

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA

CURSO DE BIOTECNOLOGIA

BRUNA GISELLE DE SOUZA ASSIS

**IMPACTO DA CONCENTRAÇÃO E SELEÇÃO DA POLPA DE FRUTA NOS
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CERVEJAS DO ESTILO CATHARINA
SOUR**

UBERLÂNDIA-MG

SETEMBRO 2025

BRUNA GISELLE DE SOUZA ASSIS

**IMPACTO DA CONCENTRAÇÃO E SELEÇÃO DA POLPA DE FRUTA NOS
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CERVEJAS DO ESTILO CATHARINA
SOUR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biotecnologia da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito para a
obtenção do Título de Bacharel em
Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Edgar Silveira Campos

UBERLÂNDIA-MG
SETEMBRO 2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela oportunidade de chegar até aqui, pela força nos momentos de dificuldade e pela serenidade para seguir firme em minha caminhada.

Agradeço, com todo meu coração, aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio incondicional em todas as etapas dessa jornada — seja emocional, financeiro ou simplesmente pelo amor e incentivo constantes. Sem vocês, nada disso seria possível.

Aos amigos que a Universidade Federal de Uberlândia me presenteou, registro minha gratidão. Levarei sempre comigo cada momento compartilhado, cada risada, cada conversa e cada aprendizado vivido ao lado de vocês.

À Universidade Federal de Uberlândia, que me proporcionou a base do conhecimento necessário, e a todos os mestres que, com dedicação e paciência, transmitiram muito mais do que conteúdo: transmitiram inspiração.

Ao meu orientador, agradeço imensamente por aceitar o desafio de caminhar comigo neste projeto, pela orientação cuidadosa, pelas contribuições valiosas e pela confiança depositada em meu trabalho. Sua orientação foi essencial para que este percurso se tornasse menos árduo e mais enriquecedor.

Um agradecimento especial ao Flávio, à Cervejaria Captain Brew e a toda a equipe da fábrica e do TAP, que me acolheram com tanto carinho durante o estágio obrigatório e que vêm me abrindo portas para o crescimento profissional nesse ramo que tanto me encanta.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para a minha formação pessoal e acadêmica. Cada gesto de apoio, por menor que parecesse, fez grande diferença ao longo desta trajetória.

RESUMO

Com base na extensa história e desenvolvimento da cerveja no Brasil e no mundo, podemos observar como esse produto transcendeu seu papel de mera bebida para se tornar uma parte vital da cultura e economia de um país. No Brasil, em particular, a evolução da indústria cervejeira reflete mudanças tecnológicas, culturais e econômicas significativas ao longo do tempo. A análise da evolução das cervejas artesanais e a inclusão de estilos únicos destacam o desejo contínuo por inovação e adaptação. A expansão deste segmento reflete uma tendência global que valoriza produtos autênticos e de qualidade superior, mostrando que o mercado brasileiro está alinhado com tendências internacionais de consumo. A rica variedade de frutas disponíveis no Brasil, como maracujá e manga, e a experimentação com esses ingredientes em cervejas do tipo “fruit beer” ressaltam a capacidade do Brasil de integrar recursos naturais em produtos de nicho, que podem se destacar tanto no mercado local quanto internacional.

Mesmo com o notório protagonismo do Brasil no cenário mundial de produção de cerveja, ocupando a terceira posição do ranking, ele ainda não atingiu todo seu potencial de produção e consumo de cervejas artesanais e industriais, o que nos leva a buscar ideias inovadoras na tentativa de atender à crescente demanda. Sabe-se que diversos estilos de cerveja podem ser obtidos ao se variar ingredientes, tipo de fermentação e etapas de processamento, bem como o destaque do estilo brasileiro Catharina Sour (cerveja ácida com adição de frutas).

Levando em conta esses fatores, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar, de forma sistemática, o impacto da seleção da fruta e a concentração da polpa sobre parâmetros físico-químicos como pH, densidade final (FG), teor alcoólico por volume (ABV) e acidez titulável (TA) em cervejas do estilo Catharina Sour. Buscar entender essas alterações é fundamental, uma vez que elas influenciam diretamente o perfil sensorial, a composição química e a padronização do produto (essencial para replicabilidade industrial). Em suma, esse estudo buscou responder como diferentes concentrações de polpa impactam o perfil sensorial e químico de uma Catharina Sour, e se esses impactos ainda assim permitem uma produção consistente, equilibrada e tecnicamente viável.

Palavras-chave: Catharina Sour, acidez, manga, maracujá, cerveja artesanal

ABSTRACT

Based on the extensive history and development of beer in Brazil and worldwide, we can observe how this product has transcended its role as a mere beverage to become a vital part of a country's culture and economy. In Brazil, in particular, the evolution of the brewing industry reflects significant technological, cultural, and economic changes over time. The analysis of the growth of craft beers and the inclusion of unique styles highlight the ongoing pursuit of innovation and adaptation. The expansion of this segment reflects a global trend that values authentic, high-quality products, showing that the Brazilian market is aligned with international consumption trends. The rich variety of fruits available in Brazil, such as passion fruit and mango, and the experimentation with these ingredients in fruit beers emphasize Brazil's ability to integrate natural resources into niche products that can stand out both locally and internationally.

Even with Brazil's notable prominence in the global brewing scene, ranking as the third-largest producer, the country has yet to fully reach its potential in the production and consumption of both craft and industrial beers, which drives the search for innovative ideas to meet growing demand. It is well known that several beer styles can be obtained by varying ingredients, fermentation types, and processing stages, as well as through the development of the Brazilian style Catharina Sour (a sour beer with fruit additions).

Considering these factors, the main objective of this study was to systematically evaluate the impact of fruit selection and pulp concentration on physicochemical parameters such as pH, final gravity (FG), alcohol by volume (ABV), and titratable acidity (TA) in Catharina Sour beers. Understanding these changes is crucial, as they directly influence the sensory profile, chemical composition, and standardization of the product (essential for industrial replicability). In summary, this study sought to answer how different pulp concentrations affect the sensory and chemical profile of a Catharina Sour, and whether these impacts still allow for consistent, balanced, and technically viable production.

Keywords: Catharina Sour, sour beer, fruit beer, mango, passion fruit, craft brewing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Fluxograma dos Métodos de acidificação do mosto em Catharina Sour	12
Figura 2 -	Atividade de <i>Lactobacillus paracasei</i> Shirota na acidificação do mosto	12
Figura 3 -	Growlers sanitizados prontos para envase	17
Figura 4 -	Polpas de Manga (a) e Maracujá (b) porcionadas	18
Figura 5 -	Cerveja envasada com incorporação de 3 concentrações distintas para cada polpa	19
Figura 6 -	Aferição de pH (a) e titulação da amostra controle (b)	21
Figura 7 -	Análise de densidade e ABV amostra controle	22
Figura 8 -	Resultados da Análise da amostra controle na interface do Brew Meister	23
Figura 9 -	Representação gráfica da variação dos parâmetros FG, ABV e Acidez Titulável para as amostras de cerveja com polpa de manga e maracujá	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Concentração ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) de polpa de maracujá e manga em 500ml de cerveja	18
Tabela 2 -	Análises físico-químicas nas amostras de cerveja com adição de polpa de manga	23
Tabela 3 -	Análises físico-químicas nas amostras de cerveja com adição de polpa de maracujá	24

SUMÁRIO

1	Introdução	9
2	Justificativa	14
3.	Objetivos	15
3.1	Objetivo Geral	15
3.2.	Objetivos Específicos	15
4.	Materiais e métodos	16
4.1	Envase de growlers	16
4.2	Separação e pesagem das polpas	17
4.3	Análises Físico-Químicas	19
4.3.1	Acidez Titulavel e pH	19
4.3.2	Análise de Densidade e Volume de álcool	21
5.	Resultados e discussão	23
5.1	Análises físico-químicas das amostras	23
5.2	Análise de regressão linear dos parâmetros	26
6.	Conclusão	28
7.	Referências	29

1. INTRODUÇÃO COM REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Histórico da Cerveja: da antiguidade à idade contemporânea

A cerveja é uma bebida apreciada globalmente, com uma base de fãs leais e consumidores em todos os cantos do mundo. De acordo com a legislação (BRASIL, 2009) define-se cerveja como uma bebida resultante da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, que é preparado a partir de malte de cevada e água potável, através da ação de leveduras, e com a adição de lúpulo. É permitido substituir parte do malte de cevada por adjuntos cervejeiros, mas o uso desses adjuntos não pode exceder 45% do extrato original. Os adjuntos cervejeiros incluem cevada cervejeira, outros cereais que sejam adequados para consumo humano, maltados ou não, assim como amidos e açúcares vegetais.

