



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LUAN CRISPIM GONÇALVES RAMOS

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE SABORIZAÇÃO NOS
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE KOMBUCHA GASEIFICADA COM
POLPA DE CAJU (*ANACARDIUM OCCIDENTALE* L.)**

JOÃO PESSOA

2026

LUAN CRISPIM GONÇALVES RAMOS

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE SABORIZAÇÃO NOS
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE KOMBUCHA GASEIFICADA COM
POLPA DE CAJU (*ANACARDIUM OCCIDENTALE* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia de Alimentos como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Campus I, João Pessoa.

Orientadora: Profa. Dra. Julice Dutra Lopes.

JOÃO PESSOA

2026

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

R175i Ramos, Luan Crispim Gonçalves.

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE SABORIZAÇÃO
NOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE KOMBUCHA GASEIFICADA
COM POLPA DE CAJU (ANACARDIUM OCCIDENTALE L.) / Luan
Crispim Gonçalves Ramos. - João Pessoa, 2026.
77 f.

Orientação: Julice Dutra Lopes.

TCC (Graduação) - UFPB/Centro de Tecnologia.

1. Kombucha. 2. Fermentação. 3. Anacardium
occidentale L. 4. Camellia sinensis. 5. Estratégias de
saborização. I. Lopes, Julice Dutra. II. Título.

UFPB/CT

CDU 664(043.2)

LUAN CRISPIM GONÇALVES RAMOS

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE SABORIZAÇÃO NA
CINÉTICA FERMENTATIVA E NOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE
KOMBUCHA GASEIFICADA COM POLPA DE CAJU (*ANACARDIUM
OCCIDENTALE* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovado em: 26 de março de 2026

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **JULICE DUTRA LOPES**
Data: 10/04/2026 09:52:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Julice Dutra Lopes (Orientadora)
DEQ/CT/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **MARIA CONCEICAO RAMOS DA SOLEDADE BEZE**
Data: 11/04/2026 00:27:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Maria Conceição Ramos da Soledade Bezerra Silva (Examinadora)
DEQ/CT/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **CAMILA CRISTINA DA SILVA LOPES**
Data: 10/04/2026 16:11:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ma. Camila Cristina da Silva Lopes (Examinadora)
PPGCTA/CT/UFPB

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, antes de tudo, à minha mãe, cuja força, apoio e amor incondicional foram fundamentais em cada etapa desta caminhada. À minha família, que sempre acreditou em mim e me incentivou a seguir em frente mesmo diante das dificuldades. A todos que estiveram ao meu lado ao longo dessa jornada, oferecendo apoio, conselhos e palavras de motivação. Cada conquista alcançada carrega um pouco da presença de vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, pela força e por me guiar em cada etapa desta jornada. Nos momentos de dificuldade, foi a fé que me manteve firme e confiante para seguir em frente. Sou grato pelas oportunidades, pelos aprendizados e por ter me concedido saúde e determinação para chegar até aqui.

À minha mãe, expresso minha mais profunda gratidão por todo amor, apoio e dedicação ao longo da minha vida. Sua força, seus conselhos e seus sacrifícios foram essenciais para que eu pudesse alcançar este momento. Obrigado por sempre acreditar em mim, mesmo nos momentos mais difíceis. Sua confiança e seu carinho foram combustíveis para que eu nunca desistisse dos meus sonhos.

Aos meus amigos, agradeço pela parceria, pelas conversas, pelo apoio e pelos momentos compartilhados ao longo dessa jornada. Vocês tornaram esse caminho mais leve e especial. Cada incentivo e cada palavra de motivação fizeram diferença nessa caminhada.

Às minhas tias, agradeço o carinho, apoio e pelas palavras de incentivo ao longo dessa trajetória. A presença e o apoio de vocês também fizeram parte dessa conquista.

Aos meus professores e orientadores, minha sincera gratidão por todo conhecimento compartilhado, pela orientação e pelo incentivo durante minha formação. Cada ensinamento contribuiu para o meu crescimento acadêmico e profissional. A dedicação de vocês à educação inspira e motiva a seguir aprendendo e evoluindo.

À Universidade Federal da Paraíba, agradeço pela oportunidade de formação e pelo ambiente de aprendizado proporcionado ao longo dessa trajetória acadêmica. Levo comigo os conhecimentos e experiências construídos durante esse período.

“You can do anything you set your mind to”

(Eminem)

RESUMO

A kombucha é uma bebida fermentada obtida a partir da infusão adoçada de chá, submetida à ação de uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY), cuja atividade metabólica resulta na formação de ácidos orgânicos, dióxido de carbono e etanol. A composição final da bebida é diretamente influenciada pelas condições de fermentação e pelos ingredientes utilizados na etapa de saborização. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes estratégias de saborização com polpa de caju (*Anacardium occidentale* L.) nas características físico-químicas de kombucha gaseificada. A fermentação primária foi conduzida com chá verde (*Camellia sinensis*), apresentando comportamento cinético reprodutível, caracterizado pela redução do pH (3,71–2,59), consumo de açúcares redutores e aumento da acidez total até valores próximos de 130 mEq/L. Na segunda fermentação, foram avaliadas três estratégias de saborização: adição de polpa de caju obtida por prensagem mecânica, polpa comercial sem conservantes (ambas nas concentrações de 5%, 10% e 15%) e infusão de pedaços do fruto sob temperatura ambiente e refrigeração. Os resultados demonstraram que a forma de incorporação do caju influenciou diretamente a dinâmica fermentativa. A adição de polpa prensada promoveu maior consumo de açúcares e intensificação da fermentação, com aumento da acidez e do teor alcoólico. A infusão apresentou comportamento dependente da temperatura, sendo a condição ambiente associada a maior atividade metabólica, enquanto a refrigeração resultou em fermentação mais moderada. Já a utilização de polpa comercial sem conservantes evidenciou elevada biodisponibilidade de açúcares fermentescíveis, resultando em maiores teores de etanol. Todas as formulações apresentaram valores de pH (2,71–2,97) e acidez total (112–128 mEq/L) dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, porém os teores alcoólicos variaram entre 0,82 e 1,79 °GL, classificando as bebidas como alcoólicas de baixa graduação. Dentre as formulações avaliadas, destacaram-se K-P5 e K-ITR, por apresentarem melhor equilíbrio entre os parâmetros físico-químicos. Conclui-se que a estratégia de saborização atua como variável tecnológica determinante na modulação da fermentação da kombucha, influenciando diretamente a atividade microbiana e a formação de metabólitos. Além disso, o estudo evidencia o potencial do caju como matéria-prima regional para o desenvolvimento de bebidas fermentadas inovadoras.

Palavras-chave: kombucha; fermentação; *Anacardium occidentale* L.; *Camellia sinensis*; estratégias de saborização.

ABSTRACT

Kombucha is a fermented beverage obtained from sweetened tea infusion, subjected to the metabolic activity of a symbiotic culture of bacteria and yeast (SCOBY), resulting in the production of organic acids, carbon dioxide, and ethanol. The final composition of the beverage is strongly influenced by fermentation conditions and by ingredients used during the flavoring stage. In this context, the present study aimed to evaluate the influence of different flavoring strategies using cashew apple pulp (*Anacardium occidentale* L.) on the physicochemical characteristics of carbonated kombucha. Primary fermentation was carried out using green tea (*Camellia sinensis*), showing a reproducible kinetic behavior characterized by pH reduction (3.71–2.59), consumption of reducing sugars, and increase in total acidity up to approximately 130 mEq/L. In the secondary fermentation, three flavoring strategies were evaluated: addition of mechanically pressed cashew pulp, addition of commercial pulp without preservatives (both at 5%, 10%, and 15%), and fruit infusion under room temperature and refrigeration conditions. The results demonstrated that the method of cashew incorporation directly affected the fermentation dynamics. The addition of pressed pulp promoted greater sugar consumption and fermentation intensification, resulting in higher acidity and ethanol content. Infusion showed temperature-dependent behavior, with room temperature conditions enhancing microbial activity, while refrigeration led to a more controlled fermentation process. The use of commercial pulp without preservatives resulted in higher ethanol production, indicating greater bioavailability of fermentable sugars. All formulations presented pH (2.71–2.97) and total acidity (112–128 mEq/L) values within the limits established by Brazilian regulations; however, ethanol content ranged from 0.82 to 1.79 °GL, classifying the beverages as low-alcohol products. Among the evaluated formulations, K-P5 and K-ITR showed the best balance among physicochemical parameters. It is concluded that the flavoring strategy acts as a key technological variable in modulating kombucha fermentation, directly influencing microbial activity and metabolite formation. Furthermore, the study highlights the potential of cashew as a regional raw material for the development of innovative fermented beverages.

Keywords: kombucha; fermentation; *Anacardium occidentale* L.; *Camellia sinensis*; flavoring strategies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Recipiente contendo a cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY – <i>Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast</i>)	20
Figura 2 - Composição química geral da kombucha segundo diversos autores.....	21
Figura 3 – Folhas secas de <i>Camellia sinensis</i> para produção de kombuchas.....	22
Figura 4 – Película celulósica do SCOBY, formada por bactérias e leveduras	24
Figura 5 - Rota metabólica no processo de fermentação para obtenção da kombucha.....	25
Figura 6 - Frutos do cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.), evidenciando o pedúnculo e a castanha	29
Figura 7 - Delineamento experimental utilizado no desenvolvimento das kombuchas gaseificadas saborizadas por 3 estratégias distintas	31
Figura 8 – Polpas de caju comerciais e prensa mecânica: (a) polpa com conservantes (Canaã); (b) polpa sem conservantes (Pé de Fruta); (c) prensa mecânica para extração da polpa <i>in natura</i>	32
Figura 9 – Etapas de preparação da primeira fermentação da kombucha base: (a) aquecimento da água para infusão do chá (80 °C); (b) inoculação com SCOBY; (c) adição da cultura starter; (d) Biorreator contendo o mosto pronto para o início da fermentação da kombucha base	33
Figura 10 – Equipamentos utilizados nas análises para a 1ª e 2ª etapa de fermentação da kombucha: a) Ebuliômetro; b) bureta e vidrarias de titulação volumétrica; c) refratômetro de campo; d) espectrofotômetro digital; e) pHmetro digital	39
Figura 11 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez total (b), sólidos solúveis totais (c) e Açúcares redutores totais (ART) (d) durante o processo de 1ª fermentação do Experimento 1 (Polpa Prensada e Infusão Q F).....	43
Figura 12 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez total (b), sólidos solúveis totais (c) e Açúcares redutores totais (ART) (d) durante o processo de 1ª fermentação do Experimento 2 (Polpa S/Conservante e Pimenta Rosa)	46
Figura 13 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez total (b), sólidos solúveis totais (c) e Açúcares redutores totais (ART) (d), durante a 2ª fermentação das kombuchas saborizadas com 5% (K-P5), 10% (K-P10) e 15% (K-P15) de polpa de caju prensado.	52
Figura 14 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez total (b), sólidos solúveis totais (c) e Açúcares redutores totais (ART) (d), durante a 2ª fermentação das kombuchas saborizadas com 10 % m/m de caju por infusão sob Temperatura Ambiente (K-ITA) e Refrigeração (K-ITR).....	56

Figura 15 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez total (b), sólidos solúveis (c) e Açúcares redutores totais (ART) (d), durante a 2ª fermentação das kombuchas saborizadas com 5% (K-SC5), 10% (K-SC10) e 15% (K-SC15) de polpa de caju sem conservantes e pimenta-rosa fixa..... 60

Figura 16 – Aspecto visual da kombucha após a segunda fermentação, evidenciando transparência e formação de gás: (a) garrafas utilizadas no envase; (b) amostra de kombucha com 10% de caju, servida em taça 62

Figura 17 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez (b) e sólidos solúveis (c) durante o processo de 1ª fermentação do Teste preliminar 76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA – Análise de Variância

ART – Açúcares Redutores Totais

DNS – Ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS)

K-ITA – Kombucha por Infusão à Temperatura Ambiente

K-ITR – Kombucha por Infusão à Temperatura de Refrigeração

K-P10 – Kombucha por Prensagem com adição de 10% de Polpa de Caju

K-P15 – Kombucha por Prensagem com adição de 15% de Polpa de Caju

K-P5 – Kombucha por Prensagem com adição de 5% de Polpa de Caju

K-SC10 – Kombucha com adição de 10% de Polpa de Caju Sem Conservantes

K-SC15 – Kombucha com adição de 15% de Polpa de Caju Sem Conservantes

K-SC5 – Kombucha com adição de 5% de Polpa de Caju Sem Conservantes

LBA – Laboratório de Análises e Pesquisas de Bebidas Alcoólicas

LTA – Laboratório de Tecnologia de Alimentos

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária

pH – Potencial Hidrogeniônico

SCOBY – *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*

SST – Sólidos Solúveis Totais

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formulações de kombucha base (K-B) para posteriores saborizações com polpa de caju e pimenta-rosa	34
Tabela 2 – Formulações de kombucha saborizada com polpa de caju <i>in natura</i> prensada	36
Tabela 3 – Formulações das kombuchas saborizadas por infusão do fruto de caju à temperatura ambiente e temperatura de refrigeração	37
Tabela 4 – Formulações de kombucha saborizada com polpa comercial de caju sem conservantes e pimenta-rosa	38
Tabela 5 – Análises físico-químicas da 1ª fermentação do Experimento 1 da kombucha de chá verde da <i>Camellia sinensis</i>	41
Tabela 6 – Análises da 1ª fermentação do Experimento 2 das propriedades físico-químicas da kombucha de chá verde da <i>Camellia sinensis</i>	45
Tabela 7 – Características físico-químicas das polpas de caju mediante as saborizações	48
Tabela 8 – Análises das propriedades físico-químicas da kombucha do Experimento 1 pós-saborização nas concentrações de 5% (K-P5), 10% (K-P10) e 15% (K-P15) de caju prensado	50
Tabela 9 – Análises das propriedades físico-químicas da kombucha do Experimento 1, pós – saborização, na concentração de 10 % m/m de caju por infusão sob temperatura ambiente (K-ITA) e Refrigeração (K-ITR)	54
Tabela 10 – Análises das propriedades físico-químicas da kombucha pós-saborização nas concentrações de 5% (K-SC5), 10% (K-SC10) e 15% (K-SC15) de polpa de caju comercial sem conservantes e pimenta-rosa	58
Tabela 11 – Resultados obtidos para todas as formulações produzidas, para efeito de comparação com a legislação brasileira vigente	66
Tabela 12 – Análises físico-químicas da 1ª fermentação do teste preliminar da kombucha de chá verde <i>Camellia sinensis</i>	74

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 BEBIDAS FERMENTADAS	19
3.2 KOMBUCHA: DEFINIÇÃO, HISTÓRICO E ASPECTOS GERAIS	20
3.2.1 Constituintes da Kombucha: Chá Verde (<i>Camellia sinensis</i>).....	22
3.2.2 Constituintes da Kombucha: SCOBY	23
3.2.3 Constituintes da Kombucha: Starter (Líquido Fermentado Inicial).....	24
3.3 PROCESSO FERMENTATIVO DA KOMBUCHA: PRIMEIRA FERMENTAÇÃO E PARÂMETROS DE CONTROLE.....	24
3.4 SABORIZAÇÃO DA KOMBUCHA - SEGUNDA FERMENTAÇÃO: FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS E TÉCNICAS APLICÁVEIS	26
3.4.1 Caju (<i>Anacardium occidentale</i> L.) como agente de saborização.....	28
4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	30
4.2 FORMULAÇÃO DO MOSTO E PRIMEIRA FERMENTAÇÃO.....	33
4.3 ESTRATÉGIAS DE SABORIZAÇÃO E SEGUNDA FERMENTAÇÃO	34
4.3.1 Saborização com polpa de caju <i>in natura</i> prensada	35
4.3.2 Saborização por infusão de pedaços do fruto de caju	36
4.3.3 Saborização com polpa de caju comercial sem conservantes e pimenta rosa fixa.....	38
4.4 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FORMULAÇÕES DE KOMBUCHA GASEIFICADA SABORIZADA COM POLPA DE CAJU E PIMENTA-ROSA	39
4.6 METODOLOGIA ESTATÍSTICA	40
5. RESULTADOS OBTIDOS.....	41
5.1 CINÉTICA FERMENTATIVA DA KOMBUCHA BASE	41
5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS POLPAS UTILIZADAS NAS ETAPAS DE SABORIZAÇÃO	47
5.3 INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE POLPA DE CAJU POR PROCESSO DE PRENSAGEM NA SEGUNDA FERMENTAÇÃO	49
5.4 INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE PEDAÇOS DE CAJU POR PROCESSO DE INFUSÃO NA SEGUNDA FERMENTAÇÃO	54

5.5 INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE POLPA DE CAJU ISENTA DE CONSERVANTES E PIMENTA ROSA FIXA NA SEGUNDA FERMENTAÇÃO	58
5.5 COMPARAÇÃO ENTRE AS ESTRATÉGIAS DE SABORIZAÇÃO E CONFORMIDADE COM A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	62
6 CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS	70
APÊNDICE	74

1. INTRODUÇÃO

A kombucha é uma bebida fermentada obtida a partir da infusão adoçada de chá da *Camellia sinensis*, submetida à ação de uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras, conhecida como SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*). De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a kombucha é classificada como uma bebida fermentada microbiologicamente ativa, resultante de processos aeróbios e anaeróbios (Brasil, 2019). Sua composição química e perfil funcional estão diretamente relacionados às condições do processo fermentativo, incluindo o tipo de chá, a concentração de açúcares e os ingredientes adicionados, fatores que influenciam a formação de ácidos orgânicos, compostos fenólicos, vitaminas e metabólitos celulares (Cardoso et al., 2020).

Observa-se um crescente interesse por bebidas fermentadas em função das transformações bioquímicas promovidas durante o processo fermentativo, que resultam na formação de compostos de interesse tecnológico e funcional. Esses compostos, incluindo ácidos orgânicos e metabólitos microbianos, podem influenciar diretamente as características físico-químicas e sensoriais, ampliando as possibilidades de aplicação dessas bebidas no desenvolvimento de produtos com maior valor agregado (Marco et al., 2017).

A kombucha tradicional é produzida exclusivamente a partir da infusão de folhas de *Camellia sinensis*, água, açúcar, cultura starter e SCOBY, não envolvendo a adição de outros ingredientes durante a fermentação primária. A incorporação de ingredientes como frutas e especiarias ocorre, geralmente, na etapa de fermentação secundária, ampliando sua diversidade tecnológica. A adição desses componentes pode interferir significativamente na dinâmica fermentativa, afetando parâmetros como pH, acidez, teor alcoólico e formação de dióxido de carbono, o que torna relevante a avaliação das estratégias de saborização adotadas. Nesse contexto, a polpa de caju (*Anacardium occidentale* L.) destaca-se como uma matriz promissora, especialmente devido à sua elevada concentração de açúcares fermentescíveis, compostos bioativos e ampla disponibilidade no Nordeste brasileiro (Torres Neto et al., 2006; Brainer, 2022).

O pedúnculo do caju apresenta elevada umidade e composição nutricional favorável à biotransformação microbiana, características que favorecem sua aplicação em bebidas fermentadas. Em 2022, a produção brasileira de pedúnculo de caju ultrapassou um milhão de toneladas, concentrando-se majoritariamente na região Nordeste (Brainer, 2022). Assim, sua utilização em processos fermentativos, como na produção de kombucha, pode contribuir tanto

para a valorização da fruticultura regional quanto para a redução de desperdícios, além de influenciar diretamente o comportamento fermentativo da bebida.

Além das frutas, a incorporação de especiarias aromáticas representa outra estratégia de saborização capaz de impactar o processo fermentativo. A pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius Raddi*) é uma especiaria composta por drupas ricas em terpenos e compostos fenólicos com propriedades biológicas reconhecidas (Andrade; Poncelet; Ferreira, 2017). Sua adição à kombucha pode atuar de maneira bem expressiva na diferenciação aromática, além de fornecer mais compostos bioativos.

