



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E
ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**PROCESSO DE ELABORAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE CERVEJA
ARTESANAL TIPO *LAGER* ADICIONADA DE POLPA DE CAJU**

ZANELLI RUSSELEY TENÓRIO COSTA

**CAMPINA GRANDE - PB
OUTUBRO - 2023**

**PROCESSO DE ELABORAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE CERVEJA
ARTESANAL TIPO *LAGER* ADICIONADA DE POLPA DE CAJU**

ZANELLI RUSSELEY TENÓRIO COSTA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola

Orientadores:

Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva

Prof^a. Dr^a. Josivanda Palmeira Gomes

CAMPINA GRANDE – PB

OUTUBRO – 2023

C837p

Costa, Zanelli Russeley Tenório.

Processo de elaboração e armazenamento de cerveja artesanal tipo *Lager* adicionada de polpa de caju / Zanelli Russeley Tenório Costa – Campina Grande, 2023.

189 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2023.

"Orientação: Profa. Dra. Josivanda Palmeira Gomes, Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva."

Referências.

1. *Anacardium occidentale* L. 2. Armazenamento de Produtos Agrícolas. 3. Malte. 4. Cerveja. 5. Polpa de Caju. I. Gomes, Josivanda Palmeira. II. Silva, Flávio Luiz Honorato da. III. Título.

CDU 634.573(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

ZANELLI RUSSELEY TENORIO COSTA

“PROCESSO DE ELABORAÇÃO E
ARMAZENAMENTO DE CERVEJA ARTESANAL
TIPO *Lager* ADICIONADA DE POLPA DE CAJU”

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola como pré-requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 25/09/2023

Josivanda Palmeira Gomes - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Flávio Luiz Honorato da Silva - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Ana Paula Trindade Rocha - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Alexandre José de Melo Queiroz - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Marcelo Barbosa Muniz - Examinador(a) Externo(a) - DEA/CT/UFPB

Semirames do Nascimento Silva - Examinador(a) Externo(a) - UAGRA/CCTA/UFCG



Documento assinado eletronicamente por **JOSIVANDA PALMEIRA GOMES, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/09/2023, às 11:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALEXANDRE JOSE DE MELO QUEIROZ, PROFESSOR 3 GRAU**, em 29/09/2023, às 14:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **SEMIRAMES DO NASCIMENTO SILVA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR-SUBSTITUTO**, em 29/09/2023, às 20:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Luiz Honorato da Silva, Usuário Externo**, em 19/10/2023, às 09:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA TRINDADE ROCHA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 20/10/2023, às 15:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Barbosa Muniz, Usuário Externo**, em 24/10/2023, às 09:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **3836357** e o código CRC **1DB0656A**.

AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar com luz e harmonia essa jornada em busca de conhecimento.

A Universidade Federal de Campina Grande e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola por proporcionarem a oportunidade desta formação acadêmica.

Aos meus orientadores, professora Josivanda e professor Flávio por todos os ensinamentos e conselhos durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos colegas do curso de doutorado, pela disponibilidade em ajudar e compartilhar os desafios e acertos do percurso.

Ao Instituto Federal de Pernambuco e aos amigos que sempre foram exultantes em partilhar experiências, principalmente a Vanessa.

Ao Instituto Federal do Sertão Pernambucano, especialmente aos professores Arão e Ana Júlia.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE APÊNDICES.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1 - INTRODUÇÃO	16
1.1 – Objetivo geral.....	17
1.1.1 – Objetivos específicos.....	17
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 – Cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)	19
2.2 - Composição química e bioativa do caju.....	20
2.3 – Cervejas.....	22
2.3.1- Matérias-primas utilizadas na fabricação da cerveja.....	23
2.3.1.1- Água.....	23
2.3.1.2- Malte de cevada.....	24
2.3.1.3- Lúpulo.....	24
2.3.1.4- Leveduras.....	25
2.3.1.5- Adjuntos.....	25
2.3.2- Classificação de cerveja.....	26
2.3.2.1- Classificação em relação à proporção de matérias-primas.....	27
2.3.2.2- Denominação quanto ao conteúdo alcoólico.....	28

2.3.3- Processamento da cerveja.....	29
2.3.4- Compostos bioativos e compostos voláteis na cerveja.....	30
2.3.4.1- Acetaldeídos.....	31
2.3.4.2- Ésteres.....	31
2.3.4.3- Álcoois superiores.....	31
2.3.4.4- Compostos fenólicos.....	32
2.3.4.5- Furfural.....	32
2.3.4.6- Ácido acético.....	32
2.4 – Qualidade microbiológica.....	33
3 – ESTADO DA ARTE.....	34
3.1- Propriedades fenólicas e antioxidantes da cerveja artesanal.....	34
3.2- Compostos voláteis	35
3.3- Qualidade microbiológica.....	35
3.4-Análise de intenção de compra e perfil de consumidores cervejeiros.....	36
3.5- Polpas e sucos de frutas como adjuntos cervejeiros.....	38
4 - MATERIAL E MÉTODOS.....	41
4.1 – Local de execução do experimento.....	41
4.2 – Processamento da polpa do pedúnculo de caju.....	41
4.3 – Planejamento fatorial.....	42
4.4 – Formulações das cervejas.....	43
4.5 – Processamento da cerveja artesanal adicionada da polpa de caju.....	45
4.6 – Análises físico-químicas e bioquímicas da cerveja.....	47

4.7 – Análises microbiológicas.....	52
4.8 – Análise sensorial da cerveja elaborada.....	52
4.8.1- Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).....	52
4.8.2- Teste de aceitação e intenção de compra.....	53
4.9 - Análise estatística.....	53
4.10 – Armazenamento da cerveja de caju.....	54
APÊNDICES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
5.1 - Artigo 1: Elaboração de cerveja de caju tipo <i>Lager</i> e avaliação dos parâmetros físico-químicos	77
5.2 - Artigo 2: Utilização de polpa de caju como adjunto na produção de cerveja <i>Lager</i> e influência na composição fenólica, volátil e antioxidante.....	94
5.3 - Artigo 3: Utilização de polpa de caju como adjunto na produção de cerveja <i>Lager</i> : qualidade microbiológica e perfil sensorial.....	122
5.4 - Artigo 4: Utilização de polpa de caju como adjunto na produção de cerveja <i>Lager</i> : avaliação de parâmetros químicos e sensoriais durante durante o armazenamento.....	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cajueiros da espécie gigante (esquerda) e anão (direita).....	19
Figura 2 – Pedúnculos de caju.....	20
Figura 3 – Fluxograma do processamento de cerveja.....	29
Figura 4 – Etapas do processamento da polpa de caju.....	41
Figura 5 – Fluxograma do processamento da cerveja adicionada de caju.....	45

ARTIGO 2

Figura 1 - Mapa de calor com dendograma dos compostos voláteis identificados nas onze formulações da cerveja de caju.....	105
--	-----

ARTIGO 3

Figura 1 - Gráfico radar do perfil sensorial da cerveja de caju.....	129
Figura 2 - Análise dos componentes principais para os atributos sensoriais da cerveja de caju. a) variáveis (descritores); b) formulações.....	130
Figura 3 - Cervejas preferidas pelos provadores da cerveja de caju.....	133

ARTIGO 4

Figura 1 - Gráfico da concentração de carboidratos (g/L) em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de caju.....	148
Figura 2 - Gráfico da relação da formação de glicerol e etanol em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de caju.....	152
Figura 3 - Gráfico da concentração de ácidos (g/L) em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de caju.....	154
Figura 4 - Gráfico da atividade antioxidante (mmol/L) em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de caju.....	157

Figura 5 -	Gráfico da concentração de compostos fenólicos (mg/L) em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de caju.....	162
Figura 6 -	Teor de compostos fenólicos totais (mg GAE/L) para a cerveja de caju durante o armazenamento por 90 dias.....	165
Figura 7 -	Gráfico da concentração de compostos voláteis (%) em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de caju.....	167
Figura 8 -	Teste de intenção de compra para a cerveja de caju.....	172
Figura 9 -	Gráfico radar do perfil de sabor e aroma para a cerveja de caju, com diferentes concentrações de polpa, após 90 dias de armazenamento.....	174

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Composição química da polpa de caju.....	21
Tabela 2 –	Classificação da cerveja em relação aos cereais malteados ou não.....	27
Tabela 3 –	Classificação da cerveja quanto ao conteúdo alcoólico.....	28
Tabela 4 –	Valores codificados e reais das variáveis independentes para produção de cerveja.....	42
Tabela 5 –	Matriz de planejamento fatorial completo $2^3 + 1$ ponto central com 3 repetições, utilizada na produção da cerveja artesanal adicionada de caju.....	43
Tabela 6 -	Insumos a serem utilizados no processamento do mosto.....	44
Tabela 7 -	Formulações das cervejas artesanais de caju.....	44

ARTIGO 1

Tabela 1 -	Formulações das cervejas artesanais com adição de polpa do pedúnculo do caju.....	81
Tabela 2 -	Extratos e densidade das cervejas de caju.....	83
Tabela 3 -	Análises físico-químicas das cervejas de caju.....	84
Tabela 4 -	Ácidos orgânicos das cervejas de caju.....	86
Tabela 5 -	Carboidratos das cervejas de caju.....	89

ARTIGO 2

Tabela 1 -	Formulações das cervejas artesanais com adição de polpa do pedúnculo do caju.....	97
Tabela 3 -	Atividade antioxidante da cerveja de caju por diferentes métodos.....	102
Tabela 4 -	Conteúdo fenólico total das cervejas de caju pelo método de Folin-	

Ciocalteau.....	103
-----------------	-----

ARTIGO 3

Tabela 1 - Formulações das cervejas artesanais com adição de polpa do pedúnculo do caju.....	125
Tabela 2 - Coliformes a 35 °C para a cerveja de caju.....	127
Tabela 3 - Descritores eleitos pelos provadores na ADQ.....	128

ARTIGO 4

Tabela 1 - Formulações das cervejas artesanais com adição de polpa do pedúnculo do caju.....	142
Tabela 6 - Teor de compostos fenólicos totais (mg GAE/L) para a cerveja de caju durante o armazenamento por 90 dias.....	164
Tabela 8 - Médias e desvio padrão para o teste de aceitação da cerveja no tempo inicial do armazenamento.....	170
Tabela 9 - Descritores eleitos pelos provadores na ADQ.....	173

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1	– Parecer do Cômite de Ética em Pesquisa.....	56
Apêndice 2	– Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	60
Apêndice 3	– Roteiro para discussão do grupo de análise.....	62
Apêndice 4	– Ficha de atributos para discussão.....	63
Apêndice 5	– Ficha de intensidade com exemplo para o atributo “cor”.....	64
Apêndice 6	– Ficha para teste de aceitação e intenção de compra.....	65

ARTIGO 2

Apêndice 1	– Tabela 2 – Compostos fenólicos da cerveja de caju.....	109
Apêndice 2	– Tabela 5 – Compostos voláteis da cerveja de caju.....	111
Apêndice 3	– Figura 2 – Dendograma de compostos voláteis.....	118

ARTIGO 3

Apêndice 1	– Tabela 4 – Médias e desvio padrão para os descritores sensoriais da cerveja de caju.....	135
-------------------	--	-----

ARTIGO 4

Apêndice 1	– Tabela 2 – Médias e desvio padrão para carboidratos da cerveja de caju durante o armazenamento por 90 dias.....	178
Apêndice 2	– Tabela 2 – Médias e desvio padrão para alcoóis da cerveja de caju durante o armazenamento por 90 dias.....	178
Apêndice 3	– Tabela 2 – Médias e desvio padrão para ácidos orgânicos da cerveja de caju durante o armazenamento por 90 dias.....	179
Apêndice 4	– Tabela 2 – Médias e desvio padrão para atividade antioxidante da cerveja de caju durante o armazenamento por 90 dias.....	180

Apêndice 5 – Tabela 2 – Médias e desvio padrão para compostos fenólicos da cerveja de caju durante o armazenamento por 90 dias.....	181
Apêndice 6 – Tabela 2 – Médias e desvio padrão para compostos voláteis da cerveja de caju durante o armazenamento por 90 dias.....	182

RESUMO

A utilização de adjuntos no processamento de cervejas artesanais pode se mostrar como alternativa viável para enriquecer as características sensoriais, além das propriedades bioativas do produto final. Este estudo foi realizado com o objetivo de desenvolver e avaliar a qualidade química, físico-química, microbiológica e sensorial de cerveja artesanal tipo *Lager* adicionada de polpa de caju. Foi aplicado um planejamento fatorial 2^3 , com 3 pontos centrais, resultando em 11 experimentos, com concentrações variando de 10, 20 e 30% do volume do mosto, com o intuito de analisar a influência das variáveis independentes: concentração de polpa, sólidos solúveis totais e temperatura de fermentação, sobre as variáveis dependentes: teor alcoólico, pH, densidade, turbidez, extratos, compostos voláteis, compostos fenólicos, atividade antioxidante, açúcares, ácidos e características sensoriais. A fermentação foi realizada em estufas BOD nas temperaturas de 12, 14 e 16 °C. Após a fabricação, as cervejas foram submetidas a pesquisas abrangendo caracterizadas químicas, físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. Foram selecionadas três cervejas e submetidas ao armazenamento sob condições controladas (temperatura e umidade ambiente, sem incidência de luz), durante 90 dias. A concentração de polpa de caju e de sólidos solúveis totais na formulação das cervejas, assim como a variação na temperatura de fermentação, influenciou diretamente os parâmetros físico-químicos analisados. Os compostos fenólicos mais abundantes nas formulações da cerveja de caju, foram a hesperidina, o ácido gálico e a *procyanidin A2*. As cervejas formuladas com 20% de polpa de caju apresentaram maior potencial antioxidante. Os álcoois superiores e os ésteres foram predominantes nas cervejas de caju, sendo o álcool 1-butanol, 3-methyl e o éster ethyl acetate os mais abundantes. Os testes microbiológicos apresentaram resultados satisfatórios. As formulações 10AX, 30CZ e 20BY1, foram as preferidas, classificadas como de sabor amargo e alcoólico, aroma de malte, lúpulo e floral, proporcionando uma sensação refrescante e cor dourada. Durante o armazenamento, maiores concentrações de fenólicos e atividade antioxidante foram percebidas para a formulação contendo 30% de polpa de caju. Ácidos e carboidratos mostraram comportamento variável, assim como os compostos voláteis. A cerveja de caju teve boa aceitação sensorial e a formulação com 20% de polpa foi a mais indicada no teste de intenção de compra. Após 90 dias foi percebida uma menor intensidade dos descritores de sabor e aroma da cerveja de caju.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L., armazenamento, malte, cerveja.

ABSTRACT

The use of adjuncts in the processing of craft beers can be an alternative to enrich the sensorial characteristics, in addition to the bioactive properties of the final product. This study aimed to develop and evaluate the chemical, physical-chemical, microbiological and sensorial quality of artisanal *Lager* beer added with cashew pulp. A 2^3 with 3 central point factorial design was applied, resulting in 11 experiments, with concentrations varying from 10, 20 and 30% of the must volume, with the aim of analyzing the influence of independent variables: pulp concentration, solids total solubles and fermentation temperature, on the dependent variables: alcoholic content, pH, density, turbidity, extracts, volatile compounds, phenolic compounds, antioxidant activity, sugars, acids and sensory characteristics. Fermentation was carried out in BOD ovens at temperatures of 12, 14 and 16 °C. After manufacturing, the beers were characterized chemically, physically-chemically, microbiologically and sensorially. Three beers were selected and stored under controlled conditions (ambient temperature and humidity, without incidence of light) for 90 days. The concentration of cashew pulp and total soluble solids in the beer formulation, as well as the variation in fermentation temperature, directly influenced the physical-chemical parameters analyzed. The most abundant phenolic compounds in cashew beer formulations were hesperidin, gallic acid and procyanidin A2. Beers formulated with 20% cashew pulp showed greater antioxidant potential. Higher alcohols and esters were predominant in cashew beers, with 1-butanol, 3-methyl alcohol and ethyl acetate ester being the most abundant. Microbiological tests showed satisfactory results. Formulations 10AX, 30CZ and 20BY1 were preferred, classified as having a bitter and alcoholic flavor, malt, hop and floral aroma, refreshing sensation and golden color. During storage, higher concentrations of phenolics and antioxidant activity were noticed for the formulation containing 30% cashew pulp. Acids and carbohydrates showed variable behavior, as did volatile compounds. Cashew beer had good sensory acceptance and the formulation with 20% pulp was the most recommended in the purchase intention test. After 90 days, a lower intensity of the flavor and aroma descriptors of cashew beer was noticed.

Key words: *Anacardium occidentale* L., storage, malt, beer.

1 INTRODUÇÃO

Devido à grande diversidade de frutos tropicais e matérias-primas disponíveis no Brasil, muitas são as possibilidades para criação de novas formulações cervejeiras. De acordo com Yang et al. (2022), a utilização de insumos de origem vegetal como adjuntos no processo cervejeiro, possibilita novas opções de aromas e sabores distintos, além de produzir cervejas com constituintes bioativos que desempenham papel importante nas funções protetoras do organismo humano.

Nessa perspectiva, a utilização do pseudofruto do cajueiro para a elaboração de uma cerveja artesanal pode corroborar como alternativa para a oferta de um produto rico em compostos bioativos, visto que na atualidade existe uma demanda crescente de consumidores interessados nessas propriedades, juntamente com as peculiaridades sensoriais da cerveja, que vem aguçando cada vez mais o paladar dos cervejeiros (SALITRE et al., 2023).

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) tem como fruto a castanha e como o pseudofruto a parte carnosa do pedúnculo da castanha, o caju. O pseudofruto apresenta um aroma forte característico e sabor adstringente e pode ser consumido in natura ou processado em forma de doces, geleias, polpas, bebidas, entre outros. O caju apresenta-se ainda como uma fonte para ingestão de vitamina C, uma vez que tem valores consideráveis, para esta vitamina, em sua composição (REINA et al., 2022).

A produção mundial de castanha de caju na safra 2022/2023, atingiu patamares da ordem de 4,6 milhões de toneladas que geraram cerca de 46 milhões de toneladas de caju, dado que este último tem cerca de dez vezes o peso da castanha. O caju tem sido compreendido ainda como resíduo ou subproduto, fato que provoca desperdício de cerca de 1,5 milhões de toneladas desse material vegetal anualmente, principalmente devido sua alta perecibilidade, dificuldades de armazenamento e uso de tecnologias de beneficiamento (ZIÉ et al., 2023; PORTELA et al., 2023).

O caju possui elevado potencial tanto para consumo in natura, como para industrialização. A comercialização de seus principais produtos envolve diversas atividades, movimentando importantes recursos financeiros para a economia da região Nordeste (SANTOS FILHO, 2016). Conforme Garruti et al. (2015), são diversas as possibilidades para o aproveitamento do caju, além dos produtos já existentes, porém é necessário desenvolver mais pesquisas sobre a aplicação dos caju em novos produtos alimentícios. Sendo assim, neste estudo elaborou-se uma cerveja artesanal, tipo *Lager*, com adição de polpa de caju,

como forma de aproveitamento e no intuito de ofertar novas possibilidades para os apreciadores dessa bebida, além da possível incorporação das propriedades sensoriais e nutricionais do caju no produto final.

A produção de cerveja artesanal tem se destacado na última década no Brasil. Houve um crescimento considerável no número de microcervejarias, principalmente, nas regiões Sudeste e Sul, mas também se expandindo para as demais regiões do país. Em 2020, o país atingiu a marca de 1383 cervejarias registradas, representando um crescimento de 14,4% em relação ao ano anterior. Além disso, em cada uma das unidades federativas, há registro de pelo menos uma cervejaria, sendo que 85,6% delas estão concentradas nas regiões Sul e Sudeste (BRASIL, 2021).

A denominação de cerveja *Lager*, utilizada nesta pesquisa, é devida ao tipo de fermentação pela qual foi produzida. As cervejas podem ser classificadas de acordo com o tipo de fermentação, em relação às temperaturas e ao tipo de levedura. As cervejas tipo *Lager*, geralmente são produzidas com temperaturas entre 10 e 15 °C, sendo classificada como ‘baixa fermentação’. Para esse tipo, comumente utiliza-se a levedura *saccharomyces pastorianus*. Já as cervejas que fermentam em temperaturas entre 18 e 22 °C, são classificadas como ‘alta fermentação’, são as do tipo *Ale*, e normalmente utilizam-se cepas de *saccharomyces cerevisiae* (PALOMINO-VASCO et al., 2023).

1.1 Objetivo geral

Desenvolver e avaliar a qualidade química, físico-química, microbiológica e sensorial de cerveja artesanal adicionada de polpa de caju.

1.1.1 Objetivos específicos

- Utilizar o planejamento fatorial para avaliar as influências das variáveis independentes (concentração de polpa, sólidos solúveis totais e temperatura) sob as variáveis dependentes (compostos fenólicos, compostos voláteis, ácidos orgânicos e açúcares) no processo de elaboração de cerveja tipo *Lager* adicionada de polpa de caju como adjunto em concentrações de 10, 20 e 30%;

- Determinar os parâmetros físico-químicos: pH, sólidos solúveis totais, teor alcoólico, acidez titulável, extrato real, extrato primitivo, extrato aparente, cor, densidade e turbidez das cervejas de caju e comparar com os valores de referência;
- Determinar os perfis de compostos fenólicos, ácidos orgânicos, açúcares, compostos voláteis e atividade antioxidante das cervejas produzidas;
- Analisar a qualidade microbiológica e sensorial das cervejas de caju;
- Selecionar e armazenar, por um período de 90 dias, as cervejas de caju a partir das caracterizações físico-químicas, microbiológicas e sensoriais;
- Avaliar os perfis de compostos voláteis, fenólicos, ácidos orgânicos, açúcares e atividade antioxidante das cervejas artesanais durante o armazenamento, num período de 0, 30, 60 e 90 dias; e,
- Avaliar a aceitação sensorial antes do armazenamento e o perfil sensorial de aroma e sabor após o armazenamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)

O cajueiro pertence à família *Anacardiaceae*, a qual possui cerca de 70 gêneros e 700 espécies, que comporta árvores e arbustos tropicais e subtropicais, e tem nome científico de *Anacardium occidentale* L., pertencente ao gênero *Anacardium* (MENEZES; ALVES, 1995). Este gênero, por sua vez compreende ainda outras 20 espécies. Dentre todas as espécies, apenas a *Anacardium occidentale* é cultivada comercialmente e compreende os tipos anão precoce e comum (VIDAL NETO et al., 2015).

O cajueiro comum é nativo do Nordeste brasileiro, sendo a espécie mais predominante, propagada quase que exclusivamente por sementes, podendo atingir entre 8 e 15 m de altura. Enquanto que o cajueiro anão é produto de seleções de fenótipos de cajueiros comuns, de porte baixo, que foram iniciadas na década de 1960, atingindo raramente 5 m de altura (SERRANO, 2016). A Figura 1 apresenta cajueiros dos tipos gigante e anão.



Figura 1 – Cajueiros da espécie gigante (esquerda) e anão (direita)

Fonte: Serrano e Oliveira (2013)

A castanha contém a amêndoa a qual representa o verdadeiro fruto do cajueiro (PENVENNE, 2015). Somente no Brasil foram produzidos 147.137 t de castanhas na safra 2022 (IBGE, 2022). A denominação “caju” (Figura 2) representa um pseudofruto, ou seja, a parte carnosa que acopla a castanha, que é enquadrado no grupo das frutas tropicais.



Figura 2 – Caju

Fonte: Pallandi (2015)

O caju quando maduro pode apresentar aspecto firme, coloração que varia de avermelhada, alaranjada a amarela, além de alta concentração de açúcares, baixa acidez e um sabor exótico. Sendo esse sabor, uma das principais características e está relacionado à sensação adstringente provocada devido a presença de metabólitos secundários, os taninos (DAS; ARORA, 2017).

A utilização do pseudofruto do cajueiro, na produção de bebidas alcoólicas, de fermentados, vinagre e aguardentes, é uma forma de evitar o desperdício exagerado dessa parte suculenta do fruto, já que anualmente são desperdiçados aproximadamente 1,9 milhão de toneladas de caju (SANTOS; CAVALCANTI, 2022).

2.2 Composição química e bioativa do caju

O caju é formado por um pedúnculo, conhecido como pseudofruto, que se forma junto à castanha, o verdadeiro fruto. O pedúnculo é a parte comestível in natura do caju, e a partir dele obtêm-se sucos, cajuína e fibras alimentares e representa cerca de 90% do peso total. Os 10% restantes são o fruto em que se extrai a amêndoa (ACC) e o líquido da castanha de caju (LCC) (MOURA et al., 2015). A Tabela 1 apresenta a composição química da polpa de caju.

Tabela 1 – Composição química da polpa de caju.

Parâmetro	Valor médio
Umidade (%)	84,5 a 90,4
pH	3,5 a 4,6
Sólidos solúveis (°Brix)	10,47 a 12,90
Açúcares totais (%)	6,76 a 10,83
Acidez titulável (% ácido málico)	0,14 a 0,52
Vitamina C (mg/100 g)	142 a 270
Riboflavina (mg/100 g)	99 a 124
Polifenóis extraíveis totais (mg/100 g)	99,53 a 236,97
Cálcio (mg/100 g)	11,9 a 16,1
Ferro (mg/100 g)	0,23 a 0,47
Fósforo (mg/100 g)	12,3 a 16,7

Fonte: Moura et al. (2015)

De acordo com Moura et al. (2015), a coloração amarela ou avermelhada é atribuída à presença de antocianinas na película da casca. A polpa de caju possui ainda na sua composição teores elevados de compostos bioativos, principalmente, vitamina C e polifenóis. Esses autores esclarecem que o teor médio de vitamina C, para o pedúnculo maduro, está em torno de 250 mg/100 g de polpa. Quanto aos polifenóis, o pedúnculo verde possui teor mais elevado do que o maduro. Este último contém um teor médio de 65 mg/100 g de polpa.

A industrialização da polpa de caju é voltada principalmente para a fabricação de sucos, polpas, cajuínas, doces, compotas e sorvetes, representando uma alternativa para agregar valor e gerar renda para os produtores de caju na região Nordeste, que vão de uma escala industrial até a produção familiar (LIMA et al., 2016).

Neste trabalho foi utilizada, como forma de processamento, a produção da polpa do pedúnculo, para servir como adjunto no preparo das formulações de cervejas artesanais.

2.3 Cervejas

A cerveja é uma bebida fermentada, cujo processo de elaboração tem se regulado e aperfeiçoado durante séculos, mas os princípios básicos mantêm-se inalterados. A água, a cevada maltada, o lúpulo e a levedura são os ingredientes primordiais para a produção. Em virtude da grande quantidade de água utilizada no processo, a cerveja é uma bebida de baixo teor alcoólico, quando comparada a outras bebidas alcoólicas. O maior destaque são as características sensoriais e aromáticas de seus constituintes (DRAGONE et al., 2018).

O número de cervejarias artesanais tem crescido em vários países. Esse crescimento ocorre pela crescente valorização da cerveja artesanal. Os cervejeiros artesanais criam formulações de cervejas nas quais se emprega mais lúpulo em comparação às cervejas dos grandes grupos comerciais, sendo esse um dos diferenciais no sabor das cervejas artesanais (TROMMER, 2014).

De acordo com Trindade (2016), as cervejas artesanais são caracterizadas por serem produzidas em pequena escala, por um processo lento, diferindo em alguns aspectos do processamento industrial. Tendo como foco a qualidade, obtida a partir do uso de ingredientes cuidadosamente selecionados, possibilitando uma diversidade de aromas e sabores particulares.

No Brasil, a cerveja é definida como a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada maltada ou de extrato de malte, fervidos e adicionados de lúpulo ou extrato, em que parte do malte pode ser substituída por adjunto cervejeiro. Tanto o malte quanto o lúpulo pode ser substituído pelos seus respectivos extratos. Além de que o malte de cevada ou seu extrato podem ser parcialmente substituídos por adjuntos cervejeiros (BRASIL, 2019).

A Instrução Normativa N° 65/2019 do MAPA (BRASIL, 2019), instituiu algumas expressões que podem ser utilizadas nas cervejas fabricadas no Brasil, tais como:

Cerveja *gruit*: permitida para a cerveja na qual o lúpulo é totalmente substituído por outras ervas alimentares;

Cerveja sem glúten: permitida para a cerveja elaborada com cereais não fornecedores de glúten, ou com teor de glúten abaixo do estabelecimento em regulamento técnico específico;

Cerveja de múltipla fermentação: permitida para a cerveja que passa por outra fermentação, que pode ocorrer na garrafa, no tanque, ou em ambos;

Cerveja *light*: permitida para a cerveja cujo valor energético apresente teor máximo de 35 kcal/100 mL;

Chopp ou Chope: permitida para a cerveja que não seja submetida a tratamento térmico de pasteurização ou outros similares; e,

Cerveja *Malzbier*: permitida para cervejas adicionada de açúcares de origem vegetal, com finalidade de conferir sabor doce.

2.3.1 Matérias-primas utilizadas na fabricação da cerveja

Para fabricação de cerveja são necessárias as seguintes matérias-primas: água de boa qualidade, malte de cevada, lúpulo e leveduras. As cervejas também podem conter adjuntos cervejeiros, que podem ser cereais malteados ou não malteados, ou ainda outras fontes de açúcares fermentescíveis.

2.3.1.1 Água

A água representa cerca de 92-95% da constituição da cerveja. A água utilizada, como ingrediente, na produção da cerveja, deve possuir características específicas para um pH desejável na mistura do malte e adjunto durante a mosturação, promover extração dos princípios aromáticos e amargos do lúpulo, boa coagulação do *trub* durante a fervura do mosto e desenvolver as características de cor, aroma, sabor e fermentação asséptica que são desejadas na bebida produzida (AQUARONE et al., 2001).

De acordo com Venturine Filho (2010), a água para produção de cerveja deve atender a três requisitos básicos: 1. Estar dentro dos padrões de potabilidade; 2. Apresentar alcalinidade de 50 mg/L ou menor (sendo o valor ótimo inferior a 25 mg/L); 3. Possuir concentração de cálcio em torno de 50 mg/L. Assim, a água utilizada no processo caso não possua tratamento adequado, deve ser tratada a fim de corrigir os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, uma vez que os processos químicos e enzimáticos que vão ocorrer na etapa

de fermentação da cerveja, assim como a extração de aromas na lupulagem, dependem da qualidade da água para acontecerem corretamente.

2.3.1.2 Malte de cevada

“Malte” é o termo que designa os grãos de qualquer cereal (cevada, arroz, trigo, milho, etc.) resultantes do processo de germinação em condições controladas (VENTURINE FILHO, 2010). Malte de cevada é o produto obtido pela germinação e secagem da cevada, devendo o malte de outros cereais ter a designação acrescida do nome do cereal de sua origem (BRASIL, 2009). Os cereais utilizados servem de fontes de carboidratos fermentescíveis, proteínas, minerais, sendo que o mais utilizado é a cevada malteada (D’AVILA et al., 2012).

A cevada é uma gramínea do gênero *Hordeum*, que têm seus grãos alinhados em duas ou seis fileiras na espiga, sendo envoltos por diversas camadas celulósicas, incluindo a palha, que tem papel importante no processamento da cerveja na etapa de filtração do mosto. Após a germinação, o amido presente no grão malteado apresenta-se em cadeias menores, tornando-o menos duro e mais solúvel, permitindo a liberação de enzimas fundamentais para o processo cervejeiro (VENTURINE FILHO, 2010).

2.3.1.3 Lúpulo

O lúpulo é uma planta pertencente à família *Cannabaceae*. A espécie mais utilizada é a *Humulus lupulus*, com a finalidade de conferir o sabor e aromas característicos da cerveja. As condições climáticas brasileiras não favorecem o cultivo desta planta, assim sua importação é necessária, sendo os Estados Unidos e alguns países do norte Europeu os maiores produtores (TRINDADE, 2016).

O lúpulo possui flores femininas e masculinas em plantas diferentes. As femininas são agrupadas em cachos que possuem uma vértebra com dobras nas quais são fixadas os pares de brácteas e bractéolas. Essas duas estruturas formam as glândulas em que são produzidos os grânulos de lupulina, substância responsável pelo amargor e o aroma característicos da cerveja. O lúpulo é comercializado na forma de flores secas, *pellets* ou extratos, sendo classificados de acordo com as características sensoriais predominantes em amargor ou aromático (VENTURINE FILHO, 2010).

Quando o lúpulo é adicionado na etapa de fervura, são extraídos óleos essenciais, substâncias minerais, polifenóis e resinas amargas, que conferem à bebida o amargor, sabor característico, além de propriedades antimicrobianas (D'AVILA et al., 2012). Os polifenóis, provenientes do lúpulo, são ricos em taninos que agem como protetores da cerveja. Já as resinas do lúpulo, apresentam α -ácidos ou humulonas que, após isomerização, são solúveis e responsáveis pelo amargor da cerveja (VENTURINE FILHO, 2010).

2.3.1.4 Leveduras

As leveduras utilizadas – *Saccharomyces cerevisiae*, para a produção de cervejas do tipo *Ale*, e *Saccharomyces uvarum*, para as do tipo *Lager* – são os componentes responsáveis pela fermentação do mosto, com formação de produtos que determinam o sabor da cerveja e conferem as características próprias da bebida, sendo o etanol e o dióxido de carbono os metabólitos primários produzidos pelas leveduras (D'AVILA et al., 2012).

O grupo *Saccharomyces* é heterogêneo, reunindo leveduras que podem se multiplicar por brotamento multilateral ou pela formação de pseudomicélios. As espécies possuem intensa atividade fermentativa (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

De acordo com Venturine Filho (2010), as cervejas *Lager* são produzidas com leveduras de baixa fermentação (temperatura entre 7 e 15 °C), com floculação no final da fermentação primária (entre 7 e 10 dias), decantando no fundo do fermentador. Por outro lado, cervejas do tipo *Ale* são produzidas com leveduras de alta fermentação (temperatura entre 18 e 22 °C), ao final da fermentação (entre 3 e 5 dias) as células que estão adsorvidas nas bolhas de CO₂ são levadas até a superfície do mosto fermentado.

2.3.1.5 Adjuntos

Em alguns países europeus, como no caso da Alemanha, apenas os ingredientes primordiais (água, cevada maltada, lúpulo e leveduras) são permitidos na fabricação de cervejas, como exigência determinada pela lei da Bavária, há mais de 500 anos. Já no Brasil é permitida a substituição de parte da cevada maltada por outros cereais maltados ou até mesmo por vegetais (DRAGONE et al., 2018).

O malte de cevada pode ser parcialmente substituído por adjuntos cervejeiros, respeitando o limite em relação ao extrato primitivo. A Instrução Normativa N° 65/2019/MAPA estabelece que os adjuntos poderão ser usados nas seguintes condições:

a) A cerveja poderá ter um máximo de 80% em peso da totalidade dos adjuntos cervejeiros em relação ao seu extrato primitivo e o mínimo de 20% em peso de malte de cevada, ou malte de (nome do cereal utilizado); ou

b) Quando dois ou mais cereais contribuírem com a mesma quantidade para o extrato primitivo, todos devem ser citados na denominação.

São classificados como adjuntos cervejeiros, os demais cereais aptos para o consumo humano, malteados ou não malteados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal. O MAPA publicou uma proposta de revisão dos Padrões de Identidade e Qualidade da cerveja, em 2014, permitindo o uso de adjuntos como frutas e mel, além do envelhecimento em barris de madeira (BRASIL, 2014).

De acordo com Dragone et al. (2018), os adjuntos cervejeiros exercem duas funções principais no processo de elaboração de cervejas. A primeira é de fornecer um substrato alternativo para a fermentação, reduzindo os custos na aquisição de cevada maltada. A segunda é de oferecer novas percepções sensoriais, com sabores, colorações e aromas característicos dos tipos de cereais ou vegetais que serão utilizados. Os grãos de trigo, milho, arroz e sorgo são considerados adjuntos convencionais, enquanto frutas como banana, umbu cajá, tamarindo, cacau, cana de açúcar, vêm se destacando na indústria cervejeira como aditivos não convencionais.

2.3.2 Classificação de cerveja

Os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de cervejas produzidas no Brasil foram estabelecidos por meio do Decreto N° 6.781/2009 do MAPA (BRASIL, 2009). Em julho de 2019, o referido órgão publica outro decreto, N° 9.902, no qual propõe alterações para o estabelecimento do PIQ. Em dezembro de 2019, publica então a Instrução Normativa N° 65/2019, com a consolidação das atualizações para o PIQ de cervejas.

Na antiga classificação estabelecida no Decreto N° 6.781, eram estabelecidas as seguintes caracterizações:

a) Extrato primitivo: sendo classificadas como cerveja leve, extra ou forte;

b) Cor: como cerveja clara, escura ou colorida;

- c) Teor alcoólico: cerveja com álcool ou cerveja sem álcool;
- d) Proporção de malte: cerveja, cerveja de (nome de adjunto utilizado) e cerveja puro malte; e,
- e) Tipo de fermentação: baixa ou alta.

Além destas classificações, o primeiro decreto estabelecia ainda classificações convencionadas internacionalmente, como as denominações: *Pilsen, Export, Lager, Malzbier, Ale, Weissbier, Stout*, entre outros.

Com as alterações propostas no Decreto N° 9.902/2019 e consolidadas com a publicação da Instrução Normativa N° 65/2019, o MAPA enxugou a classificação e restringiu para tornar apenas a proporção de matérias-primas e o conteúdo alcoólico como determinantes para classificação de cervejas no Brasil. Assim, a partir de dezembro de 2019, as cervejas passaram a ser classificadas em relação ao malte de cevada e em relação ao conteúdo alcoólico. Além disso, a IN também retira a menção às denominações internacionais como *Pilsen, Lager, Ale*, entre outras. A seguir será descrita a classificação atual das cervejas, com base nos referidos documentos.

2.3.2.1 Classificação em relação à proporção de matérias-primas

A cerveja será denominada quanto a proporção de malte ou outros cereais malteados ou não em sua elaboração. A Tabela 2 apresenta as classificações.

Tabela 2 – Classificação da cerveja em relação aos cereais malteados ou não

Classificação	Significado
Cerveja	É produzida a partir de um mosto cujo extrato primitivo contém no mínimo 55% em peso de cevada malteada e no máximo 45% de adjuntos cervejeiros
Cerveja 100% malte ou cerveja puro malte	Produzida com extrato primitivo exclusivo de cevada malteada ou de extrato de malte (Malte ou cevada malteada é o grão de cevada cervejeira submetido a processo de malteação)

Cerveja 100% malte de (nome do cereal malteado) ou cerveja puro primitivo é exclusivo de outro cereal malteado malte de (nome do cereal malteado)

Cerveja de (nome do cereal ou dos cereais majoritário(s), malteado(s) ou não) Produzida a partir de um mosto cujo extrato primitivo provém majoritariamente de adjuntos cervejeiros

Fonte: MAPA (2019).

2.3.2.2 Denominação quanto ao conteúdo alcoólico

As cervejas são classificadas de acordo com o teor alcoólico. Podendo ser denominadas de acordo com as especificações constantes na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação da cerveja quanto ao conteúdo alcoólico

Classificação	Teor alcoólico
Cerveja sem álcool ou cerveja desalcooolizada	Inferior ou igual a 0,5% em volume (0,5% v/v)
Cerveja com teor alcoólico reduzido ou cerveja com baixo teor alcoólico	Superior a 0,5% em volume (0,5% v/v) e inferior ou igual a 2,0% em volume (2,0% v/v)
Cerveja	Superior a 2,0% em volume (2,0% v/v)

Fonte: MAPA (2019).

É importante destacar que a Instrução Normativa não apenas resumiu a classificação em dois aspectos principais, mas também propôs alterações dentro destes parâmetros. Tanto em relação ao conteúdo de malte, como em relação ao teor alcoólico, houve mudanças. O percentual permitido para utilização de adjunto agora atinge um limite máximo de 80% em relação ao peso do extrato primitivo. Além disso, as cervejas com baixo teor alcoólico ou teor alcoólico reduzido estão incluídas, já que antes eram apenas cerveja com ou cerveja sem álcool (BRASIL, 2019).

2.3.3 Processamento da cerveja

O processo tradicional de produção de cerveja pode ser dividido em oito operações essenciais: moagem do malte; mosturação ou tratamento enzimático do mosto; fervura do mosto; filtração do mosto; tratamento do mosto; fermentação; maturação; envase e carbonatação, conforme a Figura 3.

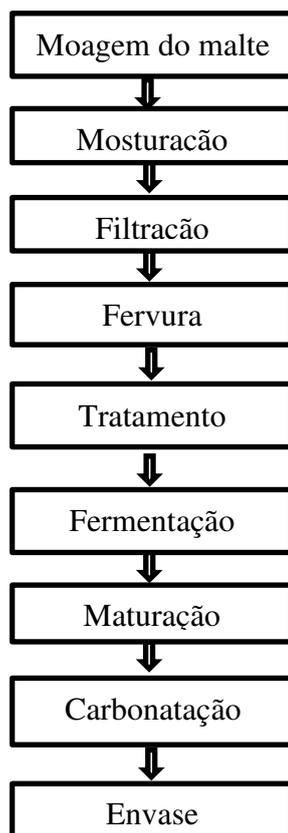


Figura 3 – Principais etapas do processamento de cerveja (VENTURINE FILHO, 2010, adaptado)

Na moagem, o malte é triturado em um moinho para obtenção de cascas e farinhas, sendo que as cascas servirão para filtração do mosto. Na etapa de mosturação o amido é hidrolisado para disponibilizar os açúcares fermentescíveis (maltose, maltotrioses, glicose), a mosturação corre em tempo e temperaturas controladas. Em seguida, o mosto é filtrado e lavado com água aquecida. O mosto é então esterilizado, através da fervura; nesta etapa os compostos aromáticos e de amargor do lúpulo são extraídos. O mosto é resfriado e a levedura é inoculada. Depois de completada a etapa de fermentação, é iniciada a maturação que é

entendida como uma nova fermentação. A cerveja é então clarificada, carbonatada e envasada (VENTURINE FILHO, 2010).

2.3.4 Compostos bioativos e compostos voláteis na cerveja

A cerveja possui capacidade antioxidante moderada, devido à presença de compostos fenólicos, associada a um relativo baixo teor alcoólico. Isso faz com que a capacidade antioxidante do plasma seja aumentada, sem efeitos negativos provocados pelo consumo de altas doses de etanol. A cerveja pode ser considerada uma boa fonte de polifenóis, pois uma quantidade considerável de compostos fenólicos é encontrada tanto no malte quanto no lúpulo. Cerca de 70 a 80% dos compostos fenólicos são originários do malte, enquanto 20 a 30% se originam do lúpulo (SIQUEIRA et al., 2008).

O grão de cevada malteada ainda possui elevados teores de antioxidantes, comparado a outros cereais, contém compostos bioativos, como fitatos, vitamina E (incluindo tocofenóis e tocotrienóis) e compostos fenólicos (ALMEIDA et al., 2017).

A cerveja é rica em muitas substâncias valiosas da dieta humana, como aminoácidos, vitaminas, minerais e compostos fenólicos. Existe uma diversidade de compostos que influenciam nas características sensoriais das cervejas, desde o aroma ao sabor. Os fenóis e polifenóis podem contribuir para características da cerveja como sabor, opacidade, plenitude e adstringência (GASIŃSKI et al., 2020).

A fração volátil da cerveja pode ser composta por mais de 800 compostos diferentes, mas, apenas algumas dezenas deles podem ser aromatizantes. Esses compostos pertencem a várias classes químicas, incluindo álcoois superiores, ésteres, ácidos graxos, compostos carbonílicos, compostos de enxofre, compostos furânicos, monoterpenóis, C₁₃ - norisoprenoides e fenóis voláteis (OLANIRAN et al., 2017).

Segundo Olarin et al. (2017), os compostos presentes na elaboração de cervejas podem ser originado de quatro fontes principais: das matérias-primas (lúpulo, cevada ou outro cereal malteado ou não, vegetais); dos subprodutos do metabolismo de leveduras; dos microrganismos contaminantes ou da estabilidade de compostos de sabor durante o armazenamento do produto.

As bebidas alcoólicas fermentadas, como é o caso da cerveja, possuem uma variedade de metabólitos secundários, que têm como principal característica, o odor específico. Os compostos orgânicos voláteis fazem parte desses metabólitos secundários e são estruturas de

baixo peso molecular que podem passar para o estado gasoso em condições de temperatura e pressão ambiente (MORAES; FERRAZ; CHAPLA, 2020).

Durante a fermentação os principais compostos formados são o etanol e o gás carbônico, porém em menor quantidade, são formados os ácidos orgânicos, ésteres, aldeídos e álcoois superiores (SILVA et al., 2020).

2.3.4.1 Acetaldeídos

O acetaldeído é originado, principalmente, devido à oxidação de frações do etanol produzido na fermentação (VANDERHAEGEN et al., 2007). O acetaldeído é um subproduto natural do processo de fermentação e sua determinação e análise quantitativa ajudam a avaliar se a fermentação completa e adequada ocorreu (TIAN, 2010).

O sabor advindo dos acetaldeídos na cerveja é semelhante a um sabor crocante de maçã verde. Ele é o principal aldeído da cerveja, sendo um intermediário na formação de etanol e acetato. O limiar de sabor deste composto volátil está compreendido na faixa de 10-20 mg/L. Caso a concentração de aldeídos na cerveja ultrapasse esse limiar, sabores estranhos do tipo gramíneos serão perceptíveis (OLANIRAN et al., 2017).

2.3.4.2 Ésteres

Os ésteres são produzidos pelas leveduras durante o processo fermentativo e são responsáveis pelos aromas e sabores frutíferos nas cervejas. Os ésteres de acetato na cerveja são metabólitos de levedura secundários formados durante a fermentação principal. Em relação ao sabor da cerveja, há dois ésteres importantes, que são o acetato de isoamila, o qual apresenta sabor de banana frutado, e o acetato de etila, com sabor de solvente frutado (VANDERHAEGEN et al., 2003).

2.3.4.3 Álcoois superiores

Essa classe de compostos voláteis é formada durante a fermentação alcoólica e influencia no aroma alcoólico da cerveja. O n-propanol, o isobutanol e os álcoois isoamílicos são alguns dos álcoois superiores predominantes (PEREIRA et al., 2021). Além de desempenharem influência sobre o sabor da cerveja, os álcoois superiores também fornecem a

porção de álcool necessária para a síntese dos ésteres desejáveis. Juntos, os ésteres e os álcoois superiores representam o maior e possivelmente mais importante grupo de compostos ativos de sabor na cerveja. (DACK et al., 2017; CONCEIÇÃO et al., 2020).

2.3.4.4 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são originados de espécies vegetais, tendo importância na elaboração de alimentos e bebidas por apresentarem propriedades físicas e sensoriais únicas, como sabor, cor e aroma. Nas cervejas os compostos fenólicos são provenientes do malte de cevada, lúpulo e cereais adjuvantes. (RODRIGUES et al., 2020; VIANA et al., 2021). Esses compostos exercem influências nas características sensoriais da cerveja adicionando um sabor amargo e adstringente. A concentração de compostos fenólicos pode variar conforme o estilo da cerveja (CHEIRAN et al., 2019).

2.3.4.5 Furfural

O furfural é um composto volátil originado principalmente em reações de Maillard (VANDERHAEGEN et al., 2007). De acordo com Dack et al. (2017) o furfural e o 5-hidroximetilfurfural, formados a partir da degradação de pentose e hexose, respectivamente, tem efeito negativo no crescimento de leveduras e na inibição enzimas glicolíticas. Essa classe de compostos é mais presente em cervejas que são produzidas a partir de maltes torrados, que são submetidos a altas temperaturas. O furfural pode atuar como um indicador de qualidade da cerveja, devido sua formação ser associada a tratamentos térmicos no malte (COCCHI et al., 2011). Como um composto aromático característico do vinagre de cereais (GONG et al., 2021) o furfural transmite aroma de amêndoa e açúcar queimado (ZHOU et al., 2017).

2.3.4.6 Ácido acético

O ácido acético possui forte odor ácido e pungente (ZHOU et al., 2017). Este composto pode ser formado a partir da oxidação do acetaldeído ou reabsorção e metabolização do ácido pirúvico (LIU; QUEK, 2016). Quanto aos aspectos sensoriais, é desejável que o ácido acético esteja presente em menores concentrações, uma vez que ele é

considerado uma substância responsável pelo sabor indesejado em cervejas, principalmente um sabor azedo de vinagre (VIANA et al.,2021).

2.4 Qualidade microbiológica

A qualidade e a segurança microbiológica de um produto podem ser determinadas pela presença de microrganismos indicadores em números aceitáveis para atestar a qualidade do produto e também garantir a segurança do consumidor. Os indicadores de qualidade devem ser facilmente detectáveis e distinguíveis de outros microrganismos, o *Pectinatus cerevisiophilos*, por exemplo, é um indicador de qualidade da cerveja. Já os indicadores de segurança, são utilizados para avaliar a segurança e a sanidade do produto, a *Escherichia coli*, por exemplo, é frequentemente utilizada como um indicador, nesse contexto (JAY, 2005).

As análises microbiológicas são necessárias para garantir a qualidade sanitária das cervejas produzidas. De acordo com Rosa e Afonso (2015), as leveduras não são os únicos microrganismos presentes no mosto fermentado, podem aparecer outros microrganismos em diversas etapas do processo devido à presença de carboidratos de fermentação lenta, falhas de processo e deficiência nos procedimentos de higiene e limpeza.

A presença destes microrganismos pode causar turvação e precipitados na cerveja, liberar produtos metabólicos indesejáveis, como fenóis, sulfeto de metila e dietila, acetoína e proteinases, podendo até mesmo deteriorar o produto por completo. O pH alto (acima de 4,5), a concentração de O₂ alta (acima de 1 mg/L) e a concentração de substâncias amargas do lúpulo muito baixa, favorecem o desenvolvimento de microrganismos (ROSA; AFONSO, 2015).

3 ESTADO DA ARTE

Neste capítulo será apresentado um panorama do cenário de estudos, da cerveja artesanal. Serão abordados temas, como propriedades fenólicas, antioxidantes, compostos voláteis, qualidade microbiológica, análise de intenção de compra e perfil de consumidores, além de matérias-primas de origem vegetal utilizados como adjuntos cervejeiros.

A produção de cerveja artesanal é uma prática relativamente nova no Brasil, tendo sua produção alavancada por volta de uma década. Portanto, é interessante entender de que forma os pesquisadores vêm trabalhando esta temática em suas pesquisas.

Desta forma, foi realizada uma busca no banco de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, no intuito de identificar as pesquisas já desenvolvidas até então nos cursos de Pós-Graduação brasileiros, que abordaram a elaboração de cervejas artesanais. Além disso, foram analisadas pesquisas publicadas em periódicos nacionais e internacionais.

3.1 Propriedades fenólicas e antioxidantes da cerveja artesanal

Sorbo e Broetto (2019) buscaram identificar associações dos efeitos funcionais da cerveja *Pilsen* ao potencial antioxidante da polpa de maracujá. Para tal, foram elaboradas quatro formulações. As adições ocorreram durante o *priming*. As cervejas foram submetidas à análise sensorial e físico-química. O tratamento T2 (adicionada de 120 mL de polpa integral de maracujá) apresentou o menor teor de açúcar e maiores teores de fenólicos e capacidade antioxidante. A adição de maracujá não interferiu na aceitação sensorial, quando comparada à cerveja *Pilsen* tradicional.

Cheiran et al. (2019), justificando a falta de estudos na literatura que tenham avaliado o perfil de compostos fenólicos e nitrogenados em cervejas artesanais, propuseram determinar tais compostos utilizando a técnica de HPLC-DAD-ESI-MS/MS, em cervejas artesanais dos estilos *IPA*, *Pilsen* e *Weiss*. Foram realizadas análises físico-químicas de cor, amargor, teor alcoólico e extrato primitivo com as cervejas artesanais dos três estilos. Um total de 57 compostos fenólicos foram encontrados, assim como 15 compostos nitrogenados, incluindo os compostos das classes dos benzoxazinoides e das fenolamidas.

Oliveira et al. (2017) analisaram a aplicação de amidos de milho e mandioca modificados (fosfatação e oxidação) no processo de clarificação de cerveja artesanal. Foram

elaboradas oito cervejas testando os amidos aniônicos. As amostras foram comparadas com uma cerveja submetida ao mesmo processo utilizando o clarificante goma carragena (GCar) e com uma cerveja sem adição de clarificante (SC). Na fosfatação, a fonte botânica não influenciou, e as amostras destaques na clarificação foram o amido de milho fosfatado baixo (2,8%), o amido e milho fosfatado alto (8,6%) e o amido de mandioca fosfatado alto. Para a oxidação a amostra que apresentou melhor desempenho foi o amido de mandioca oxidado 1%.

3.2 Compostos voláteis

Hernandes et al. (2020) avaliaram os níveis de compostos voláteis relacionados ao aroma e de compostos tóxicos (acetaldeído, acroleína, carbamato de etila, formaldeído, furfural e álcool furfurílico) nas etapas de mosturação, fervura, fermentação, maturação e pasteurização. Verificaram-se maiores teores de álcoois superiores na etapa de mosturação, enquanto que na fervura foram verificados os maiores níveis dos produtos da reação de Maillard. Na fermentação, maturação e pasteurização foram determinadas as presenças majoritárias de ésteres. Alguns terpenos foram incorporados ao mosto durante a fervura e fermentação. Acetaldeído, acroleína, formaldeído e álcool furfurílico foram encontrados em todos os estágios da elaboração.