De acordo com Morado (2017), existe um consenso entre historiadores de que a transição da humanidade pré-histórica do nomadismo para um estilo de vida sedentário ocorreu quando se desenvolveram as técnicas agrícolas e de armazenamento de grãos. Essas técnicas permitiram que as pessoas se estabelecessem em um único lugar, eliminando a necessidade de constantemente migrar em busca de comida. Os grãos, armazenados em recipientes cerâmicos, eram consumidos tanto na forma natural quanto processados em farinha e pão.

Dentro deste quadro de evolução, a invenção da cerveja parece ter sido um acidente feliz. Aconteceu quando grãos como cevada, trigo e centeio, esquecidos ao ar livre em vasos cerâmicos, absorveram umidade da chuva. Este processo ativou enzimas nos grãos, transformando-os em malte. Este seria um passo inicial crucial na fabricação da cerveja.

É essencial reconhecer que a cerveja era considerada não apenas uma bebida, mas também uma forma nutritiva de alimento, comparável ao pão, por ser composta de cereais, água e fermento. Oliver (2012) destaca que a cerveja era percebida como "um alimento maravilhoso, capaz de manter a população feliz e saudável". Morado (2017) enfatiza que a cerveja desempenhou um papel crucial na estruturação das sociedades antigas, atuando até mesmo como uma forma de mercadoria e meio de troca.

A introdução da cerveja no Brasil ocorreu com a chegada das colônias europeias, quando diversos comerciantes se estabeleceram no país e iniciaram a comercialização dessa bebida até então inédita, alterando os hábitos locais. De acordo com Santos (2003), a primeira

cervejaria a operar em escala industrial surgiu entre os anos de 1870 e 1880, na cidade de Porto Alegre. Com o desenvolvimento das primeiras máquinas compressoras de refrigeração no Rio de Janeiro e São Paulo, tornou-se viável a produção de gelo, o que possibilitou um controle mais eficiente da temperatura durante o processo de fermentação. Esse avanço tecnológico resultou na migração das fábricas para essas regiões. Foi nesse contexto que surgiram duas empresas proeminentes: a Companhia Cervejaria Brahma e a Antartica Paulista. Posteriormente, essas duas empresas se fundiram para formar uma única entidade, dominando o mercado cervejeiro até os dias atuais. Paralelamente, um grupo de cervejeiros caseiros, buscando se organizar, estabeleceu a ACervA Brasil - Associação dos Cervejeiros Caseiros Artesanais do Brasil - com o intuito de compartilhar técnicas, trocar experiências, promover a cultura cervejeira e realizar eventos relacionados à bebida. O que distingue a cerveja artesanal da industrial, além da escala de produção, é a utilização de matéria-prima de melhor qualidade e a incorporação de ingredientes regionais, resultando em sabores mais complexos e exclusivos (FERREIRA et al., 2011).

Embora o Brasil ocupe a terceira posição no ranking mundial de produção de cerveja, o país ainda apresenta potencial de expansão, especialmente no segmento artesanal, cuja demanda vem crescendo de forma expressiva nos últimos anos.

Segundo dados de Antunes (2015), o aumento no consumo de cerveja artesanal resultou em vendas superiores a US\$700 milhões em 2014, com uma expansão média anual de 36% entre 2011 e 2014. Em 2015, as cervejas artesanais já representavam 1% das vendas totais de cerveja no Brasil, e esperava-se que essa fatia pudesse dobrar até 2020, conforme previsto por Malta & Bouças (2015). Este crescimento evidencia o interesse crescente dos consumidores por variedades de cerveja mais distintas e saborosas.

1.2 O estilo Catharina Sour

Diversos estilos de cerveja podem ser obtidos ao se variar ingredientes, tipo de fermentação e etapas de processamento. No Brasil, existem mais de 7 mil variedades de cervejas registradas (MARCUSO; MÜLLER, 2017), dentre elas, encontram-se as *sour beers* (cervejas ácidas), sendo descritas como cervejas de sabor azedo e diferente das demais que possuem um pH neutro, uma vez que estas possuem pH mais baixo (TONSMEIRE, 2014).

Com o intuito de trazer inovação ao mercado cervejeiro, cervejeiros caseiros de Santa Catarina desenvolveram, em 2016, um novo estilo de cerveja utilizando ingredientes regionais e adaptados ao clima quente do estado. Esse estilo, denominado Catharina Sour (CS), rapidamente se difundiu para outras regiões do Brasil, consolidando-se como uma opção popular tanto no comércio quanto em competições de cerveja artesanal (BJCP, 2021). Destaca-se, ainda, por ser o primeiro estilo brasileiro a integrar o guia de estilos do Beer Judge Certification Program (BJCP) (Gazeta do Povo, 2018).

A Catharina Sour tem como base o tradicional estilo alemão Berliner Weisse, mas se diferencia pela utilização de bactérias ácido-láticas e pela adição de frutas frescas durante a produção (Revista da Cerveja, 2018). Suas principais características sensoriais são a leveza e uma acidez moderada, porém marcante e equilibrada. A fruta utilizada deve conferir aromas e frescor evidentes, podendo transmitir leve sensação de doçura, embora a cerveja se mantenha bem atenuada (Brew Your Own, 2017). Durante a produção de cervejas frutadas, o momento de adição da polpa influencia diretamente o perfil sensorial do produto. Quando a fruta é adicionada em etapas quentes, como na fervura, ocorre maior extração de compostos fenólicos e flavonoides, o que contribui para a estabilidade antioxidante, mas também pode resultar na perda de compostos voláteis sensoriais devido ao calor (DENG et al., 2023). A adição durante a fermentação tende a preservar melhor o caráter frutado, além de favorecer o desenvolvimento de aromas frescos, acidez e maior complexidade sensorial, como observado em estudo com polpa de graviola, que apresentou boa aceitação sensorial quando inserida nesta etapa (BASKARAN et al., 2021). Já a inserção da polpa na maturação intensifica a percepção de aromas e sabores da fruta, uma vez que há menor interferência do metabolismo das leveduras; contudo, essa prática requer maior cuidado com a sanitização, devido ao risco de contaminações microbiológicas (GOIANA et al., 2016).

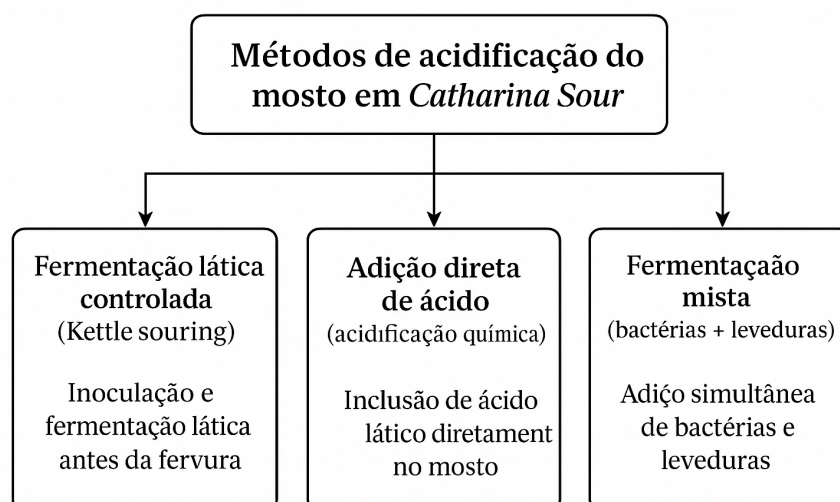
A acidez típica do estilo é alcançada pela ação de bactérias ácido-láticas durante o processo de produção. Associada ao baixo teor alcoólico e ao amargor reduzido, essa característica favorece a percepção dos aromas e sabores provenientes das frutas adicionadas. Entre as bactérias mais utilizadas estão as do gênero *Lactobacillus*, cultivadas em condições específicas de temperatura, pH e disponibilidade de nutrientes e vitaminas (BJCP, 2021). A correta utilização desses microrganismos garante uma acidez láctica agradável, que deve se harmonizar com as notas de malte, resultando em um perfil de sabor equilibrado e de alta facilidade de consumo (Sour Beer Blog, 2014).