Em complemento às características tecnológicas e fermentativas, a kombucha tem sido investigada quanto ao seu potencial impacto na saúde humana, principalmente em função da presença de compostos bioativos e metabólitos formados durante a fermentação. Estudos indicam que esses compostos, como ácidos orgânicos e polifenóis, podem contribuir para a atividade antioxidante e para a modulação da microbiota intestinal, estando associados à redução de processos inflamatórios e ao auxílio na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como diabetes mellitus tipo 2 e doenças cardiovasculares (Marco et al., 2017). No entanto, tais efeitos estão diretamente relacionados às condições de processamento e à composição final da bebida.

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes estratégias de saborização com polpa de caju (*Anacardium occidentale* L.) nos parâmetros físico-químicos da kombucha gaseificada, contribuindo para o entendimento do controle do processo fermentativo e para a aplicação tecnológica dessa bebida no contexto da legislação brasileira vigente.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência de diferentes estratégias de saborização com polpa de caju (*Anacardium occidentale* L.) nos parâmetros físico-químicos da kombucha gaseificada.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir kombucha gaseificada à base de chá verde (*Camellia sinensis*) utilizando diferentes estratégias de saborização com caju, incluindo polpa de fruto *in natura* prensada, polpa comercial isenta de conservantes com adição de pimenta rosa, e infusão do fruto em temperatura ambiente e sob refrigeração;
- Avaliar o comportamento fermentativo da kombucha por meio do acompanhamento de parâmetros físico-químicos ao longo da fermentação, como pH, acidez total, sólidos solúveis totais e açúcares redutores totais;
- Determinar os parâmetros físico-químicos finais das kombuchas gaseificadas obtidas (pH, acidez total, acidez volátil, sólidos solúveis totais, açúcares redutores totais e teor alcoólico), verificando sua conformidade com a legislação brasileira vigente e comparando os resultados com dados da literatura.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 BEBIDAS FERMENTADAS

As bebidas fermentadas constituem um grupo diversificado de produtos alimentícios obtidos por meio da transformação bioquímica de substratos ricos em carboidratos por microrganismos, como leveduras, bactérias ácido-láticas e bactérias acéticas. Esse processo fermentativo é uma das práticas mais antigas da humanidade, utilizado desde tempos remotos para preservar alimentos e bebidas, contribuindo com alterações desejáveis nas características sensoriais e na estabilidade do produto. A produção de bebidas fermentadas ocorre em múltiplas culturas alimentares ao redor do mundo, envolvendo bebidas tradicionais como vinho, cerveja, sidra e hidromel, assim como bebidas não alcoólicas mais recentes ou reinventadas, como kombucha, kefir de água e outras bebidas à base de extratos vegetais fermentados (Praveen; Brogi, 2025).

As atividades metabólicas promovem alterações no pH, na composição química e no perfil sensorial da matriz líquida, sendo determinante para a estabilidade microbiológica e para as características físico-químicas do produto (Marsh et al., 2014; Steinkraus, 1997). Em bebidas fermentadas de base vegetal, como aquelas derivadas de frutas ou extratos vegetais, essa interação microbiana exerce papel fundamental na definição da qualidade tecnológica.

Nos últimos anos, tem-se observado aumento no desenvolvimento de bebidas fermentadas não alcoólicas ou de baixo teor alcoólico obtidas a partir de substratos vegetais, como sucos de frutas e infusões. Esse crescimento está associado à busca por produtos com perfil sensorial diferenciado e potencial funcional, ampliando o interesse industrial e acadêmico por processos fermentativos aplicados a matrizes vegetais líquidas (Villarreal-soto et al., 2018).

Sob a perspectiva funcional, bebidas fermentadas de base vegetal podem apresentar modificações na composição de compostos fenólicos e na atividade antioxidante em decorrência da ação microbiana. A fermentação pode alterar positivamente a biodisponibilidade de compostos bioativos presentes no substrato inicial, influenciando o produto em suas propriedades químicas e funcionais (Jayabalan et al., 2014). Dessa forma, a avaliação físico-química torna-se essencial para compreender o impacto tecnológico da fermentação nessas bebidas.

3.2 KOMBUCHA: DEFINIÇÃO, HISTÓRICO E ASPECTOS GERAIS

A kombucha é uma bebida fermentada obtida a partir da fermentação de chá adoçado, tradicionalmente chá verde (*Camellia sinensis*) ou chá preto, por uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY – Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast), como visualizado na **Figura 1**. Durante o processo fermentativo, a sacarose adicionada ao chá é hidrolisada pelas leveduras em glicose e frutose, que são subsequentemente metabolizadas em etanol e dióxido de carbono. O etanol produzido é oxidado por bactérias ácido-acéticas, principalmente do gênero *Komagataeibacter*, resultando na formação de ácidos orgânicos, como ácido acético, ácido glucônico e ácido glucurônico (Jayabalan et al., 2014; Villarreal-soto et al., 2018).

Figura 1 – Recipiente contendo a cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY – *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*).



Fonte: MinhaSaúde, (2022).

Historicamente, o consumo da kombucha remonta à China antiga, sendo posteriormente difundido para outras regiões da Ásia e da Europa Oriental. No contexto contemporâneo, a kombucha passou a ser amplamente explorada como bebida funcional, impulsionada pelo aumento da demanda por produtos naturais, fermentados e minimamente processados (Villarreal-soto et al., 2018).

Sob a perspectiva físico-química, a kombucha caracteriza-se por apresentar pH geralmente inferior a 4,0 após o período fermentativo, acidez titulável crescente ao longo do tempo, presença de compostos fenólicos derivados do chá e teor alcoólico variável,

normalmente inferior a 0,5% (v/v) quando controlada adequadamente (Leal et al., 2018; Villarreal-soto et al., 2018). A composição final depende de fatores como tipo de chá utilizado, concentração inicial de açúcar, tempo e temperatura de fermentação, além da atividade metabólica do consórcio microbiano. Na **Figura 2** observa-se a composição da kombucha em seus aspectos gerais.

Figura 2 - Composição química geral da kombucha segundo diversos autores.

	Compound	Average composition	Initial sucrose	Fermentation time (days)	References
Organic acids	Acetic acid	5.6 g/L	70 g/L	15 d	Blanc (1996)
	Acetic acid	8.36 g/L	100 g/L	18 d	Jayabalan et al. (2007)
	Acetic acid	11 g/L	100 g/L	30 d	Chen and Liu (2000)
	Gluconic acid	39 g/L	100 g/L	60 d	Chen and Liu (2000)
	Glucuronic acid	0.0160 g/L	70 g/L	21 d	Lončar et al. (2006)
	Lactic acid	0.18 g/L	100 g/L	18 d	Jayabalan et al. (2007)
Vitamins	Vitamin B1	0.74 mg/mL	70 g/L	15 d	Bauer-Petrovska and Petrushevska-Tozi (2000)
	Vitamin B2	8 mg/100 mL	70 g/L	10 d	Petrushevska-Tozi (2000)
	Vitamin B6	0.52 mg/mL	70 g/L	15 d	Malhotra et al. (2011)
	Vitamin B12	0.84 mg/mL	70 g/L	15 d	Bauer-Petrovska and Petrushevska-Tozi (2000)
	Vitamin C	25 mg/L	70 g/L	10 d	Bauer-Petrovska and Petrushevska-Tozi (2000)
					Malhotra et al. (2011)
General compounds	Ethanol	5.5 g/L	100 g/L	20 d	Chen and Liu (2000)
	Proteins	3 mg/mL	100 g/L	12 d	Jayabalan et al. (2007)
	Tea polyphenols	7.8 Mm GAE	100 g/L	15 d	Chu and Chen (2006)
Minerals	Cu, Fe, Mn, Ni, Zn	0.1 to 0.4 µg/mL	70 g/L	15 d	Bauer-Petrovska and Petrushevska-Tozi (2000)
Anions	F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , NO ₃ ⁻ , HPO ₄ ⁻ , SO ₄ ⁻	0.04 to 3.20 mg/g	100 g/L	7 d	Kumar, Narayan, and Hasarigani (2008)

fonte: Villarreal-soto et al. (2018)

Além da composição química resultante da fermentação, a kombucha tem sido amplamente investigada em virtude de seus potenciais benefícios à saúde e da produção de biocelulose durante o processo fermentativo. A bebida apresenta compostos bioativos associados à atividade antioxidante, à proteção hepática, à modulação do metabolismo glicídico e lipídico e à possível ação antimicrobiana, atribuídos principalmente à presença de ácidos orgânicos, polifenóis e metabólitos formados ao longo da fermentação. Paralelamente, a formação de celulose bacteriana na superfície do meio fermentativo destaca-se como um subproduto de elevado interesse tecnológico, devido à sua alta pureza, resistência mecânica e potencial aplicação nas áreas alimentícia, farmacêutica e biomédica (Cavicchia; Almeida, 2022).

A kombucha contém vitaminas do complexo B, compostos fenólicos e metabólitos secundários produzidos durante a fermentação, os quais podem influenciar suas propriedades sensoriais e químicas. Estudos demonstram que a fermentação pode promover modificações nos compostos bioativos do chá, alterando a atividade antioxidante da bebida (Jayabalan et al., 2014). Dessa forma, a kombucha apresenta

características tecnológicas e químicas que a diferenciam de outras bebidas fermentadas vegetais, justificando seu crescente interesse industrial e científico.

3.2.1 Constituintes da Kombucha: Chá Verde (*Camellia sinensis*)

O chá verde, obtido a partir das folhas de *Camellia sinensis* (**Figura 3**), constitui a principal matéria-prima empregada na produção tradicional de kombucha. Diferentemente do chá preto, o chá verde não é submetido a intensa oxidação enzimática durante o processamento, o que possibilita a preservação de elevados teores de compostos fenólicos, especialmente catequinas (Chacko et al., 2010).

Figura 3 – Folhas secas de *Camellia sinensis* para produção de kombuchas.



Fonte: Rose Maia (2026).

Quimicamente, o chá verde apresenta como principais constituintes bioativos os flavonoides do grupo das catequinas, dentre as quais se destacam epigallocatequina galato (EGCG), epigallocatequina (EGC), epicatequina (EC) e epicatequina galato (ECG). O EGCG é considerado o composto majoritário e biologicamente ativo, estando diretamente relacionado à elevada capacidade antioxidante atribuída à infusão (Chacko et al., 2010; Graham, 1992). Esses compostos atuam na neutralização de espécies reativas de oxigênio e na proteção contra processos oxidativos, características que justificam o interesse tecnológico e funcional do chá verde em sistemas alimentares.

Na produção de kombucha, o chá verde desempenha papel fundamental ao fornecer substratos fenólicos e compostos nitrogenados que sustentam o metabolismo do consórcio simbiótico de bactérias e leveduras (SCOBY). Durante a fermentação, ocorrem modificações na composição química da infusão, incluindo a degradação parcial de catequinas, sua conversão em compostos fenólicos mais simples e a formação de novos

metabólitos, além de variações no perfil de ácidos orgânicos, como aumento de ácido acético e glucônico (Jayabalan; Marimuthu; Swaminathan, 2007). Segundo Villarreal-Soto et al. (2018), a atividade metabólica microbiana pode promover alterações qualitativas e quantitativas nos compostos fenólicos, as quais dependem de fatores como tempo de fermentação, temperatura, composição inicial do chá e atividade microbiana, influenciando tanto a atividade antioxidante quanto o perfil sensorial da bebida.

Estudos comparativos indicam que kombuchas elaboradas com chá verde apresentam maior teor de compostos fenólicos totais e maior atividade antioxidante quando comparadas às produzidas com chá preto, evidenciando a influência direta da matéria-prima sobre as propriedades funcionais da mesma (Cardoso et al., 2020). Dessa forma, a utilização do chá verde como substrato fermentativo está associada à obtenção de uma bebida com perfil bioativo relevante e potencial funcional ampliado.

3.2.2 Constituintes da Kombucha: SCOBY

O SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts*) corresponde a uma comunidade microbiana complexa responsável pela condução da fermentação da kombucha, organizada sob a forma de um biofilme celulósico tridimensional. Essa estrutura é formada predominantemente por celulose bacteriana sintetizada por bactérias ácido-acéticas, especialmente do gênero *Komagataeibacter*, que se desenvolve na interface ar-líquido do meio fermentativo, favorecendo condições aeróbias essenciais para sua atividade metabólica (**Figura 4**). Do ponto de vista microbiológico, o SCOBY é constituído por uma associação simbiótica entre leveduras, como *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces* e *Brettanomyces*, e bactérias ácido-acéticas. As leveduras atuam inicialmente na hidrólise da sacarose e na fermentação dos monossacarídeos, produzindo etanol e dióxido de carbono. Posteriormente, as bactérias oxidam o etanol gerado, formando ácidos orgânicos, como ácido acético e glucônico, além de sintetizarem a matriz celulósica característica. Essa interação metabólica sinérgica resulta na acidificação progressiva do meio, na formação de metabólitos de interesse tecnológico e na inibição de microrganismos indesejáveis, sendo, portanto, fundamental para a estabilidade microbiológica, segurança e desenvolvimento das propriedades físico-químicas e sensoriais da kombucha (Wang; Huang; Zhang, 2022).

Figura 4 – Película celulósica do SCOBY, formada por bactérias e leveduras.



Fonte: Etsy (2026)

3.2.3 Constituintes da Kombucha: *Starter* (Líquido Fermentado Inicial)

O *starter*, ou líquido fermentado inicial, refere-se à porção líquida de uma fermentação prévia utilizada como inóculo para iniciar um novo lote de kombucha. Essa fração contém uma alta densidade de microrganismos metabolicamente ativos, principalmente bactérias ácido-acéticas e leveduras que já passaram por um ciclo fermentativo e geraram metabólitos como ácidos orgânicos. Sua função primária na inoculação é reduzir rapidamente o pH da infusão adoçada e proporcionar um meio seletivo que favorece o crescimento da comunidade microbiana desejada, o que contribui para a segurança microbiológica e a estabilidade do processo fermentativo (Nyhan et al., 2022).

A utilização de 10% *Starter* do volume total esperado de kombucha é amplamente empregada, estudos recentes demonstram que usar SCOBY previamente caracterizados e controlados permite maior consistência na produção, além de potencializar características funcionais da bebida, como atividade antioxidante e possível efeito probiótico (Fabricio et al., 2023).

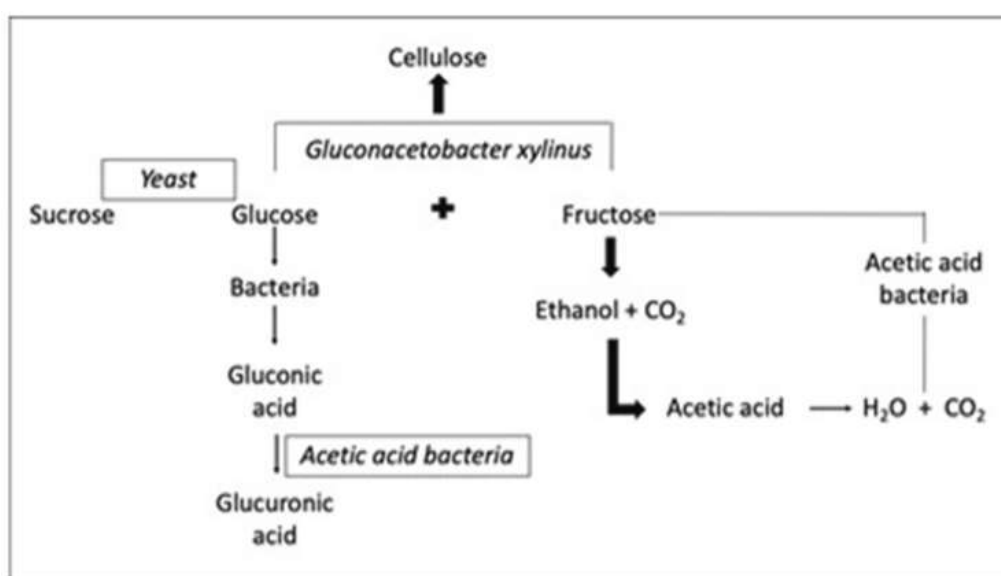
3.3 PROCESSO FERMENTATIVO DA KOMBUCHA: PRIMEIRA FERMENTAÇÃO E PARÂMETROS DE CONTROLE

A primeira fermentação da kombucha consiste na incubação do chá adoçado inoculado com SCOBY, geralmente em condições aeróbias, à temperatura ambiente

controlada, por um período que pode variar de 7 a 14 dias. Durante essa etapa, ocorre intensa atividade metabólica das leveduras e bactérias ácido-acéticas, resultando na transformação progressiva da matriz açucarada em uma bebida ácida com características químicas específicas (Jayabalan et al., 2014; Villarreal-soto et al., 2018).

Inicialmente, as leveduras hidrolisam a sacarose em glicose e frutose por ação da enzima invertase. Esses monossacarídeos são fermentados, originando Ácido glucônico, etanol e dióxido de carbono. Em seguida, bactérias do gênero *Komagataeibacter* oxidam o etanol a ácido acético, promovendo a redução do pH do meio (Marsh et al., 2014). Esse mecanismo sequencial caracteriza a dinâmica simbiótica da fermentação e determina a evolução dos parâmetros físico-químicos. Na **Figura 5** estão indicadas as rotas metabólicas presentes na kombucha.

Figura 5 - Rota metabólica no processo de fermentação para obtenção da kombucha.



Fonte: Adaptado de Markov et al. (2003)

Estudos experimentais demonstram que a composição microbiana do SCOBY pode variar significativamente entre diferentes culturas, influenciando a cinética fermentativa e a formação de metabólitos (Chakravorty et al., 2016). Essas variações ocorrem principalmente na proporção e diversidade de leveduras e bactérias ácido-acéticas, com diferenças na predominância de gêneros como *Zygosaccharomyces*, *Brettanomyces* e *Saccharomyces* entre as leveduras, e *Komagataeibacter* e *Gluconobacter* entre as bactérias, podendo resultar em perfis metabólicos distintos. Essa variabilidade pode resultar em diferenças na taxa de produção de ácidos orgânicos, no

consumo de açúcares e na formação de etanol, reforçando a importância do controle das condições de processo para garantir reprodutibilidade tecnológica (Marsh et al., 2014).

Para estudos que avaliam estratégias de saborização, como no presente trabalho, a primeira fermentação representa a etapa base e padronizada do processo produtivo. A estabilidade físico-química obtida ao final dessa fase é fundamental, pois qualquer alteração subsequente decorrente da adição de polpa de caju ou infusão de pimenta-rosa deverá ser interpretada à luz do perfil fermentativo previamente estabelecido. Assim, o controle rigoroso dessa etapa é essencial para garantir comparabilidade entre as diferentes formulações testadas.

3.4 SABORIZAÇÃO DA KOMBUCHA - SEGUNDA FERMENTAÇÃO: FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS E TÉCNICAS APLICÁVEIS

A etapa de saborização na produção de kombucha ocorre, predominantemente, após a fermentação primária, quando o chá adoçado já foi submetido à ação simbiótica de leveduras e bactérias acéticas. Nesse momento, o sistema fermentativo encontra-se metabolicamente ativo, ainda que em menor intensidade, o que significa que qualquer ingrediente adicionado poderá interferir tanto no perfil sensorial quanto na dinâmica físico-química da bebida. A introdução de frutas, sucos, polpas ou especiarias modifica a composição do meio através da adição de açúcares fermentescíveis, compostos fenólicos, ácidos orgânicos e sólidos suspensos, podendo alterar parâmetros como pH, acidez total, teor alcoólico e sólidos solúveis (Greenwalt; Steinkraus; Ledford, 2000).