Durello et al. (2019) investigaram a composição química de dez amostras de lúpulos (das variedades *Cascade*, *Columbus*, *Chinook* e *Hallertauer*) cultivados no Brasil (Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul). Além de produzir uma cerveja artesanal com o lúpulo *Cascade* - por apresentar melhores parâmetros físico-químicos – avaliando a composição química volátil da cerveja elaborada. Avaliou-se também o efeito da adição da enzima β -glicosidase na liberação de voláteis terpênicos a partir dos terpenos glicosilados do lúpulo. Como resultado, a condição ótima de extração foi fibra CAR/DBV/ODMS, com temperatura de 75 °C por 121 min. A composição das cervejas proporcionou diferença nos compostos voláteis, as elaboradas com a enzima β -glicosidase apresentou voláteis mais intensos.

3.3 Qualidade microbiológica

Gastaldello (2015) avaliou a presença de micro-organismos em equipamentos utilizados no processo de produção da cerveja e as Boas Práticas de Fabricação das

microcervejarias. Foram analisadas três microcervejarias. A autora identificou diferentes microrganismos em duas das três microcervejarias analisadas. Quanto às Boas Práticas de Fabricação, as microcervejarias apresentaram 77, 93 e 91% de conformidade.

Piacentini et al. (2015) investigaram a presença de fungos e micotoxinas nos grãos de cevada, para avaliar a qualidade da cerveja artesanal produzida na região Sul do Brasil, além de determinar a eficiência do O₃ na destruição dos fungos. Foram analisadas cinco cultivares recomendadas para cultivo no Brasil. As cervejas artesanais apresentaram contaminação em 32% das amostras analisadas, por deoxynivalenol e por fumonisina em 15%. Os grãos apresentaram espécies fúngicas, sendo o gênero *Fusarium*, predominante.

3.4 Análise de intenção de compra e perfil de consumidores cervejeiros

Pascoal et al. (2020) investigaram os atributos que influenciam a preferência dos consumidores de cerveja artesanal, a partir da aplicação de questionários, para investigar as preferências sobre os atributos cor, sabor, aroma e teor alcoólico. Para validar os resultados foi realizada uma análise utilizando a escala Best-Worst. A pesquisa apontou que o sabor é o atributo com maior nível de significância para o consumidor, seguido pelo aroma da cerveja. O sabor que se destacou foi o maltado e o aroma, o neutro e/ou cítrico. Com relação aos diversos tipos de cervejas artesanais, os que mais se correlacionam com a preferência identificada na pesquisa são: *Munich Helles*, *Pilsner*, *American Pale Ale*, *India Pale Ale* e *Witbier*.

Goia e Chaves (2016) realizaram uma leitura sociológica e antropológica do crescimento do mercado cervejeiro brasileiro, com foco no estado do Rio de Janeiro, e como as cervejarias cariocas construíram sua identidade específica neste mercado global.

Rodrigues e Castelo (2019) por meio de um estudo que envolveu metodologias de pesquisa quantitativa, descritiva, aplicada e de levantamento, investigaram a intenção de compra e o perfil de consumidores de cerveja artesanal. Os resultados indicaram a existência de intenção de compra e os perfis de consumo, demográficos e psicográficos que possuem maior intenção. Concluiu-se que os consumidores de cerveja com maior frequência de consumo são homens, de faixa etária mais madura, com renda maior e nível de instrução elevado possuem maior intenção de compra para cerveja artesanal.

Menezes Filho et al. (2020) desenvolveram um estudo exploratório, descritivo para entender como o engajamento do consumidor influencia na constituição de perfis de

identidade de consumidores pertencentes à cultura de consumo de cervejas artesanais na cidade de Fortaleza - CE. Os resultados apontaram cinco categorias de perfis de identidade: iniciante, aventureiro, beer evangelista, expert, beer chato.

Krohn (2017) explicou como as feiras de cervejas podem servir não só como locais para circulação e troca de mercadorias, mas também como local de formação e propagação de discursos dos cervejeiros. Assim as feiras são eventos essenciais para aprendizagem e para a construção do setor artesanal e dos seus agentes.

Gewehr e Zaneti (2019) discutiram a relação entre a comunicação e a qualidade vinculada à cerveja artesanal. As autoras concluíram que existe uma complexa produção de significados relacionados à cerveja artesanal e a compreensão desta complexidade implica na aquisição de capital cervejeiro para distinguir os atores deste cenário.

Flach (2012) realizou um estudo qualitativo, por meio da análise de um multicaso, com entrevistas semiestruturadas, observações e análise documental, realizadas em dez cervejarias artesanais de Santa Catarina - estado localizado no sul do Brasil - com o intuito de descrever e compreender processos de improvisação e possíveis articulações com a aprendizagem. O autor concluiu que a improvisação emerge nas organizações para lidar com problemas não premeditados que exigem resolução imediata, tendo articulação direta com um processo prévio e posterior de aprendizagem.

Dutra et al. (2017) estudaram o perfil de consumidores de cerveja artesanal e as motivações que eles apresentam para consumir a bebida, aplicando a função discriminante quadrática (FDQ) e a rede neural artificial (RNA) na validação e predição de grupos comportamentais do mercado de cerveja artesanal. A autora constatou que o público consumidor situa-se na faixa etária de 19-39 anos, com nível elevado de escolaridade e renda. As motivações para consumo da cerveja artesanal são relacionadas à descoberta de novos sabores, sendo os tipos *Pale Ale*, *Pilsner* e *Weissbier* os mais aceitos. Além disso, o consumo também é motivado pela sensação de prazer, relaxamento, influências gastronômicas e sociais.

Pellin e Mantovanelli Júnior (2016) analisaram a arena pré-decisional de discussão da indicação geográfica (IG) para chope e cerveja artesanal na região de Blumenau (SC), ocorrida entre 2010 e 2015, enquanto fator determinante na constituição de pactos territoriais estratégicos. A pesquisa foi do tipo exploratória quanto aos fins, um estudo de caso quanto aos meios e utilizou como instrumento de coleta de dados entrevistas semiestruturadas aplicadas a dois grupos distintos: gestores das microcervejarias artesanais da região e atores

públicos e privados. Concluiu-se que muitas ações relacionadas às IGs ocorrem no campo da subpolítica, em discussões estimuladas principalmente pelo MAPA, SEBRAE e INPI.

Oliveira e Barcellos (2017) exploraram o novo paradigma da cerveja e suas implicações pragmáticas em termos dos principais conceitos, gestão e operações no Brasil. Os autores também buscaram desmistificar a tecnologia e sua relação social. Concluíram que ocorre uma revolução cervejeira, materializada pela oferta de novos produtos criativos aos principais mercados, cervejarias especializadas e pubs. Sendo isso a transformação tecnológica na sua essência, criando um novo caminho do artesão para a técnica e exigindo formas inovadoras de gestão e operação.

Tomasi e Fortes (2019) realizaram um estudo etnográfico para descrever aspectos da produção de cerveja artesanal como prática de lazer, realizando entrevistas com produtores de cerveja artesanal. A pesquisa constatou que a produção de cerveja artesanal enquanto fenômeno social se conforma em função de um grupo social, que possui características culturais comuns. E a cerveja artesanal enquanto ocupação pode ser compreendida como uma atividade de lazer, permeada de sentidos e significados para o sujeito que produz, ressignificando o processo de ser e estar no mundo.

Spindler (2019) buscou avaliar de que forma a inovação e a cooperação se configuram nas microcervejarias do Rio Grande do Sul, por meio de um estudo de caso múltiplo qualitativo e exploratório, no intuito de esclarecer as transformações no setor e desenvolver proposições para estudos futuros. Foram realizadas entrevistas com microcervejarias. A lógica das microcervejarias tem como característica o foco na qualidade do produto e promoção da cultura cervejeira local. Por outro lado, a lógica das grandes cervejarias tem foco no domínio do mercado e é formado por três grandes grupos cervejeiros, os quais detêm mais de 95% de participação no setor cervejeiro.

3.5 Polpas e sucos de frutas como adjuntos cervejeiros

Pinto et al. (2015) desenvolveram uma cerveja artesanal com adição de acerola e abacaxi e avaliaram suas características físico-químicas e sensoriais. Com a adição do percentual do suco de fruta variando entre 5 a 25% do volume total da cerveja, que foram avaliados com a metodologia de superfície de resposta, sendo as variáveis de respostas os parâmetros físico-químicos e sensoriais. A adição do suco das frutas ocorreu na etapa de maturação. A adição do suco de fruto influenciou os parâmetros de acidez e pH, assim como

diminuiu proporcionalmente o teor alcoólico, extrato real, aparente e primitivo. A análise sensorial indicou baixa rejeição. A superfície de resposta mostrou que adições até 16% de ambas as frutas maximizaram os atributos sensoriais.

Santos et al. (2021) elaboraram uma cerveja artesanal com adição de graviola e avaliaram as características físico-químicas e sensoriais. A adição ocorreu em três etapas: fervura, fermentação e carbonatação. A cerveja adicionada de graviola durante a etapa de fermentação apresentou melhores atributos de sabor, cor, aroma, espuma e turbidez, assim, a mesma foi selecionada para análise físico-química, microbiológica e sensorial. Os atributos avaliados na análise sensorial apresentaram índice de aceitabilidade superior a 70%, sendo que 74% dos provadores indicaram que provavelmente comprariam a cerveja.

Gamba et al. (2020) produziram uma cerveja artesanal, *American Pale Ale*, adicionada de pimenta rosa em 0,1%, e também uma formulação controle sem adição de pimenta e avaliaram a influência das embalagens. As cervejas elaboradas foram submetidas às análises físico-químicas e a análise sensorial de grupo focal e teste de aceitação. Os resultados demonstraram que a adição de pimenta rosa não interferiu nas propriedades físico-químicas, exceto no teor alcoólico que apresentou aumento em relação à cerveja controle. O teste sensorial indicou maior aceitação nas amostras apresentadas ao julgador junto com a embalagem.

Schuina et al. (2020) analisaram a possibilidade de utilização da alcachofra em substituição ao lúpulo na produção de cerveja *American Lager* artesanal. Foram elaboradas cervejas contendo cinco concentrações da planta, variando até 2 g/L. As cervejas foram avaliadas físico-quimicamente e sensorialmente. A utilização da alcachofra proporcionou uma cerveja com qualidade semelhante à da cerveja *Lager* americana tradicionalmente encontrada no mercado, mostrando-se como alternativa viável para substituir o lúpulo. Além disso, apresentou características físico-químicas satisfatórias e boa aceitação sensorial.

Prestes (2019) desenvolveu duas cervejas artesanais, uma com adição de butiá (*Butia odorata*) e outra 100% à base de arroz, avaliando-se as características físico-químicas e sensoriais. Foram elaboradas duas formulações para ambas as cervejas. Na cerveja adicionada de butiá, a polpa de fruta foi adicionada na etapa de fervura. A fermentação transcorreu a 20 °C durante 7 dias. As cervejas foram maturadas à temperatura de 2 ± 2 °C por 8 dias, e, posteriormente, engarrafadas e pasteurizadas. Após sete dias as cervejas foram analisadas química e sensorialmente e apresentaram resultados satisfatórios. Na cerveja 100% arroz, os resultados mostraram que o ácido giberélico favoreceu a atividade amilolítica, enquanto o

farelo de arroz desengordurado incorporou nitrogênio, flavonoides, bem como γ -aminobutírico ácido (GABA), que é um composto funcional.

Pereira et al. (2017) elaboraram e caracterizaram uma cerveja artesanal de trigo com a adição de polpa de caju e casca da laranja. As concentrações da casca foram de 0 e 0,6% (m/m) e do caju, 0, 5 e 10% (m/m), formulando seis diferentes combinações. As matérias-primas foram adicionadas na etapa de fermentação. As formulações foram submetidas à baixa fermentação, maturação e carbonatação. Os resultados mostraram que as cervejas que continham maiores teores de caju demonstraram-se mais ácidas, com maiores percentuais de compostos fenólicos e atividade antioxidante. A formulação de número seis, que continha 10% de pseudofruto de caju (m/m) e 0,6% de casca de laranja (m/m), apresentou os resultados mais satisfatórios.

Trindade (2016) avaliou a incorporação de frutos de amora preta CV. Tupy no processo de fabricação de cerveja artesanal não pasteurizada, variando a concentração de polpa de amora entre 0 e 30%, atentando para a interferência nos parâmetros físico-químicos, além das características sensoriais, com testes de ordenação. Observou-se um aumento de acidez nas cervejas elaboradas, como também aumento do potencial antioxidante. As concentrações de 20 e 30% obtiveram maior preferência em relação à cerveja tradicional.

Tozetto et al. (2017) buscando o desenvolvimento de uma cerveja leve, em relação ao extrato e teor alcoólico, assim como um sabor diferenciado, em relação às tradicionais, elaboraram uma cerveja artesanal adicionada de lascas de gengibre durante a maturação. As cervejas foram caracterizadas físico-química e sensorialmente. A adição de 2 g/L mostrou-se viável, com baixo teor alcoólico, 3,40 °GL, valor energético de 115,44 KJ 100 m/L, extrato reduzido 7,81° Plato e amargor de 21,55 B.U. O índice de aceitabilidade global foi de 92% e todos os atributos sensoriais foram avaliados acima de 70%.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de execução do experimento

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/CG) e no Laboratório de Análise Sensorial do Instituto Federal de Pernambuco – Campus Afogados da Ingazeira (IFPE/CAFI), Brasil.

4.2 Processamento da polpa de caju

A Figura 4 apresenta as etapas que foram utilizadas para o processamento da polpa do caju.



Figura 4 – Etapas do processamento da polpa de caju

Os frutos foram recepcionados no laboratório, submetidos a uma lavagem em água corrente, para retirada do excesso de sujidades e seleção dos pedúnculos que não apresentavam injúrias ou outros danos. Em seguida, foram imersos em uma solução de

hipoclorito de sódio (50 ppm por 10 min) para reduzir a carga microbiana e posteriormente, enxaguados em água corrente para retirar o excesso de cloro.

As castanhas foram retiradas e os cajus foram despulpados em uma despulpadeira mecânica provida de uma peneira 1,5 mm de abertura. Em seguida, foi realizado o refino da polpa utilizando uma peneira de malha menor, da ordem de 1,0 mm de abertura, com a finalidade de eliminar pequenas frações de fibras não trituradas e deixar a polpa mais homogênea.

A polpa foi pasteurizada numa temperatura de 72-75 °C por 20 s, em seguida resfriada, embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenada em freezer a -18 °C, até o momento da realização dos experimentos.

4.3 Planejamento fatorial

Foi realizado um planejamento fatorial 2^3 com 3 pontos centrais, resultando em 11 experimentos, para maximizar o processo de produção das cervejas utilizando a polpa do pedúnculo do caju com o intuito de analisar a influência das variáveis independentes: concentração de polpa (%), sólidos solúveis totais (°Brix) e temperatura de fermentação (°C) sobre as variáveis dependentes: compostos voláteis (mg/L), ácidos orgânicos (mg/L), açúcares (mg/L) e fenólicos (mg/L). A Tabela 4 apresenta os níveis reais e codificados das variáveis independentes para a formulação da cerveja.

Tabela 4 – Valores codificados e reais das variáveis independentes para produção da cerveja

Variável independente	Variáveis		
	Nível -1	Nível 0	Nível +1
Concentração de polpa (%)	10	20	30
Sólidos Solúveis totais (°Brix)	11	14	17
Temperatura de fermentação (°C)	12	14	16

Comumente, as cervejas tipo *Lager* são elaboradas na faixa de temperatura que varia de 7 a 15 °C (ZIÉ et al., 2023), porém neste estudo foi avaliado a utilização da temperatura de 16 °C, um grau acima do que normalmente utilizado na literatura, na tentativa de acelerar o processo fermentativo através do estímulo da levedura, uma vez que em testes preliminares de

fermentação, obteve-se maior duração na etapa de fermentação nas temperaturas menores que 15 °C.

A Tabela 5 apresenta a matriz de planejamento fatorial 2^3 um ponto central (três repetições), totalizando 11 experimentos.

Tabela 5 - Matriz de planejamento fatorial completo $2^3 + 3$ no ponto central utilizada na produção da cerveja artesanal adicionada da polpa do pedúnculo do caju

Experimentos	Variáveis		
	Sólidos Solúveis	Concentração de	Temperatura de
	Totais (°Brix)	polpa (g)	fermentação (°C)
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0

4.4 Formulações das cervejas

Os insumos para elaboração das cervejas foram adquiridos na loja online “Villa do Malte”, localizada no Brasil. A metodologia para elaboração da cerveja *Lager* adicionada da polpa do caju, foi padronizada no Software *BeerSmith® 2*.

A Tabela 6 exhibe os insumos para o preparo do mosto de malte *Lager* utilizado nas formulações com a polpa.

Tabela 6 – Insumos utilizados no processamento do mosto

Insumos	Quantidade* (g)
Malte <i>Pilsen</i>	4000
Lúpulo amargor	15
Lúpulo aromático	5
Levedura <i>Lager (Saccharomyces pastorianus)</i>	22

*Quantidade de insumos para produzir 22 L de mosto base, para posteriormente ser fracionado em recipientes fermentadores de 2 L

A Tabela 7 apresenta as formulações para o preparo das cervejas utilizando a polpa de caju, com base no planejamento fatorial. Foram desenvolvidas onze formulações de cerveja *Lager*, com diferentes concentrações da polpa, variando de 10, 20 e 30%.

Tabela 7 – Formulações das cervejas artesanais com polpa de caju

Formulações	Condições		
	Polpa de caju*(%)	Concentração de sólidos solúveis totais (°Brix)	Temperatura de fermentação (°C)
10AX	10	11	12
10CX	10	17	12
30AX	30	11	12
30CX	30	17	12
10AZ	10	11	16
10CZ	10	17	16
30AZ	30	11	16
30CZ	30	17	16
20BY1	20	14	14
20BY2	20	14	14
20BY3	20	14	14

*Percentual relacionado ao volume do mosto de Malte *Pilsen*, na formulação, antes da etapa de inoculação;

**Nas formulações: 10, 20 e 30 correspondem a concentração de polpa do pedúnculo do caju; A, B e C valores de sólidos solúveis totais de 11, 14 e 17 °Brix, respectivamente; X, Y e Z temperaturas de 12, 14 e 16 °C, respectivamente

A adição da polpa do pedúnculo do caju ocorreu antes da etapa de inoculação, com o mosto já resfriado. Logo após, foi aplicado o procedimento de chaptalização, para adequação dos sólidos solúveis totais para 11, 14 e 17 °Brix nas formulações da cerveja de caju.

4.5 Processamento da cerveja artesanal adicionada da polpa do pedúnculo do caju

A Figura 5 apresenta o fluxograma do processamento da cerveja artesanal.

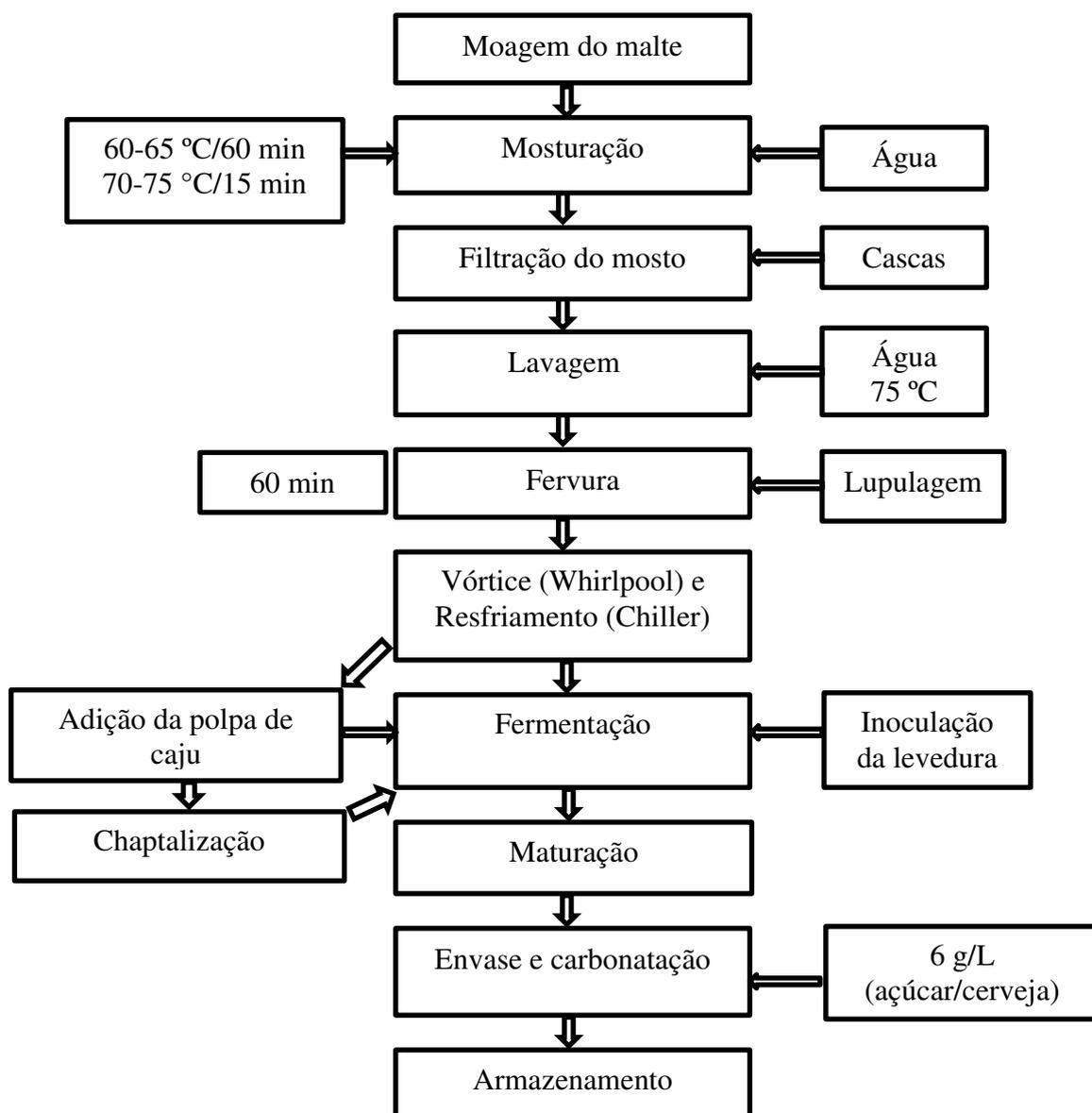


Figura 5– Fluxograma do processamento da cerveja adicionada do pedúnculo do caju

- Moagem do malte: o malte Pilsen foi triturado em um moinho de cereais manual à manivela, marca GUZZO, com sistema de moagem em discos, e coletado em caixas plásticas previamente higienizadas.
- Mosturação: o malte moído foi adicionado à panela cervejeira, juntamente com a água em uma temperatura entre 60-65 °C, durante 60 min, sob agitação. Em seguida, a temperatura foi ajustada para a faixa entre 70-75 °C, durante 15 min, sem agitação.
- Filtração do mosto: o mosto foi filtrado para outro recipiente no intuito de separar o bagaço da cevada, após a extração do amido. A filtração ocorreu utilizando a torneira dosadora da panela cervejeira, sendo utilizado um saco de filtro, fabricado com tecido impermeável do tipo *voil*, durante a mosturação.
- Lavagem: o bagaço foi submetido a uma lavagem cuja temperatura atingiu 75 °C, a fim de aumentar o aproveitamento do amido sacarificado disponível, até verificar a ausência de amido pelo teste de iodo.
- Fervura e lupulagem: o mosto voltou para a panela cervejeira e foi iniciado o aquecimento e, quando a fervura iniciou, foi adicionado o lúpulo amargor. A fervura permaneceu por um tempo de 60 min. Restando 15 min para o fim da fervura, foi adicionado o lúpulo aromático.
- Vórtice (Whirlpool) e resfriamento (Chiller): após interromper a fervura, foram aplicados movimentos giratórios, tipo redemoinho com auxílio de um utensílio bastão durante 2 min. Em seguida, o mosto foi resfriado utilizando um chiller (trocador de temperatura), tipo espiral, até atingir a temperatura de 20 °C.
- Adição da polpa de caju: após o resfriamento do mosto foi adicionado a polpa, em diferentes recipientes fermentadores.
- Chaptalização: o nível de sólidos solúveis totais dos mostos foi ajustado com adição de açúcar refinado.
- Fermentação: a levedura *Saccharomyces pastorianus*, foi preparada hidratando-a em água, para sua ativação, e adicionada ao recipiente fermentador. A fermentação ocorreu sob temperatura controlada (12, 14 e 16 °C), em estufa BOD, cujo término do processo se deu por meio da determinação da concentração de sacarose utilizando sacarímetro.
- Envase e carbonatação: a cerveja foi trasfegada para a panela cervejeira e foi adicionado o xarope de açúcar (150 g de açúcar cristal e 500 mL de água, previamente

dissolvidos em fogo baixo) e com o auxílio da torneira dosadora, foi engarrafada em recipientes de vidro âmbar de 600 mL.

- **Maturação:** a cerveja engarrafada foi acondicionada em uma caixa de plástico, durante 7 dias, em temperatura ambiente.
- **Armazenamento:** depois de concluída a maturação, a cerveja foi armazenada em temperatura ambiente por um período 0, 30, 60 e 90 dias.

4.6 Análises físico-químicas e bioquímicas da cerveja

As amostras foram descarbonatadas, seguindo procedimento analítico do IAL (2008), sendo mantidas sob agitação magnética para proceder às análises de:

- **pH:** o pH foi determinado em pHmetro digital (modelo: LUCA-210, marca: MS TECNOPON), por imersão direta do eletrodo nas amostras de cerveja degaseificada (IAL, 2008).
- **Sólidos solúveis totais:** no mosto, o teor de sólidos solúveis totais foi obtido por refratometria, expressa em °Brix, em refratômetro marca Instrutherm, com escala variando de 0 a 90 °Brix, segundo o método descrito pelo IAL (2008). Na etapa de fermentação foi utilizado um sacarímetro, em uma proveta, para analisar a concentração de sacarose e identificar a conclusão da fermentação; a alíquota era descartada após a análise.
- **Densidade relativa a 20 °C/20 °C com picnômetro:** foi preparado o picnômetro, lavando-o com álcool e enxaguando com éter. Após a evaporação natural do éter, o recipiente foi pesado em balança analítica e seu peso anotado. O picnômetro foi preenchido com água destilada a 20 °C e verificado o seu peso (Equação 1). Esse procedimento foi repetido para as amostras de cervejas descarbonatadas.

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

Em que:

M_{am} - massa em g do picnômetro com a amostra;

M_{H_2O} - massa em g do picnômetro com água; e

M_P - massa em g do picnômetro vazio.

- **Turbidez:** foi determinada por leitura direta em turbidímetro digital modelo (DL-WV) e o resultado expresso em unidades NTU.
- **Teor alcoólico:** a concentração de etanol foi determinada em densímetro digital (DMA-4500, Anton-Paar GmbH, Graz, Áustria) após destilação a vapor das amostras (BORTOLETTO; ALCARDE, 2015).
- **Extrato real:** foi determinado por gravimetria seguindo a metodologia do IAL (2008) em que 10 mL da amostra foram dispensados em cápsula de alumínio previamente seca em estufa e pesada. A cápsula com amostra foi deixada em estufa a 105 °C por 2 h. Após o tempo previsto, a placa foi pesada e o extrato real calculado através da Equação 2:

$$\text{Extrato real (\% m/v)} = \frac{\text{peso da amostra após secagem (g)}}{\text{volume de amostra (mL)}} \times 100 \quad (2)$$

- **Extrato primitivo:** foi obtido por meio de cálculo envolvendo os valores de teor alcoólico e extrato real (AOAC, 2006), conforme Equação 3:

$$\text{Extrato primitivo (\% m/m)} = \frac{[(P \times 2,088) + ER] \times 100}{[100 + (P \times 1,066)]} \quad (3)$$

Em que:

P - peso da amostra seca (g); e

ER - extrato real.

- **Extrato aparente:** foi determinado pela conversão da densidade relativa a 20 °C / 20 °C em percentagem de extrato.
- **Perfil de açúcares:** foi determinado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), utilizando o cromatógrafo equipado com detector de arranjo de diodo

(DAD) e um detector de índice de refração (RID). A detecção dos açúcares foi realizada a 210 nm, utilizando uma coluna Agilent Hi-Plex H (7,7 x 300 nm, 8 µm); H₂SO₄ 4 mmol/L em água ultrapura como fase móvel (fluxo de 0,5 mL/min) (COELHO et al., 2018).

- **Perfil de ácidos orgânicos:** foi determinado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), utilizando o mesmo procedimento descrito para determinação do perfil de açúcares (COELHO et al., 2018).
- **Perfil de compostos voláteis totais:** a quantificação de compostos voláteis se deu por cromatografia gasosa, mediante metodologia descrita por González-Mas et al. (2009) com modificações. Para a extração, vials tipo headspace foram utilizadas. Foram pipetados 7,5 mL das amostras e adicionadas com 1 g de NaCl PA. A solução foi incubada à temperatura de 75° C, por 20 min. 1 cm³ da fração gasosa da amostra foi coletada com seringa para gases da Hamilton Gastight® modelo 1002, 2,5 mL. A fração gasosa foi injetada no Cromatógrafo Gasoso (Agilent Technologies modelo 7820A GC system) com detector seletivo de massas (Agilent Technologies modelo 5977E MSD). A aquisição e processamento dos dados foram realizadas por meio do Software MassHunter Agilent Technologies TM (Santa Clara, CA, USA). A análise cromatográfica ocorreu no modo Split com relação de 1:2 e divisão de fluxo de 20 mL/min a 230 °C no injetor. A coluna empregada foi Capillary Column CP-WAX 52 CB (30 m x 0.25 mm x 0.25µm) (Varian, Lake Forest, CA, USA), com fluxo de 1,0 mL/min de hélio 5.0. A temperatura do forno foi de 35 a 230 °C com tempo total da corrida de 52 min. A temperatura do detector foi controlada em 230 e 190 °C no quadrupolo, e 230 °C na interface de transferência. A identificação das moléculas foi complementada através da comparação dos resultados com a biblioteca de espectro Instituto Nacional de Padrões e Tecnologias (NIST).
- **Acidez volátil:** foi determinada em cromatografia gasosa com detecção de ionização de chama (FID) em Shimadzu GC Equipamento -2010 Plus (Shimadzu Co., Kyoto, Japão), com injeção automática (1,0 µL). As análises foram realizadas na proporção de divisão de 1:25, em triplicata. Os resultados foram expressos em ácido acético mg/L (BORTOLETTO; ALCARDE, 2013).

- **Compostos fenólicos totais:** foram determinados conforme metodologia descrita por Padilha et al. (2017), modificada por Dutra et al. (2018), por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) utilizando um sistema Agilent 1260 Infinity LC (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA), equipado com uma bomba quaternária (modelo G1311C), desgaseificador a vácuo, compartimento de coluna termostática (modelo G1316A), amostrador automático (modelo G1329B), detector de matriz de diodos (DAD; modelo G1315D) e detector de índice de refração (RID; modelo G1362A). Os compostos foram separados usando a coluna Zorbax Eclipse Plus RP-C 18 (100 × 4,6 mm, 3,5 μm) e a pré-coluna Zorbax C 18 (12,6 × 4,6 mm, 5 μm). O tempo de execução durou 33 min. A temperatura do forno foi ajustada para 35 °C e a vazão foi de 0,8 mL.min⁻¹. As fases móveis consistiam de ácido fosfórico 0,1 M solução com pH = 2,0 (A) e metanol acidificado com ácido fosfórico a 0,5% (B). Compostos fenólicos foram detectados em 220, 280, 320 e 360 nm. A coleta e o processamento dos dados foram realizados no OpenLAB CDS ChemStation Edition (Agilent Technologies, Santa Clara - EUA).
- **Atividade sequestradora do radical livre ABTS (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico):** a capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) foi determinada conforme a metodologia descrita por Rufino et al. (2006). O radical ABTS^{•+} foi obtido pela reação de 5 mL da solução ABTS^{•+} 7mM com 88 μL da solução de persulfato de potássio 140 mM, mantidos à temperatura ambiente por 16 h. Após esse período, o radical foi diluído em etanol (1 mL) até a obtenção do valor de absorvância de 0,708 a 734 nm. A partir dos extratos de cada amostra (30 μL) foram adicionados 3,0 mL do radical ABTS. A leitura foi feita após 6 min da reação a 734 nm no espectrofotômetro UV-Vis, e o etanol foi utilizado como branco. A curva padrão foi preparada utilizando Trolox em concentrações de 0,25 a 10 μg/mL. Os resultados da capacidade antioxidante foram expressos em μM Trolox/g extrato (capacidade antioxidante equivalente ao Trolox).
- **Sequestro do radical DPPH (2,2- difenil-1-picril-hidrazil):** a atividade antioxidante foi determinada através da capacidade dos antioxidantes da amostra em sequestrar o

radical estável DPPH• de acordo com a metodologia de Brand-Williams; Cuvelier e Berset (1995), com modificações. A solução extratora foi obtida pela diluição direta da amostra numa concentração inicial de 5 mg/L. Uma alíquota de 240 µL foi retirada da solução e transferida para um tubo de ensaio, no qual foi adicionado 60 µL de etanol. Em seguida a mistura foi diluída com solução de DPPH (Sigma-Aldrich - Sigma Co., USA) até 3 mL de volume final, e incubada em temperatura ambiente por 30 min. A leitura da absorbância foi realizada a 517 nm em espectrofotômetro UV-Vis (Shimatshu, Brasil), utilizando cela de quartzo com 1 cm de caminho óptico. A solução DPPH em etanol foi usada como branco. Os resultados foram expressos em percentual de inibição do radical estável DPPH•, conforme a Equação 7:

$$I = \frac{Ab - Af}{Ab} \times 100 \quad (7)$$

Em que:

I - percentual de inibição do radical estável DPPH;

Ab - branco; e,

Af - absorbância do filme.

- **Frap (Ferric Reducing Antioxidant Power):** foi determinado pela redução do ferro estimado pelo Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP), descrito por Larrauri et al. (1997) e modificado por Rufino et al. (2006). A solução de Frap foi preparada misturando-se 25 mL de tampão acetato 0,3 M, 2,5 mL da solução de TPTZ 10 mM e 2,5 mL da solução aquosa de cloreto férrico 20 mM, sendo utilizada imediatamente após sua preparação. Nos tubos de ensaio foram adicionados 2,700 µL do reagente FRAP e 90 µL das amostras. A leitura da absorbância foi realizada a 595 nm em espectrofotômetro UV-Vis (Shimatshu, Brasil), utilizando cela de quartzo com 1 cm de caminho óptico. O reagente FRAP foi usado como branco. Os resultados foram expressos em µM sulfato ferroso/g.
- **Total de compostos fenólicos por Folin-Ciocalteu:** foi verificado a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006). Preparou-se um extrato a partir da diluição de 1000 µL da em 50 mL de água destilada. As amostras ficaram em repouso por 30 min. Separou-se uma alíquota de 225 µL do extrato para misturar

com 1,900 µL de água e 125 µL do reagente *folin-ciocalteau*. A mistura foi agitada e deixada em repouso por 5 min. Em seguida, adicionou-se 250 µL de Na₂CO₃ e a solução foi agitada. A mistura foi deixada em repouso em banho-maria a 40 °C por 30 min. Após, retirou-se as amostras e deixadas para esfriar em temperatura ambiente. A absorbância foi medida a 765 nm. O ácido gálico foi usado como padrão. Os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico (mg GAE/L).

4.7 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas das cervejas foram realizadas antes da avaliação sensorial do produto. As análises foram realizadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina, Campus Campina Grande, para coliformes a 35 °C, conforme determina Instrução Normativa N° 65/2019 do MAPA, para produtos cervejeiros. As análises foram desenvolvidas seguindo a metodologia descrita por Silva et al. (2017).

4.8 Análise sensorial da cerveja elaborada

A avaliação sensorial das cervejas foi aprovada mediante parecer consubstanciado, CAEE: 60660522.3.0000.5182, emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Alcides Carneiro (HUAC) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Os julgadores foram recrutados mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), sendo assinado em duas vias, uma para posse do julgador e outra para posse do pesquisador.

4.8.1 Análise Quantitativa Descritiva (ADQ)

A ADQ foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - Campus Afogados da Ingazeira (IFPE/CAFI), com alguns consumidores e cervejeiros artesanais locais.

Foi realizada uma ADQ nas amostras de cerveja de caju no intuito de avaliar os descritores sensoriais para os atributos de aroma, sabor, cor, corpo e sensação. Primeiramente

foram selecionados 12 julgadores, que foram treinados pelo pesquisador. Os julgadores deveriam ser consumidores de cerveja, com frequência semanal e também gostarem de caju e seus subprodutos. Os provadores avaliaram a amostra sensorialmente e discutiram em grupo. A discussão foi mediada por um líder, dentre os provadores. Foi solicitada uma descrição dos atributos avaliados, utilizando fichas de análise e os resultados foram analisados utilizando a Análise de Componentes Principais (PCA) (PALERMO, 2015).

4.8.2 Teste de aceitação e intenção de compra

Os testes de aceitação e intenção de compra foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Afogados da Ingazeira (IFPE/CAFI). Foram convidados os estudantes dos cursos de graduação e também servidores. Assim, foram recrutados 100 julgadores, maiores de 18 anos, que consumiam cerveja, semanalmente, e que consumiam caju em sua alimentação.

O teste de aceitação foi aplicado avaliando os atributos sabor, cor, aroma, corpo e impressão global, utilizando-se escala hedônica estruturada de nove pontos, na qual 9 representa “gostei muitíssimo” e 1 “desgostei muitíssimo”. Também foram avaliadas quanto à intenção de compra através de escala estruturada de cinco pontos, na qual 5 representa “certamente compraria” e 1 “certamente não compraria” (DUTCOSKY, 2011).

4.9 Análise estatística

Os resultados obtidos nas análises química, físico-químicas, bioquímicas, microbiológicas e sensoriais foram submetidos à análise de variância e a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa Statistic, versão 7 (Statsoft).

Foi aplicada a Análise de Componentes Principais (PCA) (MARTENS; NAES, 1991), para avaliar as diferenças entre as amostras de cerveja por meio do *software Statistic*, versão 7 (Statsoft).

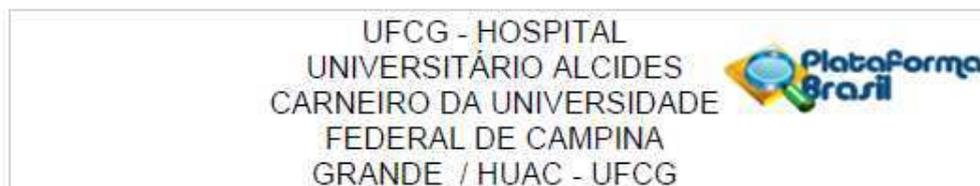
A partir dos resultados foram construídos os gráficos dos escores, com as componentes principais (PC) e dos pesos (*loadings*).

4.10 Armazenamento da cerveja de caju

Foram selecionadas três amostras de cervejas para o armazenamento, considerando as que apresentaram os melhores resultados das seguintes análises: sensorial (ADQ), multivariada, química e físico-química. As cervejas escolhidas foram colocadas em garrafas de vidro âmbar, de 600 mL e mantidas em temperatura de ± 26 °C, por um período de 90 dias. Nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias foram realizadas análises químicas e físico-químicas (compostos fenólicos, fenólicos totais, compostos voláteis, ácidos orgânicos, açúcares e atividade antioxidante) com o objetivo de avaliar a estabilidade das amostras engarrafadas nestas condições controladas. Ao início do armazenamento foi realizada análise sensorial (testes de aceitação e intenção de compra), para avaliar as características sensoriais da cerveja de caju; após 90 dias foi realizada uma ADQ para avaliar as mudanças no perfil de sabor e aroma da cerveja de caju.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Parecer do comitê de ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de uma cerveja artesanal tipo lager adicionada de caju (*Anacardium occidentale*): composição volátil e características sensoriais

Pesquisador: ZANELLI RUSSELEY TENORIO COSTA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 60660522.3.0000.5182

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.607.910

Apresentação do Projeto:

Título do projeto: Desenvolvimento de uma cerveja artesanal tipo lager adicionada de caju (*Anacardium occidentale*): composição volátil e características sensoriais

Resumo conforme autora:

A utilização de adjuntos no processamento de cervejas artesanais pode se mostrar como alternativa para enriquecer as características sensoriais, além das propriedades voláteis e bioativas do produto final. Diversas frutas têm sido utilizadas na elaboração de cervejas, e o caju por apresentar aroma e sabor peculiares, além de características nutricionais desejáveis, mostra-se como opção para elaboração de um novo tipo de cerveja. Este estudo tem por objetivo desenvolver e avaliar a qualidade química, físico-química, microbiológica e sensorial de uma cerveja artesanal Lager adicionada de polpa de caju. Os frutos de caju serão caracterizados quanto aos parâmetros: pH, sólidos solúveis totais, teor de água, cinzas, acidez total titulável, ratio, açúcares totais e redutores, fenólicos totais, atividade de água (aw) e cor. Para as cervejas artesanais será realizado um planejamento fatorial $2^3 + 1$ ponto central com três repetições, resultando em 11 experimentos, com concentrações de polpa de caju variando entre 10 e 30% do volume do

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.
Bairro: São José **CEP:** 58.107-670
UF: PB **Município:** CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)2101-5545 **Fax:** (83)2101-5523 **E-mail:** oep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 5.607.910

mosto, com o intuito de analisar a influência das variáveis independentes: concentração de polpa, sólidos solúveis totais e temperatura de fermentação, sobre as variáveis dependentes: compostos voláteis, fenólicos totais, açúcares, teor alcoólico, pH e acidez. A fermentação será realizada em estufas BOD nas temperaturas de 12, 14 e 16 °C. Será realizada a cinética de fermentação, monitorando o pH, sólidos solúveis totais, acidez total, teor alcóolico, açúcares totais e redutores. Após a fabricação, as cervejas serão caracterizadas fisicoquimicamente, microbiologicamente e sensorialmente para a escolha das melhores condições de processo. Serão selecionadas duas cervejas e submetidas ao armazenamento em condições controladas (temperatura e umidade ambiente, sem incidência de luz), durante seis meses, para verificar as alterações na composição volátil e nas características sensoriais.

Objetivo da Pesquisa:

Desenvolver e avaliar a qualidade química, físico-química, microbiológica e sensorial de cerveja artesanal adicionada de polpa de caju.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos conforme autora

Os riscos, caso venham ocorrer, podem ser do tipo: alergia a algum componente da formulação da cerveja ou apresentar cansaço no período de responder o questionário, e para minimizar esse risco, haverá intervalos para descanso, e após esse período o avaliador volta para concluir sua participação na avaliação sensorial.

Benefícios conforme autora:

Os participantes terão a oportunidade de participar do desenvolvimento de um novo produto que futuramente poderá ser lançado no mercado

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A utilização de adjuntos no processamento de cervejas artesanais pode se mostrar como alternativa para enriquecer as características sensoriais, além das propriedades voláteis e bioativas do produto final. Diversas frutas têm sido utilizadas na elaboração de cervejas, e o caju por apresentar aroma e sabor peculiares, além de características nutricionais desejáveis, mostra-se

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.
Bairro: São José CEP: 58.107-670
UF: PB Município: CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)2101-5545 Fax: (83)2101-5523 E-mail: oep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 5.607.910

como opção para elaboração de um novo tipo de cerveja

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados

Recomendações:

Sem recomendações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto atende as exigências da resolução 466/12, logo, sou de parecer favorável a execução do mesmo

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1964273.pdf	04/08/2022 10:35:50		Aceito
Outros	TesteDeAceitacaoCERVEJA.pdf	04/08/2022 10:35:18	ZANELLI RUSSELEY TENORIO COSTA	Aceito
Outros	FichaADQSensorial.pdf	04/08/2022 10:33:53	ZANELLI RUSSELEY TENORIO COSTA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE1.pdf	04/08/2022 10:32:52	ZANELLI RUSSELEY TENORIO COSTA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TermoPesquisador.pdf	04/08/2022 10:32:03	ZANELLI RUSSELEY TENORIO COSTA	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	01/07/2022 10:39:14	ZANELLI RUSSELEY TENORIO COSTA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	TermoAnuencialFPE.pdf	01/07/2022 10:34:42	ZANELLI RUSSELEY TENORIO COSTA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	01/07/2022 10:28:03	ZANELLI RUSSELEY TENORIO COSTA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	01/07/2022 10:25:56	ZANELLI RUSSELEY TENORIO COSTA	Aceito

Situação do Parecer:

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.
Bairro: São José CEP: 58.107-870
UF: PB Município: CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)2101-5545 Fax: (83)2101-5523 E-mail: oep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 5.607.910

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPINA GRANDE, 26 de Agosto de 2022

Assinado por:
Andréia Oliveira Barros Sousa
(Coordenador(a))

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.
Bairro: São José CEP: 58.107-670
UF: PB Município: CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)2101-5545 Fax: (83)2101-5523 E-mail: oep@huac.ufcg.edu.br

Página 04 de 04

Apêndice 2 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS - CEP
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO ALCIDES CARNEIRO – HUAC



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

ESTUDO: Desenvolvimento de cerveja artesanal tipo Lager adicionada de caju (Anacardium occidentale): composição volátil e características sensoriais

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa acima citado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas se desistir a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo a você.

Eu, _____ (inserir o nome, profissão), residente e domiciliado na _____, portador da Cédula de identidade, RG _____, e inscrito no CPF/MF... _____ nascido(a) em ____ / ____ / _____, abaixo assinado(a), concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) do estudo “**Desenvolvimento de cerveja artesanal tipo Lager adicionada de caju (Anacardium occidentale): composição volátil e características sensoriais**”. Declaro que obtive todas as informações necessárias, bem como todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas.

Estou ciente que:

I) A pesquisa visa o desenvolvimento e a avaliação da qualidade química, físico-química, microbiológica e sensorial de cerveja artesanal adicionada de polpa de caju;

II) A utilização de adjuntos no processamento de cervejas artesanais pode se mostrar como alternativa para enriquecer as características sensoriais, além das propriedades voláteis e bioativas do produto final. Diversas frutas têm sido utilizadas na elaboração de cervejas, e o caju por apresentar aroma e sabor peculiares, além de características nutricionais desejáveis, mostra-se como opção para elaboração de um novo tipo de cerveja; A análise de ADQ será realizada previamente ao teste de aceitação, com uma equipe composta por 12 provadores, para descrição dos atributos da cerveja de caju. Para o teste de aceitação e intenção de compra, a equipe será composta de 100 provadores não treinados. Serão avaliados os seguintes atributos: aparência, cor, sabor, aroma e aceitação global e a intenção de compra da cerveja de caju;

III) Os riscos envolvidos com sua participação são: Apresentar cansaço no período de responder o questionário, e para minimizar esse risco, haverá intervalos para descanso, e após esse período o avaliador volta para concluir sua participação na avaliação sensorial. Os benefícios da pesquisa serão: o trabalho terá como benefício obter um produto novo, que poderá ficar disponível no comércio, e ofereça uma boa qualidade nutricional e boa aceitação sensorial;

IV) O pesquisador responsável estará disponível para auxiliar os participantes durante e após a pesquisa, caso necessitem de esclarecimentos decorrentes da participação na atividade;

V) A participação na pesquisa é voluntária e o participante poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade;

VI) Todas as informações obtidas serão sigilosas e seu nome não será identificado em nenhum momento. Os dados serão guardados em local seguro e a divulgação dos resultados será feita de maneira que não permita a identificação de nenhum voluntário;

VII) Os resultados obtidos na pesquisa serão utilizados apenas para fim de publicação e divulgação científica, garantindo o sigilo das informações que permitam a identificação dos participantes;

Atestado de interesse pelo conhecimento dos resultados da pesquisa

Desejo conhecer os resultados desta pesquisa

Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

VIII) O participante receberá, do pesquisador responsável, uma via rubricada e assinada deste termo de consentimento livre e esclarecido;

IX) Caso o participante tenha algum gasto decorrente de sua participação na pesquisa, poderá ser ressarcido, caso solicite;

X) Em qualquer momento, se o participante sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, poderá buscar o direito de ser indenizado;

IX) Caso me sinta prejudicado por participar desta pesquisa, poderei recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos – CEP, do Hospital Universitário Alcides Carneiro - HUAC, situado a Rua: Dr. Carlos Chagas, s/ n, São José, CEP: 58401 – 490, Campina Grande-PB, Tel: 2101 – 5545, E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br; Conselho Regional de Medicina da Paraíba e a Delegacia Regional de Campina Grande.

Campina Grande - PB, ____ de _____ de 2022.

Paciente / Responsável

Testemunha 1 : _____ Nome / RG / Telefone

Testemunha 2 : _____ Nome / RG / Telefone

Responsável pelo Projeto: Zanelli Russeley Tenório Costa

Telefone para contato e endereço profissional do pesquisador responsável:

Endereço: Rua Elpídeo do Amaral Padilha, n° 69. CEP: 56.800-000. Morada Nova. Afogados da Ingazeira-PE. E-mail: zanelli.tenorio@afogados.ifpe.edu.br; Telefone: (87) 99938 4523.

Apêndice 3 - Roteiro para discussões no grupo de análise

ROTEIRO AVALIAÇÃO SENSORIAL - ADQ

PRODUTO TESTADO: CERVEJA ARTESANAL ADICIONADA DE CAJU

RESPONSÁVEL: ZANELLI RUSSELEY TENÓRIO COSTA

- Explicar um pouco a técnica de produção de cerveja artesanal.
- Esclarecer aos participantes que não existem respostas corretas ou erradas para os itens abordados, podendo ter opiniões diversas, mesmo estas sendo divergentes da maioria dos participantes do grupo.
- Externar o que se espera desta cerveja artesanal e como a mesma deve ser avaliada sensorialmente
- Levantamento de dados (faixa etária, escolaridade, frequência de consumo e preferências)

Roteiro:

1. Em quais ocasiões vocês consomem cerveja com mais frequência?
2. Que tipo de cerveja você consome?
3. A forma de processamento do produto (ingredientes, brassagem e conservação) é importante na escolha do produto para você?
4. Quais características você espera encontrar em uma cerveja artesanal?
5. As características nutricionais interferem na sua escolha de cerveja?
6. O que mais chama sua atenção nesses produtos?
7. Quais as características você acha que deveriam ser avaliadas nos produtos (aroma, cor, corpo, sabor e impressão global)?
8. Você percebe alguma diferença entre os produtos?
9. Caracterize cada produto, apresentando pontos positivos e negativos.
10. Que termos sensoriais caracterizariam esses produtos?
11. Existe algum atributo capaz de fazer um produto ser escolhido independente do seu desempenho nos demais atributos?
12. Há algum atributo do produto que seja relevante para a decisão de compra?
13. Que atributos não sensoriais (preço, tipo, marca, local de compra, horário de consumo...) são relevantes para a decisão de compra

Apêndice 4 - Ficha de atributos sensoriais para discussão

ANÁLISE SENSORIAL

Você está recebendo quatro amostras de cerveja. Abaixo estão listados vários termos que podem ser encontrados nesta cerveja. Por favor marque os termos que você reconhece nas amostras:

Amostra: _____

- Gosto doce
- Gosto azedo
- Gosto amargo
- Gosto salgado
- Sabor de casca de laranja
- Sabor de fruto muito maduro/passado
- Sabor de álcool forte
- Sabor de álcool fraco
- Cor dourada
- Cor amarela
- Cor âmbar
- Cor cobre
- Consistência cremosa
- Consistência leve
- Aroma de flores
- Aroma de malte
- Aroma de frutas cítricas
- Aroma de hortelã
- Aroma de manga
- Aroma de lúpulo
- Aroma de ranço
- Aroma de vinagre
- Refreshante
- Adstringente

Apêndice 5 - Ficha de intensidade, com exemplo para atributo “cor”

ANÁLISE DE INTENSIDADE DE CERVEJA

Nome: _____

Data: ___/___/___

Por favor, avalie a intensidade de cada um dos atributos de aparência, aroma, sabor e característica textural destas amostras de cerveja, marcando na escala um traço vertical no local apropriado. Utilize alguns padrões como referência.