1.3 Acidificação do Mosto

A acidificação do mosto é uma etapa essencial na produção de cervejas do estilo Catharina Sour, pois é responsável por conferir à bebida sua característica acidez láctica e seu perfil sensorial refrescante. Esse processo pode ser conduzido por diferentes métodos, que variam quanto ao momento e à forma de atuação das bactérias ácido-lácticas sobre o mosto. A escolha do método de acidificação influencia diretamente parâmetros como pH, acidez titulável e estabilidade microbiológica, determinando o equilíbrio entre acidez, corpo e aromas frutados. Assim, compreender esses mecanismos é fundamental para garantir a padronização e a qualidade da cerveja, além de permitir a reprodução controlada do estilo em escala industrial.

A figura 1 a seguir, representa em fluxograma 3 diferentes métodos de acidificação do mosto utilizados na produção de cervejas do estilo Catharina Sour. Posteriormente, a Figura 2 ilustra a atividade bacteriana (bactérias ácido-lácticas liberando CO₂) na acidificação do mosto utilizado nesse experimento.

Figura 1 - Fluxograma dos Métodos de acidificação do mosto em Catharina Sour



Fonte: LOUREDO, 2023; SOUR BEER BLOG, 2014.

Figura 2 – Atividade de *Lacticaseibacillus paracasei* Shirota na acidificação do mosto utilizado neste experimento



Fonte: Imagem do autor (2025).

A atividade de *Lacticaseibacillus paracasei* Shirota representada na Figura 2 foi determinante para os resultados observados nas análises físico-químicas. A ação dessa bactéria reduziu significativamente o pH do mosto, estabelecendo o ambiente ácido necessário para a fermentação subsequente com leveduras do gênero *Saccharomyces*. Essa acidificação inicial contribuiu para a formação de uma acidez láctica limpa e estável, refletida nos valores de acidez titulável (TA) e no perfil sensorial equilibrado obtido nas amostras.

Além disso, o controle adequado dessa etapa garantiu a padronização entre os lotes e evitou o desenvolvimento de sabores indesejáveis ou contaminações microbiológicas. Observou-se que, mesmo após a adição das polpas de fruta, as variações de pH e TA mantiveram-se dentro da faixa esperada para o estilo Catharina Sour, evidenciando a eficiência da bactéria na acidificação do mosto e sua influência direta sobre o equilíbrio químico e sensorial das amostras analisadas.

1.4 Parâmetros Físico-Químicos

O controle dos parâmetros físico-químicos em cervejas do estilo *Catharina Sour* é essencial para garantir tanto a padronização do produto quanto o perfil sensorial característico, uma vez que cada parâmetro influencia de forma direta a percepção da bebida. O pH mede a concentração de íons hidrogênio livres e indica a acidez ativa; valores entre 3,0 e 3,5 conferem uma acidez láctica equilibrada, contribuindo para a estabilidade microbiológica e a percepção sensorial da bebida” (SANTOS; SILVA, 2020, p. 112).

Já a densidade final (FG), obtida pela relação entre a massa do mosto fermentado e a da água, reflete o teor de açúcares residuais e situa-se normalmente entre 1,004 e 1,012 nesse estilo, proporcionando corpo leve e permitindo que os sabores da fruta e a acidez se destaquem (BJCP, 2021). Ademais, o teor alcoólico por volume (ABV), que representa a proporção de etanol gerada a partir da fermentação, geralmente varia entre 4,0% e 5,5%, equilibrando a intensidade alcoólica com a acidez e o caráter frutado da cerveja (BJCP, 2021). Por fim, a acidez titulável (TA), que quantifica a totalidade de ácidos orgânicos presentes, está relacionada à intensidade da acidez percebida sensorialmente, apresentando valores médios entre 4,4 e 5,8 g/L em *Catharina Sour* com frutas tropicais, o que contribui para a leveza e o frescor característicos do estilo (DISSERTAÇÃO UFSC, 2024). Para garantir esses resultados, cada parâmetro pode ser monitorado com métodos laboratoriais: o pH com medidor digital calibrado, a FG com densímetro ou refratômetro, o ABV calculado a partir das densidades inicial e final ou por destilação, e a TA determinada por titulação ácido-base com NaOH padrão e indicador de fenolftaleína, permitindo ajustes durante a fermentação e maturação e assegurando a consistência sensorial da cerveja.

1.5 Manga e Maracujá como adjuntos cervejeiros

No Brasil, a manga e o maracujá têm forte presença econômica e cultural, com concentração produtiva no Nordeste: em 2023, a região respondeu por cerca de 81% da manga nacional, num total próximo de 1,76 milhão de toneladas, enquanto o maracujá também tem sua maior parcela colhida no Nordeste (cerca de 71% em 2023) (VIDAL, 2024; EMBRAPA, 2024; EMBRAPA, 2023; IBGE, 2023). Essa geografia ajuda a explicar por que ambas as frutas abastecem tanto o mercado in natura quanto a indústria, mas com destinos diferentes: a manga, com ampla base exportadora e forte processamento, e o maracujá, tradicionalmente voltado a sucos e derivados pela acidez marcante.

Sensorialmente e do ponto de vista físico-químico, o maracujá-azedo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) costuma apresentar sólidos solúveis em torno de 13–16 °Brix, alta acidez titulável (na ordem de 2,8–3,7% em ácido cítrico) e pH baixo (~2,7–3,3), o que se traduz em frescor ácido intenso e aroma tropical vívido — atributos valiosos para balancear doçura em bebidas e fermentados (BATISTA et al., 2005). Já a manga (*Mangifera indica* L.) exhibe, conforme a variedade e o manejo, teores mais elevados de sólidos solúveis (com frequência >13 °Brix), acidez relativamente menor e pH mais alto (variando entre 3,0 e 5,2), além de carotenoides e vitamina C que contribuem para a cor e a percepção de doçura e “corpo” no paladar. Estudos com variedades cultivadas na Chapada Diamantina mostram diferenças sensoriais claras entre cultivares e boa aceitação do público (REIS et al., 2019; GUEDES et al., 2021).

Em comparação direta, portanto, o maracujá entrega acidez estruturante e aroma penetrante, enquanto a manga aporta doçura, textura mais macia e cor vibrante — escolhas que podem ser combinadas ou contrapostas conforme o objetivo do produto.

A definição da concentração de polpa de fruta em uma cerveja do estilo *Catharina Sour* deve considerar não apenas a intensidade aromática desejada, mas também as características intrínsecas da fruta utilizada, como acidez natural, quantidade de açúcares fermentescíveis e potencial de impacto sensorial. Estudos recentes indicam que a adição de aproximadamente 100 g/L de polpa resulta em equilíbrio adequado entre acidez láctica e caráter frutado, proporcionando boa aceitação sensorial em frutas de intensidade média, como morango e amora (SILVA et al., 2022). Já para frutos naturalmente mais ácidos e aromáticos, como o araçá-boi, concentrações em torno de 10% do volume da cerveja mostraram-se suficientes para imprimir identidade sensorial marcante, sem comprometer a alta facilidade de consumo. (SALES; SOUZA, 2021). De modo geral, a faixa de 100 a 150 g/L de polpa ou aproximadamente 10% v/v de suco tem se mostrado satisfatória. O termo v/v indica “volume por volume”, ou seja, que 10 mL de suco são adicionados a cada 100 mL da solução final. Essa proporção deve ser ajustada conforme o dulçor, a acidez e a intensidade aromática da fruta escolhida, a fim de atender ao perfil sensorial esperado para o estilo, que requer caráter de fruta médio a alto, aliado a uma acidez limpa e refrescante (BJCP, 2021).