A literatura descreve diferentes abordagens para a saborização da kombucha, sendo as mais recorrentes: adição direta de suco ou polpa, maceração do fruto no produto fermentado, infusão do ingrediente vegetal previamente ao contato com a bebida e fermentação conjunta com substratos alternativos. Cada uma dessas técnicas apresenta implicações distintas quanto à extração de compostos, estabilidade microbiológica e comportamento fermentativo (Marsh et al., 2014).

A saborização da kombucha com diferentes substratos vegetais demonstram que a incorporação de sucos ou polpas modifica significativamente o comportamento fermentativo, influenciando parâmetros como pH, acidez titulável, concentração de etanol e perfil de ácidos orgânicos. Avaliações comparativas indicam que o tipo de matriz adicionada impacta a taxa de produção de ácido acético e glucônico, em função da

interação entre os açúcares do fruto e a atividade das bactérias acéticas do gênero *Komagataeibacter* (Gaggia et al., 2019).

A incorporação de polpas frescas ou sucos integrais representa uma das práticas majoritariamente difundidas na fermentação secundária da kombucha. Nessa abordagem, os açúcares do fruto atuam como substrato para leveduras residuais, promovendo fermentação adicional e intensificação da carbonatação natural devido à produção de CO₂. Esse processo também pode influenciar o equilíbrio ácido da bebida, uma vez que a composição do fruto e as condições de fermentação, como temperatura, podem alterar temporariamente a proporção entre leveduras e bactérias ácido-acéticas, afetando a formação de etanol e ácidos orgânicos. Entretanto, o aumento de substrato fermentescível pode elevar o teor alcoólico acima dos limites regulatórios, exigindo controle rigoroso do tempo e da temperatura de fermentação (De Filippis et al., 2018; Coelho et al., 2020).

Outra técnica aplicada na saborização é a infusão controlada do ingrediente vegetal diretamente na kombucha após a fermentação primária, podendo ocorrer sob condições de temperatura ambiente (geralmente entre 25 e 30 °C) ou sob refrigeração (entre 4 e 10 °C). Diferentemente da adição de suco ou polpa, a infusão prioriza a extração de compostos hidrossolúveis e voláteis sem necessariamente introduzir elevada carga de açúcares fermentescíveis. A eficiência desse processo depende da granulometria do material vegetal, da razão sólido/líquido e do tempo de contato. Avaliações experimentais demonstram que infusões conduzidas sob temperaturas mais elevadas promovem maior extração de fenólicos totais e intensificação do perfil aromático, enquanto condições a frio tendem a preservar compostos termossensíveis e limitar alterações expressivas na acidez e no teor alcoólico (Zubaidah; Ifadah; Afgani, 2019). Além disso, a escolha da técnica está diretamente relacionada ao tipo de substrato utilizado, uma vez que diferentes matrizes vegetais apresentam composições distintas de compostos fenólicos, voláteis e açúcares, resultando em perfis sensoriais variados na bebida final. Do ponto de vista tecnológico, essa abordagem pode ser vantajosa quando se busca intensificação sensorial com menor interferência na dinâmica metabólica residual da bebida.

A utilização de polpa do fruto obtida por prensagem constitui uma estratégia de saborização baseada na extração mecânica do suco e de compostos celulares sem a aplicação de calor. Esse processo promove a liberação de açúcares fermentescíveis, ácidos orgânicos e compostos fenólicos diretamente da matriz vegetal, podendo intensificar tanto a atividade fermentativa residual quanto as características sensoriais da bebida. A eficiência da extração e a composição do material obtido por prensagem

dependem da estrutura do fruto e das condições de processamento, influenciando diretamente o perfil químico do produto extraído (Pereira et al., 2009). Em função da maior disponibilidade de substrato, essa técnica tende a promover maior produção de dióxido de carbono e variações mais expressivas no teor alcoólico e na acidez, quando comparada à infusão. Além disso, a presença de sólidos em suspensão pode influenciar a turbidez e a estabilidade físico-química, sendo um fator relevante no controle tecnológico do processo.

3.4.1 Caju (*Anacardium occidentale* L.) como agente de saborização

O caju (*Anacardium occidentale* L.) apresenta elevada relevância socioeconômica na Região Nordeste do Brasil, responsável pela maior parcela da produção nacional. Os estados nordestinos lideram a produção de castanha de caju, evidenciando a ampla disponibilidade regional da matéria-prima e a consolidação de sua cadeia agroindustrial (IBGE, 2023). Tal representatividade produtiva fundamenta sua escolha como agente de saborização, promovendo a valorização de insumos locais no desenvolvimento de bebidas fermentadas.

Além da disponibilidade, a escolha do caju também está relacionada às suas características tecnológicas e químicas, como elevado teor de açúcares fermentescíveis, principalmente glicose e frutose, pH naturalmente ácido e presença de compostos fenólicos e vitamina C, que podem favorecer a atividade fermentativa residual e contribuir para o perfil sensorial e funcional da bebida (Pereira et al., 2009; Sancho et al., 2007). Essas características tornam o pedúnculo do caju uma matriz particularmente adequada para aplicação em processos de fermentação secundária, quando comparado a outras frutas, devido à sua capacidade de influenciar simultaneamente parâmetros físico-químicos e sensoriais da kombucha. Na **Figura 6** são exibidos cajus em estágio de maturação pronto para colheita.

Figura 6 - Frutos do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), evidenciando o pedúnculo e a castanha.



Fonte: Cerratinga, (2026).

O pedúnculo do caju caracteriza-se por elevados teores de sólidos solúveis, predominância de açúcares redutores, principalmente glicose e frutose, além de pH naturalmente ácido e acidez titulável moderada, características descritas em estudos sobre processamento de suco e caracterização de clones de cajueiro-anão precoce (Pereira et al., 2009; Sancho et al., 2007). Essa composição favorece sua aplicação na segunda fermentação da kombucha, uma vez que os açúcares fermentáveis podem atuar como substrato adicional para leveduras remanescentes, intensificando a produção de dióxido de carbono e contribuindo para a carbonatação natural da bebida.

Adicionalmente, o caju apresenta concentrações expressivas de vitamina C e compostos fenólicos totais, associados à atividade antioxidante e à estabilidade oxidativa em matrizes líquidas (Pereira et al., 2009; Sancho et al., 2007). Esses constituintes podem influenciar o perfil sensorial da kombucha, contribuindo para o equilíbrio ácido-doce, leve adstringência e maior complexidade sensorial. Assim, além de conferir identidade regional, o caju demonstra compatibilidade tecnológica com o processo fermentativo, atuando não apenas como agente de saborização, mas também como componente funcional da bebida.

4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análises e Pesquisas de Bebidas Alcoólicas (LBA) e no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA), ambos localizados no Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus I, no município de João Pessoa - PB.

Na **Figura 7** é exibido o delineamento experimental do projeto utilizado para o desenvolvimento de uma kombucha gaseificada saborizada com três estratégias distintas.

4.1 SELEÇÃO E PROCESSAMENTO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

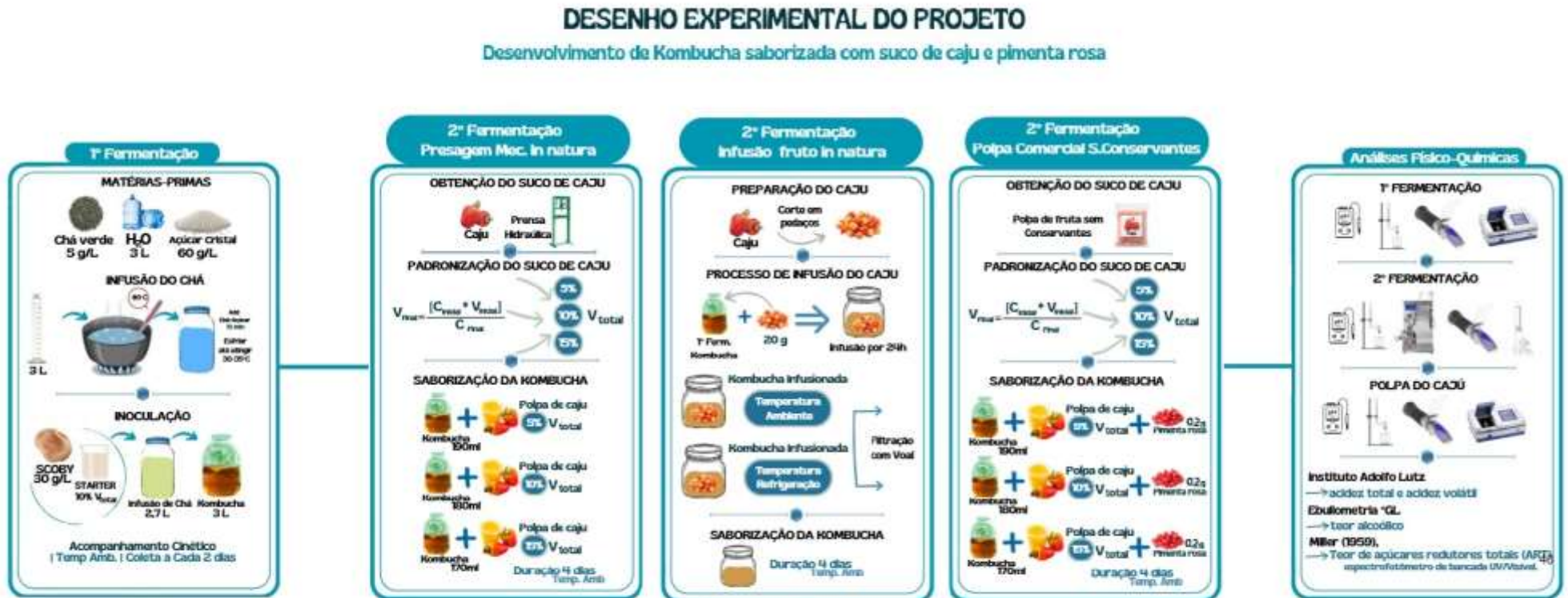
O chá verde (*Camellia sinensis*) e a pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius Raddi*) foram adquiridos em lojas de produtos naturais da cidade de João Pessoa - PB e por meio de ecommerce. Os insumos foram armazenados em temperatura ambiente (25 °C), em local seco, protegido da luz e de fontes de calor, até o momento da utilização.

Os frutos de caju e as polpas comerciais foram ser obtidos em mercados ou feira livre no município de João Pessoa – PB. A seleção das amostras foi realizada de modo a obter volume suficiente de polpa para a execução de todas as estratégias de saborização, sem excedentes desnecessários. Os frutos *in natura* e as polpas foram devidamente transportados e armazenados sob congelamento em freezer no Laboratório de Análises e Pesquisas de Bebidas Alcoólicas (LBA), até o momento de sua utilização

Os frutos *in natura* passaram pelas etapas de remoção e pesagem das castanhas e dos pedúnculos. A sanitização ocorreu utilizando imersão em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm, durante 15 minutos, conforme metodologia descrita por Souza et al. (2022).

Todos os equipamentos utilizados foram previamente higienizados por meio de lavagem com água corrente e detergente neutro, seguidos de sanitização com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm, com tempo de contato de 15 minutos, e posterior enxágue com água potável.

Figura 7 - Delineamento experimental utilizado no desenvolvimento das kombuchas gasificadas saborizadas por 3 estratégias distintas.



Fonte: Autor (2025).

As polpas e os caju *in natura* foram armazenados em recipientes previamente higienizados e sanitizados. Os frutos passaram previamente pela etapa de remoção das castanhas, sendo posteriormente mantidos sob congelamento a aproximadamente $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até a etapa de saborização. A etapa de saborização foi realizada por três estratégias distintas: (I) adição de polpa obtida por prensagem do fruto *in natura*, utilizando prensa mecânica da marca POTENTE 30 T; (II) saborização por infusão de pedaços do fruto *in natura*, previamente cortados e adicionados em proporção massa/massa (m/m); e (III) adição de polpa comercial de caju sem conservantes com adição de pimenta-rosa em concentração fixa (**Figura 8**).

Figura 8 – Polpas de caju comerciais e prensa mecânica: (a) polpa com conservantes (Canaã); (b) polpa sem conservantes (Pé de Fruta); (c) prensa mecânica para extração da polpa *in natura*.



Fonte: Autor (2025).

A água utilizada no processo fermentativo foi proveniente de garrações de 20 L previamente higienizados.

O açúcar cristal foi adquirido em estabelecimentos comerciais locais.

A cultura starter utilizada foi obtida por meio de doação do grupo de pesquisa do laboratório e cultivada para o experimento.

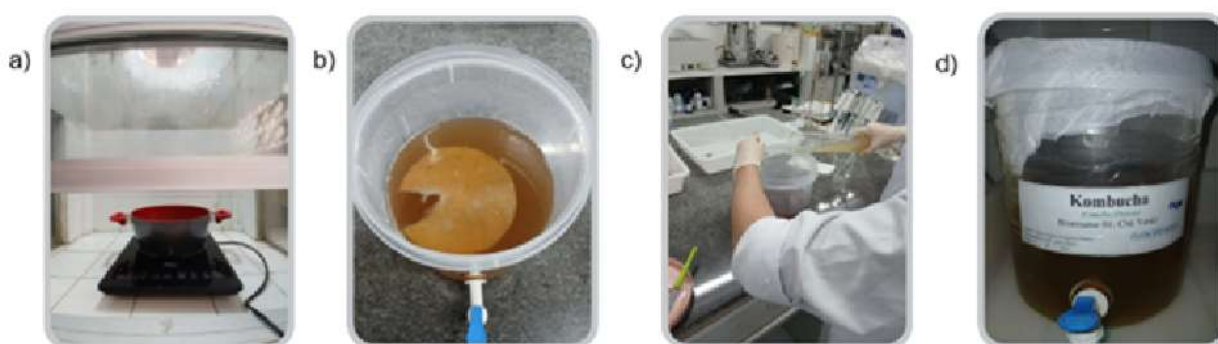
4.2 FORMULAÇÃO DO MOSTO E PRIMEIRA FERMENTAÇÃO

A kombucha foi produzida por meio de fermentação em duas etapas. A primeira fermentação corresponde à fase aeróbia, na qual ocorre a produção da bebida base, enquanto a segunda fermentação corresponde à fase anaeróbia, responsável pela gaseificação natural da bebida em recipientes fechados.

A polpa comercial de caju foi adicionada à kombucha base nas concentrações de 5%, 10% e 15% (v/v), mantendo-se constante a adição de pimenta-rosa nas formulações, conforme descrito no item 4.3.3. Após a adição dos ingredientes, as bebidas foram envasadas em garrafas hermeticamente fechadas e submetidas à segunda fermentação durante um período de quatro dias, permitindo a ocorrência de fermentação residual e a consequente carbonatação natural da bebida.

O mosto padrão foi preparado por infusão de chá verde (*Camellia sinensis*) na concentração de 5 g/L em água mineral, adoçado com 60 g/L de açúcar cristal. Após resfriamento espontâneo até aproximadamente 30 °C, foram adicionados SCOBY (30 g/L) e 10% (v/v) de cultura starter (**Figura 9**).

Figura 9 – Etapas de preparação da primeira fermentação da kombucha base: (a) aquecimento da água para infusão do chá (80 °C); (b) inoculação com SCOBY; (c) adição da cultura starter; (d) Biorreator contendo o mosto pronto para o início da fermentação da kombucha base.



Fonte: Autor (2025).

A **Tabela 1** apresenta a formulação base para a primeira fermentação de todos os experimentos realizados neste estudo, denominadas K-B.

Tabela 1 – Formulações de kombucha base (K-B) para posteriores saborizações com polpa de caju e pimenta-rosa.

MATÉRIAS-PRIMAS	FORMULAÇÕES
	K-B
Água Mineral (mL)	1800
Chá verde (g)	10
Açúcar cristal (g)	120
SCOBY (g)	60
Cultura <i>starter</i> (mL)	200

Fonte: Autor (2025).

A fermentação primária foi conduzida em temperatura ambiente (25–28 °C) por período de até 10 dias, em frascos higienizados, cobertos com tecido de voal para permitir trocas gasosas e prevenir contaminações externas. Durante essa etapa, foram realizadas coletas periódicas de amostras a cada dois dias, com o objetivo de acompanhar a cinética fermentativa por meio da evolução dos parâmetros físico-químicos, especialmente a acidez total, até atingir no máximo valores próximos de 130 mEq/L.

Ao final da fermentação primária, a bebida foi filtrada para remoção do SCOBY e transferida para recipientes graduados, sendo parte do volume reservado como cultura starter para as fermentações subsequentes.

4.3 ESTRATÉGIAS DE SABORIZAÇÃO E SEGUNDA FERMENTAÇÃO

A segunda fermentação da kombucha foi conduzida a partir da adoção de diferentes estratégias de saborização, definidas com base no método de obtenção da polpa de caju e na forma de incorporação da fruta ao processo fermentativo. Essas estratégias tiveram como objetivo avaliar a influência do tipo de processamento do fruto sobre a cinética fermentativa e os parâmetros físico-químicos da kombucha gaseificada.

Todas as estratégias de saborização foram aplicadas após a conclusão da fermentação primária, conduzida conforme descrito no item 4.2, garantindo a padronização das condições iniciais do processo fermentativo.

As análises foram realizadas em triplicata, com o objetivo de avaliar a carbonatação, o aspecto físico da bebida e a influência da adição da polpa de caju no comportamento fermentativo durante a segunda fermentação. Nessa etapa, foram conduzidas análises físico-químicas no início e ao final do processo fermentativo, sendo determinados os parâmetros de pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (°Brix) e

açúcares redutores totais, a fim de acompanhar as alterações decorrentes da atividade metabólica dos microrganismos presentes na kombucha.

As seguintes estratégias foram adotadas no presente estudo:

- **Estratégia 1:** Saborização com polpa de caju obtida por prensagem mecânica do fruto *in natura*;
- **Estratégia 2:** Saborização por infusão do fruto de caju, conduzida sob diferentes condições térmicas (infusão em temperatura ambiente e infusão a frio sob refrigeração);
- **Estratégia 3:** Saborização com polpa comercial de caju isenta de conservantes com adição de pimenta rosa fixa.

De forma que, em todos os métodos, foram coletadas amostras no tempo inicial e final (após 4 dias de fermentação).

4.3.1 Saborização com polpa de caju *in natura* prensada

Nesta estratégia, a kombucha foi saborizada com polpa de caju obtida por prensagem mecânica do fruto fresco, previamente sanitizado e retirado as castanhas. Com utilização da polpa *in natura* verificamos o efeito da adição direta dos açúcares fermentescíveis na produção de ácidos orgânicos e compostos bioativos naturalmente presentes no pedúnculo do caju sob a bebida fermentada produzida ao final da saborização.

Para a estratégia de adição de polpa, sendo está prensada ou comercial, foram adicionadas em três concentrações distintas (5%, 10% e 15% v/v), permitindo avaliar a influência da quantidade de substrato fermentável residual sobre os parâmetros físico-químicos e a intensidade da gaseificação. As formulações resultantes foram identificadas como K-P5, K-P10 e K-P15, para as polpas prensadas, conforme apresentado na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Formulações de kombucha saborizada com polpa de caju *in natura* prensada.

MATÉRIAS-PRIMAS	FORMULAÇÕES		
	K-P5	K-P10	K-P15
Kombucha base (mL)	1900	1800	1700
Polpa de caju <i>in natura</i> (mL)	100	200	300

Fonte: Autor (2025).

4.3.2 Saborização por infusão de pedaços do fruto de caju

A estratégia de infusão do fruto de caju foi adotada para podermos avaliar o efeito da temperatura, independentemente da variação de concentração nos parâmetros físico-químicos da kombucha final. Para isso, optou-se pela utilização de massa fixa de caju em pedaços (20 g) previamente higienizados, adicionada a um volume final padronizado de 200 mL de kombucha, buscando uma proporção aproximada de 10% (m/m). Essa abordagem foi escolhida em função das diferenças de densidade entre a bebida fermentada e a matriz sólida do fruto, permitindo maior controle experimental e comparabilidade entre as condições avaliadas.

