, além dos açúcares das frutas serem melhor convertidos em álcool pelo fermento. Porém, as desvantagens do calor do mosto fervido tendem a eliminar sabores e aromas das frutas pela volatilização, ou seja, teremos um paladar proveniente das frutas bem menos aparente.
- Adicionar durante a fermentação: O ideal é ferver a fruta antes para eliminar eventuais bactérias, ou trabalhar a fruta em outras formas como geléias, ou reduções. Com as vantagens dos açúcares da fruta serem convertidos satisfatoriamente pelo fermento e mais sabores serão passados para a cerveja. E desvantagens de maior risco de contaminação. A cerveja no fermentador primário ainda não está totalmente saturada de álcool e ainda podem existir muitos nutrientes que podem aumentar a proliferação de bactérias e por conseguinte ter o risco de contaminação. Esse risco, no entanto, pode ser mitigado se fizer a adição somente após 2 ou 3 dias quando a maior parte da fermentação já encerrou.
- Adicionar durante a maturação, nas vantagens de proporcionar muitos sabores residuais na cerveja. A fruta passará um sabor mais próximo ao da fruta fresca para a cerveja pois não será fervida ou reduzida e desvantagens de risco de super carbonatação. Como o açúcar residual da fruta não será fermentado, pode posteriormente somar-se ao *priming* (adição de açúcar na cerveja no envase para uma segunda carbonatação na garrafa) e super carbonatar a cerveja.
- Envase: fazer uso de reduções, em pequenas quantidades, com as vantagens de poder dosar a quantidade ideal ao ir provando amostras, muito sabor e dulçor residual passado para a cerveja, e desvantagens de super carbonatação, devido à grande concentração de açúcar que ocorre na redução das frutas.

Trindade (2016) explorou a viabilidade de incorporação de amora como adjunto no processo de fabricação de cerveja artesanal não pasteurizada. As cervejas adicionadas de amora

apresentaram menores teores de açúcares, maior capacidade antioxidante, com aroma frutado e cor atrativa para os consumidores.

Bonifácio (2018) estudou a produção de cerveja artesanal com polpa de sapoti em sua composição, que influenciou na acidez da cerveja com fruta, que apresentou valores inferiores aos da cerveja sem fruta, e devido a quantidade de açúcar, a cerveja com sapoti apresentou teor alcoólico superior, quando comparada a cerveja sem fruta. Em contrapartida, a atividade antioxidante da cerveja com fruta não foi expressiva, uma vez que a atividade da bebida sem fruta foi mais alta.

Rinaldi (2020) realizou um estudo com o objetivo de produzir uma cerveja artesanal frutada, com adição de polpa liofilizada de *Physalis peruviana L.*, para obtenção de uma bebida com maior teor de compostos bioativos, com resultados satisfatórios, onde o enriquecimento da cerveja artesanal com physalis liofilizada durante a etapa de fermentação proporcionou uma melhora considerável na qualidade nutricional da cerveja, em termos de conteúdo fenólico total e atividade antioxidante, em comparação com a cerveja sem adição de frutas.

Freire et al. (2020) tiveram o objetivo de realizar a produção de cervejas artesanais formuladas com a adição das frutas tropicais atemoia e sapoti em sua composição, que mostraram-se tecnologicamente viáveis na produção das cervejas artesanais, aumentando os teores alcoólicos, teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante das cervejas.

Gasinski et al. (2020) avaliaram a utilização da manga em diferentes versões (suco, polpa, crua e aquecida homogeneizada e cortada) com o objetivo de avaliar qual adição teve maior impacto na composição de compostos voláteis na cerveja. As mangas são adicionadas após 7 dias de fermentação. Os resultados mostraram que o teor de compostos voláteis foi afetado pela forma como a fruta foi adicionada. A cerveja com adição de polpa de manga apresentou o maior teor de componentes voláteis e obteve os melhores resultados na análise sensorial de características como aroma, sabor, cor e qualidade global. A adição de suco de manga teve o maior efeito no aumento da atividade antioxidante da cerveja. A homogeneização da manga resultou em cerveja com maior teor de polifenóis e aroma, mas o tratamento térmico do homogeneizado reduziu esse efeito. Além disso, a maioria das cervejas com infusão de manga tinha menor teor calórico do que as amostras controle.

Lima et al. (2021) desenvolveram uma cerveja artesanal estilo *Summer Ale* com adição de polpa de pitanga e avaliar suas características físico-químicas após os processos de clarificação e filtração, que apresentaram maior acidez, sólidos solúveis totais e teor alcoólico.

Ipiranga et al. (2022) elaboraram uma cerveja aromatizada com sabor da fruta amazônica cupuaçu, além de ser diferenciada em cor com corante natural da pitaia. Onde o

cupuaçu conferiu aroma e sabor à cerveja, além de contribuir potencial com demais parâmetros de qualidade, e a pitaya exibiu grande participação na caracterização da cerveja contribuindo com sua coloração rosa intenso e espuma rosada.

2.3.5.2 Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*)

No Brasil, nossa flora é rica em uma variedade de frutas silvestres comestíveis, de valor genético e cultural. Dentre essas espécies, destaca-se a jabuticaba *Myrciaria cauliflora*, que pertence à família das mirtáceas e é amplamente utilizada na cultura popular do povo indígena Tupi. A planta teve origem no estado de Minas Gerais, mas hoje é encontrada em quase todas as regiões do Brasil, do Pará ao Rio Grande do Sul, e em outros países como Peru, Bolívia e Argentina (NUNES et al., 2014; FERNANDES; SILVA, 2018).

A jabuticabeira é uma árvore da família das murtas, geralmente de porte médio, piramidal, folhas opostas, lanceoladas, avermelhadas quando jovem, flores brancas e frutos cobrindo o tronco até a raiz exposta. As principais características dos frutos são forma esférica, com 3 cm de diâmetro, casca avermelhada e quase preta (Figura 8), polpa branca, sabor doce e mucilaginoso, apresentando de uma a quatro sementes (BORGES et al., 2017; SAITO, 2014).

Figura 8 – Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*).



Fonte: Campola, 2007.

O fruto é rico em polifenóis, presentes principalmente no pericarpo, com matéria seca (MS) de 11,18 e 11,99 g-100 g-1 para as variedades Paulista e Sabará, respectivamente. Dentre os polifenóis, as antocianinas são pigmentos flavonoides responsáveis pelas cores vermelha, azul e roxa de muitas flores e frutas, além da sua capacidade antioxidante (LIMA et al., 2011).

De acordo com Oliveira (2013) e Imaizumi (2019) vários estudos no Brasil têm focado no uso de frutas como adjuvante cervejeiro. Grandes corporações usam arroz e milho como adjuvantes do malte, mas os pesquisadores estão interessados em testar uma variedade de frutas brasileiras que dão à cerveja seu sabor e aroma característicos. A utilização da jabuticaba como ingrediente cervejeiro permite classificá-lo como coadjuvante açucarado, pois em seu estágio mais elevado de maturação acumula grande quantidade de açúcares que são responsáveis pela rápida fermentação do fruto.

Imaizumi (2019) e Carvalho (2021) fabricaram cervejas artesanais utilizando-se a jabuticaba como adjunto e Imaizumi et al. (2021) utilizando xarope de jabuticaba. Imaizumi (2019) acrescentou a jabuticaba após 50 minutos da etapa de fervura, os resultados observados nas cervejas com a jabuticaba foram aumentos da carbonatação, acidez, maior quantidade de proteínas e polifenóis na fervura, maior amargor e intensidade de cor no produto final.

Carvalho (2021) verificou que a adição de jabuticaba alterou os atributos físico-químicos e características sensoriais da cerveja permitindo uma maior atividade antioxidante, diferentes compostos fenólicos e voláteis e um perfil de sabor interessante. Em tratamentos com adição da jabuticaba em diferentes etapas, cervejas, onde foi adicionada jabuticaba durante a fervura, apresentaram maior atividade antioxidante. Já Imaizumi et al. (2021) apresentaram resultados positivos na comparação de cervejas com xarope de jabuticaba e caramelo, com características dentro dos padrões exigidos para a cerveja em estudo de acidez, teor alcoólico, e carbonatação.

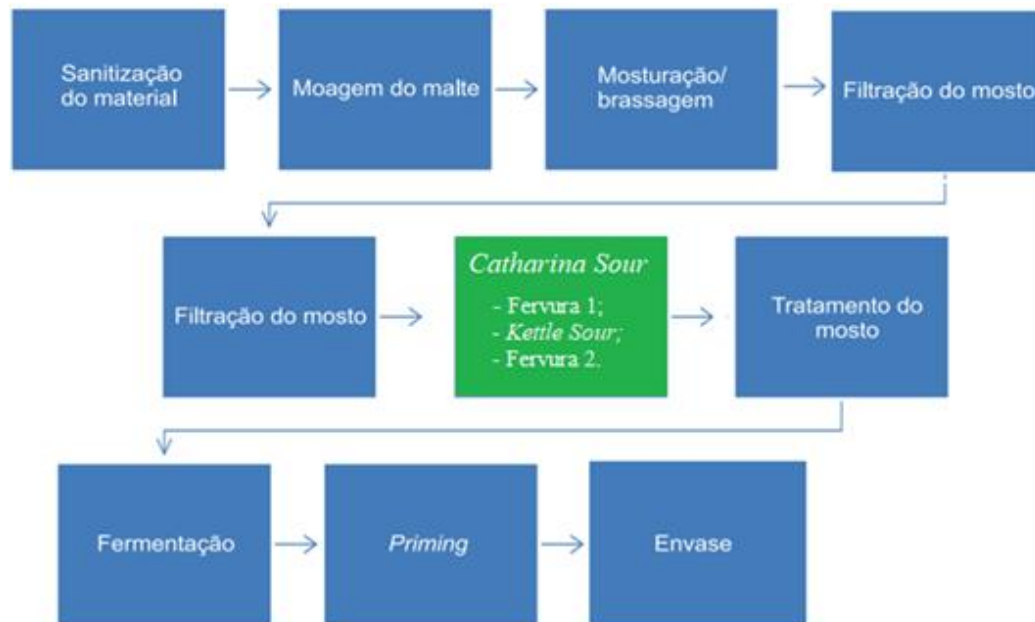
Santos et al. (2021) com o objetivo de elaborar e caracterizar formulações de cerveja artesanal com inclusão da farinha de pão e jabuticaba e avaliar o nível de aceitação do produto final concluíram que a cerveja com jabuticaba permitiu o aumento significativo em relação aos atributos de cor, °Brix, acidez e grau alcoólico em relação a cerveja sem adição de jabuticaba, além de apresentarem boa aceitação na análise sensorial em relação ao sabor, aroma e cor.