2. JUSTIFICATIVA

O presente estudo justificou-se pela necessidade de compreender a importância do controle rotineiro de parâmetros vitais que atestam a qualidade de uma cerveja, como por exemplo o pH, a densidade final (FG), o teor alcoólico por volume (ABV) e a acidez titulável (TA). Identificar e garantir a consistência desses padrões, bem como possíveis alterações desses parâmetros quando submetidos à presença de adjuntos como frutas aplicadas em diferentes concentrações, torna possível avaliar a viabilidade da escolha de produção, considerando aspectos sensoriais, econômicos e tecnológicos, garantindo que as formulações apresentassem equilíbrio entre acidez, corpo, intensidade frutada e a alta facilidade de consumo, ao mesmo tempo em que possibilitaram uma produção padronizada e replicável em escala experimental ou industrial.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivos principais avaliar, de forma sistemática, o impacto da seleção da fruta e da concentração de sua polpa sobre os parâmetros físico-químicos — como pH, densidade final (FG), teor alcoólico por volume (ABV) e acidez titulável (TA) — em cervejas do estilo Catharina Sour, investigando como essas variáveis influenciam o perfil sensorial, a composição química, a diluição e a padronização do produto.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar análises físico-químicas nas polpas de fruta escolhidas;
- Realizar análises físico-químicas nas amostras de cerveja com adição de fruta;
- Comparar o impacto gerado nos parâmetros físico-químicos pela concentração (g/ml) da fruta utilizada;
- Comparar o impacto gerado nos parâmetros físico-químicos pela seleção da fruta (alterações decorrentes da escolha da manga e do maracujá, sem levar em conta a concentração usada);

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização desse projeto, utilizou-se uma cerveja produzida na Cervejaria Captain Brew, na cidade de Uberlândia (MG). O processo de produção do mosto se deu em escala industrial, utilizando a cozinha Brassagem 250L ECO da Serra Inox. Essa receita foi uma cerveja do tipo All Grain, elaborada com base em uma American Amber Ale levemente ácida, fermentada com levedura inglesa e maturada em duas etapas. Os maltes utilizados foram: Viking Pilsner Malt e White Swaen Classic. A mostura foi conduzida a 67,8 °C por 60 minutos, seguida de mash-out à 77°C por 5 minutos. A fervura durou 60 minutos, com adições de lúpulo conforme o cronograma. Após o resfriamento, o mosto apresentou densidade original (OG) de 1,061, e, após a fermentação, densidade final (FG) de 1,014, resultando em teor alcoólico de 6,8% ABV antes da adição das frutas. A fermentação ocorreu entre 18 e 22 °C por 10 dias, seguida por 7 dias de maturação a frio. Posteriormente, ele foi transferido para um fermentador cônico de aço inox com capacidade equivalente a 350L. O volume de mosto pós fervura foi de 310L (volume que entrou no fermentador), onde posteriormente adicionou-se 250g de uma cepa de *Saccharomyces cerevisiae* obtida comercialmente (American Ale Yeast A01 Angel®) para dar início ao processo de fermentação. Passados 15 dias, após o término da fermentação, 30L de cerveja foram envasados à uma pressão de envase equivalente a 2kgf/cm² para um barril inox com capacidade para 30L, devidamente sanitizado e pressurizado, ficando então armazenado na câmara fria a fim de manter as propriedades da bebida preservadas até o dia da realização do experimento.

Após 3 semanas, o barril inox foi purgado com o auxílio de uma extratora, a fim de retirar partículas de levedura que poderiam ter decantado no fundo.

Além do mosto cedido pela Cervejaria Captain Brew, a realização desse trabalho dependeu da utilização dos seguintes materiais:

- Growlers de plástico com tampa;
- Copos descartáveis;
- Beckers;
- Filtro V60;
- Agitador magnético;
- Solução de NaOH;
- pHmetro digital;

- Densímetro e refratômetro portáteis;
- Água destilada;
- Álcool 70%;
- Polpa de Fruta (manga e maracujá);
- Chopeira à gelo;
- CO₂;
- Sorbato de Potássio;
- Balança de precisão;

4.1 Envase dos Growlers

De início, 7 growlers novos (de plástico) foram devidamente higienizados com água e detergente incolor, enxaguados e sanitizados com álcool 70%. A seguir, a figura 3 representa os recipientes (growlers de plástico) bem como suas tampas (de molho no álcool 70%) já higienizados, utilizados para o envase da cerveja e adição das polpas de fruta.

Figura – 3 Growlers sanitizados prontos para envase



Fonte: Imagem do autor (2025).

Os growlers foram envasados por meio de uma chopeira resfriada à gelo. Inicialmente, purgou-se a maior parte do O₂ presente no interior deles por meio da inserção de CO₂ através

do gargalo. Depois, cada growler foi enchido e pesado, para que tivesse exatamente a mesma quantidade em cada um. O peso em todos eles correspondiam a aproximadamente 500g, o que equivale a aproximadamente 500ml.

4.2 Separação e pesagem das polpas de fruta

Para esse projeto, foram utilizados 400g de polpa de maracujá e 400g de polpa de manga, ambas da marca Brasfrut®. As polpas foram descongeladas em temperatura ambiente e, posteriormente transferidas para dois refratários para que pudessem ser homogeneizadas, e só então porcionadas de acordo com a quantidade de sólidos solúveis (principalmente açúcares) presentes em cada polpa em relação a concentrações previamente estabelecidas (5, 25 e 40%), respectivamente.

O grau Brix (°Bx) é uma unidade de medida que expressa a quantidade de sólidos solúveis presentes em uma solução aquosa (açúcares, sais, ácidos etc.). Para esse experimento, calculou-se o °Bx de ambas as polpas com o intuito de obter equivalência em doçura, uma vez que a polpa de manga continha mais açúcares solúveis do que a de maracujá. O valor do °Bx das polpas foi obtido através de um densímetro digital da marca Anton Paar, cujo qual apresentou seus resultados no aplicativo Brew Meister, conectado ao densímetro via Bluetooth. Os valores foram de 11,9°Bx para a polpa de maracujá, e 14,8°Bx para a polpa de manga. Partindo disso, a fórmula utilizada para obter essa equivalência foi: **Massa Manga = (Massa Maracujá * 11,9 °Bx) / 14,8 °Bx**. Dessa forma, o fator de conversão obtido foi: **Manga = Maracujá * 0,804**. A seguinte tabela descreve as concentrações base (maracujá), a quantidade de açúcares totais (g em 500ml), bem como a quantidade (g·mL⁻¹) de polpa a ser utilizada para cada uma das concentrações escolhidas, levando em conta o °Bx das polpas. A seguir, a Tabela 1 representa a concentração e a quantidade correspondente (g/ml) de polpa de maracujá e manga utilizadas em 500ml de cerveja, utilizando o fator de conversão para achar a quantidade ideal de polpa de manga.

Tabela 1 – Concentração (g·mL⁻¹) de polpa de maracujá e manga em 500ml de cerveja

Concentração Base	Açúcares Totais (g em 500ml)	Maracujá (g·mL ⁻¹) 11,9°Bx	Manga (g·mL ⁻¹) 14,8°Bx

5%	2,98 g	25 g·mL ⁻¹	20,1 g·mL ⁻¹
25%	14,88 g	125 g·mL ⁻¹	100,5 g·mL ⁻¹
40%	23,8 g	200 g·mL ⁻¹	161 g·mL ⁻¹

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Cada polpa foi pesada com o auxílio de uma balança de precisão, e posteriormente armazenou-se essas polpas em copos plásticos, como mostrados na Figura 4, para que pudessem ser incorporadas à cerveja que foi envasada nos growlers.