Com isso a infusão atingiu um período de no máximo 24h. Após o período de infusão, os pedaços de caju foram removidos por filtragem voal, caracterizando um processo de saborização por extração prévia, sem permanência de sólidos durante a etapa fermentativa seguinte. Com isso a kombucha saborizada por infusão seguiu para o envase em garrafas hermeticamente fechadas e armazenadas nas suas respectivas faixas de temperatura do experimento.

Foram investigadas duas condições térmicas de infusão:

- infusão a temperatura ambiente (26–29 °C);
- infusão a frio, sob refrigeração (0–4 °C).

Essas condições permitiram avaliar como a temperatura influencia a extração de compostos solúveis do fruto e seus reflexos nos parâmetros físico-químicos da kombucha.

a) Infusão à temperatura ambiente

Na infusão a temperatura ambiente, os pedaços de caju permaneceram em contato com a kombucha durante o período de 24h, favorecendo a extração gradual de açúcares, compostos fenólicos e metabólitos solúveis. Em seguida foram filtrados posteriormente por voal e dado início à etapa de segunda fermentação. A formulação foi denominada de K-ITA.

b) Infusão à temperatura de refrigeração

Na infusão a frio, os pedaços de caju foram adicionados à kombucha e mantidos sob refrigeração durante o período de 24h, reduzir a atividade metabólica dos microrganismos e a velocidade de extração dos compostos do fruto, permitindo avaliar o impacto da menor temperatura sobre o processo fermentativo. A formulação foi denominada de K-ITR. Na **Tabela 3** está mostrando as formulações das duas infusões realizadas.

Tabela 3 – Formulações das kombuchas saborizadas por infusão do fruto de caju à temperatura ambiente e temperatura de refrigeração.

MATÉRIAS-PRIMAS	FORMULAÇÕES	
	K-ITA	K-ITR
Kombucha base (mL)	200	200
Caju em pedaços (g)	20	20

Fonte: Autor (2025).

Após a adição da polpa de caju nas concentrações e medidas estabelecidas, as bebidas foram envasadas em garrafas de 200 mL previamente higienizadas, dando início à segunda fermentação. As garrafas foram mantidas em temperatura ambiente.

Ao início e término da fermentação secundária, as formulações foram submetidas às análises físico-químicas de pH, acidez titulável, teor alcoólico, sólidos solúveis totais (°Brix) e açúcares redutores totais (ART).

4.3.3 Saborização com polpa de caju comercial sem conservantes e pimenta rosa fixa.

Nesta estratégia, utilizou-se polpa comercial de caju isenta de conservantes, com o objetivo de avaliar a influência de uma matéria-prima industrialmente processada sobre os parâmetros da kombucha, em comparação às estratégias envolvendo fruto *in natura* e infusão. Antes da adição da polpa nas três concentrações (5%, 10% e 15% v/v), foi realizada uma etapa previa de infusão da pimenta rosa por um período de 24h sob refrigeração em quantidade fixa de 1g/L de kombucha elaborada, sendo nomeadas na formulação como K-SC5, K-SC10 e K-SC15, mantendo-se constantes os demais constituintes do processo. As formulações estão apresentadas na **Tabela 4**.

Tabela 4 – Formulações de kombucha saborizada com polpa comercial de caju sem conservantes e pimenta-rosa.

MATÉRIAS-PRIMAS	FORMULAÇÕES		
	K-SC5	K-SC10	K-SC15
Kombucha base (mL)	1900	1800	1700
Polpa de caju s/conservantes (mL)	100	200	300
Pimenta-rosa (g)	2	2	2

K-SC5 – 5% de polpa de caju; K-SC10 – 10% de polpa de caju; K-SC15 – 15% de polpa de caju.

Fonte: Autor (2025).

Adicionar a pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius Raddi*) em concentração fixa de 1 g/L em todas as formulações com polpa sem conservantes, serviu para padronizar sua contribuição aromática, possibilitando que os efeitos observados fossem atribuídos principalmente às estratégias de obtenção e adição de polpa de caju.

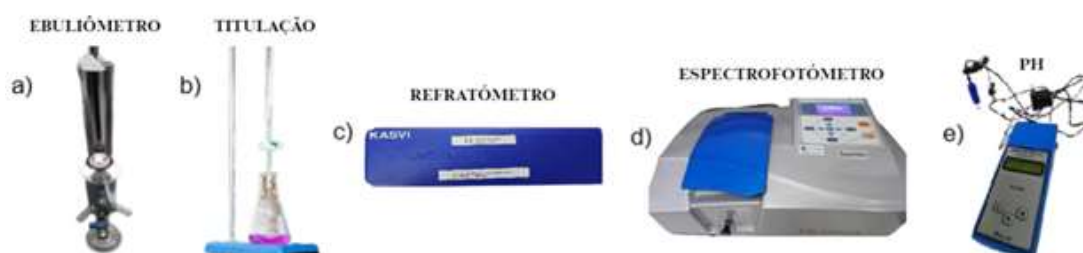
A variação nas concentrações de polpa de caju foi adotada como estratégia experimental para avaliar a influência da disponibilidade de substratos fermentescíveis e compostos solúveis do fruto sobre a atividade fermentativa e os parâmetros físico-químicos da kombucha gaseificada. A adição de polpa de caju em diferentes proporções permite analisar como o incremento gradual da fração frutal interfere na dinâmica fermentativa, especialmente na produção de ácidos orgânicos, variação do pH e formação de dióxido de carbono durante a segunda fermentação.

4.4 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FORMULAÇÕES DE KOMBUCHA GASEIFICADA SABORIZADA COM POLPA DE CAJU E PIMENTA-ROSA

A avaliação físico-química das formulações de kombucha foi realizada com o objetivo de monitorar o comportamento fermentativo ao longo das etapas de produção e verificar a influência das diferentes estratégias de saborização sobre as características finais da bebida.

Inicialmente, as amostras de polpa de caju utilizadas nas diferentes estratégias de saborização foram caracterizadas quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), determinado por leitura direta em pHmetro digital (MPA210, versão 7.1), previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. A acidez total foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, utilizando fenolftaleína como indicador, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), sendo os resultados expressos em mEq/L. Os sólidos solúveis totais (°Brix) foram avaliados por refratometria, utilizando refratômetro manual da marca KASVI, com leitura direta após deposição da amostra sobre o prisma do equipamento. Os açúcares redutores totais (ART) foram determinados pelo método do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), conforme descrito por Miller (1959), baseado na reação de redução do DNS pelos açúcares redutores, com formação de composto colorido quantificado por espectrofotometria em comprimento de onda de 540 nm, utilizando equipamento da marca DRAWELL (**Figura 10**). O teor alcoólico foi determinado por método ebuliométrico, baseado na variação do ponto de ebulição da amostra em relação à água pura, utilizando Ebuliômetro devidamente calibrado.

Figura 10 – Equipamentos utilizados nas análises para a 1ª e 2ª etapa de fermentação da kombucha: a) Ebuliômetro; b) bureta e vidrarias de titulação volumétrica; c) refratômetro de campo; d) espectrofotômetro digital; e) pHmetro digital.



Fonte: Autor (2025).

As análises físico-químicas da kombucha foram realizadas tanto durante a primeira fermentação quanto após a segunda fermentação (gaseificação), permitindo o acompanhamento da cinética fermentativa e a comparação entre as diferentes estratégias de saborização adotadas neste estudo, sendo estas: a determinação dos parâmetros de pH, sólidos solúveis totais, acidez total, açúcares redutores totais e teor alcoólico, este último obtido por método ebulliométrico, seguindo as mesmas metodologias descritas anteriormente.

4.6 METODOLOGIA ESTATÍSTICA

Os resultados das determinações serão submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, utilizando o programa Statistica®, versão 7. Os dados expressos como média de 3 replicatas $\pm$ desvio padrão. A significância para as diferenças entre as médias foi de 5% ($p \leq 0,05$).

5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1 CINÉTICA FERMENTATIVA DA KOMBUCHA BASE

O processo estabelecido como primeira etapa da fermentação da kombucha seguiu o padrão de formulação descrito no item 4.1. Foram realizados os testes denominados: Teste Preliminar, Experimento 1 e Experimento 2, estes referentes às fermentações para a elaboração das kombuchas, realizadas em momentos distintos, porém com a mesma formulação base.

Com base nos resultados obtidos no teste preliminar (apêndice) e nas discussões realizadas durante o planejamento experimental, observou-se que a adição de 10% de caju já proporcionava sabor bastante pronunciado à bebida. Dessa forma, foi possível estipular as concentrações propostas no delineamento experimental (5%, 10% e 15%) e assim permitir melhor avaliação da influência da concentração de polpa no processo fermentativo. Diante disso, realizaram-se dois novos ensaios fermentativos para obtenção da kombucha base, denominados Experimento 1 e Experimento 2.

O Experimento 1 serviu tanto para a saborização com o fruto prensado *in natura*, quanto para as infusões cujos resultados da fermentação primária são apresentados na **Tabela 5**.

Tabela 5 – Análises físico-químicas da 1ª fermentação do Experimento 1 da kombucha de chá verde da *Camellia sinensis*.

1º Fermentação – KOMBUCHA DE CHÁ VERDE – Experimento 1							
Análises (médias)	Dias						
	0	2	4	6	7	8	10
pH	3,71 ± 0,015	3,12 ± 0,020	3,04 ± 0,032	2,92 ± 0,036	2,88 ± 0,011	2,87 ± 0,011	2,59 ± 0,030
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	6,78 ± 0,076	6,73 ± 0,025	6,37 ± 0,057	6,17 ± 0,057	6,00 ± 0,000	5,88 ± 0,028	5,90 ± 0,000
Acidez total (mEq/L)	24,10 ± 0,000	52,22 ± 1,391	62,66 ± 2,410	98,01 ± 1,391	101,22 ± 0,000	110,86 ± 2,410	125,80 ± 0,834
Açúcares Redutores Totais (g/L)	30,66 ± 0,1297	24,70 ± 0,367	23,36 ± 0,212	22,56 ± 0,101	22,44 ± 0,382	18,83 ± 0,550	16,51 ± 0,212

Fonte: Autor (2025).

Durante essa etapa, a fermentação ocorreu ao longo de 10 dias, sendo interrompida quando a acidez total atingiu valores próximos de 130 mEq/L, valor utilizado como referência para finalização da fermentação primária da kombucha.

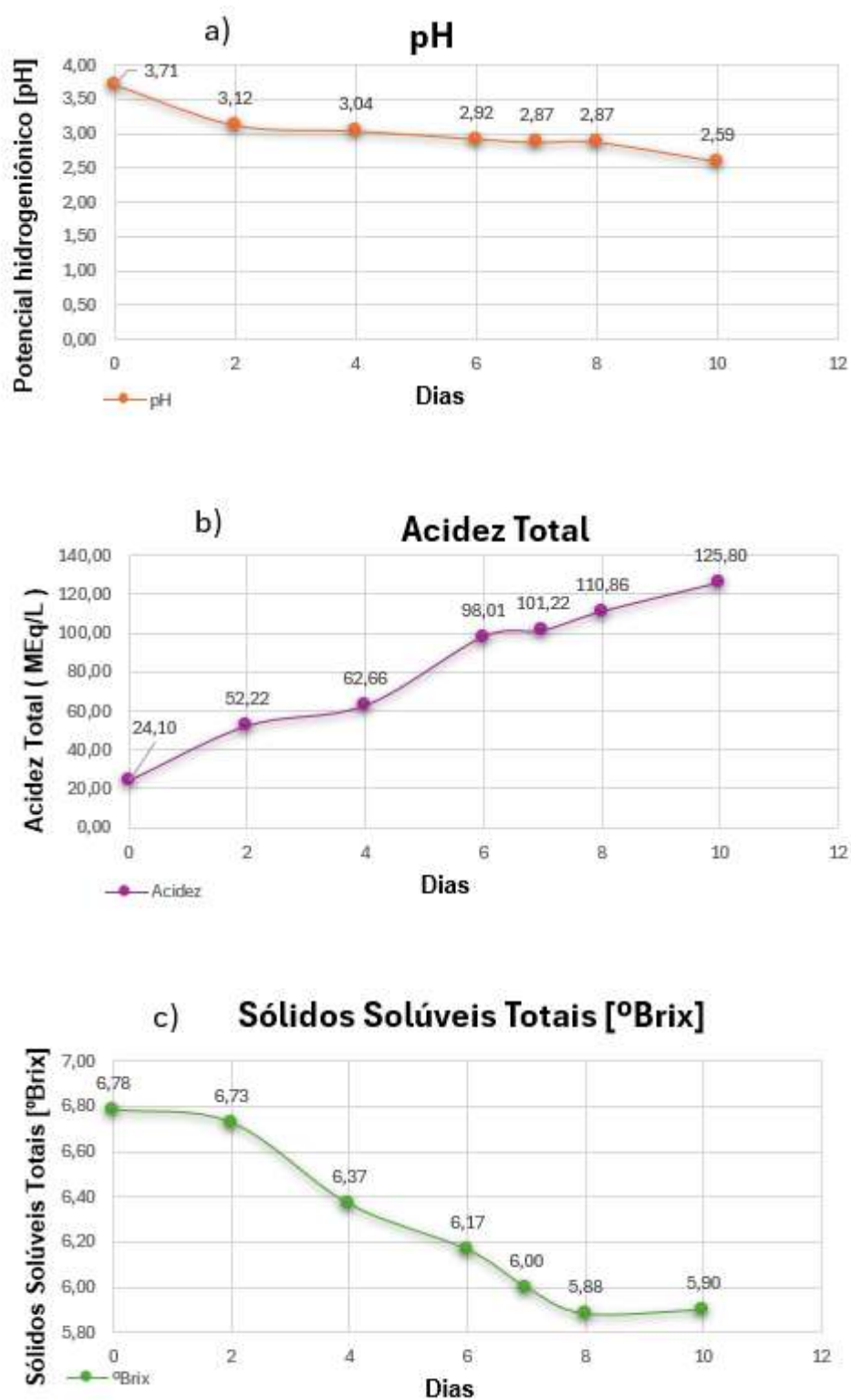
Observou-se redução acentuada do pH ao longo do processo fermentativo, passando de 3,71 no início da fermentação para 2,59 ao final do décimo dia, evidenciando intensa acidificação do meio. Esse comportamento está diretamente relacionado à produção de ácidos orgânicos decorrentes da atividade metabólica das bactérias ácido-acéticas presentes no SCOBY. Durante a fermentação da kombucha, as leveduras inicialmente metabolizam os açúcares disponíveis, produzindo etanol e dióxido de carbono. Posteriormente, bactérias do gênero *Komagataeibacter* oxidam o etanol produzido, gerando principalmente ácido acético, responsável pela redução do pH e aumento da acidez da bebida (Sievers et al., 1995).

A queda do pH foi acompanhada por aumento expressivo da acidez total titulável, que passou de 24,10 mEq/L no início da fermentação para 125,80 mEq/L ao final do processo. O aumento mais significativo ocorreu entre os dias 4 e 6 de fermentação, quando a acidez aumentou de 62,66 mEq/L para 98,01 mEq/L, possivelmente associado a variações de temperatura ambiente durante o período experimental, uma vez que não foi utilizada incubadora para controle térmico.

Em relação aos sólidos solúveis totais, observou-se redução gradual ao longo da fermentação, passando de 6,78 °Brix no início para 5,90 °Brix ao final do processo, evidenciando o consumo de açúcares fermentescíveis durante o processo fermentativo. Esse comportamento também foi confirmado pela análise dos açúcares redutores totais, que apresentaram redução progressiva de 30,66 g/L para 16,51 g/L ao longo dos dez dias de fermentação. Essa diminuição demonstra o consumo dos carboidratos fermentescíveis presentes no meio, os quais são metabolizados pelas leveduras e posteriormente utilizados pelas bactérias para produção de ácidos orgânicos.

As curvas cinéticas apresentadas na **Figura 11** evidenciam esse comportamento fermentativo, caracterizado pela redução simultânea do pH, dos sólidos solúveis totais e dos açúcares redutores, associada ao aumento progressivo da acidez total. Esse padrão é amplamente descrito na literatura para fermentações de kombucha, refletindo a interação metabólica entre leveduras e bactérias presentes no SCOBY, com consumo de açúcares fermentescíveis e produção de ácidos orgânicos (Teoh et al., 2004).

Figura 11 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez total (b), sólidos solúveis totais (c) e Açúcares redutores totais (ART) (d) durante o processo de 1ª fermentação do Experimento 1 (Polpa Prensada e Infusão Q|F).





Fonte: Autor (2025)

Com base nos resultados obtidos no Teste preliminar e no Experimento 1, observou-se comportamento fermentativo consistente da kombucha base, caracterizado pela redução progressiva do pH e dos açúcares fermentescíveis, associada ao aumento da acidez total titulável ao longo do processo. A partir dessas observações, realizou-se um novo ensaio fermentativo, denominado Experimento 2, destinado à obtenção da kombucha base utilizada nas formulações saborizadas com polpa comercial de caju sem adição de conservantes e com adição de pimenta-rosa fixa.

Nesse experimento, a fermentação primária foi conduzida sob as mesmas condições padronizadas estabelecidas nos ensaios anteriores, utilizando chá verde (*Camellia sinensis*), açúcar e SCOBY com seu respectivo *Starter*. O processo fermentativo ocorreu durante aproximadamente 8 dias, sendo interrompido quando os valores de acidez total atingiram cerca de 130 mEq/L, parâmetro adotado como referência para finalização da fermentação primária da kombucha.

Durante o período fermentativo, amostras foram coletadas nos intervalos 0, 2, 5, 6 e 7 dias de fermentação e analisadas em triplicata, sendo determinados os parâmetros de pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (°Brix) e açúcares redutores totais (ART). A fermentação se estendeu um pouco a fim de verificar o acréscimo de acidez. Na **Tabela 6** são apresentados os valores médios obtidos para essas análises ao longo da primeira fermentação do Experimento 2.

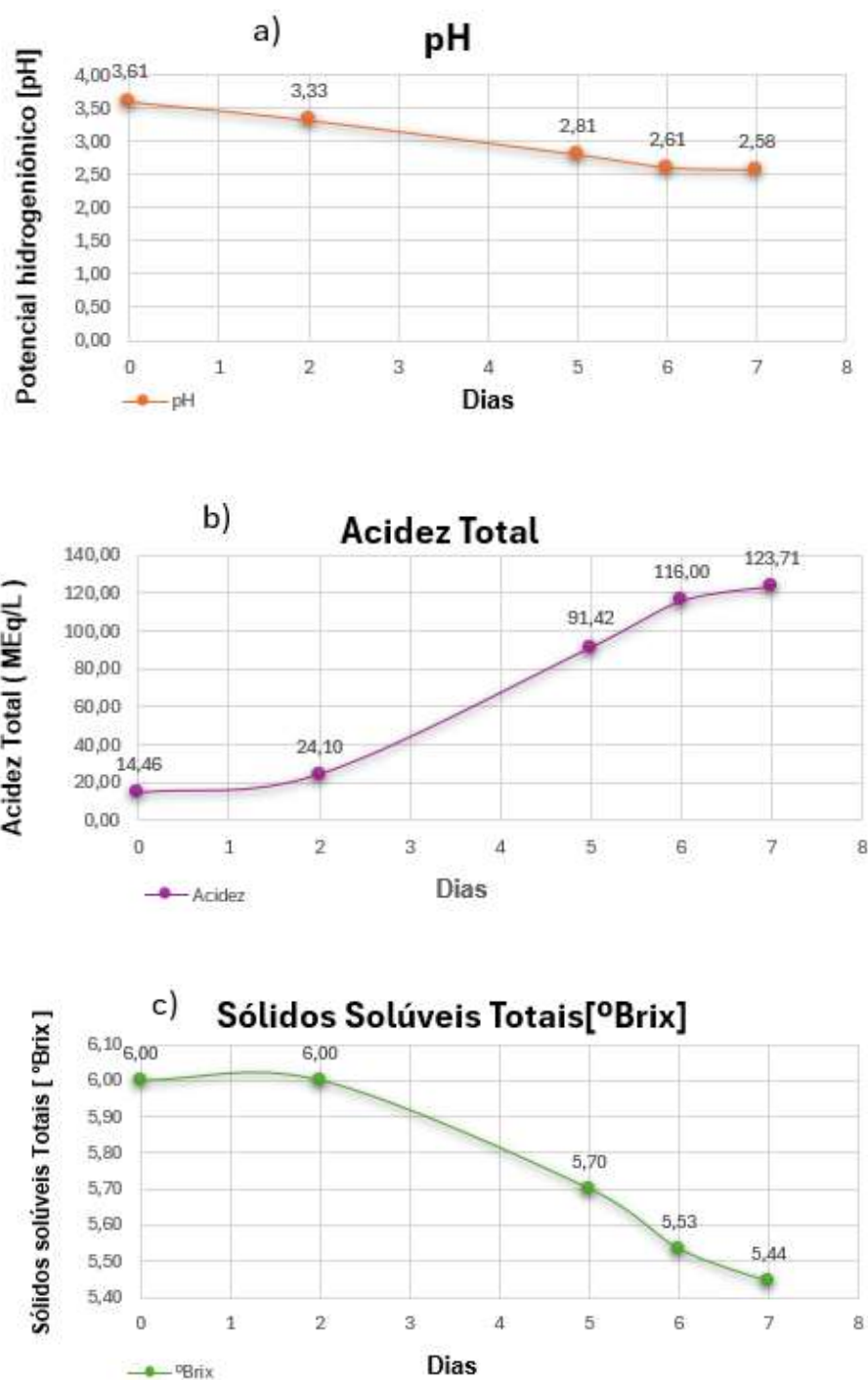
Tabela 6 – Análises da 1ª fermentação do Experimento 2 das propriedades físico-químicas da kombucha de chá verde da *Camellia sinensis*.