APARÊNCIA

Cor amarela

C1: Nenhum	-----	Forte
C2: Nenhum	-----	Forte
C3: Nenhum	-----	Forte
C4: Nenhum	-----	Forte
C5: Nenhum	-----	Forte
C6: Nenhum	-----	Forte
C7: Nenhum	-----	Forte
C8: Nenhum	-----	Forte
C9: Nenhum	-----	Forte
C10: Nenhum	-----	Forte
C11: Nenhum	-----	Forte

Cor dourada

C1: Nenhum	-----	Forte
C2: Nenhum	-----	Forte
C3: Nenhum	-----	Forte
C4: Nenhum	-----	Forte
C5: Nenhum	-----	Forte
C6: Nenhum	-----	Forte
C7: Nenhum	-----	Forte
C8: Nenhum	-----	Forte
C9: Nenhum	-----	Forte
C10: Nenhum	-----	Forte
C11: Nenhum	-----	Forte

Apêndice 6 - Teste de aceitação e intenção de compra

MODELO DE FICHA PARA O TESTE DE ACEITAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE CERVEJA ARTESANAL TIPO LAGER ADICIONADA DE CAJU (*Anacardium occidentale*): COMPOSIÇÃO VOLÁTIL E CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS

Faixa Etária: 15-30 31-40 41-50 51-60 Acima de 61

Data: ___/___/___

Gênero: Feminino Masculino

Grau de Escolaridade: Ensino médio Técnico Ensino Superior Pós- Graduação

Você consome cerveja? : Sim Não

Com que frequência você consome cerveja? Todos os dias 2 a 3 vezes por semana 1 vez por semana 1 a 2 vezes por mês 1 a 2 vezes ao ano

1. Você está recebendo 4 (quatro) amostras codificadas. Avalie da esquerda para a direita de acordo com as características citadas, usando a escala abaixo:

- 9 – Gostei muitíssimo
- 8 – Gostei muito
- 7 – Gostei moderadamente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 5 – Nem gostei/nem desgostei
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 3 – Desgostei moderadamente
- 2 – Desgostei muito
- 1 – Desgostei muitíssimo

Amostra	Aparência	Cor	Sabor	Aroma	Impressão Global

2. Marque sua intenção de compra utilizando a tabela abaixo:

- 5 – Certamente compraria
- 4 – Provavelmente compraria
- 3 – Tenho dúvidas se compraria
- 2 – Provavelmente não compraria
- 1 – Certamente não compraria

Amostras	Intenção de Compra

Comentários: _____

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. R.; GERALDOM M. R. F.; RIBEIRO, L. F.; SILVA, M. V.; MACIEL, M. V. O. B.; HAMINIUK, C. W. I. Bioactive compounds from brewer's spent grain: phenolic compounds, fatty acids and in vitro antioxidant capacity. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 39, n. 3, p. 269-277, 2017.

ALVES, R. E.; FILGUEIRAS A. C. **Caju: Pós-colheita. Embrapa Agroindústria Tropical**. 36 p. e.1. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

AOAC - Association Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 11 ed., Washington, 2006.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. **Biotechnologia industrial**. São Paulo: Blucher, 2001.

BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Congeners in sugar cane spirits aged in casks of different woods. **Food Chemistry**, v. 139, p. 695-701, 2013.

BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Assessment of chemical quality of Brazilian sugar cane spirits and cachaças. **Food Control**, v. 54, p. 1-6, 2015.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de pedúnculos de caju submetidos a desidratação osmótico-solar. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, n. 2, p.139-145, 2003.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 65, de 10 de dezembro de 2019. **Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria**. Diário Oficial da União, Brasília, e.239, seção 1, p. 31, publicado em 11 de dezembro de 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto N° 6871, de 04 de junho de 2009. **Regulamenta a Lei N° 8.918 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas**. Diário Oficial da União, Brasília 05/06/2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm. Acesso em: 10/09/2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Anuário da Cerveja 2020**. Brasília, 2021. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/http-www-cervbrasil-org-br-novo_site-wp-content-uploads-2021-04-anuariocerveja2-pdf/ Acesso em 24 de agosto de 2021.

BRASIL. Portaria N°8 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de 17 de janeiro de 2014. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 jan. 2014. Seção 1, p.13.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto N° 9.902 de 08 de julho de 2019**. Altera o Anexo ao Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da União, Brasília 08/07/2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm#art2 Acesso em 12 de dezembro de 2020.

CHEIRAN, K. P.; RAIMUNDO, V. P.; MANFROI, V.; ANZANELLO, M. J.; KAHMANN, A.; RODRIGUES, E.; FRAZZON, J. Simultaneous identification of low-molecular weight phenolic and nitrogen compounds in craft beers by HPLC-ESI-MS/MS. **Food Chemistry**, v. 286, p. 113-122, 2019.

COCCHI, M.; DURANTE, C.; LAMBERTINI, P.; MANZINI, S.; MARCHETTI, A.; SIGHINOLFI, S.; TOTARO, S. Evolution of 5-(hydroxymethyl)furfural and furfural in the production chain of the aged vinegar Aceto Balsamico Tradizionale di Modena. **Food Chemistry**, v. 124, n. 3, p. 822-832, 2011.

COELHO, E. M.; DA SILVA PADILHA, C. V.; MISKINIS, G. A.; DE SÁ, A. G. B.; PEREIRA, G. E.; DE AZEVÊDO, L. C.; DOS SANTOS LIMA, M. Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and characterization of products from northeast Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 160-167, 2018.

CONCEIÇÃO, S. R.; FRANÇA NETA, L. S.; GOMES, F. C.; MACHADO, A. M. R. Perfil cromatográfico da cerveja do fundo de dorna recuperada por microfiltração. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 17884-17897, 2020.

DACK, R. E.; BLACK, G. W.; KOUTSIDIS, G.; USHER, S. J. The effect of Maillard reaction products and yeast strain on the synthesis of key higher alcohols and esters in beer fermentations. **Food Chemistry**, v. 232, n.1, p. 595-601, 2017.

DAS, I.; ARORA, A. Post-harvest processing technology for cashew apple – A review. **Journal of Food Engineering**, v. 194, p. 87-98, 2017.

D'AVILA, R. F.; LUVIELMO, M. M.; MENDONÇA, C. R. B.; JANTZEN, M. M. Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v.8, n. 2, p.60-68, 2012.

DRAGONE, G.; SILVA, T. A. O.; SILVA, J. B. A. **Cerveja**. In: VENTURINE FILHO, W. G. (Org.). *Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia*. 1. ed. Digital. São Paulo: Blecher, 2018.

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ JÚNIOR, S. Química do lúpulo. **Química Nova**, v. 42, n. 8, p. 900-919, 2019.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 3. ed. Curitiba: Champagnat, 2011.

DUTRA, M. C. P.; RODRIGUES, L. L.; OLIVEIRA, D.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. S. Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. **Food Chemistry**, v. 269, p. 157-165, 2018.

DUTRA, V. L. M.; CARVALHO, N. B.; MARQUES, P. H. L.; CLAUDINO, T. O.; BAFFA JUNIOR, J. C. Efeito do nível de maltose em pó sobre a qualidade de cerveja artesanal. In: Simpósio de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Minas Gerais 'Sustentabilidade: Uma nova perspectiva na produção de alimentos', 2, Anais...Montes Claros, 2017.

FLACH, L. A rota das cervejarias artesanais de Santa Catarina: Analisando improvisação e aprendizagem. **Revista Eletrônica de gestão Organizacional**, v. 10, n. 3, p. 567-594, 2012.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2008.

GAGULA, G.; MASTANJEVIC, K.; MASTANJEVIC, K.; KRSTANOVIC V.; HORVAT, D.; MAGDIC, D. The influence of packaging material on volatile compounds of pale lager beer. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, n. 1, p. 1-5, 2020.

GAMBA, M. M.; BUSATO, B. M.; LEÃO, S. F.; MONTEIRO, T. A. O. P.; CARVALHO, R. V.; LIMA FILHO, T.; DELLA LUCIA, S. M. **Craft beer added with pink pepper: Studying package, acceptance and purchase intention of the beverage**. In: CORDEIRO, C. A. M. (Org.). Tecnologia de Alimentos. 1ed. v. 3, Editora Científica Digital: Belo Horizonte, p. 130-150, 2020.

GARRUTI, D. S.; LIMA, J. R.; LIMA, A. C.; PAIVA, F. F. A.; BARROS, M. E. S.; MORAES, I. V. M.; ABREU, F. A. P.; MACHADO, T. F.; BASTOS, M. S. R.; SILVA NETO, R. M.; SOUZA FILHO, M. S. M.; NASSU, R. T. **Aproveitamento industrial**. In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.). Caju: O produtor pergunta. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

GASIŃSKI, A.; KAWA-RYGIELSKA, J.; SZUMNY, A.; CZUBASZEK, A.; GASIOR, J.; PIETRZAK, W. Volatile compounds content, physicochemical parameters, and antioxidante activity of beers with addition of mango fruit (*Mangifera indica*). **Molecules**, v. 13, n. 25, p. 3033, 2020.

GASTALDELLO, D. **Microcervejarias: avaliação de Boas Práticas de Fabricação e incidência de bactérias no processo**. 2015. 52 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Alimentos) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2015.

GEWEHR, B.; ZANETI, T. B. Capital cervejeiro: a comunicação na disseminação da cerveja artesanal. **Esferas**, v. 8, p. 67, 2019.

GOIA, M. R.; CHAVES, R. L. P. Cerveja artesanal carioca: A fabricação de uma Cultura. **ADM.MADE**, v. 20, p. 56-71, 2016.

GONG, M.; ZHOU, Z.; LIU, S.; ZHU, S.; LI, G.; ZHONG, F.; MAO, J. Vias de formação e precursores de furfural durante a produção de vinagre aromático de Zhenjiang. **Food Chemistry**, v. 354, n. 129503, p. 1-8, 2021.

GONZÁLEZ-MAS, M. C.; GARCÍA-RIAÑO, L. M.; ALFARO, C.; RAMBLA, J. L.; PADILLA, A. I.; GUTIERREZ, A. Headspace-based techniques to identify the principal volatile compounds in red grape cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 3, p. 510-518, 2009.

HERNANDES, K. C.; SOUZA-SILVA, É. A.; ASSUMPÇÃO, C. F.; ZINI, C. A.; WELKE, J. E. Carbonyl compounds and furan derivatives with toxic potential evaluated in the brewing stages of craft beer. **Food Additives and Contaminants Part A - Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment**, v. 37, p. 61-68, 2020.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo: IAL, 2008, p. 1020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário: Produção de Castanha-de-caju (cultivo)**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/castanha-de-caju-cultivo/br> Acesso em: 28 de setembro de 2023.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

KROHN, L. V. H. Feiras de cerveja - vias de construção do artesanal. **Plural**, v. 24, p. 229-252, 2017.

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of Drying Temperature on the Stability of Polyphenols and Antioxidant Activity of Red Grape Pomace Peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LIMA, A. C.; PAIVA, F. F. A.; MORAES, I. V. M.; SILVA NETO, R. M. Industrialização do caju. In: SERRANO, L. A. L. **Sistema de produção do caju**. ed.2. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

LIU, S. Q.; QUEK, A. Y. H. Evaluation of beer fermentation with a novel yeast williopsis saturnus. **Food Technology Biotechnology**, v. 54, n. 4, p. 403–412, 2016.

MARTENS, H. NAES, T. **Multivariate calibration**. John Wiley & Sons: Chichester, 1991.

MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju**. 20 p. e. 1. Fortaleza: EMBRAPA CNPAT, 1995.

MENEZES FILHO, J. G. SILVA, M. E.; CASTELO, J. S. F. A constituição identitária do consumidor de cerveja artesanal na cidade de Fortaleza. **Brazilian Business Review**, v. 17, n. 4, p. 381-398, 2020.

MORAES, G. K. A.; FERRAZ, L. F.; CHAPLA, V. M. Compostos orgânicos voláteis de fungos endofíticos e suas aplicações biotecnológicas. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 6, p. 1-13, 2020.

MOURA, C. F. H.; SILVA, E. O.; ALVES, R. E.; LOPES, M. M. A.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOSCA, J. L.; MENEZES, J. B.; SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, A. C.; MELO, Q. M. S.; FREIRE, F. C. O. **Pós-colheita e conservação do pedúnculo do caju**. In: In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.). Caju: o produtor pergunta. e.2. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

OLANIRAN, A. O.; HIRALAL, L.; MOKOENA, M. P.; PILLAY, B. Flavour-active volatile compounds in beer: production, regulation and control. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 123, n. 1, p. 13–23, 2017.

OLIVEIRA, G. R.; BARCELLOS, M. D. Technology, production paradigm and operation: Transformation of Brazil-Ian Brewing sector. **Journal of Operations and Supply Chain Management**, v. 10, n. 2, p. 44-55, 2017.

OLIVEIRA, M. D.; VIELL, F. L. G.; PLATA-OVIEDO, M. S. V. . Application of modified starch in the clarifying process of the craft beer. In: Latin American Symposium of Food Science, 2017, **Proceedings...**Campinas - SP. Food Science and its impact on a changing world, 2017. v. 12. Disponível em: <<https://proceedings.science/slaca/slaca-2017/papers/application-of-modified-starch-in-the-clarifying-process-of-the-craft-beer>> Acesso em: 13 set. 2021.

PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SOUZA, M. E. A. O.; PEREIRA, G. E.; OLIVEIRA, D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; LIMA, M. S. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food Chemistry**, v. 228, p. 106-115, 2017.

PALERMO, J. R. **Análise sensorial: Fundamentos e métodos**. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 2015.

PALLANDI, J. **Do mato para o vaso: Fruta brasileira. Caju**. 2015. Disponível em: <<https://maosnahorta.blogspot.com/2015/07/do-mato-para-o-vaso.html>> Acesso em 06 de fevereiro de 2020.

PALOMINO-VASCO, M.; RODRÍGUEZ-CÁCERES, M. I.; MORA-DÍEZ, N. Discrimination based on comercial/craft origin and on larger/ale fermentation of undiluted Spanish beer samples: front-face excitation-emission matrices and chemometrics. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 115, n. 104946, 2023.

PASCOAL, E. T.; LOPES, H. E. C.; RUEDA, A. L. P. Uma análise empírica dos principais atributos que influenciam a preferência do consumidor de cervejas artesanais. **Revista de Engenharia de Produção**, v. 2, n. 2, p. 28-52, 2020.

PELLIN, V.; MANTOVANELI JR., O. Cerveja artesanal e desenvolvimento regional em Santa Catarina (Brasil). PRACS: **Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**, v. 9, p. 47-61, 2016.

PENVENNE, J. M. **Um século de constatação a propósito do caju**. In: PENVENNE, J. M. (Ed.). *Womem, Migration & the Cashew Economy in Southern Mozambique*. Moçambique: Boydell & Brewer, James Currey na impint of Boydell & Brewer, 2015.

PEREIRA, D. T. V.; MELO, J. O. F.; AUGUSTI, R.; JUNQUEIRA, M. S. **Perfil de compostos voláteis de um novo estilo de cerveja**. In: MELO, J. O. F. (Org.). Ciências Agrárias [livro eletrônico]: O avanço da ciência no Brasil, v. 1. Guarujá-SP: Editora Científica Digital, 2021.

PEREIRA, I. M. C.; TEIXEIRA, G. S. M.; Gaban, S. V. F. Elaboração e composição centesimal de cerveja artesanal adicionada de casca de laranja (*Citrus sinensis*) como substituto parcial do lúpulo. Congresso Brasileiro de Gastronomia, Ciência e Cultura Alimentar. 1ed.Fortaleza: **E-book**, v. 1, p. 123-124, 2017.

PIACENTINI, K. C.; SAVI, G. D.; PEREIRA, M. E.V.; SCUSSEL, V. M. Fungi and the natural occurrence of deoxynivalenol and fumonisins in malting barley (*Hordeum vulgare* L.). **Food Chemistry**, v. 187, p. 204-209, 2015.

PINTO, L. I. F.; ZAMBELLI, R. A.; SANTOS JUNIOR, E. C.; PONTES, D. F. Desenvolvimento de cerveja artesanal com acerola (*Malpighia emarginata* DC) e abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 67-71, 2015.

PORTELA, D. H. M.; NASCIMENTO, G. R.; SANTOS, S. S.; BENEVIDES, S. D.; SOUSA, P. H. M.; WURLITZER, N. J. Product vatapá type (plant-based) with cashew fiber: Market research, chemical characterization and sensorial profile. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 33, n. 100800, 2023.

PRESTES, D. N. **Desenvolvimento tecnológico de cervejas com matérias-primas de importância regional**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). 80 p. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas: UFPel, 2019.

REINA, L. C.; ARANGUREN, D. D. D.; ROJAS, L. F. F.; VIVEROS, L. F. T.; SEQUEDA, D. D.; CARAZZONE, C.; SIERRA, R. Chemical composition and bioactive compounds of cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice and bagasse from Colombian varieties. **Heliyon**, v. 8, n. 5, 2022.

RODRIGUES, A. P.; GOIS, J. S.; COSTA, M. A. J. L.; SILVA, C. S.; XAVIER, V. L.; LUNA, A. S. Exploring multivariate linear regression methods for the prediction of total phenolic content in standard American lager beers using synchronous fluorescence spectroscopy fused data. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 206, n. 104168, p. 1-6, 2020.

RODRIGUES, S. M.; CASTELO, J. S. F. Aplicação de realidade aumentada em um produto: intenção de compra e segmentação psicográfica. In: Seminários em Administração. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 22, **Anais...FEAUSP**: São Paulo, 2019.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A química da cerveja. **Química Nova na Escola**, v.37, n.2, 2015. p.98-105.

RUFINO, M. D. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. D. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP)**. Comunicado Técnico Embrapa, n. 125, p. 1 - 4, 2006.

SAISON, D., VANBENEDEN, N., DE SCHUTTER, D. P., DAENEN, L., MERTENS, T., DELVAUX, F.; DELVAUX, F. R. Characterisation of the Flavour and the Chemical Composition of Lager Beer after Ageing in Varying Conditions. **Brewing Science**, v. 63, n. 1, p. 41-53, 2010.

SALITRE, L. G.; OLIVARES, L. G. G.; CORTES, U. A. B. Humulus lupulus L. a potential precursor to human health: high hops craft beer. **Food Chemistry**, v. 405, n. 134959, 2023.

SANTOS, A. T. V.; CAVALCANTE, J. L. P. A fartura do desperdício. **Equatorial**, v. 9, n. 16, p. 1-12, 2022.

SANTOS FILHO, W. L. G. Características físicas e químicas de caju (*Anacardium Occidentale*). **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 10, n. 5, p. 23-28, 2016.

SANTOS, M. A. S.; RIBEIRO P. V. L., ANDRADE C. P.; MACHADO, A. R. G.; SOUZA, P. G.; KIRSCH, L. S. Physicochemical and sensory analysis of craft beer made with soursop (*Annona muricata* L.). **Acta Scientiarum Polonorum, Technologia**, v. 20, n. 1, p. 103-112, 2021.

SCHUINA, G. L.; QUELHAS, J. O. F.; CASTILHOS, M. B. M.; CARVALHO, G. B. M.; DEL BIANCHI, V. L. Alternative production of craft lager beers using artichoke (*Cynara scolymus* L.) as a hops substitute. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 1. p. 157-161, 2020.

SERRANO, L. A. L. Aspectos botânicos do cajueiro. In: SERRANO, L. A. L. (Ed.). **Sistema de Produção do cajueiro**. e.2. Brasília, DF: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2016.

SERRANO, L. A. L.; OLIVEIRA, V. H. Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.). **Agronegócio caju: Práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SILVA, A. P.; SILVELLO, G. C.; BORTOLETO, A.; ALCARDE, A. R. Composição química de aguardente de cana obtida por diferentes métodos de destilação. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, e. 2018308, p. 1-10, 2020.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. A.; OKASAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5 e. São Paulo: Blucher, 2017.

SILVA, R. N. P.; DIAS, J. F.; KOBLITZ, M. G. B. Cervejas: relação entre estilos, compostos fenólicos e capacidade antioxidante. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p.1-17, 2021.

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI, H. M. A.; MACEDO, G. A. O processo de fabricação de cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. **Alimentos e Nutrição** V.19, n.4, 2008. p.491-498.

SORBO, A. C. A. C.; BROETTO, F. Caracterização dos antioxidantes em cervejas tipo pilsen suplementadas com polpa de maracujá. **Energia na Agricultura**, v. 34, n. 3, p. 441-446, 2019.

SPINDLER, E. S. **A inovação e cooperação nas microcervejarias do Rio Grande do Sul: Um estudo de caso múltiplo sob a ótica da perspectiva da lógica institucional**. Dissertação (Mestrado em Administração). 133 p. Escola de Administração. Programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal de Administração, Porto Alegre: UFRGS, 2019.

STATSOFT, Inc. (2004). **Statistica** (data analysis software system), version 7. Disponível em: www.statsoft.com Acesso em 27 de outubro de 2020.

TIAN, J. Application of static headspace gas chromatography for determination of acetaldehyde in beer. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 5, p. 475-479, 2010.

TOMASI, A. R. P.; FORTES, R. O produtor de cerveja caseira em Belo Horizonte: Características do grupo e interfaces com os estudos do lazer. **Licere**, v. 22, n. 3, p. 34-63, 2019.

TORRES NETO, A. B.; SILVA, M. E.; SILVA, W. B.; SWARNAKAR, R.; SILVA, F. L. H.. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.). **Química Nova**, v. 29, n. 3, p.489-492, 2006.

TOZETTO, L. M.; HASS, A. S.; OLIVEIRA, M. H.; NASCIMENTO, R. F.; CANTERI, M. H. G. Produção e Avaliação Sensorial de Cerveja Artesanal Adicionada de Gengibre (*Zingiber officinale*). In: Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia. **Anais...** Londrina, 2017.

TRINDADE, S. C. **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal**. 2016. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2016.

TROMMER, M. W.. **Avaliação do processo produtivo da cerveja com abordagem de ciclo de vida**. 2014. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Metodista de Piracicaba. Santa Bárbara D'Oeste, 2014.

VANDERHAEGEN, B.; DELVAUX, F.; DAENEN, L.; VERACHTERT, H.; DELVAUX, F. R. Aging characteristics of different beer types. **Food Chemistry**, v. 103, n. 2, p. 404–412, 2007.

VANDERHAEGEN, B.; NEVEN, H.; COGHE, S.; VERSTREPEN, K. J.; VERACHTERT, H.; DERDELINCKX, G. Evolução das propriedades químicas e sensoriais durante o envelhecimento da cerveja fermentada. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 23, p. 6782-6790, 2003.

VENTURINE FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: Ciência e tecnologia**, v. 1, 1 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

VIANA, A. C.; PIMENTEL, T. C.; VALE, R. B.; CLEMENTINO, L. S.; FERREIRA, E. T. J.; MAGNANI, M.; LIMA, M. S. American pale Ale craft beer: Influence of brewer's yeast strains on the chemical composition and antioxidant capacity. **LTW - Food Science and Technology**, v. 152, n. 112317, p. 1-8, 2021.

VIDAL NETO, F. C. V.; BARROS, L. M.; MELO, D. S.; CRISÓSTOMO, J. R.; PAIVA, W. O.; PAIVA, J. R. **Origem, classificação botânica e variedades**. In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.). *Caju: o produtor pergunta. e.2*. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteu micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3-5, 2006.

YANG, N.; WU, G.; YANG, H.; GUO, Z.; JIAN, H.; JIANG, T.; LEI, H. Bioactive compounds, antioxidant activities and flavor volatiles of lager beer produced by supplementing six jujube cultivars as adjuncts, **Food Bioscience**, v. 50, n. 102008, 2022.

ZHOU, Z.; LIU, S.; KONG, X.; JI, Z.; HAN, X.; WU, J.; MAO, J. Elucidation of the aroma compositions of Zhenjiang aromatic vinegar using comprehensive two dimensional gas chromatography coupled to time-of-flight mass spectrometry and gas chromatography-olfactometry. **Journal of Chromatography A**, n. 1487, v. p. 218-226, 2017.

ZIÉ, M.; ALABI, T.; KARAMOKO, G.; BLECKER, C. Valorization of cashew apple bagasse in food application: Focus on the use and extraction of nutritional or bioactive compounds. **Food and Humanity**, v. 1, p. 848-863, 2023.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa estão apresentados em formato *multipaper* (conjunto de artigos independentes). Para atender aos objetivos propostos, foram produzidos quatro artigos estruturados da seguinte maneira:

Artigo 1: Elaboração de cerveja de caju tipo *Lager* e avaliação dos parâmetros físico-químicos

O primeiro artigo contém a caracterização físico-química da cerveja de caju. Foram feitas análises de pH, sólidos solúveis totais, teor alcoólico, densidade, extratos, ácidos, carboidratos e turbidez, para avaliar como as formulações produzidas influenciaram nos parâmetros físico-químicos. Este artigo encontra-se em processo de submissão ao periódico **Holos**, Julho de 2023.

Artigo 2: Utilização de polpa de caju como adjunto na produção de cerveja *Lager* e influência na composição fenólica, volátil e antioxidante

O segundo artigo apresenta o perfil de compostos fenólicos e voláteis, da cerveja, como também determina as propriedades antioxidantes, pelos métodos ABTS, FRAP, DPPH e o conteúdo de fenólicos totais pelo método de FOLIN para avaliar como as formulações influenciaram os parâmetros investigados. Este artigo encontra-se em processo de submissão ao periódico **Food Chemistry**, Julho de 2023.

Artigo 3: Utilização de polpa de caju como adjunto na produção de cerveja *Lager*: qualidade microbiológica e perfil sensorial

O artigo 3 apresenta a avaliação da qualidade microbiológica e uma avaliação sensorial da cerveja de caju, por meio de uma análise descritiva quantitativa para identificar os atributos sensoriais da cerveja e mediante a decisão do grupo de análise, selecionar amostras para avaliar o comportamento durante um posterior armazenamento.

Artigo 4: Utilização de polpa de caju como adjunto na produção de cerveja *Lager*: avaliação de parâmetros químicos e sensoriais durante o armazenamento

O artigo 4 detalha o comportamento da composição volátil, fenólicos, ácidos, açúcares e antioxidantes durante o armazenamento da cerveja de caju. Além disso, ele analisa a

aceitação sensorial das cervejas no tempo inicial e avalia os perfis de aroma e sabor após o armazenamento, para entender como as condições de armazenamento estabelecidas impactaram nas propriedades da cerveja de caju.

5.1 ARTIGO 1

Elaboração de cerveja de caju tipo *Lager* e avaliação dos parâmetros físico-químicos

Elaboration of *Lager* cashew beer and evaluation of physical-chemical parameters

RESUMO

A utilização do caju como adjunto cervejeiro pode ofertar ao mercado consumidor um produto diferenciado no tocante às propriedades nutricionais e sensoriais. Este trabalho teve como objetivo elaborar uma cerveja *Lager* adicionada de polpa de caju em concentrações variando entre 10 e 30% de polpa de caju. Foi realizado um planejamento fatorial para elaborar as formulações, resultando na produção total de onze cervejas. Estas, foram analisadas quanto ao pH e aos teores de acidez volátil, turbidez, densidade, teor alcoólico, extratos real, aparente e primitivo, ácidos e carboidratos. Os ensaios foram realizados em triplicata e os dados foram tratados estatisticamente. As cervejas contendo 30% de polpa de caju apresentaram maiores valores nos parâmetros físico-químicos analisados. Ainda, estes últimos foram diretamente influenciados pela variação da temperatura de fermentação, da concentração de polpa de caju e da concentração de sólidos solúveis totais no mosto.

Palavras chave: *Anacardium occidentale*, cerveja artesanal, cerveja *Pilsen*, malte

ABSTRACT

The use of cashew as a brewing adjunct can offer the consumer market a differentiated product in terms of nutritional and organoleptic properties. This work aimed to elaborate a *Lager* beer added with cashew pulp in concentrations varying between 10 and 30% of cashew pulp. A factorial planning was carried out to elaborate the formulations, in all, eleven beers were produced. The beers were analyzed for pH, volatile acidity, turbidity, density, alcohol content, real, apparent and primitive extracts, acids and carbohydrates. Assays were performed in triplicate and data were treated statistically. The beers containing 30% cashew pulp showed higher values in the physical-chemical parameters analyzed. Furthermore, the latter were directly influenced by the variation in fermentation temperature, cashew pulp concentration and total soluble solids concentration in the must

Key words: *Anacardium occidentale*, craft beer, Pilsen beer, malt

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida alcoólica fermentada amplamente produzida no mundo. No Brasil, a produção alcançou patamares da ordem de 14,3 bilhões de litros em 2021, deixando o país como terceiro maior produtor da bebida no mundo, atrás apenas da China e dos Estados Unidos (BRASIL, 2021). Ainda, a produção de cerveja artesanal tem se destacado como um fator propulsor da economia local, de rotas turísticas e também do desenvolvimento cultural de regiões onde se instalam as microcervejarias (GOMES; MARCUSSO, 2022).

A elaboração ocorre pela mistura de água, lúpulo, malte e leveduras. O mosto preparado com o malte e água fornece os carboidratos necessários para a etapa de fermentação, na qual ocorre uma série de transformações químicas e bioquímicas que resultam no sabor, coloração e aroma característicos da cerveja (PRADO et al., 2023).

As diversas possibilidades de incrementar o processamento da cerveja podem resultar em inovações, entre as quais pode-se citar as cervejas com reduzido valor calórico, as cervejas com baixo teor alcoólico, as cervejas funcionais, além das cervejas com sabores especiais, obtidas a partir da adição de materiais como frutas, ervas ou especiarias (ZHAO et al., 2023). Sobre estes sabores especiais, há cervejas elaboradas com adição de manga (GASINSKI et al., 2020), com adição de abacaxi (CRIVELARI COSTA et al., 2019), uva (MARÍN et al., 2021), cereja (KAWA-RYGIELSKA et al., 2019), entre outras.

Originados principalmente do malte e do lúpulo, a cerveja tradicional é, por si só, fonte de compostos antioxidantes. Assim, o uso de adjuntos vegetais, como frutas, pode potencializar essa propriedade antioxidante da cerveja, uma vez que as frutas são ricas em polifenóis e ao incorporá-las na cerveja, estes compostos são liberados no meio (ZHAO et al., 2023). Além do enriquecimento da capacidade bioativa, utilizar adjuntos vegetais pode influenciar as propriedades sensoriais, pela produção de novos sabores e aromas na bebida, característicos ao tipo de fruta que foi utilizado (NARDINE; GARAGUSO, 2020).

Nesse sentido, a produção de cervejas artesanais utilizando frutas como adjuntos cervejeiros pode ser uma alternativa para atrair o interesse do público consumidor, além de que o uso de matérias-primas de origem vegetal, como as frutas, pode contribuir no enriquecimento das propriedades nutricionais, físico-químicas, antioxidantes e sensoriais da cerveja. Assim, a utilização do caju na fabricação de cerveja pode incorporar à bebida as propriedades já conhecidas desta fruta.

O caju (*Anacardium occidentale* L.) é um fruto de destaque entre as espécies frutíferas do Nordeste brasileiro, pertence à família *Anacardiaceae* e tem elevado potencial tanto para consumo in natura, como para industrialização. O fruto verdadeiro é a castanha, e o caju, a parte considerada como fruta, é constituído pelo pedúnculo, que contém teores consideráveis de vitamina C, a partir do qual é produzida a polpa e vários outros subprodutos, como doces, geleias, néctares, bebidas e produtos panificáveis (MENEZES; ALVES, 1995; CONCEIÇÃO et al., 2022).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo determinar os parâmetros físico-químicos: pH, sólidos solúveis totais, teor alcoólico, acidez volátil, extrato real, extrato primitivo, extrato aparente, turbidez, densidade, ácidos e carboidratos das cervejas de caju elaboradas em diferentes condições.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de execução do experimento

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande – PB, Brasil.

2.2 Obtenção da polpa de caju

Os frutos de caju foram adquiridos na cidade de Campina Grande - PB, acondicionados em caixas térmicas e transportados para o laboratório. Os caju foram recepcionados, submetidos a uma lavagem em água corrente e imersos em uma solução de hipoclorito de sódio (50 ppm por 10 min) e enxaguados em água corrente.

Após a retirada das castanhas, os caju foram despulpados em uma despulpadeira mecânica provida de uma peneira 1,5 mm de abertura, seguida por peneira de 1,0 mm. A polpa foi pasteurizada a uma temperatura de 72-75 °C por 20 s. Logo depois resfriada, embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenada em freezer a -18 °C.

2.3 Processamento das cervejas

A metodologia para elaboração da cerveja *Lager* adicionada da polpa do caju foi padronizada no *Software BeerSmith*®.

Para elaboração do mosto de malte *Lager*, foram utilizados malte *Pilsen*, lúpulo amargor e aromático e levedura *Saccharomyces pastorianus*. A adição da polpa de caju foi realizada após o resfriamento do mosto, antes da etapa de inoculação.

A cevada maltada foi triturada em um moinho de cereais e adicionada à panela cervejeira, para mosturação em uma temperatura entre 60-65 °C, durante 60 min, sob agitação. Em seguida, a temperatura foi ajustada para a faixa entre 70-75 °C, durante 15 min, sem agitação. O mosto foi filtrado e o bagaço foi submetido a uma lavagem a fim de aumentar o aproveitamento do amido sacarificado disponível. Foi iniciada a fervura e adicionado o lúpulo. A fervura foi interrompida após 60 min e foram aplicados movimentos giratórios, tipo redemoinho (*whirlpool*) com auxílio de um utensílio bastão durante 2 min. Em seguida, o mosto foi resfriado até atingir a temperatura de 20 °C.

Após o resfriamento, ocorreu a adição da polpa de caju no mosto, seguida da etapa de chaptalização do mosto, com adição de açúcar refinado. A levedura, *Saccharomyces pastorianus*, foi ativada e adicionada ao recipiente fermentador. A fermentação ocorreu sob temperatura controlada (12, 14 e 16 °C), em estufa BOD, cujo término do processo se deu por meio da determinação da concentração de sacarose, utilizando um sacarímetro. A cerveja foi preparada com xarope de açúcar (*priming*), para produção de CO₂ e engarrafada em recipientes de vidro âmbar.

2.4. Formulação das cervejas

Na Tabela 1 apresenta-se as formulações para o preparo das cervejas utilizando a polpa de caju, com base no planejamento fatorial 2³ e 3 pontos centrais (repetições), totalizando 11 experimentos, com diferentes concentrações da polpa variando entre 10 e 30%.

Tabela 1 – Formulações das cervejas artesanais com adição de polpa de caju

Cerveja	Condições		
	PC (%)	CSST (°Brix)	TF (°C)
10AX	10	11	12
10CX	10	17	12
30AX	30	11	12
30CX	30	17	12
10AZ	10	11	16
10CZ	10	17	16
30AZ	30	11	16
30CZ	30	17	16
20BY1	20	14	14
20BY2	20	14	14
20BY3	20	14	14

*PC - Polpa de caju. CSST - Concentração de sólidos solúveis totais. TF - temperatura de fermentação; **Nas formulações: 10, 20 e 30 correspondem a concentração de polpa do pedúnculo do caju; A, B e C valores de sólidos solúveis totais de 11, 14 e 17 °Brix, respectivamente; X, Y e Z temperaturas de 12, 14 e 16 °C, respectivamente

O planejamento experimental fatorial teve como finalidade a verificação das influências das variáveis independentes: % polpa de caju (PC), concentração de sólidos solúveis totais (CSST) e temperatura de fermentação (TF) sobre as variáveis respostas (dependentes) das cervejas de caju: extratos e densidade das cervejas de caju, análises físico-químicas, ácidos orgânicos, carboidratos, compostos fenólicos, voláteis e antioxidantes.

2.5 Análises físico-químicas da cerveja de caju

As amostras foram descarboxatadas seguindo procedimento analítico do IAL (2008), sendo mantidas em banho ultrassônico, sob agitação magnética, para proceder as análises de:

- **pH:** o pH determinado em pHmetro digital (modelo: LUCA-210, marca: MS TECNOPON) por imersão direta do eletrodo nas amostras de cerveja degaseificada (IAL, 2008).
- **Sólidos solúveis totais:** no mosto, o teor de sólidos solúveis totais foi obtido por refratometria, expressa em °Brix, em refratômetro marca *Instrutherm*, com escala variando de 0 a 90 °Brix, segundo método descrito pelo IAL (2008). Na etapa de

fermentação foi utilizado um sacarímetro, para analisar a concentração de sacarose e identificar a conclusão da fermentação.

- **Densidade relativa a 20/20 °C:** determinada em densímetro digital (DMA-4500, Anton-Paar GmbH, Graz, Áustria) após destilação a vapor das amostras (BORTOLETTO; ALCARDE, 2015).
- **Turbidez:** obtida por leitura direta em turbidímetro digital (modelo: TB1000p, marca: MS TECNOPON) e o resultado expresso em unidades NTU (IAL, 2008).
- **Teor alcoólico:** determinado a partir da densidade relativa a 20/20 °C (IAL, 2008).
- **Extrato real:** alcançado por gravimetria seguindo a metodologia do IAL (2008), em que 10 mL da amostra foram dispensados em cápsula de alumínio previamente seca em estufa e pesada. A cápsula com amostra foi deixada em estufa a 105 °C por 2 h. Após o tempo previsto, a placa foi pesada e o extrato real calculado através da Equação 1:

$$\text{Extrato real (\% m/v)} = \frac{\text{peso da amostra após secagem (g)}}{\text{volume de amostra (mL)}} \times 100 \quad (1)$$

- **Extrato primitivo:** obtido por meio de cálculo envolvendo os valores de teor alcoólico e extrato real (AOAC, 2006), conforme Equação 2:

$$\text{Extrato primitivo (\% m/m)} = \frac{[(P \times 2,088) + ER] \times 100}{[100 + (P \times 1,066)]} \quad (2)$$

Em que:

P - peso da amostra seca (g); e,

ER - extrato real.

- **Extrato aparente:** determinado pela conversão da densidade relativa a 20/20 °C em percentagem de extrato.
- **Perfil de açúcares:** obtido por HPLC, utilizando o cromatógrafo equipado com detector de arranjo de diodo (DAD) e um detector de índice de refração (RID). A detecção dos açúcares foi realizada a 210 nm, utilizando uma coluna Agilent Hi-Plex H (7,7 x 300 nm, 8 μm); H₂SO₄ 4 mmol/L em água ultrapura como fase móvel (fluxo de 0,5 mL/min) (COELHO et al., 2018).
- **Perfil de ácidos orgânicos:** determinado por HPLC, utilizando o mesmo procedimento descrito para determinação do perfil de açúcares (COELHO et al., 2018).

2.6 Análise estatística dos dados

Foi aplicada uma ferramenta estatística para análise dos resultados. As médias e desvio padrão foram obtidas utilizando análise de variância (ANOVA) e avaliou-se a diferença entre as amostras pelo teste de Tukey ao nível de 5%, no *software Statistic*, versão 7 (*Statsoft*).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises físico-químicas da cerveja de caju

A Tabela 2 apresenta o resultado das análises físico-químicas de extrato real, extrato primitivo, extrato aparente e densidade para as amostras de cerveja de caju.

Tabela 2 - Extratos e densidade das cervejas de caju

Cerveja	Extrato real (%)	Extrato primitivo (%)	Extrato aparente (%)	Densidade (g/cm³)
10AX	5,14 ± 0,04bc	13,30 ± 0,14d	5,03 ± 0,03bc	1,0168 ± 0,0001d
10CX	5,37 ± 0,04b	15,62 ± 0,08bc	4,89 ± 0,03bcd	1,0223 ± 0,0006bcd
30AX	5,45 ± 0,10b	16,11 ± 0,01b	4,70 ± 0,05d	1,0216 ± 0,0002bcd
30CX	5,96 ± 0,09a	17,55 ± 0,32a	5,91 ± 0,09 ^a	1,0242 ± 0,0005ab
10AZ	5,17 ± 0,04bc	13,65 ± 0,31d	5,15 ± 0,04b	1,0168 ± 0,0001cd
10CZ	5,41 ± 0,01b	15,74 ± 0,01bc	4,99 ± 0,01bc	1,0228 ± 0,0001b
30AZ	5,47 ± 0,21b	16,15 ± 0,08b	3,95 ± 0,04f	1,0223 ± 0,0006bcd
30CZ	6,10 ± 0,11a	17,63 ± 0,32a	6,01 ± 0,10 ^a	1,0295 ± 0,0060a
20BY1	4,94 ± 0,26c	15,35 ± 0,34c	4,36 ± 0,26e	1,0225 ± 0,0007bc
20BY2	5,22 ± 0,02bc	15,73 ± 0,13bc	4,80 ± 0,01cd	1,0228 ± 0,0001b
20BY3	5,24 ± 0,01bc	15,91 ± 0,02bc	4,69 ± 0,01d	1,0240 ± 0,0023ab

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey

Os teores de extrato real, aparente e primitivo aumentaram nas amostras, conforme aumentou a concentração de polpa, sendo as de 30% (30AX, 30CX, 30AZ e 30CZ) as que apresentaram maiores valores. Estudando as características físico-químicas de cervejas *Lager* italianas, Donadini et al. (2014) observaram valores de extrato primitivo compreendidos na

faixa de 12,1 a 17,5%, extrato aparente na faixa de 2,27 a 4,55% e extrato real entre 4,45 a 6,88%, valores próximos aos constatados nas cervejas de caju.

Comparando os valores observados em outras cervejas adicionadas de polpa de frutas, Gasinsky et al. (2020) encontraram extrato aparente de 5,95 a 6,74%, extrato real de 2,86 a 3,71% e extrato primitivo entre 10,82 a 11,61% para cerveja adicionada de 20% de polpa de manga. A diferença percebida nos valores dos extratos para a cerveja elaborada neste estudo, pode ser devida aos maiores valores de teor alcoólico observados na cerveja de caju, uma vez que este parâmetro influencia diretamente na concentração dos extratos.

A legislação brasileira para cervejas (BRASIL, 2019) estabelece que o percentual de extrato primitivo deve ser no mínimo 5%*m/m*. Todas as cervejas analisadas neste estudo apresentaram extrato de acordo com a legislação. A densidade variou entre 1,0168 e 1,0295 *g/cm*³. Notou-se que ela cresce à medida que a concentração de polpa aumenta. A variação da densidade acompanha também as variações no teor alcoólico, nos sólidos solúveis totais e no extrato primitivo. Pereira et al. (2020) encontraram 1,02 *g/cm*³ de densidade, para cerveja adicionada de 10% de polpa de caju. São valores semelhantes aos observados neste estudo para a cerveja de caju com 10% de polpa.

A Tabela 3 exibe o resultado das análises físico-químicas de teor alcoólico, sólidos solúveis totais, turbidez e pH para as amostras de cerveja de caju.

Tabela 3 - Análises físico-químicas das cervejas de caju

Amostra	Teor alcoólico (%)	Sólidos solúveis totais (°Brix)	Turbidez (NTU)	pH
10AX	4,23 ± 0,06c	5,83 ± 0,06e	135,67 ± 0,58g	4,06 ± 0,03a
10CX	5,60 ± 0,10b	6,37 ± 0,06d	236,67 ± 0,58f	4,02 ± 0,01bc
30AX	5,47 ± 0,06b	6,50 ± 0,00cd	456,00 ± 0,00b	3,94 ± 0,01d
30CX	6,13 ± 6,13 ^a	7,07 ± 0,06 ^a	441,33 ± 0,58d	4,05 ± 0,01ab
10AZ	4,27 ± 0,06c	5,87 ± 0,06e	132,00 ± 0,00h	4,02 ± 0,01bc
10CZ	5,73 ± 0,06b	6,67 ± 0,06bc	243,67 ± 0,58e	4,04 ± 0,02abc
30AZ	5,57 ± 0,06b	6,50 ± 0,00cd	459,67 ± 0,58a	3,96 ± 0,01d
30CZ	6,13 ± 0,15 ^a	7,20 ± 0,10 ^a	445,00 ± 1,73c	4,00 ± 0,01c
20BY1	5,47 ± 0,25b	6,63 ± 0,12bc	108,67 ± 0,58i	4,01 ± 0,00c
20BY2	5,60 ± 0,10b	6,67 ± 0,06bc	108,33 ± 0,58i	4,01 ± 0,01c
20BY3	5,70 ± 0,01b	6,73 ± 0,06b	108,33 ± 1,15i	4,02 ± 0,00bc

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey

O teor alcoólico variou entre 4,23 e 6,13% v/v, sendo os maiores valores observados nas cervejas com maior concentração de polpa de caju e sólidos solúveis totais no mosto. Todos estão de acordo com o limite vigente da legislação sobre cervejas no Brasil (BRASIL, 2019). De acordo com a Instrução Normativa N° 65/2019 do MAPA, a graduação alcoólica da cerveja pode variar de 0,5 a 54% v/v a 20 °C. Os sólidos solúveis totais na cerveja estiveram na faixa entre 5,83 e 7,20 °Brix. Para a turbidez, observou-se um crescimento nas formulações contendo 30%, em relação às de 10%, porém as amostras com 20% de polpa, apresentaram turbidez menor que as de 10%.

Comparando os valores encontrados com outras cervejas adicionadas de polpa de frutas, Gasinsky et al. (2020) encontraram teor alcoólico na faixa de 4,13 a 4,63%, para cerveja adicionada de 20% de polpa de manga. Pereira et al. (2020) encontraram 4,23% de teor alcoólico e 5,10 °Brix de sólidos solúveis totais, para cerveja adicionadas de 10% de polpa de caju. São valores semelhantes aos observados neste estudo para a cerveja de caju com 10% de polpa.

O pH manteve-se entre 3,94 e 4,06, obtendo valores mais ácidos nas amostras com 30% de polpa. O caju é uma fruta rica em ácidos orgânicos, com pH de ~3,55 devido à sua característica intrínseca. Os valores de pH desejáveis geralmente estão entre 3,8 e 4,7, auxiliando na proteção contra patógenos (PEREIRA et al., 2020). Outros estudos de cervejas, utilizando frutas em sua composição, (NARDINI; GARAGUSO, 2020; KAWA-RYGISIELSKA et al., 2019) observaram um pH compreendido na faixa de 3,43 a 4,87.

Observa-se que para as formulações 10AX, 10CX, 10AZ e 10CZ, todas com 10% de polpa de caju, não houve diferença significativa entre os teores de extrato real, extrato aparente e pH. As cervejas 10AX e 10AZ possuem tanto o mesmo percentual de polpa de caju, quanto a mesma concentração de sólidos solúveis totais, apenas a temperatura de fermentação que variou entre 12 e 16 °C, respectivamente. Nas amostras 10CX e 10CZ, também há variação apenas na variável “temperatura de fermentação”. Então, os parâmetros mencionados não foram influenciados significativamente pelas variáveis independentes (concentração de polpa de caju, sólidos solúveis totais no mosto e temperatura de fermentação).

Já para os teores de extrato primitivo, densidade, teor alcoólico, sólidos solúveis totais e turbidez, as amostras 10AX, 10CX, 10AZ e 10CZ diferiram significativamente. Além disso,

as variáveis: concentração de sólidos solúveis e temperatura de fermentação, influenciaram significativamente nos valores notados.

Comportamento semelhante é observado para as amostras 30AX, 30CX, 30AZ e 30CZ, com 30% de polpa na formulação. As amostras 30AX e 30AZ não foram influenciadas significativamente pela temperatura de fermentação, assim como a 30CX e 30CZ. No entanto, ao aumentar a concentração de sólidos solúveis totais, observou-se uma diferença significativa entre 30AX e 30CX e entre 30AZ e 30CZ.

As amostras 20BY1, 20BY2 e 20BY3 possuem a mesma concentração de polpa (20%) e de sólidos solúveis, e a mesma temperatura de fermentação. Isso explica porque obtiveram valores muito próximos dos parâmetros analisados. Não houve diferença significativa entre as amostras.

A Tabela 4 exibe o resultado das análises físico-químicas de ácidos orgânicos para as amostras de cerveja de caju.

Tabela 4 - Ácidos orgânicos das cervejas de caju

Cerveja	Ácidos orgânicos (g/L)			
	Cítrico	Málico	Succínico	Láctico
10AX	0,28 ± 0,01cd	1,96 ± 0,03d	3,26 ± 0,06def	0,19 ± 0,01c
10CX	0,28 ± 0,03cd	1,94 ± 0,14d	2,77 ± 0,10ef	0,55 ± 0,10bc
30AX	0,45 ± 0,02bc	3,02 ± 0,06bc	5,68 ± 0,44b	0,56 ± 0,03bc
30CX	0,35 ± 0,05cd	3,3 ± 0,44b	5,54 ± 0,50bc	1,13 ± 0,16ab
10AZ	nd	1,16 ± 0,18e	1,78 ± 0,38f	1,21 ± 0,21ab
10CZ	1,16 ± 0,17a	2,39 ± 0,42cd	3,72 ± 0,24de	0,43 ± 0,03c
30AZ	1,08 ± 0,11a ^a	4,14 ± 0,35a	7,33 ± 0,78a	0,73 ± 0,07bc
30CZ	1,12 ± 0,17a	4,43 ± 0,28a	7,88 ± 0,90a	1,42 ± 0,14a
20BY1	0,81 ± 0,08ab	0,92 ± 0,07e	3,87 ± 0,86de	1,63 ± 0,53a
20BY2	1,09 ± 0,28a	1,00 ± 0,09e	4,34 ± 0,35bcd	0,27 ± 0,02c
20BY3	0,90 ± 0,07a	0,93 ± 0,10e	4,02 ± 0,30cde	1,49 ± 0,45a
Cerveja	Fórmico	Acético	Propanóico	
10AX	0,70 ± 0,01a	0,63 ± 0,01a	0,11 ± 0,01cd	
10CX	0,50 ± 0,01bc	0,49 ± 0,01b	0,08 ± 0,01cd	
30AX	0,28 ± 0,02d	0,50 ± 0,08b	0,07 ± 0,01d	

30CX	0,37 ± 0,05cd	0,46 ± 0,05b	0,07 ± 0,01d
10AZ	0,49 ± 0,07bc	0,32 ± 0,04c	0,12 ± 0,01cd
10CZ	0,69 ± 0,09a	0,52 ± 0,05ab	0,27 ± 0,02bc
30AZ	0,67 ± 0,07ab	0,47 ± 0,04b	2,42 ± 0,23a
30CZ	0,53 ± 0,13abc	0,43 ± 0,04bc	0,33 ± 0,01b
20BY1	0,49 ± 0,04c	0,17 ± 0,02d	0,06 ± 0,00d
20BY2	0,47 ± 0,03c	0,19 ± 0,02d	0,09 ± 0,00cd
20BY3	0,49 ± 0,03c	0,18 ± 0,02d	0,08 ± 0,00cd

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey; nd - não detectado

A concentração de ácido cítrico variou entre 0,28 e 1,16 g/L. Observa-se que a concentração deste ácido aumentou conforme a concentração de polpa de caju, visto que as cervejas com 30% de polpa apresentaram maiores concentrações. Constata-se ainda que o aumento da temperatura de fermentação influenciou no aumento da concentração de ácido cítrico; as cervejas 10CZ, 30AZ e 30CZ, fermentadas a 16 °C, obtiveram maiores concentrações, seguidas das cervejas 20BY1, 20BY2 e 20BY3, fermentadas a 14 °C. Apenas nas cervejas 30AZ e 30CZ notou-se influência da concentração de sólidos solúveis totais no mosto, sobre a concentração de ácido cítrico, aumentando conforme a concentração de SST.

A concentração de ácido málico esteve entre 0,92 e 4,43 g/L. Nota-se que este ácido alcançou maiores concentrações nas cervejas contendo maior concentração de polpa de caju (30AX, 30CX, 30AZ e 30CZ). A temperatura de fermentação mais elevada (16 °C) favoreceu a formação deste ácido, assim como as maiores concentrações de SST no mosto (17 °Brix). A influência da temperatura de fermentação, da concentração de polpa e da concentração de SST foi percebida para todas as cervejas. Desta forma, a concentração de ácido málico na cerveja de caju é diretamente influenciada pelos fatores aqui descritos.

Para o ácido succínico, que apresentou concentrações variando entre 1,78 e 7,88 g/L, percebe-se que as cervejas com 30% de polpa (30AX, 30CX, 30AZ e 30CZ) obtiveram maiores concentrações. É perceptível também a influência da temperatura de fermentação na quantidade deste ácido apenas nas cervejas com 30% de polpa, quanto mais elevada a temperatura, maior a concentração. Nota-se a influência da concentração de SST no mosto, apenas nas cervejas 30AZ e 30CZ, nas quais a maior concentração de SST favoreceu a concentração de ácido succínico.

O ácido succínico é um composto orgânico encontrado em cervejas artesanais, sendo responsável por dar um sabor adocicado ou azedo ao líquido. É frequentemente produzido durante o processo de fermentação da cerveja, quando os açúcares são metabolizados pelas leveduras. Algumas cepas de leveduras produzem mais ácido succínico do que outras, resultando em cervejas com diferentes níveis de sabor adocicado ou azedo. Em cervejas escuras, ele promove um sabor adocicado e equilibrado, enquanto que nas claras contribui para o sabor azedo (RIBEIRO-FILHO et al., 2021).

A concentração de ácido láctico variou entre 0,19 e 1,63 g/L. Os maiores valores foram observados nas cervejas com 20% de polpa de caju (20BY1, 20BY2 e 20BY3). Observa-se a influência da temperatura de fermentação na concentração do ácido, quanto mais elevada a temperatura, maior a concentração. Da mesma forma ocorre com a variação da concentração de SST no mosto, que acarretou no aumento direto da concentração do ácido.

O ácido fórmico apresentou concentração variando entre 0,28 e 0,70 g/L. Os maiores valores foram observados nas cervejas com 10% de polpa de caju e os menores nas cervejas com 30% de polpa. Para as cervejas 30AX, 30CX, 10AZ e 10CZ observa-se um aumento da concentração com relação direta ao aumento da concentração de SST no mosto. O aumento da temperatura de fermentação influenciou na concentração de ácido fórmico apenas nas amostras contendo 30% de polpa de caju, já nas amostras com 10%, não houve diferença significativa.