2.4 Processo de produção de cerveja

O processo de produção de cerveja (Figura 9) pode ser dividido em: sanitização do material, moagem do malte, mosturação ou brassagem, filtração do mosto ou clarificação, fervura do mosto, tratamento do mosto ou resfriamento, fermentação, maturação, carbonatação (*priming*) e envase (VENTURINI FILHO, 2016; MELLO; SIQUEIRA, 2017; PIMENTA et al., 2020). Em diferentes estilos de cerveja, o processamento pode influenciar variações, como no

caso da *Catharina Sour*, onde passa a ter dois processos de fervura, e entre eles é realizado o procedimento chamado *Kettle Sour*, destacado em verde no fluxograma apresentado.

Figura 9 – Fluxograma do processo de fabricação de cerveja.



Fonte: Adaptado Pimenta et al., 2020.

2.4.1 Sanitização do material

Para minimizar a contaminação durante o processo de fabricação da cerveja, os materiais utilizados devem passar por um procedimento de limpeza e, em seguida, ser sanitizados com hipoclorito de sódio (2%) ou iodo (12,5 g/mL) para remover todas as impurezas e evitar o crescimento de microrganismos indesejados. Nesse sentido, impurezas e microrganismos indesejados devem ser completamente removidos para evitar a contaminação da produção (PALMER, 2006).

2.4.2 Moagem do malte

A cerveja é produzida pela fermentação de açúcares extraídos do malte, produto da maltagem artificial e posterior secagem da cevada. O grão maltado é esmagado para quebrar sua casca externa, expondo assim o endosperma, que é a parte interna do grão. Depois vem a quebra completa do grão, que ativa enzimas que convertem suas reservas de amido e proteína em açúcares e aminoácidos (PALMER, 2006; HUGHES, 2014).

A moagem é um processo mecânico que envolve o esmagamento ou moagem dos grãos germinados para que seu endosperma seja exposto à ação das enzimas do malte. Nessa etapa, deve-se atentar para as pelúcias, que, dependendo do tipo de filtro, devem permanecer o mais intactas possível para serem utilizadas como elementos filtrantes do mosto (KUNZE, 2006).

Portanto, o objetivo desta etapa é liberar o endosperma do grão por meio da quebra da casca, sendo necessário sua realização de forma correta, pois, se houver uma mistura arenosa no moinho, resultará em uma queda no rendimento da cerveja e uma mudança na densidade, e se a mistura de grãos moídos for muito fina, pode causar adstringência na cerveja devido à remoção de taninos durante a etapa de maceração e possível entupimento de equipamentos (BRIGGS et al., 2004).

2.4.3 Mosturação ou Brassagem

Nesta etapa, a água é utilizada para dissolver os açúcares complexos (amido) no grão para que ele possa operar na temperatura adequada dependendo da enzima a ser ativada. Desta forma, é possível obter o efeito desejado na cerveja. As amilases alfa e beta são as principais enzimas responsáveis pela conversão do amido em açúcar durante a sacarificação.

Segundo Silva et al. (2017), a mosturação é realizada após a adição do malte moído em água com uma temperatura controlada entre 60 °C e 65 °C para mostos mais fermentáveis e cervejas secas, e entre 67 °C e 72 °C para produzir açúcares não fermentáveis, consequentemente, cervejas mais encorpadas. A sacarificação visa converter o amido em açúcares fermentáveis ativando enzimas (principalmente alfa e beta amilases) e dissolver o malte que é facilmente solúvel em água. Com a ajuda de enzimas, a sacarificação visa dissolver essas substâncias insolúveis, estimulando assim a gamificação e posterior hidrólise de amidos e açúcares. É muito importante ressaltar que todo o processo enzimático depende da temperatura, tempo, acidez, concentração e qualidade do malte, bem como da composição do processo de moagem (MESSERSCHMIDT, 2015).

Conhecer o tipo de cerveja necessária é importante para determinar o tipo de mosturação, o tempo e a temperatura utilizados durante a ação enzimática para atingir uma certa quantidade de açúcares fermentáveis e a consistência desejada da espuma. A ação das enzimas produz um mosto contendo de 70% a 80% de carboidratos fermentáveis, incluindo glicose, maltose e maltotriose (VENTURINI FILHO, 2016).

Segundo Costa et al. (2006), quando a temperatura de maceração atinge 72 °C, deve ser realizada a prova de iodo 0,2 M para verificar a sacarificação do malte. Uma vez que a hidrólise

do amido é totalmente confirmada pela ausência de uma cor azul-violeta, o mosto passa pelo processo de aquecimento, esta etapa é muito importante, pois é onde as enzimas são desativadas e o mosto fica menos viscoso, ajudando a extrair melhor os açúcares do processo.

A atividade enzimática é controlada por diferentes aumentos de temperatura em tempos alternados. A escolha da relação tempo/temperatura, varia de acordo com o tipo de cerveja desejada, controlando assim a produção de açúcares fermentáveis e não fermentáveis (dextrinas), que alteram a textura e a consistência da espuma da bebida. Na faixa de temperatura mais baixa (60-65°C), a atividade da β -amilase predomina (produzindo maltose), enquanto na faixa de temperatura mais alta (67-72°C), há maior atividade de enzimas α -amilase, produção de dextrina. As enzimas são inativadas em temperaturas acima de 76°C (TOSS; CRISTOFOLI, 2014).

2.4.4 Filtração do mosto ou clarificação

O processo envolve a separação da parte sólida (bagaço maltado) da parte líquida (mosto primário). Após a primeira filtração, o bagaço maltado é lavado com água de infusão aproximadamente 75°C para maximizar os carboidratos remanescentes. O mosto primário é misturado com o mosto secundário para produzir um mosto misturado (DRAGONE; ALMEIDA; SILVA, 2016).

Durante esta etapa, o mosto é circulado para interagir totalmente com a casca do mosto, onde a própria casca de malte atua como um meio filtrante. A quantidade de água utilizada para a lavagem do bagaço varia de acordo com a quantidade de cerveja a ser produzida. Esta é conhecida como água secundária e sua temperatura é em torno de 76 °C a 78 °C e tem como objetivo aumentar a extração dos açúcares e conseqüentemente o rendimento do processo, pois em temperaturas mais altas leva à extração dos taninos do bagaço maltado, resultando de sabor adstringente, além disso, altas temperaturas podem afetar a turbidez da cerveja (SILVA et al., 2017).

2.4.5 Kettle Sour

Para uma cerveja do estilo *Catharina Sour*, é necessário o acréscimo dessa etapa, onde ocorre acidificação pela ação de bactérias ácidas lácticas (geralmente *Lactobacillus* ou *Pediococcus*) antes que ocorra a fermentação alcoólica, um método rápido que é realizado em dias e não em meses ou anos. Como esses métodos não requerem longas fermentações mistas,

a queda do pH no processo pode ser mais facilmente controlada e os resultados são mais previsíveis, pois a contaminação é minimizada. A acidificação do meio ocorre pela fermentação láctica e subsequente formação de ácido láctico. A acidez produzida pelo ácido láctico é geralmente suave e picante, em oposição à acidez produzida pelo ácido acético ou à acidez amarga produzida pelo ácido málico. Esse processo é, portanto, simples e benéfico se o cervejeiro pretende pasteurizar o mosto após a acidificação. Por sua vez, a pasteurização permite aos cervejeiros adicionar levedura ao processo de fermentação alcoólica sem contaminação por *Lactobacillus* (ALMEIDA, 2017).

O processo é o mesmo de qualquer outra produção de cerveja, até a caldeira de fervura. As temperaturas utilizadas durante a mosturação devem ser suficientes para pasteurizar o mosto, porém, recomenda-se que o mosto seja fervido por 1 a 2 minutos para eliminar ou reduzir a números aceitáveis os microorganismos mais resistentes ainda presentes. Dependendo da cultura bacteriana a ser inoculada, o mosto deve ser resfriado a 37°C a 46°C, recolhido em caldeira fervente, ou seja, são necessários dois processos de fervura, antes e após adição das bactérias lácticas (DA SILVA et al., 2022).

2.4.6 Fervura do mosto

A fervura do mosto é uma das etapas mais críticas e complexas do processo de fabricação da cerveja. Entre eles estão a extração e transformação dos componentes do lúpulo, a destruição de microrganismos, inativação de enzimas, evaporação da água, evaporação de substâncias indesejadas e formação de cores (KUNZE, 2006; BAMFORTH, 2012).