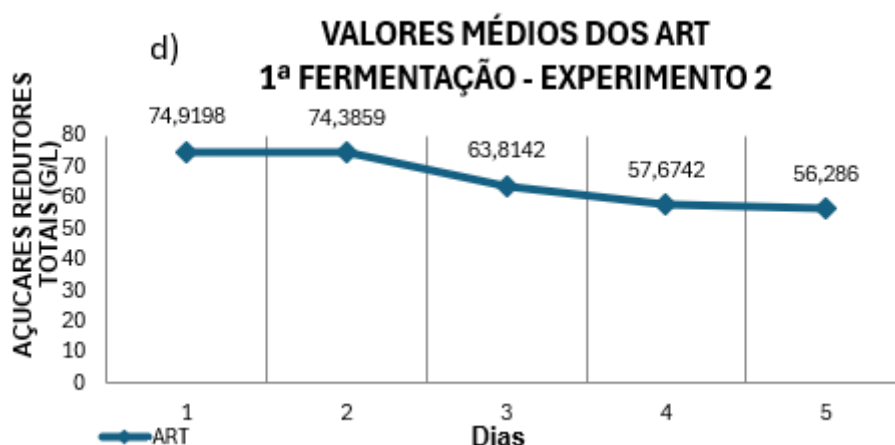
1º Fermentação - KOMBUCHA DE CHÁ VERDE – Experimento 2					
Análises (médias)	0	2	5	6	7
pH	3,61 ± 0,015	3,33 ± 0,036	2,81 ± 0,037	2,61 ± 0,010	2,58 ± 0,005
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	6,00 ± 1,370	6,00 ± 1,533	5,70 ± 1,682	5,53 ± 1,697	5,44 ± 1,659
Acidez total (mEq/L)	14,46 ± 1,368	24,10 ± 1,547	91,42 ± 1,168	116,00 ± 1,703	123,71 ± 1,654
Açúcares Redutores Totais (g/L)	74,92 ± 1,713	74,38 ± 0,641	63,81 ± 1,121	57,67 ± 0,333	56,28 ± 0,160

Fonte: Autor (2025).

As curvas cinéticas apresentadas na **Figura 12** evidenciam esse comportamento fermentativo, caracterizado pela redução simultânea do pH, dos sólidos solúveis totais e dos açúcares redutores, associada ao aumento progressivo da acidez total. Esse padrão é amplamente descrito na literatura para fermentações de kombucha, refletindo a interação metabólica entre leveduras e bactérias presentes no SCOBY (Wang et al., 2023).

Figura 12 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez total (b), sólidos solúveis totais (c) e Açúcares redutores totais (ART) (d) durante o processo de 1ª fermentação do Experimento 2 (Polpa S/Conservante e Pimenta Rosa).





Fonte: Autor (2025).

A comparação entre o Experimento 1 e o Experimento 2 demonstra comportamento fermentativo semelhante entre os experimentos, evidenciado pela redução progressiva do pH e dos açúcares fermentescíveis, associada ao aumento da acidez total ao longo do processo fermentativo. Esses resultados indicam boa reprodutibilidade do processo e confirmam que as condições experimentais adotadas foram adequadas para a obtenção da kombucha base destinada às etapas posteriores de saborização.

Foram observadas pequenas variações no tempo necessário para atingir os valores finais de acidez entre os diferentes ensaios fermentativos. Tais diferenças podem estar relacionadas a variações de temperatura ambiente ao longo do período experimental, uma vez que a atividade metabólica da microbiota presente no SCOBY é diretamente influenciada pelas condições térmicas do meio.

5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS POLPAS UTILIZADAS NAS ETAPAS DE SABORIZAÇÃO

Com o objetivo de caracterizar as matérias-primas utilizadas nas etapas de saborização, foram determinados os parâmetros físico-químicos das diferentes polpas de caju empregadas nos ensaios. Foram avaliadas três condições distintas: polpa comercial com conservantes (utilizada no teste preliminar), polpa de caju obtida a partir de fruto *in natura* por prensagem mecânica, e polpa comercial sem adição de conservantes. A caracterização dessas amostras permite compreender possíveis influências da composição inicial sobre o comportamento fermentativo das kombuchas elaboradas. (**Tabela 7**)

Tabela 7 – Características físico-químicas das polpas de caju mediante as saborizações.

Análises (médias)	Polpa comercial (com conservantes)	Polpa prensada (<i>in natura</i>)	Polpa comercial (sem conservantes)
pH	4,15 ± 0,026	4,74 ± 0,017	4,06 ± 0,057
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	11,00 ± 0,057	10,35 ± 0,104	9,13 ± 0,057
Acidez total (mEq/L)	81,88 ± 0,132	20,89 ± 0,029	85,96 ± 0,057
Açúcares Redutores Totais (g/L)	*	88,23 ± 0,508	114,06 ± 0,087

* Análise não realizada

Fonte: Autor (2025)

Os resultados evidenciam diferenças importantes na composição das polpas utilizadas, as quais podem influenciar diretamente o comportamento fermentativo das bebidas. A polpa prensada apresentou pH mais elevado e menor acidez quando comparada às polpas comerciais, o que pode estar relacionado à menor intensidade de processamento e à ausência de aditivos, preservando características mais próximas do fruto *in natura*.

Por outro lado, as polpas comerciais apresentaram maiores valores de acidez, especialmente na amostra sem conservantes, o que pode estar associado tanto ao processamento industrial quanto a possíveis variações na matéria-prima e nas condições de armazenamento. Em relação aos sólidos solúveis, a polpa comercial com conservantes apresentou maior teor de °Brix, indicando maior concentração de açúcares ou sólidos dissolvidos, enquanto a polpa sem conservantes apresentou valores inferiores.

Observa-se ainda que os teores de açúcares redutores totais foram mais elevados na polpa comercial sem conservantes, o que pode favorecer maior disponibilidade de substratos fermentescíveis para os microrganismos. De modo geral, essas variações reforçam que o tipo de processamento e a forma de obtenção da polpa influenciam sua composição físico-química, podendo impactar diretamente a dinâmica fermentativa e os parâmetros finais das kombuchas elaboradas, visto que a composição da matéria-prima está diretamente relacionada à atividade metabólica microbiana e à formação de metabólitos durante processos fermentativos (Fellows, 2006).

5.3 INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE POLPA DE CAJU POR PROCESSO DE PRENSAGEM NA SEGUNDA FERMENTAÇÃO

Após a obtenção da kombucha base por meio da fermentação primária descrita no item 5.1, foi realizada a etapa de saborização da bebida, com o objetivo de avaliar a influência da adição de polpa de caju e pimenta-rosa sobre os parâmetros físico-químicos da kombucha gaseificada.

Para essa etapa, utilizou-se polpa de caju obtido por prensagem mecânica do fruto *in natura*, procedimento que permite a extração do líquido mantendo compostos característicos da fruta, como açúcares, ácidos orgânicos e compostos aromáticos. A utilização do fruto fresco foi adotada com o intuito de preservar as características naturais do caju, evitando interferências decorrentes de processos industriais ou da presença de aditivos.

A partir de aproximadamente 2 kg de caju *in natura* obtidos no comércio local, realizou-se a separação manual das castanhas e dos pedúnculos. Foram obtidos cerca de 250 g de castanhas e 1,7 kg de pedúnculo, correspondendo a aproximadamente 12,5% e 85% da massa total do fruto, respectivamente. Esses valores são compatíveis com dados reportados na literatura, que indicam que o caju é composto, em média, por cerca de 10% de castanha e 90% de pedúnculo em relação ao peso total do fruto (Silva Neto, 2000). Posteriormente, os pedúnculos foram submetidos à prensagem mecânica para obtenção da polpa, resultando em aproximadamente 1,5 L de polpa de caju. Esse rendimento corresponde a cerca de 88% em relação à massa do pedúnculo, valor superior aos rendimentos de 75–85% descritos para a extração de polpa de caju por processos de prensagem ou desintegração do pseudofruto.

Durante o processamento, foram observadas algumas dificuldades operacionais, relacionadas ao manuseio e à higienização do equipamento utilizado para prensagem. Em um contexto de produção em maior escala, esse aspecto pode representar um ponto crítico do processo, uma vez que a polpa obtida deve estar isenta de contaminantes. Para auxiliar na separação dos sólidos, realizou-se uma etapa de filtração utilizando tecido de voal devidamente vedado, permitindo a retenção eficiente dos bagaços sem comprometimento da integridade da malha durante a aplicação da pressão.

Além da polpa de caju, foi realizada a adição prévia de pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius Raddi*) em concentração fixa nas formulações utilizando polpa de fruta sem conservantes, a fim de obtermos mais um estilo de saborização, esta adição foi realizada de forma separada após a remoção dos percentuais de *Starter* para os próximos

experimentos e da remoção do SCOBY, sendo assim infundidas na kombucha filtrada e removida no dia posterior, feito isso o processo de saborização foi aplicado.

A estratégia experimental consistiu na elaboração de diferentes formulações variando-se a forma de saborização, seja por tipo de polpa, infusão do fruto ou especiarias. Dessa forma, foi possível avaliar de maneira mais precisa a influência da concentração de polpa de caju na dinâmica do processo fermentativo, o efeito da temperatura e o método de saborização nas características físico-químicas da bebida.

Após a adição dos ingredientes, as formulações do item 4.3.1 foram submetidas à segunda etapa de fermentação, realizada em garrafas hermeticamente fechadas, permitindo a ocorrência de fermentação anaeróbica e a consequente carbonatação natural da bebida, efeito *priming*. Durante o período de 4 dias de carbonatação, foram realizadas análises físico-químicas do início e do fim do processo, com o objetivo de acompanhar as alterações nos parâmetros relacionados à fermentação.

Essa abordagem experimental permitiu avaliar como diferentes estratégias de saborização com polpa de caju obtido por prensagem mecânica, podem influenciar o comportamento fermentativo e os parâmetros físico-químicos da kombucha gaseificada.

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Na **Tabela 8** são apresentados os valores médios das análises físico-químicas referentes à segunda fermentação do Experimento 1 da kombucha produzida com chá verde (*Camellia sinensis*).

Tabela 8 – Análises das propriedades físico-químicas da kombucha do Experimento 1 pós-saborização nas concentrações de 5% (K-P5), 10% (K-P10) e 15% (K-P15) de caju prensado.

2° Fermentação – Experimento 1 KOMBUCHA COM POLPA DE CAJU PRENSADO						
Análises (médias)	K-P5		K-P10		K-P15	
	Dias		Dias		Dias	
	0	4	0	4	0	4
pH	2,76 ± 0,011	2,71 ± 0,005	2,87 ± 0,015	2,83 ± 0,011	3,02 ± 0,015	2,94 ± 0,015
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	6,18 ± 2,410	3,80 ± 0,000	6,30 ± 0,000	5,23 ± 0,000	6,73 ± 1,390	5,22 ± 0,000
Acidez total (mEq/L)	118,89± 0,015	112,31 ± 0,015	118,89± 0,050	122,11 ± 0,025	118,89± 0,051	126,12 ± 0,034
Açúcares Redutores Totais (g/L)	55,09 ± 1,664	29,19 ± 0,233	57,65 ± 0,741	42,89 ± 0,2424	59,36 ± 0,799	40,99 ± 0,2930

Fonte: Autor (2025).

Durante a segunda fermentação da kombucha saborizada com polpa de caju prensado, observou-se redução dos sólidos solúveis totais e dos açúcares redutores totais, indicando consumo de carboidratos pelas leveduras e bactérias presentes na bebida (Wang; Huang; Zhang, 2022).

Na formulação contendo 5% de polpa de caju, os sólidos solúveis totais reduziram de 6,18 para 3,80 °Brix, enquanto os açúcares redutores totais passaram de 55,09 g/L para 29,19 g/L ao final do período fermentativo. Nas formulações contendo 10% e 15% de polpa, os sólidos solúveis totais reduziram de 6,30 para 5,23 °Brix e de 6,73 para 5,22 °Brix, respectivamente. De forma semelhante, os açúcares redutores totais apresentaram redução de 57,65 g/L para 42,89 g/L na formulação de 10% e de 59,36 g/L para 40,99 g/L na formulação de 15%.

Esses resultados confirmam a ocorrência de atividade fermentativa durante a segunda fermentação, uma vez que os açúcares presentes no meio foram utilizados como substrato pelos microrganismos da cultura simbiótica, resultando na produção de metabólitos como etanol, dióxido de carbono e ácidos orgânicos. A formulação contendo 5% de polpa de caju apresentou maior redução relativa dos açúcares, sugerindo maior intensidade metabólica nessa condição, possivelmente associada à menor concentração de sólidos provenientes da fruta, o que pode favorecer a atividade microbiana (Araújo Filho et al., 2023).

Os valores de pH mantiveram-se entre 2,71 e 2,94 ao longo da segunda fermentação, permanecendo dentro da faixa típica observada para bebidas fermentadas do tipo kombucha e considerada microbiologicamente segura para consumo (Chong et al., 2024).

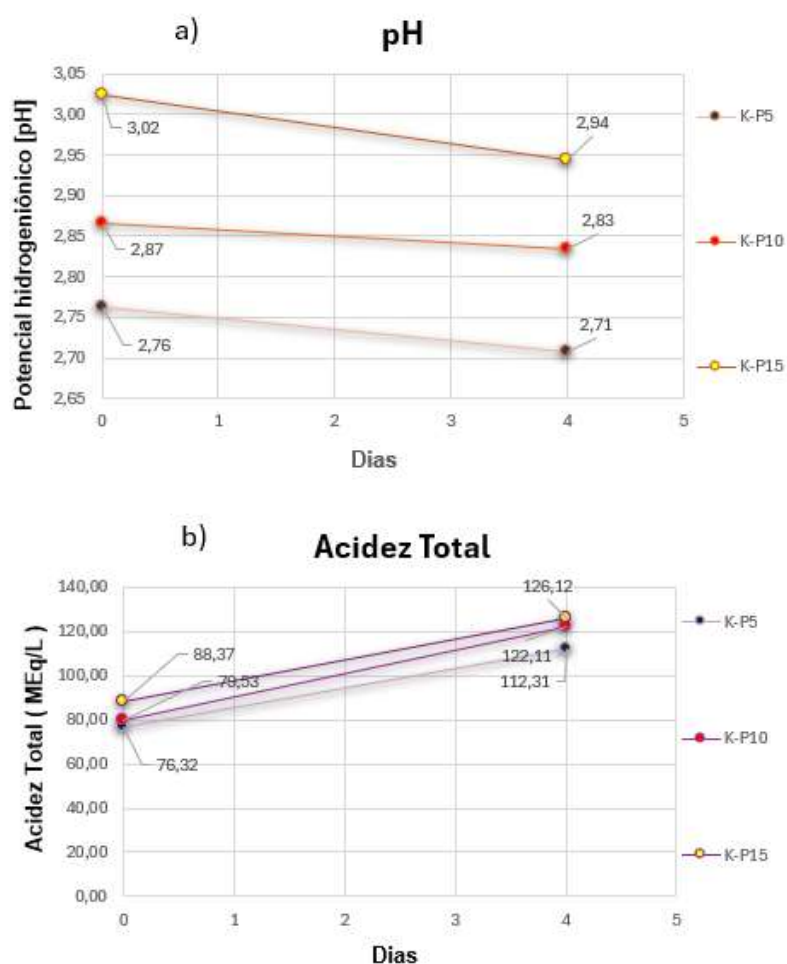
Em relação à acidez total titulável, observou-se comportamento distinto entre as formulações. Na kombucha contendo 5% de polpa de caju, houve leve redução da acidez de 118,89 mEq/L para 112,31 mEq/L ao longo do período fermentativo. Por outro lado, nas formulações contendo 10% e 15% de polpa, verificou-se aumento da acidez, passando de 118,89 mEq/L para 122,11 mEq/L e 126,12 mEq/L, respectivamente. Esse comportamento pode estar relacionado às diferenças na disponibilidade de substratos fermentescíveis e à maior atividade das bactérias ácido-acéticas, responsáveis pela produção de ácidos orgânicos durante a fermentação (Wang et al., 2022).

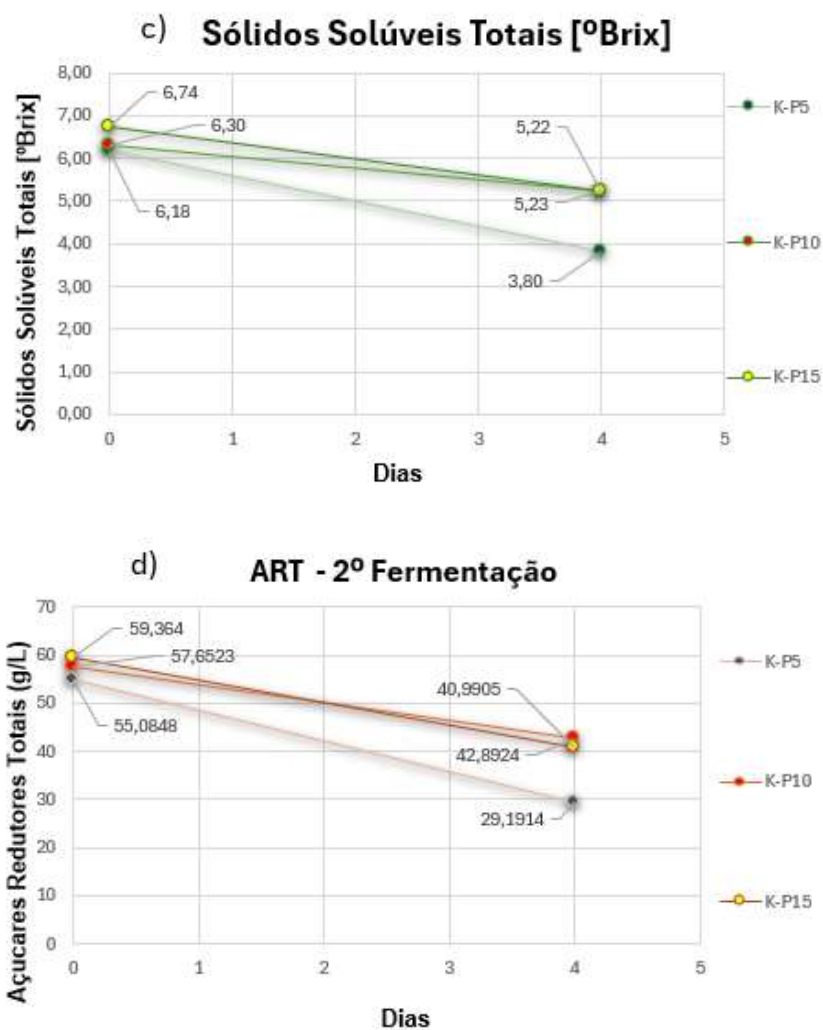
Foram realizadas as determinações dos teores alcoólicos das três formulações saborizadas, resultando em valores de 0,82 °GL, 1,05 °GL e 1,35 °GL para as kombuchas contendo 5%, 10% e 15% de polpa de caju, respectivamente. Esses resultados crescem à

medida que o teor de suco aumenta e indicam que todas as bebidas apresentaram caráter levemente alcoólico, uma vez que valores superiores a 0,5 °GL ultrapassam o limite estabelecido pela legislação brasileira para classificação de bebidas não alcoólicas.