O ácido acético apresentou concentração variando entre 0,17 e 0,63 g/L. As amostras com 10% de polpa de caju apresentaram maiores concentrações. O aumento da concentração de polpa de caju e também da temperatura de fermentação foram inversamente proporcionais à diminuição da concentração de ácido acético. Nas amostras com 30%, também foi observada a influência da concentração de SST no mosto, e na diminuição da concentração de ácido acético.

O ácido propanóico apresentou concentrações bem distantes para as cervejas analisadas, obtendo maiores valores nas cervejas com 30% de polpa, fermentadas a 16 °C. Percebe-se a influência na concentração de ácido propanóico, diretamente proporcional ao aumento da temperatura de fermentação, para todas as cervejas. Além disso, nota-se que o aumento da concentração de SST no mosto foi inversamente proporcional à concentração do ácido.

As cervejas com 20% de polpa (20BY1, 20BY2 e 20BY3) não apresentaram diferença significativa para as concentrações de ácidos orgânicos avaliados neste estudo.

A Tabela 5 exibe o resultado das análises físico-químicas de carboidratos para as amostras de cerveja de caju.

Tabela 5 - Carboidratos das cervejas de caju

Cerveja	Carboidratos (g/L)		
	Maltose	Glucose	Frutose
10AX	nd	0,11 ± 0,01i	nd
10CX	nd	0,19 ± 0,01f	nd
30AX	Nd	0,21 ± 0,01e	0,04 ± 0,01d
30CX	Nd	0,45 ± 0,01b	nd
10AZ	3,12 ± 0,06a	0,12 ± 0,01i	nd
10CZ	2,89 ± 0,03b	0,23 ± 0,01d	nd
30AZ	0,55 ± 0,03c	0,32 ± 0,01c	0,10 ± 0,01b
30CZ	0,32 ± 0,01d	0,49 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01c
20BY1	0,16 ± 0,03e	0,15 ± 0,01h	0,01 ± 0,01e
20BY2	0,14 ± 0,01e	0,16 ± 0,01g	nd
20BY3	0,14 ± 0,01e	0,15 ± 0,01gh	0,11 ± 0,01a

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey; nd - não detectado

Dentre os carboidratos encontrados, a maior concentração foi observada para maltose, um dissacarídeo encontrado em cervejas cuja principal formação se dá através da maceração do malte, por ação enzimática sobre o amido (LI et al., 2020), assim como resulta na produção de carboidratos não fermentáveis, como as dextrinas, que a depender da concentração pode afetar as características sensoriais da cerveja (KAWA-RYGISELSKA et al., 2019). A maltose apresentou concentração variando entre 0,14 e 3,12 g/L e não foi detectada nas cervejas 10AX, 10CX (10% de polpa de caju) e 30AX, 30CX (30% de polpa de caju), fermentadas a 12 °C. As cervejas 10AZ, 10CZ, 30AZ e 30CZ foram produzidas sob as mesmas condições de temperatura de fermentação (16 °C), apresentando as maiores concentrações de maltose, seguidas das cervejas 20BY1, 20BY2 e 20BY3, fermentadas a 14 °C.

Durante a fermentação, as leveduras *S. cerevisiae* consomem primeiro a glicose, e a frutose e depois a maltose (PIRRONE et al., 2022). Pode-se considerar que a maior quantidade de maltose nessas cervejas pode ter sido influenciada pela temperatura de fermentação mais elevada, ideal para cervejas *Lager*. Resultados semelhantes foram expostos

por Viana et al. (2021), que encontraram concentrações entre 0,19 e 3,7 g/L de maltose em cervejas artesanais *American Pale Ale* e notaram comportamentos semelhantes para o tipo de levedura utilizada neste estudo. Assim como, a concentração de frutose e glicose nas cervejas de caju, também são aproximadas quando comparadas aos autores citados, indicando uma possível relação com a cepa de levedura utilizada.

A glucose foi detectada em todas as cervejas, com concentrações variando entre 0,11 e 0,49 g/L, sendo as maiores concentrações observadas nas cervejas com 30% de polpa de caju (30AX, 30CX, 30AZ e 30CZ). Percebe-se que o aumento da concentração de polpa de caju no mosto, favoreceu o aumento da concentração deste carboidrato nas cervejas.

A frutose não foi detectada na maioria das formulações, apenas nas cervejas com 20 e 30% de concentração de polpa encontrou-se valores que variaram de 0,01 a 0,11 g/L.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As amostras contendo 30% de polpa de caju apresentaram os maiores valores dos parâmetros físico-químicos analisados, seguidas das amostras com 20% de polpa de caju. As amostras com 10% de polpa de caju na formulação apresentaram menores valores nos parâmetros observados. Os extratos real, primitivo e aparente, a densidade, o teor alcoólico e os sólidos solúveis totais aumentaram proporcionalmente ao aumento da concentração de polpa de caju nas formulações.

As amostras contendo 10% de polpa de caju apresentaram menores concentrações de ácidos cítrico, succínico e láctico, com exceção da amostra 10CZ, que apresentou maior teor de ácido cítrico. Já para os ácidos fórmico e acético, as amostras com 10% de polpa apresentaram maiores concentrações. As amostras com 30% de polpa de caju apresentaram maiores concentrações de ácidos cítrico, málico, succínico e propanóico. As amostras contendo 20% de polpa de caju apresentaram menores concentrações de ácido málico, acético e propanóico e maiores concentrações de ácido láctico.

Quanto aos carboidratos, a maltose apresentou as maiores concentrações, mesmo não sendo detectada em todas as cervejas. A glicose foi detectada em todas as formulações, enquanto que a frutose em algumas. Com o aumento da temperatura de fermentação nas formulações, verificou-se o aumento das concentrações dos carboidratos. As formulações com menos concentração de polpa de caju, apresentaram baixa concentração de carboidratos e em algumas não foram detectados.

O acréscimo na concentração de polpa de caju, na formulação de cervejas *Lager*, nas condições analisadas, pode contribuir para elevação dos teores dos parâmetros físico-químicos analisados, visto que a concentração de polpa de caju e conseqüentemente a concentração de sólidos solúveis totais na formulação das cervejas, assim como a variação na temperatura de fermentação, influenciaram diretamente nas concentrações dos parâmetros físico-químicos analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18 ed., Gaithersburgs, MD, 2006.

BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Assessment of chemical quality of Brazilian sugar cane spirits and cachaças. **Food Control**, v. 54, p. 1-6, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 65, de 10 de dezembro de 2019. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria. **Diário Oficial da União**, Brasília, e.239, Seção 1, p. 31, publicado em 11 de dezembro de 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Anuário da Cerveja 2020**. Brasília, 2021. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/http-www-cervbrasil-org-br-novo_site-wp-content-uploads-2021-04-anuariocerveja2-pdf/ Acesso em 20 de janeiro de 2023.

COELHO, E. M.; DA SILVA PADILHA, C. V.; MISKINIS, G. A.; DE SÁ, A. G. B.; PEREIRA, G. E.; DE AZEVÊDO, L. C.; DOS SANTOS LIMA, M. Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and characterization of products from northeast Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 160-167, 2018.

CONCEIÇÃO, A. C.; VIEIRA, A. P. S.; CONCEIÇÃO, A. P.; FRANÇA, A. L.; SANTOS, J. M.; COSTA, J. A.; ABREU, B. B.; BARROS, N. V. A. Elaboração e análise físico-química e sensorial de um pão fortificado com a farinha do resíduo do pedúnculo do caju (*Anacardium Occidentale* L.). **Ensaio e Ciências**, v. 26, n. 2, p. 229-236, 2022.

CRIVELARI COSTA, P. M.; ALMEIDA, I. L. M. L.; BIANCHINI, A.; BIANCHINI, M. G. A.; SILVA, R. E. V.; ROSSIGNOLI, P. A. Blond Ale craft beer production with addition of pineapple pulp. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 38, n. 2, p. 1-5, 2019.

DONADINI, G.; FUMI, M. D.; NEWBY-CLARK, I. R. Consumers' preference and sensory profile of bottom fermented red beers of the Italian market. **Food Research International**, v. 58, n. 1, p. 69-80, 2014.

GASINSKI, A.; KAWA-RYGIELSKA, J.; SZUMMY, A.; CZUBASZEQ, A.; GASIOR, J.; PIETRZAK, W. Volatile compounds content, physicochemical parameters, and antioxidant activity of beers with addition of mango fruit (*Mangifera indica*). **Molecules**, v. 25, n.13, p. 1-14, 2020.

GOMES, C. C.; MARCUSSO, E. F. Turismo e territorialidade: o território da cerveja da região serrana do Rio de Janeiro como vetor da governança e do desenvolvimento local. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 16, e-2214, p. 1-17, 2022.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo: IAL, 2008, p. 1020.

KAWA-RYGIELSKA, J.; ADAMENKO, K.; KUCHARSKA, A. Z.; PROROK, P.; PIÓRECKI, N. Physicochemical and antioxidative properties of Cornelian cherry beer. **Food Chemistry**, v. 218, n. 1, p. 147-153, 2019.

LI, M.; DU, J.; ZHANG, K. Profiling of carbohydrates in commercial beers and their influence on beer quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 7, p. 3062–3070, 2020.

MARÍN, A. C.; BARIS, F.; ROMANINI, E.; LAMBRI, M.; MONTEVECCHI, G.; CHINNICI, F. Physico-chemical and sensory characterization of a fruit beer obtained with the addition of Cv. Lambrusco grapes must. **Beverages**, v. 7, n. 2, p. 34, 2021.

MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju**. 20 p. e. 1. Fortaleza: EMBRAPA CNPAT, 1995.

NARDINI, M.; GARAGUSO, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Food Chemistry**, v. 305, n. 125437, p. 1-9, 2020.

PEREIRA, I. M. C.; MATOS NETO, J. D.; FIGUEIREDO, R. W.; CARVALHO, J. D. G.; FIGUEIREDO, E. A. T.; MENEZES, N. V. S.; GABAN, S. V. F. Physicochemical characterization, antioxidant activity, and sensory analysis of beers brewed with cashew peduncle (*Anacardium occidentale*) and orange peel (*Citrus sinensis*). **Food Science Technology**, v. 40, n. 3, p. 749-755, 2020.

PIRRONE, A.; PRESTIANNI, R.; NASELLI, V.; TODARO, A.; FARINA, V.; TINEBRA, I.; RAFFAELE, G.; BADALAMENTI, N.; MAGGIO, A.; GAGLIO, R.; SETTANNI, L.; BRUNO, M.; MOSCHETTI, G.; ALFONZO, A.; FRANCESCA, N. Influence of indigenous *Hanseniaspora uvarum* and *Saccharomyces cerevisiae* from sugar-rich substrates on the aromatic composition of loquat beer. **International Journal of Food Microbiology**, v. 379, n. 109868, p. 1-10, 2022.

PRADO, R.; GALST, M.; BECKER, T. Influence of kilned specialty malt odorant markers on the aroma composition and sensory profile of beer. **LTW – Food Science and Technology**, v. 173, n. 114195, 2023.

RIBEIRO-FILHO, N.; LINFORTH, R.; POWELL, C. D.; FISK, I. D. Influence of essential inorganic elements on flavour formation during yeast fermentation. **Food Chemistry**, v. 361, n. 130025, p. 1-10, 2021.

STATSOFT, Inc. (2004). **STATISTICA** (data analysis software system), version 7. Disponível em: www.statsoft.com Acesso em 20 de janeiro de 2023.

VIANA, A. C.; PIMENTEL, T. C.; VALE, R. B. do; CLEMENTINO, L. S.; FERREIRA, E. T. J.; MAGNANI, M.; LIMA, M. S. American pale Ale craft beer: Influence of brewer's yeast strains on the chemical composition and antioxidant capacity. **LWT - Food Science and Thecnology**, v. 152, n. 112317, p. 1-8, 2021.

ZHAO, X.; YIN, Y.; FANG, W.; YANG, Z. What happens when fruit married with beer? **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 32, n. 100716, p. 1-9, 2023.

5.2 ARTIGO 2

Utilização de polpa de caju como adjunto na produção de cerveja *Lager* e influência na composição fenólica, volátil e antioxidante

Use of cashew pulp as an adjunct in the production of *Lager* beer and influence on the phenolic, volatile and antioxidant composition

RESUMO

O incremento da produção de cervejas artesanais com adição de frutas tem se tornado uma alternativa para fornecer ao consumidor um produto rico em componentes bioativos e antioxidantes, além de proporcionar inovação nas características sensoriais da bebida. As cervejas do tipo *Lager* são produzidas com leveduras que atuam em temperaturas mais baixas durante a fermentação. O objetivo deste estudo foi de determinar os perfis de compostos fenólicos, voláteis e a atividade antioxidante de cervejas elaboradas com adição de polpa de caju, variando entre 10 e 30% de polpa, produzidas em diferentes condições de temperatura de fermentação e níveis de sólidos solúveis no mosto. As determinações foram feitas por cromatografia (fenólicos e voláteis) e espectrofotometria (atividade antioxidante). As cervejas contendo 20% de polpa de caju apresentaram maiores concentrações de compostos fenólicos e também maior potencial antioxidante. Os ésteres e álcoois superiores foram os compostos de aroma predominantes nas formulações da cerveja de caju. A concentração de polpa de caju, a temperatura de fermentação e os sólidos solúveis totais apresentaram influência nos conteúdos fenólico, volátil e antioxidante das cervejas.

Palavras chave: *Anacardium occidentale*, compostos de aroma, cerveja artesanal, pedúnculo do cajueiro, malte

ABSTRACT

The increase in craft beers with the addition of fruits has become an alternative to provide the consumer with a product rich in bioactive components and antioxidants, in addition to innovating in the organoleptic and sensory characteristics of the drink. Lager-type beers are produced with yeasts that operate at lower temperatures during fermentation. The objective of this study was to determine the profiles of phenolic and volatile compounds and the antioxidant activity of beers made with the addition of cashew pulp, varying between 10 and

30% of pulp, produced under different conditions of fermentation temperature and levels of soluble solids in the wort. The determinations were made by chromatography (phenolics and volatiles) and spectrophotometry (antioxidant activity). Beers containing 20% cashew pulp had higher concentrations of phenolic compounds and also higher antioxidant potential. Esters and higher alcohols were the predominant aroma compounds in cashew beer formulations. The cashew pulp concentration, fermentation temperature and total soluble solids influenced the phenolic, volatile and antioxidant contents of the beers.

Key words: *Anacardium occidentale*, aroma compounds, craft beer, cashew stalk, malt

1. INTRODUÇÃO

Uma série de fatores contribuem para a qualidade da cerveja, mas destaca-se principalmente o seu perfil de sabor e aroma que deriva de um amplo espectro de compostos ativos de sabor originados, em todo o processo produtivo, a partir dos ingredientes básicos (malte, lúpulo e levedura) e de adjuntos como frutas e especiarias. Esses compostos ativos também favorecem a capacidade antioxidante da bebida. É nesse sentido que a adição de adjuntos vegetais pode proporcionar não só o incremento das características sensoriais, mas também o aumento da qualidade nutricional e bioativa da cerveja (NARDINI; GARAGUSO, 2020; YANG et al., 2014; TIRADO-KULIEVA et al., 2023).

Entre estes compostos, têm-se os produtos voláteis, originados principalmente do metabolismo de leveduras durante a fermentação primária, como os ésteres, álcoois superiores, compostos sulfurados, ácidos orgânicos e compostos carbonílicos. Os ésteres e álcoois superiores são as classes mais significantes de metabólitos aromatizantes da cerveja, além de que já são conhecidas as suas vias bioquímicas de formação (YANG et al., 2014). Há também os polifenóis que são metabólitos secundários das plantas. Assim, utilizar adjuntos como frutas e vegetais, faz com que os produtos fabricados a partir dessas frutas e vegetais venham a conter polifenóis em quantidades significativas. Estes compostos podem contribuir para o amargor, adstringência, cor, sabor, odor e estabilidade oxidativa da cerveja (ZAPATA et al., 2019).

Cerveja *Lager* é um estilo de cerveja que é fermentada com leveduras de baixa fermentação, a temperaturas mais frias, resultando em uma cerveja mais limpa e nítida. A cerveja *Lager* também é o estilo de cerveja mais popular do mundo, caracterizada por uma

coloração clara a média, com aroma de malte limpo e sabor suave e equilibrado (MOSHER, 2017).

A elaboração de uma cerveja adicionada de polpa de caju vai de encontro com estas possibilidades, devido às propriedades físico-químicas e nutricionais já conhecidas e bem exploradas desta fruta. Diante disto, este estudo teve como objetivo quantificar os compostos voláteis e fenólicos, além da atividade antioxidante da cerveja de caju, em diferentes formulações, observando a influência da concentração da polpa de caju, da concentração de sólidos solúveis totais no mosto e da temperatura de fermentação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Processamento das cervejas

A cevada maltada foi triturada em um moinho de cereais e adicionada à panela cervejeira, para mosturação em uma temperatura entre 60-65 °C, durante 60 min, sob agitação. Em seguida, a temperatura foi ajustada para a faixa entre 70-75 °C, durante 15 min, sem agitação. O mosto foi filtrado e o bagaço foi submetido a uma lavagem a fim de aumentar o aproveitamento do amido sacarificado disponível. Foi iniciado a fervura e adicionado o lúpulo. A fervura foi interrompida após 60 min foram aplicados movimentos giratórios, tipo redemoinho (*whirlpool*) com auxílio de um utensílio bastão durante 2 min. Em seguida, o mosto foi resfriado até atingir a temperatura de 20 °C.

Após o resfriamento, a polpa de caju foi adicionada ao mosto, seguida da chaptalização, com adição de açúcar refinado. A levedura *Saccharomyces pastorianus*, foi ativada e adicionada ao recipiente fermentador. A fermentação ocorreu sob temperatura controlada (12, 14 e 16 °C), em estufa BOD, cujo término do processo se deu por meio da determinação da concentração de sacarose utilizando o sacarímetro. A cerveja foi preparada com xarope de açúcar refinado (*priming*), para produção de CO₂ e engarrafada em recipientes de vidro âmbar.

2.2 Formulação das cervejas

A Tabela 1 apresenta as formulações para o preparo das cervejas utilizando a polpa do pedúnculo do caju, com base no planejamento fatorial 2^3 e 3 pontos centrais, totalizando 11 experimentos, com diferentes concentrações da polpa, variando de 10, 20 e 30%.

Tabela 1 – Formulações das cervejas artesanais com adição de polpa de caju

Cerveja	Condições		
	PC (%)	CSST (°Brix)	TF (°C)
10AX	10	11	12
10CX	10	17	12
30AX	30	11	12
30CX	30	17	12
10AZ	10	11	16
10CZ	10	17	16
30AZ	30	11	16
30CZ	30	17	16
20BY1	20	14	14
20BY2	20	14	14
20BY3	20	14	14

*PC - Polpa de caju. CSST - Concentração de sólidos solúveis totais. TF - temperatura de fermentação; **Nas formulações: 10, 20 e 30 correspondem a concentração de polpa do pedúnculo do caju; A, B e C valores de sólidos solúveis totais de 11, 14 e 17 °Brix, respectivamente; X, Y e Z temperaturas de 12, 14 e 16 °C, respectivamente

2.3 Análises cromatográficas e espectrofotométricas para determinação do conteúdo fenólico, volátil e antioxidante

- **Compostos fenólicos:** Foram determinados conforme metodologia descrita por Padilha et al. (2017), modificada por Dutra et al. (2018), por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) utilizando um sistema *Agilent 1260 Infinity LC* (*Agilent Technologies*, Santa Clara, CA, EUA), equipado com uma bomba quaternária (modelo G1311C), degaseificador a vácuo, compartimento de coluna termostática (modelo G1316A), amostrador automático (modelo G1329B), detector de matriz de diodos (DAD; modelo G1315D) e detector de índice de refração (RID; modelo G1362A). Os compostos foram separados usando a coluna Zorbax Eclipse Plus RP-C 18 (100 × 4,6

mm, 3,5 μm) e a pré-coluna Zorbax C 18 (12,6 \times 4,6 mm, 5 μm). O tempo de execução durou 33 min. A temperatura do forno foi ajustada para 35 °C e a vazão foi de 0,8 mL.min⁻¹. As fases móveis consistiam de ácido fosfórico 0,1 M solução com pH = 2,0 (A) e metanol acidificado com ácido fosfórico a 0,5% (B). Compostos fenólicos foram detectados em 220, 280, 320 e 360 nm. A coleta e o processamento dos dados foram realizados no *OpenLAB CDS ChemStation Edition* (Agilent Technologies, Santa Clara - EUA).

- **Compostos voláteis:** a quantificação de compostos voláteis foi realizada por cromatografia gasosa, mediante metodologia descrita por González-Mas et al. (2009) com modificações. Para a extração, *vials tipo Headspace* foram utilizadas. Foi retirado um volume de 7,5 mL das amostras e adicionadas com 1 g de NaCl PA. A solução foi incubada a temperatura de 75 °C, por 20 min. Uma fração gasosa de 1 cm³ da amostra foi coletada com seringa para gases da *Hamilton Gastight®* modelo 1002, com capacidade de 2,5 mL. A fração gasosa foi injetada no Cromatógrafo Gasoso (Agilent Technologies modelo 7820A GC system) com detector seletivo de massas (Agilent Technologies modelo 5977E MSD). A aquisição e processamento dos dados foram realizadas por meio do *Software MassHunter Agilent Technologies TM* (Santa Clara, CA, USA). A análise cromatográfica ocorreu no modo *Split* com relação de 1:2 e divisão de fluxo de 20 mL/min a 230 °C no injetor. A coluna empregada foi *Capillary Column CP-WAX 52 CB* (30 m \times 0,25 mm \times 0,25 μm) (Varian, Lake Forest, CA, USA), com fluxo de 1,0 mL/min de hélio 5.0. A temperatura do forno foi de 35 a 230 °C com tempo total da corrida de 52 min. A temperatura do detector foi controlada em 230 e 190 °C no quadrupolo, e 230 °C na interface de transferência. A identificação das moléculas foi complementada através da comparação dos resultados com a biblioteca de espectro Instituto Nacional de Padrões e Tecnologias (NIST).
- **Atividade sequestradora do radical livre ABTS_{•+} (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico):** foi determinada conforme método descrito por Re et al. (1999), observando a taxa de decaimento da absorbância ($\lambda = 754 \text{ nm}$) do radical ABTS_{•+}, produzido pela reação entre 5 mL de ABTS_{•+} 7 mM e 5 mL de persulfato de potássio 2,45 mM. A mistura foi acondicionada na ausência de luz, por 16 h. A solução de ABTS_{•+} foi diluída com etanol para ajustar a absorbância inicial

para $0,700 \pm 0,050$ a 734 nm. Foram adicionados 30 μL da amostra a 3,0 mL da solução ABTS₊ e as leituras foram realizadas imediatamente e após 6 min.

- **Sequestro do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil):** foi determinado conforme método descrito por Kim, Guo e Packer (2022), em espectrofotômetro a $\lambda = 517$ nm. Primeiro misturou-se uma amostra de 100 μL com 2,9 mL de solução etanólica do radical DPPH (100 μM), seguida de incubação na ausência de luz, por 30 min. Posteriormente, a solução de DPPH foi diluída com etanol para atingir um valor de absorvância de $0,950 \pm 0,050$ a 517 nm.
- **Frap (Ferric Reducing Antioxidant Power):** foi determinado conforme método descrito por Rufino et al. (2006), com modificações. O reagente FRAP foi preparado misturando 25 mL de solução tampão de acetato (300 mM; pH 3,6), 2,5 mL de solução TPTZ (10 mM TPTZ em 40 mM HCl) e 2,5 mL de solução aquosa de FeCl_3 (20 mM) . 90 μL da cerveja e 270 μL de água deionizada foram adicionados a 2,7 mL do reagente FRAP, seguido de incubação a 37 °C por 30 min. A absorvância foi medida a 595 nm. Os resultados obtidos foram comparados com uma curva padrão de sulfato ferroso (100-2000 $\mu\text{mol/L}$) e expressos em mmol de Fe^{2+} por litro de amostra.
- **Total de compostos fenólicos por Folin-Ciocalteu:** Foi determinado a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006). Foi preparado um extrato a partir da diluição de 1000 μL da em 50 mL de água destilada. As amostras ficaram em repouso por 30 min. Separou-se uma alíquota de 225 μL do extrato para misturar com 1,900 μL de água e 125 μL do reagente *folin-ciocalteu*. A mistura foi agitada e deixada em repouso por 5 min. Em seguida, adicionou-se 250 μL de Na_2CO_3 e agitou-se. A mistura foi deixada em repouso em banho-maria a 40 °C por 30 min. Após, retirou-se as amostras e deixou-se esfriar em temperatura ambiente. A absorvância foi medida a 765 nm. O ácido gálico foi usado como padrão. Os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico (mg GAE/L).

2.4 Análise estatística dos dados

Para tratamento dos resultados foram obtidas as médias e desvio padrão utilizando análise de variância (ANOVA) e avaliou-se a diferença entre as amostras pelo teste de Tukey ao nível de 5%, no *software Statistic*, versão 7 (*Statsoft*). Também foi aplicada uma análise multivariada de agrupamento hierárquico, associada a um mapa de calor, utilizando o *software OringinPro 2023* (*OriginLab Corporation, USA*), a fim de identificar grupos com comportamentos semelhantes nas diferentes formulações da cerveja de caju.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Compostos fenólicos

A Tabela 2 (Apêndice) apresenta os resultados referentes ao perfil de compostos fenólicos das cervejas de caju. Foram identificados dezessete compostos fenólicos, incluindo diversos tipos, como flavonoides (*catechin, epicatechin, epicatechin gallate, epigallocatechin gallate, procyanidin B1 e procyanidin B2*), flavonóis (*quercetin 3-glucoside, rutin, kaempferol 3-glucoside e myricetin*), estilbenos (*cis resveratrol*), flavononas (*hesperidin*) e ácidos fenólicos (*galic acid, syringic acid, chlorogenic acid e p_coumaric acid*).

A hesperidina foi o principal composto fenólico quantificado, seguido por ácido gálico, *procyanidin A2, epicatechin gallate, procyanidin B1 e myricetin*. O maior pico foi observado para as amostras com 20% de polpa de caju, para o fenólico *procyanidin A2*.

As cervejas de caju apresentaram concentração de hesperidina entre 9,08 e 16,57 mg/L. As formulações com 10% de polpa de caju apresentaram os maiores teores deste composto. e Entre estas, a cerveja com menor concentração de SST no mosto (11°Brix) e fermentada em menor temperatura (12 °C), obteve o maior pico deste fenólico. A hesperidina é um flavonoide encontrado em frutas cítricas, como laranjas e limões, podendo ser originada pelos próprios ingredientes utilizados no processo de fabricação, como o lúpulo e malte, além de adjuntos vegetais, considerando a quantidade e a qualidade destes, conferindo aromas e sabores cítricos (GORINSTEIN et al., 2006; LU et al., 2015).

As cervejas de caju apresentaram teores de ácido gálico entre 0,16 e 18,99 mg/L. As amostras com 20% de polpa de caju apresentaram maiores concentrações (entre 11,37 e 14,79 mg/L), sendo que o maior teor (18,99 mg/L) foi observado para a cerveja com 30% de polpa,

preparada com 11°Brix no mosto e fermentada A 12 °C. Baigts-Allende et al. (2021) encontraram teores de ácido gálico em cervejas de frutas variando entre 5,41 e 66,2 mg/L. É característico que as cervejas, produzidas no Brasil, apresentem teores elevados de ácido gálico (MOURA-NUNES et al., 2016).

A *procyadinin A2* e *procyadinin B1* são taninos derivados das proantocianidinas, encontrados em frutas, especialmente em uvas, maçãs e mirtilos, responsáveis pela sensação adstringente. Na cerveja, as procianidinas têm um papel importante na cor e no sabor, bem como na formação e estabilidade da espuma (ZHU et al., 2019; LONGO et al., 2019; SILVA et al., 2021; YANG et al., 2021). Na cerveja de caju a *procyadinin A2* apresentou teores entre 0,59 e 50,65 mg/L, com maior abundância nas cervejas contendo 20% de polpa. Silva et al. (2023) encontraram concentrações de *procyadinin A2* de 0,98 a 1,64 mg/L para cerveja adicionada de polpa de mandacaru. As cervejas 10AX a 30CZ apresentaram concentrações próximas ao observado pelos autores (0,59 a 2,78 mg/L). Barreto et al. (2023) constataram concentração de *procyadinin A2* na faixa entre 1,27 e 1,77 mg/L para bebidas fermentadas de laranja.

Myricetin foi detectado nas concentrações entre 1,53 e 3,76 mg/L, sendo mais abundante nas cervejas com 30% de polpa de caju. Concentrações de *myricetin* de 1,56 a 2,57 mg/L foram observados por Silva et al. (2023) para cerveja adicionada de polpa de mandacaru. O composto *epicatechin gallate* foi detectado com concentrações entre 0,29 e 5,24 mg/L na cerveja de caju, sendo mais concentrado nas formulações com 20% de polpa. Barreto et al. (2023) verificaram concentração de galato de epicatequina na faixa entre 6,9 e 8,33 mg/L para bebida fermentada de laranja.

O estilbeno *cis resveratrol* foi detectado em todas as formulações da cerveja de caju, variando entre 0,21 e 3,53 mg/L. Este composto é comumente encontrado em uvas e seus derivados, em cervejas os estilbenos ocorrem em concentrações cerca de 10 a 100 vezes menores que no vinho tinto (CHIVA-BLANCH et al., 2011).

3.2 Atividade antioxidante

A Tabela 3 apresenta a quantificação da atividade antioxidante pelos métodos DPPH, FRAP e ABTS, para as formulações da cerveja de caju.

Tabela 3 - Atividade antioxidante da cerveja de caju por diferentes métodos

Cerveja	Atividade antioxidante (mmol/L)		
	DPPH	FRAP	ABTS
10AX	1,13e ± 0,08	7,47b ± 0,38	1,24d ± 0,13
10CX	1,10e ± 0,08	6,86d ± 0,13	1,09d ± 0,02
30AX	1,73d ± 0,10	8,60a ± 0,08	1,70c ± 0,04
30CX	1,55d ± 0,10	8,60a ± 0,01	1,63c ± 0,04
10AZ	1,26e ± 0,02	7,05cd ± 0,05	1,18d ± 0,06
10CZ	1,18e ± 0,17	7,27bc ± 0,06	4,35a ± 0,07
30AZ	2,03c ± 0,09	8,82a ± 0,02	1,96b ± 0,09
30CZ	2,13bc ± 0,09	8,65a ± 0,15	2,06b ± 0,03
20BY1	2,41a ± 0,13	8,65a ± 0,10	2,10b ± 0,07
20BY2	2,32ab ± 0,07	8,83a ± 0,05	1,98b ± 0,08
20BY3	2,31ab ± 0,04	8,72a ± 0,04	1,97b ± 0,05

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey

Pelo método de captura do radical DPPH, para as cervejas formuladas com 10% de polpa de caju, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na atividade antioxidante, ou seja, não há influência da variação da temperatura de fermentação nem da concentração de sólidos solúveis totais. Já para as cervejas com 30% de polpa de caju nota-se diferença significativa quando aumentou a temperatura de fermentação de 12 para 16 °C. A maior atividade antioxidante, neste método, foi percebida para as cervejas formuladas com 20% de polpa de caju, sendo a cerveja 20BY1 com maior potencial, 2,41 mmol/L. Resultados próximos foram constatados na determinação de atividade antioxidante para cerveja adicionada de framboesa, com 2,35 mmol/L e para cerveja adicionada de uva com 2,81 mmol/L, com concentrações entre 10 e 30% de fruta (NARDINI; GARAGUSO, 2020).

Pelo método FRAP, houve diferença significativa para as cervejas com 10% de polpa de caju, quando elevou-se a temperatura de fermentação de 12 para 16 °C, assim como quando aumentou a concentração de sólidos solúveis totais de 11 para 17 °Brix. Para as cervejas formuladas com 20 e 30% de polpa de caju não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as formulações, com o maior potencial antioxidante observado para a cerveja 20BY2, 8,83 mmol/L. Resultado semelhante foi verificado por Nardini e Garaguso (2020) ao estudarem a atividade antioxidante de cerveja adicionada de cereja, em que encontraram 8,55 mmol/L.

Pelo método ABTS, as cervejas com 10% de polpa de caju, fermentadas a 12 °C não diferiram significativamente quando aumentou a concentração de sólidos solúveis totais no mosto. Já as cervejas fermentadas a 16 °C, diferiram. As cervejas formuladas com 30% de polpa de caju não sofreram interferências da variação de sólidos solúveis totais, porém a variação de temperatura influenciou na atividade antioxidante. A maior atividade antioxidante notada neste método foi para a cerveja 10CZ, com 4,35 mmol/L, seguidas das cervejas 20BY1 e 30CZ, com 2,10 e 2,06 mmol/L, respectivamente. Gasinski et al. (2020) verificaram atividade antioxidante, por ABTS, de 2,05 mmol/L para cerveja adicionadas de suco de manga.

Considerando que os compostos fenólicos têm potencial antioxidante (COELHO et al., 2021), quando analisamos a relação da atividade antioxidante com a concentração de compostos fenólicos totais, percebe-se que as cervejas de caju formuladas com 20% de polpa apresentaram a maior concentração de compostos fenólicos, entre 78,52 e 78,76 mg/L. Da mesma forma, as formulações com 20% de polpa de caju apresentaram os maiores potenciais antioxidantes, pelo método DPPH e FRAP e a segunda maior atividade pelo método ABTS.

As cervejas formuladas com 10% de polpa revelaram uma concentração fenólica entre 29,70 e 43,18 mg/L. As formulações com 30% de polpa apresentaram um total entre 26,45 e 47,88 mg/L na concentração de compostos fenólicos. Silva et al. (2023) encontraram entre 12,63 e 25,35 mg/L de compostos fenólicos em cervejas adicionadas de polpa de mandacaru com concentração variando entre 10 e 30%. Silva, Dias e Koblitz (2021) analisaram os compostos fenólicos presentes em cervejas *Lager* e encontraram valores entre 84 e 267 mg/L.

3.3 Conteúdo fenólico total

A Tabela 4 apresenta o resultado o conteúdo fenólico total, obtido pelo método de Folin-Ciocalteau para a cerveja de caju, em suas diferentes formulações.

Tabela 4 – Conteúdo fenólico total da cerveja de caju pelo método de Folin-Ciocalteau

Cerveja	Conteúdo fenólico total (mg/kg)
	FOLIN
10AX	871,53 ± 36,70b
10CX	791,00 ± 41,79b
30AX	1057,06 ± 32,62 ^a

30CX	1089,68 ± 91,75 ^a
10AZ	858,28 ± 15,29 ^b
10CZ	837,89 ± 11,21 ^b
30AZ	1124,34 ± 59,12 ^a
30CZ	1074,39 ± 5,10 ^a
20BY1	1186,52 ± 86,65 ^a
20BY2	1099,87 ± 79,51 ^a
20BY3	1120,17 ± 30,19 ^a

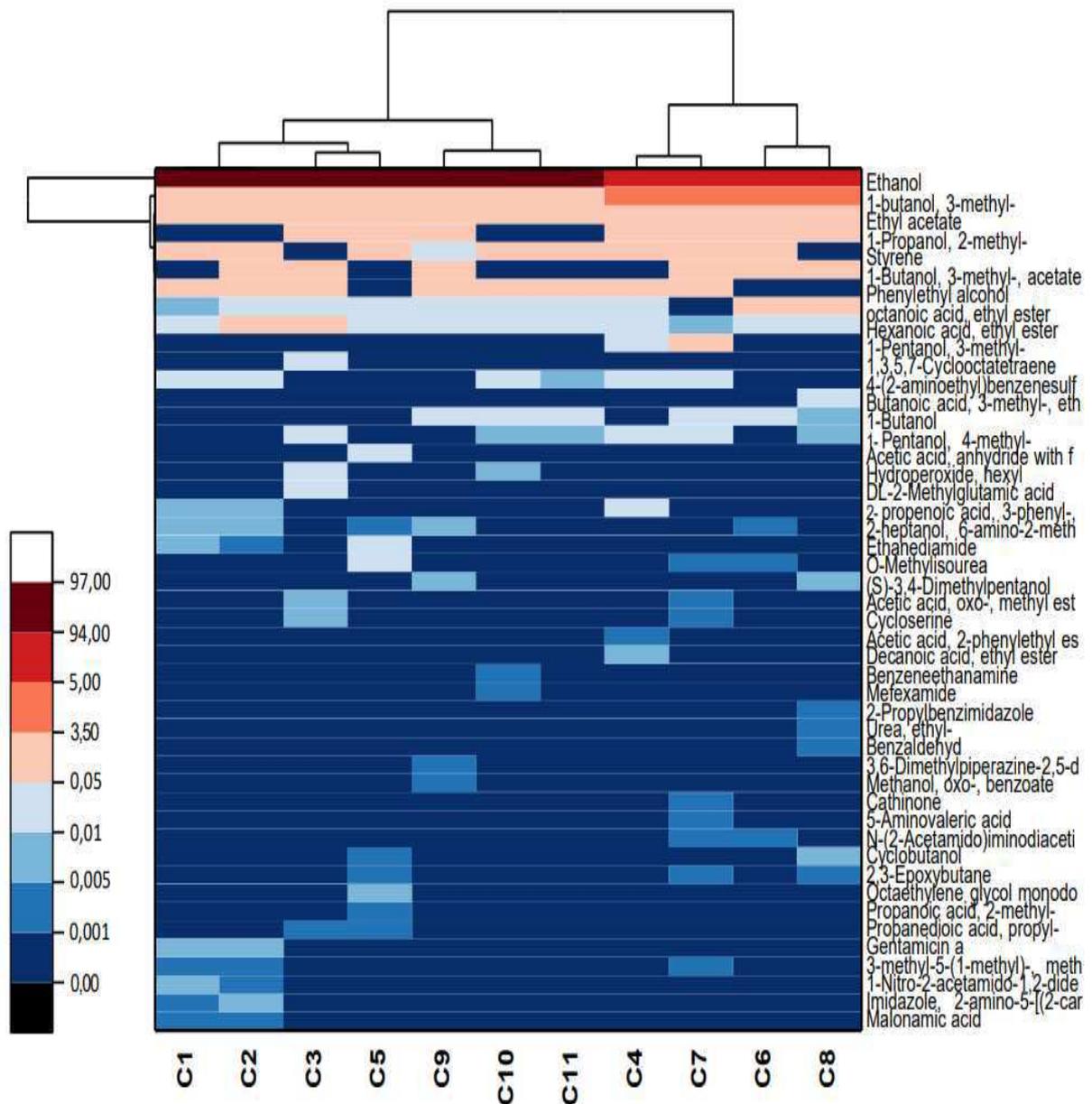
Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey

Observa-se na Tabela 4, que o conteúdo de fenólicos totais não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) para as cervejas formuladas com 20 e 30% de polpa de caju. O conteúdo fenólico da cerveja de caju apresentou valores consideráveis, acima de 791 mg QE/L. O aumento da concentração de polpa de caju provocou o aumento do conteúdo fenólico nas cervejas, visto que as cervejas formuladas com 10% de polpa apresentaram os menores conteúdos.

A cerveja de caju obteve conteúdo fenólico total entre 791 e 1186 mg GAE/L, valores superiores ao citado por Pereira et al. (2020) em sua produção de cerveja artesanal adicionada de pedúnculo de caju e casca de laranja, com concentração variando entre 0 a 10%. Para as cervejas elaboradas apenas com adição do pedúnculo, obtiveram teor de fenólicos totais entre 516,40 a 722,30 mg GAE/L.

3.4 Compostos voláteis

Foram quantificados quarenta e sete compostos voláteis nas cervejas de caju, apresentados na Tabela 5 (Apêndice), abrangendo classes químicas, como aldeídos, amidas, aminas, aminoácidos, ácidos carboxílicos, ésteres, éteres, heterocíclicos, álcoois superiores, hidrocarbonetos e sulfonas. Os compostos mais abundantes foram os álcoois superiores e ésteres, somando um total de dezenove compostos. A Figura 1 apresenta o mapa de calor associado a um agrupamento hierárquico para as formulações de cerveja de caju



C1 – 10AX; C2 – 10CX; C3 – 30AX; C4 – 30CX; C5 – 10AZ; C6 – 10CZ; C7 – 30AZ; C8 – 30CZ; C9 – 20BY1; C10 – 20BY2; C11 – 20BY3. * Nas formulações: 10, 20 e 30 correspondem a concentração de polpa do pedúnculo do caju; A, B e C valores de sólidos solúveis totais de 11, 14 e 17 °Brix, respectivamente; X, Y e Z temperaturas de 12, 14 e 16 °C, respectivamente

Figura 1 - Mapa de calor com dendrograma dos compostos voláteis identificados nas onze formulações de cerveja de caju

O agrupamento hierárquico resultou na formação de 4 clusters. O primeiro cluster agrupa as cervejas 10AX, 10CX, 30AX e 10AZ, que possuem 10, 10, 30 e 10% de polpa de caju, respectivamente. As três primeiras possuem a mesma temperatura de fermentação (12

°C). Neste grupo destaca-se as maiores proporções de ésteres (*ethyl acetate e hexanoic acid, ethyl ester*) e álcoois superiores (*phenylethyl alcohol*). Em relação à influência da temperatura de fermentação, observa-se um declínio da concentração destes compostos quando aumentou a temperatura para 16 °C. Já em relação aos sólidos solúveis totais, nota-se que o aumento destes influenciou para o aumento da concentração de voláteis nas cervejas fermentadas a 12 °C e para uma diminuição nas cervejas fermentadas a 16 °C.

O segundo cluster agrupa as cervejas 20BY1, 20BY2 e 20BY3, que possuem a mesma formulação (20% de polpa de caju) e mesmas condições de temperatura de fermentação (14 °C) e sólidos solúveis totais (14 °Brix), com destaque para os álcoois superiores (ethanol e 1-butanol), ésteres (*ethyl acetate; hexanoic acid, ethyl ester e octanoic acid, ethyl ester*) e hidrocarbonetos aromáticos (*styrene*). Ainda, para as condições de fermentação deste grupo, observa-se que, com exceção dos voláteis ethanol e 1-butanol, tanto a temperatura citada quanto os sólidos solúveis totais no mosto não favoreceram a formação dos compostos voláteis, quando comparado às demais condições de fermentação.

O terceiro cluster agrupa as cervejas 30CX e 30AZ, que possuem a mesma concentração de polpa de caju (30%), mas variam a temperatura de fermentação e também os sólidos solúveis totais. Estas cervejas possuem maiores concentrações dos álcoois superiores, 1-butanol, 3-methyl e 1-pentanol, 3-methyl. Neste grupo observa-se que a concentração de compostos voláteis aumentou a medida que a temperatura de fermentação foi elevada de 12 para 16 °C. Além disso, a menor concentração de sólidos solúveis totais no mosto favoreceu o aumento da concentração de compostos voláteis.

As cervejas 10CZ e 30CZ formam o último *cluster*. Elas se diferem no percentual de polpa de caju (10 e 30%, respectivamente) e possuem as mesmas condições de temperatura de fermentação (16 °C) e sólidos solúveis totais (17 °Brix). Além disso, apresentam a maior concentração do álcool superior, 1-propanol, 2-methyl, também para compostos heterocíclicos (*2-propylbenzimidazole*), éter (*2,3-epoxybutane*) e ésteres (*butanoic acid, 3-methyl, ethyl ester*). As condições de fermentação não variaram entre os componentes deste grupo, excetuando-se a concentração de polpa de caju, a qual demonstrou ter alguns efeitos no comportamento destas cervejas, uma vez que o maior teor de polpa (30%) apresentou maior variedade de compostos detectados, porém o menor teor de polpa (10%) apresentou a maior concentração de compostos voláteis em%, mesmo com menos espécies detectadas.

A maioria dos compostos voláteis detectados nas formulações da cerveja de caju foram ésteres e álcoois superiores. Os ésteres são os compostos que contribuem para as

propriedades sensoriais da cerveja, principalmente aroma e sabor, conferindo-lhes notas de flores, frutas e ervas, além de que são a classe de compostos voláteis mais abundantes nas cervejas, ocorrendo mais frequentemente na forma de ésteres etílicos (YANG et al., 2022).

A principal origem dos ésteres, nas bebidas alcoólicas, está no metabolismo secundário intracelular das leveduras durante a fermentação alcoólica. Estes ésteres são formados por reações enzimáticas entre ácidos ativados sob a forma de acetil-SCoA e álcoois correspondentes. É possível ocorrer também à formação de ésteres depois de finalizada a fermentação alcoólica. Esse processo resulta de uma reação química direta que ocorre entre álcoois e ácidos, porém este fenômeno ocorre em proporções relativamente menores (MEILGAARD, 1975; NÓBREGA, 2003; KOBAYASHI et al., 2008).

Os álcoois superiores têm contribuição importante na composição aromática da cerveja e também atuam como solventes de outros compostos aromáticos. Álcoois superiores, como 1-butanol, 3-metil- são produzidos pela redução de seus aldeídos correspondentes derivados do metabolismo de aminoácidos de cadeia ramificada (leucina e isoleucina) e são responsáveis por sabores e aromas adocicados de álcool e de banana (KOBAYASHI et al., 2008; LI et al., 2021; YANG et al., 2022).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os compostos fenólicos mais abundantes nas formulações da cerveja de caju foram a hesperidina, o ácido gálico e a *procyadinin A2*. As cervejas formuladas com 10% de polpa de caju apresentaram maiores concentrações de hesperidina, enquanto aquelas com 20% de polpa de caju, revelaram maiores concentrações de *procyadinin A2* e ácido gálico. Já as cervejas com 30% de polpa apresentaram maiores concentrações de *myricetin*. O aumento da temperatura de fermentação, em geral, favoreceu a formação de compostos fenólicos nas cervejas. Os sólidos solúveis totais apresentaram comportamento muito variável, a depender da espécie de fenólico, influenciaram para maior ou para menor concentração.

As cervejas formuladas com 20% de polpa de caju apresentaram maior potencial antioxidante em todos os métodos utilizados. Esse resultado coincidiu com o somatório de compostos fenólicos totais, que resultou no maior conteúdo fenólico, também verificado nas cervejas formuladas com 20% de polpa de caju. Fato que reforça a capacidade antioxidante dos polifenóis. Quanto às variáveis de fermentação, a temperatura e os sólidos solúveis totais

não apresentaram diferenças significativas na maioria dos ensaios observados. A maior influência na atividade antioxidante foi notada para a concentração de polpa de caju.

Quanto aos compostos voláteis, os álcoois superiores e os ésteres foram predominantes nas cervejas de caju, com espécies detectadas em todas as formulações. O álcool 1-butanol, 3-*methyl* e o *éster ethyl acetate* foram os mais abundantes na cerveja de caju. Estes compostos influenciam as características sensoriais, como o sabor e o aroma e sua presença é fundamental para determinar a qualidade da cerveja, no tocante ao processamento e uso de matérias-primas que vão agregar características sensoriais positivas ao produto final. A temperatura de fermentação apresentou influência na formação de compostos voláteis, sendo observado que para determinados grupos de compostos a temperatura de 12 °C apresentou melhores resultados, enquanto que para outros a temperatura de 16 °C foi mais eficiente. Por outro lado, a temperatura de 14 °C apresentou menos eficiência para a maioria dos compostos. A concentração de sólidos solúveis totais demonstrou ter influência sobre a formação de compostos voláteis, de forma muito variável, assim como a concentração de polpa de caju.

APÊNDICES

Tabela 2 - Compostos fenólicos da cerveja de caju

Phenolic compounds mg/L	Cashew beer formulations			
	10AX	10CX	30AX	30CX
<i>Flavanols</i>				
Catechin	0,42 ± 0,01g	0,61 ± 0,01c	0,37 ± 0,01h	0,56 ± 0,01d
Epicatechin	nd	nd	0,21 ± 0,01d	nd
Epicatechin gallate	2,53 ± 0,01d	2,15 ± 0,03e	2,07 ± 0,04e	0,98 ± 0,01g
Epigallocatechin gallate	0,05 ± 0,01c	Nd	0,10 ± 0,01a	0,10 ± 0,01 ^a
Procyadinin A2	0,85 ± 0,01g	0,59 ± 0,01h	1,29 ± 0,02f	1,23 ± 0,02f
Procyadinin B1	2,75 ± 0,04d	2,98 ± 0,02c	2,59 ± 0,03e	3,52 ± 0,02b
Procyadinin B2	0,14 ± 0,04 ^a	nd	nd	nd
Σ Flavanols	6,74	6,33	6,63	6,39
<i>Flavonols</i>				
Quercitin 3-glucoside	4,73 ± 0,04 ^a	0,44 ± 0,01c	0,53 ± 0,01b	0,46 ± 0,36c
Rutin	3,81 ± 0,03 ^a	0,30 ± 0,01d	0,47 ± 0,01c	0,50 ± 0,01b
Kaempferol 3-glucoside	nd	nd	0,51 ± 0,01a	0,47 ± 0,01b
Myricetin	1,63 ± 0,02f	1,53 ± 0,04f	3,06 ± 0,04f	3,76 ± 0,01 ^a
Σ Flavonols	10,17	2,27	4,57	5,19
<i>Stilbenes</i>				
Cis resveratrol	1,82 ± 0,02d	0,80 ± 0,01e	3,01 ± 0,02c	0,69 ± 0,01f
Σ Stilbenes	1,82	0,8	3,01	0,69
<i>Flavanones</i>				
Hesperidin	16,57 ± 0,02a	13,89 ± 0,02c	13,41 ± 0,03d	12,10 ± 0,01e
Σ Flavanones	16,57	13,89	13,41	12,1
<i>Phenolic acids</i>				
Galic acid	0,28 ± 0,01g	14,31 ± 0,03c	18,97 ± 0,02a	3,54 ± 0,04f
Syginric acid	0,06 ± 0,01h	0,14 ± 0,01f	0,83 ± 0,01a	0,19 ± 0,01d
Chlorogenic acid	nd	nd	nd	0,14 ± 0,01d
p_Coumaric acid	7,54 ± 0,02 ^a	0,93 ± 0,01b	0,46 ± 0,01e	0,48 ± 0,01de
Σ Phenolic acids	7,88	15,38	20,26	4,35
Total phenolic compounds mg/L	43,18	38,67	47,88	28,72
Phenolic compounds mg/L	10AZ	10CZ	30AZ	30CZ
<i>Flavanols</i>				
Catechin	0,62 ± 0,01c	0,69 ± 0,01b	0,55 ± 0,01d	6,11 ± 0,02 ^a
Epicatechin	nd	nd	nd	nd
Epicatechin gallate	2,77 ± 0,05c	3,34 ± 0,04b	1,59 ± 0,03f	0,29 ± 0,01h

Epigallocatechin gallate	Nd	0,03 ± 0,01d	0,10 ± 0,01a	0,10 ± 0,01
Procyanidin A2	2,12 ± 0,03e	2,78 ± 0,04d	1,18 ± 0,01f	0,67 ± 0,01gh
Procyanidin B1	2,69 ± 0,04d	3,95 ± 0,04a	0,12 ± 0,01	0,11 ± 0,02gh
Procyanidin B2	nd	nd	nd	nd
Σ Flavanols	8,2	10,79	3,54	7,28
<i>Flavanols</i>				
Quercetin 3-glucoside	Nd	0,41 ± 0,01cd	0,38 ± 0,01d	0,42 ± 0,01cd
Rutin	Nd	0,33 ± 0,01d	0,47 ± 0,01bc	0,48 ± 0,01bc
Kaempferol 3-glucoside	nd	nd	nd	nd
Myricetin	1,54 ± 0,03f	1,78 ± 0,04e	3,06 ± 0,02c	3,40 ± 0,10b
Σ Flavonols	1,54	2,52	3,91	4,3
<i>Stilbenes</i>				
Cis resveratrol	0,27 ± 0,01gh	0,32 ± 0,02g	3,53 ± 0,02a	3,14 ± 0,03b
Σ Stilbenes	0,27	0,32	3,53	3,14
<i>Flavanones</i>				
Hesperidin	10,96 ± 0,02h	14,45 ± 0,02b	11,58 ± 0,02g	11,79 ± 0,03f
Σ Flavanones	10,96	14,45	11,58	11,79
<i>Phenolic acids</i>				
Galic acid	11,15 ± 0,03e	0,16 ± 0,01g	3,76 ± 0,01f	3,73 ± 0,01f
Syginric acid	0,20 ± 0,01c	0,28 ± 0,01b	0,13 ± 0,01f	0,18 ± 0,01e
Chlorogenic acid	0,16 ± 0,01c	0,24 ± 0,01a	nd	0,18 ± 0,01b
p_Coumaric acid	0,72 ± 0,01c	0,94 ± 0,01b	nd	0,17 ± 0,01g
Σ Phenolic acids	12,23	1,62	3,89	4,26
Total phenolic compounds mg/L	33,2	29,7	26,45	30,77
Phenolic compounds mg/L	20BY1	20BY2	20BY3	
<i>Flavanols</i>				
Catechin	0,48 ± 0,03f	0,52 ± 0,01e	0,51 ± 0,01e	
Epicatechin	0,26 ± 0,01c	0,28 ± 0,01a	0,27 ± 0,01b	
Epicatechin gallate	5,24 ± 0,05 ^a	2,58 ± 0,02d	2,51 ± 0,01d	
Epigallocatechin gallate	0,04 ± 0,01c	0,07 ± 0,01b	0,06 ± 0,01b	
Procyanidin A2	47,85 ± 0,02c	50,65 ± 0,03a	49,84 ± 0,23b	
Procyanidin B1	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01h	0,50 ± 0,01f	
Procyanidin B2	nd	nd	nd	
Σ Flavanols	53,91	54,15	53,69	
<i>Flavanols</i>				
Quercetin 3-glucoside	nd	nd	nd	
Rutin	nd	nd	nd	
Kaempferol 3-glucoside	nd	nd	nd	
Myricetin	nd	2,37 ± 0,00d	2,35 ± 0,01d	

Σ Flavonols	0	2,37	2,35
<i>Stilbenes</i>			
Cis resveratrol	0,24 ± 0,01hi	0,21 ± 0,01i	0,23 ± 0,01i
Σ Stilbenes	0,24	0,21	0,23
<i>Flavanones</i>			
Hesperidin	9,08 ± 0,03j	9,71 ± 0,03i	9,61 ± 0,09i
Σ Flavanones	9,08	9,71	9,61
<i>Phenolic acids</i>			
Galic acid	14,79 ± 0,01b	11,37 ± 0,01e	12,31 ± 0,30d
Syginric acid	0,06 ± 0,01h	0,08 ± 0,01g	0,08 ± 0,01g
Chlorogenic acid	nd	nd	nd
p_Coumaric acid	0,44 ± 0,01f	0,73 ± 0,01	0,49 ± 0,01d
Σ Phenolic acids	15,29	12,18	12,88
Total phenolic compounds mg/L	78,52	78,62	78,76

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey; nd - não detectado

Tabela 5 - Compostos voláteis da cerveja de caju.