Figura 4 – Polpas de Manga (a) e Maracujá (b) porcionadas



(a)

(b)

Fonte: Imagem do autor (2025).

Após serem porcionadas, as polpas foram incorporadas manualmente (com o auxílio de um funil de vidro) aos respectivos growlers devidamente identificados com a concentração de polpa que estaria presente naquela amostra (Manga 5,25 e 40%) e (Maracujá 5,25 e 40%). Além das frutas, adicionou-se sorbato de potássio às amostras, para que não houvesse refermentação. A concentração usada foi de 1g/L. As amostras foram homogeneizadas também de forma manual, com movimentos circulares sutis. Feita a homogeneização, essas amostras foram vedadas com fita adesiva, colocadas em uma caixa ao abrigo da luz e armazenadas na câmara fria (1°C) por três dias (tempo que se dispunha para realização das etapas), para só então se dar o início das análises físico-químicas. A figura 5 a seguir, representa a cerveja já envasada com a adição das polpas de fruta, bem como o envase da amostra controle (amostra sem adição de nenhuma fruta, usada como base para entender as possíveis variações em decorrência da adição de polpa de fruta).

Figura 5 – Cerveja envasada com incorporação de 3 concentrações distintas para cada polpa



Fonte: Imagem do autor (2025).

4.3 Análises físico-químicas

4.3.1 Acidez Titulável e pH

A acidez é um dos parâmetros mais relevantes na caracterização físico-química e sensorial de bebidas fermentadas, especialmente aquelas de perfil ácido, como vinhos, kombucha e cervejas do tipo sour. No contexto cervejeiro, dois indicadores principais são empregados: o pH e a acidez titulável (AT).

O pH corresponde ao logaritmo negativo da atividade dos íons hidrogênio $[H^+]$ presentes em solução, expressando, portanto, a intensidade da acidez em determinado momento. Valores de pH mais baixos indicam maior concentração de íons livres, resultando em percepções gustativas mais ácidas e em maior influência sobre a estabilidade microbiológica e físico-química do produto (BAMFORTH, 2009; BRIGGS et al., 2004). A determinação do pH é realizada de forma potenciométrica, por meio de eletrodos seletivos de vidro acoplados a um pH-metro calibrado em soluções tampão de referência, geralmente a 20 °C (ASBC, 2019).

O método padrão para realizar titulação descrito pela *European Brewery Convention* (EBC) e pela *American Society of Brewing Chemists* (ASBC) consiste na titulação da amostra com solução de hidróxido de sódio (NaOH) de concentração conhecida até o ponto final de pH 8,20, utilizando eletrodo de pH ou, em algumas matrizes claras, indicadores visuais. O resultado é convencionalmente expresso em gramas de ácido láctico por litro de amostra,

ainda que outros ácidos também contribuam para a medida (EBC, 2010; ASBC, 2019; LALLEMAND, 2018). Assim, a utilização conjunta de pH e acidez titulável fornece uma visão mais completa da acidez: o pH revela o impacto imediato dos íons H^+ , enquanto a AT indica a quantidade total de ácidos presentes. Em outras palavras, o pH está mais relacionado à intensidade imediata da acidez percebida, ou seja, “quão azedo” o produto parece. Já a acidez titulável está associada à sensação prolongada da acidez, o que afeta o corpo e o equilíbrio geral da bebida, trazendo a sensação de uma cerveja mais “redonda”, sem necessariamente parecer mais ácida.

Para esse procedimento, os materiais e reagentes utilizados foram:

- Cerveja descarbonatada (ultrassom rápido);
- Solução de Hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N (padronizada);
- Bureta graduada (50ml);
- Erlenmyer de 250ml com agitador magnético;
- Agitador magnético;
- Eletrodo de pH calibrado (para detectar ponto final de pH 8,2);
- Água destilada;

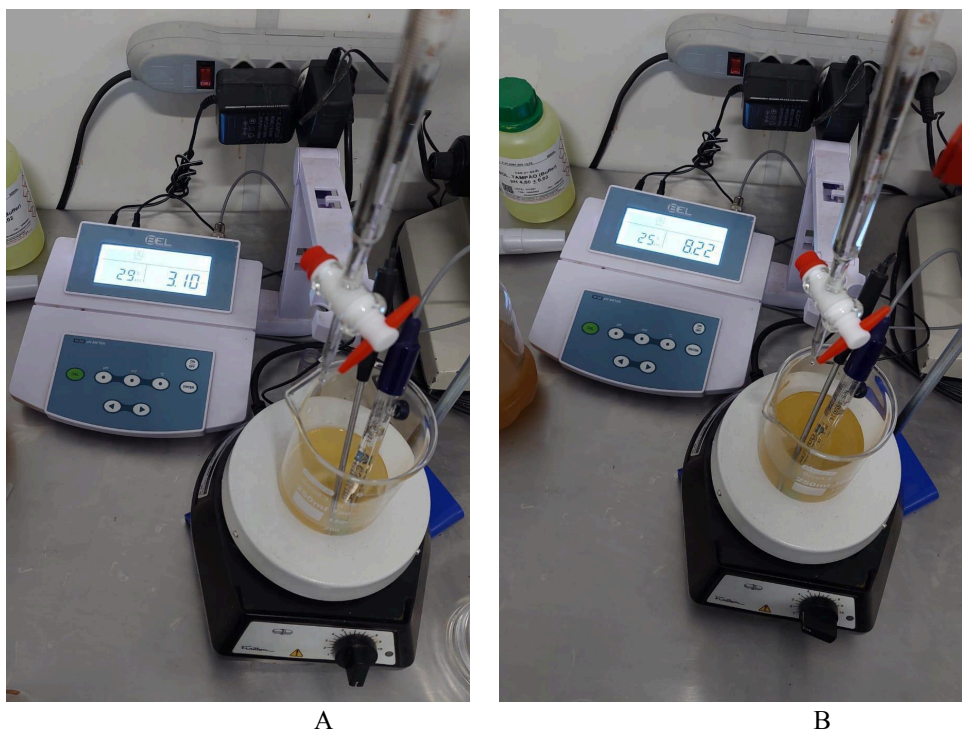
A fórmula utilizada para determinar a acidez como quantidade ($g \cdot mL^{-1}$) de ácido láctico foi: $g \cdot mL^{-1} \text{ác. láctico} = V \cdot N \cdot 90,08 / A \cdot 1000$, em que:

- V = volume de NaOH gasto
- N = normalidade (0,1)
- A = volume da amostra

Obs: O valor 90,08 corresponde à massa molar do ácido láctico (g/mol).

Antes da aferição do pH e da titulação, as amostras foram clarificadas por filtração utilizando um filtro de papel do tipo v60, um funil cônico que permite a remoção eficiente de partículas sólidas e resíduos de fruta, garantindo a homogeneidade da amostra e a precisão das análises subsequentes. A figura 6 a seguir, ilustra a aferição do pH da amostra controle via pHmetro digital (obteve pH igual a 3,1), e ao lado, a amostra titulada até o pH de 8,2.

Figura – 6 Aferição de pH (a) e titulação da amostra controle (b)



A

B

Fonte: Imagem do autor (2025).

4.3.2 Análise de Densidade e Volume de Álcool

As análises de densidade e volume de álcool (ABV) das amostras foram aferidas com o auxílio dos aparelhos EasyDens e SmartRef, ambos da marca Anton Paar. O EasyDens mede a densidade do líquido utilizando o princípio do tubo em U oscilante, que é a tecnologia padrão em densímetros digitais de laboratório.