Na **Figura 13** são apresentadas as curvas correspondentes às análises físico-químicas da segunda fermentação das kombuchas saborizadas nas concentrações de 5%, 10% e 15% de caju prensado, incluindo os parâmetros pH, acidez total, sólidos solúveis totais e açúcares redutores totais.

Figura 13 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez total (b), sólidos solúveis totais (c) e Açúcares redutores totais (ART) (d), durante a 2ª fermentação das kombuchas saborizadas com 5% (K-P5), 10% (K-P10) e 15% (K-P15) de polpa de caju prensado.





Fonte: Autor (2025).

De modo geral, os resultados evidenciam que a proporção de polpa de caju adicionada durante a segunda fermentação influencia diretamente o metabolismo microbiano da kombucha, refletindo-se em alterações nos parâmetros físico-químicos e no teor alcoólico da bebida. As diferenças observadas entre as formulações reforçam a importância do controle das condições de fermentação para garantir a padronização, estabilidade e qualidade da kombucha produzida (Chong et al., 2024).

5.4 INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE PEDAÇOS DE CAJU POR PROCESSO DE INFUSÃO NA SEGUNDA FERMENTAÇÃO

Dando continuidade às estratégias de saborização, investigou-se a influência da adição de pedaços de caju por infusão prévia à segunda fermentação nos parâmetros físico-químicos da kombucha. Diferentemente da etapa anterior, com polpa de caju obtida por prensagem mecânica, utilizou-se a mesma kombucha base da primeira fermentação, modificando apenas a forma de saborização por infusão, para avaliar o efeito da extração gradual de compostos do fruto sólido sob temperatura ambiente e refrigeração.

Foram avaliadas duas condições de infusão: infusão à temperatura ambiente (26–29 °C) e infusão a frio sob refrigeração (0–4 °C). Em ambas as condições, os pedaços de caju permaneceram em contato com a bebida por aproximadamente 24 horas, permitindo a extração de compostos solúveis do fruto, como açúcares, ácidos orgânicos e compostos fenólicos. Após esse período, os pedaços foram removidos por filtração utilizando tecido de voal, caracterizando um processo de saborização por extração prévia, sem permanência de sólidos durante a etapa fermentativa subsequente. Na **Tabela 9** são apresentados os valores médios obtidos para essas análises nas duas condições de infusão avaliadas.

Tabela 9 – Análises das propriedades físico-químicas da kombucha do Experimento 1, pós – saborização, na concentração de 10 % m/m de caju por infusão sob temperatura ambiente (K-ITA) e Refrigeração (K-ITR).

2° Fermentação – Experimento 1				
KOMBUCHA COM CAJU POR INFUSÃO 10% m/m				
Análises (médias)	K-ITA		K-ITR	
	Dias		Dias	
	0	4	0	4
pH	2,91 ± 0,006	2,86 ± 0,025	2,98 ± 0,005	2,92 ± 0,015
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	6,45 ± 0,050	3,93 ± 0,115	6,51 ± 1,213	4,34 ± 0,391
Acidez total (mEq/L)	108,45 ± 1,213	123,71 ± 1,391	113,27 ± 0,964	117,29 ± 1,391
Açúcares Redutores Totais (g/L)	50,31 ± 0,560	26,82 ± 0,242	50,56 ± 0,183	33,65 ± 1,242

Fonte: Autor (2025).

Após a etapa de infusão e condução da segunda fermentação, foram observadas alterações nos parâmetros físico-químicos da kombucha, refletindo o consumo de substratos fermentescíveis e a atividade metabólica dos microrganismos presentes na bebida. Os resultados obtidos indicam que a temperatura de infusão exerceu influência sobre a dinâmica fermentativa e sobre a disponibilidade de açúcares no meio.

Na infusão realizada à temperatura ambiente, os sólidos solúveis totais reduziram de $6,45 \pm 0,050$ para $3,93 \pm 0,115$ °Brix ao final do processo fermentativo. De forma semelhante, os açúcares redutores totais apresentaram redução de 50,31 g/L para 26,82 g/L, evidenciando consumo significativo de substratos pelas leveduras e bactérias presentes na kombucha. Esse comportamento indica maior atividade fermentativa na saborização nessa condição, favorecendo a conversão de açúcares em metabólitos como etanol, dióxido de carbono e ácidos orgânicos.

Na infusão conduzida sob refrigeração, também foi observada redução nos sólidos solúveis totais e nos açúcares redutores totais, porém de forma menos acentuada. Os valores de sólidos solúveis totais passaram de $6,51 \pm 1,213$ para $4,34 \pm 0,391$ °Brix, enquanto os açúcares redutores totais reduziram de 50,56 g/L para 33,65 g/L. Esse comportamento sugere menor intensidade metabólica dos microrganismos sob condições de baixa temperatura na saborização, uma vez que a atividade enzimática e o crescimento microbiano tendem a ser reduzidos em temperaturas mais baixas.

Os valores de pH permaneceram relativamente estáveis ao longo do processo fermentativo em ambas as condições avaliadas, variando entre 2,86 e 2,98 ao final das fermentações de K-ITA e K-ITR, respectivamente.

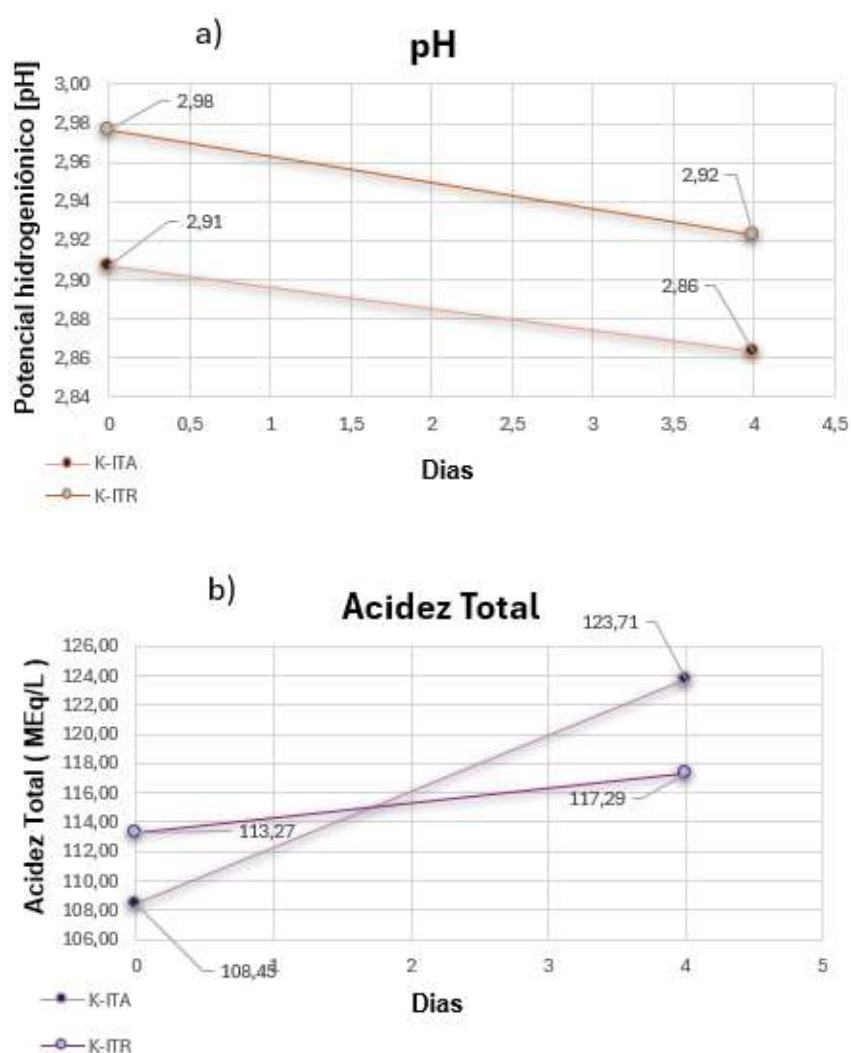
Em relação à acidez total titulável, observou-se comportamento distinto entre as condições de infusão. Na infusão realizada à temperatura ambiente, a acidez aumentou de 118,89 mEq/L para 123,71 mEq/L ao final da fermentação, indicando maior atividade das bactérias ácido-acéticas e consequente produção de ácidos orgânicos. Por outro lado, na infusão conduzida sob refrigeração, verificou-se leve redução da acidez, passando de 118,89 mEq/L para 117,29 mEq/L, o aumento ocorre justamente na etapa de saborização, onde a temperatura influenciou diretamente no aumento metabólico dos microrgânicos e suas produções de ácidos orgânicos.

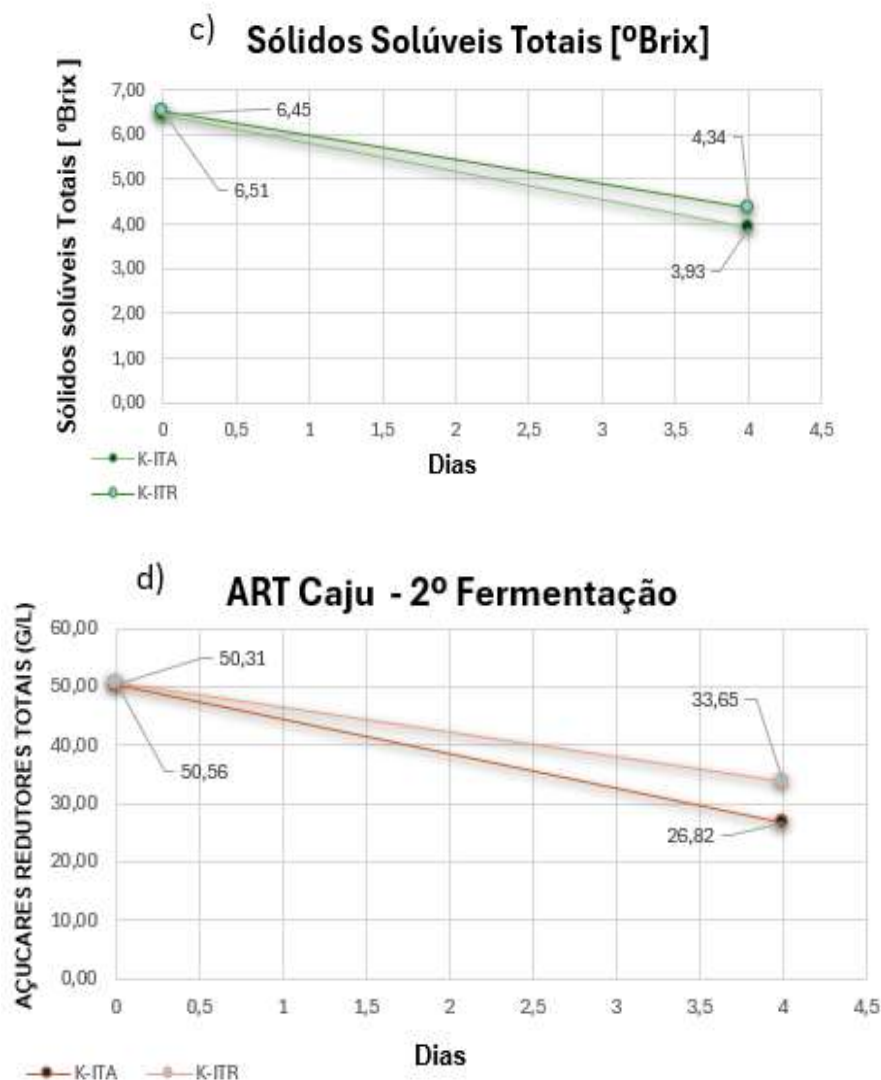
As análises ebulliométricas indicaram teores alcoólicos de 1,79 °GL para a kombucha submetida à infusão à temperatura ambiente e 1,25 °GL para a infusão sob refrigeração. Esses resultados indicam que a maior temperatura favoreceu a atividade fermentativa, resultando em maior conversão de açúcares em etanol. Além disso, os

valores observados superam o limite de 0,5 °GL estabelecido pela legislação brasileira para classificação de bebidas não alcoólicas.

Na **Figura 14** são apresentadas as curvas correspondentes às análises físico-químicas da segunda fermentação das kombuchas saborizadas por infusão nas duas condições de temperatura avaliadas.

Figura 14 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez total (b), sólidos solúveis totais (c) e Açúcares redutores totais (ART) (d), durante a 2ª fermentação das kombuchas saborizadas com 10 % m/m de caju por infusão sob Temperatura Ambiente (K-ITA) e Refrigeração (K-ITR).





Fonte: Autor (2025).

De modo geral, os resultados evidenciam que a temperatura de infusão influencia diretamente a extração de compostos do fruto e a disponibilidade de substratos fermentescíveis durante a segunda fermentação da kombucha. A condição de temperatura ambiente favoreceu maior consumo de açúcares e maior produção de etanol, enquanto a infusão sob refrigeração promoveu fermentação mais moderada, indicando que o controle térmico pode ser utilizado como estratégia para modular o perfil fermentativo e as características finais da bebida.

5.5 INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE POLPA DE CAJU ISENTA DE CONSERVANTES E PIMENTA ROSA FIXA NA SEGUNDA FERMENTAÇÃO

Partindo para a última estratégia de saborização, investigou-se a influência da adição de polpa comercial de caju isenta de conservantes com adição de pimenta-rosa fixa nos parâmetros físico-químicos da kombucha durante a segunda fermentação. A utilização de polpa comercial sem aditivos químicos teve como objetivo avaliar se a ausência de conservantes poderia favorecer ou interferir na atividade metabólica da microbiota presente na kombucha, visto que no teste preliminar foi utilizada uma polpa comercial contendo conservantes, a pimenta servindo como adjunto sensorial e funcional a bebida, contribuindo com o sabor e aroma, abrindo mais um leque para um tipo de saborização. A **Tabela 10** apresenta os valores médios obtidos nas análises físico-químicas referentes à segunda fermentação do Experimento 2.

Tabela 10 – Análises das propriedades físico-químicas da kombucha pós-saborização nas concentrações de 5% (K-SC5), 10% (K-SC10) e 15% (K-SC15) de polpa de caju comercial sem conservantes e pimenta-rosa.

2° Fermentação – Experimento 2 KOMBUCHA COM POLPA DE CAJU COMERCIAL SEM CONSERVANTES E PIMENTA-ROSA						
Análises (médias)	K-SC5		K-SC10		K-SC15	
	Dias		Dias		Dias	
	0	4	0	4	0	4
pH	2,82 ± 0,006	2,75 ± 0,015	2,94 ± 0,011	2,88 ± 0,005	2,99 ± 0,017	2,97 ± 0,015
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	6,00 ± 0,000	4,80 ± 0,000	6,00 ± 0,000	4,40 ± 0,000	6,00 ± 0,000	4,60 ± 0,000
Acidez total (mEq/L)	114,07 ± 0,000	120,50 ± 1,391	118,09 ± 1,391	123,71 ± 2,410	122,91 ± 0,000	127,73 ± 2,410
Açúcares Redutores Totais (g/L)	41,17 ± 0,687	39,26 ± 0,888	45,53 ± 1,311	35,144 ± 0,388	46,90 ± 0,284	31,02 ± 0,273

Fonte: Autor (2025).

Ao longo da segunda fermentação, observou-se redução nos valores de sólidos solúveis totais e açúcares redutores totais em todas as formulações avaliadas, indicando consumo de substratos fermentescíveis pela microbiota presente na kombucha. Essa redução foi mais expressiva na formulação contendo 15% de polpa de caju, na qual os

açúcares redutores totais diminuíram de 46,90 g/L para 31,02 g/L após quatro dias de fermentação, sugerindo maior atividade metabólica nessa condição.

Os valores de pH apresentaram pequenas variações durante o período avaliado, mantendo-se entre 2,75 e 2,99 nas três formulações analisadas. Essa estabilidade indica que o meio já se encontrava suficientemente acidificado após a fermentação primária, limitando alterações mais expressivas nesse parâmetro durante a etapa de saborização. Esse comportamento está de acordo com o observado por Rodrigues e Gutierrez (2023), que relataram baixa variação do pH em kombuchas após a fermentação e ao longo do armazenamento, evidenciando a estabilidade desse parâmetro em sistemas já acidificados.

Durante a segunda fermentação, observou-se redução gradual do pH em todas as formulações, refletindo a produção progressiva de ácidos orgânicos pelas bactérias ácido-acéticas presentes no SCOBY. De maneira semelhante, a acidez total titulável aumentou na maioria das formulações, variando de aproximadamente 123 mEq/L no início para valores entre 123,71 e 127,73 mEq/L ao final do processo. Entretanto, a formulação com 5% de polpa de caju apresentou queda para 120,50 mEq/L, possivelmente devido à menor disponibilidade de açúcares fermentescíveis, que resultou em menor produção de ácidos durante a fermentação. Esse comportamento evidencia a influência direta da concentração de polpa de caju sobre a cinética fermentativa e a acidificação da kombucha gaseificada.

A redução dos sólidos solúveis totais, que passaram de 6,0 °Brix para valores entre 4,4 e 4,8 °Brix ao final da fermentação, confirma a utilização parcial dos açúcares disponíveis durante essa etapa. No entanto, a permanência de parte desses carboidratos no meio sugere que a atividade fermentativa ocorreu de forma moderada, possivelmente em função das condições ácidas da bebida.