É realizada a uma temperatura de cerca de 100°C durante 30 a 120 minutos, sendo normalmente 60 minutos. Durante essa etapa, a evaporação da água, e, portanto, a concentração do mosto, ocorre a uma taxa de cerca de 4% por hora. É necessária uma fervura vigorosa para movimentar o mosto e promover uma melhor coagulação das proteínas, que se depositam e se deslocam do fundo (BAMFORTH, 2012).

Portanto, é nesta etapa que o lúpulo é adicionado, fervido para inativar as enzimas, esterilizar o mosto, coagular as proteínas, extrair os componentes amargos e aromáticos do lúpulo e evaporar a água de ingredientes como dimetil sulfeto (DMS) e ésteres (MESSERSCHMIDT, 2015).

O mosto é mantido fervendo até atingir a concentração de açúcar desejada, a correção da densidade deve ser feita no início da fervura, que deve ser de 1,055 g/mL, pois com a fervura

a água evapora, resultando em um aumento significativo na densidade final do produto (SILVA et al., 2017).

As principais funções dessa etapa são a evaporação do DMS que garante o sabor botânico da cerveja, esterilização do mosto, precipitação de substâncias como taninos e proteínas, além de dissolver substâncias de sabor e aroma do lúpulo. Algumas proteínas também sofrem desnaturação por calor no início da ebulição, chamada de craqueamento térmico, que garante a formação de espuma (MELLO, SIQUEIRA; 2017).

2.4.6 Tratamento do mosto ou resfriamento

No final do processo de fervura, o mosto encontra-se ainda em estado de inoculação a quente, que deve ser baixado para um intervalo de 8 a 12°C, devendo ser resfriado rapidamente. Para isso, o resfriamento é realizado por meio de serpentinas (resfriadores) ou trocadores de calor de placas, que consiste em um conjunto de placas finas de aço inoxidável, nas quais circula água em baixa temperatura, e troca indireta de calor com o mosto quente, fazendo com que sua temperatura caia rapidamente (KUNZE, 2006).

O resfriamento é necessário uma vez que em o DMS continua a ser produzido em altas temperaturas e com o fim da ebulição acumula-se no mosto por não ser mais evaporado, além de haver um fenômeno ocasionado pelo resfriamento abrupto do mosto, denominado cold break, onde as proteínas sedimentadas desse processo juntamente com o lúpulo exaurido (*trub*) devem ser retiradas do processo (MELLO; SIQUEIRA, 2017; IMAIZUMI, 2019).

2.4.7 Fermentação

Após o processo de resfriamento, o mosto é colocado em fermentadores com adição do inóculo de levedura para permitir que a fermentação prossiga em quantidades definidas. Cada tipo de levedura funciona dentro de uma faixa específica de condições, como temperatura e pH. Para evitar uma explosão devido à formação de dióxido de carbono durante esta etapa, é necessária uma saída de gás do fermentador (MELLO; SIQUEIRA, 2017).

As condições de tratamento do mosto, etapa anterior, influenciam nesta etapa, resfriamento até atingir uma temperatura em torno de 12°C a 14°C para receitas de baixa fermentação e 14°C a 25°C para receitas de alta fermentação. Uma vez atingida esta temperatura, adiciona-se a levedura e inicia-se o processo de fermentação. Este processo é

crítico, pois as leveduras convertem os açúcares em etanol e dióxido de carbono em condições anaeróbicas (PIMENTA et al., 2020).

Segundo Venturini Filho (2016), *Saccharomyces* é um microrganismo aeróbico facultativo, ou seja, tem a capacidade de realizar a regulação metabólica em condições aeróbias e anaeróbias, ou seja, na presença ou ausência de oxigênio. Em condições aeróbias, parte do açúcar é convertida em biomassa, dióxido de carbono e água, enquanto em condições anaeróbias, a maior parte do açúcar é convertida em etanol e dióxido de carbono, o que se chama de fermentação alcoólica. Os processos aeróbicos são energeticamente mais eficientes. Ele é projetado para promover o crescimento e a renovação do fermento. O processo anaeróbico tem o efeito de aumentar a conversão do mosto em cerveja, convertendo açúcares em etanol e dióxido de carbono. Por esta razão, a entrada de oxigênio deve ser evitada tanto quanto possível durante a transferência para o fermentador.

A fermentação é o processo pelo qual o açúcar é convertido pela levedura em álcool e dióxido de carbono com a liberação de calor. Essa é uma etapa importante no perfil sensorial das bebidas, pois a combinação de microrganismos e temperatura determina o tipo de fermentação (alta ou baixa) e o desenvolvimento de perfis de sabor e aroma mais ou menos proeminentes (PHILLISKIRK, 2012).

Na indústria cervejeira, a fermentação é realizada em tanques de aço inoxidável, que possuem formato cilíndrico, que devem ser mantidos refrigerados devido ao calor liberado pelo processo. A seção de fermentação de uma cervejaria é normalmente dividida em 3 seções: a seção de inoculação, contendo os tanques a serem inoculados com a levedura, a seção de fermentação, contendo os tanques com sistema de resfriamento e captura de dióxido de carbono (geralmente usados para carbonatação da bebida acabada) e a seção de propagação celular, contendo tanques com oxigênio e nutrientes para propagação de leveduras (KUNZE, 2006).

2.4.8 Maturação

Geralmente, após 6 dias de fermentação, o valor da densidade começa a se estabilizar e leva cerca de 2 dias para ficar completamente estável. Quando atinge a estabilidade, inicia-se a fase de maturação e, dependendo do estilo a ser produzido, é necessário baixar a temperatura de fermentação. Portanto, a atividade da levedura será reduzida. Para cada estilo há um tempo de maturação, geralmente em torno de 10 dias para as cervejas de alta fermentação (PALMER, 2006).

O processo de maturação envolve a redução de sabores e aromas indesejados na cerveja recém-fermentada a níveis aceitáveis, como compostos de aldeído, diacetil e enxofre são componentes voláteis indesejáveis conhecidos como *off-flavors*. Eles conferem aromas e sabores imaturos, desequilibrados e imprecisos à cerveja, e em altas concentrações prejudicam a qualidade da bebida. À medida que a maturação avança, a concentração desses compostos diminui e os compostos de aroma, como os ésteres, aumentam, o que afeta positivamente o perfil sensorial da cerveja (KUNZE, 2006).

A maturação *lager* ocorre tradicionalmente em um processo de dois recipientes, no qual a bebida verde é transferida dos fermentadores primários para as cubas de maturação, onde os açúcares residuais como maltotriose e maltose são fermentados lentamente a temperaturas entre 0 e 4 °C. Durante a fermentação secundária, os componentes de sabor diminuem e o teor de dióxido de carbono aumenta. Já para as cervejas tipo *ale* geralmente são maturadas em temperaturas mais altas, 10 a 20 °C, o que permite que sejam engarrafadas após cerca de 14 dias (STEWART, 2012).

2.4.9 Carbonatação

Antes do envase, é necessário adicionar um iniciador, que auxilia na carbonatação da cerveja, pois a levedura residual inicia a fermentação na garrafa, produzindo dióxido de carbono (CO₂) e posteriormente carbonatando a cerveja. O dióxido de carbono na cerveja tem um grande impacto em seu sabor, aroma, aparência e sensação na boca. É produzido por leveduras durante a fermentação de açúcares essenciais e é parcialmente dissolvido na bebida (PALMER, 2006; PARKES, 2012). Normalmente, a cerveja retém seu conteúdo de dióxido de carbono desde a fermentação até o engarrafamento. Porém, em alguns casos a bebida é submetida a altas temperaturas ou em um meio de baixa pressão e acaba perdendo esse gás. Portanto, é importante suplementar o CO₂, chamado de carbonatação (KUNZE, 2006).

A indústria cervejeira utiliza equipamentos selados para que o gás não vaze sob pressão e possa atomizar o dióxido de carbono para tornar suas bolhas menores e fáceis de dissolver no meio (KUNZE, 2006). Outro método usado pelos cervejeiros caseiros é a perfusão, que envolve a fermentação na garrafa. Essa prática envolve a adição de açúcares fermentáveis à cerveja antes do engarrafamento. Durante a fermentação do açúcar pela levedura remanescente, é produzido CO₂, levando à carbonatação da bebida. Nessa etapa chamada *priming*, o açúcar é, portanto, adicionado à levedura para atingir a gaseificação desejada na cerveja. A levedura ainda presente consome esse açúcar, produzindo álcool e gás carbônico, que faz com que a

garrafa gaseifique naturalmente. Por outro lado, este processo produz pequenos depósitos (PARKES, 2012; MELLO; SIQUEIRA, 2017).

Outra forma de carbonatação é a carbonatação forçada, na qual o gás é injetado diretamente no recipiente em que já se encontra o líquido. Pode ser feito em kegs (tradicionais barris de chope) ou post-mix (os cilindros metálicos antigamente usados para armazenar refrigerantes servidos por máquinas). Portanto, ao contrário do priming, na carbonatação forçada o processo de adição de CO₂ é artificial através de um injetor de pressão, durante esse processo, alguns equipamentos serão necessários: barris para armazenamento de cerveja, que suportam pressão; cilindros de dióxido de carbono, para complementar o CO₂; manômetros para medir a pressão com precisão, o que ajuda a manter a classificação precisa do gás adicionado. Este processo tem duas vantagens, a primeira é que, como não há fermento na garrafa, não havendo resíduos no fundo do recipiente, e a segunda é que a cerveja geralmente fica pronta na mesma hora. Por outro lado, é mais trabalhoso e com a necessidade de maior cuidado para não oxidar a cerveja (MELLO; SIQUEIRA, 2017).