Volatile compound (%)	CAS	Beer formulations			
		10AX	10CX	30AX	30CX
Aldehydes					
1 Benzaldehyd	100-52-7	nd	Nd	nd	nd
Σaldehydes		nd	Nd	nd	nd
Amides					
2 O-Methylisourea	2440-60-0	nd	Nd	nd	nd
3 Urea, ethyl-	57-13-6	nd	Nd	nd	nd
4 Ethanediamide	471-46-5	0,0083 ± 0,0002 ^a	0,0046 ± 0,0035b	nd	nd
5 Mefexamide	1227-61-8	nd	Nd	nd	nd
Σamides		0,0083	0,0046	nd	nd
Amines					
6 2-heptanol, 6-amino-2-methyl-	372-66-7	0,0095 ± 0,0001 ^a	0,0085 ± 0,0002b	nd	nd
7 Cathinone	71031-15-7	nd	Nd	nd	nd
8 Benzeneethanamine	64-04-0	nd	Nd	nd	nd
Σamines		0,0095	0,0085	nd	nd
Amino acids					
9 DL-2-Methylglutamic acid	470-51-9	nd	Nd	0,0163 ± 0,0002a	nd
10 Cycloserine	68-41-7	nd	Nd	0,0056 ± 0,0001a	nd
11 5-Aminovaleric acid	660-88-8	nd	Nd	nd	nd
Σamino acids		nd	Nd	0,0219	nd
Carboxylic acids					
12 Malonamic acid	2345-56-4	0,0036 ± 0,0002 ^a	0,0034 ± 0,0001b	nd	nd

13	Propanedioic acid, propyl-	616-62-6	nd	Nd	0,0018 ± 0,0001b	nd
14	Acetic acid, anhydride with formic acid	2258-42-6	nd	Nd	nd	nd
15	Propanoic acid, 2-methyl-	79-31-2	nd	Nd	nd	nd
16	N-(2-Acetamido)iminodiacetic acid	26239-55-4	nd	Nd	nd	nd
	<i>Σcarboxylic acids</i>		0,0036	0,0034	0,0018	nd
	<i>Esters</i>					
17	Methanol, oxo-, benzoate 3-methyl-5-(1-methyl)-, methylcarbamate		nd	Nd	nd	nd
18		2631-37-0	0,0045 ± 0,0001b	0,0048 ± 0,0001 ^a	nd	nd
19	Ethyl acetate	141-78-6	1,0232 ± 0,0007b	1,0763 ± 0,0013 ^a	0,9496 ± 0,0261c	0,8114 ± 0,0013e
20	Hexanoic acid, ethyl ester	123-66-0	0,0295 ± 0,0007 ^a	0,1219 ± 0,1592 ^a	0,0504 ± 0,0001a	0,0005a 0,0477 ±
21	octanoic acid, ethyl ester 2-propenoic acid, 3-phenyl-, ethyl ester, (E)-	106-32-1	0,0064 ± 0,0005h	0,0110 ± 0,0001g	0,0460 ± 0,0006c	0,0006c 0,0129 ±
22		32089-78-4	0,0051 ± 0,0001c	0,0054 ± 0,0001b	nd	0,0001a
23	Acetic acid, oxo-, methyl ester	6005-59-0	nd	Nd	0,0056 ± 0,0001a	nd
24	Decanoic acid, ethyl ester	110-38-3	nd	Nd	nd	0,0050 ± 0,0001a
25	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	103-45-7	nd	Nd	nd	0,0048 ± 0,0001a
26	Butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester	108-64-5	nd	Nd	nd	nd
	<i>Σesters</i>		1,0687	1,2194	1,0516	0,9061
	<i>Ether</i>					
27	2,3-Epoxybutane	3266-23-7	nd	Nd	nd	nd
28	Octaethylene glycol monododecyl ether	3055-98-9	nd	Nd	nd	nd
29	Hydroperoxide, hexyl	4312-76-9	nd	Nd	0,0144 ± 0,0002a	nd
	<i>Σether</i>		nd	Nd	0,0144	nd
	<i>Heterocyclic</i>					
30	Imidazole, 2-amino-5-[(2- carboxy)vinyl]-		0,0046 ± 0,0001b	0,0055 ± 0,0001 ^a	nd	nd
31	2-Propylbenzimidazole	5465-29-2	nd	Nd	nd	nd
32	3,6-Dimethylpiperazine-2,5-dione	5625-46-7	nd	Nd	nd	nd
	<i>Σheterocyclic</i>		0,0046	0,0055	nd	nd
	<i>Higher alcohols</i>					
33	Ethanol	64-17-5	94,9089 ± 0,7034abcd	95,3952 ± 0,9826abcd	94,9412 ± 1,0096abcd	93,5412 ± 0,7706d
34	1-butanol, 3-methyl-	123-51-3	2,9922 ± 0,1099d	3,0208 ± 0,058699d	2,9912 ± 0,0304d	4,7273 ± 0,0228a
35	Phenylethyl alcohol	1960-12-08	0,1483 ± 0,0003 ^a	0,1474 ± 0,0004 ^a	0,0875 ± 0,0004bc	0,0717 ± 0,0621bc
36	1-Butanol, 3-methyl-, acetate	123-92-2	nd	0,0925 ± 0,0001c	0,0925 ± 0,0004c	nd 0,3564
37	1-Propanol, 2-methyl-	78-83-1	nd	Nd	0,7324 ± 0,0003c	±0,0004g 0,0126 ±
38	1-Pentanol, 4-methyl-	626-89-1	nd	Nd	0,0145 ± 0,0003a	0,0003b

						0,0118 ±
39	1-Pentanol, 3-methyl-	589-35-5	nd	Nd	nd	0,0003a
40	1-Butanol	71-36-3	nd	Nd	nd	nd
41	(S)-3,4-Dimethylpentanol	6570-87-2	nd	Nd	nd	nd
	<i>Σhigher alcohols</i>		98,0494	98,6559	98,8593	98,721
	<i>Hydrocarbons</i>					
	1-Nitro-2-acetamido-1,2-dideoxy-d-					
42	mannitol		0,0055 ± 0,0002 ^a	0,0049 ± 0,0001b	nd	nd
43	Gentamicin a	1403-66-3	0,0072 ± 0,0001 ^a	0,0068 ± 0,0001b	nd	nd
						0,2934
44	Styrene	100-42-5	0,1398 ± 0,0030d	0,1411 ± 0,0009d	nd	±0,0003c
45	1,3,5,7-Cyclooctatetraene	629-20-9	nd	Nd	0,0378 ± 0,0002a	nd
46	Cyclobutanol	2919-23-5	nd	Nd	nd	nd
	<i>Σhydrocarbons</i>		0,1525	0,1528	0,0378	0,2934
	<i>Sulfones</i>					
	4-(2-aminoethyl)benzenesulfonyl					0,0142 ±
47	fluoride	30827-99-7	0,0163 ± 0,0003c	0,0181 ± 0,0002b	nd	0,0004d
	<i>Σsulfones</i>		0,0163	0,0181	nd	0,0142
	Volatile compound (%)	CAS	10AZ	10CZ	30AZ	30CZ
	Aldehydes					
						0,0019 ±
1	Benzaldehyd	100-52-7	nd	Nd	nd	0,0001a
	<i>Σaldehydes</i>		nd	Nd	nd	0,0019
	Amides					
2	O-Methylisourea	2440-60-0	0,0105 ± 0,0003 ^a	0,0010 ± 0,0001 ^a	0,0046 ± 0,0001b	nd
						0,0020 ±
3	Urea, ethyl-	57-13-6	nd	Nd	nd	0,0001a
4	Ethanediamide	471-46-5	0,0105 ± 0,0003 ^a	Nd	nd	nd
5	Mefexamide	1227-61-8	nd	Nd	nd	nd
	<i>Σamides</i>		0,021	0,001	0,0046	0,002
	Amines					
6	2-heptanol, 6-amino-2-methyl-	372-66-7	0,0043 ± 0,0001d	0,0036 ± 0,0003e	nd	nd
7	Cathinone	71031-15-7	nd	Nd	0,0046 ± 0,0001a	nd
8	Benzeneethanamine	64-04-0	nd	Nd	nd	nd
	<i>Σamines</i>		0,0043	0,0036	0,0046	nd
	Amino acids					
9	DL-2-Methylglutamic acid	470-51-9	nd	Nd	nd	nd
10	Cycloserine	68-41-7	nd	Nd	0,0029 ± 0,0001b	nd
11	5-Aminovaleric acid	660-88-8	nd	Nd	0,0024 ± 0,0001a	nd
	<i>Σamino acids</i>		nd	Nd	0,0053	nd
	Carboxylic acids					
12	Malonic acid	2345-56-4	nd	Nd	nd	nd
13	Propanedioic acid, propyl-	616-62-6	0,0043 ± 0,0001 ^a	Nd	nd	nd
14	Acetic acid, anhydride with formic acid	2258-42-6	0,0266 ± 0,0002 ^a	Nd	nd	nd
15	Propanoic acid, 2-methyl-	79-31-2	0,0029 ± 0,0021 ^a	nd	nd	nd

16	N-(2-Acetamido)iminodiacetic acid	26239-55-4	nd	0,0019 ± 0,0001b	0,0027 ± 0,0001a	nd
	<i>Σcarboxylic acids</i>		0,0338	0,0019	0,0027	nd
	<i>Esters</i>					
17	Methanol, oxo-, benzoate 3-methyl-5-(1-methyl)-,		nd	Nd	nd	nd
18	methylcarbamate	2631-37-0	nd	Nd	0,0019 ± 0,0001c	nd 1,0757 ±
19	Ethyl acetate	141-78-6	0,8955 ± 0,0051d	0,5144 ± 0,0035g	0,4228 ± 0,0005h	0,0158a 0,0404 ±
20	Hexanoic acid, ethyl ester	123-66-0	0,0483 ± 0,0012 ^a	0,0204 ± 0,0008 ^a	0,0052 ± 0,0001a	0,0009a 0,0547 ±
21	octanoic acid, ethyl ester 2-propenoic acid, 3-phenyl-, ethyl ester,	106-32-1	0,0405 ± 0,0005d	0,0671 ± 0,0015 ^a	nd	0,0008b
22	(E)-	32089-78-4	nd	Nd	nd	nd
23	Acetic acid, oxo-, methyl ester	6005-59-0	nd	Nd	0,0029 ± 0,0001b	nd
24	Decanoic acid, ethyl ester	110-38-3	nd	Nd	nd	nd
25	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	103-45-7	nd	Nd	nd	nd 0,0327 ±
26	Butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester	108-64-5	nd	Nd	nd	0,0004a
	<i>Σesters</i>		0,9843	0,6019	0,4328	1,2035
	<i>Ether</i>					
						0,0027 ±
27	2,3-Epoxybutane	3266-23-7	0,0041 ± 0,0001 ^a	Nd	0,0034 ± 0,0001b	0,0001c
28	Octaethylene glycol monododecyl ether	3055-98-9	0,0074 ± 0,0001 ^a	Nd	nd	nd
29	Hydroperoxide, hexyl	4312-76-9	Nd	Nd	nd	nd
	<i>Σether</i>		0,0115	Nd	0,0034	0,0027
	<i>Heterocyclic</i>					
	Imidazole, 2-amino-5-[(2-					
30	carboxy)vinyl]-		nd	Nd	nd	nd 0,0013 ±
31	2-Propylbenzimidazole	5465-29-2	nd	Nd	nd	0,0001a
32	3,6-Dimethylpiperazine-2,5-dione	5625-46-7	nd	Nd	nd	nd
	<i>Σheterocyclic</i>		nd	Nd	nd	0,0013
	<i>Higher alcohols</i>					
			94,2539 ±			93,6384 ±
33	Ethanol	64-17-5	0,2473bcd	93,8186 ± 1,0408cd	93,6747 ± 0,9449d	0,8445d 3,8696
34	1-butanol, 3-methyl-	123-51-3	3,4385 ± 0,1915c	4,0103 ± 0,0901b	4,9537 ± 0,0265a	±0,0636b
35	Phenylethyl alcohol	1960-12-08	Nd	Nd	0,1230 ± 0,0001ab	nd 0,2184 ±
36	1-Butanol, 3-methyl-, acetate	123-92-2	nd	0,0518 ± 0,0001e	0,1106 ± 0,0002b	0,0004a 0,9413
37	1-Propanol, 2-methyl-	78-83-1	0,5655 ± 0,0005e	1,0654 ± 0,0005 ^a	0,4418 ± 0,0002f	±0,0011b 0,0078 ±
38	1-Pentanol, 4-methyl-	626-89-1	nd	Nd	0,0143 ± 0,0002a	0,0001c
39	1-Pentanol, 3-methyl-	589-35-5	nd	Nd	0,0626 ± 0,0813a	nd
40	1-Butanol	71-36-3	nd	0,0116 ± 0,0003 ^a	0,0106 ± 0,0005b	0,0081 ±

						0,0001c
						0,0065 ±
41	(S)-3,4-Dimethylpentanol	6570-87-2	nd	Nd	nd	0,0002b
	<i>Σhigher alcohols</i>		98,2579	98,9577	99,3913	98,6901
<i>Hydrocarbons</i>						
	1-Nitro-2-acetamido-1,2-dideoxy-d-					
42	mannitol		nd	Nd	nd	nd
43	Gentamicin a	1403-66-3	nd	Nd	nd	nd
44	Styrene	100-42-5	0,3129 ± 0,0025b	0,3463a±0,0060 ^a	0,0693 ± 0,0013e	nd
45	1,3,5,7-Cyclooctatetraene	629-20-9	nd	Nd	nd	nd
						0,0055 ±
46	Cyclobutanol	2919-23-5	0,0049 ± 0,0001b	Nd	nd	0,0001a
	<i>Σhydrocarbons</i>		0,3178	0,3463	0,0693	0,0055
<i>Sulfones</i>						
	4-(2-aminoethyl)benzenesulfonyl					
47	fluoride	30827-99-7	nd	Nd	0,0204 ± 0,0005a	nd
	<i>Σsulfones</i>		nd	Nd	0,0204	nd
Volatile compound (%)		CAS	20BY1	20BY2	20BY3	
<i>Aldehydes</i>						
1	Benzaldehyd	100-52-7	nd	Nd	nd	
	<i>Σaldehydes</i>		nd	Nd	nd	
<i>Amides</i>						
2	O-Methylisourea	2440-60-0	nd	Nd	nd	
3	Urea, ethyl-	57-13-6	nd	Nd	nd	
4	Ethanediamide	471-46-5	nd	Nd	nd	
5	Mefexamide	1227-61-8	nd	0,0035 ± 0,0005 ^a	nd	
	<i>Σamides</i>		nd	0,0035	nd	
<i>Amines</i>						
6	2-heptanol, 6-amino-2-methyl-	372-66-7	0,0065 ± 0,0004c	Nd	nd	
7	Cathinone	71031-15-7	nd	Nd	nd	
8	Benzeneethanamine	64-04-0	nd	0,0032 ± 0,0001 ^a	nd	
	<i>Σamines</i>		0,0065	0,0032	nd	
<i>Amino acids</i>						
9	DL-2-Methylglutamic acid	470-51-9	nd	Nd	nd	
10	Cycloserine	68-41-7	nd	Nd	nd	
11	5-Aminovaleric acid	660-88-8	nd	Nd	nd	
	<i>Σamino acids</i>		nd	Nd	nd	
<i>Carboxylic acids</i>						
12	Malonic acid	2345-56-4	nd	Nd	nd	
13	Propanedioic acid, propyl-	616-62-6	nd	Nd	nd	
14	Acetic acid, anhydride with formic acid	2258-42-6	nd	Nd	nd	
15	Propanoic acid, 2-methyl-	79-31-2	nd	Nd	nd	
16	N-(2-Acetamido)iminodiacetic acid	26239-55-4	nd	Nd	nd	
	<i>Σcarboxylic acids</i>		nd	Nd	nd	

Esters					
17	Methanol, oxo-, benzoate 3-methyl-5-(1-methyl)-, methylcarbamate	2631-37-0	0,0026 ± 0,0001 ^a nd	Nd Nd	nd
18	Ethyl acetate	141-78-6	0,6232 ± 0,0030 ^f	0,3329 ± 0,0027 ⁱ	0,3333 ± 0,0017 ⁱ
19	Hexanoic acid, ethyl ester	123-66-0	0,0109 ± 0,0003 ^a	0,0302 ± 0,0010 ^a	0,0289 ± 0,0001 ^a
20	octanoic acid, ethyl ester	106-32-1	0,0155 ± 0,0001 ^f	0,0391 ± 0,0006 ^{de}	0,0383 ± 0,0004 ^e
21	2-propenoic acid, 3-phenyl-, ethyl ester, (E)-	32089-78-4	nd	Nd	nd
22	Acetic acid, oxo-, methyl ester	6005-59-0	nd	Nd	nd
23	Decanoic acid, ethyl ester	110-38-3	nd	Nd	nd
24	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	103-45-7	nd	Nd	nd
25	Butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester	108-64-5	nd	Nd	nd
26	<i>Σesters</i>		0,6522	0,4022	0,4005
Ether					
27	2,3-Epoxybutane	3266-23-7	nd	Nd	nd
28	Octaethylene glycol monododecyl ether	3055-98-9	nd	Nd	nd
29	Hydroperoxide, hexyl	4312-76-9	nd	0,0085 ± 0,0003 ^b	nd
	<i>Σether</i>		nd	0,0085	nd
Heterocyclic					
30	Imidazole, 2-amino-5-[(2- carboxy)vinyl]-		nd	Nd	nd
31	2-Propylbenzimidazole	5465-29-2	nd	Nd	nd
32	3,6-Dimethylpiperazine-2,5-dione	5625-46-7	0,0036 ± 0,0001 ^a	Nd	nd
	<i>Σheterocyclic</i>		0,0036	Nd	nd
Higher alcohols					
33	Ethanol	64-17-5	96,1232 ± 0,3084 ^{abc}	96,9480 ± 0,9748 ^a	96,2864 ± 0,1171 ^{ab}
34	1-butanol, 3-methyl-	123-51-3	2,4311 ± 0,0301 ^e	2,3875 ± 0,0169 ^e	2,3883 ± 0,0015 ^e
35	Phenylethyl alcohol	1960-12-08	0,0567 ± 0,0095 ^c	0,0650 ± 0,0044 ^c	0,0610 ± 0,0008 ^c
36	1-Butanol, 3-methyl-, acetate	123-92-2	0,0543 ± 0,0002 ^d	Nd	nd
37	1-Propanol, 2-methyl-	78-83-1	0,5783 ± 0,0004 ^d	Nd	nd
38	1-Pentanol, 4-methyl-	626-89-1	nd	0,0065 ± 0,0001 ^d	0,0064 ± 0,0001 ^d
39	1-Pentanol, 3-methyl-	589-35-5	nd	Nd	nd
40	1-Butanol	71-36-3	0,0107 ± 0,0002 ^b	0,0118 ± 0,0001 ^a	0,0119 ± 0,0001 ^a
41	(S)-3,4-Dimethylpentanol	6570-87-2	0,0078 ± 0,0001 ^a	Nd	nd
	<i>Σhigher alcohols</i>		99,2621	99,4123	98,754
Hydrocarbons					
42	1-Nitro-2-acetamido-1,2-dideoxy-d- mannitol		nd	Nd	nd
43	Gentamicin a	1403-66-3	nd	Nd	nd
44	Styrene	100-42-5	0,0311 ± 0,0001 ^f	0,1421 ± 0,0017 ^d	0,1407 ± 0,0006 ^d
45	1,3,5,7-Cyclooctatetraene	629-20-9	nd	Nd	nd
46	Cyclobutanol	2919-23-5	nd	Nd	nd
	<i>Σhydrocarbons</i>		0,0311	0,1421	0,1407
Sulfones					

	4-(2-aminoethyl)benzenesulfonyl				
47	fluoride	30827-99-7	nd	0,0124 ± 0,0002e	0,0099 ± 0,0001f
	<i>Σsulfones</i>		nd	0,0124	0,0099

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey; nd - não detectado

Figura - Dendograma de compostos voláteis

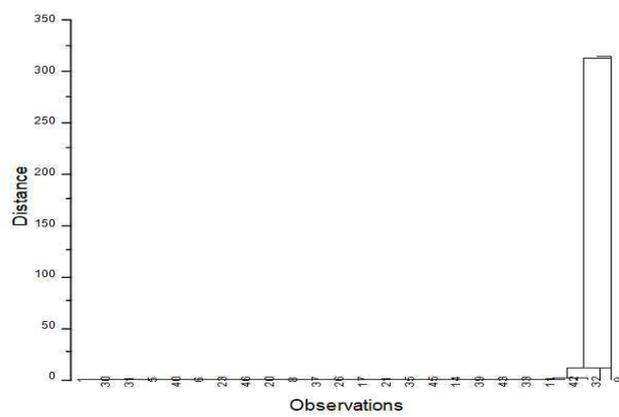
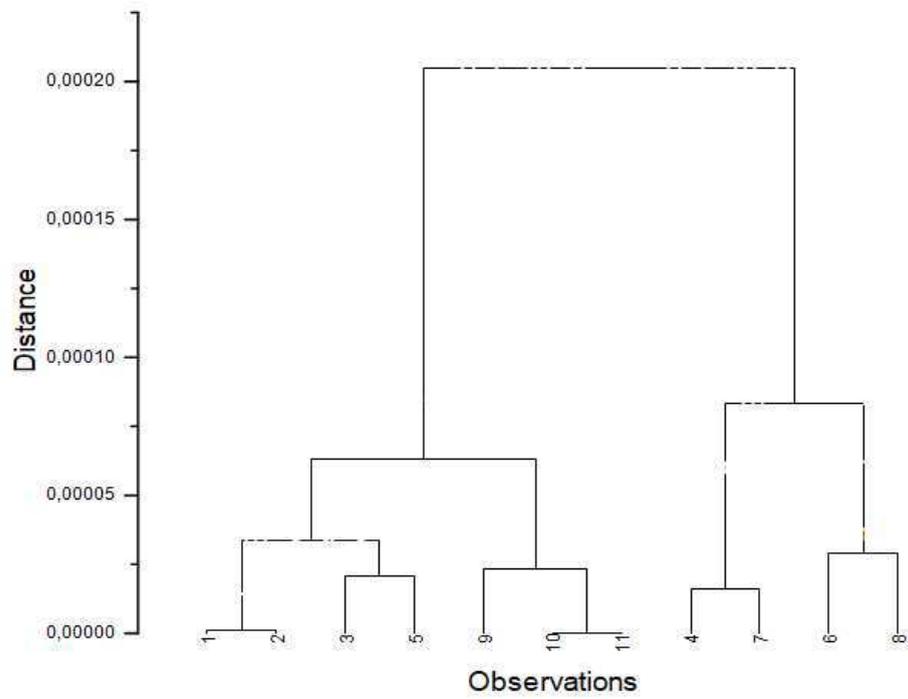


Figura 2 - Dendograma de compostos voláteis da cerveja de caju

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAIGTS-ALLENDE, D. K.; PÉREZ-ALVA, A.; RAMÍREZ-RODRIGUES, M. A.; PALACIOS, A.; RAMÍREZ-RODRIGUES, M. M. A comparative study of polyphenolic and amino acid profiles of commercial fruit beers, **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 100, n. 103921, p. 1-14, 2021.

BARRETO, S. M. A.; SILVA, A. B. M.; DUTRA, M. C. P.; BASTOS, D. C.; CARVALHO, A. J. B. A.; VIANA, A. C.; NARAIN, N.; LIMA, M. S. Effect of commercial yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) on fermentation metabolites, phenolic compounds, and bioaccessibility of Brazilian fermented oranges. **Food Chemistry**, v. 408, n. 135121, p. 1-9, 2023.

CHIVA-BLANCH, G.; URPI-SARDA, M.; ROTCHÉS-RIBALTA, M.; ZAMORA-ROS, R.; LLORACH, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M.; ESTRUCH, R.; ANDRÉS-LACUEVA, C. Determination of resveratrol and piceid in beer matrices by solid-phase extraction and liquid chromatography–tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1218, n. 5, p. 698-705, 2011.

COELHO, E. M.; HAAS, I. C. S.; AZEVEDO, L. C.; BASTOS, D. C.; FEDRIGO, I. M. T.; LIMA, M. S.; AMBONI, R. D. M. C. Multivariate chemometric analysis for the evaluation of 22 Citrus fruits growing in Brazil's semi-arid region. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 101, n. 103964, p. 1-9, 2021.

DUTRA, M. C. P.; RODRIGUES, L. L.; OLIVEIRA, D.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. S. Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. **Food Chemistry**, v. 269, p. 157-165, 2018.

GASIŃSKI, A.; KAWA-RYGIELSKA, J.; SZUMNY, A.; CZUBASZEK, A.; GASIOR, J.; PIETRZAK, W. Volatile compounds content, physicochemical parameters, and antioxidant activity of beers with addition of mango fruit (*Mangifera indica*). **Molecules**, v. 25, n. 13, p. 1-14, 2020.

GONZÁLEZ-MAS, M. C.; GARCÍA-RIAÑO, L. M.; ALFARO, C.; RAMBLA, J. L.; PADILLA, A. I.; GUTIERREZ, A. Headspace-based techniques to identify the principal volatile compounds in red grape cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 3, p. 510-518, 2009.

GORINSTEIN, S.; CASPI, A.; LIBMAN, I.; LERNER, H. T.; HUANG, D.; LEONTOWICZ, H.; TRAKHTENBERG, S. Red grapefruit positively influences serum triglyceride level in patients suffering from coronary atherosclerosis: Studies in vitro and in humans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 5, p. 1887-1892, 2006.

KIM, Y. K.; GUO, Q.; PACKER, L. Free radical scavenging activity of red ginseng aqueous extracts. **Toxicology**, v. 172, n. 2, p. 149-156, 2002.

- KOBAYASHI, M.; SHIMIZU, H.; SHIOYA, S. Beer volatile compounds and their application to low-malt beer fermentation. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 106, n. 4, p. 317-323, 2008.
- LONGO, E.; ROSSETTI, F.; JOUIN, A.; TEISSEDRE, P. L.; JOURDES, M.; BOSELLI, E. Distribution of crown hexameric procyanidin and its tetrameric and pentameric congeners in red and white wines. **Food Chemistry**, v. 299, n. 125125, p. 1-9, 2019.
- LI, T.; JIANG, T.; LIU, N.; WU, C.; XU, H.; LEI, H.; Biotransformation of phenolic profiles and improvement of antioxidant capacities in jujube juice by select lactic acid bacteria. **Food Chemistry**, v. 339, n. 127859, p. 1-10, 2021.
- LU, J.; WU, D. M.; ZHENG, Y. L.; HU, B.; ZHANG, Z. F.; SHAN, Q. Neuroprotective effect of quercetin in H₂O₂-induced injury in neural stem cells is mediated by the Nrf2-ARE signaling pathway. **Neuroscience Letters**, v. 595, p. 1-6, 2015.
- MEILGAARD, M. C. Flavor chemistry of beer. I. Flavor interaction between principal volatiles. **Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am.**, v. 12, p. 107-117, 1975.
- MOSHER, R. **Tasting Beer: An Insider's Guide to the World's Greatest Drink**. 2^a ed. North Adams: Storey Publishing, 2017.
- MOURA-NUNES, N.; BRITO, T. C.; FONSECA, N. D.; AGUIAR, P. F.; MONTEIRO, M.; PERRONE, D.; TORRES, A. G. Phenolic compounds of Brazilian beers from different types and styles and application of chemometrics for modeling antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 199, p. 105-113, 2016.
- NARDINI, M.; GARAGUSO, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Food Chemistry**, v. 305, n. 125437, p. 1-9, 2020.
- NÓBREGA, I. C. C. Análise de compostos voláteis de aguardente de cana por concentração dinâmica de "headspace" e cromatografia gasosa-espectrometria de massas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 210-216, 2003.
- PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SOUZA, M. E. A. O.; PEREIRA, G. E.; OLIVEIRA, D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; LIMA, M. S. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food Chemistry**, v. 228, p. 106-115, 2017.
- PEREIRA, I. M. C.; MATOS NETO, J. D.; FIGUEIREDO, R. W.; CARVALHO, J. D. G.; FIGUEIREDO, E. A. T.; MENEZES, N. V. S.; GABAN, S. V. F. Physicochemical characterization, antioxidant activity, and sensory analysis of beers brewed with cashew peduncle (*Anacardium occidentale*) and orange peel (*Citrus sinensis*). **Food Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 749-755, 2020.
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231-1237, 1999.

RUFINO, M. D. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. D. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP)**. Comunicado Técnico Embrapa, n. 125, p. 1 - 4, 2006.

SILVA, R. N. P.; DIAS, J. F.; KOBLITZ, M. G. B. Cervejas: relação entre estilos; compostos fenólicos e capacidade antioxidante. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, pág. 1-17, 2021.

SILVA, J. R.; CORREIA-LIMA, L.; FERNANDES, G.; RIBEIRO FILHO, N.; MADRUGA, M. S.; LIMA, M. S.; MUNIZ, M. B. Mandacaru fruit pulp (*Cereus jamacaru* D.C.) as an adjunct and its influence on Beer properties. **Food Chemistry**, v. 406, n. 135066, p. 1-10, 2023.

TIRADO-KULIEVA, V. A.; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E.; MINCHÁN-VELAYARCE, H. H.; PASAPERA-CAMPOS, S. E.; LUQUE-VILCA, O. M. A comprehensive review of the benefits of drinking craft beer: Role of phenolic content in health and possible potential of the alcoholic fraction. **Current Research in Food Science**, v. 6, n. 100477, p. 1-15, 2023.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteu micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3-5, 2006.

YANG, H.; TUO, X.; WANG, L.; TUNDIS, R.; PORTILLO, M. P.; SIMAL-GANDARA, J.; YU, Y.; ZOU, L.; XIAO, J.; DENG, J. Bioactive procyanidins from dietary sources: The relationship between bioactivity and polymerization degree. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 114-127, 2021.

YANG, N.; WU, C.; YANG, H.; GUO, Z.; JIAN, H.; JIANG, T.; LEI, H. Bioactive compounds, antioxidant activities and flavor volatiles of lager beer produced by supplementing six jujube cultivars as adjuncts. **Food Bioscience**, v. 50, n. 102008, p. 1-9, 2022.

YANG, E.; DONG, J.; YIN, H.; ZHAO, Y.; CHEN, R.; WAN, X.; CHEN, P.; HOU, X.; LIU, J.; CHEN, L. Wort composition and its impact on the flavour-active higher alcohol and ester formation of beer – a review. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 120, n. 3, p. 157-163, 2014.

ZAPATA, P. J.; MARTÍNEZ-ESPLÁ, A.; GIRONÉS-VILAPLANA, A.; SANTOS-LAX, D.; NOGUERA-ARTIAGA, L.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A. Phenolic, volatile, and sensory profiles of beer enriched by macerating quince fruits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 103, p. 139-146, 2019.

ZHU, M. T.; HUANG, Y. S.; WANG, Y. L.; SHI, T.; ZHANG, L. L.; CHEN, Y.; XIE, M. Y. Comparison of (poly)phenolic compounds and antioxidant properties of pomace extracts from kiwi and grape juice. **Food Chemistry**, v. 271, p. 425-432, 2019.

5.2 ARTIGO 3

Utilização de polpa de caju como adjunto na produção de cerveja *Lager*: qualidade microbiológica e perfil sensorial

Use of cashew pulp as an adjunct in the production of lager beer: microbiological quality and sensory profile

RESUMO

O crescimento do setor cervejeiro abriu um leque de oportunidades para o desenvolvimento de novos produtos, com incremento das características sensoriais a fim de atingir novas sensações no modo de beber cerveja. Com isso, este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade microbiológica e o perfil sensorial de cerveja de caju, elaborada em diferentes formulações, no intuito de identificar as formulações mais bem aceitas sensorialmente, utilizando uma análise descritiva quantitativa. Os testes microbiológicos apresentaram conformidade com o limite estabelecido na legislação. As formulações 10AX, 30CZ e 20BY1, foram as cervejas melhores aceitas pelos julgadores. Quanto aos atributos sensoriais, foram classificadas como de sabor amargo e alcoólico, aroma de malte, lúpulo e floral, sensação refrescante e cor dourada.

Palavras chave: Características sensoriais, segurança alimentar, cerveja artesanal, *Anacardium occidentale*

ABSTRACT

The growth of the brewing sector has opened up a range of opportunities for the development of new products, with an increase in sensory characteristics in order to achieve new sensations in the way of drinking beer. Thus, this work aimed to analyze the microbiological quality and sensory profile of cashew beer, prepared in different formulations, in order to identify the most sensorially acceptable formulations, using a quantitative descriptive analysis. The microbiological tests presented satisfactory results, being in accordance with the limit established in the legislation. The 10AX, 30CZ and 20BY1 formulations were the best beers accepted by the judges. As for the sensory attributes, they were classified as bitter and alcoholic flavor, malt, hop and floral aroma, refreshing sensation and golden color.

Key words: sensory characteristics, food safety, craft beer, *Anacardium occidentale*

1 INTRODUÇÃO

A diversificação do mercado cervejeiro com o aumento da oferta das cervejas artesanais tem possibilitado o desenvolvimento de novas formulações da bebida com uso de adjuntos cereais ou até mesmo vegetais. Estes últimos incluem as frutas que, devido suas propriedades bioativas e antioxidantes, podem agregar valor ao produto final incorporando à bebida suas características bioquímicas, sensoriais e nutricionais (ZHAO et al., 2023; SIESTO et al., 2023).

Algumas pesquisas têm se dedicado a investigar a utilização destes adjuntos no processo cervejeiro, a título de exemplo, Silva et al. (2023) desenvolveram e avaliaram uma cerveja adicionada de mandacaru; Marin et al. (2021) exploraram uma cerveja adicionada de uva; Gasinski et al. (2020) exploraram uma cerveja adicionada de manga; Costa et al. (2019) desenvolveram uma cerveja com adição de abacaxi e Zapata et al. (2019) verificaram uma cerveja com adição de marmelo. Assim, a oferta de novas cervejas tem sido amplamente explorada com a utilização de diversos adjuntos vegetais oferecendo não só um produto diferente do tradicional, mas também produtos valiosos nutricionalmente, que incorporam aspectos sensoriais e também culturais dos materiais vegetais utilizados.

Para auxiliar os cervejeiros na criação de novas formulações e no desenvolvimento de cervejas de alta qualidade, a análise sensorial mostra-se como uma ferramenta importante (MACHADO et al., 2023). O perfil sensorial de uma cerveja presta-se à análise das características sensoriais, incluindo aroma, sabor, aparência, textura e sensação provocada na boca. Nesse sentido, a identidade sensorial da cerveja é revelada e a percepção de determinadas sensações sugerem a influência de compostos químicos, que se relacionam diretamente à qualidade da bebida. A percepção de gostos ácidos provenientes de fenóis ou de aroma de ranço proveniente do diacetil, por exemplo, pode atribuir impressões negativas. Por outro lado, aromas florais, provenientes de ésteres, podem estar relacionadas a impressões positivas (BRIGGS et al., 2004; MEILGAARD et al., 2007; OLANIRAN et al., 2017).

Além das características sensoriais, é relevante garantir a segurança microbiológica da bebida. Em se tratando desta, naturalmente a cerveja é uma bebida que apresenta diversas barreiras para impedir o desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Isso se deve à presença a presença de compostos químicos e bioativos em sua composição que atuam como inibidores de patógenos, como é o caso do etanol, do iso- α -ácido, do lúpulo e do dióxido de

carbono. Além disso, o baixo teor de O₂, e o pH mais ácido, como também os processos físicos aplicados nas etapas de produção (brassagem, fervura, pasteurização) e armazenamento (refrigeração), contribuem para a inibição do desenvolvimento de microrganismos patogênicos (LATORRE et al., 2023).

Considerando as propriedades bioquímicas e nutricionais já conhecidas do caju (CRUZ REINA et al., 2022), além de suas características sensoriais, de certo modo exóticas, e tendo em vista a possibilidade de ofertar uma bebida que incorpore tais características, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade microbiológica por meio do teste de coliformes a 35 °C, e determinar o perfil sensorial da cerveja de caju, utilizando uma análise descritiva quantitativa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Processamento das cervejas

A cevada maltada foi triturada em um moinho de cereais e adicionada à panela cervejeira, para mosturação em uma temperatura entre 60-65 °C, durante 60 min, sob agitação. Em seguida, a temperatura foi ajustada para a faixa entre 70-75 °C, durante 15 min, sem agitação. O mosto foi filtrado e o bagaço foi submetido a uma lavagem a fim de aumentar o aproveitamento do amido sacarificado disponível. Foi iniciado a fervura e adicionado o lúpulo. A fervura foi interrompida após 60 min, foram aplicados movimentos giratórios, tipo redemoinho (*whirlpool*) com auxílio de um utensílio bastão durante 2 min. Em seguida, o mosto foi resfriado até atingir a temperatura de 20 °C.

Após o resfriamento, ocorreu a adição da polpa de caju no mosto seguida da chaptalização, com adição de açúcar refinado. A levedura *Saccharomyces pastorianus*, foi ativada e adicionada ao recipiente fermentador. A fermentação ocorreu sob temperatura controlada (12, 14 e 16 °C), em estufa BOD, cujo término do processo se deu por meio da determinação da concentração de sacarose utilizando o sacarímetro. A cerveja foi preparada com xarope de açúcar refinado (*priming*), para produção de CO₂ e engarrafada em recipientes de vidro âmbar.

2.2 Formulação das cervejas

A Tabela 1 apresenta as formulações para o preparo das cervejas utilizando a polpa do pedúnculo do caju, com base no planejamento fatorial 2^3 e 3 pontos centrais, totalizando 11 experimentos, com diferentes concentrações da polpa, variando de 10, 20 e 30%.

Tabela 1 – Formulações das cervejas artesanais com adição de polpa de caju

Cerveja	Condições		
	PC (%)	CSST (°Brix)	TF (°C)
10AX	10	11	12
10CX	10	17	12
30AX	30	11	12
30CX	30	17	12
10AZ	10	11	16
10CZ	10	17	16
30AZ	30	11	16
30CZ	30	17	16
20BY1	20	14	14
20BY2	20	14	14
20BY3	20	14	14

*PC - Polpa de caju. CSST - Concentração de sólidos solúveis totais. TF - temperatura de fermentação; **Nas formulações: 10, 20 e 30 correspondem a concentração de polpa do pedúnculo do caju; A, B e C valores de sólidos solúveis totais de 11, 14 e 17 °Brix, respectivamente; X, Y e Z temperaturas de 12, 14 e 16 °C, respectivamente

2.3 Análises microbiológicas

Para avaliar a qualidade microbiológica, as cervejas de caju foram submetidas à análise de coliformes a 35 °C/50 mL, conforme metodologia descrita em Silva et al. (2017), a fim de verificar os parâmetros microbiológicos para cerveja presentes na IN n ° 65/2019 do MAPA (BRASIL, 2019).

2.4 Análise descritiva quantitativa (ADQ)

A avaliação sensorial das cervejas foi aprovada mediante parecer consubstanciado, CAEE: 60660522.3.0000.5182, emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Alcides Carneiro (HUAC) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial (LAS) do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) - Campus Afogados da Ingazeira (CAFI).

As cervejas foram submetidas à ADQ, conforme descrito em Palermo (2015), com adaptações. Foram selecionados 12 julgadores, servidores e estudantes do IFPE/CAFI, que já haviam tido contato com testes sensoriais anteriores, para análise de alimentos e bebidas, com idade entre 25 e 42 anos. Os julgadores foram submetidos a um treinamento preliminar no qual participaram de sessões de discussão dos principais atributos sensoriais da cerveja, envolvendo aspectos da visão, olfato e gosto. Na etapa qualitativa foram definidos os descritores da cerveja de caju, para aroma, sabor, cor, corpo e sensação.

Para a avaliação quantitativa as amostras foram apresentadas aleatoriamente em copos de vidro com 50 mL de cerveja e marcados com um código de três dígitos. As amostras de cerveja foram servidas a 5 °C sob luz branca. Os avaliadores usaram uma escala estruturada de 5 pontos para classificar a intensidade de cada atributo (0 = muito fraco, 5 = muito intenso) e as pontuações médias foram obtidas para gerar o perfil sensorial da cerveja de caju. A análise foi realizada em duplicata, num total de quatro sessões.

Por fim, uma terceira etapa foi realizada para que os julgadores ranqueassem as três formulações que melhor lhes agradaram em termos de sabor.

2.5 Análise estatística dos dados

Foi aplicada uma ferramenta estatística para análise dos resultados. As médias e desvio padrão foram obtidas utilizando análise de variância (ANOVA) e avaliou-se a diferença entre as amostras pelo teste de Tukey ao nível de 5%, no *software Statistic*, versão 7 (*Statsoft*). Após a obtenção das médias, foi utilizada uma análise multivariada, através da Análise de Componentes Principais (PCA), por meio do *software Statistic*, versão 7 (*Statsoft*). A partir dos resultados foram construídos os gráficos de dispersão entre as duas componentes principais (PC) e o escores de cada componente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Qualidade microbiológica da cerveja de caju

A Tabela 2 apresenta o resultado para a avaliação microbiológica da cerveja de caju, nas diferentes formulações estudadas, para coliformes, conforme determina a legislação (BRASIL, 2019).

Tabela 2 - Coliformes a 35 °C para a cerveja de caju

Cerveja	Coliformes a 35 °C (NMP/mL)
10AX	Ausente
10CX	Ausente
30AX	Ausente
30CX	Ausente
10AZ	Ausente
10CZ	Ausente
30AZ	Ausente
30CZ	Ausente
20BY1	Ausente
20BY2	Ausente
20BY3	Ausente

Os coliformes foram ausentes em todas as formulações analisadas. A ausência destes microrganismos evidencia as boas práticas de fabricação de um produto, indicando que a produção seguiu os padrões necessários para garantir um produto final livre de contaminantes patogênicos.

A norma IN n° 65/2019 do MAPA (BRASIL, 2019) estabelece que as cervejas devem ser ausentes de coliformes a 35 °C. Assim, os resultados observados para as onze formulações da cerveja de caju apresentam-se em conformidade com os estabelecidos pela legislação, indicando que a cerveja elaborada com a polpa de caju como adjunto cervejeiro tem padrões microbiológicos adequados e sua ingestão é segura ao consumidor.

3.2 Perfil sensorial

3.2.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A Tabela 3 apresenta os descritores selecionados para avaliar a cerveja de caju em suas diferentes formulações, durante a fase qualitativa da ADQ. Os doze julgadores avaliaram as cervejas mediante uma lista de descritores elaborados com base na classificação para cervejas *Lager*, do *Beer Judge Certification Program* (BJCP, 2021), que representavam características sensoriais, entre outras, de bebidas desta natureza.

Assim, os avaliadores discutiram e selecionaram os descritores para representar as características sensoriais da cerveja de caju.

Tabela 3 - Descritores eleitos pelos provadores na ADQ

Atributo				
Aroma	Sabor	Cor	Corpo	Sensação
Refere-se ao aroma volátil (odor), percebido na cavidade nasal, quando a cerveja é colocada próxima a boca e nariz	Refere-se à união do aroma, sensação e gosto, que são percebidos simultaneamente durante a ingestão da cerveja	Refere-se à tonalidade, luminosidade, uniformidade e/ou pureza percebida na aparência da cerveja	Refere-se à viscosidade sentida na ingestão da cerveja	Refere-se ao sabor residual notado na boca ao final da ingestão da cerveja
Descritores				
malte	álcool forte	dourada	leve	refrescante
cítrico	álcool fraco	amarela	alto	adstringente
lúpulo	casca de laranja	cobre		
floral	fruto maduro	âmbar		
vinagre	amargo			
ranço	doce			
manga	azedo			
hortelã	salgado			

Após a definição dos descritores sensoriais, na fase quantitativa da ADQ, os principais descritores foram submetidos ao teste de intensidade para verificação da predominância de cada descritor nas formulações de cerveja de caju.

A Tabela 4 (Apêndice) apresenta as médias e o desvio padrão para a intensidade dos descritores sensoriais da cerveja de caju.

A Figura 1 ilustra graficamente o perfil sensorial da cerveja de caju em suas diferentes formulações. Os descritores avaliados apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre as formulações da cerveja de caju.

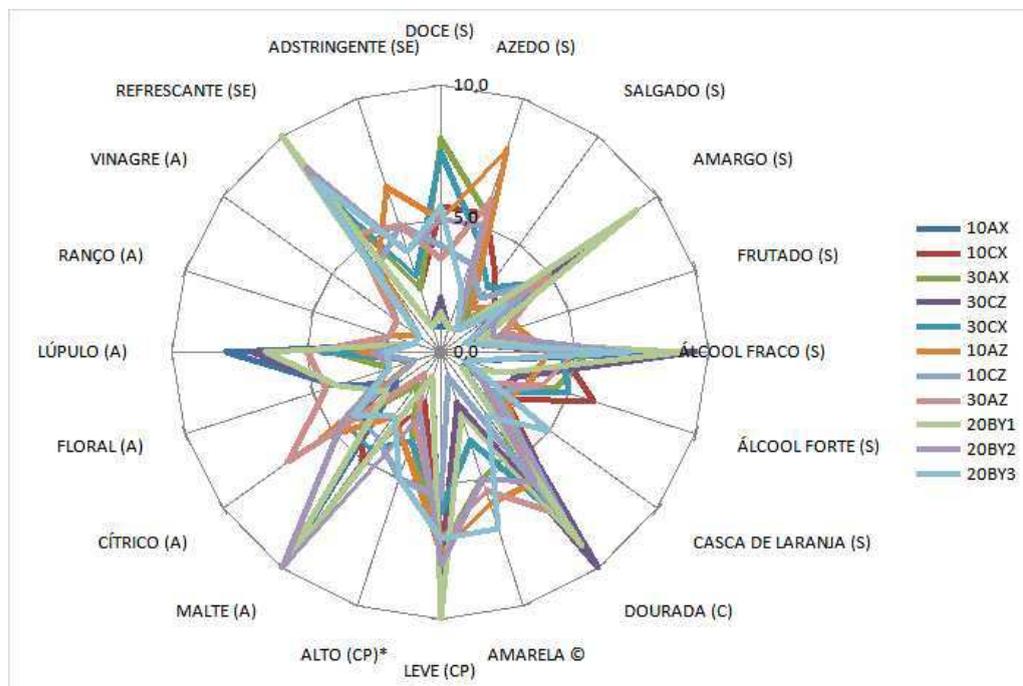


Figura 1 - Gráfico radar do perfil sensorial da cerveja de caju

S - Descritor de sabor; C - Descritor de cor; A - Descritor de aroma; CP - Descritor de corpo; SE - Descritor de sensação

Analisando a Figura 1, percebe-se que, para os descritores de aroma, a maior intensidade foi notada para o malte nas cervejas com 20% de polpa de caju, seguido de lúpulo nas formulações com 10% de polpa de caju e por um aroma cítrico na formulação com 30% de polpa de caju. Em contrapartida, o aroma floral teve baixa intensidade em quase todas as cervejas, exceto na formulação 30AZ, com 30% de polpa de caju.

Quanto aos descritores de sabor, observa-se a maior intensidade para o descritor álcool fraco, principalmente para as formulações com 20% de polpa de caju. Seguido do sabor amargo para essas mesmas cervejas. Também é perceptível uma intensidade considerável para os sabores doce e azedo, destacando-se as cervejas 30AX, 30CX e 10AZ.

Quanto à coloração das cervejas, a intensidade foi maior para a tonalidade dourada, para as cervejas 30CZ e 20BY1. A cor amarela foi mais intensa nas cervejas 20BY3 e 10AZ. Já em relação ao corpo, a maioria das cervejas apresentaram intensidade alta para o corpo leve. Quanto à sensação, as cervejas formuladas com 20% obtiveram maior intensidade para o descritor “refrescante”.

Considerando que os descritores que obtiveram as maiores intensidades, reúnem qualidades desejáveis para cervejas *Lager*, de forma geral, as cervejas formuladas com 20% de polpa de caju, reuniram a maior quantidade destes descritores, como por exemplo, sabor amargo, sensação refrescante, aroma de malte e corpo leve. A cor dourada também é uma característica desejável e foi percebida mais frequentemente nas formulações com 30% de polpa de caju.

A qualidade sensorial de uma cerveja é determinada por sua complexidade de aroma, sabor, palatabilidade, saturação, amargor, clareza, cor e espuma. Entre estas, a palatabilidade é essencial e é devida à quantidade de características positivas e negativas perceptíveis no sabor e aroma (DZIEDZIŃSKI et al., 2023). Entretanto, quando se trata de cerveja adicionada de frutas, os parâmetros de avaliação e os níveis de aceitação sensorial ainda não estão bem definidos. Uma série de fatores contribuem para que os perfis sensoriais de cervejas adicionadas de frutas sejam peculiares e difíceis de reproduzir, entre os quais podemos citar: a natureza de cada fruta, a subjetividade do provador na análise sensorial, as características regionais e culturais do sabor da fruta, a falta de um sistema padrão de avaliação sensorial da cerveja, critérios de pontuação e condições de descrição (ZHAO et al., 2023). Contudo, destacam-se algumas pesquisas que têm explorado a utilização de frutas como adjuntos cervejeiros e as suas experiências sensoriais.

Gasinski et al. (2020) produziram uma cerveja de manga, com adição de 20%, resultando em coloração escura e sabor frutado. Cho et al. (2018) produziram uma cerveja de caqui, com adição entre 5 e 20%, que resultou numa coloração clara e sabor indistinto. Zapata et al. (2019) produziram uma cerveja de marmelo, com adição entre 5 e 15%, resultando numa cerveja escura com sabor floral, caramelo e frutado.

Para melhor identificar a relação das formulações da cerveja de caju com os descritores sensoriais, foi aplicada a análise dos componentes principais (PCA) aos julgamentos de intensidade obtidos na ADQ. Conforme apresenta a Figura 2 a) e b), o principal componente 1 corresponde a 56,93% de variação entre as amostras, já o principal componente 2, corresponde a uma variação de 13,79%, resultando em 70,72% de variabilidade total. A Figura 2a ilustra a representação gráfica dos descritores sensoriais, enquanto que a Figura 2b representa a plotagem das formulações no plano. A sobreposição, conhecida como biplot, representa a relação das formulações com os descritores sensoriais (variáveis) estudados.