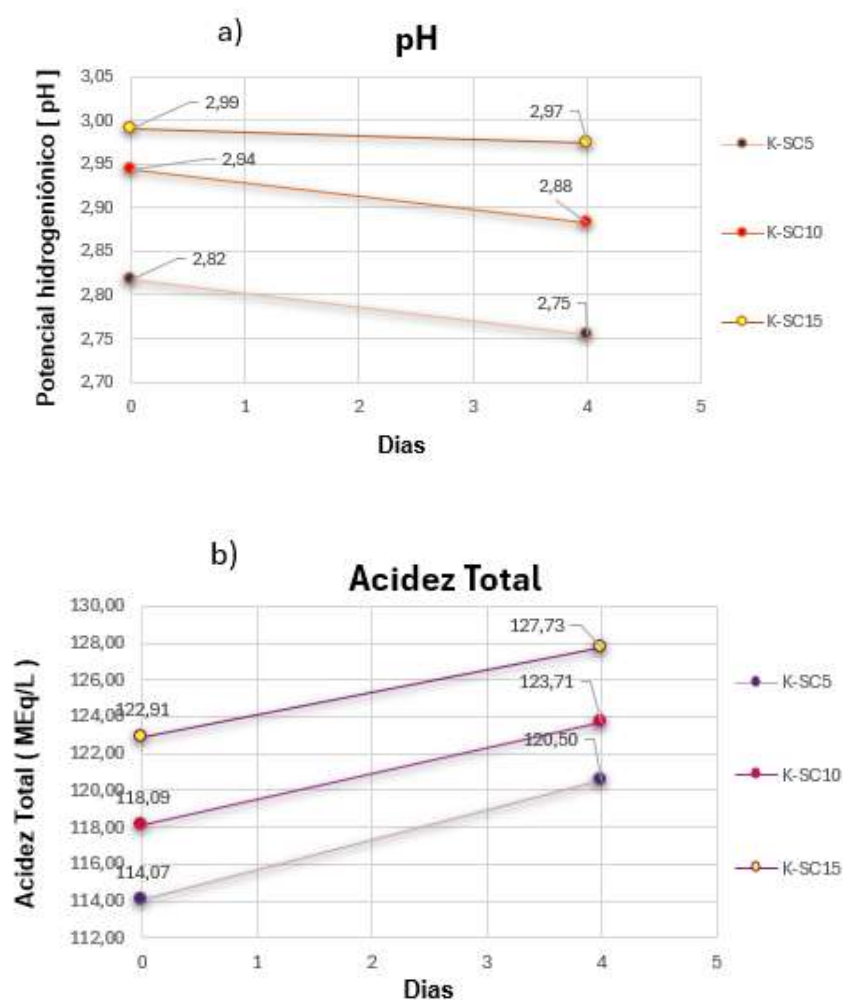
Em relação ao teor alcoólico, as análises ebulliométricas indicaram valores de 1,45 °GL, 1,75 °GL e 1,75 °GL para as kombuchas contendo 5%, 10% e 15% de polpa de caju, respectivamente. O aumento do teor alcoólico nas formulações com maior concentração de polpa sugere maior disponibilidade de açúcares fermentescíveis provenientes da fruta, favorecendo a produção de etanol pelas leveduras. Entretanto, a estabilização observada entre as formulações de 10% e 15% pode indicar a ocorrência de uma saturação por aumento de polpa levando a um limite metabólico da fermentação nas condições avaliadas.

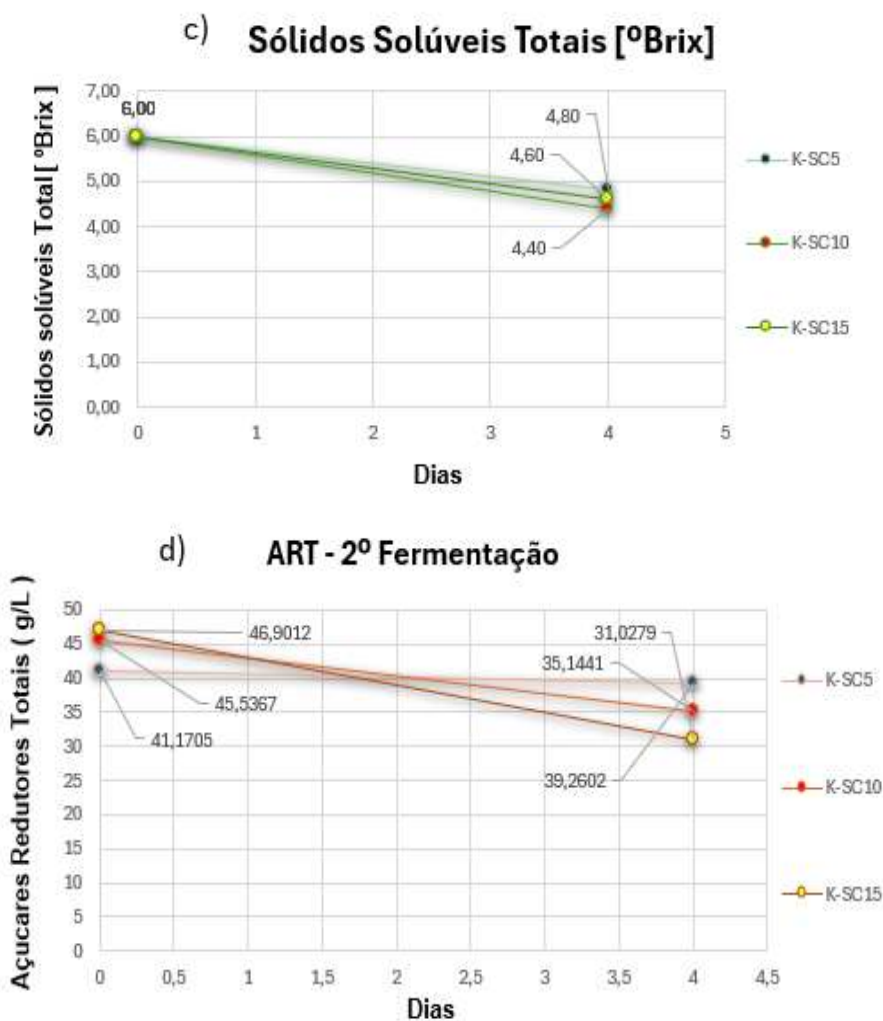
A ausência de conservantes na polpa comercial utilizada pode ter contribuído para a manutenção da atividade microbiológica da bebida, uma vez que conservantes

frequentemente empregados em produtos industrializados apresentam ação antimicrobiana e podem interferir no crescimento de leveduras e bactérias fermentativas.

Na **Figura 15** são apresentadas as curvas correspondentes às análises físico-químicas da segunda fermentação das kombuchas saborizadas com polpa comercial de caju isenta de conservantes nas concentrações de 5%, 10% e 15%.

Figura 15 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez total (b), sólidos solúveis (c) e Açúcares redutores totais (ART) (d), durante a 2ª fermentação das kombuchas saborizadas com 5% (K-SC5), 10% (K-SC10) e 15% (K-SC15) de polpa de caju sem conservantes e pimenta-rosa fixa.

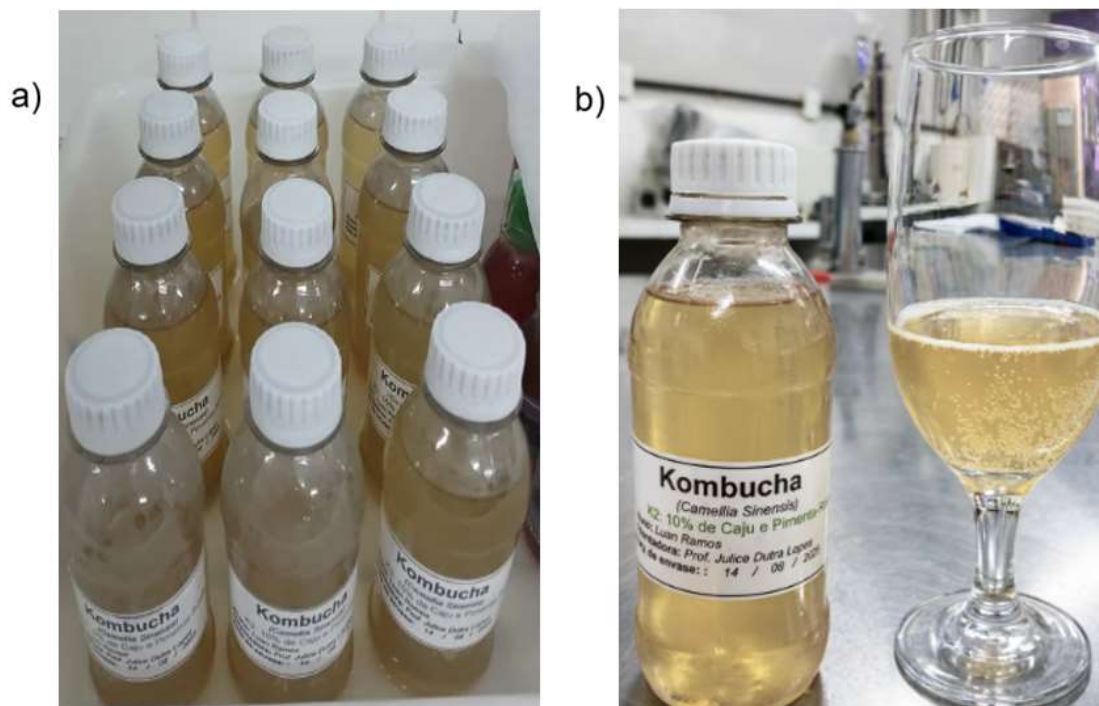




Fonte: Autor (2025)

De modo geral, os resultados demonstram que a adição de polpa comercial de caju sem conservantes e pimenta-rosa permite a continuidade da fermentação residual durante a etapa de saborização, promovendo consumo de açúcares, pequenas variações nos parâmetros físico-químicos, com relação a formação de etanol na bebida notou-se um aumento significativo. Na **Figura 16** pode-se visualizar uma das kombuchas produzidas (10% de caju), apresentando as garrafinhas utilizadas, com aparência límpida e boa formação de gás.

Figura 16 – Aspecto visual da kombucha após a segunda fermentação, evidenciando transparência e formação de gás: (a) garrafas utilizadas no envase; (b) amostra de kombucha com 10% de caju, servida em taça.



Fonte: Autor (2025)

5.5 COMPARAÇÃO ENTRE AS ESTRATÉGIAS DE SABORIZAÇÃO E CONFORMIDADE COM A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

A análise comparativa entre as estratégias de saborização avaliadas permite compreender como diferentes formas de incorporação do caju influenciam o comportamento fermentativo da kombucha durante a segunda fermentação. As estratégias avaliadas incluíram a utilização de polpa de caju obtida por prensagem mecânica, infusão de pedaços de caju e adição de polpa comercial isenta de conservantes, com adição fixa de pimenta-rosa.

As diferentes estratégias de saborização influenciaram significativamente os parâmetros físico-químicos das kombuchas ao final da segunda fermentação, evidenciando o impacto da disponibilidade de substratos fermentescíveis e das condições de processamento sobre o metabolismo microbiano. As formulações apresentaram comportamento fermentativo típico, caracterizado pela utilização de açúcares pelas leveduras presentes na cultura simbiótica (SCOBY), com consequente formação de etanol, dióxido de carbono e outros metabólitos (Villarreal-Soto et al., 2018).

Os valores de pH da bebida final variaram de 2,71 a 2,97, mantendo-se dentro da faixa estabelecida pela legislação brasileira (2,5–4,2). Observa-se que o aumento da concentração de polpa, tanto para o caju prensado quanto para o comercial, promoveu elevação significativa do pH, indicando uma leve redução da acidez relativa do meio. Esse comportamento pode estar associado ao maior aporte de sólidos solúveis e compostos tamponantes presentes na polpa de caju. Já as amostras obtidas por infusão (K-ITA e K-ITR) apresentaram valores intermediários, sem diferença significativa entre si, sugerindo menor impacto dessa estratégia sobre a acidificação da bebida. Esse resultado reforça que a forma de incorporação do fruto influencia diretamente o equilíbrio ácido-base do sistema fermentativo, conforme discutido por Jayabalan et al. (2014), que destacam a influência da composição do substrato na dinâmica dos ácidos orgânicos e no pH da kombucha.

Em relação aos sólidos solúveis totais (°Brix), verificou-se aumento com a adição de maiores concentrações de polpa no tratamento com caju prensado, com tendência de estabilização entre 10% e 15%. Esse comportamento indica maior disponibilidade de açúcares e compostos dissolvidos no meio, os quais atuam como substrato para a fermentação. Para os demais tratamentos, especialmente nas amostras infusionadas, as variações foram menos expressivas, o que pode ser atribuído à menor eficiência na extração de sólidos solúveis do fruto, corroborando a influência do método de processamento sobre a composição final da bebida (Jayabalan et al., 2014).

A acidez total apresentou comportamento crescente com o aumento da concentração de polpa no tratamento com caju prensado, evidenciando maior atividade fermentativa e consequente produção de ácidos orgânicos. As amostras elaboradas com polpa comercial apresentaram valores ainda mais elevados, possivelmente devido à maior disponibilidade inicial de açúcares simples, decorrente do processamento da polpa, que promove a ruptura das estruturas celulares e facilita a liberação de compostos solúveis, favorecendo a atuação das bactérias ácido-acéticas. Em contraste, nas amostras obtidas por infusão, observou-se variação mais discreta, indicando menor intensidade fermentativa. Esse comportamento está de acordo com estudos sobre processamento de frutas, que indicam maior disponibilidade de açúcares fermentescíveis em polpas processadas em comparação ao fruto in natura (Embrapa, 2010). Todos os valores de acidez total permaneceram dentro da faixa estabelecida pela legislação, a qual se baseia na acidez volátil como parâmetro de referência (30–130 mEq/L), visto que esta constitui uma fração da acidez total, demonstrando conformidade com os padrões estabelecidos.

Para os açúcares redutores totais, verificou-se aumento significativo com o incremento da concentração de polpa no tratamento prensado, o que era esperado devido à maior incorporação de açúcares do fruto. Por outro lado, nas amostras com polpa comercial, observou-se redução dos teores com o aumento da concentração, sugerindo maior consumo desses açúcares pelos microrganismos durante a fermentação. Esse comportamento pode ser explicado pela maior biodisponibilidade dos açúcares nessas amostras, conforme discutido anteriormente, favorecendo sua rápida assimilação pelos microrganismos. Em contraste, na extração a frio, parte dos açúcares pode permanecer associada à matriz do fruto, resultando em liberação mais gradual e menor taxa de consumo inicial. Dessa forma, observa-se que, além da quantidade de açúcar adicionada, a sua biodisponibilidade e facilidade de metabolização influenciam diretamente a dinâmica fermentativa. Adicionalmente, variações na temperatura do ambiente de fermentação podem ter contribuído para intensificar a atividade microbiana nas amostras, potencializando o consumo de açúcares.

O teor alcoólico variou entre 0,82 e 1,79 °GL. De modo geral, o aumento da concentração de polpa não resultou em comportamento linear na produção de etanol. No tratamento com polpa de caju obtida por prensagem mecânica, verificou-se aumento do teor alcoólico com a elevação da concentração ($K-P5 < K-P10 = K-P15$), o que pode ser atribuído a maior eficiência fermentativa nessas condições.

Nas amostras obtidas por infusão, a condição em temperatura ambiente (K-ITA) apresentou maior teor alcoólico em comparação à infusão sob refrigeração (K-ITR), evidenciando a influência da temperatura na atividade metabólica microbiana e na difusão de compostos do fruto para o meio fermentativo. Para as formulações elaboradas com polpa comercial, os valores de teor alcoólico foram relativamente elevados e próximos entre si, sugerindo que a disponibilidade de açúcares simples favoreceu a produção de etanol, independentemente da concentração utilizada. Portanto, todas as amostras apresentaram valores acima do limite para bebidas não alcoólicas ($\leq 0,5\%$ v/v), caracterizando-as como bebidas alcoólicas de baixa graduação, conforme a legislação brasileira.

Apesar das variações observadas entre os métodos empregados, todas as estratégias avaliadas possibilitaram a ocorrência de fermentação residual, característica típica da kombucha. No entanto, as limitações das embalagens quanto à retenção de dióxido de carbono podem ter influenciado indiretamente os parâmetros avaliados, uma vez que a fermentação responsável pela formação de CO_2 está associada ao consumo de

açúcares e à produção de ácidos orgânicos. Dessa forma, a perda parcial de gás sugere possível redução na intensidade da fermentação em sistema fechado, o que pode impactar a dinâmica de variação de pH, acidez e sólidos solúveis das amostras.

A análise dos resultados obtidos neste estudo também permite avaliar a conformidade das bebidas produzidas com os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira para kombucha. No Brasil, os padrões de identidade e qualidade dessa bebida são definidos pela Instrução Normativa nº 41 de 17 de setembro de 2019, publicada pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Essa normativa estabelece critérios relacionados à composição, rotulagem e parâmetros analíticos da kombucha produzida e comercializada no país.

Entre os parâmetros definidos pela legislação, destaca-se o teor alcoólico, utilizado como critério para a classificação da bebida. Produtos com teor alcoólico de até 0,5% (v/v) são classificados como bebidas não alcoólicas, enquanto valores superiores a esse limite caracterizam bebidas alcoólicas.

Os resultados obtidos na **Tabela 11** evidenciam que as diferentes estratégias de saborização e as concentrações de polpa de caju influenciaram os parâmetros físico-químicos das kombuchas produzidas. De modo geral, as formulações apresentaram características compatíveis com bebidas do tipo kombucha, embora tenham sido classificadas como alcoólicas de baixa graduação em função do teor de etanol.

Tabela 11 – Resultados obtidos para todas as formulações produzidas, para efeito de comparação com a legislação brasileira vigente.

PARÂMETROS	K-P5	K-P10	K-P15	K-ITA	K-ITR	K-SC5	K-SC10	K-SC15	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA (Brasil, 2019)
pH	2,71 ^a	2,88 ^b	2,94 ^c	2,86 ^a	2,92 ^a	2,75 ^a	2,88 ^b	2,97 ^c	2,5 – 4,2
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	3,80 ^a	5,23	5,22 ^b	3,93 ^a	4,34 ^a	4,80 ^a	4,40 ^b	4,60 ^{ab}	Não há limite legal
Acidez total (mEq/L)	112,31 ^a	122,11 ^b	126,12 ^c	123,71 ^a	117,29 ^b	120,50 ^a	123,71 ^b	127,73 ^c	Acidez volátil: 30 – 130 mEq/L
Açúcares Redutores Totais (g/L)	29,19	42,89 ^b	40,99 ^b	26,82 ^a	33,65 ^b	39,26 ^a	35,14 ^b	31,02 ^c	Não há limite legal
Teor alcoólico (°GL)	0,82 ^a	1,05 ^b	1,35 ^c	1,79 ^a	1,25 ^b	1,45 ^a	1,75 ^b	1,75 ^b	Não alcoólica ≤ 0,5% v/v; Alcoólica 0,6 – 8% v/v

Letras diferentes na mesma linha e nas colunas de mesma cor, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

K-P5, K-P10, K-P15 = Polpa de caju prensado (5%, 10%, 15%)

K-ITA = Caju infundido à temperatura ambiente

K-ITR = Caju infundido sob temperatura de refrigeração

K-SC5, K-SC10, K-SC15 = Polpa de caju comercial sem conservantes (5%, 10%, 15%)

Fonte: Autor (2026)

Em relação ao pH, os valores observados nas formulações variaram entre 2,71 e 2,97, faixa considerada típica para kombuchas e compatível com os parâmetros geralmente relatados na literatura científica para essa bebida fermentada (Jayabalan et al., 2014). A elevada acidez do meio contribui para a estabilidade microbiológica do produto, reduzindo o risco de desenvolvimento de microrganismos patogênicos.

Com relação aos açúcares redutores totais, observou-se variação entre aproximadamente 26 e 43 g/L entre as diferentes formulações avaliadas. Esses valores refletem tanto o consumo de açúcares pelas leveduras durante o processo fermentativo quanto a contribuição de açúcares naturais provenientes da polpa de caju adicionada durante a segunda fermentação. Diferenças entre as estratégias de saborização, como o uso de polpa prensada, polpa comercial ou processos de infusão, influenciam diretamente a disponibilidade e a liberação desses compostos na bebida.

Os valores de acidez total obtidos variaram entre aproximadamente 112 e 128 mEq/L, permanecendo dentro do intervalo recomendado pela legislação brasileira para bebidas do tipo kombucha, que estabelece limites entre 30 e 130 mEq/L. O aumento da acidez observado em algumas formulações está associado à maior disponibilidade de substratos fermentáveis, que podem estimular a produção de ácidos orgânicos pelas bactérias acéticas presentes no sistema, uma vez que esses microrganismos metabolizam açúcares e etanol, promovendo a acidificação do meio, conforme descrito por Bamforth (2005).

O teor alcoólico das amostras variou entre aproximadamente 0,82 e 1,79 °GL, evidenciando a ocorrência de fermentação residual durante a segunda fermentação em garrafa. Esse processo é esperado em kombuchas submetidas à adição de frutas, uma vez que os açúcares adicionais podem ser metabolizados pelas leveduras presentes no sistema. Dessa forma, todas as formulações foram classificadas como bebidas alcoólicas de baixa graduação, conforme os critérios estabelecidos pela legislação brasileira.