Basicamente, quando você injeta a cerveja (ou outro líquido), o tubo se enche com a amostra. O aparelho faz esse tubo vibrar em uma frequência natural (semelhante a uma corda de violão), sendo que essa frequência depende da massa do tubo + massa do líquido dentro dele. Quanto maior a densidade do líquido, maior a massa no tubo e, consequentemente, menor a frequência de oscilação. Quanto menor a densidade, maior a frequência. Dessa forma, essa frequência é medida com precisão pelo aparelho, que a partir de uma calibração conhecida, converte em densidade. Posteriormente, com fórmulas adicionais, pode exibir diretamente resultados como extrato aparente (°Plato/Brix), ou álcool estimado, dependendo do uso.

Já o SmartRef é um refratômetro digital portátil, que mede o índice de refração do líquido. A luz é enviada através da amostra, tendo sua velocidade alterada dependendo da concentração de sólidos dissolvidos (açúcares, álcool etc.). No mosto, antes da fermentação, o índice de refração está relacionado ao extrato inicial (°Brix/Plato) e, depois da fermentação, como parte dos açúcares é convertida em etanol, o índice de refração é influenciado por dois fatores: açúcares residuais + álcool. Dessa forma, o aparelho mede o índice de refração da cerveja já fermentada, usando equações empíricas (derivadas de curvas de calibração desenvolvidas pela Anton Paar e literatura cervejeira) para converter esse valor em extrato aparente e álcool por volume (ABV). O cálculo é indireto, baseado em modelos matemáticos que correlacionam o índice de refração com densidade, açúcar residual e etanol. As figuras 7 e 8 a seguir, representam respectivamente: o processo de aferimento de densidade da amostra controle via densímetro e refratômetro portáteis, bem como a interface do aplicativo Brew Meister que nos oferece os dados via Bluetooth da conversão da leitura do líquido feita pelos aparelhos.

Figura – 7 Análise de densidade e ABV amostra controle



Fonte: Imagem do autor (2025).

Figura – 8 Resultados da Análise da amostra controle na interface do Brew Meister



Fonte: Imagem do autor (2025)

Desta forma, a análise de regressão linear reforçou a existência de padrões previsíveis em alguns parâmetros físico-químicos conforme a concentração de polpa aumentou. A densidade final (FG) apresentou forte linearidade tanto para a manga ($R^2 = 0,99$) quanto para o maracujá ($R^2 = 0,98$), confirmando que o incremento de sólidos não fermentáveis ocorre de forma proporcional à adição de polpa. De maneira semelhante, o teor alcoólico (ABV) também exibiu relação linear inversa com a concentração de polpa no caso da manga ($R^2 = 0,99$), indicando que o efeito de diluição e a presença de açúcares não fermentáveis reduzem o rendimento alcoólico de maneira previsível.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises físico-químicas das amostras de cerveja com diferentes concentrações de polpa de fruta

As tabelas 2 e 3 mostram os valores de pH, FG, ABV (%) e acidez titulável ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) referentes às amostras de cerveja com adição de manga e maracujá (respectivamente) obtidos em decorrência das análises físico-químicas.

Tabela – 2 Análises físico-químicas nas amostras de cerveja com adição de polpa de manga.

Amostras	pH	FG	ABV (%)	Acidez Titulável ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)
<i>Controle</i>	3.1	1.016	6.9	0,0105

<i>Manga (5%)</i>	3.2	1.017	6.8	0,0105
<i>Manga (25%)</i>	3.2	1.021	5.7	0,0095
<i>Manga (40%)</i>	3.1	1.025	5.1	0,0097

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela – 3 Análises físico-químicas nas amostras de cerveja com adição de polpa de maracujá.

Amostras	pH	FG	ABV (%)	Acidez Titulável (g·mL⁻¹)
<i>Controle</i>	3.1	1.016	6.9	0,0105
<i>Maracujá (5%)</i>	3.1	1.016	6.9	0,0117
<i>Maracujá (25%)</i>	3.0	1.021	5.3	0,0167
<i>Maracujá (40%)</i>	3.0	1.024	4.8	0,0199

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A adição de polpa de fruta às Catharina Sour avaliadas neste estudo promoveu alterações consistentes nos parâmetros físico-químicos mensurados (pH, densidade final — FG, teor alcoólico — ABV e acidez titulável — TA), e tais efeitos mostraram-se dependentes tanto da espécie frutífera quanto da concentração da polpa. Observou-se que a manga, mesmo em concentrações elevadas (25–40 %), manteve o pH relativamente estável em torno de 3,1–3,2, enquanto o maracujá provocou redução discreta, porém consistente do pH, alcançando valores próximos de 3,0 nas maiores concentrações. Esses resultados refletem as características intrínsecas das polpas: a manga típica de mesa contém açúcares em maior proporção e concentrações relativas de ácidos orgânicos menores comparadas às do maracujá, cujo perfil é dominado por ácido cítrico e ácido málico (MALDONADO-CELIS et al., 2019; VIEIRA et al., 2022).

A densidade final aumentou progressivamente com a maior adição de polpa para ambas as frutas (controle → concentrações mais altas), indicando incremento de sólidos solúveis e açúcares residuais não totalmente fermentados pela levedura. Tal comportamento é esperado quando se incorpora polpa ou polpa diluída ao mosto/cerveja: além do efeito de diluição, há aporte de açúcares complexos não fermentescíveis e fibra que elevam o FG e geram maior sensação de corpo (CASTRO-MARIN et al., 2021).

Consequentemente, o ABV apresentou queda proporcional ao aumento da polpa — efeito que pode ser explicado pela combinação de diluição do substrato fermentável inicial e pela presença de carboidratos que a levedura não converte completamente em etanol, resultando em menor rendimento alcoólico nas amostras mais concentradas.

A acidez titulável (TA) foi o parâmetro que melhor discriminou o impacto específico das frutas: enquanto as amostras com manga mantiveram TA próximas ao controle (variação pequena e sem tendência ascendente clara), as amostras com maracujá exibiram aumento dose-dependente da TA (valores crescentes conforme $5 \rightarrow 25 \rightarrow 40$ %). Esse padrão explica diretamente a maior quantidade de NaOH gasta durante as titulações das amostras com polpa de maracujá: a titulação com NaOH neutraliza os prótons liberados dos ácidos presentes, de modo que amostras com maior carga de ácidos livres (principalmente ácido cítrico e málico, abundantes em *Passiflora* spp.) exigem maior volume de titulante para atingir o ponto final (pH alvo da titulação) (ASBC; LALLEMAND; protocolos de enologia e metabióticos). Estudos sobre a composição de *Passiflora* relatam que o citrato é frequentemente o ácido predominante no fruto, com o ácido málico como segundo componente mais abundante, o que confirma que o incremento de TA medido no seu experimento tem base composicional clara (RAMAIYA et al.; VIEIRA et al., 2018/2022).

A distinção entre pH e TA, também é importante para a interpretação sensorial: o pH mede apenas a atividade dos íons H^+ dissociados e influencia a microbiologia e estabilidade, enquanto a TA mensura a capacidade total de neutralização (soma de ácidos dissociados e não dissociados) e costuma correlacionar melhor com a percepção sensorial de “tartness” em sour beers (MILKTHEFUNK; ASBC). Assim, a maior TA nas amostras com maracujá sugere aumento real da acidez percebida, mesmo que a variação de pH seja relativamente pequena — cenário frequentemente relatado em blends e adições frutadas, onde a TA tende a ser um melhor preditor de acidez sensorial que o pH isolado.