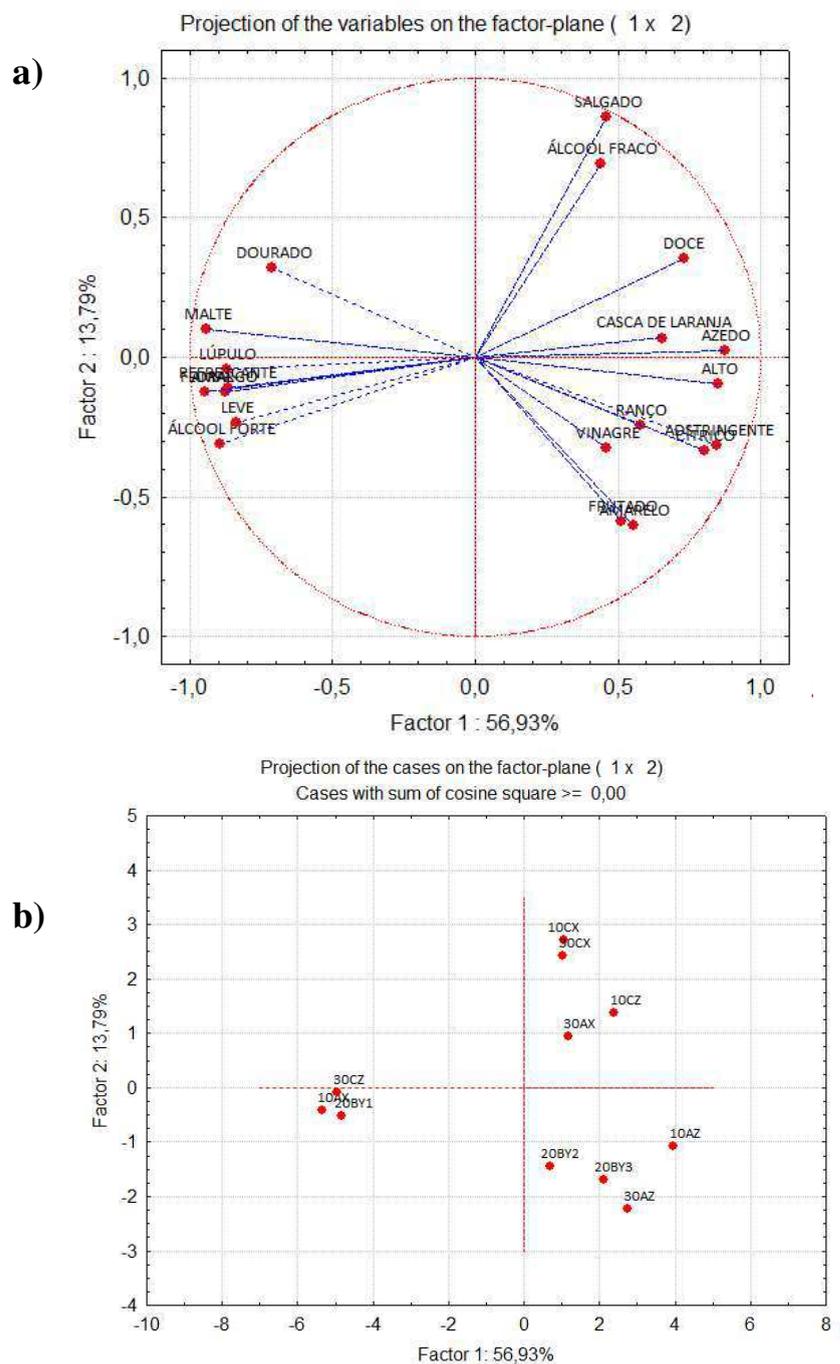


Figura 2 - Análise dos componentes principais (PCA) para os atributos sensoriais da cerveja de caju. a) variáveis (descritores); b) formulações

Observa-se, na Figura 2a, nos quadrantes inferior e superior esquerdo, alguns dos atributos relacionados ao aroma com impressão positiva (lúpulo, malte, floral) agrupados também com o atributo de sensação (refrescante), corpo (leve) e coloração (dourada). Enquanto que nos quadrantes superior e inferior direito, tem-se um agrupamento de descritores negativos à percepção sensorial, como sabor azedo, salgado, ácido e adstringente, entre outros.

A Figura 2b ilustra o agrupamento de amostras com características sensoriais semelhantes. Quando se sobrepõe a Figura 1a e 1b), nota-se que as formulações 30CZ, 10AX e 20BY1 agrupam a melhor combinação de atributos de aroma, cor, sabor e sensação desejados para uma cerveja *Lager*, visto que estão localizadas próximas ao centro inferior e superior do quadrante esquerdo, apresentando relação com aroma de lúpulo, malte, floral, sensação refrescante, corpo leve, sabor amargo e presença marcante do álcool.

Já as cervejas 10CZ, 10 CX, 30AX e 30CX, estão localizadas no quadrante superior direito e apresentam maior relação com sabores salgado, doce, azedo, álcool fraco e casca de laranja. Enquanto que as cervejas 20BY2, 20BY3, 30AZ e 10AZ estão localizadas no quadrante inferior direito, apresentando maior relação com corpo alto, aroma de ranço, vinagre, cítrico e frutado, cor amarela e sensação adstringente.

A Figura 3 apresenta a ilustração do ranqueamento que foi realizado com os participantes da ADQ, após a avaliação dos atributos sensoriais, os provadores ranquearam três amostras preferidas.

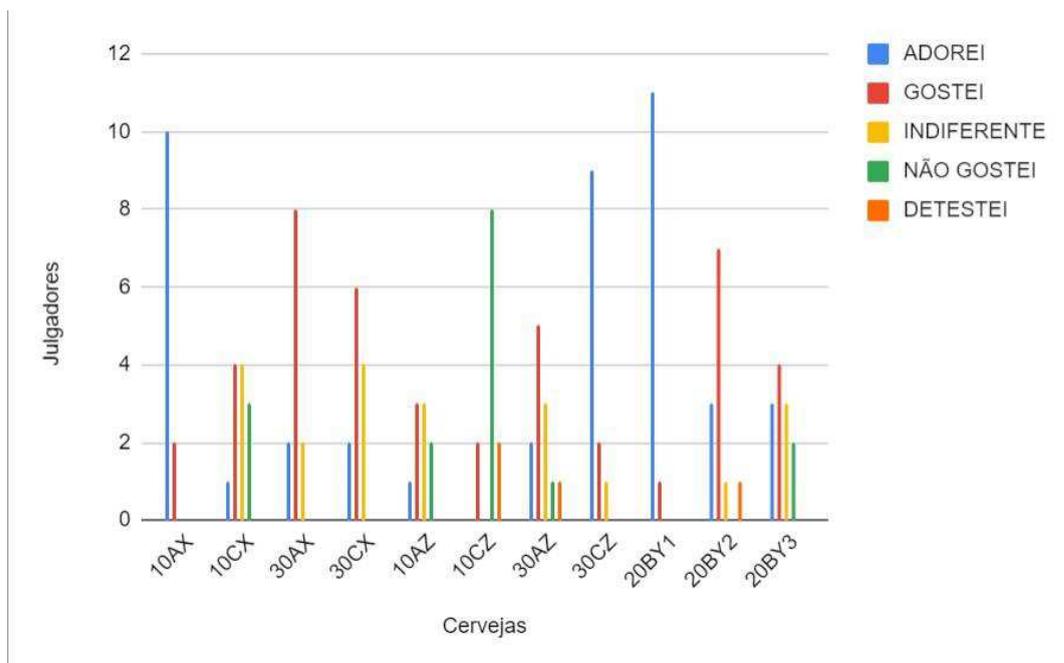


Figura 3 - Cervejas preferidas pelos avaliadores da cerveja de caju

Observa-se que as amostras 10AX, 30CZ e 20BY1, foram as melhores avaliadas pelos julgadores, coincidentemente, estas cervejas são as mesmas que agrupam os melhores atributos sensoriais percebidos no perfil sensorial da cerveja de caju e confirmado na análise de componentes principais.

Ainda sobre as três cervejas que foram consideradas as melhores, é importante relatar que seus atributos sensoriais estão de acordo as diretrizes estabelecidas pela legislação sobre os parâmetros sensoriais de cerveja, os quais, devem apresentar aromas e sabores característicos - conforme matéria prima e processos utilizados - aspecto visual límpido ou turvo, com ou sem presença de sedimentos próprios e ausente de aromas estranhos (BRASIL, 2019).

Além de que, para cerveja *Lager*, do tipo *Pilsner*, espera-se que os atributos sensoriais incluam: sensação refrescante, alto amargor, caráter lupulado, maltado, menor teor de doçura e aroma frutado (GUAN et al., 2023; VRZAL et al., 2021). Assim sendo, as formulações selecionadas como as melhores, sensorialmente, apresentam características sensoriais adequadas ao tipo de cerveja que este estudo se propôs a elaborar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade microbiológica da cerveja elaborada a partir do pseudofruto do caju apresenta-se de acordo com a legislação sobre cerveja, com resultado ausente para o teste de coliformes, indicando que as boas práticas de fabricação foram seguidas, garantindo um produto que é microbiologicamente seguro para ser consumido.

As cervejas de caju apresentaram, em geral, atributos sensoriais, com toques florais, de malte, lúpulo e cítricos. Verificou-se que as cervejas com maior intensidade de aromas florais, de lúpulo e de malte, com sabor amargo e sensação refrescante, foram as preferidas pelos provadores.

Quanto à adição de polpa de caju, as formulações melhores aceitas variaram quanto ao percentual, sendo que a cerveja 20BY1, formulada com 20% de polpa, obteve melhor aceitação, seguida da cerveja 10AX, formulada com 10% de polpa de caju. Isso indica que as formulações com menor percentual de polpa foram preferidas pelos julgadores.

APÊNDICES

Tabela 4 - Médias e desvio padrão para os descritores sensoriais da cerveja de caju

Cerveja	Doce	Azedo	Salgado	Amargo	Frutado
10AX	1,00 ± 0,00e	1,00 ± 0,00e	1,00 ± 0,00d	8,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00b
10CX	5,50 ± 0,71b	5,50 ± 0,71b	3,50 ± 0,71a	2,50 ± 0,71c	1,00 ± 0,00b
30AX	8,00 ± 0,00a	5,50 ± 0,71b	1,50 ± 0,71cd	3,50 ± 0,71bc	1,50 ± 0,71ab
30AZ	3,50 ± 0,71cd	6,00 ± 0,00b	1,00 ± 0,00d	5,00 ± 0,00b	2,50 ± 0,71ab
30CX	7,50 ± 0,00a	4,50 ± 0,71bc	3,00 ± 0,00ab	4,50 ± 0,71bc	1,50 ± 0,71ab
10AZ	5,00 ± 0,00bc	8,00 ± 0,00a	2,00 ± 0,00bcd	3,00 ± 0,00bc	3,00 ± 0,00a
10CZ	4,00 ± 0,00bc	3,50 ± 0,71cd	2,50 ± 0,71abc	4,50 ± 0,71bc	1,00 ± 0,00b
30CZ	2,00 ± 0,00de	1,00 ± 0,00e	1,00 ± 0,00d	8,50 ± 0,71a	1,00 ± 0,00b
20BY1	1,50 ± 0,71e	1,00 ± 0,00e	1,00 ± 0,00d	9,00 ± 0,00a	1,50 ± 0,71ab
20BY2	5,00 ± 0,00bc	5,00 ± 0,00bc	1,00 ± 0,00d	2,50 ± 0,71c	2,00 ± 0,00ab
20BY3	5,50 ± 0,71b	2,50 ± 0,71de	1,00 ± 0,00d	3,00 ± 0,00bc	1,00 ± 0,00b
Cerveja	Casca de lrvj.	Dourada	Amarela	Leve	Cremosa
10AX	1,00 ± 0,00c	10,00 ± 0,00a	2,00 ± 0,00de	10,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00e
10CX	3,00 ± 0,00b	8,00 ± 0,00bc	2,00 ± 0,00de	8,00 ± 0,00bc	2,00 ± 0,00de
30AX	2,00 ± 0,00bc	4,50 ± 0,71e	5,00 ± 0,00b	7,50 ± 0,71cd	3,50 ± 0,71bc
30AZ	2,00 ± 0,00bc	7,50 ± 0,71c	5,50 ± 0,71b	7,00 ± 0,00cde	3,00 ± 0,00bcd
30CX	2,50 ± 0,71b	8,00 ± 0,00bc	3,50 ± 0,71c	6,00 ± 0,00de	3,50 ± 0,71bc
10AZ	3,00 ± 0,00b	6,00 ± 0,00d	6,00 ± 0,00ab	7,50 ± 0,71cd	4,00 ± 0,00ab
10CZ	2,50 ± 0,71b	8,00 ± 0,00bc	1,00 ± 0,00e	5,50 ± 0,71e	5,00 ± 0,00a
30CZ	2,50 ± 0,71b	10,00 ± 0,00a	2,00 ± 0,00de	9,50 ± 0,71ab	1,00 ± 0,00e
20BY1	1,00 ± 0,00c	9,00 ± 0,00ab	2,50 ± 0,71cd	10,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00e
20BY2	2,00 ± 0,00bc	6,00 ± 0,00d	5,00 ± 0,00b	8,00 ± 0,00bc	2,50 ± 0,71cd
20BY3	5,00 ± 0,00a	3,00 ± 0,00f	7,00 ± 0,00a	7,00 ± 0,00cde	5,00 ± 0,00a
Cerveja	Floral	Lúpulo	Ranço	Vinagre	Refrescante
10AX	4,00 ± 0,00a	8,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	10,00 ± 0,00a
10CX	1,00 ± 0,00c	2,50 ± 0,71ef	1,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	7,50 ± 0,71b

30AX	2,00 ± 0,00b	4,00 ± 0,00cde	1,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	8,00 ± 0,00b
30AZ	4,50 ± 0,71 ^a	5,00 ± 0,00bc	2,00 ± 0,00a	2,00 ± 0,00a	5,50 ± 0,71c
30CX	1,00 ± 0,00c	4,50 ± 0,71cd	1,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	7,50 ± 0,71b
10AZ	1,00 ± 0,00c	3,00 ± 0,00def	2,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	4,00 ± 0,00c
10CZ	1,00 ± 0,00c	2,50 ± 0,71ef	2,00 ± 0,00a	2,00 ± 0,00a	4,00 ± 0,00c
30CZ	4,00 ± 0,00a	7,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	10,00 ± 0,00a
20BY1	4,00 ± 0,00a	6,50 ± 0,71ab	1,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	10,00 ± 0,00a
20BY2	2,00 ± 0,00b	2,50 ± 0,71ef	1,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	8,50 ± 0,71ab
20BY3	2,00 ± 0,00b	2,00 ± 0,00f	1,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	8,00 ± 0,00b
Cerveja	Álcool Forte	Álcool Fraco	Malte	Cítrico	Adstringente
10AX	9,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00f	10,00 ± 0,00a	2,00 ± 0,00d	1,00 ± 0,00e
10CX	4,50 ± 0,71c	6,00 ± 0,00a	5,00 ± 0,00b	3,50 ± 0,71bcd	2,50 ± 0,71d
30AX	5,50 ± 0,71bc	4,50 ± 0,71bc	1,50 ± 0,71d	5,00 ± 0,00ab	2,50 ± 0,71d
30AZ	5,00 ± 0,00c	4,00 ± 0,00bcd	1,00 ± 0,00d	7,00 ± 0,00a	5,00 ± 0,00b
30CX	4,50 ± 0,71c	5,00 ± 0,00ab	4,50 ± 0,71b	4,50 ± 0,71bc	3,00 ± 0,00cd
10AZ	4,00 ± 0,00c	3,50 ± 0,71cde	3,00 ± 0,00c	5,50 ± 0,71ab	6,50 ± 0,71 ^a
10CZ	5,00 ± 0,00c	4,00 ± 0,00bcd	4,00 ± 0,00bc	4,00 ± 0,00bcd	5,00 ± 0,00b
30CZ	9,50 ± 0,71 ^a	3,00 ± 0,00de	10,00 ± 0,00a	2,50 ± 0,71cd	1,00 ± 0,00e
20BY1	9,00 ± 0,00a	2,50 ± 0,71 e	10,00 ± 0,00a	2,50 ± 0,71cd	1,00 ± 0,00e
20BY2	7,00 ± 0,00b	1,00 ± 0,00f	10,00 ± 0,00a	4,50 ± 0,71bc	4,00 ± 0,00bc
20BY3	7,00 ± 0,00b	1,00 ± 0,00f	3,00 ± 0,00c	4,00 ± 0,00bcd	4,00 ± 0,00bc

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 65, de 10 de dezembro de 2019. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria. **Diário Oficial da União**, Brasília, e.239, seção 1, p. 31, publicado em 11 de dezembro de 2019.

BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R. **Brewing: science and practice**. Woodhead Publishing, Cambridge UK/CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2004. 881 pp ISBN 0-8493-2547-1.

CHO, J. H.; KIM, I. D.; DHUNGANA, S. K.; DO, H. M.; SHIN, D. H. Persimmon fruit enhanced quality characteristics and antioxidant potential of beer. **Food Science and Biotechnology**, v. 27, p. 1067 - 1073, 2018.

COSTA, P. M. C.; ALMEIDA, I. L. M. L.; BIANCHINI, A.; BIANCHINI, M. G. A.; SILVA, R. E. V.; ROSSIGNOLI, P. A. Blond Ale craft beer production with addition of pineapple pulp. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 38, n. 2, p. 1-5, 2019.

CRUZ REINA, L. J.; DURÁN-ARANGUREN, D. D.; FORERO-ROJAS, L. F.; TARAPUEZ-VIVEROS, L. F.; DURÁN-SEQUEDA, D.; CARAZZONE, C.; SIERRA, R. Chemical composition and bioactive compounds of cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice and bagasse from Colombian varieties. **Heliyon**, v. 8, n. 09528, p. 1-15, 2022.

DZIEDZIŃSKI, M.; STACHOWIAK, B.; KOBUS-CISOWSKA, J.; KOZŁOWSKI, R.; STUPER-SZABLEWSKA, K.; SZAMBELAN, K.; GÓRNA, B. Supplementation of beer with *Pinus sylvestris* L. shoots extracts and its effect on fermentation, phenolic content, antioxidant activity and sensory profiles. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 63, p. 10-17, 2023.

GASIŃSKI, A.; KAWA-RYGIELSKA, J.; SZUMNY, A.; CZUBASZEK, A.; GASIOR, J.; PIETRZAK, W. Volatile compounds content, physicochemical parameters, and antioxidant activity of beers with addition of mango fruit (*Mangifera indica*). **Molecules**, v. 25, n. 13, p. 1-14, 2020.

GUAN, Y.; XU, X.; LIU, C.; WANG, J.; NIU, C.; ZHENG, F.; LI, Q. Evaluating the physiology and fermentation performance of the lager yeast during very high gravity brewing with increased temperature. **LWT - Food Science and Technology**, v. 173, n. 114312, p. 1-10, 2023.

LATORRE, M.; BRUZONE, M. C.; GARCIA, V.; LIBKIND, D. Contaminantes microbianos en cervezas artesanales embotelladas de la Patagonia andina argentina. **Revista Argentina de Microbiología**, v. 55, n. 1, p. 88-99, 2023.

MACHADO, J. C.; MARTINS, Z. E.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Dynamic sensory analysis by Temporal Dominance of Sensations paired with dynamic liking and wanting methodologies to understand the consumers' preference between two beer styles enriched with elderberries. **LWT - Food Science and Technology**, v. 173, n. 114266, p. 1-8, 2023.

MARIN, A. C.; BARIS, F.; ROMANINI, E.; LAMBRI, M.; MONTEVECCHI, G.; CHINNICI, F. Physico-chemical and sensory characterization of a fruit beer obtained with the addition of Cv. Lambrusco grapes must. **Beverages**, v. 7, n. 2, p. 1-18, 2021.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4 e. New York: CRC Press, 2007.

OLANIRAN, A. O.; HIRALAL, L.; MOKOENA, M. P.; PILLAY, B. Compostos voláteis aromatizantes em cerveja: produção, regulação e controle. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 123, n. 1, p. 13-23, 2017.

PALERMO, J. R. **Análise sensorial: fundamentos e métodos**. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 2015.

SIESTO, G.; PIETRAFESA, R.; TUFARIELLO, M.; GERARDI, C.; GRIECO, F.; CAPECE, A. Application of microbial cross-over for the production of Italian grape ale (IGA), a fruit beer obtained by grape must addition. **Food Bioscience**, v. 52, n. 102487, 2023.

SILVA, J. R. da; CORREIA-LIMA, L.; FERNANDES, G.; RIBEIRO-FILHO, N.; MADRUGA, M. S.; LIMA, M. S.; MUNIZ, M. B. Mandacaru fruit pulp (*Cereus jamacaru* D.C.) as an adjunct and its influence on Beer properties. **Food Chemistry**, v. 406, n. 135066, p. 1-10, 2023.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. A.; OKASAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5 e. São Paulo: Blucher, 2017.

STRONG, G.; ENGLAND, K. **Beer Judge Certification Program 2021 Style Guidelines**. BJCP, 2021. Disponível em: <https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/> Acesso em 25 de abril de 2023.

VRZAL, T.; DRÁBKOVÁ, K.; ŠTĚRBA, K.; OLŠOVSKÁ, J. Pilot sensomic study revealing the potential of amino acids to highly influence sensory properties of a lager beer. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 102, n. 104028, 2021.

ZAPATA, P. J.; MARTÍNEZ-ESPLÁ, A.; GIRONÉS-VILAPLANA, A.; SANTOS-LAX, D.; NOGUERA-ARTIAGA, L.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A. Phenolic, volatile, and sensory profiles of beer enriched by macerating quince fruits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 103, p. 139-146, 2019.

ZHAO, X.; YIN, Y.; FANG, W.; YANG, Z. What happens when fruit married with beer? **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 32, n. 100716, p. 1-9, 2023.

5.4 ARTIGO 4

Utilização de polpa de caju como adjunto na produção de cerveja *Lager*: avaliação de parâmetros químicos e sensoriais durante durante o armazenamento

Use of cashew pulp as an adjunct in the production of lager beer: evaluation of chemical and sensory parameters during storage

RESUMO

A utilização de novos insumos e novas tecnologias para a produção de cervejas artesanais tem despertado o interesse das microcervejarias e também agradado o paladar dos consumidores de cerveja que investem em experiências sensoriais inovadoras. Nesse sentido, a produção da cerveja de caju, do tipo *Lager*, se propõe a ofertar uma bebida, considerando as propriedades químicas, nutricionais e bioativas do caju, que ofereça ao provador uma nova experiência, com sensações, aromas e sabores característicos que revelam novas percepções no modo de beber cerveja. Com isso, este estudo teve como objetivo, avaliar o comportamento dos ácidos, carboidratos, voláteis, fenólicos, antioxidantes e o perfil sensorial da cerveja de caju, durante o armazenamento (temperatura ambiente ± 26 °C, sem incidência de luz), por um período de 90 dias. Os parâmetros foram analisados nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias, resultando num total de 4 tempos, em cervejas adicionadas de polpa de caju entre 10 e 30%. Maiores concentrações de fenólicos e atividade antioxidante foram percebidas para a formulação contendo 30% de polpa de caju. Os fenólicos totais mantiveram-se constantes durante o armazenamento. Ácidos e carboidratos mostraram comportamento variável, assim como os compostos voláteis. A cerveja de caju teve boa aceitação sensorial e a formulação com 20% de polpa foi a mais indicada no teste de intenção de compra. Após 90 dias, descritores com menor intensidade foram percebidos quanto ao sabor e aroma da cerveja de caju.

Palavras chave: Armazenamento, cerveja *Pilsen*, marcadores voláteis, teste de aceitação, malte.

ABSTRACT

The use of new inputs and new technologies for the production of craft beers has aroused the interest of microbreweries and also pleased the palate of beer consumers who invest in

innovative sensory experiences. In this sense, the production of cashew beer, Lager type, proposes to offer a drink, considering the chemical, nutritional and bioactive properties of cashew, which offers the taster a new experience, with characteristic sensations, aromas and flavors that reveal new perceptions. In the way of drinking beer. Thus, this study aimed to evaluate the behavior of acids, carbohydrates, volatiles, phenolics, antioxidants and the sensory profile of cashew beer, during storage (room temperature ± 26 °C, no light incidence), for a period of 90 days. The parameters were analyzed at time zero and every 30 days, resulting in a total of 4 times, in beers with cashew pulp between 10 and 30%. Higher concentrations of phenolics and antioxidant activity were observed for the formulation containing 30% cashew apple pulp. Total phenolics remained constant during storage. Acids and carbohydrates showed variable behavior, as well as volatile compounds. Cashew beer had good sensory acceptance and the formulation with 20% pulp was the most indicated in the purchase intention test. After 90 days, less intense judgments were perceived regarding the flavor and aroma of cashew beer.

Key words: Storage, *Pilsen* beer, volatile markers, acceptance test, malt.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda do setor cervejeiro artesanal, pelo desenvolvimento de novos sabores e tipos de cervejas, tem despertado a necessidade de se investigar as características químicas, nutricionais, biológicas, sensoriais, mas também o comportamento e estabilidade da cerveja, depois de concluído o processo de fabricação. Isto porque é durante o armazenamento que podem ocorrer diversas reações químicas que podem ter efeito degradante ou efeito formativo nos compostos bioativos, antioxidantes e voláteis da cerveja, que são os marcadores químicos do envelhecimento e sua presença e concentrações apontam ao pesquisador dados importantes sobre os materiais utilizados no processamento da cerveja, como também a qualidade sensorial do produto final (VALENTONI et al., 2022; ŠTULÍKOVÁ et al., 2020).

É desejável que a cerveja elaborada preserve suas características de sabor, aroma e cor pelo maior tempo possível, podendo variar entre três a doze meses, dependendo dos materiais que foram utilizados durante o processo de fabricação. Para alcançar esse objetivo, a garrafa de vidro âmbar é a embalagem mais utilizada e eficiente para armazenar a cerveja, por ser produzida com material inerte, que não interage quimicamente com a bebida, evita a penetração de luz e a entrada de oxigênio, quando bem lacrada (GAGULA et al., 2020).

Por meio do monitoramento do armazenamento da cerveja é possível compreender o comportamento dos parâmetros químicos, bioquímicos e físico-químicos que fornecem informações sobre a qualidade e indicam se a bebida ainda está adequada ao consumo. Um dos principais aspectos considerados para avaliar a qualidade de uma cerveja é o sabor, o qual é influenciado diretamente pela concentração dos compostos voláteis, durante o armazenamento, em determinados períodos de tempo (ATTCHELOUWA et al., 2020). Em cervejas artesanais, é válido analisar a sua vida útil, uma vez que novos adjuntos são incrementados às formulações e isso pode alterar o tempo normal de armazenamento, visto que é comum a ocorrência de diversas reações químicas.

Essas reações envolvem principalmente a formação de aldeídos, ésteres e álcoois superiores, como também a degradação ou formação de ácidos orgânicos e outras substâncias (FERREIRA et al., 2022). Os aldeídos podem ser provenientes de reações de Maillard, Strecker, oxidação de lipídeos e álcoois superiores. Estes últimos podem reagir com ácidos orgânicos formando novos tipos de ésteres, que podem acarretar na degradação do sabor e do aroma da cerveja. Além disso, enzimas esterases podem degradar os ésteres que têm características sensoriais desejáveis para a bebida (VALENTONI et al., 2022).

A possibilidade da cerveja artesanal de desenvolver novos sabores, principalmente devido ao uso de adjuntos vegetais, como as frutas, tem propiciado a elaboração de cervejas, não só diferentes quanto às características sensoriais, mas também uma bebida enriquecida na composição química e bioquímica, com elevado potencial antioxidante (ZHAO et al., 2023). Nesse contexto, ao utilizar o caju como um adjunto cervejeiro, é possível pode ofertar uma cerveja que carregue as características sensoriais, químicas e bioquímicas da fruta. Assim, o estudo da viabilidade por um determinado tempo pode produzir dados importantes para a fabricação e consumo deste tipo específico de cerveja.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo, avaliar o conteúdo de ácidos orgânicos, carboidratos, compostos voláteis, compostos fenólicos, atividade antioxidante e os perfis de aroma e sabor de cervejas formuladas com diferentes concentrações de polpa de caju e fermentadas em diferentes temperaturas como também ajustadas com diferentes níveis de sólidos solúveis totais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Processamento das cervejas

A cevada maltada foi triturada em um moinho de cereais e adicionada à panela cervejeira, para mosturação em uma temperatura entre 60-65 °C, durante 60 min, sob agitação. Em seguida, a temperatura foi ajustada para a faixa entre 70-75 °C, durante 15 min, sem agitação. O mosto foi filtrado e o bagaço foi submetido a uma lavagem a fim de aumentar o aproveitamento do amido sacarificado disponível. Foi iniciado a fervura e adicionado o lúpulo. A fervura foi interrompida após 60 min foram aplicados movimentos giratórios, tipo redemoinho (*whirlpool*) com auxílio de um utensílio bastão durante 2 min. Em seguida, o mosto foi resfriado até atingir a temperatura de 20 °C.

Após o resfriamento, ocorreu a adição da polpa de caju no mosto, seguida da chaptalização, com adição de açúcar refinado. A levedura *Saccharomyces pastorianus*, foi ativada e adicionada ao recipiente fermentador. A fermentação ocorreu sob temperatura controlada (12, 14 e 16 °C), em estufa BOD, cujo término do processo se deu por meio da determinação da concentração de sacarose utilizando o sacarímetro. A cerveja foi preparada com xarope de açúcar (*priming*), para produção de CO₂ e engarrafada em recipientes de vidro âmbar.

2.2 Formulação das cervejas

A Tabela 1 apresenta as formulações para o preparo das cervejas utilizando a polpa do pedúnculo do caju, com diferentes concentrações da polpa, variando em 10, 20 e 30%.

Tabela 1 – Formulações das cervejas artesanais com adição de polpa de caju

Cerveja	Condições		
	PC (%)	CSST (°Brix)	TF (°C)
10AX	10	11	12
30CZ	30	17	16
20BY1	20	14	14

*PC - Polpa de caju. CSST - Concentração de sólidos solúveis totais. TF - Temperatura de fermentação;

**Nas formulações: 10, 20 e 30 correspondem a concentração de polpa do pedúnculo do caju; A, B e C valores de sólidos solúveis totais de 11, 14 e 17 °Brix, respectivamente; X, Y e Z temperaturas de 12, 14 e 16 °C, respectivamente.

2.3 Armazenamento

As cervejas, acondicionadas em garrafas de vidro âmbar, foram submetidas ao armazenamento, engradadas, em local seco e arejado, com ausência de luz, em temperatura ambiente (± 26 °C), durante 0, 30, 60 e 90 dias.

Em cada tempo foram coletadas amostras para análise da capacidade antioxidante, açúcares, ácidos orgânicos, fenólicos totais e compostos voláteis. Ao início do armazenamento, as amostras foram submetidas à análise sensorial, por meio de um teste de aceitação e intenção de compra e após 90 dias foram submetidas ao teste descritivo para análise de intensidade de descritores sensoriais de aroma e sabor.

2.4 Análises cromatográficas e espectrofotométricas para determinação do conteúdo de açúcares, ácidos orgânicos, fenólicos, voláteis e atividade antioxidante durante o armazenamento da cerveja de caju

- **Perfil de açúcares:** determinado por HPLC, utilizando o cromatógrafo equipado com detector de arranjo de diodo (DAD) e um detector de índice de refração (RID). A detecção dos açúcares foi realizada a 210 nm, utilizando uma coluna Agilent Hi-Plex H (7,7 x 300 nm, 8 μ m); H₂SO₄ 4 mmol/L em água ultrapura como fase móvel (fluxo de 0,5 mL/min) (COELHO et al., 2018).
- **Perfil de ácidos orgânicos:** determinado por HPLC, utilizando o mesmo procedimento descrito para determinação do perfil de açúcares (COELHO et al., 2018).
- **Compostos fenólicos:** Foram estabelecidos conforme metodologia descrita por Padilha et al. (2017), modificada por Dutra et al. (2018), por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) utilizando um sistema *Agilent 1260 Infinity LC* (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA), equipado com uma bomba quaternária (modelo G1311C), desgaseificador a vácuo, compartimento de coluna termostática (modelo G1316A), amostrador automático (modelo G1329B), detector de matriz de diodos (DAD; modelo G1315D) e detector de índice de refração (RID; modelo G1362A). Os compostos foram separados usando a coluna *Zorbax Eclipse Plus RP-C 18* (100 x 4,6

mm, 3,5 μm) e a pré-coluna *Zorbax C 18* (12,6 \times 4,6 mm, 5 μm). O tempo de execução durou 33 min. A temperatura do forno foi ajustada para 35 °C e a vazão foi de 0,8 mL.min⁻¹. As fases móveis consistiam de ácido fosfórico 0,1 M solução com pH = 2,0 (A) e metanol acidificado com ácido fosfórico a 0,5% (B). Compostos fenólicos foram detectados em 220, 280, 320 e 360 nm. A coleta e o processamento dos dados foram realizados no *OpenLAB CDS ChemStation Edition* (Agilent Technologies, Santa Clara - EUA).

- **Compostos voláteis:** a quantificação de compostos voláteis se deu por cromatografia gasosa, mediante metodologia descrita por González-Mas et al. (2009) com modificações. Para a extração, vials tipo *Headspace* foram utilizadas. Foi retirado um volume de 7,5 mL das amostras e adicionadas com 1 g de NaCl PA. A solução foi incubada à temperatura de 75 °C, por 20 min. Uma fração gasosa da amostra foi coletada com seringa para gases da Hamilton Gastight® modelo 1002, com capacidade de 2,5 mL. A fração gasosa foi injetada no Cromatógrafo Gasoso (Agilent Technologies modelo 7820A GC system) com detector seletivo de massas (Agilent Technologies modelo 5977E MSD). A aquisição e processamento dos dados foram realizadas por meio do Software MassHunter Agilent Technologies TM (Santa Clara, CA, USA). A análise cromatográfica ocorreu no modo Split com relação de 1:2 e divisão de fluxo de 20 mL/min a 230 °C no injetor. A coluna empregada foi Capillary Column CP-WAX 52 CB (30 m \times 0,25 mm \times 0,25 μm) (Varian, Lake Forest, CA, USA), com fluxo de 1,0 mL/min de hélio 5.0. A temperatura do forno foi de 35 a 230 °C com tempo total da corrida de 52 min. A temperatura do detector foi controlada em 230 e 190 °C no quadrupolo, e 230 °C na interface de transferência. A identificação das moléculas foi complementada através da comparação dos resultados com a biblioteca de espectro Instituto Nacional de Padrões e Tecnologias (NIST).
- **Atividade sequestradora do radical livre ABTS_{•+} (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico):** foi determinada conforme método descrito por Re et al. (1999), observando a taxa de decaimento da absorbância ($\lambda = 754 \text{ nm}$) do radical ABTS_{•+}, produzido pela reação entre 5 mL de ABTS_{•+} 7 mM e 5 mL de persulfato de potássio 2,45 mM. A mistura foi acondicionada na ausência de luz, por 16 h. A solução de ABTS_{•+} foi diluída com etanol para ajustar a absorbância inicial

para $0,700 \pm 0,050$ a 734 nm. Foram adicionados 30 μL da amostra a 3,0 mL da solução ABTS₊ e as leituras foram realizadas imediatamente e após 6 min.

- **Sequestro do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil):** foi determinado conforme método descrito por Kim, Guo e Packer (2022), em espectrofotômetro a $\lambda = 517$ nm. Primeiro misturou-se uma amostra de 100 μL com 2,9 mL de solução etanólica do radical DPPH (100 μM), seguida de incubação na ausência de luz, por 30 min. Posteriormente, a solução de DPPH foi diluída com etanol para atingir um valor de absorvância de $0,950 \pm 0,050$ a 517 nm.
- **Frap (Ferric Reducing Antioxidant Power):** foi determinado conforme método descrito por Rufino et al. (2006), com modificações. O reagente FRAP foi preparado misturando 25 mL de solução tampão de acetato (300 mM; pH 3,6), 2,5 mL de solução TPTZ (10 mM TPTZ em 40 mM HCl) e 2,5 mL de solução aquosa de FeCl_3 (20 mM). 90 μL da cerveja e 270 μL de água deionizada foram adicionados a 2,7 mL do reagente FRAP, seguido de incubação a 37 °C por 30 min. A absorvância foi medida a 595 nm. Os resultados obtidos foram comparados com uma curva padrão de sulfato ferroso (100 – 2000 $\mu\text{mol/L}$) e expressos em mmol de Fe^{2+} por litro de amostra.
- **Total de compostos fenólicos por Folin-Ciocalteu:** Foi determinado a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006). Foi preparado um extrato a partir da diluição de 1000 μL da em 50 mL de água destilada. As amostras ficaram em repouso por 30 min. Separou-se uma alíquota de 225 μL do extrato para misturar com 1,900 μL de água e 125 μL do reagente folin-ciocalteu. A mistura foi agitada e deixada em repouso por 5 min. Em seguida, adicionou-se 250 μL de Na_2CO_3 e agitou-se. A mistura foi deixada em repouso em banho-maria a 40 °C por 30 min. Após, retirou-se as amostras e deixou-se esfriar em temperatura ambiente. A absorvância foi medida a 765 nm. O ácido gálico foi usado como padrão. Os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico (mg GAE/L).

2.5 Análise sensorial

A análise sensorial da cerveja de caju foi aprovada mediante parecer consubstanciado, sob o número 5.607.910, emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Alcides Carneiro (HUAC) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial (LAS) do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) - Campus Afogados da Ingazeira (CAFI).

2.5.1 Perfil de aroma e sabor

Para elaboração do perfil de sabor e aroma, após o envelhecimento, as cervejas foram submetidas a uma análise descritiva quantitativa (ADQ), conforme descrito em Palermo (2015), com adaptações. Foram selecionados 12 julgadores, servidores e estudantes do IFPE/CAFI, que já haviam tido contato com testes sensoriais anteriores, para análise de alimentos e bebidas, com idade entre 21 e 44 anos. Os julgadores foram submetidos a um treinamento preliminar no qual participaram de sessões de discussão dos principais atributos sensoriais da cerveja, envolvendo aspectos da visão, olfato e gosto. Na etapa qualitativa foram definidos os descritores da cerveja de caju, para aroma e sabor.

Para a avaliação quantitativa as amostras foram apresentadas aleatoriamente em copos de vidro com 50 mL de cerveja e marcados com um código de três dígitos. As amostras de cerveja foram servidas a 5 °C sob luz branca. Os avaliadores usaram uma escala estruturada de 5 pontos para classificar a intensidade de cada atributo (0 = muito fraco, 5 = muito intenso) e as pontuações médias foram obtidas para gerar os perfis. A análise foi realizada em duplicata, num total de quatro sessões.

2.5.2 Teste de aceitação e intenção de compra

Foram convidados os estudantes dos cursos de graduação e também servidores. Assim, foram recrutados 100 julgadores, maiores de 18 anos, que consumiam cerveja, semanalmente, e que consumiam caju em sua alimentação.

Foram servidos 50 mL de amostra à temperatura de 5 °C, sob luz branca, em cabines sensoriais, em copos de vidro e um copo com água. Os julgadores tiveram 3 min de intervalo entre cada avaliação. Foram realizadas dezessete sessões, cada uma com 6 julgadores, num período de 15 dias.

O teste de aceitação foi aplicado, no início do armazenamento (T0), conforme detalhado na ficha sensorial (Apêndice), avaliando os atributos sabor, cor, aroma, corpo e impressão global utilizando-se escala hedônica estruturada de nove pontos, na qual 9 representa “gostei muitíssimo” e 1 “desgostei muitíssimo”. Também foram avaliadas quanto à intenção de compra através de escala estruturada de cinco pontos, na qual 5 representa “certamente compraria” e 1 “certamente não compraria” (DUTCOSKY, 2011).

2.6 Análise estatística dos dados

Foi aplicada uma ferramenta estatística para análise dos resultados. As médias e desvio padrão foram obtidas utilizando análise de variância (ANOVA) e avaliou-se a diferença entre as amostras pelo teste de Tukey ao nível de 5%, no software Statistic, versão 7 (Statsoft). Após a obtenção das médias, foi utilizada uma análise multivariada, através da Análise de Componentes Principais (PCA), por meio do software Statistic, versão 7 (Statsoft). A partir dos resultados foram construídos os gráficos de dispersão entre as duas componentes principais (PC) e o escores de cada componente.

3 Resultados e Discussão

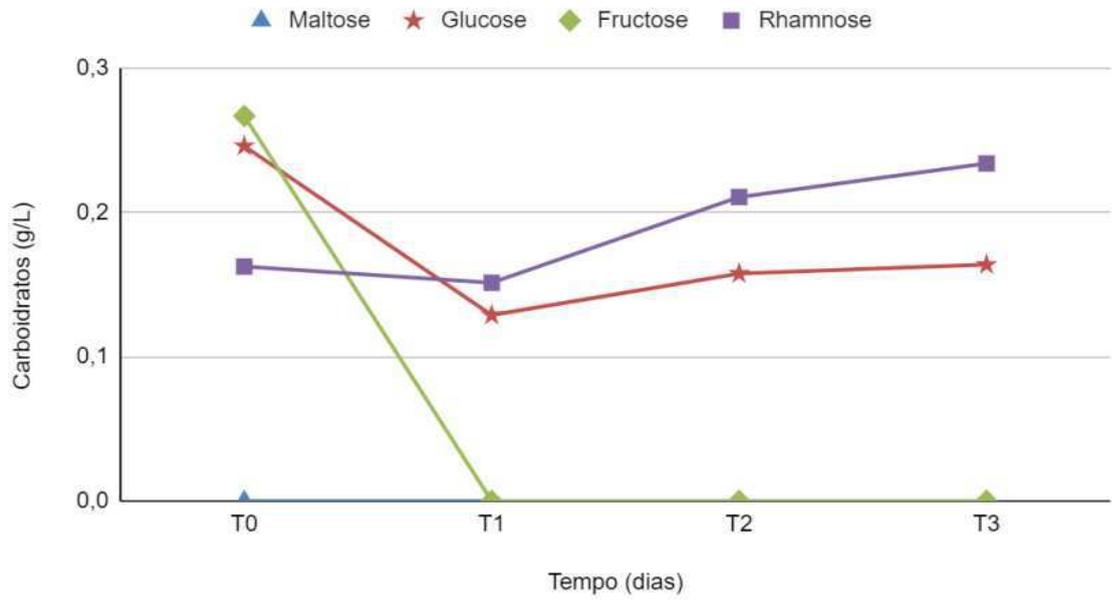
3.1 Carboidratos e álcoois

A Tabela 2 (Apêndice) apresenta as médias e desvio padrão para os carboidratos determinados na cerveja de caju durante o armazenamento. Foram detectados quatro tipos de carboidratos, os quais incluem maltose, glucose, fructose e rhamnose.

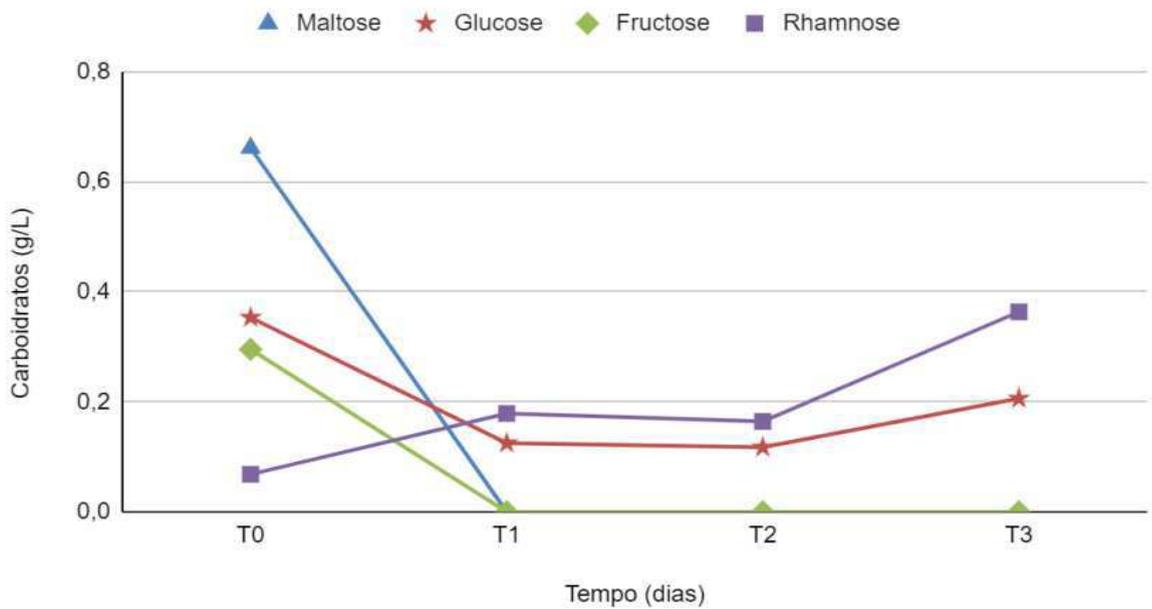
A Figura 1 apresenta o comportamento dos carboidratos da cerveja de caju para as formulações 10AX, 30CZ e 20BY1, durante o período de armazenamento, em temperatura ambiente (± 26 °C), sem incidência de luz, em garrafas de vidros âmbar, por 90 dias.

Figura 1 – Perfis da concentração de carboidratos (g/L) em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de pedúnculo de caju

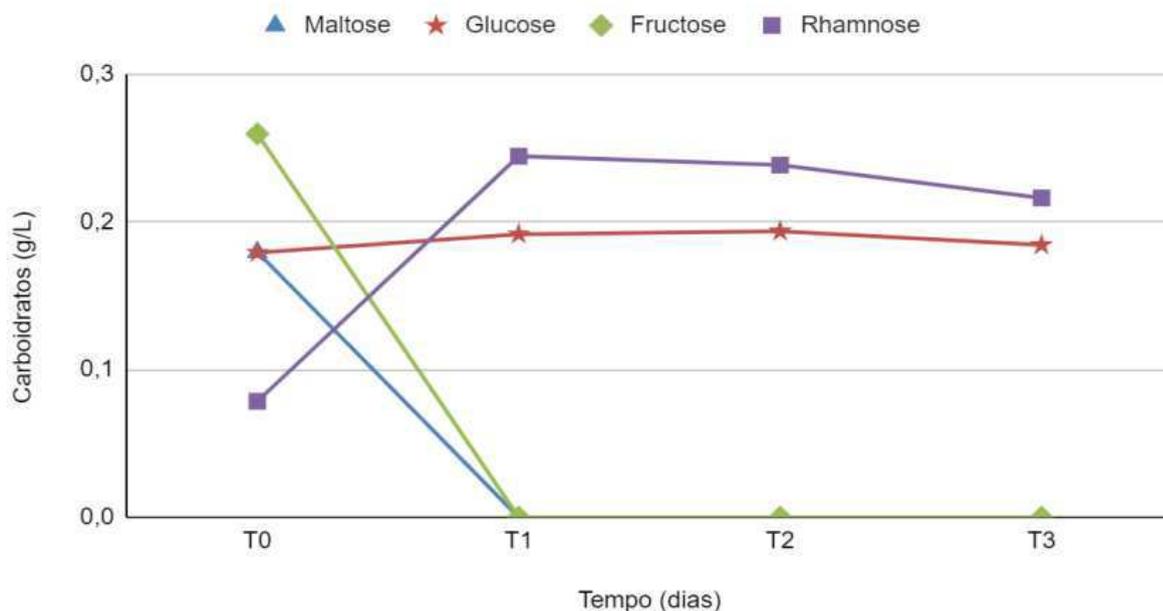
10AX



20BY1



30CZ



10AX - formulada com 10% de polpa de caju, produzida com 11 °Brix no mosto e fermentada a 12 °C; 20BY1 - formulada com 20% de polpa de caju, produzida com 14 °Brix no mosto e fermentada a 14 °C; 30CZ - formulada com 30% de polpa de caju, produzida com 17 °Brix no mosto e fermentada a 16 °C.

T0 = 0 dias; T1 = 30 dias; T2 = 60 dias; T3 = 90 dias

Para cerveja 10AX, a maltose não foi detectada em nenhum tempo. A frutose foi detectada apenas no T0. A concentração de glucose apresentou um pequeno declínio de T0 para T1 e manteve uma tendência de crescimento a partir do T1. A rhamnose apresentou tendência para crescimento ao longo do armazenamento.

Para a cerveja 30CZ, a maltose e a frutose foram detectadas apenas em T0. Entre T0 e T1, a rhamnose e a glucose apresentaram aumento na concentração. A concentração de rhamnose apresentou crescimento durante o armazenamento. Entre T1 e T2, a glucose permaneceu estável, mas a rhamnose diminuiu. Entre T2 e T3, tanto a glucose quanto a rhamnose apresentaram aumento da concentração.

Para a cerveja 20BY1, foi observado que maltose e frutose foram detectadas apenas no início do experimento (T0). No período de T0 a T1, nota-se um decréscimo na concentração de glucose e um aumento na concentração de rhamnose. Enquanto em T1 e T2, tanto a glucose quanto a rhamnose tiveram uma diminuição em suas concentrações. Comportamento inverso foi observado para esses mesmos carboidratos, entre T2 e T3.

A rhamnose foi o carboidrato com maiores concentrações nas três formulações, variando entre 0,06 e 0,24 g/L, seguido da glucose (0,11 e 0,35 g/L). A cerveja 20BY1 apresentou a maior concentração de maltose em T0, 0,66 g/L. A maltose e a frutose foram detectadas apenas em T0 em todas as formulações.

Os carboidratos rhamnose e glucose apresentaram uma tendência de crescimento na concentração durante o período de armazenamento avaliado. Por outro lado, os carboidratos maltose e frutose, zeraram a concentração após 30 dias de armazenamento. É comum, em cervejas artesanais, o baixo teor de maltose residual, fato que contribui para a diminuição do sabor doce nestas cervejas (EINFALT, 2021). Ainda de acordo com a mesma fonte, a levedura *S. cerevisiae* é eficiente para fermentar a maltose e tem alto poder fermentativo em comparação com outras leveduras, produzindo níveis significativamente maiores de álcoois superiores.

Durante o armazenamento, há diminuição da concentração de açúcares como a maltose e frutose, que são açúcares fermentescíveis, mesmo que menos preferíveis para leveduras *saccharomyces cerevisiae* (VERSTREPEN et al., 2004), pode ser atribuído a vários fatores, entre os quais (BRIGGS et al., 2004):

1. Fermentação residual: Em algumas situações, pode haver uma fermentação residual, após o envase, em que as leveduras continuam a consumir os açúcares disponíveis;
2. Reações químicas: Durante o armazenamento da cerveja, podem ocorrer reações químicas entre os seus diferentes componentes. Algumas dessas reações podem levar à degradação ou conversão dos açúcares em outras substâncias; e
3. Atividade enzimática residual: É possível que ainda haja alguma atividade enzimática residual em pequena escala durante o armazenamento. Essas enzimas remanescentes podem continuar a quebrar açúcares em outros açúcares mais simples.

Tanto as reações químicas que ocorrem no armazenamento quanto a atividade enzimática residual podem explicar também o fato da concentração de rhamnose e glucose terem tido acréscimos durante o armazenamento. Isso se deve ao fato de que a cerveja é um produto instável que sofre uma série de transformações químicas, físicas e sensoriais durante sua vida de prateleira (MARTÍNEZ et al., 2017).

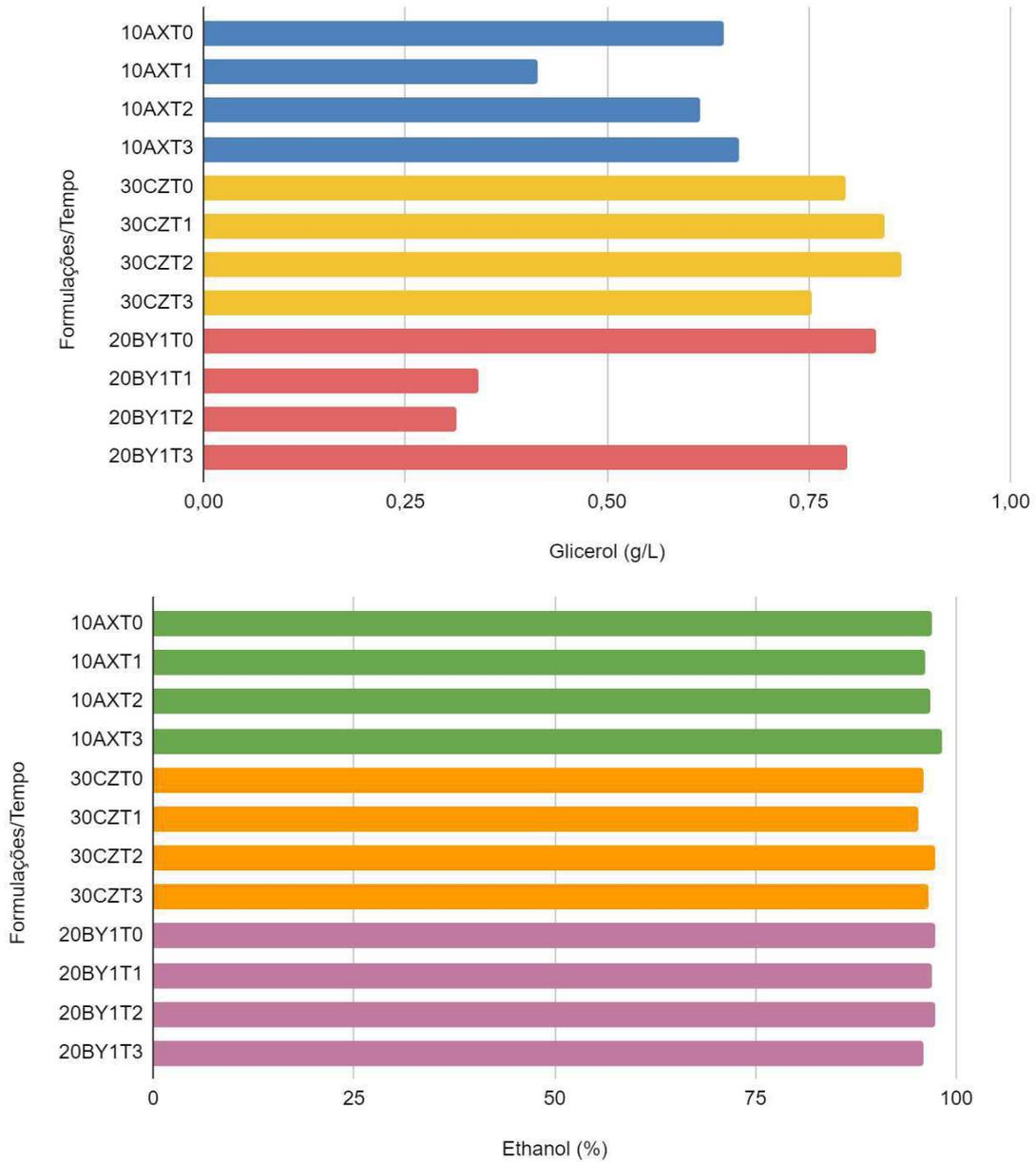
Além disso, percebe-se que a partir de 30 dias de armazenamento, não há decréscimo nas concentrações de rhamnose e glucose, indicando que neste estágio a taxa de consumo desses carboidratos é baixa ou inexistente (AYIREZANG et al., 2016).