2.4.10 Envase

O acondicionamento adequado das bebidas é necessário para a comercialização do produto final. Este processo pode ser realizado com diversos tipos de embalagens como barris, tonéis, latas de alumínio e garrafas de vidro. Esse acondicionamento da bebida varia de acordo com o tipo de embalagem utilizada, mas seja qual for a escolhida, três recomendações técnicas importantes devem ser seguidas: evitar a entrada de oxigênio em excesso na cerveja, não ultrapassar 0,02 a 0,03 mg/l, pois pode alterar o sabor da bebida devido a deterioração; a temperatura da bebida deve ser mantida entre -1 a 0°C durante o processo de envase, para que o teor de dióxido de carbono seja mantido entre 2,1 e 2,7 volumes, e a linha de envase completamente estéril para que não exista contaminações. Para o envase, é fundamental garantir uma boa higienização das garrafas e tampas ou latas para evitar a proliferação indesejada de microrganismos deteriorantes da cerveja (BRIGGS et al., 2004; BROWNE, 2006; MELLO; SIQUEIRA, 2017; IMAIZUMI, 2019).

2.4 Estilos de cerveja

Existem dois principais estilos de cerveja: *lagers* e *ales*, a principal diferença entre eles ocorre na etapa de fermentação. *Ales* são produzidas por alta fermentação, geralmente com

fermento trabalhando no topo do barril. As *Lagers* são o resultado da fermentação a baixas temperaturas no fundo dos barris.

A terceira classificação diz respeito às cervejas do tipo *Lambic*, cuja fermentação é feita por fatores naturais, incluindo a exposição da própria cerveja a leveduras selvagens, ou seja, fermentação espontânea com sabor muito característico, ao contrário das cervejas do tipo *Ale* e *Lager*, que são submetidas a leveduras de cultura para fermentação. Acredita-se que o processo de fabricação da *Lambic* seja o mais antigo, originária da região de Leembek, na Bélgica. *Lambic* tem uma ampla gama de aromas e sabores, incluindo amadeirado, alcoólico, azedo, frutado, picante e até defumado. Entre as categorias de *lambic* podemos citar *Faro*, uma cerveja adoçada; *Geuze*, uma cerveja *blended lambic*; e *Kriek Lambic*, à qual são adicionadas cerejas durante a maturação em carvalho.

Os estilos podem ser subdivididas em diferentes tipos que diferem em vários fatores como fermentação, teor alcoólico, grãos utilizados, quantidade de lúpulo, microrganismos utilizados, excipientes, etc. Segundo Mello; Siqueira (2017) são:

- *Pilsen*: É um dos tipos de cerveja mais jovens do mercado e rapidamente se expandiu. É uma *pale ale* simples e limpa, popular principalmente por seu sabor descomplicado, atraindo tanto os maiores apreciadores quanto aqueles que tendem a beber muito pouco. Originária da Tchecoslováquia, possui lúpulo pronunciado e sabor levemente maltado com amargor bem moderado.
- Cerveja *Weiss*: É uma descendente do primeiro tipo de cerveja. Tem aspecto turvo, com pouca ou nenhuma presença de lúpulo e, às vezes, notas mais pronunciadas da levedura utilizada especificamente para essa cerveja – ajudando a caracterizar o sabor e o aroma dessas distintas bebidas.
- *Brown Ale*: Como o nome sugere, esta bebida é de cor âmbar escura. Possui maior concentração de malte, o que a torna um pouco mais "terrosa" e menos amarga. No passado, eles eram feitos apenas de malte marrom. Hoje, muitas vezes são feitos de maltes misturados, que produzem um perfil de sabor mais complexo e equilibrado.
- *Pale Ale*: Um dos tipos de cerveja mais populares do mundo, foi inventada na Inglaterra quando se desenvolveu o método de torrar a cevada de forma mais lenta e menos intensa, produzindo sabores mais maltados e amadeirados do que outras cervejas.
- *India Pale Ale*: Também conhecida como IPA, esta cerveja foi inventada quando o exército britânico notou que sua tradicional *Pale Ale* estava estragando nos navios antes

de chegar à Índia. Para combater isso, eles adicionaram mais lúpulo à receita original para prolongar sua eficácia, resultando nesta cerveja mais amarga e saborosa.

- *Bock*: Esta é uma *lager* escura com um sabor de malte mais forte. Eles foram produzidos em mosteiros alemães durante os tempos medievais para complementar a dieta dos habitantes e sustentá-los ao longo do dia.
- *Porter*: É uma cerveja escura, quase opaca, feita de grãos de malte torrados com fermentação lenta. Tem um perfil de sabor equilibrado com notas de cereal torrado, chocolate e caramelo – sem a adstringência de uma cerveja preta forte.

Além dessas principais variedades de cerveja, existem muitas outras, como mencionado anteriormente, há movimentos com força crescente de cervejas artesanais. Por isso, atualmente, os estilos de cerveja são verificados por meio de um guia chamado BJCP (*Beer Judges Certification Program*), organização cujo objetivo é padronizar e aperfeiçoar as diretrizes de correspondência de estilos de cerveja, e que já conta com cerca de 7.000 juízes e atua em 40 países. Até 2021 já havia 154 estilos de cerveja comprovados, variando de estilos de cerveja bem conhecidos, com adição de especiarias, madeira, mel, frutas, raízes e até vegetais. Nesse contexto, surgiu o estilo *Catharina Sour*, um verdadeiro estilo brasileiro reconhecido oficialmente pelo BJCP em 2021 (STRONG, 2021).

2.5.1 Cerveja *Catharina Sour*

Buscando inovar para atender o mercado cervejeiro, em 2016 um cervejeiro catarinense criou uma nova cerveja feita com ingredientes locais e adequada ao clima quente. Esse estilo de cerveja, denominado *Catharina Sour*, se espalhou por outras partes do Brasil e é considerado um estilo popular tanto no comércio quanto em competições de cervejas artesanais (BJCP, 2021).

Catharina Sour apresenta uma cerveja refrescante com adição de frutas e acidez láctica limpa, com baixo teor alcoólico, corpo leve, alta carbonatação e baixo amargor fazem sobressair as frutas frescas. Ela é essencialmente uma cerveja de trigo inspirada em outro estilo de cerveja clara alemã, a *Berliner Weisse*. As possibilidades de utilização de frutas na *Catharina Sour* são enormes, como: framboesas, uvas, abacaxis, morangos, pêssegos, pitaita, maracujá, além de jabuticaba (COSTA, 2020; STRONG, 2021).

O guia de estilos BJCP (2018) estabelece parâmetros de densidade inicial para o estilo *Catharina Sour* é de 1,039 a 1,048 e densidade final de 1,002 a 1,009, o teor alcoólico é de

4,0% a 5,5% v/v, a acidez láctica deve estar presente no estilo *Catharina Sour* podendo ser de percepção baixa a médio-alto, lembrando que um pH menor que 4,5 é de extrema importância para proteger a cerveja de microrganismo patogênicos.

Sua acidez é obtida através do uso de bactérias lácticas em sua produção, e seu baixo teor alcoólico e amargor tornam muito pronunciados o aroma e o sabor proporcionados pela fruta adicionada. Sabe-se que as bactérias inoculadas em cervejas ácidas, geralmente do gênero *Lactobacillus*, podem se multiplicar sem agitação do mosto contendo nutrientes e vitaminas específicos para tais culturas em temperatura e pH do meio de cultura controlados. O nível de acidez deve ser equilibrado com o caráter do malte para produzir um perfil de sabor complexo que preserve a característica da cerveja (BJCP, 2021; SILVA et al., 2022).

Para se tornar *Catharina Sour* é, portanto, obrigatório a adição de fruta à receita, dando um toque brasileiro ao estilo, em especial é a adição de frutas frescas e, de preferência, tropicais, contribuindo a um aroma e sabor forte da fruta adicionada. Com características sensoriais da fruta, está tendo o foco principal, devido aos seus aspectos (Tabela 1) (BJCP, 2018; SILVA, 2021).

Tabela 1 – Características sensoriais da *Catharina Sour*, descritas pelo BJCP.

ATRIBUTOS	DESCRIÇÃO
Aroma	A fruta deve ser de imediata perceptível e reconhecida. Com uma acidez láctica limpa, o malte normalmente estará ausente, contendo um caráter de fermentação limpa, obrigatório.
Sabor	Sabor frutado, com caráter fresco. Não contendo sabor de malte, tipicamente, podendo conter aspectos de especiarias, estes não sobrepondo a fruta ou a acidez. Amargor do lúpulo, está abaixo do limiar de percepção sensorial. Com um final seco, retrogosto limpo, azedo e frutado.
Aparência	Cor variável com a fruta, normalmente clara. Variando de límpida a turva. Efervescente, com colarinho de boa retenção, variando de branco a colorida de acordo com a fruta.
Sensação na boca	O corpo varia de baixo a médio, com uma carbonatação relativamente alta, acidez presente, não sendo agressiva.

Fonte: BJCP, 2018.

As cervejas frutadas ganharam notoriedade no meio cervejeiro pois, além da capacidade antioxidante, podem incorporar sabor, cor e aroma, contribuir para a estabilidade da espuma e agregar diversos benefícios funcionais (MEIRELES et al., 2015).