Do ponto de vista tecnológico e de padronização, os achados indicaram caminhos distintos conforme a fruta escolhida: a manga tende a aumentar corpo e dulçor residual (potencialmente favorecendo a percepção de intensidade frutada e “roundness”), mas com impacto limitado na acidez química; o maracujá, por outro lado, é um agente evidente de

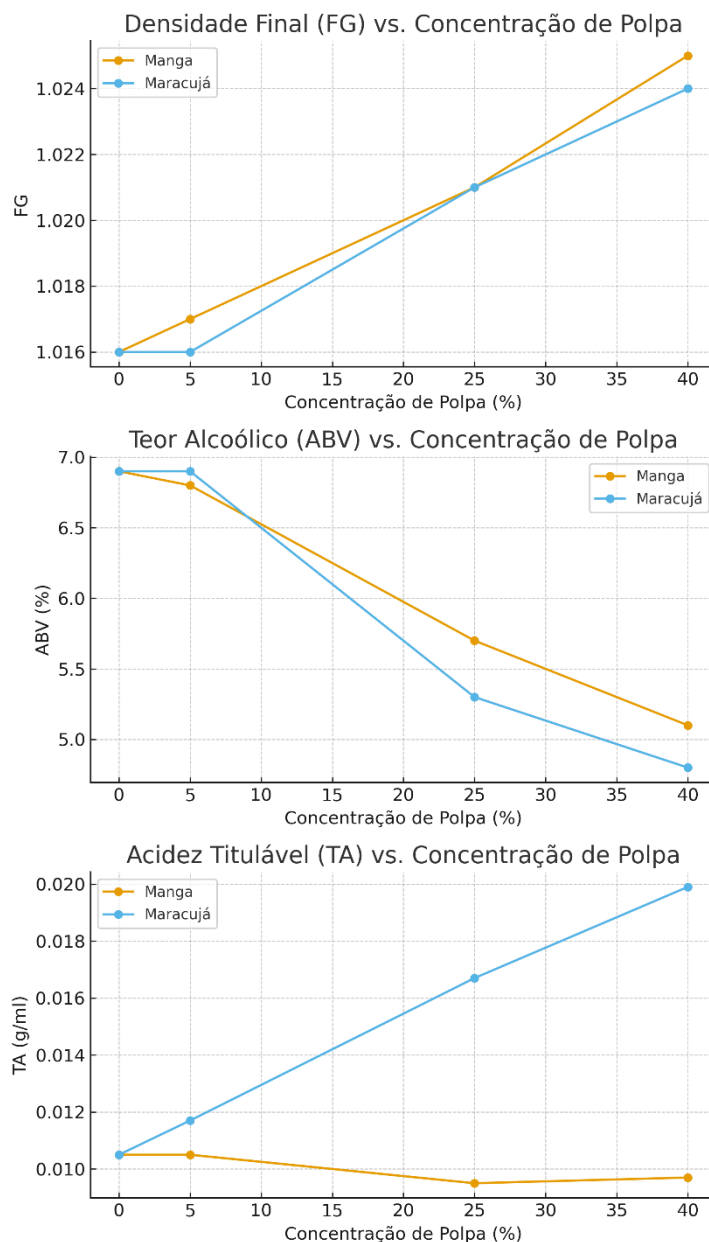
acidificação, capaz de elevar a TA de maneira proporcional à quantidade de polpa adicionada, exigindo atenção ao ajuste do balanço ácido-açúcar para evitar perda de drinkability ou agressividade ácida. Na prática, isso implicou que formulações com maracujá demandam maior controle na etapa das misturas, possível ajuste de pH pré-envase (se desejado) e validação sensorial do ponto ótimo de adição, enquanto formulações com manga poderão requerer estratégias para atenuar corpo excessivo (por exemplo, escolhas de levedura com melhor conversão de dextrinas ou coenzimas enzimáticas) se o objetivo for manter a alta facilidade de consumo. (SOUR BEER/FERMENTATION LITERATURE).

Finalmente, a observação experimental de volumes de NaOH marcadamente maiores nas titulações das amostras com polpa de maracujá corrobora a interpretação composicional (maior carga de ácidos orgânicos) e destaca a utilidade prática da TA como parâmetro de controle em produções de Catharina Sour frutadas: além de permitir quantificar objetivamente o incremento ácido, a TA orienta decisões de formulação (percentual de polpa, diluição) e ajuda a prever o comportamento sensorial final (intensidade de acidez versus equilíbrio frutado). Seria interessante para trabalhos futuros ou para aplicação industrial, complementar a TA com cromatografia (HPLC/UPLC) para quantificar os principais ácidos orgânicos (cítrico, málico, láctico, acético) e relacioná-los com a resposta sensorial e com o consumo absoluto de titulante (NaOH), o que permitiria modelar mais precisamente a relação entre volume de NaOH requerido e a concentração de cada ácido individual na amostra (ASBC; protocolos enológicos).

5.2 Análise de regressão linear dos parâmetros físico-químicos em função da concentração de polpa

Com o objetivo de avaliar a existência de relações preditivas entre os parâmetros físico-químicos e a concentração de polpa, procedeu-se à análise de regressão linear, cujos resultados estão representados nos gráficos a seguir.

Figura – 9 Representação gráfica da variação dos parâmetros FG, ABV e Acidez Titulável para as amostras de cerveja com polpa de manga e maracujá



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Para a acidez titulável (TA), observou-se comportamento distinto entre as frutas: enquanto a manga não demonstrou ajuste linear satisfatório ($R^2 = 0,76$), o maracujá evidenciou relação dose-dependente bem definida, com R^2 elevado, confirmando que sua maior carga de ácidos orgânicos (cítrico e málico) resulta em aumento proporcional da acidez medida e, conseqüentemente, em maior volume de NaOH gasto nas titulações (VIEIRA et al., 2022; RAMAIYA et al., 2018). Por outro lado, o pH não apresentou linearidade significativa em nenhuma das frutas (R^2 muito baixos), corroborando a noção de que o pH isolado não

captura de forma adequada as variações químicas e sensoriais relacionadas à acidez em cervejas ácidas. Esse conjunto de resultados indica que FG, ABV e TA (especialmente no caso do maracujá) podem ser considerados bons preditores para avaliar o impacto da adição de polpa, ao passo que o pH, embora importante para a estabilidade microbiológica, não se mostra um parâmetro suficientemente sensível para prever alterações decorrentes da concentração de fruta.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a seleção da fruta e a concentração de polpa exercem papel determinante sobre os parâmetros físico-químicos de cervejas do estilo Catharina Sour, influenciando diretamente aspectos de composição química, equilíbrio sensorial e possibilidades de padronização tecnológica. Entre os parâmetros avaliados, a densidade final (FG) e o teor alcoólico (ABV) se destacaram pela forte linearidade com a concentração de polpa, indicando que ambos podem ser utilizados como indicadores confiáveis do impacto da adição frutada. A acidez titulável (TA), por sua vez, revelou-se o parâmetro mais sensível para diferenciar os efeitos específicos de cada fruta, mostrando comportamento dose-dependente consistente no caso do maracujá, em contraste com a estabilidade observada para a manga. Já o pH apresentou limitações como preditor isolado, confirmando sua menor capacidade de refletir as variações perceptíveis de acidez.

Do ponto de vista tecnológico, esses resultados sugerem que formulações com manga tendem a valorizar corpo e dulçor residual, com impacto limitado na acidez, enquanto o maracujá se configura como um agente acidificante mais expressivo, demandando maior controle no ajuste do balanço ácido-açúcar para assegurar a alta facilidade de consumo e equilíbrio sensorial. Além disso, a boa capacidade de predição estatística encontrada para FG, ABV e TA reforça seu potencial como ferramentas de monitoramento prático em processos industriais.

Por fim, o estudo contribui para a compreensão das interações entre fruta e matriz cervejeira, oferecendo subsídios tanto para a inovação em receitas quanto para o aprimoramento da consistência e qualidade das Catharina Sour frutadas. Investigações futuras podem explorar concentrações intermediárias, análises cromatográficas de ácidos orgânicos e

correlações com atributos sensoriais, ampliando a base de conhecimento necessária para o desenvolvimento de produtos com maior padronização e apelo mercadológico.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.

ACERVA BRASIL – **Associação dos Cervejeiros Caseiros Artesanais do Brasil**. Disponível em: <http://acerva.com.br/>. Acesso em: 6 fev. 2016.