Outro fato é que entre 30 e 60 dias de armazenamento foram poucas as variações nas concentrações dos carboidratos, indicando que possivelmente as leveduras residuais estavam no mínimo de produtividade ou ainda que o nível de álcoois e CO₂ no meio contribuiu para retardar o metabolismo e até mesmo inativar as células mais frágeis, induzindo a fase estacionária (AYIREZANG et al., 2016; DZIEDZIŃSKI et al., 2023).

Durante a etapa da fermentação alcoólica da cerveja, acontece a transformação dos açúcares, principalmente glicose e frutose, em etanol e CO₂, ao mesmo tempo em que ocorrem diversos processos químicos, bioquímicos e físico-químicos. Além do etanol e do CO₂, o metabolismo da levedura também produz álcoois superiores, ácidos orgânicos, ésteres, glicerol, entre outros compostos (DOMENECH et al., 2023).

A concentração destes compostos no meio fermentativo determina o andamento da fermentação alcoólica. Os ácidos orgânicos, por exemplo, agem acidificando o citoplasma, enquanto os álcoois, principalmente o etanol, podem deteriorar a membrana citoplasmática solubilizando os fosfolípidios e conseqüente inativação células microbianas (BAYOÏ; ETOA, 2023). A Figura 2 ilustra a formação de glicerol (g/L) e etanol (proporção da área de pico) após o engarrafamento da cerveja. A Tabela 2 (Apêndice) apresenta as médias e desvio padrão destes álcoois da cerveja de caju.

Figura 2 - Relação da formação de glicerol e etanol em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de caju



10AX - formulada com 10% de polpa de caju, produzida com 11 °Brix no mosto e fermentada a 12 °C; 30CZ - formulada com 30% de polpa de caju, produzida com 17 °Brix no mosto e fermentada a 16 °C; 20BY1 - formulada com 20% de polpa de caju, produzida com 14 °Brix no mosto e fermentada a 14 °C;

T0 = 0 dias; T1 = 30 dias; T2 = 60 dias; e T3 = 90 dias.

A concentração de glicerol apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tempos de armazenamento, para todas as cervejas. Observa-se, na Figura 2, que a formação de glicerol para a cerveja 10AX apresentou crescimento a partir de 30 dias de armazenamento e continuou até o final dos 90 dias. Já para cerveja 30CZ, nota-se um acréscimo na concentração de glicerol do tempo zero até os 60 dias e logo ocorre um decréscimo da concentração aos 90 dias. Enquanto que para a cerveja 20BY1 observa-se redução na concentração até 60 dias e crescimento até aos 90 dias. Maiores teores de glicerol foram verificados na cerveja com maior percentual de polpa de caju, ou seja, 30%.

Durante o envelhecimento, a formação de etanol na composição volátil apresentou pouca variação, mesmo existindo diferença significativa ($p > 0,05$) entre os diferentes intervalos de tempos, para todas as cervejas. Com concentrações na faixa de 95 a 98%, o etanol se manteve estabilizado durante o armazenamento da cerveja de caju. Maiores percentuais foram verificados para as cervejas com menor concentração de polpa de caju, como as de 10 e 20%.

As alterações nas concentrações de glicerol e etanol durante o armazenamento podem ser explicadas, entre outros fatores, por reações químicas que atuam pela formação de compostos condensados entre os álcoois e ácidos orgânicos, originando ésteres (VALENTONI et al., 2022).

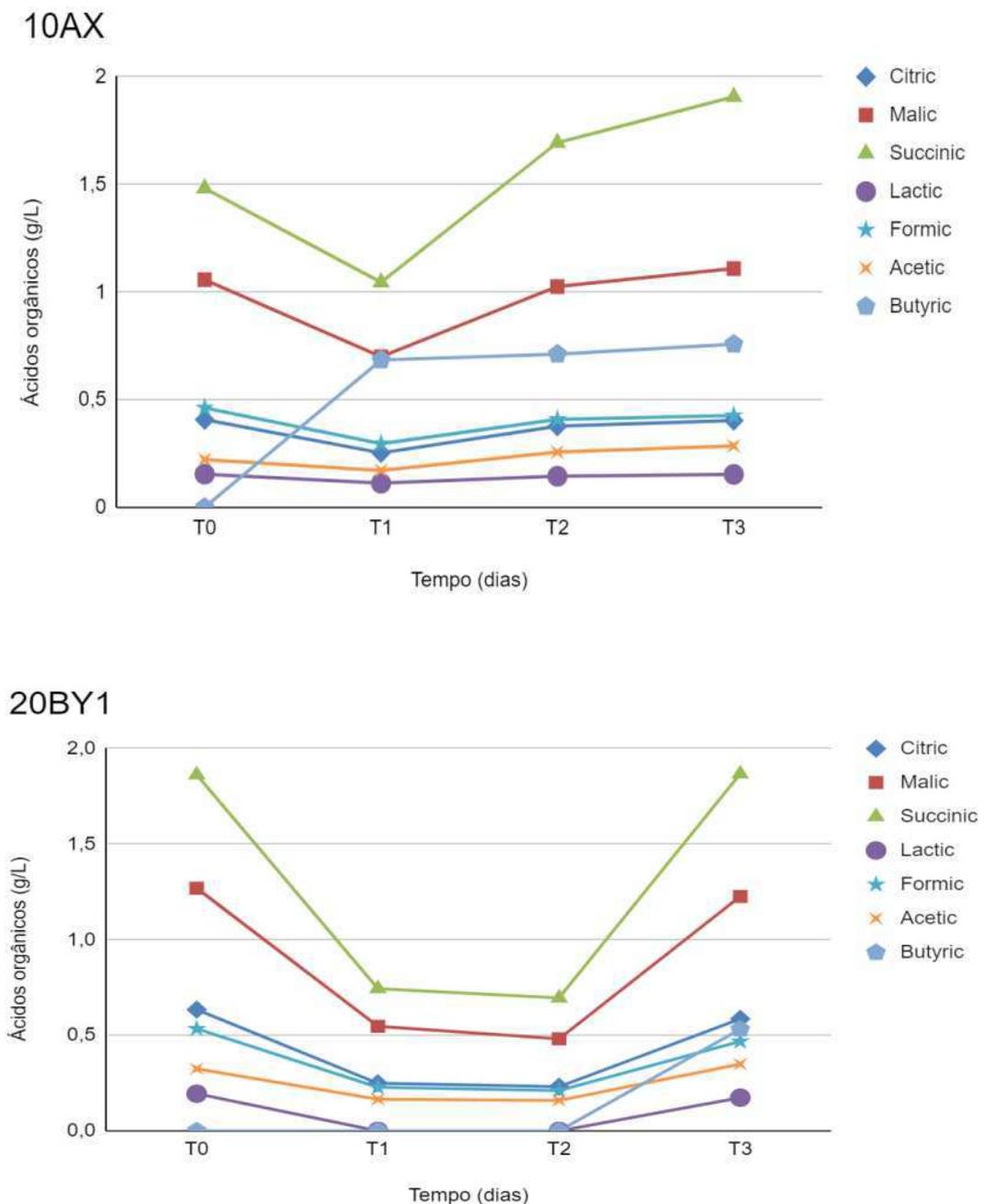
Tanto o glicerol quanto o etanol são álcoois produzidos durante a fermentação *pelalevedura*, de forma natural, sendo que o primeiro é produzido em menor quantidade e é acumulado dentro da célula de levedura para evitar a perda de água celular necessária para a função metabólica adequada durante o estresse osmótico da fermentação. Quando as condições de fermentação atingem o equilíbrio, esta reserva de glicerol é liberada para o exterior da célula.

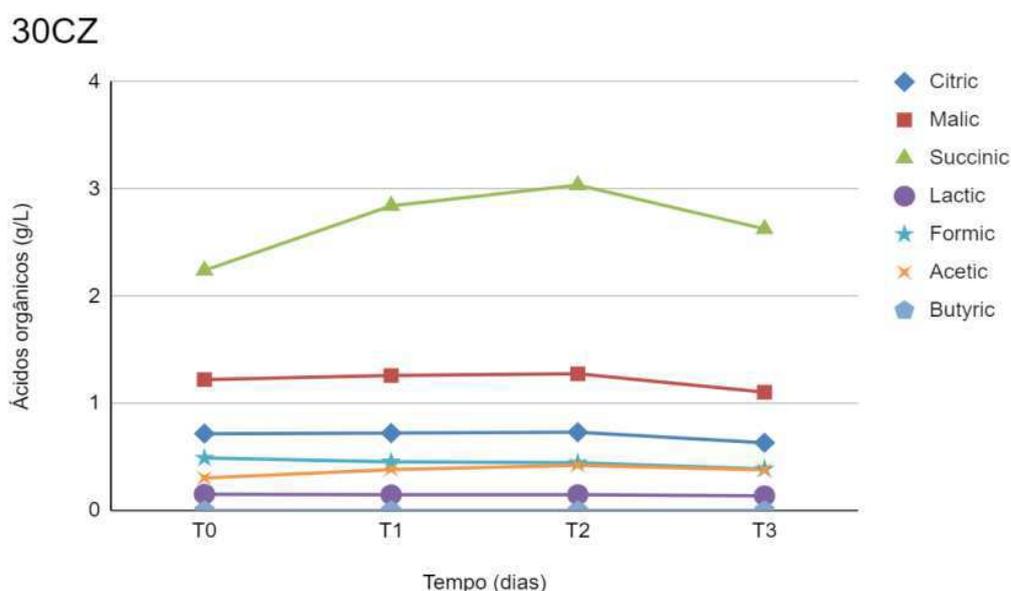
Quando presente no meio, esse composto influencia positivamente as características sensoriais, como a intensidade e a plenitude do sabor da cerveja. A otimização do processo fermentativo, com leveduras geneticamente modificadas, pode proporcionar altos teores de glicerol na cerveja (BEZERRIL et al., 2023; BARRETO et al., 2023). Além disso, as leveduras geneticamente modificadas têm sido utilizadas para obtenção de açúcares de álcool, os polióis, a partir do glicerol, que carregam a denominação de adoçantes saudáveis, como por exemplo, o eritritol (ERIAN; SAUER, 2022).

3.2 Ácidos orgânicos

A Tabela 3 (Apêndice) apresenta as médias e desvio padrão para os ácidos orgânicos determinados na cerveja de caju durante o armazenamento. Foram detectados sete tipos de ácido, os quais incluem ácido cítrico, málico, succínico, láctico, fórmico, acético e butírico. A Figura 3 apresenta o comportamento dos ácidos orgânicos da cerveja de caju para as formulações 10AX, 30CZ e 20BY1, durante o período de armazenamento, em temperatura ambiente ($\pm 26\text{ }^{\circ}\text{C}$), sem incidência de luz, em garrafas de vidros âmbar, por 90 dias.

Figura 3 - Perfis da concentração de ácidos (g/L) em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de caju.





10AX - formulada com 10% de polpa de caju, produzida com 11 °Brix no mosto e fermentada à 12 °C; 20BY1 - formulada com 20% de polpa de caju, produzida com 14 °Brix no mosto e fermentada à 14 °C; 30CZ - formulada com 30% de polpa de caju, produzida com 17 °Brix no mosto e fermentada à 16 °C; T0 = 0 dias T1 = 30 dias; T2 = 60 dias; T3 = 90 dias

Para a cerveja 10AX, observa-se um declínio na concentração dos ácidos do T0 para o T1, excetuando o ácido butírico que apresentou crescimento. A partir do T1, todos os ácidos apresentaram aumento na concentração ao longo do período avaliado.

Para a cerveja 30CZ, nota-se um aumento da concentração do ácido succínico do T0 para o T2, e decréscimo do T2 para T3. Os demais ácidos mantiveram-se quase estabilizados com pouca variação na concentração, do T0 ao T3.

Para a cerveja 20BY1, todos os ácidos apresentaram o mesmo comportamento durante o armazenamento, de modo que do T0 para o T1, observa-se baixa na concentração, do T1 para o T2, observa-se uma estabilidade na concentração e do T2 para o T3 nota-se acréscimo na concentração dos ácidos.

As maiores concentrações foram verificadas para o ácido succínico, em todas as formulações da cerveja de caju, variando entre 0,70 e 3,03 g/L, seguido do ácido málico (entre 0,48 e 1,27 g/L) e cítrico (entre 0,23 e 0,73 g/L). O ácido láctico apresentou baixa variação na concentração (0,11 a 0,19 g/L) durante o armazenamento.

Martínez et al. (2017) estudando o envelhecimento de cerveja artesanal de hibisco, observou que ao longo do processo de envelhecimento forçado, os teores de ácido cítrico e

málico nas amostras de cerveja permaneceram estáveis em todos os momentos, semelhante ao percebido para o comportamento da maioria dos ácidos orgânicos na cerveja 30CZ.

Entre 30 e 60 dias de armazenamento, as cervejas, 30CZ e 20BY1, apresentaram notável estabilização, com pequenas oscilações, mesmo que significativas. O mesmo ocorreu com a cerveja 10AX, entre 60 e 90 dias de armazenamento. Attchelouwa et al. (2017) avaliando o armazenamento de cerveja de sorgo, perceberam que os ácidos orgânicos pouco variaram, apresentando pequenas oscilações de concentração entre os tempos analisados, detectando os ácidos láctico e tartárico como majoritários.

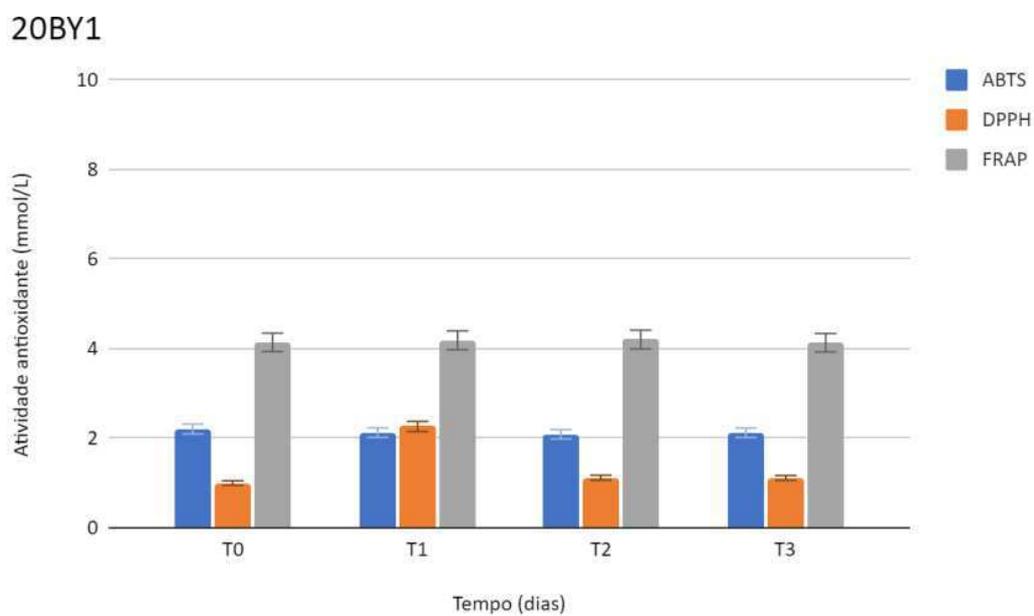
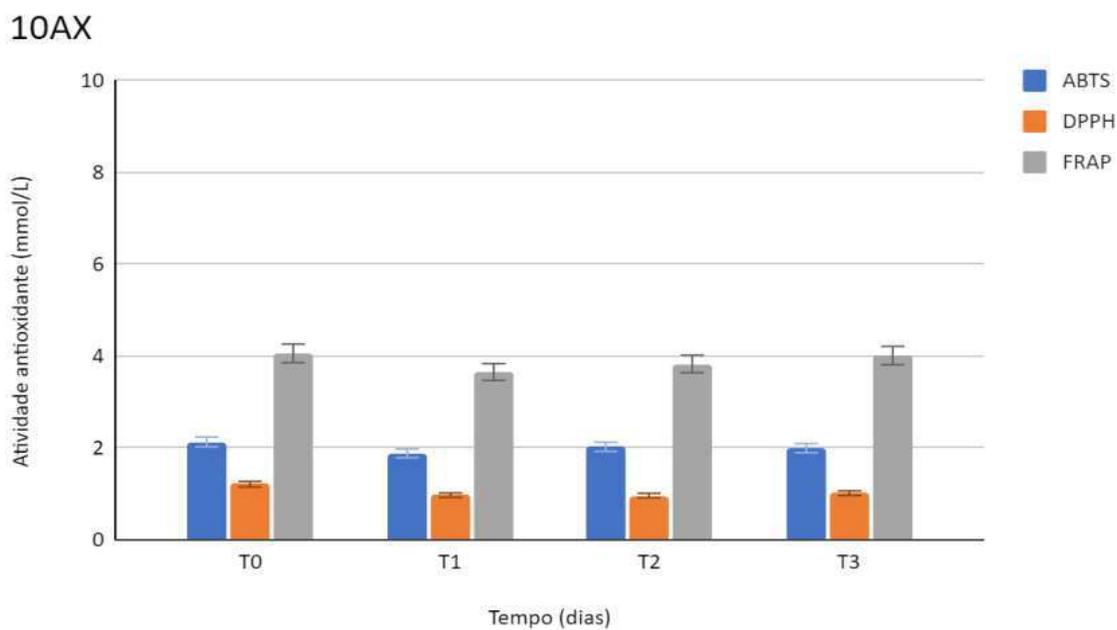
A concentração de ácidos orgânicos durante o envelhecimento da cerveja pode sofrer alterações por meio da ocorrência de reações químicas de condensação, entre álcoois e ácidos, que formarão ésteres (ŠTULÍKOVÁ et al., 2020; VALENTONI et al., 2022), podendo explicar assim, o decaimento da concentração dos ácidos orgânicos nos primeiros 30 dias, para as cervejas 10AX e 20BY1, e após 60 dias para a cerveja 30CZ.

Além de que é possível que a ação de microrganismos fermentáveis, leveduras ou mesmo bactérias, transformem sólidos solúveis em ácidos orgânicos e compostos voláteis, aumentando a concentração (BAYOÏ; ETOA, 2023), como notado na cerveja 10AX, a partir de 30 dias de armazenamento, na cerveja 30CZ até os 60 dias e na cerveja 20BY1, após 60 dias de armazenamento.

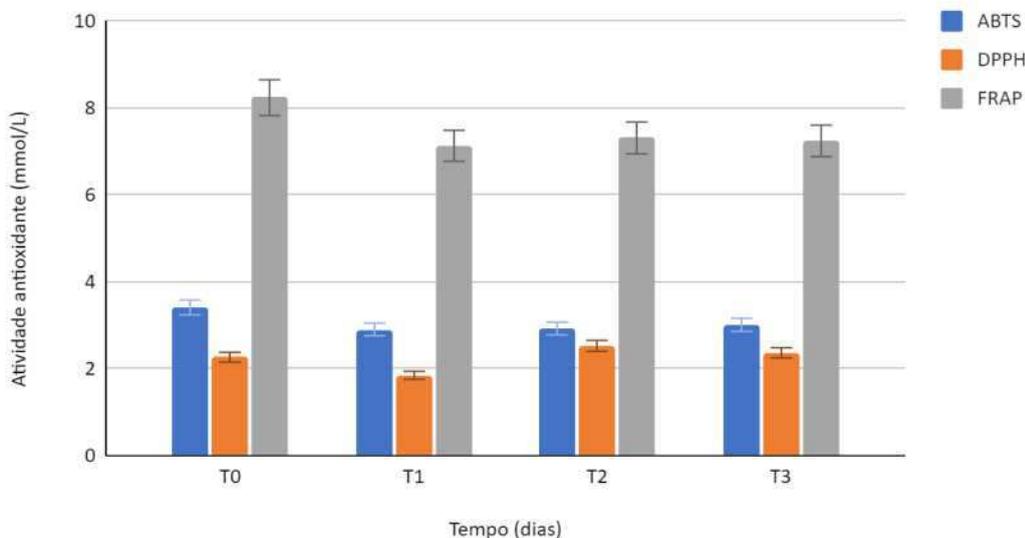
3.3 Atividade antioxidante

A Tabela 4 (Apêndice) apresenta as médias e desvio padrão para a atividade antioxidante determinada na cerveja de caju durante o armazenamento. Foram utilizados os métodos ABTS, DPPH e FRAP. A Figura 4 apresenta o comportamento da atividade antioxidante da cerveja de caju, determinada pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP, para as formulações 10AX, 30CZ e 20BY1, durante o período de armazenamento, em temperatura ambiente (± 26 °C), sem incidência de luz, em garrafas de vidros âmbar, por 90 dias.

Figura 4 - Atividade antioxidante (mmol/L) em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de caju.



30CZ



10AX - formulada com 10% de polpa de caju, produzida com 11 °Brix no mosto e fermentada à 12 °C; 20BY1 - formulada com 20% de polpa de caju, produzida com 14 °Brix no mosto e fermentada à 14 °C; 30CZ - formulada com 30% de polpa de caju, produzida com 17 °Brix no mosto e fermentada à 16 °C;

T0 = 0 dias; T1 = 30 dias; T2 = 60 dias; T3 = 90 dias

Observa-se na Figura 4, que para a cerveja 10AX, pelo método ABTS, a atividade antioxidante diferiu significativamente ($p > 0,05$) ao longo do período de armazenamento, com comportamento variável de decrescer e crescer a cada período de tempo. Do T2 para o T3, não houve diferença significativa. A atividade antioxidante por este método obteve concentrações entre 1,88 e 2,13 mmol/L, com maior pico observado para o T0. Por DPPH, apenas no T0 houve diferença significativa na atividade antioxidante. A atividade antioxidante observada em T1, T2 e T3 não diferiu significativamente. Porém houve decréscimo na concentração de T0 para T2 e acréscimo de T2 para T3. A atividade antioxidante variou entre 0,96 e 1,21 mmol/L, sendo o maior pico notado no T0. Pelo método FRAP, entre T0, T2 e T3 e entre T1 e T2 não houve diferença significativa na atividade antioxidante. A concentração mostrou comportamento de decréscimo de T0 para T1 e posterior crescimento até o T3. A atividade antioxidante esteve entre 3,65 e 4,06 mmol/L, com maior potencial no T0.

Para a cerveja 30CZ, pelo método ABTS, apenas o T0 diferiu significativamente. Entre T1, T2 e T3 não houve diferença significativa. Nota-se um comportamento de decréscimo da atividade antioxidante ao longo do armazenamento. A atividade antioxidante esteve compreendida entre 2,91 e 3,41 mmol/L, com maior potencial no tempo T0. Por DPPH, a atividade antioxidante diferiu significativamente em todos os tempos analisados, apresentando um declínio do T0 para T1, porém há um acréscimo na atividade antioxidante a partir do T1 até o final do armazenamento, com valores entre 1,85 e 2,53 mmol/L, com maior potencial notado no T2. Em FRAP, apenas o T0 diferiu significativamente. Nota-se um comportamento de declínio na concentração conforme o tempo. Por este método a atividade antioxidante apresentou valores entre 7,13 e 8,24 mmol/L, com maior potencial no tempo T0.

Para a cerveja 20BY1, pelo método ABTS, entre T0, T1 e T3, assim como entre T1, T2 e T3, não houve diferença significativa. A atividade antioxidante apresentou comportamento de declínio ao longo do armazenamento, com valores entre 2,09 e 2,20 mmol/L, com maior potencial constatado no T0. Por DPPH, a atividade antioxidante nos tempos 0 e 1 diferiram estatisticamente dos demais tempos. Do T0 para T1 percebe-se um acréscimo na atividade antioxidante, já do T1 em diante nota-se um declínio. A atividade antioxidante esteve entre 1,00 e 2,26 mmol/L, com maior potencial no T1. Em FRAP, não houve diferença significativa entre a atividade antioxidante durante o armazenamento. Do T0 para o T2 há um acréscimo no potencial antioxidante em relação ao tempo. Por outro lado, do T2 para o T3 nota-se um decréscimo. Os valores estavam entre 4,13 e 4,20 mmol/L, com maior pico no T2.

De forma geral, como ilustrado na Figura 3, o tempo inicial do armazenamento (T0) registrou os maiores índices de atividade antioxidante para a cerveja de caju, pelos métodos que foram utilizados. A variação notada entre cada período de tempo foi baixa e em alguns casos, não significativa. Isso indica que o tempo estudado para armazenamento da cerveja de caju, foi benéfico para a estabilidade da atividade antioxidante.

Como explicam Martínez et al. (2017), essa diminuição na capacidade antioxidante, notada ao longo do armazenamento, visto que os maiores valores foram registrados no T0 (tempo inicial), pode ser devida à oxidação e conseqüente degradação dos polifenóis, em particular da família dos polifenóis conhecidos como flavonoides, que causa a polimerização de polifenóis durante o armazenamento da cerveja.

A formulação 30CZ, composta por 30% de polpa de caju apresentou os maiores índices de atividade antioxidante em todos os métodos analíticos utilizados, com 3,41 mmol

Trolox/L no método ABTS, 2,53 mmol Trolox/L pelo método DPPH e com 8,24 mmol /L pelo método FRAP. Seguida da cerveja 20BY1, formulada com 20% de polpa de caju. Esse comportamento sugere que a atividade antioxidante obteve maiores índices quando as cervejas em envelhecimento foram produzidas com maior concentração de polpa de caju. De fato, as cervejas elaboradas utilizando frutas como adjunto, tendem a apresentar atividade antioxidante mais considerável em comparação com a cerveja tradicional, devido à presença de componentes bioativos abundantes nas frutas. Durante o processo de fabricação esses compostos migram para o mosto cervejeiro (NARDINE; GARAGUSO, 2020; ZHAO et al., 2023).

Martínez et al. (2017) estudando o envelhecimento de cerveja adicionada de extrato de hibisco, variando entre 0,5 a 2%, verificaram atividade antioxidante na faixa de 3,94 a 6,67 mmol TE/L, pelo método ABTS, após sete dias de armazenamento. Valores superiores ao constatado para a cerveja de caju, por esse mesmo método. Além disso, os autores perceberam que as cervejas com maiores concentrações de extrato de hibisco, atingiram a maior atividade antioxidante. Mesmo após 90 dias de armazenamento, foi verificada atividade antioxidante, na cerveja de caju, pelo método ABTS (1,88 a 3,41 mmol Trolox/L), superior ao constatado por Zhao et al. (2010) ao analisarem a atividade antioxidante de cervejas comercializadas em mercados chineses, por ABTS, encontraram uma atividade de compreendida na faixa de 0,55 a 1,95 mmol TE/L.

Utilizando o método DPPH, Zhao et al. (2010), determinaram a atividade antioxidante de cervejas comercializadas em mercados chineses e encontraram valores entre 0,24 e 1,35 mmol TE/L. Valores superiores foram observados para a cerveja de caju, durante 90 dias de armazenamento, variando entre 1,00 e 2,53 mmol Trolox/L, corroborando com Breda et al. (2022) que constataram atividade antioxidante entre 0,85 e 2,87 mmol Trolox/L, para cervejas artesanais, tipo *Lager*, comercializadas em hipermercados portugueses.

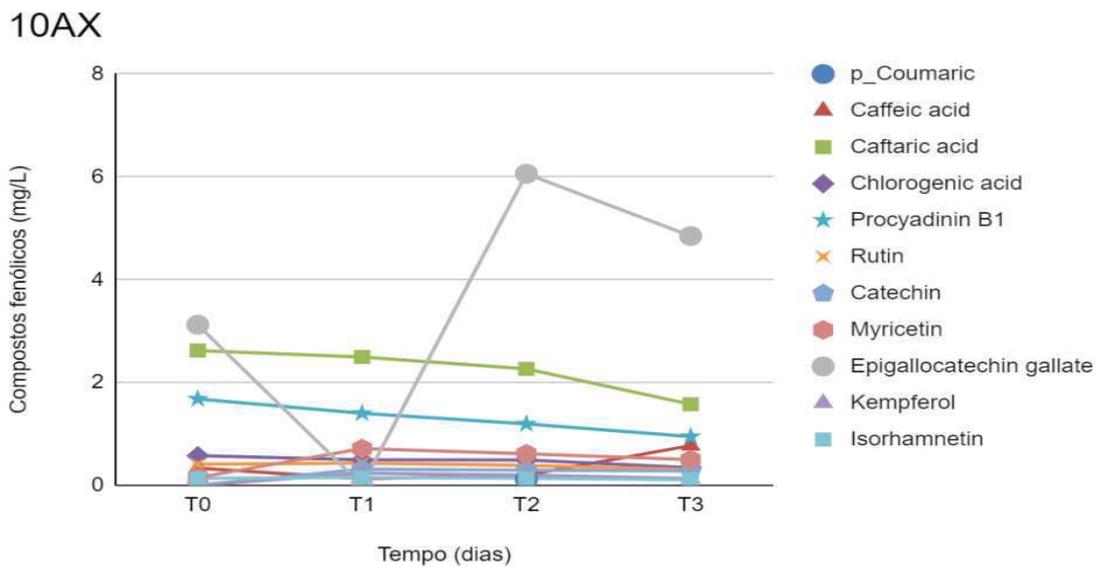
Por meio do método FRAP, Moura-Nunes et al. (2016) encontraram atividade antioxidante na faixa de 0,81 a 6,37 mmol Fe²⁺/L para cervejas brasileiras. Valores superiores foram observados para a cerveja de caju, durante os 90 dias de armazenamento, variando entre 3,65 a 8,24 mmol/L. Viana et al. (2021) verificaram atividade antioxidante entre 4 e 5 mmol Fe²⁺/L, em cervejas artesanais Pale Ale, elaboradas com diferentes cepas de leveduras comerciais.

3.4 Compostos fenólicos

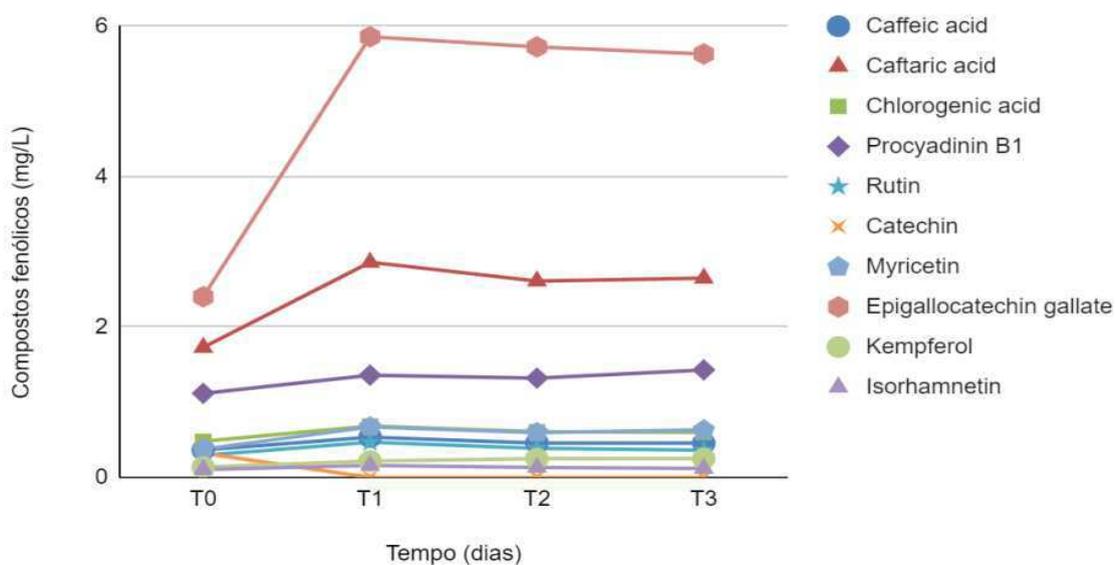
A Tabela 5 (Apêndice) apresenta as médias e desvio padrão para os compostos fenólicos determinados na cerveja de caju durante o armazenamento. Foram detectados onze compostos das classes químicas dos flavonoides (*Catechin* e *epigallocatechin gallate*), flavonóis (*rutin*, *myricetin*, *kaempferol* e *isorhamnetin*), ácidos fenólicos (*p_coumaic*, *caffeic acid*, *caftaric acid* e *chlorogenic acid*) e proantocianidinas (*procyanidin B1*).

A Figura 5 apresenta o comportamento dos compostos fenólicos da cerveja de caju para as formulações 10AX, 30CZ e 20BY1, durante o período de armazenamento, em temperatura ambiente ($\pm 26\text{ }^{\circ}\text{C}$), sem incidência de luz, em garrafas de vidros âmbar, por 90 dias.

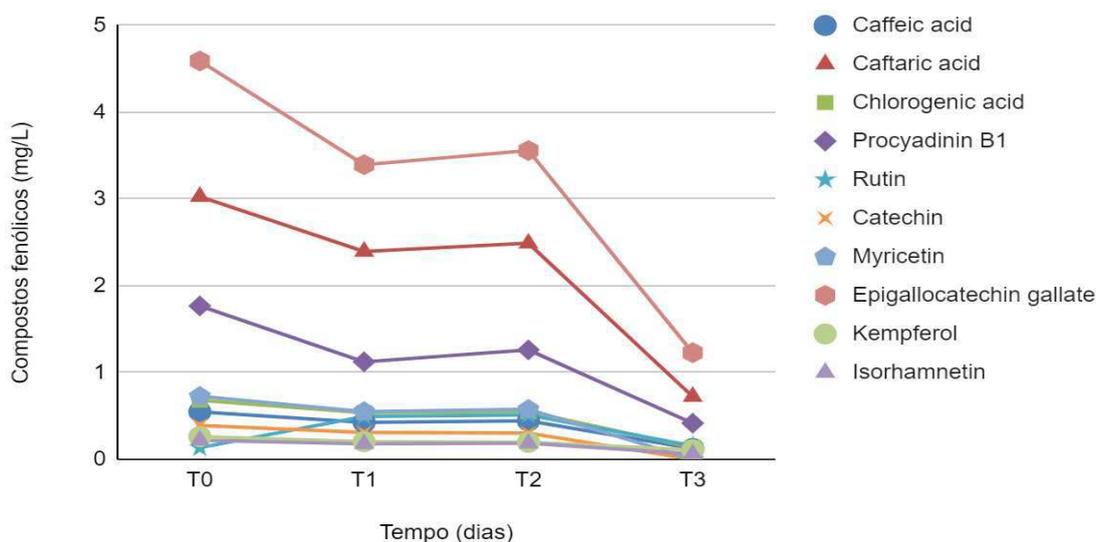
Figura 5 - Perfis da concentração de compostos fenólicos (mg/L) em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de caju



30CZ



20BY1



10AX - formulada com 10% de polpa de caju, produzida com 11 °Brix no mosto e fermentada a 12 °C; 20BY1 - formulada com 20% de polpa de caju, produzida com 14 °Brix no mosto e fermentada a 14 °C; 30CZ - formulada com 30% de polpa de caju, produzida com 17 °Brix no mosto e fermentada a 16 °C; T0 = 0 dias; T1 = 30 dias; T2 = 60 dias; T3 = 90 dias

Analisando a Figura 5, para a cerveja 10AX, observa-se que a concentração de compostos fenólicos, durante o tempo de armazenamento, apresentou diferença significativa. Os fenólicos *caftaric acid*, *chlorogenic acid* e *procyanidin B1* apresentaram maior concentração no T0 e decaíram ao longo do armazenamento. Os fenólicos *ruthin*, *catechin*,

myricetin, *kempferol*, *isorhamnetin* apresentaram maior concentração no T1 e decaíram ao decorrer do tempo. *Epigallocatechin gallate* obteve as maiores concentrações registradas, com 3,12 a 6,06 mg/L. Seguido de *caftaric acid* com 1,58 a 2,62 mg/L e *procyadinin B1* com 0,95 a 1,68 mg/L.

Para a cerveja 30CZ, nota-se que do T0 para o T1 houve aumento significativo na concentração. Do T1 para o T3 verifica-se um decréscimo significativo. Para os compostos fenólicos *caffeic acid*, *caftaric acid*, *chlorogenic acid*, *rutin*, *myricetin*, *epigallocatechin gallate* e *isorhamnetin*, notou-se que o T2 registrou os maiores níveis de concentração. A concentração de *Procyadinin B1* e *kempferol* aumentou ao longo do armazenamento. *Catechin* só foi detectado no T0. *Epigallocatechin gallate* obteve as maiores concentrações em todos os tempos na cerveja 30CZ, variando entre 2,40 a 5,86 mg/L, seguido pelo *caftatic acid*, com 1,73 a 2,86 mg/L.

Para a cerveja 20BY1, a concentração de compostos fenólicos variou significativamente entre os tempos de armazenamento. O T0 registrou as maiores concentrações para todos os compostos, exceto *Rutin* que cresceu do T0 para o T2 e decaiu de T2 para T3. O composto *epigallocatechin gallate* obteve os maiores níveis de concentração em todos os tempos analisados, entre 1,23 e 4,59 mg/L, seguido de *caftaric acid*, entre 0,72 e 3,03 mg/L.

Os compostos *epigallocatechin gallate* (1,23 a 6,06 mg/L), *caftaric acid* (0,72 a 3,03 mg/L) e *procyadinin B1* (0,42 a 1,77 mg/L) apresentaram as maiores concentrações em todas as cervejas analisadas, ao longo do armazenamento. A formulação com 30% de polpa de caju apresentou maior abundância para as todas as classes de compostos: flavonoides (19,94 mg/L), ácidos fenólicos (14,03 mg/L), flavonóis (5,16 mg/L) e proantocianidinas (5,23 mg/L).

Após 60 dias de armazenamento, nota-se uma tendência de decréscimo na concentração dos flavonoides, fato esse que pode ser explicado devido à oxidação dos flavonoides, causando uma polimerização, que acarreta na redução da concentração (VANDERHAEGEN et al., 2003).

Viana et al. (2021) analisando a composição fenólica de cervejas artesanais, observaram concentração de *epigallocatechin gallate* entre 0,6 e 2,1 mg/L, de *procyadinin B1* entre 0,5 e 1,0 mg/L e de *caftaric acid* entre 0,45 e 0,55 mg/L. Bezerril et al. (2023) verificaram concentração de *epigallocatechin gallate* de 0,05 mg/L, *caftaric acid* de 1,88 mg/L e *procyadinin B1* de 0,20 mg/L em cerveja artesanal de trigo. Valores inferiores ao observado para a cerveja de caju, para estes mesmos compostos.

Yin et al. (2021) verificaram teor de flavonoides entre 313 e 510 mg QE/L em cerveja adicionada de 3% de framboesa seca, após 14 dias de engarrafamento. Analisando a suplementação de cervejas de trigo, com brotos de pinheiro, Dzedziński et al. (2023) verificaram um teor de ácidos fenólicos acima de 300 mg/L e flavonóis superior a 100 mg/L, após 30 dias de armazenamento, valores superiores ao percebido para a cerveja de caju. Porém, cada fruta utilizada como adjunto cervejeiro influencia a composição fenólica de maneira única, assim como os demais ingredientes utilizados no processo de fabricação da cerveja. E mesmo que a cerveja contenha uma grande variedade de compostos fenólicos, é normal que os valores individuais dos compostos sejam baixos (CETÓ et al., 2012).

3.5 Compostos fenólicos totais

A Tabela 6 apresenta as médias e desvio padrão para os compostos fenólicos totais determinados na cerveja de caju durante o armazenamento, em temperatura ambiente (± 26 °C), sem incidência de luz, em garrafas de vidros âmbar, por 90 dias.

Tabela 6 - Teor de compostos fenólicos totais (mg GAE/L) para a cerveja de caju durante o armazenamento por 90 dias

Cerveja	Tempo (dias)	Fenólicos totais (mg GAE/L)
10AX	0	518,67 \pm 92,42bc
	30	409,60 \pm 14,92d
	60	418,09 \pm 11,23d
	90	401,78 \pm 16,26d
20BY1	0	499,99 \pm 3,68bcd
	30	455,81 \pm 23,47cd
	60	468,72 \pm 42,06bcd
	90	480,96 \pm 26,03bcd
30CZ	0	624,69 \pm 16,82 ^a
	30	541,10 \pm 19,93abc
	60	562,51 \pm 20,42ab
	90	563,19 \pm 20,82ab

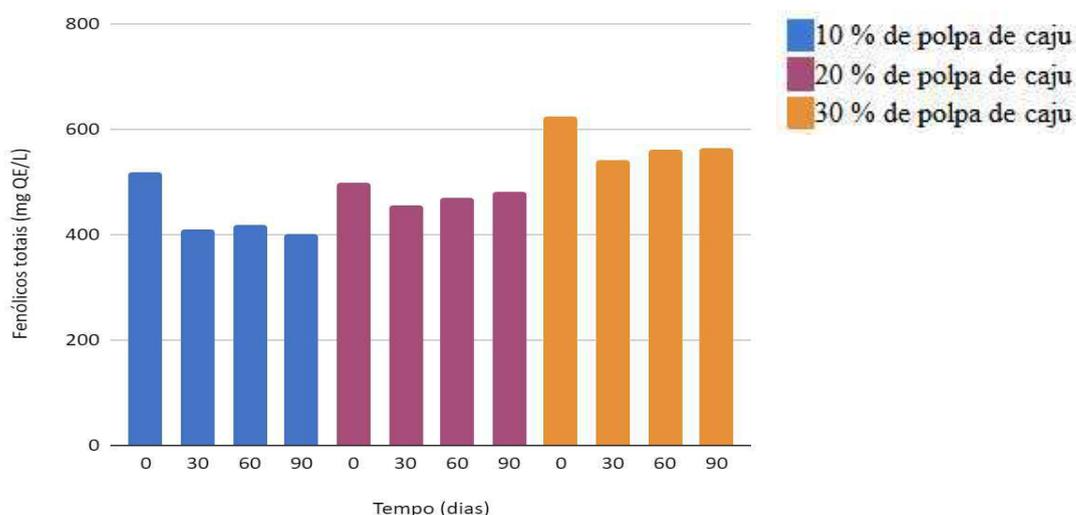
Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey

Observando a Tabela 6, nota-se que o mesmo comportamento foi verificado para as três formulações de cerveja de caju. A partir de 30 dias de armazenamento não há diferença significativa ($p > 0,05$). Entre as formulações com 10 e 20% de polpa de caju, o tempo 0 não diferiu significativamente. Além disso, a formulação com 20% de polpa de caju não apresentou diferença significativa, para os fenólicos totais entre os tempos de armazenamento. Para as formulações com 10 e 30% de polpa de caju, nota-se um decréscimo significativo na concentração dos fenólicos totais do tempo 0 para 30 dias de armazenamento. Porém, a partir dos 30 dias não há diferença significativa entre os teores.

É comum que os fenólicos totais em cervejas, adicionadas de frutas, apresente um comportamento de constância, sem diferença significativa entre os tempos de armazenamento, como notado para a cerveja de caju neste estudo. Possivelmente devido ao método de Folin, por determinar a quantidade de núcleos fenólicos ao contrário da detecção individual de flavonoides, flavonóis e ácidos fenólicos, que é afetada pela polimerização dos compostos, causada pela oxidação durante o armazenamento (VANDERHAEGEN et al., 2003; CETÓ et al., 2012).

A Figura 6 ilustra o comportamento dos compostos fenólicos totais da cerveja de caju para as formulações 10AX (10%), 30CZ (30%) e 20BY1 (20%), durante o período de armazenamento, em temperatura ambiente ($\pm 26\text{ }^{\circ}\text{C}$), sem incidência de luz, em garrafas de vidros âmbar, por 90 dias.

Figura 6 - Teor de fenólicos totais (mg GAE/L) para a cerveja de caju, durante o armazenamento



10AX - formulada com 10% de polpa de caju, produzida com 11 °Brix no mosto e fermentada a 12 °C; 20BY1 - formulada com 20% de polpa de caju, produzida com 14 °Brix no mosto e fermentada a 14 °C 30CZ = formulada com 30% de polpa de caju, produzida com 17 °Brix no mosto e fermentada a 16 °C.

Observa-se na Figura 6 que o tempo zero registrou os maiores teores de fenólicos para as três formulações. Além disso, a formulação com maior teor de polpa de caju obteve os maiores valores, durante o armazenamento. Com exceção do tempo 0, os demais tempos de armazenamento não diferiram significativamente para todas as formulações analisadas.

A cerveja de caju obteve fenólicos totais entre 401,78 e 624,69 mg GAE/L. Valores condizentes com o notado por Pereira et al. (2020) que produziram uma cerveja artesanal adicionada de pedúnculo de caju e casca de laranja, com concentração variando entre 0 a 10%. Para as cervejas elaboradas apenas com adição do pedúnculo, obtiveram teor de fenólicos totais entre 516,40 a 722,30 mg GAE/L.

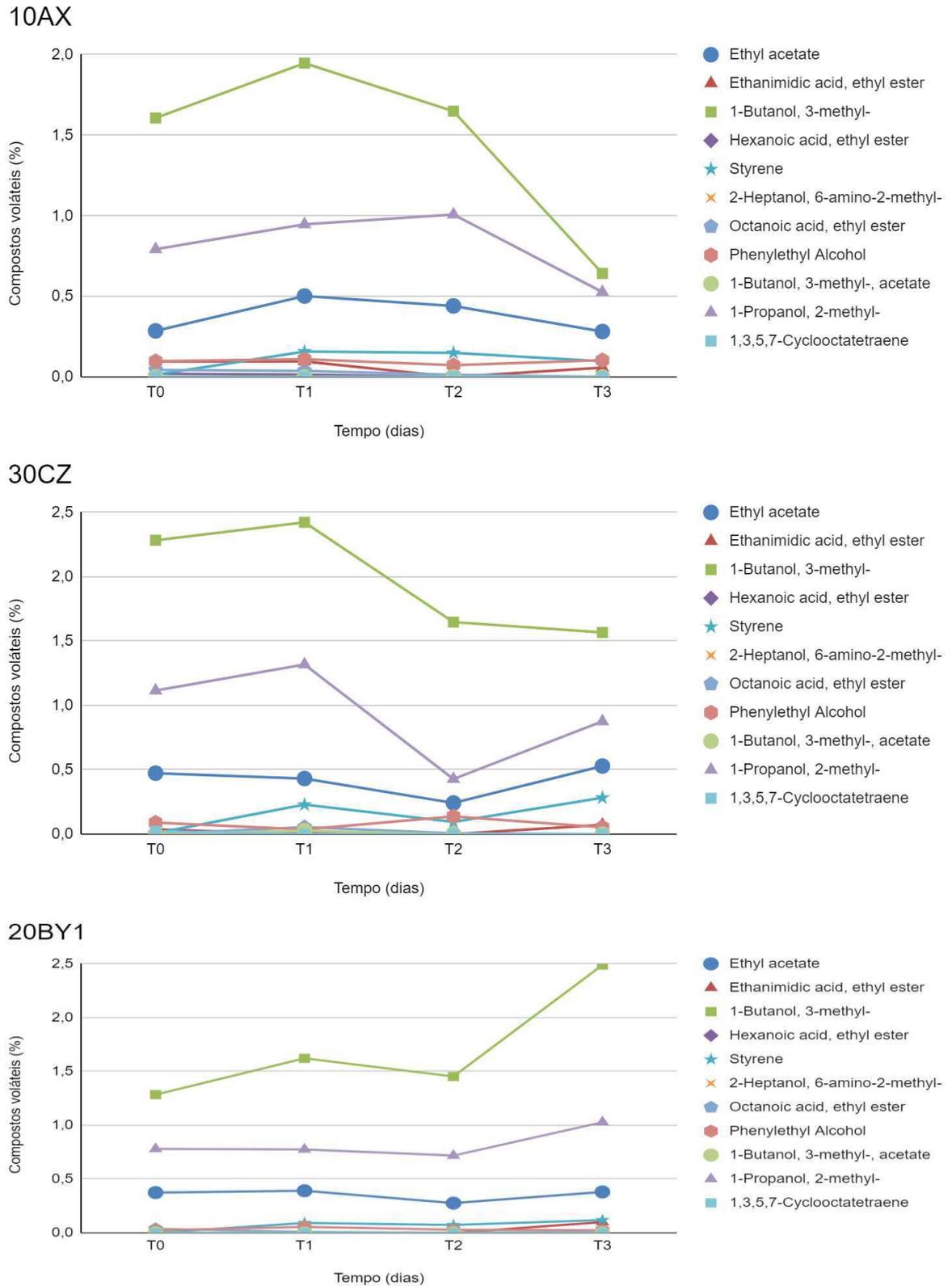
Yin et al. (2021), verificaram TPC compreendido na faixa de 460 a 696 mg GAE/L, para cervejas adicionadas de framboesa. Nardini e Garaguso (2020) analisando os fenólicos totais em cervejas de frutas, observaram teores na faixa entre 399-767 mg GAE/L. Gasinski et al. (2020) ao analisarem o teor de fenólicos totais em cervejas artesanais, elaboradas com adição de polpa de manga, constataram uma concentração de 218,60 mg GAE/L.

3.6 Compostos voláteis

A Tabela 7 (Apêndice) apresenta as médias e desvio padrão para os compostos voláteis determinados na cerveja de caju durante o armazenamento. Foram detectados onze compostos das classes químicas de álcoois superiores (*ethanol; 1-butanol, 3-methyl-; phenylethyl alcohol; 1-butanol, 3-methyl-, acetate; 1-propanol, 2-methyl-*), ésteres (*hexanoic acid, ethyl ester; octanoic acid, ethyl ester; ethanimidic acid, ethyl ester*), hidrocarbonetos (*styrene; 1,3,5,7-cyclooctatetraene*) e aminas (*2-heptanol, 6-amino-2-methyl*).

A Figura 7 apresenta o comportamento dos compostos voláteis da cerveja de caju para as formulações 10AX, 30CZ e 20BY1, durante o período de armazenamento, em temperatura ambiente (± 26 °C), sem incidência de luz, em garrafas de vidros âmbar, por 90 dias.

Figura 7 - Perfis da concentração de compostos voláteis (%) em função do tempo de armazenamento (dias) para a cerveja de caju



X - formulada com 10% de polpa de caju, produzida com 11 °Brix no mosto e fermentada a 12 °C; 20BY1 - formulada com 20% de polpa de caju, produzida com 14 °Brix no mosto e fermentada a 14 °C; 30CZ - formulada com 30% de polpa de caju, produzida com 17 °Brix no mosto e fermentada a 16 °C; T0 = 0 dias; T1 = 30 dias; T2 = 60 dias; T3 = 90 dias

Analisando a Figura 7, observa-se que, para a cerveja 10AX, foram detectados oito compostos voláteis, os quais *ethyl acetate*; *ethanimidic acid*, *ethyl ester*; *1-butanol*, *3-methyl-*; *hexanoic acid*, *ethyl ester*; *styrene*; *octanoic acid*, *ethyl ester*; *phenylethyl alcohol* e *1-propanol*, *2-methyl*. Os compostos voláteis mais abundantes, nesta formulação, foram o *1-butanol*, *3-methyl-* com 0,6418 a 1,9476%, *1-propanol*, *2-methyl* com 0,5263 a 1,0075% e *ethyl acetate* com 0,2814 a 0,5014%. Para o *ethyl acetate* e para o *1-butanol*, *3-methyl-* a maior concentração foi notada no T1, já para o *1-propanol*, *2-methyl-* foi notada no T2. A concentração dos compostos voláteis diferiu significativamente ao longo do tempo de armazenamento. Do T0 para o T1, com exceção dos compostos *hexanoic acid*, *ethyl ester* e *octanoic acid*, *ethyl ester*, que apresentaram declínio significativo na concentração, todos os demais apresentaram aumento significativo na concentração. Do T1 para o T2, com exceção do *1-propanol*, *2-methyl-*, os demais compostos apresentaram declínio na concentração. Já do T2 para o T3, notou-se aumento na concentração apenas para o *ethanimidic acid* e para o *phenylethyl alcohol*.

Para a cerveja 30CZ, foram detectados onze compostos voláteis, os quais *ethyl acetate*; *ethanimidic acid*, *ethyl ester*; *1-butanol*, *3-methyl-*; *hexanoic acid*, *ethyl ester*; *styrene*; *2-heptanol*, *6-amino-2-methyl*; *octanoic acid*, *ethyl ester*; *phenylethyl alcohol*; *1-butanol*, *3-methyl-*, *acetate*; *1-propanol*, *2-methyl-*; *1, 3, 5, 7-cyclooctatetraene*. A concentração dos compostos voláteis, na cerveja 30CZ, diferiu significativamente entre os tempos de armazenamento. Os compostos mais abundantes foram o *1-butanol*, *3-methyl-* (1,5474 a 2,4232%), *1-propanol*, *2-methyl-* (0,4278 a 1,3184%), *ethyl acetate* (0,2418 a 0,5287%) e *phenylethyl alcohol* (0,0362 a 0,1372%). A maior concentração detectada foi observada no T1, para o composto *1-butanol*, *3-methyl-*, com 2,4232%. Do T0 para o T1, nota-se um acréscimo da concentração de *1-butanol*, *3-methyl-*; *1-propanol*, *2-methyl-* e *styrene* e decréscimo na concentração dos demais compostos. Do T1 para o T2, estes mesmos compostos, acrescidos do *ethyl acetate*, apresentaram declínio na concentração, os demais compostos apresentaram acréscimo. Do T2 para o T3, apenas o *1-butanol*, *3-methyl-* e

phenylethyl alcohol decresceram na concentração, os demais compostos demonstraram acréscimo.