Sales e Souza (2021) na elaboração de uma cerveja *Catharina Sour* com uma concentração de polpa de fruta utilizada no presente estudo permitiu que os resultados se

enquadrassem dentro do esperado, onde todos os parâmetros estabelecidos pelo guia de estilo BJCP para indicadores físico-químicos e sensoriais foram atingidos. Isso mostra o correto desempenho de processo gerando uma cerveja de excelente qualidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Produção da cerveja tipo *Catharina Sour*

Foram utilizados água filtrada, sendo para mostura 3,65L e lavagem 4,15L, três tipos de malte, o Malte Pilsen nacional (Agrária), o Malte de trigo (BW) e o Malte Carapils alemão (Weyermann), também foi utilizado Aveia em flocos (Nestle). O lúpulo foi do tipo *Hallertau Blanc* (Barth-Hass) e a levedura *Safale US-05* (Fermentis), o método *Catharina Sour*, como mencionado anteriormente, é necessário a utilização de *Lactobacillus*, e neste estudo utilizou-se o *Lactobacillus del brueckii*, além de 150 ml extrato de jabuticaba. São seis os tratamentos realizados em duas bateladas, ao qual temos: C1 (cerveja sem jabuticaba – controle 1), C1-5% (cerveja com 5% de jabuticaba – 1ª batelada), C1-10% (cerveja com 10% de jabuticaba – 1ª batelada), e C2 (cerveja sem jabuticaba – controle 2), C2-5% (cerveja com 5% de jabuticaba – 2ª batelada), C2-10% (cerveja com 10% de jabuticaba – 2ª batelada)A seguir, a descrição das etapas realizadas para produção da cerveja e ilustrações próprias de algumas dessas etapas (Figura 10):

- **Mostura:**

3,65L de água foram adicionados à panela de mostura e aquecidos a 47°C, então adicionou-se os maltes (0,65kg de malte Pilsen nacional (Agrária); 0,2kg de malte de trigo (BW); 0,05kg de malte Carapils alemão (Weyermann); 0,05kg de aveia em flocos), tudo foi aquecido à 65°C por 60 minutos. Em seguida aumentou-se a temperatura para 72°C por 15 minutos e posteriormente à 78°C para a inativação das enzimas

- **Lavagem:**

A lavagem dos grãos foi realizada com 4,15L de água aquecidos à 75°C

- **Primeira fervura:**

Para a esterilização do mosto filtrado realizou-se fervura por 15 minutos

- **Kettle Sour:**

Transferiu-se a panela com o mosto esterilizado a um balde contendo água e gelo para que fosse resfriado à 36°C. Após o resfriamento, utilizou-se um refratômetro para determinar a densidade do mosto, que atingiu 1.035 g/cm³. Então foi realizada a trasfega para um galão PET de 10L devidamente sanitizado, onde inoculou-se cepas de *Lactobacillus del brueckii* e submergiu-se um pequeno saco de tecido organza contendo

50g de malte pilsen, o que equivale a aproximadamente 1% do volume da receita, com o objetivo de acelerar o processo de acidificação, já que a própria casca do malte contém os *Lactobacillus* desejados para esta etapa. Mediu-se pH 5,93 antes de inocular a bactéria láctea. O galão foi vedado utilizando uma tampa de borracha com um *air lock* acoplado. Posteriormente transferiu-se o mesmo a uma incubadora BOD à 36°C, essas condições foram mantidas por aproximadamente 24 horas até pH 3,55.

- **Segunda fervura:**

O mosto acidificado foi transferido à panela de fervura e aquecido até atingir temperatura de ebulição onde adicionou-se 1g de lúpulo *Hallertau Blanc* e sob esta condição permaneceu durante 60 minutos.

- **Resfriamento:**

Passados os 60 minutos de fervura, o mosto foi resfriado novamente utilizando um balde com água e gelo até atingir 30°C. A densidade medida nesta etapa foi de 1.048 g/cm³. Após o resfriamento o mosto foi transferido de volta ao galão PET de 10L e inoculou-se 6g da levedura *Safale US-05* que foi previamente hidratada em um *Erlenmeyer* contendo 100 mL de água filtrada.

- **Fermentação:**

Nesta etapa, o galão PET de 10L contendo o mosto com a levedura inoculada foi transferido à incubadora BOD à 18°C e assim permaneceu durante 7 dias.

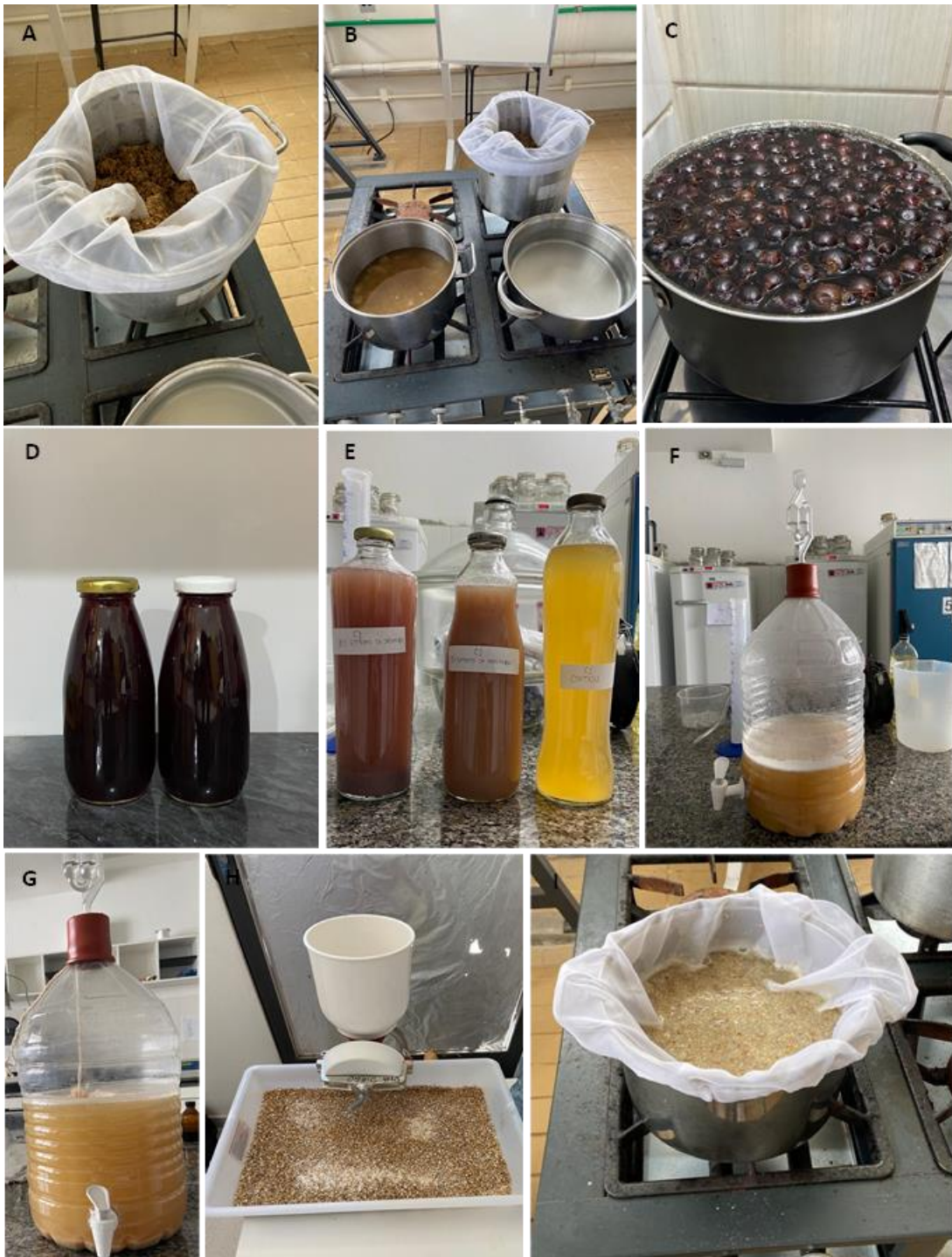
- **Maturação:**

Após a fermentação a densidade medida foi de 1.009 g/cm³. O mosto fermentado foi distribuído em 3 garrafas de vidro de 1L cada. Adicionou-se 1L do mosto fermentado na primeira garrafa. Na outra garrafa foram adicionados 900 mL de mosto fermentado e mais 100 mL de extrato macerado de jabuticaba e na última garrafa adicionou-se 950 mL de mosto fermentado e 50 mL de extrato macerado de jabuticaba.

- **Envase e carbonatação:**

Ao fim da etapa de maturação, as cervejas foram distribuídas em garrafas de 500 mL de vidro âmbar devidamente sanitizadas. Então, foi realizado o *primming*, que consiste em adicionar à garrafa uma solução de açúcar fermentável, afim de carbonatar a cerveja. Foi feita uma solução de 6g/L de açúcar e em cada garrafa foram adicionadas 3g desta solução. Após o fechamento das garrafas, as mesmas foram armazenadas por 7 dias em ambiente seco e livre de luz.

Figura 10 – Etapas do processo de produção da cerveja *Catharina Sour*.



Legenda: A e B - lavagem; C - obtenção do extrato macerado; D - extrato macerado de jabuticaba; E - amostras engarrafadas para o processo de maturação; F - galão de fermentação; G - Kettle Sour; H - moagem mostura; I - mosturação.