ALVES, R. F.; BRUNELLI, L. A.; VENTURINI FILHO, W. **Determinação de acidez total em cervejas industriais**. Anais do SEI 2021. Disponível em: <https://eventos.utfpr.edu.br/sei/sei2021/paper/viewFile/8890/4177>. Acesso em: 10 out. 2025.

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. **Methods of Analysis**. 14. ed. St. Paul: ASBC, 2019. Disponível em: <https://www.asbcnet.org>.

ANTUNES, A. **The 30 Best Craft Beers**. Available in Brazil. 2015.

BAMFORTH, C. W. **Beer: Tap into the Art and Science of Brewing**. 3. ed. New York: Oxford University Press, 2009.

BAMFORTH, C. W. **Beer – A Quality Perspective**. USA: Elsevier, 2009.

BASKARAN, R. et al. **Physicochemical and sensory analysis of craft beer made with soursop** (*Annona muricata* L.). *Journal of Food Science*, v. 86, n. 2, p. 494-502, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15569>.

BATISTA, A. D. et al. **Características físico-químicas de frutos de cultivares de maracujazeiro-azedo** (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) cultivadas no Distrito Federal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/569447/1/p200530.pdf>. Acesso em: 8 set. 2025.

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM – BJCP. **Beer Style Guidelines**. 2015 Edition. Disponível em: <https://www.bjcp.org/stylecenter.php>. Acesso em: 25 maio 2018.

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM – BJCP. **Diretrizes de estilo de cerveja**. 2021. Disponível em: <https://www.bjcp.org>. Acesso em: 3 set. 2025.

BJCP – BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM. Beer styles: X4. **Catharina Sour**. Disponível em: <https://www.bjcp.org/beer-styles/x4-catharina-sour/>. Acesso em: 8 set. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 5 jun. 2009. Seção 1.

BREW YOUR OWN. **Catharina Sour: A Brazilian take on Berliner Weisse**. 2017. Disponível em: <https://byo.com>. Acesso em: 3 set. 2025.

BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R. *Brewing: Science and Practice*. Boca Raton: CRC Press, 2004.

CEAGESP – Centro de Qualidade em Horticultura. **Variedades de goiaba**. 2021. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wpcontent/uploads/2021/02/Variedades-Goiaba.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.

CERVBRASIL – Associação Brasileira da Indústria de Cerveja. Disponível em: <http://cervbrasil.org.br>. Acesso em: 2014.

DELIBERALLI, C. C. **Cervejas artesanais no Brasil: análise da comunicação integrada de marketing da cervejaria Bodebrown**. 2015.

DENG, S. et al. **Production and characterization of craft beers with different additions of native fruits and agro-industrial residues: a review**. *Ciência Rural*, v. 53, n. 9, e20220735, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220735>.

DISSERTAÇÃO – UFSC. **Análise físico-química e sensorial de cervejas estilo Catharina Sour com diferentes concentrações de frutas tropicais**. Florianópolis: UFSC, 2024.

EMBRAPA. Base de Dados – **Produção brasileira de maracujá. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/78117562/base-de-dados-producao-brasil-eira-de-maracuja>. Acesso em: 8 set. 2025.

EMBRAPA. **Observatório da Manga**. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/observatorio-da-manga>. Acesso em: 8 set. 2025.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. *Analytica-EBC*. Nuremberg: Fachverlag Hans Carl, 2010. Disponível em: <https://brewup.eu/ebc-analytica>.

FERREIRA, R. H. et al. **Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de Belo**

Horizonte. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 16, n. 4, p. 171-191, 2011.

GAZETA DO POVO. **Catharina Sour: primeiro estilo brasileiro reconhecido pelo BJCP.** 2018. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br>. Acesso em: 3 set. 2025.

GOIANA, F. S. et al. **Produção e avaliação de cerveja artesanal adicionada de flocos de arroz e polpa de graviola.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 36, n. 4, p. 635-642, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0019>.

GUEDES, I. S. A. et al. **Atributos físicos, químicos e sensoriais de frutos de dez variedades de manga cultivadas no sistema orgânico de produção.** *Revista Caatinga*, v. 34, n. 2, 2021. DOI: 10.1590/1983-21252021v34n221rc. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/9298>. Acesso em: 8 set. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola. Tabela 510 – Dados da produção de goiaba.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 11 jun. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal (PAM).** 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 8 set. 2025.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4. ed. São Paulo: Instituto Adolf Lutz, 2008.

KIRIN BEER UNIVERSITY. **Global Beer Production by Country in 2016.** 2017. Disponível em: https://www.kirinholdings.co.jp/english/news/2017/0810_01.html. Acesso em: 15 nov. 2018.

LALLEMAND BREWING. **Measuring Titratable Acidity in Brewing.** Montreal: **Lallemand**, 2018. Disponível em: <https://www.lallemandbrewing.com>.

LEVTECK. **Cervejas Ácidas? Saiba como quantificar através da titulação.** Disponível em: <https://levteck.com.br/cerveja-acida/>. Acesso em: 10 out. 2025.

MARCUSSO, E. F.; MÜLLER, C. V. **A Cerveja no Brasil: o Ministério da Agricultura informando e esclarecendo.** Brasília. Ministério da Agricultura, 2017.

MARTINS, R. L.; VEIGA-SANTOS, P.; CASTILHO, S. G. **Fermentação Divertida: Introdução à Ciência Através de Atividade Culinária Investigativa.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers.** 6. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2011.

PALMER, J. J. **How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Beer Right the First Time**. Brewers Publications, 2006.

PEREIRA, C. M. **Cerveja: história e cultura**. São Paulo: Senac São Paulo, 2021.

PIRES, M. D. E. C. et al. **Produção de mudas de três genótipos de maracujazeiro-roxo pelo método de enxertia**. In: IV REUNIÃO TÉCNICA DE PESQUISAS EM MARACUJAZEIRO. Anais [...]. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 72-75.

PIRES, M. M. et al. **Caracterização do mercado de maracujá**. In: PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. (org.). *Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade*. Ilhéus: Editus, 2011. p. 21-67.

RAMAIYA, S. D. et al. **Sugars, organic acids, and phenolic compounds of passion fruit (*Passiflora* species)**. *Food Research International*, v. 109, p. 558-571, 2018.

REIS, R. C. et al. **Atributos físico-químicos de frutos de variedades de mangueira cultivadas em sistema orgânico**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019. (Boletim de Pesquisa). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1116627/>. Acesso em: 8 set. 2025.

REVISTA DA CERVEJA. **Catharina Sour: o estilo brasileiro que conquistou o mundo**. 2018. Disponível em: <https://revistadacerveja.com.br>. Acesso em: 3 set. 2025.

SANTOS, S. P. **Os primórdios da cerveja no Brasil**. Cotia: Ateliê Editorial, 2003.

SANTOS, João; SILVA, Maria. **Microbiologia e tecnologia da cerveja: fermentação e controle de qualidade**. 2. ed. São Paulo: Editora Ciência Cervejeira, 2020.

SÃO JOSÉ, A. R.; PIRES, M. M. **Aspectos gerais da cultura do maracujá no Brasil**. In: PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. (org.). *Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade*. Ilhéus: Editus, 2011. p. 13-19.

SOUR BEER BLOG. **Lactic acid bacteria in sour beer production**. 2014. Disponível em: <http://sourbeerblog.com>. Acesso em: 3 set. 2025.

TEIXEIRA, L. V. **Análise sensorial na indústria de alimentos**. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

TONSMEIRE, M. **American Sour Beers: Innovative Techniques for Mixed Fermentations**. Boulder: Brewers Association, 2014.

VIDAL, M. de F. **Fruticultura: Manga**. *Caderno Setorial ETENE*, Banco do Nordeste, 2024. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/download/3135/2198>. Acesso em: 8 set. 2025.

VIEIRA, A. C. S. et al. **Quantificação de compostos orgânicos em frutos tropicais: uma revisão**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 44, n. 1, p. 1-15, 2022.

WHITE, C.; ZAINASHEFF, J. **Yeast: The Practical Guide to Beer Fermentation**. Boulder: Brewers Publications, 2010.