Para a cerveja 20BY1, foram detectados sete compostos voláteis, os quais *ethyl acetate*; *ethanimidic acid, ethyl ester*; 1-butanol, 3-*methyl-*; *styrene*; *octanoic acid, ethyl ester*; *phenylethyl alcohol* e 1-propanol, 2-*methyl-*. A concentração dos compostos voláteis, na cerveja 20BY1, diferiu significativamente entre os tempos de armazenamento, com exceção do composto *phenylethyl alcohol*, que não diferiu entre os tempos 0, 2 e 3. Os compostos mais abundantes foram o 1-butanol, 3-*methyl-* (1,2841 a 2,4885%); 1-propanol, 2-*methyl-* (0,7175 a 1,0278%) e *ethyl acetate* (0,2757 a 0,3907%). O composto 1-butanol, 3-*methyl-* registrou, no T3, a maior concentração detectada entre os compostos voláteis, com 2,4885%. Do T0 para o T1 nota-se um acréscimo na concentração para os compostos 1-butanol, 3-*methyl-*, *styrene* e *phenylethyl alcohol*. Do T1 para o T2, nota-se um declínio na concentração de todos os compostos voláteis. Já do T2 para o T3 nota-se um acréscimo da concentração, excetuando-se apenas o *phenylethyl alcohol*.

Durante os primeiros 60 dias do envelhecimento da cerveja de caju, nota-se uma diminuição na concentração dos compostos voláteis. Isso ocorre devido a diversas reações químicas envolvendo os compostos voláteis, que podem alterar as características de aroma e sabor. Os ésteres podem sofrer hidrólise ou até mesmo sofrerem uma quebra nas moléculas, que é catalisada por esterases liberadas pela levedura durante a fermentação principal, ou mesmo na fermentação residual. Como os compostos ésteres são os principais influenciadores do sabor frutado da cerveja, essas reações químicas podem acarretar na diminuição da concentração destes compostos e conseqüentemente alterar as características de aroma e sabor (VANDERHAEGEN et al., 2003). Como relatado, os ésteres da cerveja de caju, durante o armazenamento, em todas as formulações, apresentaram diminuição na concentração ao longo do período. As formulações com 10 e 30% de polpa de caju apresentaram maiores concentrações de ésteres.

Percebe-se que entre 60 e 90 dias de armazenamento, principalmente alguns álcoois superiores e alguns ésteres apresentaram um crescimento na concentração. Isso pode ser explicado pela formação destes compostos, viabilizada por ácidos precursores, derivados da degradação oxidativa dos α -ácidos e β -ácidos do lúpulo na cerveja. A presença de oxigênio no espaço entre o líquido e a tampa da garrafa (*Headspace*) também favorece reações de oxidação que degradam ou formam novos compostos (VANDERHAEGEN et al., 2003). As formulações com 20 e 30% de polpa de caju apresentaram maior formação destes compostos

após os 60 dias. Ferreira et al. (2022) analisando a influência da temperatura (4, 20 e 37 °C) no armazenamento da cerveja, observaram que a concentração de ésteres tendeu a aumentar durante os tempos analisados (envelhecimento natural: 6 meses; envelhecimento forçado: 14 dias), nas diferentes temperaturas.

Para todas as cervejas, entre 30 e 60 dias de armazenamento, observa-se uma diminuição na concentração dos álcoois superiores. Uma das razões para esse decréscimo são as reações químicas que atuam pela formação de compostos condensados entre os álcoois e ácidos orgânicos, formando ésteres (VALENTONI et al., 2022). Attchelouwa et al. (2020) analisando o armazenamento de cerveja de sorgo, durante dez dias, verificaram diminuição na proporção de área de pico (%) de álcoois superiores.

3.7 Análise sensorial

3.7.1 Teste de aceitação e intenção de compra

A Tabela 8 apresenta o resultado para o teste de aceitação da cerveja de caju. As cervejas foram julgadas quanto aos atributos: cor, sabor, aroma, corpo e impressão global.

Tabela 8 - Médias e desvio padrão para o teste de aceitação da cerveja no tempo inicial do armazenamento

Cerveja	Atributos avaliados				
	Cor	Sabor	Aroma	Corpo	Impressão global
10AX	7,3 ± 1,40a	6,98 ± 1,61ab	6,77 ± 1,67a	6,88 ± 1,59b	7,24 ± 1,34a
20BY1	7,39 ± 1,12a	7,28 ± 1,29a	6,98 ± 1,57a	7,41 ± 1,16a	7,33 ± 0,97a
30CZ	6,47 ± 1,40b	6,54 ± 1,64b	6,19 ± 1,55b	6,44 ± 1,34b	6,60 ± 1,47c

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey

Analisando a Tabela 8, nota-se que as cervejas com 10 e 20% de polpa de caju obtiveram julgamentos semelhantes para o teste de aceitação, com exceção do atributo corpo, não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) para todos os atributos avaliados. Por outro lado, a cerveja com 30% de polpa de caju foi estatisticamente diferente das demais amostras,

mantendo seus julgamentos entre 6 e 7, indicando que os provadores gostaram ligeiramente ou gostaram moderadamente, respectivamente. As cervejas com menor teor de polpa de caju foram melhores aceitas. A cerveja com 20% de polpa de caju obteve os maiores escores, entre 7 e 8, que na escala de aceitação indicam "gostei moderadamente" e "gostei muito", respectivamente (DUTCOSKY, 2011).

Esse comportamento sugere que o maior percentual de polpa de caju na cerveja, afetou as características sensoriais, como evidenciado pelos escores obtidos para o atributo 'cor', o qual envolve o aspecto visual da cerveja. A cor, na cerveja com 30% de polpa de caju obteve escore significativamente inferior às cervejas com menor percentual de polpa, devido apresentar uma coloração mais turva e menos dourada que as cervejas com 10 e 20% de polpa. Conforme explicaram Zapata et al. (2019), a cor é o primeiro contato do provador com a cerveja, aquela que passa a primeira impressão e desperta menor ou maior interesse na ingestão.

Contudo é importante ressaltar que a escala hedônica utilizada no teste de aceitação é estruturada em nove pontos, alocados entre os extremos "gostei muitíssimo – 9" e "desgostei muitíssimo – 1" (DUTCOSKY, 2011). Assim, os escores observados para a cerveja de caju, no teste de aceitação estão situados entre 6 e 8, que correspondem às sensações de "gostei ligeiramente e gostei muito". Isso indica que a cerveja de caju teve boa aceitação sensorial entre os participantes.

Humia et al. (2020), avaliando a aceitação sensorial de cerveja adicionada de batata doce, em 30, 50 e 70%, para os atributos aroma, sabor, cor, textura e aceitação geral, obtiveram escores entre 5 (nem gostei, nem desgostei) e 8 (gostei muito). A cerveja com 50% de batata doce teve a melhor aceitação sensorial.

A Figura 8 ilustra o resultado para intenção de compra da cerveja de caju, realizada com os julgadores durante o teste de aceitação.

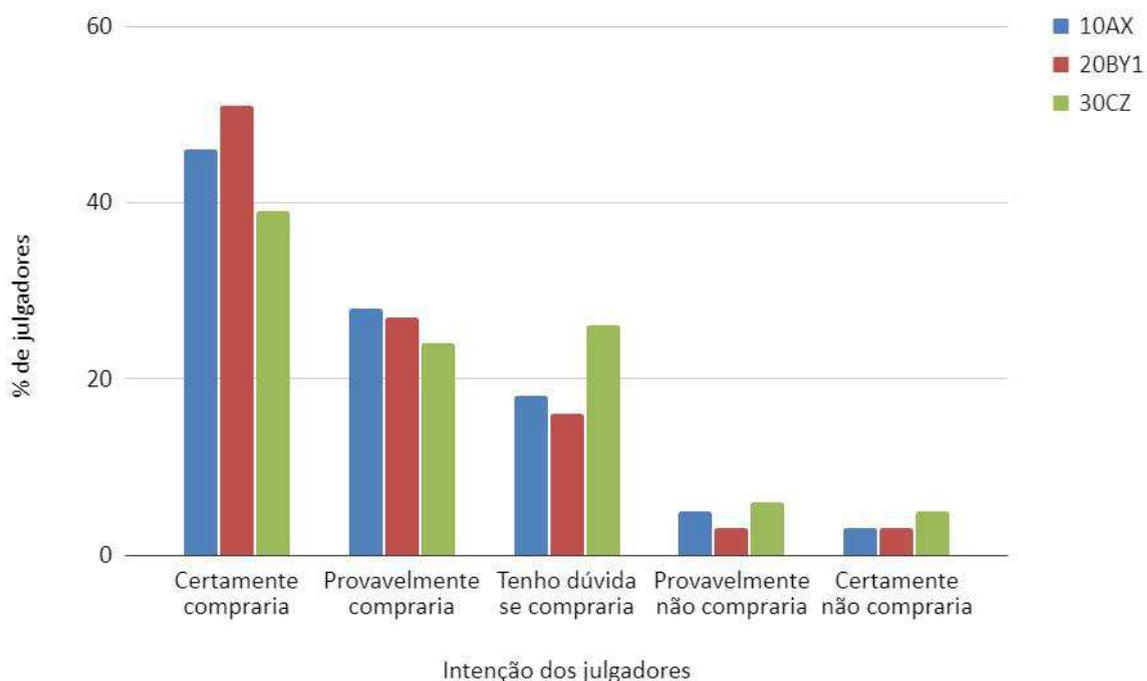


Figura 8 - Teste de intenção de compra da cerveja de caju

10AX - formulada com 10% de polpa de caju, produzida com 11 °Brix no mosto e fermentada a 12 °C; 20BY1 - formulada com 20% de polpa de caju, produzida com 14 °Brix no mosto e fermentada a 14 °C; 30CZ - formulada com 30% de polpa de caju, produzida com 17 °Brix no mosto e fermentada a 16 °C

Para o teste de intenção de compra observa-se a mesma tendência registrada no teste de aceitação, em que o maior percentual de polpa de caju na cerveja, resultou na menor aceitação. Cerca de 51% dos participantes afirmaram que certamente comprariam a cerveja de caju formulada com 20% de polpa, enquanto 46% afirmaram que comprariam a cerveja formulada com 10% de polpa. Em relação a cerveja formulada com 30% de polpa de caju, 39% dos participantes demonstraram que comprariam. Considerando os escores 3, 2, e 1, que significavam “tenho dúvida se compraria”, “provavelmente não compraria” e “certamente não compraria”, respectivamente, a cerveja com 30% apresentou maior pontuação no somatório desses escores, obtendo 37%. Enquanto que as cervejas com menor percentual de polpa de caju, 10 e 20%, obtiveram 26 e 22%, respectivamente, para tais escores mais negativos.

Assim, a cerveja com 20% de polpa de caju concentrou maior intenção de compra, em uma possível disponibilização ao consumidor, enquanto que a cerveja com 30% de polpa de caju foi a menos preferida para intenção de compra.

3.7.2 Perfil de aroma e sabor da cerveja envelhecida

A Tabela 9 apresenta os descritores eleitos para avaliar a cerveja de caju em suas diferentes formulações, durante a fase qualitativa da ADQ. Os doze provadores avaliaram as cervejas mediante uma lista de descritores elaborados com base na classificação para cervejas *Lager*, do *Beer Judge Certification Program* (BJCP, 2021) e em descritores propostos por Vanderhaegen et al. (2003), que representavam características sensoriais, entre outras, de bebidas desta natureza. Assim, os provadores discutiram e selecionaram os descritores para representar as características sensoriais da cerveja de caju.

Tabela 9 - Descritores eleitos pelos provadores na ADQ

Aroma		Sabor	
Atributo	Descritores	Atributo	Descritores
Refere-se ao	frutado	Refere-se a união	doce
aroma volátil	solvente	do aroma, sensação	salgado
(odor), percebido	papelão	e gosto, que são	azedo
na cavidade	madeira	percebidos	amargo
nasal, quando a	caramelo	simultaneamente	pungente
cerveja é	vinagre	durante a ingestão	adstringente
colocada próxima	ranço	da cerveja	álcool
a boca e nariz			

Após a definição dos descritores sensoriais, na fase quantitativa da ADQ, os principais descritores foram submetidos ao teste de intensidade para verificação da predominância de cada descritor nas formulações de cerveja de caju, após o armazenamento.

A Tabela 10 (Apêndice) apresenta as médias e o desvio padrão para os perfis de aroma e sabor das cervejas avaliadas. Para os descritores de aroma frutado, lúpulo, floral e malte as cervejas não diferiram significativamente ($p > 0,05$). Para o sabor álcool também não foi verificada diferença significativa. Os demais descritores de aroma e sabor diferiram significativamente. A Figura 9 apresenta a representação gráfica do perfil sensorial da cerveja de caju, em suas diferentes formulações.

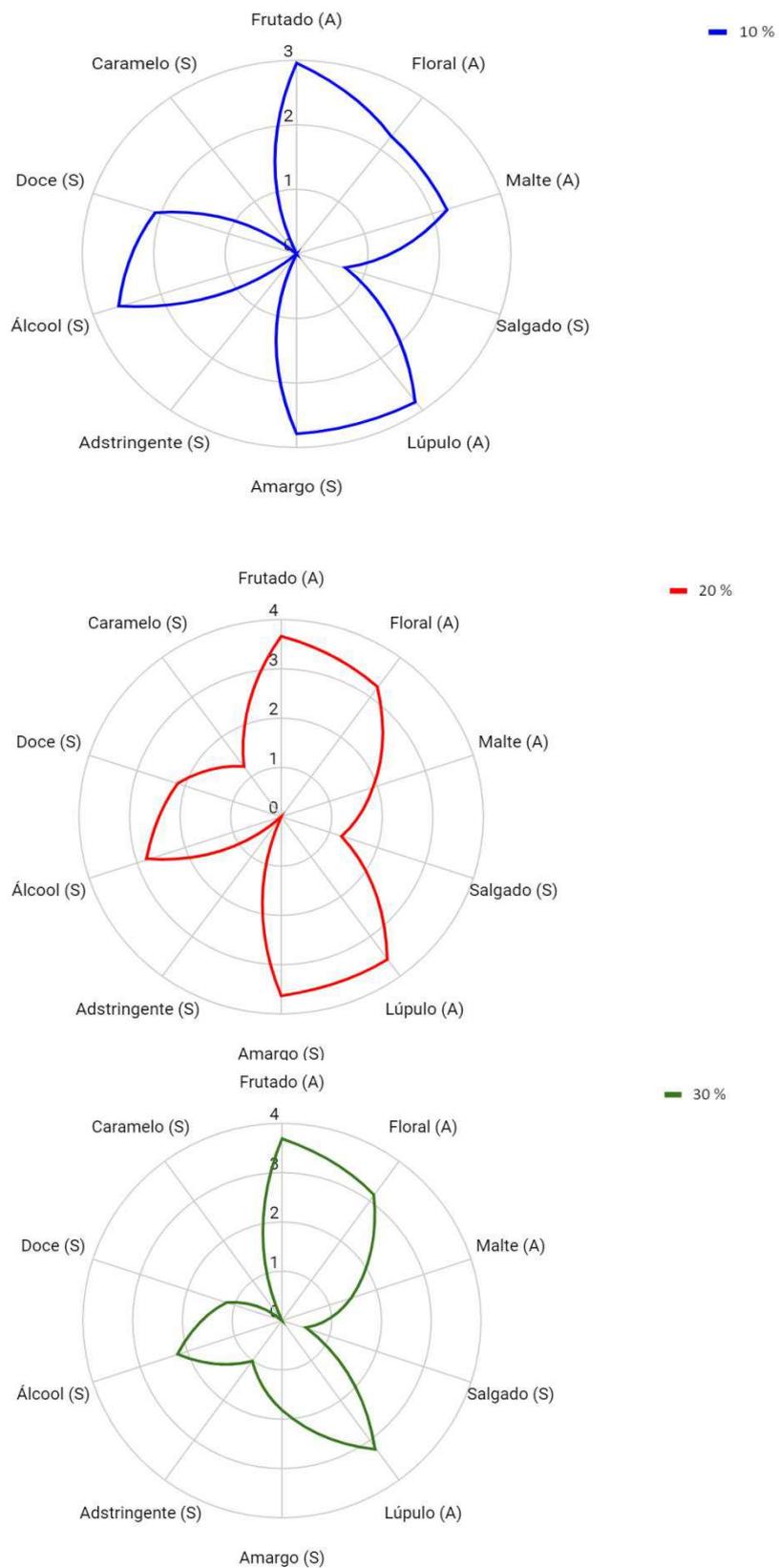


Figura 9 - Gráfico radar do perfil de sabor e aroma para a cerveja de caju, com diferentes concentrações de polpa, após 90 dias de armazenamento

10AX - formulada com 10% de polpa de caju, produzida com 11 °Brix no mosto e fermentada a 12 °C; 20BY1 - formulada com 20% de polpa de caju, produzida com 14 °Brix no mosto e fermentada a 14 °C; 30CZ - formulada com 30% de polpa de caju, produzida com 17 °Brix no mosto e fermentada a 16 °C;

T0 = 0 dias; T1 = 30 dias; T2 = 60 dias; T3 = 90 dias

Observa-se na Figura 9 que as cervejas após 90 dias de armazenamento, ainda apresentam atributos positivos em relação ao sabor e aroma. A cerveja com 10% de polpa de caju, difere da cerveja com 20% de polpa de caju, por apresentar aroma de malte mais intenso e aroma floral menos intenso. Quanto ao sabor, apresenta nenhuma intensidade para caramelo. Os sabores doce e álcool, foram semelhantes nas duas formulações. O sabor salgado foi mais percebido na formulação com 20% de polpa de caju. O sabor adstringente foi notado apenas na formulação com 30% de polpa de caju. Os aromas frutado e floral apresentaram maior intensidade nas formulações com maior teor de polpa de caju. O sabor amargo teve baixa intensidade na formulação com 30% de polpa de caju.

Durante o armazenamento de cervejas, vários são os fatores que podem influenciar na alteração no sabor e aroma. Um deles é a temperatura, que quando mantida em faixas mais quentes, em torno de 20 °C, tende a favorecer aromas e sabores fortes de malte, álcool e doce (SCHUBERT et al., 2022). As cervejas com 10 e 20% de polpa de caju apresentaram maior intensidade para tais descritores.

A formulação com 30% de polpa de caju apresentou baixa intensidade para aroma de malte, lúpulo e floral e para sabor amargo e álcool. Provavelmente a baixa intensidade percebida para esta formulação após os 90 dias de armazenamento pode ser devida a pequenas mudanças na concentração de compostos voláteis, que podem ter um grande impacto no sabor e aroma da bebida (ATTCHELOUWA et al., 2020).

Espera-se que cervejas *Lager* apresentem atributos sensoriais que incluam: sensação refrescante, alto amargor, caráter lupulado, maltado, menor teor de doçura e aroma frutado (GUAN et al., 2023; VRZAL et al., 2021). Assim sendo, a formulação com 20% de polpa de caju apresentou melhor estabilidade sensorial, para tais descritores, após 90 dias de armazenamento em temperatura ambiente (± 26 °C).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os carboidratos da cerveja de caju demonstraram uma tendência de aumento da concentração para rhamnose e glicose, e diminuição da concentração para maltose e frutose. A maltose e a frutose decaíram ao longo dos 90 dias, enquanto os demais aumentaram a concentração, possivelmente devido à ocorrência de reações químicas de degradação ou formação de novos compostos.

Os álcoois apresentaram um comportamento de crescimento da concentração durante o armazenamento, com o etanol em proporções maiores que o glicerol. Fato esperado devido à fermentação alcoólica produzir o etanol em maiores percentuais que o glicerol. Foi constatado que o glicerol foi mais abundante na cerveja com 30% de polpa de caju, enquanto o etanol foi mais abundante na cerveja com 20% de polpa de caju.

Os ácidos orgânicos pouco variaram durante os 90 dias de armazenamento da cerveja de caju. Os ácidos succínico, málico e cítrico, foram os mais abundantes na cerveja de caju.

A atividade antioxidante apresentou baixa variação durante o armazenamento. O tempo inicial apresentou os maiores índices de atividade antioxidante para todas as cervejas. A cerveja com 30% de polpa de caju apresentou o maior potencial antioxidante em todos os métodos utilizados, seguida da cerveja com 20% de polpa. Isso indica que quanto maior a concentração de polpa de caju na cerveja, maior será o seu potencial antioxidante.

Os compostos fenólicos *epigallocatechin gallate*, *caftaric acid* e *procyanidin B1* foram os mais abundantes na cerveja de caju. A cerveja com 30% de polpa de caju apresentou as maiores concentrações de compostos fenólicos individuais. Após 60 dias de armazenamento, foi notado um decréscimo na concentração, principalmente de flavonoides, possivelmente devido à participação desses em reações químicas de polimerização, acarretando na diminuição da concentração.

Os fenólicos totais mantiveram-se constantes após 30 dias de armazenamento. O tempo inicial registrou as maiores concentrações para o conteúdo de fenólicos totais na cerveja de caju. A formulação com 30% de polpa apresentou o maior conteúdo. Fato que já era esperado, tanto por esta mesma cerveja apresentar o maior potencial antioxidante e também a maior concentração de compostos fenólicos em sua detecção individualizada. Isso pode ser atribuído ao seu alto teor de polpa de caju em comparação às demais cervejas, que contribui para o destaque das propriedades fenólicas e antioxidantes.

Os compostos voláteis apresentaram diminuição na concentração com 60 dias de armazenamento. Após 60 dias, alguns ésteres e álcoois apresentaram acréscimos na concentração, possivelmente devido às reações de condensação com ácidos orgânicos, que

formam ésteres. Percebeu-se que maiores concentrações de polpa de caju na cerveja podem contribuir para maior formação de compostos voláteis até 60 dias de armazenamento.

As cervejas foram bem aceitas sensorialmente, com escores alocados entre 6 e 8, indicando que os provadores gostaram moderadamente ou gostaram muito das cervejas. A cerveja com 20% de polpa de caju foi a melhor aceita e obteve as maiores pontuações no teste de aceitação. O mesmo comportamento foi verificado para o teste de intenção de compra.

Pequenas alterações no aroma e sabor foram percebidas na cerveja de caju após 90 dias de armazenamento, principalmente na cerveja naquelas com 30% de polpa de caju, que apresentaram baixa intensidade para descritores característicos de aroma e sabor. A cerveja com 20% de polpa de caju foi a que reuniu as melhores intensidades de descritores de aroma e sabor após o armazenamento.

APÊNDICES

Tabela 2 - Médias e desvio padrão para carboidratos da cerveja de caju, durante o armazenamento por 90 dias

Carboidratos (g/L)					
Cerveja	Tempo (dias)	Maltose	Glucose	Fructose	Rhamnose
10AX	0	nd	$0,2459 \pm 0,0003b$	$0,2667 \pm 0,0002b$	$0,1624 \pm 0,0004h$
	30	nd	$0,1288 \pm 0,0007i$	nd	$0,1512 \pm 0,0006i$
	60	nd	$0,1576 \pm 0,0004h$	nd	$0,2105 \pm 0,0002f$
	90	nd	$0,1637 \pm 0,0004g$	nd	$0,2338 \pm 0,0004d$
30CZ	0	$0,1794 \pm 0,0005b$	$0,1791 \pm 0,0001f$	$0,2595 \pm 0,0003c$	$0,0785 \pm 0,0004j$
	30	nd	$0,1916 \pm 0,0001d$	nd	$0,2443 \pm 0,0021b$
	60	nd	$0,1935 \pm 0,0005d$	nd	$0,2383 \pm 0,0003c$
	90	nd	$0,1843 \pm 0,0002e$	nd	$0,2161 \pm 0,0004e$
20BY1	0	$0,6612 \pm 0,0005^a$	$0,3529 \pm 0,0001a$	$0,2951 \pm 0,0003a$	$0,0681 \pm 0,0001l$
	30	nd	$0,1248 \pm 0,0007j$	nd	$0,1787 \pm 0,0004g$
	60	nd	$0,1173 \pm 0,0005l$	nd	$0,1642 \pm 0,0002h$
	90	nd	$0,2060 \pm 0,0020c$	nd	$0,3633 \pm 0,0003a$

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey; nd - não detectado

Tabela 3 - Médias e desvio padrão para álcoois da cerveja de caju, durante o armazenamento por 90 dias

Álcoois			
Cerveja	Tempo (dias)	Glicerol	Ethanol
10AX	0	$0,6441 \pm 0,0003g$	$97,0356 \pm 0,0004e$
	30	$0,4148 \pm 0,0007i$	$96,1914 \pm 0,0005i$
	60	$0,6145 \pm 0,0005h$	$96,6663 \pm 0,0005g$
	90	$0,6632 \pm 0,0001f$	$98,2945 \pm 0,0005a$
30CZ	0	$0,7962 \pm 0,0001d$	$95,9268 \pm 0,0008j$
	30	$0,8446 \pm 0,0004b$	$95,3614 \pm 0,0005m$

	60	0,8655 ± 0,0003 ^a	97,4175 ± 0,0005 ^b
	90	0,7546 ± 0,0005 ^e	96,6219 ± 0,0004 ^h
20BY1	0	0,8341 ± 0,0011 ^c	97,3845 ± 0,0004 ^c
	30	0,3409 ± 0,0001 ^j	96,9600 ± 0,0265 ^f
	60	0,3137 ± 0,0007 ^l	97,3573 ± 0,0029 ^d
	90	0,7971 ± 0,0001 ^d	95,8418 ± 0,0002 ⁱ

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey; nd - não detectado

Tabela 4 - Médias e desvio padrão para ácidos orgânicos da cerveja de caju, durante o armazenamento por 90 dias

Cerveja	Tempo (dias)	Ácidos (g/L)			
		Citric	Malic	Succinic	Lactic
10AX	0	0,4074 ± 0,0006 ^g	1,0577 ± 0,0003 ^h	1,4823 ± 0,0006 ⁱ	0,1543 ± 0,0006 ^c
	30	0,2534 ± 0,0005 ^j	0,6997 ± 0,0001 ^j	1,0457 ± 0,0001 ^j	0,1126 ± 0,0007 ^h
	60	0,3774 ± 0,0005 ⁱ	1,0259 ± 0,0001 ⁱ	1,6942 ± 0,0002 ^h	0,1446 ± 0,0003 ^f
	90	0,4032 ± 0,0004 ^h	1,1092 ± 0,0002 ^f	1,9072 ± 0,0004 ^e	0,1532 ± 0,0005 ^c
30CZ	0	0,7173 ± 0,0003 ^c	1,2219 ± 0,0001 ^e	2,2405 ± 0,0005 ^d	0,1515 ± 0,0004 ^d
	30	0,7216 ± 0,0003 ^b	1,2588 ± 0,0003 ^c	2,8438 ± 0,0007 ^b	0,1463 ± 0,0004 ^e
	60	0,7297 ± 0,0002 ^a	1,2751 ± 0,0003 ^a	3,0371 ± 0,0004 ^a	0,1476 ± 0,0004 ^e
	90	0,6322 ± 0,0001 ^e	1,1043 ± 0,0001 ^g	2,6282 ± 0,0003 ^c	0,1371 ± 0,0005 ^g
20BY1	0	0,6345 ± 0,0002 ^d	1,2696 ± 0,0003 ^b	1,8632 ± 0,0007 ^g	0,1943 ± 0,0004 ^a
	30	0,2493 ± 0,0002 ^l	0,5469 ± 0,0003 ^l	0,7442 ± 0,0005 ^l	nd
	60	0,2309 ± 0,0004 ^m	0,4816 ± 0,0003 ^m	0,6953 ± 0,0004 ^m	nd
	90	0,5862 ± 0,0002 ^f	1,2263 ± 0,0003 ^d	1,8676 ± 0,0005 ^f	0,1735 ± 0,0004
10AX	0	0,4623 ± 0,0006 ^d	0,2217 ± 0,0006 ^h	nd	
	30	0,2961 ± 0,0002 ^j	0,1712 ± 0,0003 ⁱ	0,6849 ± 0,0005 ^c	
	60	0,4087 ± 0,0007 ^h	0,2571 ± 0,0004 ^g	0,7119 ± 0,0007 ^b	

	90	0,4263 ± 0,0003g	0,2855 ± 0,0003f	0,7583 ± 0,0006a
30CZ	0	0,4891 ± 0,0003b	0,3021 ± 0,0006e	nd
	30	0,4531 ± 0,0003e	0,3805 ± 0,0002b	nd
	60	0,4449 ± 0,0002f	0,4219 ± 0,0007a	nd
	90	0,3869 ± 0,0008i	0,3792 ± 0,0005b	nd
	0	0,5342 ± 0,0006 ^a	0,3246 ± 0,0005d	nd
20BY1	30	0,2282 ± 0,0003l	0,1654 ± 0,0003j	nd
	60	0,2106 ± 0,0002m	0,1588 ± 0,0007l	nd
	90	0,4682 ± 0,0006c	0,3489 ± 0,0007c	0,5320 ± 0,0001d

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey; nd - não detectado

Tabela 5 - Médias e desvio padrão para atividade antioxidante da cerveja de caju, durante o armazenamento por 90 dias

Cerveja	Tempo (dias)	Atividade antioxidante (mmol/L)		
		ABTS	DPPH	FRAP
10AX	0	2,132 ± 0,004cd	1,211 ± 0,042e	4,061 ± 0,182cd
	30	1,883 ± 0,008g	0,972 ± 0,023g	3,655 ± 0,222e
	60	2,026 ± 0,017ef	0,965 ± 0,007g	3,831 ± 0,170de
	90	1,996 ± 0,022f	1,015 ± 0,002g	4,013 ± 0,006cd
30CZ	0	3,411 ± 0,051a	2,265 ± 0,063c	8,240 ± 0,024a
	30	2,906 ± 0,039b	1,851 ± 0,020d	7,131 ± 0,032b
	60	2,925 ± 0,058b	2,527 ± 0,002a	7,313 ± 0,117b
	90	3,010 ± 0,079b	2,367 ± 0,020b	7,244 ± 0,040b
20BY1	0	2,205 ± 0,008c	1,000 ± 0,008g	4,141 ± 0,035cd
	30	2,125 ± 0,008cde	2,262 ± 0,045c	4,188 ± 0,093c
	60	2,088 ± 0,008def	1,119 ± 0,005f	4,204 ± 0,031c
	90	2,123 ± 0,010cde	1,113 ± 0,038f	4,133 ± 0,069cd

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey
nd = não detectado.

Tabela 6 - Médias e desvio padrão para compostos fenólicos da cerveja de caju, durante o armazenamento por 90 dias

Compostos fenólicos (mg/L)					
Phenolic acids					
Cerveja	Tempo (dias)	p_Coumaric acid	Caffeic acid	Caftaric acid	Chlorogenic acid
10AX	0	nd	0,3338 ± 0,0004h	2,6221 ± 0,0017c	0,5744 ± 0,0004e
	30	nd	0,1292 ± 0,0003j	2,4967 ± 0,1078d	0,4940 ± 0,0001h
	60	0,1182 ± 0,0000a	0,1974 ± 0,0004i	2,2642 ± 0,0002f	0,4921 ± 0,0001i
	90	nd	0,7715 ± 0,0002a	1,5764 ± 0,0005h	0,3431 ± 0,0001l
30CZ	0	nd	0,3655 ± 0,0003g	1,7282 ± 0,0002g	0,4792 ± 0,0002j
	30	nd	0,5362 ± 0,0003c	2,8605 ± 0,0003b	0,6831 ± 0,0001a
	60	nd	0,4574 ± 0,0005d	2,6120 ± 0,0017c	0,6073 ± 0,0001
	90	nd	0,4553 ± 0,0030d	2,6494 ± 0,0026c	0,5988 ± 0,0003d
20BY1	0	nd	0,5477 ± 0,0011b	3,0273 ± 0,0002a	0,6797 ± 0,0002b
	30	nd	0,4248 ± 0,0003f	2,3954 ± 0,0004e	0,5377 ± 0,0002g
	60	nd	0,4424 ± 0,0004e	2,4898 ± 0,0003d	0,5482 ± 0,0001f
	90	nd	0,1248 ± 0,0002l	0,7231 ± 0,0002i	0,1368 ± 0,0004m
Σ por composto		0,1182	4,786	27,4451	6,1744
Σ por classe		Phenolic acids = 38,5237			
Flavonols					
Cerveja	Tempo (dias)	Rutin	Myricetin	Kempferol	Isorhamnetin
10AX	0	0,4108 ± 0,0008e	0,1498 ± 0,0001l	Nd	0,1339 ± 0,0001f
	30	0,4304 ± 0,0002d	0,7136 ± 0,0006b	0,2362 ± 0,0002ab	0,1503 ± 0,0001e
	60	0,3861 ± 0,0003f	0,6136 ± 0,0003e	0,1950 ± 0,0002abc	0,1343 ± 0,0006f
	90	0,3054 ± 0,0004h	0,4996 ± 0,0005i	0,1309 ± 0,0001bc	0,1090 ± 0,0009h
30CZ	0	0,2917 ± 0,0003i	0,3760 ± 0,0002j	0,1369 ± 0,0004bc	0,1058 ± 0,0003i
	30	0,4671 ± 0,0006c	0,6716 ± 0,0004c	0,2178 ± 0,0003abc	0,1604 ± 0,0002d
	60	0,3875 ± 0,0001f	0,5957 ± 0,0002f	0,2494 ± 0,0004ab	0,1332 ± 0,0003f

	90	0,3634 ± 0,0002g	0,6306 ± 0,0002d	0,2507 ± 0,0001ab	0,1200 ± 0,0000g
20BY1	0	0,1343 ± 0,0025l	0,7257 ± 0,0002a	0,2624 ± 0,0004a	0,2198 ± 0,0008a
	30	0,4950 ± 0,0001b	0,5501 ± 0,0001h	0,2034 ± 0,0004abc	0,1781 ± 0,0001c
	60	0,5117 ± 0,0001a	0,5761 ± 0,0002g	0,1967 ± 0,0001abc	0,1853 ± 0,0003b
	90	0,1559 ± 0,0001j	nd	0,1104 ± 0,1434cd	0,0613 ± 0,0002j
	Σ por composto	4,3393	6,1024	2,1898	1,6914
Σ por classe	Flavanols = 14,3229				
Flavanols					
Cerveja	Tempo (dias)	Procyanidin B1	Epigallocate. gallate	Catechin	
10AX	0	1,6783 ± 0,0005b	3,1220 ± 2,3097bcd	Nd	
	30	1,4020 ± 0,0004d	nd	0,3138 ± 0,0001c	
	60	1,1941 ± 0,0001h	6,0594 ± 0,0004a	0,2921 ± 0,0001f	
	90	0,9468 ± 0,0007i	4,8483 ± 0,0003ab	0,2753 ± 0,0015g	
30CZ	0	1,1171 ± 0,0006j	2,4023 ± 0,0005cd	0,3227 ± 0,0002b	
	30	1,3595 ± 0,0003e	5,8600 ± 0,0100a	Nd	
	60	1,3205 ± 0,0004f	5,7251 ± 0,0003a	Nd	
	90	1,4295 ± 0,0004c	5,6314 ± 0,0004a	Nd	
20BY1	0	1,7675 ± 0,0005 ^a	4,5911 ± 0,0002ab	0,3895 ± 0,0002a	
	30	1,1234 ± 0,0005i	3,3953 ± 0,0005bc	0,3091 ± 0,0004d	
	60	1,2606 ± 0,0001g	3,5581 ± 0,0003bc	0,3020 ± 0,0001e	
	90	0,4161 ± 0,0001m	1,2291 ± 0,0001de	Nd	
Σ por composto	15,0154	46,4221	2,2045		
Σ por classe	Flavanols = 63,642				

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey;nd - não detectado.

Tabela 8 - Médias e desvio padrão para compostos voláteis da cerveja de caju, durante o armazenamento por 90 dias

Compostos voláteis (%)					
Cerveja	Tempo (dias)	Ethyl acetate	Ethanol	Ethanimidic acid,	1-Butanol, 3-
				ethyl ester	methyl-

	0	0,2855 ± 0,0001i	97,0356 ± 0,0004e	0,0957 ± 0,0006b	1,6067 ± 0,0003g
	30	0,5014 ± 0,0004b	96,1914 ± 0,0005i	0,0959 ± 0,0003b	1,9476 ± 0,0003d
10AX	60	0,4403 ± 0,0015d	96,6663 ± 0,0005g	nd	1,6491 ± 0,0010e
	90	0,2814 ± 0,0002j	98,2945 ± 0,0005 ^a	0,0573 ± 0,0004d	0,6418 ± 0,0002l
	0	0,4735 ± 0,0005c	95,9268 ± 0,0008j	0,0363 ± 0,0001e	2,2836 ± 0,0002c
	30	0,4318 ± 0,0005e	95,3614 ± 0,0005m	nd	2,4232 ± 0,0004b
30CZ	60	0,2418 ± 0,0006m	97,4175 ± 0,0005b	nd	1,6476 ± 0,0004e
	90	0,5287 ± 0,0005a	96,6219 ± 0,0004h	0,0716 ± 0,0001c	1,5674 ± 0,0006h
	0	0,3736 ± 0,0004h	97,3845 ± 0,0004c	nd	1,2841 ± 0,0022j
	30	0,3907 ± 0,0002f	96,9600 ± 0,0265f	nd	1,6215 ± 0,0004f
20BY1	60	0,2757 ± 0,0030l	97,3573 ± 0,0029d	nd	1,4527 ± 0,0004i
	90	0,3795 ± 0,0004g	95,8418 ± 0,0002l	0,0992 ± 0,0001a	2,4885 ± 0,0004 ^a
Cerveja	Tempo (dias)	Hexanoic acid, ethyl ester	Styrene	2-Heptanol, 6-amino-2-methyl-	anoic acid, ethyl ester
	0	0,0183 ± 0,0006a	0,0126 ± 0,0004i	nd	0,0429 ± 0,0001b
	30	0,0137 ± 0,0002b	0,1573 ± 0,0029c	nd	0,0366 ± 0,0005c
10AX	60	nd	0,1490 ± 0,0008d	nd	0,0129 ± 0,0001d
	90	nd	0,0961 ± 0,0005f	nd	nd
	0	0,0198 ± 0,0041a	0,0070 ± 0,0004j	0,0068 ± 0,0004a	nd
	30	0,0198 ± 0,0002a	0,2288 ± 0,0004b	nd	0,0538 ± 0,0007 ^a
30CZ	60	nd	0,0942 ± 0,0006fg	nd	0,0064 ± 0,0003f
	90	nd	0,2823 ± 0,0010a	nd	nd
	0	nd	nd	nd	0,0374 ± 0,0003c
	30	nd	0,0914 ± 0,0001g	nd	0,0086 ± 0,0002e
20BY1	60	nd	0,0727 ± 0,0001h	nd	0,0014 ± 0,0004g
	90	nd	0,1184 ± 0,0004e	nd	0,0088 ± 0,0006e
Cerveja	Tempo (dias)	Phenylethyl Alcohol	1-Butanol, 3-methyl-, acetate	1-Propanol, 2-methyl-	5,7-Cyclooctatetra

10AX	0	0,0973 ± 0,0002d	nd	0,7924 ± 0,0004g	nd
	30	0,1096 ± 0,0003b	nd	0,9469 ± 0,0001e	nd
	60	0,0724 ± 0,0004f	nd	1,0075 ± 0,0005d	nd
	90	0,1033 ± 0,0035c	nd	0,5263 ± 0,0004l	nd
30CZ	0	0,0886 ± 0,0002e	nd	1,1156 ± 0,0004b	0,0214 ± 0,0004 ^a
	30	0,0362 ± 0,0004h	0,0263 ± 0,0008a	1,3184 ± 0,0004a	nd
	60	0,1372 ± 0,0006a	nd	0,4278 ± 0,0001	nd
	90	0,0523 ± 0,0004g	nd	0,8758 ± 0,0002f	nd
20BY1	0	0,0232 ± 0,0005i	nd	0,7793 ± 0,0004h	nd
	30	0,0548 ± 0,0008g	nd	0,7746 ± 0,0007i	nd
	60	0,0283 ± 0,0005i	nd	0,7175 ± 0,0001j	nd
	90	0,0235 ± 0,0003i	nd	1,0278 ± 0,0003c	nd

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukeynd - não detectado.

Tabela 10 - Médias e desvio padrão para os descritores avaliados no perfil de aroma e sabor da cerveja de caju, após o armazenamento por 90 dias

Perfil de aroma e sabor					
Cerveja	Frutado	Floral	Malte	Salgado	Lúpulo
10AX	2,96 ± 0,06a	2,25 ± 0,11a	2,21 ± 0,30a	0,71 ± 0,06b	2,83 ± 0,23a
30CZ	3,70 ± 0,42a	3,16 ± 0,23a	1,45 ± 0,18a	0,50 ± 0,00c	3,21 ± 0,30a
20BY1	3,67 ± 0,12a	3,25 ± 0,35a	1,92 ± 0,00a	1,25 ± 0,00a	3,58 ± 0,12a
Cerveja	Amargo	Adstringente	Álcool	Doce	Caramelo
10AX	2,79 ± 0,18a	nd	2,62 ± 0,53a	2,08 ± 0,12a	nd
30CZ	1,83 ± 0,12b	1,00 ± 0,24a	2,20 ± 0,18a	1,17 ± 0,00b	nd
20BY1	3,62 ± 0,29a	nd	2,79 ± 0,06a	2,16 ± 0,23a	1,25 ± 0,47a

Letras iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey. nd = não detectado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTCHELOUWA, C. K.; AKA-GBÉZO, S.; N'GUESSAN, F. K.; KOUAKOU, C. A.; DJÈ, M. K. Biochemical and microbiological changes during the ivorian sorghum beer deterioration at different storage Temperatures. **Beverages**, v. 3, n. 3, p. 43, 2017.

ATTCHELOUWA, C. K.; N'GUESSAN, F. K.; MARCOTTE, S.; AMOIKON, T. L. S.; CHARMELE, M.; DJÈ, M. K. Characterisation of volatile compounds associated to sensory changes during the storage of traditional sorghum beer by HS-GC/FID and SPME-GC/MS. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 2, n. 100088, 2020.

AYIREZANG, F. A.; SABA, C. K. S.; AMAGLOH, F. K.; GONU, H. Shelf life improvement of sorghum beer (pito) through the addition of *Moringa oleifera* and pasteurization. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 46, p. 2627-2636, 2016.

BARRETO, S. M. A.; SILVA, A. B. M.; DUTRA, M. C. P.; BASTOS, D. C.; CARVALHO, A. J. B. A.; VIANA, A. C.; NARAIN, N.; LIMA, M. S. Effect of commercial yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) on fermentation metabolites, phenolic compounds, and bioaccessibility of Brazilian fermented oranges. **Food Chemistry**, v. 408, n. 135121, p. 1-9, 2023.

BAYOÏ, J. R.; ETOA, F. X. Changes in physicochemical properties, microbiological quality and safety status of pasteurized traditional sorghum “mpedli” beer supplemented with bitter leaf (*Vernonia amygdalina*) aqueous extract during a month-storage at room temperature. **Applied Food Research**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2023.

BEZERRIL, F. F.; PIMENTEL, T. C.; AQUINO, K. P.; SCHABO, D. C.; RODRIGUES, M. H. P.; LIMA, M. S.; SCHAFFNER, D. W.; FURLONG, E. B.; MAGNANI, M. Wheat craft beer made from AFB1-contaminated wheat malt contains detectable mycotoxins, retains quality attributes, but differs in some fermentation metabolites. **Food Research International**, n. 112774, 2023.

BREDA, C.; BARROS, A. I.; GOUVINHAS, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant capacity of Portuguese craft beers. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 27, 2022.

BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R. **Brewing: science and practice**. Woodhead Publishing, Cambridge UK/CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2004. 881 pp ISBN 0-8493-2547-1.

CETÓ, X.; CÉSPEDES, F.; DEL VALLE, M. Assessment of individual polyphenol content in beer by means of a voltammetric bioElectronic tongue. **Electroanalysis**, v. 25, n. 1, p. 68-76, 2012.

COELHO, E. M.; DA SILVA PADILHA, C. V.; MISKINIS, G. A.; DE SÁ, A. G. B.; PEREIRA, G. E.; DE AZEVÊDO, L. C.; DOS SANTOS LIMA, M. Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and

characterization of products from northeast Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 160-167, 2018.

DOMENECH, S. M.; CRESPO-SARIOL, H.; SÁENZ-DÍEZ, J. C.; SÁNCHEZ-ROCA, A.; LATORRE-BIEL, J. I.; BLANCO, J. A new approach for monitoring the alcoholic fermentation process based on acoustic emission analysis: A preliminary assessment. **Journal of Food Engineering**, v. 353, n. 111537, 2023.

DUTRA, M. C. P.; RODRIGUES, L. L.; OLIVEIRA, D.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. S. Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. **Food Chemistry**, v. 269, p. 157-165, 2018.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 3. ed. Curitiba: Champagnat, 2011.

DZIEDZIŃSKI, M.; STACHOWIAK, B.; KOBUS-CISOWSKA, J.; KOZŁOWSKI, R.; STUPER-SZABLEWSKA, K.; SZAMBELAN, K.; GÓRNA, B. Supplementation of beer with *Pinus sylvestris* L. shoots extracts and its effect on fermentation, phenolic content, antioxidant activity and sensory profiles. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 63, p. 10-17, 2023.

EINFALT, D. Barley-sorghum craft beer production with *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspora delbrueckii* and *Metschnikowia pulcherrima* yeast strains. **European Food Research and Technology**, v. 247, p. 385–393, 2021.

ERIAN, A. M.; SAUER, M. Utilizing yeasts for the conversion of renewable feedstocks to sugar alcohols - a review. **Bioresource Technology**, v. 346, n. 126296, p. 1-12, 2022.

FERREIRA, I. M.; FREITAS, F.; PINHEIRO, S.; MOURÃO, M. F.; GUIDO, L. F.; SILVA, M. G. Impact of temperature during beer storage on beer chemical profile. **LWT - Food Science and Technology**, v. 154, 2022.

GAGULA, G.; MASTANJEVIC, K.; MASTANJEVIC, K.; KRSTANIC, V.; HORVAT, D.; MAGDIC, D. The influence of packaging on volatile compounds on pale lager beer. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, n. 100496, 2020.

GASIŃSKI, A.; KAWA-RYGIELSKA, J.; SZUMNY, A.; CZUBASZEK, A.; GASIOR, J.; PIETRZAK, W. Volatile compounds content, physicochemical parameters, and antioxidant activity of beers with addition of mango fruit (*Mangifera indica*). **Molecules**, v. 13, n. 25, p. 3033, 2020.

GONZÁLEZ-MAS, M. C.; GARCÍA-RIAÑO, L. M.; ALFARO, C.; RAMBLA, J. L.; PADILLA, A. I.; GUTIERREZ, A. Headspace-based techniques to identify the principal volatile compounds in red grape cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 3, p. 510-518, 2009.

GUAN, Y.; XU, X.; LIU, C.; WANG, J.; NIU, C.; ZHENG, F.; LI, Q. Evaluating the physiology and fermentation performance of the lager yeast during very high gravity brewing

with increased temperature. **LWT - Food Science and Technology**, v. 173, n. 114312, p. 1-10, 2023.

HUMIA, B. V.; SANTOS, K. S.; SCHNEIDER, J. K.; LEAL, I. L.; BARRETO, G. A.; BATISTA, T.; MACHADO, B. A. S.; DRUZIAN, J. I.; KRAUSE, L. C.; MENDONÇA, M. C.; PADILHA, F. F. Physicochemical and sensory profile of Beauregard sweet potato beer. **Food Chemistry**, v. 312, 2020.

KIM, Y. K.; GUO, Q.; PACKER, L. Free radical scavenging activity of red ginseng aqueous extracts. **Toxicology**, v. 172, n. 2, p. 149-156, 2002.

MARTÍNEZ, A.; VEGARA, S.; HERRANZ-LÓPEZ, M.; MARTÍ, N.; VALERO, M.; MICOL, V.; SAURA, D. Kinetic changes of polyphenols, anthocyanins and antioxidant capacity in forced aged hibiscus ale beer. **Journal of Institute of Brewing**, v. 123, n. 1, p. 58-65, 2017.

MOURA-NUNES, N.; BRITO, T. C.; FONSECA, N. D.; AGUIAR, P. F.; MONTEIRO, M.; PERRONE, D.; TORRES, A. G. Phenolic compounds of Brazilian beers from different types and styles and application of chemometrics for modeling antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 199, 2016.

NARDINI, M.; GARAGUSO, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Food Chemistry**, v. 305, n. 125437, p. 1-9, 2020.

PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SOUZA, M. E. A. O.; PEREIRA, G. E.; OLIVEIRA, D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; LIMA, M. S. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food Chemistry**, v. 228, p. 106-115, 2017.

PALERMO, J. R. **Análise sensorial: fundamentos e métodos**. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 2015.

PEREIRA, I. M. C.; MATOS NETO, J. D.; FIGUEIREDO, R. W.; CARVALHO, J. D. G.; FIGUEIREDO, E. A. T.; MENEZES, N. V. S.; GABAN, S. V. F. Physicochemical characterization, antioxidant activity, and sensory analysis of beers brewed with cashew peduncle (*Anacardium occidentale*) and orange peel (*Citrus sinensis*). **Food Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 749-755, 2020.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231-1237, 1999.

RUFINO, M. D. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. D. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP)**. Comunicado Técnico Embrapa, n. 125, p. 1 - 4, 2006.

SCHUBERT, C.; LAFONTAINE, S.; DENNENLÖHR, J.; THÖRNER, S.; RETTBERG, N. The influence of storage conditions on the chemistry and flavor of hoppy ales, **Food Chemistry**, v. 395, 2022.

STRONG, G.; ENGLAND, K. **Beer Judge Certification Program 2021 Style Guidelines**. BJCP, 2021. Disponível em: <https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/> Acesso em 25 de abril de 2023.

ŠTULÍKOVÁ¹, K.; NOVÁK, J.; VLČEK, J.; ŠAVEL, J.; KOŠIN, P.; DOSTÁLEK, P. Bottle Conditioning: Technology and Mechanisms Applied in Refermented Beers. **Beverages**, v. 6, n. 3, 2020.

VALENTONI, A.; SANTORU, A.; SANNA, M.; FANARI, M.; PORCU, M. C.; FADDA, A.; SANNA, D.; PRETTI, L. Evolution of sensory analysis attributes and volatile aging markers in bottle fermented craft beers during storage at different temperatures. **Food Chemistry Advances**, v. 1, n. 1001051, p. 1-8, 2022.

VANDERHAEGEN, B.; NEVES, E.; COGHE, S.; VERSTREPEN, K. J.; VERACHTERT, H.; DERDELINCKX, G. Evolution of chemical and sensory properties during aging of top-fermented beer. **J. Agric. Food Chem**, v. 51, n. 23, p. 6782–6790, 2003.

VRZAL, T.; DRÁBKOVÁ, K.; ŠTĚRBA, K.; OLŠOVSKÁ, J. Pilot sensomic study revealing the potential of amino acids to highly influence sensory properties of a lager beer. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 102, n. 104028, 2021.

VERSTREPEN, K. J.; ISERENTANT, D.; MALCORPS, P.; DERDELINCKX, G.; DIJCK, P. V.; WINDERICKX, J.; PRETORIUS, I. S.; THEVELEIN, J. M.; DELVAUX, F. R. Glucose and sucrose: hazardous fast-food for industrial yeast? **Trends in Biotechnology**, v. 22, n. 10, p. 531-537, 2004.

VIANA, A. C.; PIMENTEL, T. C.; VALE, R. B.; CLEMENTINO, L. S.; FERREIRA, E. T. J.; MAGNANI, M.; LIMA, M. S. American pale Ale craft beer: Influence of brewer's yeast strains on the chemical composition and antioxidant capacity. **LTW - Food Science and Technology**, v. 152, n. 112317, p. 1-8, 2021.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteu micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3-5, 2006.

YIN, H.; DENG, Y.; ZHAO, J.; ZHANG, L.; YU, J.; DENG, D. Improving oxidative stability and sensory properties of ale beer by enrichment with dried Red Raspberries (*Rubus idaeus* L.). **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 79, n. 4, p. 370-377, 2021.

ZAPATA, P. J.; MARTÍNEZ-ESPLÁ, A.; GIRONÉS-VILAPLANA, A.; SANTOS-LAX, D.; NOGUERA-ARTIAGA, L.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A. Phenolic, volatile, and sensory profiles of beer enriched by macerating quince fruits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 103, p. 139-146, 2019.

ZHAO, H.; CHEN, W.; LU, J.; ZHAO, M. Phenolic profiles and antioxidant activities of commercial beers. **Food Chemistry**, v. 119, n. 3, p. 1150-1158, 2010.

ZHAO, X.; YIN, Y.; FANG, W.; YANG, Z. What happens when fruit married with beer?
International Journal of Gastronomy and Food Science, v. 32, n. 100716, p. 1-9, 2023.