Fonte: Do Autor, 2023.

3.2 Caracterização da cerveja

3.2.1 Teor de álcool

Foi utilizado o método álcool em volume e peso a 20 °C, utilizado para determinar o teor de álcool em volume em amostras de cerveja. A graduação alcoólica é obtida pela conversão da densidade relativa da amostra destilada.

Para realização da análise foi utilizado um conjunto de destilação, chapa de aquecimento, termômetro, balança analítica, balão volumétrico de 500 mL, Erlenmeyer de 250 mL, funil de vidro e pérolas de vidro.

Transferiu-se 250 mL da amostra para o balão volumétrico do conjunto de destilação. Recolheu-se o destilado em um frasco Erlenmeyer de 250 mL. Destilou-se 190 mL, completando o volume com água. Determinou-se a densidade relativa a 20°C a partir da Equação 1, foram utilizados os valores de massa de cada amostra obtidos através do picnômetro e da balança analítica. Posteriormente realizou-se a conversão da densidade relativa a 20°C em porcentagem de álcool em peso (IAL, 2008).

Para determinação do teor alcoólico teórico o cálculo foi realizado utilizando-se a Equação 2 proveniente do método EBC (*European Brewing Convention, 1987*), para tal, as densidades iniciais e finais foram obtidas através de um refratômetro analógico portátil (BRASIL, 1986).

$$M_{am} - M_p / M_{H_2O} - M_p = \text{Densidade relativa } 20^\circ\text{C}/20^\circ\text{C} \quad \text{Equação 1}$$

onde:

M_{am} = massa do picnômetro com a amostra

M_p = massa do picnômetro vazio

M_{H_2O} = massa do picnômetro com a água

$$ABV (\%) = 131,25 \times (OG - FG) \quad \text{Equação 2}$$

onde:

OG = densidade original

FG = densidade final

ABV = álcool por volume.

3.2.2 Determinação de pH

A determinação do pH do mosto e da cerveja foi realizada por medição direta em pHmetro digital previamente calibrado de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008). O modelo de pHmetro utilizado foi HI98108 pHep®+ da Hanna® Instruments

3.2.3 Determinação de sólidos solúveis (°Brix), densidade e amargor (IBU) do mosto cervejeiro

O teor de sólidos solúveis do mosto cervejeiro foi mensurado em refratômetro analógico portátil e o resultado expresso no próprio equipamento em °Brix (IAL, 2008). As medidas de densidade foram determinadas através de um refratômetro analógico portátil. Os resultados foram expressos em °Brix e posteriormente convertidos em valor de densidade (g/cm³) (IAL, 2008).

O teor de amargor foi expresso utilizando a unidade de medida IBU (Internacional Bitterness Units) e foi medido através do método matemático de Glenn Tinseth (OLIVER, 2012).

$$IBU = (U.AA \times \%AA \times Qtd.L \times 1000) / V.F \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

U.AA = Utilização de alfa ácido, obtido através da relação entre o tempo de fervura e a densidade original

%AA = Quantidade de alfa ácido presente no lúpulo utilizado (%)

Qtd.L = Quantidade de lúpulo utilizado (g)

V.F = Volume final de cerveja

3.2.4 Acidez titulável

Este método baseia-se na titulação de neutralização dos ácidos com solução padronizada de álcali, com o pHmetro até o ponto de equivalência. A acidez total é expressa em g de ácido láctico por 100 mL de amostra. Para isso utilizou-se béquer de 50 mL, frasco Erlenmeyer de 250 mL, bureta de 10 mL e pipeta graduada de 1 mL. Além dos reagentes solução de hidróxido de sódio 0,1 M padronizada e solução de fenolftaleína

Dilui-se 10 mL da amostra da cerveja em 100 mL de água deionizada e transferiu-se para um frasco Erlenmeyer de 250 mL. Adicionou-se 0,5 mL do indicador fenolftaleína, com posterior titulação com solução de hidróxido de sódio até coloração rósea (BRASIL, 1986).

$$n \times M \times PM / 10 \times V$$

Equação 4

onde:

n = volume gasto na titulação da solução de hidróxido de sódio, em mL

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio

PM = peso molecular do ácido láctico (90,08 g/mol)

V = volume tomado da amostra, em mL

3.2.5 Análise de compostos fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos totais foi baseada no método de Folin-Ciocalteu modificado, método descrito de acordo com Singleton e Rossi (1965). A curva padrão foi preparada com ácido gálico e as leituras realizadas e, espectrofotômetro a 750 nm de absorvância ($y = 0,0056x + 0,0029$ e $R^2=0,9974$). Os resultados foram expressos como equivalente de ácido gálico (mg EAG/L de cerveja). O modelo de espectrofotômetro utilizado foi UV/visível Shimadzu® (modelo SPD – 10A, Japão).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores apresentados nas tabelas a seguir demonstram os valores encontrados das análises realizadas nas formulações de cerveja artesanal. São seis amostras no total, ao qual temos: C1 (cerveja sem jabuticaba – controle 1), C1-5% (cerveja com 5% de jabuticaba – 1ª batelada), C1-10% (cerveja com 10% de jabuticaba – 1ª batelada), e C2 (cerveja sem jabuticaba – controle 2), C2-5% (cerveja com 5% de jabuticaba – 2ª batelada), C2-10% (cerveja com 10% de jabuticaba – 2ª batelada) (Figura 11).

Figura 11 – Amostras das cervejas produzidas.



Fonte: Do Autor, 2023.

Tabela 2 – Resultado das avaliações de teor alcoólico.

AMOSTRAS	ÁLCOOL EM VOLUME A 20°C (%v/v)	ÁLCOOL EM PESO A 20°C (%)	ÁLCOOL TEÓRICO (%v/v)
C1	4,2	3,35	5,1
C2	4,5	3,65	5,1

Fonte: Do Autor, 2023.

Tabela 3 – Resultado das avaliações físico-químicas das cervejas antes da maturação.

AMOSTRAS	°Brix INICIAL	°Brix FINAL	DENSIDADE ORIGINAL	DENSIDADE FINAL	IBU
C1	12	6	1.048	1.009	7,6
C2	12	6	1.048	1.009	8

Fonte: Do Autor, 2023.

Tabela 4 – Resultado das avaliações físico-químicas da cerveja 1 após a maturação.

AMOSTRAS	ÁCIDEZ TITULÁVEL (%)	FENÓLICOS TOTAIS (mg/L)	pH
C1	0,057	34,57	3,55
C1 - 5%	0,055	40,82	3,52
C1 - 10%	0,053	51,53	3,47

Fonte: Do Autor, 2023.

Tabela 5 – Resultado das avaliações físico-químicas da cerveja 2 após a maturação.

AMOSTRAS	ÁCIDEZ TITULÁVEL (%)	FENÓLICOS TOTAIS (mg/L)	pH
C2	0,074	38,14	3,56
C2 - 5%	0,064	39,78	3,50
C2 - 10%	0,061	57,78	3,47

Fonte: Do Autor, 2023.

Os valores de álcool em volume a 20 °C foram 4,1 para os tratamentos C1 e 4,5 para os tratamentos C2 e peso a 20 °C foram 3,35 para C1 e 3,65 para C2, sendo o valor alcoólico teórico de 5,1% para todas as amostras. Esses valores se enquadram nas especificações da BJCP (2018) entre 4,0% a 5,5% v/v. Também são próximos aos encontrados por Imaizumi (2019) que apresentaram teor alcóolico de 5,2% e Santos et al. (2021) que apresentaram 5,24% em cerveja com adição de jabuticaba, e um pouco abaixo aos resultados encontrados por Carvalho (2021) que encontraram valores em torno de 5,9% em cervejas com jabuticaba, porém utilizando concentrações maiores comparadas a este estudo.

Os valores °Brix inicial e final, e densidades original e final foram iguais para todas as amostras das duas bateladas, que foram 12, 6, 1,048 e 1,009, respectivamente. O valor de °Brix

encontrado nesse estudo representa a quantidade de açúcar presente na cerveja, e devido ao método de produção da cerveja e adição da jabuticaba não houve interferência nesse valor, que foram menores quando comparado ao estudo de Santos et al. (2021) utilizando maior concentração de jabuticaba na formulação, e maior comparado ao estudo de Imaizumi et al. (2021) utilizando xarope de jabuticaba. Já parâmetros de densidade encontrados nesse estudo estão de acordo aos estabelecidos pela BJCP (2018), densidade inicial para o estilo *Catharina Sour* é de 1,039 a 1,048 e densidade final de 1,002 a 1,009, e próximos ao encontrado por Santos et al. (2021).

Os valores de IBU foram de 7,6 primeira batelada (C1) e 8 na segunda (C2). Esses valores são fatores importantes para o estilo da cerveja produzida *Catharina Sour*, onde segundo a BJCP (2018) devem apresentar moderado amargor. Resultados semelhantes ao deste estudo foram encontrados nos estudos Imaizumi et al. (2021) de 7,9 e 8,7, Imaizumi (2019) de 6,3 e Carvalho (2021) com produção de cerveja de jabuticaba com uma concentração maior da fruta, do que neste estudo, que apresentou o valor de 15.