6 CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que a produção de kombucha gaseificada saborizada com caju é tecnicamente viável, sendo fortemente influenciada pela estratégia de incorporação do fruto, a qual se mostrou determinante na modulação da cinética fermentativa e das características físico-químicas da bebida. A padronização da fermentação primária garantiu elevada reprodutibilidade entre os ensaios, evidenciada pelo comportamento cinético consistente, com redução progressiva do pH, consumo de açúcares redutores e aumento da acidez total até valores próximos de 130 mEq/L, confirmando a estabilidade da cultura simbiótica e a adequação das condições experimentais.

Na segunda fermentação, observou-se que a forma de disponibilização dos açúcares do caju exerceu influência direta sobre a intensidade da atividade metabólica. A utilização de polpa de caju obtida por prensagem mecânica promoveu maior disponibilidade imediata de substratos fermentescíveis, resultando em maior consumo de açúcares, aumento da acidez e elevação do teor alcoólico, especialmente nas formulações com maiores concentrações de polpa. Por outro lado, a estratégia de infusão permitiu modular a fermentação, evidenciando o efeito da temperatura como fator limitante, sendo que a condição à temperatura ambiente intensificou a atividade microbiana, enquanto a infusão sob refrigeração promoveu fermentação mais controlada.

A utilização de polpa comercial de caju isenta de conservantes, associada à adição de pimenta-rosa, resultou em elevada produção de etanol em todas as concentrações avaliadas, indicando alta biodisponibilidade de açúcares fermentescíveis e sugerindo a ocorrência de limitação metabólica do sistema nas condições estudadas.

Todas as formulações apresentaram valores de pH (2,71–2,97) e acidez total (112–128 mEq/L) dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira, indicando adequada estabilidade microbiológica. No entanto, os teores alcoólicos variaram entre 0,82 e 1,79 °GL, ultrapassando o limite de 0,5% (v/v) para bebidas não alcoólicas, evidenciando a necessidade de controle rigoroso das condições de fermentação para adequação regulatória.

Dentre as formulações avaliadas, destacaram-se K-P5 e K-ITR, por apresentarem melhor equilíbrio entre consumo de substrato, controle da acidez e teor alcoólico, evidenciando que a modulação das estratégias de saborização pode ser aplicada como

ferramenta tecnológica para direcionar o perfil fermentativo e as características finais da bebida.

Por fim, os resultados obtidos reforçam o potencial do caju como matéria-prima regional para o desenvolvimento de bebidas fermentadas inovadoras, contribuindo para a valorização de recursos locais e estabelecendo bases experimentais relevantes para o avanço tecnológico na produção de kombucha, especialmente no controle do teor alcoólico e na padronização do processo em escala produtiva.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, K. S.; PONCELET, D.; FERREIRA, S. R. S. Sustainable extraction and encapsulation of pink pepper oil. **Journal of Food Engineering**, n. 204, p. 38–45, 2017.
- ARAÚJO FILHO, A. A. L.; NOGUEIRA, J. L.; SANTOS, R. dos; SILVA, L. A. T.; SOUSA, C. A. B. de. **Estudo cinético da fermentação de kefir e kombucha em extrato hidrossolúvel de amêndoa de castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Fortaleza – CE, 2022.
- BAMFORTH, Charles W. **Food, fermentation and micro-organisms**. Oxford: Blackwell Science, 2005.
- BRAINER, M. S. C. P. **Cajucultura**. Caderno Setorial ETENE, n. 230. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2022. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1328/1/2022_CDS_230.pdf. Acesso em: 10 fev. 2026.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 41, de 17 de setembro de 2019. Estabelece o padrão de identidade e qualidade da kombucha. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 set. 2019.
- CARDOSO, R. R. et al. Kombuchas from green and black teas have different phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. **Food Research International**, v. 128, 108782, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108782>
- CAVICCHIA, L. O. A.; ALMEIDA, M. E. F. Health benefits of Kombucha: drink and its biocellulose production. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 58, e20766, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s2175-97902022e20766>
- CERRATINGA – **Produção Sustentável e Consumo Consciente**. *Caju* (espécie). Foto do fruto de caju por DoDesign-s. Disponível em: <https://www.cerratinga.org.br/especies/caju/>
- CHACKO, S. M. et al. Beneficial effects of green tea: a literature review. **Chinese Medicine**, v. 5, p. 13, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1186/1749-8546-5-13>
- CHAKRAVORTY, S.; BHATTACHARYA, S.; CHATZINOTAS, A.; CHAKRABORTY, W.; BHATTACHARYA, D.; GACHHUI, R. Kombucha tea fermentation: microbial and biochemical dynamics. **International Journal of Food Microbiology**, v. 220, p. 63–72, 2016. DOI: [10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015).
- CHONG, A. Q.; WONG, J. Y.; CHEN, X.; WONG, Y. L.; WONG, Y. S. Fermented beverage benefits: a comprehensive review. **Microorganisms**, v. 11, n. 5, p. 1344, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/11/5/1344>. Acesso em: 10 jan. 2026.
- COELHO, R. M. D. et al. Kombucha: review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 22, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100272>

DE FILIPPIS, F. et al. Different temperatures select distinctive acetic acid bacteria species and promotes organic acids production during kombucha tea fermentation. **Food Microbiology**, v. 73, p. 11–16, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.01.008>

EMBRAPA. Processamento de frutas: polpas e sucos. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2010.

ETSY. **Kombucha SCOBY Brewing Kit w/Starter Mother Probiotic Tea Culture**. Disponível em: <https://www.etsy.com/pt/listing/242051948/kit-de-preparacao-de-kombucha-scooby-com>. Acesso em: 10 jan. 2026.

FABRÍCIO, M. F. et al. Revamping kombucha production: Achieving consistency and probiotic potential through a tailor-made microbial consortium. **International Journal of Gastronomy and Food Science** v. 34100844, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100844>

GAGGIA, F.; BAFFONI, L.; GALIANO, M.; NIELSEN, D. S.; JAKOBSEN, R. R.; CASTRO-MEJÍA, J. L.; BOSI, S.; TRUZZI, F.; MUSUMECI, F.; DINELLI, G.; DI GIOIA, D. (2019). Kombucha Beverage from Green, Black and Rooibos Teas: A Comparative Study Looking at Microbiology, Chemistry and Antioxidant Activity. **Nutrients**, v. 11, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11010001>

GRAHAM, H. N. Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. **Preventive Medicine**, v. 21, n. 3, p. 334–350, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(92\)90041-F](https://doi.org/10.1016/0091-7435(92)90041-F)

GREENWALT, C. J.; STEINKRAUS, K. H.; LEDFORD, R. A. Kombucha, the fermented tea: microbiology, composition, and claimed health effects. **Journal of Food Protection**, v. 63, n. 7, p. 976–981, 2000. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-63.7.976>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA: produção de castanha de caju. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/castanha-de-caju-cultivo/br>

JAYABALAN, R.; MALBASA, R. V.; LONCAR, E. S.; VITAS, J. S.; SATHISHKUMAR, M. A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, p. 538–550, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>

JAYABALAN, R.; MARIMUTHU, S.; SWAMINATHAN, K. Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation. **Food Chemistry**, v. 102, n. 1, p. 392–398, 2007

MARCO, M. L. et al. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 44, p. 94–102, 2017.

MARSH, A. J.; O’SULLIVAN, O.; HILL, C.; ROSS, R. P.; COTTER, P. D. Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples. **Food Microbiology**, v. 38, p. 171–178, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.09.003>

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. *Capacidade antioxidante de frutas*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 2, p. 193–201, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-93322008000200005>

Minha Saúde – **Kombucha: o que é, como fazer e quais são os benefícios da bebida fermentada**. Disponível em: <https://minhasaude.proteste.org.br/kombucha-o-que-e-beneficios-como-fazer/>

NYHAN, L. M. et al. Advances in Kombucha Tea Fermentation: A Review. **Applied Microbiology**, v. 2, n. 1, p. 73–103, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol2010005>.

PEREIRA, Marlon Cristian Toledo. et al. Caracterização físico-química de pedúnculos e castanhas de clones de cajueiro-anão precoce nas condições do norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 505–511, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000200030>

PRAVEEN, M.; BROGI, S. Microbial fermentation in food and beverage industries: innovations, challenges, and opportunities. **Foods**, 2025. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39796404>

RODRIGUES, Erico Bezerra; GUTIERREZ, Erika Maria Roel. Kombucha: parâmetros físico-químicos durante o processo fermentativo. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA (SICT), 2023. **Anais [...]. Piracicaba: FATEC**, 2023. p. 90–92.

Rose Maia, *Chá Verde* (produto/descrição). Disponível em: <https://www.rosemaia.com.br/cha-verde>. Acesso em: 10 jan. 2026

SANCHO, Soraya de Oliveira et al. Alterações químicas e físico-químicas no processamento de suco de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 878–882, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000400027>

SIEVERS, M. et al. Microbiology and fermentation balance in the tea fungus kombucha. **Journal of Applied Microbiology**, v. 79, n. 6, p. 708–713, 1995

SILVA NETO, R. M. Pedúnculo de caju. **Embrapa Agroindústria Tropical**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/caju/pos-producao/tecnologia-de-processamento-agroindustrial/pedunculo>

SOUZA, I. F. C. et al. Sanitização de frutas e hortaliças: uma revisão. **Revista Higiene Alimentar**, v. 36, n. 295, p. e1106, 2022.

STEINKRAUS, K. H. Classification of fermented foods: worldwide review of household fermentation techniques. **Food Control**, v. 8, n. 5–6, p. 311–317, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(97\)00050-9](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(97)00050-9)

TEOH, A. L.; SAMSURI, W.; WAHAB, R. M. A. Yeast and acetic acid bacteria activity during kombucha fermentation and their influence on antioxidant properties. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 9, p. 356–364, 2004.

TORRES NETO, A. B. et al. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.). **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 489–492, 2006.

UBAIDAH, E.; CAHYADI, A. B.; SRIANTA, I.; TEWFIK, I. Physicochemical and microbiological characteristics of fruit-based kombucha. **Food Research**, v. 7, Supplement 1, p. 64–70, 2023. DOI: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7s\(1\).8](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7s(1).8)

VILLARREAL-SOTO, S. A.; BEAUFORT, S.; BOUAJILA, J.; SANCHEZ, J.; TALEB, A. Understanding kombucha tea fermentation: A review. **Journal of Food Science**, v. 83, n. 3, p. 580–588, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14068>

WANG, B.; HUANG, J.; ZHANG, W. et al. Kombucha: production, microbiology, and health effects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 21, n. 2, p. 1169–1192, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9658962/>. Acesso em: 10 jan. 2026.

WANG, S.; LI, C.; SUN, Z.; ZOU, Y.; YUAN, L. Changes on physiochemical properties and volatile compounds of Chinese kombucha during fermentation. **Food Bioproc. Technol.**, v. 55, p. 103029, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103029>

ZUBAIDAH, E.; IFADAH, R. A.; AFGANI, C. A. Changes in chemical characteristics of kombucha from various cultivars of snake fruit during fermentation. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 230, p. 012098, 2019

APÊNDICE

O teste preliminar teve como finalidade avaliar o comportamento do processo fermentativo. Esse experimento ocorreu durante nove dias, sendo interrompido quando os valores de acidez total se aproximaram de 130 mEq/L, valor utilizado como referência, visto que a legislação consta tal limite para acidez volátil.

Na **Tabela 12** são apresentados os valores médios das análises físico-químicas obtidas durante o período de fermentação, incluindo pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez total titulável. As análises foram realizadas em triplicata nos dias 0, 2, 5, 8 e 9 de fermentação.

Tabela 12 – Análises físico-químicas da 1ª fermentação do teste preliminar da kombucha de chá verde *Camellia sinensis*.

1º Fermentação - KOMBUCHA DE CHÁ VERDE – Teste preliminar					
Análises (médias)	Dias				
	0	2	5	8	9
pH	3,13 ± 0,026	3,08 ± 0,015	3,06 ± 0,020	2,93 ± 0,015	2,84 ± 0,03
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	5,85 ± 0,015	5,76 ± 0,015	5,63 ± 0,025	5,00 ± 0,000	5,00 ± 0,000
Acidez total (mEq/L)	26,94 ± 0,528	39,97 ± 0,610	46,66 ± 1,525	92,44 ± 0,000	115,33 ± 1,525

Fonte: Autor (2025)

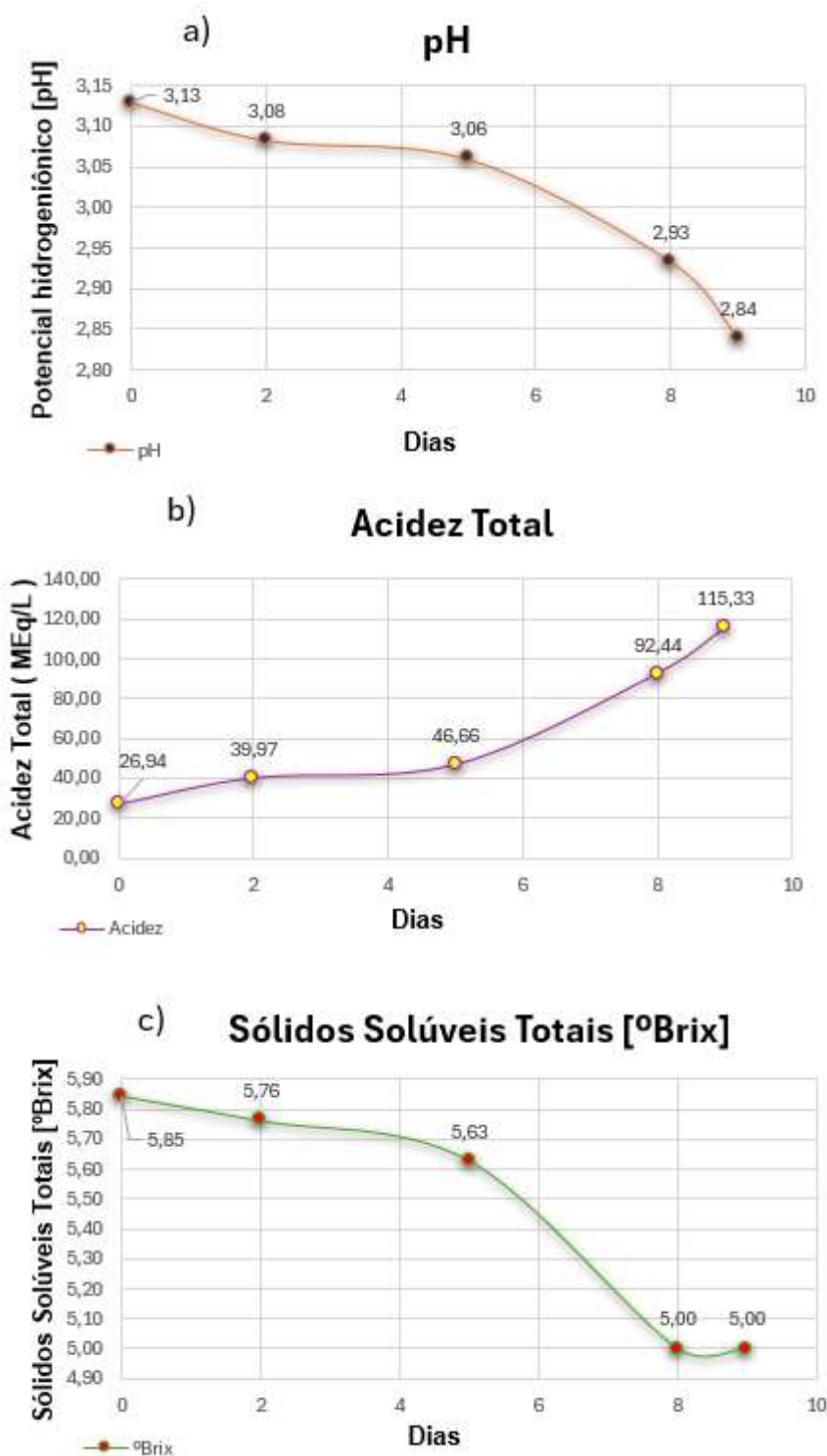
Pode-se observar redução gradual do pH ao longo do processo fermentativo, passando de 3,13 no dia 0 para 2,84 no dia 9, indicando progressiva acidificação do meio. Essa redução está associada à produção de ácidos orgânicos resultantes da atividade metabólica das bactérias ácido-acéticas presentes no SCOBY. Observa-se, a partir dos dados experimentais, que a acidificação ocorre de forma mais lenta até aproximadamente o quinto dia de fermentação, tornando-se mais acentuada nos dias subsequentes. Esse comportamento pode ser explicado pela dinâmica metabólica do consórcio microbiano, uma vez que, nas etapas iniciais, as leveduras metabolizam os açúcares do meio, produzindo etanol e dióxido de carbono. Posteriormente, bactérias do gênero *Komagataeibacter* utilizam o etanol como substrato, promovendo sua oxidação e intensificando a formação de ácidos orgânicos, principalmente ácido acético, o que resulta em uma redução mais acentuada do pH na fase final da fermentação.

Em paralelo à queda do pH, observou-se aumento expressivo da acidez total titulável ao longo da fermentação. Os valores passaram de 26,94 mEq/L no início do processo para 115,33 mEq/L ao final do nono dia, evidenciando intensa produção de ácidos orgânicos durante o metabolismo microbiano. O aumento mais acentuado ocorreu entre os dias 5 e 8 de fermentação, quando a acidez passou de 46,66 mEq/L para 92,44 mEq/L, sugerindo maior atividade das bactérias ácido-acéticas nessa fase do processo.

Em relação aos sólidos solúveis totais, observou-se leve redução ao longo da fermentação, com valores passando de 5,85 °Brix no início para 5,00 °Brix ao final do processo. Essa diminuição indica o consumo gradual dos açúcares fermentescíveis presentes no meio pelas leveduras, os quais são convertidos em etanol e dióxido de carbono durante a fermentação alcoólica inicial. Paralelamente, esses açúcares também podem ser diretamente metabolizados por bactérias ácido-acéticas, contribuindo para a formação de ácidos orgânicos. Destaca-se que, além do ácido acético, derivado da oxidação do etanol, outros ácidos orgânicos importantes na kombucha, como o ácido glucônico e o ácido glucurônico, são formados a partir da glicose, evidenciando que a redução dos sólidos solúveis está associada a múltiplas rotas metabólicas ao longo da fermentação.

As curvas cinéticas apresentadas na **Figura 17** evidenciam esse comportamento fermentativo, caracterizado pela redução do pH, dos sólidos solúveis e aumento da acidez total titulável. Esse padrão é amplamente descrito na literatura para fermentações de kombucha, refletindo a interação metabólica entre leveduras e bactérias presentes no SCOBY.

Figura 17 – Variação dos parâmetros cinéticos pH (a), acidez (b) e sólidos solúveis (c) durante o processo de 1ª fermentação do Teste preliminar.



Fonte: Autor (2025).

Após a etapa de fermentação primária, foi realizada a determinação do teor alcoólico da bebida já saborizada com 10% de polpa de caju comercial com conservantes,

obtendo-se valor de 0,73 °GL, esse resultado classifica a bebida como levemente alcoólica, considerando que valores superiores a 0,5 °GL já ultrapassam o limite estabelecido para bebidas não alcoólicas segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2019). Nesse momento, o objetivo foi apenas observar se o percentual de polpa de 10% seria adequado como base para a bebida, permitindo assim estabelecer os percentuais das formulações posteriores.

Após três dias de fermentação secundária e carbonatação natural, a bebida apresentou leve acidez perceptível, boa aparência com formação de gás e presença de sedimento no fundo da garrafa, mantendo-se visualmente límpida. Durante o armazenamento por aproximadamente 25 dias, observou-se redução perceptível da acidez sensorial da bebida, resultando em perfil mais suave e refrescante.