Acidez titulável foram maiores na segunda batelada, e apresentaram pequena diminuição com a adição e aumento na porcentagem de jabuticaba, sendo C1 0,057%, C1-5% 0,055% e C1-10% 0,053%, e C2 0,074%, C2-5% 0,064% e C2-10% 0,061%. Valores que maiores que os estudos de Santos et al. (2021) que apresentaram 0,034 e 0,031% de acidez em cerveja com adição de jabuticaba e Imaizumi et al. (2021) de 0,017% com adição de xarope de jabuticaba na produção de cerveja artesanal adocicada, porém corroboram com a acidez do estilo da cerveja. A redução da acidez pode ter ocorrido em função da diluição da cerveja pela adição do macerado de jabuticaba.

O pH também foi ligeiramente maior na segunda batelada, e diminuíram com a adição de jabuticaba e o aumento de sua concentração. Na primeira batelada C1 3,55, C1-5% 3,52 e C1-10% 3,47, e C2 3,56, C2-5% 3,50 e C2-10% 3,47. Os valores de pH estão dentro dos conformes estabelecidos pela BJCP (2018), acidez média a alta, sendo menor que 4,5, de extrema importância para proteger a cerveja de microrganismo patogênicos. Também estão próximos, porém um pouco menor, aos valores encontrados nos estudos de Santos et al. (2021) com valores de 3,87, Imaizumi et al. (2021) de 3,9 e Imaizumi (2019) de 3,8.

Os fenólicos totais também foram maiores na segunda batelada, porém aumentaram com a adição e aumento na porcentagem da jabuticaba, onde C1 34,57 mg/L, C1-5% 40,82 mg/L e C1-10% 51,53 mg/L, e C2 38,14 mg/L, C2-5% 39,78 mg/L e C2-10% 57,78 mg/L. Esse aumento dos compostos fenólicos está relacionado ao incremento dos compostos fenólicos da fruta adicionada (HUBNER, 2019), no caso a jabuticaba. Nota-se, portanto, que comparando o

teor de fenólicos das cervejas Catharina Sour com o controle observa-se que embora a cerveja controle apresente valores de compostos fenólicos significativos, as cervejas em que ocorreu a adição de fruta, independentemente da quantidade e do pH, apresentaram valores maiores que o controle, indicando que os compostos fenólicos reconhecidamente presentes na jabuticaba estiveram presentes nas cervejas adicionadas do macerado

Outros estudos verificarão a contribuição da adição de frutas no teor fenólico da cerveja e observaram que a adição de especiarias, fruta ou polpa de fruta contribuiu para um aumento no teor fenólico total (ARAUJO, 2016; TRINDADE, 2016). O papel dos fenólicos em relação à cor, sabor e estabilidade da cerveja é de grande importância, já que é essencial para melhor qualidade destes atributos além do aumento da vida útil em comparação com a de menor atividade antioxidante (NARDINI; GARAGUSO, 2020).

Freire et al. (2020) na produção de cerveja com adição de frutas tropicais obtiveram resultados semelhantes ao deste estudo, onde houve o aumento dos teores de compostos fenólicos. O mesmo ocorreu no estudo de Carvalho (2021), em que a adição de jabuticaba aumentou os valores de compostos fenólicos, contribuindo para melhor qualidade física, química e sensorial da cerveja produzida.

5 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos desse estudo é possível confirmar a influência positiva da adição de extrato de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) na produção de cerveja artesanal do estilo *Catharina Sour*. Os parâmetros determinados pela *Beer Judges Certification Program* foram encontrados nos resultados deste estudo, formalizando seu enquadramento de estilo *Catharina Sour*. As cervejas produzidas com adição do extrato de jabuticaba apresentaram características físico-químicas satisfatórias, com teores alcoólicos, °Brix, densidades e IBU dentro dos padrões BJCP. Verificou-se ainda que a adição do macerado de jabuticaba contribuiu para a diminuição da acidez total e, mais importante, para o aumento no teor dos compostos fenólicos, indicando a possibilidade de produção de novas bebidas com diferentes propriedades.

Algumas possibilidades para futuros estudos a partir deste trabalho são avaliações microbiológicas, avaliações mais específicas quanto a atividade antioxidante, análises sensoriais do produto acabado e um estudo sobre as cervejas estilo *Catharina Sour* comercializadas no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZEMBERG, R. **Emprego de caldo de cana e do melado como adjunto de malte de cevada na produção de cervejas**. 2015. 272 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-graduação em Biotecnologia Industrial na área de Microbiologia Aplicada, Universidade de São Paulo, USP, Lorena, SP, 2015.
- ALMAGUER, C.; SCHÖNBERGER, C.; GASTL, M.; ARENDT, E.K.; BECKER, T. *Humulus lupulus* – a story that begs to be told: a review. **Journal of Institute of Brewing**, v.120, p.289-314, 2014.
- ALMEIDA, A. F. F. **Estudo da aplicação de diferentes culturas microbiológicas à produção de cerveja artesanal**. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biológica) – Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2017.
- BARBOSA, P. J. S. **Cerveja artesanal com uso de frutas**. 2019. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Gastronomia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2019.
- BAMFORTH, C. W. Boiling. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 141-142.
- BAXTER, A. G. et al. Louis Pasteur's beer of revenge. **Nature Reviews Immunology**, v. 1, n. 3, p. 229-232, 2001.
- BELTRAMELLI, M. **Cervejas, brejas e birras: um guia completo para desmistificar a bebida mais popular do mundo**. 1 ed. São Paulo: Leya, 2012. p. 320.
- BJCP. Beer Judge Certification Program. **Estilos de cerveja: Catharina Sour**. Website BJCP. 2021. Disponível em: <<https://dev.bjcp.org/beer-styles/x4-catharina-sour/>>. Acesso em 10 de Jan. 2023.
- BONIFÁCIO, K. F. **Produção de cerveja artesanal com polpa de sapoti (*Manilkara Sapota L.*)**. 2018. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Farmacêuticas) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2018.
- BORGES, L. L. et al. Optimization of the spray-drying process for developing jabuticaba waste powder employing response surface methodology. **Journal of Food Process Engineering**, v. 40, n. 1, p. e12276, 2017.
- BOSTWICK, W. **The Brewer's tale: A history of the world according to beer**. New York: WW Norton & Company, v. 2, 2014. p. 304.
- BRASIL. **Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994**. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, autoriza a criação da Comissão Intersetorial de Bebidas e dá outras providências. Diário Oficial, Presidência da República, Brasília, DF, 1994.
- BRASIL. **Portaria nº 76 de 27 de novembro de 1986**. Ministério da Agricultura. Diário Oficial, Brasília, Seção I, p.18152-18173. dez. 1986.

- BRIGGS, D. et al. **Brewing Science and Practice**. 1 ed. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 881.
- BROWNE, J. Packaging of beer. In: BAMFORTH, C. W. **Brewing: New technologies**. Cambridge: Woodhead, 2006. cap. 14. p. 293-307.
- CABRAS, I.; HIGGINS, D. M. Beer, brewing, and business history. **Business History**, v. 58, n. 5, p. 609-624, 2016.
- CAMPOLA, A. C. **Fotos Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*)**. Fruto. 2023. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Jabuticaba#/media/File:Jabuticaba_fruto.jpg>. Acesso em 10 de Fev. 2023.
- CARDOSO, M. P. S. et al. Desenvolvimento de duas formulações base de cerveja estilo sour empregando kefir e kombucha na fermentação. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 5616-5628, 2021.
- COSTA, G. E. A.; QUEIROZ-MONICI, K. S.; REIS, S. M. P. M.; OLIVEIRA, A. C. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chick pea and lentil legumes. **Food Chemistry**, v.94, p.327-330, 2006.
- COSTA, F. S. O. Estilo Brasileiro Catharina Sour. **Revista da Cerveja**. 38 ed., Edicase Negócios Editoriais Ltda, 2020.
- COUTINHO, C.A.T. et al. **História da cerveja no Brasil**. Portal São Francisco, 2011. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/historia-geral/historia-da-cerveja-no-brasil>>. Acesso em 12 de Jan. 2023.
- D'AVILA, R. F.; LUVIELMO, M. M.; MENDONÇA, C. R.; JANTZEN, M. M. Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 2, p. 60-68, 2012.
- DA SILVA, V. D. M. et al. Desenvolvimento de cerveja estilo Catharina Sour de frutas vermelhas utilizando *Lactobacillus plantarum*. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e59111932009-e59111932009, 2022.
- DE MORI, C.; MINELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Documento online, n. 139, Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.htm>. Acesso em 16 de Jan. 2023.
- DEPOSITS. **Fotos de leveduras de cerveja**. Deposits Photos, 2023. Disponível em: <<https://br.depositphotos.com/stock-photos/levedura-cerveja.html>>. Acesso em 14 de Fev. 2023.
- DRAGONE, G.; SILVA, T. A. O.; SILVA, J. B. A. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. 2ed. São Paulo: Blucher, 2016. cap. 3. p. 51-84.
- EMBRAPA. **Embrapa e Fundação ABC realizam parceria na pesquisa para avaliar a cevada na alimentação animal**. Gessulli Agribusiness, out. 2019. Disponível em: <<https://www.suinoindustrail.com.br/imprensa/embrapa-e-fundacao-abc-realizam->

parceria-na-pesquisa-para-avaliar-a-cevada-na/20191030-152409-o784>. Acesso em 18 de Jan. 2023.

EMBRAPA. **Embrapa testa bioinsumo para aumentar produção de lúpulo no Brasil.** Portal Marcos Santos, fev. 2023. Disponível em: <<https://www.portalmarcosantos.com.br/2023/02/14/embrapa-testa-bioinsumo-para-aumentar-producao-de-lupulo-no-brasil/>>. Acesso em 14 de Fev. 2023.

FARINI, B. W.; BORGES, J. V. JANDB–Desenvolvimento de uma “Cerveja” de Malte de Arroz. **Revista da Graduação**, v. 9, n. 2, 2016.

FERREIRA, A. S. BENKA, C.L. **Produção de cerveja artesanal a partir de malte germinado pelo método convencional e tempo reduzido de germinação.** 2014. 42p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2014.

FERNANDES, L. L. Alimento funcional: propriedades da jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*). **Revista FAROL**, v. 6, n. 6, p. 49-60, 2018.

FREIRE, B. R. et al. Caracterização físico-química de cervejas artesanais de atemoia (*Annona cherimoia* Mill. *Annona squamosa* L) e de sapoti (*Manilkara sapota* L.). **Agrarian**, v. 13, n. 48, p. 280-287, 2020.

GASIŃSKI, Al. et al. Volatile compounds content, physicochemical parameters, and antioxidant activity of beers with addition of mango fruit (*Mangifera Indica*). **Molecules**, v. 25, n. 13, p. 3033, 2020.

GASPAROTTO, D. **A parte indigesta da produção, distribuição e comercialização de cervejas artesanais no Brasil.** Jus Brasil, 2015. Disponível em: <<https://dgasparottojr.jusbrasil.com.br/artigos/198774038/a-parte-indigesta-da-producao-distribuicao-e-comercializacao-de-cervejas-artesanais-no-brasil>>. Acesso em 16 de Jan. 2023.

GEITNER, L. Reinheitsgebot: Political and Economic Context. **Pub and Ale, Forthcoming**, 2011.

GIORGI, V. V. “Cultos em cerveja”: discursos sobre a cerveja artesanal no Brasil. **Sociedade e Cultura**, v. 18, n. 1, p. 101-111, 2015.

GUIMARÃES, B.P. **Influências do uso de flocos de milho e arroz como adjuntos no processo cervejeiro.** 2017. 66p. Monografia (Graduação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

HORST, G.B.; SALLES, L.B. **Avaliação da eficiência da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (W-34/70) reaproveitada na produção de cerveja.** 2015. 30p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2015.

HUGHES, G. **Cerveja feita em casa: tudo sobre os ingredientes, os equipamentos e as técnicas para produzir a bebida em vários estilos.** 1 ed., v.1, São Paulo: Publifolha, 2014.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, 2008.

IMAZUMI, V. M. **Cerveja com jaboticaba: caracterização físico-química, energética e sensorial**. 2019. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, UNESP, Botucatu, SP, 2019.

IPIRANGA, A. C. S.; SOUZA, P. G.; FONSECA JÚNIOR, E. Q. Produção de cerveja artesanal estilo Fruit Wheat Beer adicionada com cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e pitaia-rosa (*Hylocereus costaricensis*). **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 3, p. 16-22, 2022.

KUNZE, W. L. La cerveza terminada. In: KUNZE, W. **Tecnología para cerveceros y malteros**. Cap.7, p.826-885, Berlin: VLB Berlin, 2006.

LEGRAS, J. L. et al. Bread, beer and wine: *Saccharomyces cerevisiae* diversity reflects human history. **Molecular ecology**, v. 16, n. 10, p. 2091-2102, 2007.

LIMA, A. J. B. et al. Anthocyanins, pigment stability and antioxidant activity in jaboticaba [*Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 877-887, 2011.

LIMA, B et al. Caracterização físico-química de cerveja Summer Ale adicionada de polpa de pitanga (*Eugenia uniflora*). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 25337-25343, 2021.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da Cerveja 2021**. Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Vegetal, Coordenação-Geral de Vinhos e Bebidas.1 ed., Brasília: MAPA/SDA, 2022.

MEIRELES, M. et al. The impact of chronic blackberry intake on the neuroinflammatory status of rats fed a standard or high-fat diet. **The Journal of nutrition al biochemistry**, v. 26, n. 11, p. 1166-1173, 2015.

MELLO, L. S. S.; SIQUEIRA, V. L. **Estudo de cervejas ácidas**. 2017. 53 f. Projeto Final (Graduação em Engenharia Química e de Petróleo) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2017.

MELZ, M. **Número de cervejarias artesanais no Brasil já cresceu 23% em 2018**.Abracerva, Notícias, out. 2018. Disponível em: <<https://abracerva.com.br/2018/10/04/numero-de-cervejarias-artesanais-no-brasil-ja-cresceu-23-em-2018/>>. Acesso em 14 de Jan. 2023.

MESSERSCHMIDT, P.H.Z. **Sistematização de conhecimentos para o projeto de fermentadores de cerveja**. 2015.78p. Monografia (Graduação) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MIZRAHI, M. M. **Mapeamento das tendências na produção de cerveja artesanal brasileira**. 2020. 97 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

NELSON, M. **The barbarian's beverage: a history of beer in ancient Europe**. 1 ed. Routledge, 2008. p. 224.

NUNES, J. S. et al. Obtenção e caracterização físico-química de polpa de jabuticaba, *Myrciaria Cauliflora* Berg, congelada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 33, 2014.

OLIVEIRA, M. **Cerveja brilhante**. Pesquisa FAPESP. v.204, p. 50-55, 2013.

OLIVER, G. (ed.). **The Oxford Companion to Beer**. Oxford: Oxford University Press, 2012.

PALMER, J.J. **How to brew: everything you need to know to brew beer right the first time**. 3ed. Boulder: Brewers Publications, 2006. p. 330.

PARKES, S. Carbonation. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 221.

PAYÁ, A. L. et al. Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de aveia (*Avena sativa*). **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v.4, p.52-66, 2019.

PHILLISKIRK, G. Fermentation. In: OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 342-347.

PIMENTA, L. B. et al. A história e o processo da produção da cerveja: uma revisão. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 3, p. 26715, 2020.

PINTO, L.I.F.; ZAMBELLI, R.A.; SANTOS JÚNIOR, E.C.; PONTES, D.F. Desenvolvimento de cerveja artesanal com acerola (*Malpighiae marginata* DC) e abacaxi (*Ananascomosus L. Merrill*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, p.67-71, 2015.

POELMANS, E. et al. A brief economic history of beer. **The economics of beer**, v. 1, p. 26, 2011.

RINALDI, B. J. D. **Incorporação de physalis (*physalis peruviana l.*) na produção de cerveja frutada**. 2021. 70 f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Pato Branco, 2021.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A Química da Cerveja. **Química Nova Escola**, v. 37, p. 98–105, 2015.

SAITO, T. **Efeito da adição de extrato de casca de jabuticaba nas características físico-químicas e sensoriais do queijo petitsuisse**. 2014.115 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, 2014.

SANTOS, S. P. **Os primórdios da cerveja no Brasil**. 2 ed. n. 54, Atelie Editorial, 2005. p. 56.

SANTOS, P. P. A. et al. Avaliação físico-química e sensorial de cerveja fruit beer ale produzida a partir de farinha de pão e Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora Berg*). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 121071-121085, 2021.

SEBRAE. **O lucrativo mercado da cerveja: saiba como empreender com sabor**. Empreendedorismo/Comércio. jun. 2022. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-lucrativo-mercado-da-cerveja-saiba-como-empreender-com-sabor,7c6f91f1766a1810VgnVCM100000d701210aRCRD>>. Acesso em 10 de Jan. 2023.

SILVA, M.I.; SILVA, G.R.; ALVES, J.E. A.; MARTINS, J.N. Caracterização físico-química da polpa de umbu in natura. In: Reunião regional da SBPC no cariri. **Território, biodiversidade, cultura, ciência e desenvolvimento: resumos**. Crato: SBPC, 2017.

SILVA, C. H. G. et al. Caracterização da cerveja Catharina Sour produzida com insumos catarinenses Characterization of Catharina Sour beer brewed with raw materials from Santa Catarina state. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 5, p. 38180-38198, 2022.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-149, jan. 1965.

STATISTA. **Beer – Worldwide**. Consumer Markets Insights, Alcoholic drinks, 2023. Disponível em: <<https://www.statista.com/outlook/cmo/alcoholic-drinks/beer/worldwide>>. Acesso em 11 de Jan. 2023.

STRONG, G. **Beer judge certification program 2021 style guidelines**. BJCP, 2021. Disponível em: <<https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/>>. Acesso em 11 de Jan. 2023.

SWINNEN, J. F. M. (ed.) **The economics of beer**. USA: Oxford University Press, 2011. p. 400.

STEWART, G. G. Maturation. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 580-581.

TING, P.L.; RYDER, D.S. The bitter, twisted truth of the hop: 50 years of hop chemistry. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v.75, p.161-180, 2017.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. **Microbiologia**. 10ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

TOSS, D.; CRISTOFOLI, A. A. Avaliação da relação da temperatura de mosturação na formação de diferentes tipos de açúcares no mosto cervejeiro. In: **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 20., 2014, Florianópolis. Anais... Florianópolis: COBEQ, 2014. p. 1 - 7.

TRENTIN, L. S. et al. Produção de maltes especiais de trigo em escala piloto, produção e caracterização de cerveja. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e3110312879-e3110312879, 2021.

TRINDADE, S. C. **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

UNGER, R. W. **Beer in the Middle Ages and the Renaissance**. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2004.

VENTURINI FILHO, W.G. (coord.). **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. 2ed., v. 1, São Paulo: Blucher, 2016. p. 576.

WANNENMACHER, J.; GASTL, M.; BECKER, T. Phenolic substances in beer: structural diversity, reactive potential and relevance for brewing process and beer quality. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.17, p.953-988, 2018.