

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA**  
**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST**  
**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**IGOR LINS SANTIAGO**

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ADJUNTOS AMAZÔNICOS:**  
**BIRIBÁ (*Rollinia mucosa*), MANDIOCA (*Manihot esculenta*) E**  
**GUARANÁ (*Paullinia cupana*).**

MANAUS

2021

**IGOR LINS SANTIAGO**

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ADJUNTOS AMAZÔNICOS:  
BIRIBÁ (*Rollinia mucosa*), MANDIOCA (*Manihot esculenta*) E GUARANÁ (*Paullinia  
cupana*).**

**Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Engenharia Química da Escola  
Superior de Tecnologia da Universidade do  
Estado do Amazonas (EST/UEA), para  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Química.**

Orientador: Profa. Dra. Érica Simplício de Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Patrick Gomes de Souza

MANAUS

2021

### Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

S235p Santiago, Igor Lins  
Produção de cerveja artesanal com adjuntos amazônicos:  
biribá (*Rollinia mucosa*), mandioca (*Manihot esculenta*)  
e guaraná (*Paullinia cupana*). / Igor Lins Santiago.  
Manaus : [s.n], 2021.  
71 f.: color.; 27 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Química -  
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2021.  
Inclui bibliografia  
Orientador: Érica Simplicio de Souza e Igor Lins Santiago  
Coorientador: Patrick Gomes de Souza

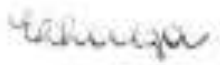
1. cerveja. 2. fruta amazonica. 3. bioprocessos. 4.  
bebida. I. Érica Simplicio de Souza (Orient.). II. Igor Lins  
Santiago (Orient.). III. Patrick Gomes de Souza  
(Coorient.). IV. Universidade do Estado do Amazonas. V.  
Produção de cerveja artesanal com adjuntos amazônicos:  
biribá (*Rollinia mucosa*), mandioca (*Manihot esculenta*)  
e guaraná (*Paullinia cupana*).

**IGOR LINS SANTIAGO**

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ADJUNTOS  
AMAZÔNICOS: BIRIBÁ (*Rollinia mucosa*), MANDIOCA (*Manihot  
esculenta*) E GUARANÁ (*Paullinia cupana*).**

**Monografia de Conclusão de Curso para obtenção do título de Engenheiro, Habilitação  
em Engenharia Química – Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do  
Amazonas**

**Banca Examinadora:**



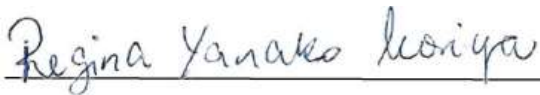
---

**Prof. Dra. Érica Simplício de Souza – Orientador**



---

**Profa. Msc. Luan Reis Honorato da Silva – Cervejaria Mahy**



---

**Profa. Dra. Regina Yanako Moriya – UEA**

**Conceito: Aprovado**

**Manaus, 17 de Dezembro de 2021.**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho a minha família, em especial, aos meus pais Inácio Santiago e Elaine Lins, e  
minha irmã Priscilla Santiago.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, em primeiro lugar, por me agradecer com saúde e força para superar os momentos mais difíceis nessa trajetória. À minha amada família, principalmente, meus pais Inácio e Elaine, meus irmãos, em especial minha irmã Priscilla, que sempre me incentivaram, apoiaram de todas as formas nessa caminhada desde a época da escola até o presente momento, agradeço do fundo meu coração.

Todos meus amigos, que me acompanharam nesta trajetória, por todo carinho, amizade e compreensão, mas principalmente os quais conviveram comigo dentro da universidade, por ter sempre me dado apoio nos momentos difíceis e comemoram comigo a superação de cada obstáculo, agradeço principalmente vocês, Júlia, Catherine e Thayná. Sem vocês não teria conseguido chegar até aqui.

A minha orientadora Dr. Érica Simplício por aceitar encarar esse desafio juntamente comigo.

Ao meu amigo, mentor e co-orientador Dr. Patrick Souza, primeiramente por todo ensinamento e dedicação para escrever, juntos, esse trabalho. Mas principalmente por ter me inserido nesse mundo cervejeiro no qual sou apaixonado.

Aos meus companheiros de trabalho da Cervejaria Battuta, Walter Reichl e Thiago Solimões, pela compreensão dos momentos que precisei me ausentar do trabalho devido aos meus estudos.

A Universidade do Estado do Amazonas (UEA), a Escola Profissional Cervejeiro (EPC) e ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) pela oportunidade de realizar o presente trabalho.

## RESUMO

**SANTIAGO, I.L.; SOUZA, E.S.; SOUZA, P.G. 2021. Produção de cerveja artesanal com adjuntos amazônicos: biribá (*Rollinia mucosa*), mandioca (*Manihot esculenta*) e guaraná (*Paullinia cupana*).**

O objetivo geral deste trabalho consiste em elaborar uma cerveja com características amazônicas, com uso de matérias-primas regionais. Foram utilizados malte Pilsen, lúpulo Mittelfrueh, leveduras Kveik M12, goma de mandioca, xarope de guaraná e polpa de biribá. A polpa do fruto foi avaliada quanto a umidade, lipídios, fibras, proteínas, carboidratos totais, valor energético, pH, densidade, sólidos solúveis totais. A elaboração da cerveja consistiu na produção a partir de malte de cevada e goma de mandioca, seguida da adição do lúpulo e xarope de guaraná na fervura. O experimento foi dividido em 4 sistemas, sendo um controle sem adição de fruta, e os demais adicionados de 11% m/m de polpa de biribá em momentos diferentes, sendo na fervura, fermentação e maturação, respectivamente. As cervejas foram avaliadas quanto às variáveis de respostas do bioprocessamento, qualidade físico-química e sensorial. A polpa de biribá apresentou umidade de 83,85 %, teor de carboidratos de 12,84%, além de baixo teor de lipídeos com 0,70 % e de proteínas com 1,34%. Todos os sistemas de fermentação estabilizaram o processo após as 96h do início da fermentação, em seguida foram levados a maturação por 4 dias. Através das análises das respostas das variáveis de bioprocessamento pode-se constatar que adição da polpa de biribá na fermentação influenciou no processo de geração de novas células. Fator que reflete nos valores de TMC que se apresentou mais elevados que aos demais experimentos, com cerca de 5,83 g geradas a partir de 1 g de célula dosada. Diante dos resultados das análises físico-químicas das cervejas, verificou-se o efeito positivo da adição polpa da fruta no processo fermentativo. As cervejas apresentaram resultados físico-químicos semelhantes com teor alcoólico variando de 4,81 e 6,01 ABV % v/v, amargor entre 16,10 e 20,40 IBU e cor entre 12,72 e 18,55 EBC. As cervejas apresentaram características sensoriais semelhantes sendo a cerveja com adição na fervura isenta de sedimentos Logo, a adição da polpa de biribá na elaboração da cerveja mostrou-se bastante favorável ao processo.

**Palavras-chaves:** Cerveja, Fruta Amazônica, Bioprocessamento, Bebida.

## ABSTRACT

**SANTIAGO, I.L.; SOUZA, E.S.; SOUZA, P.G. 2021. Craft beer production with Amazonian adjuncts: biribá (*Rollinia mucosa*), cassava (*Manihot esculenta*) and guaraná (*Paullinia cupana*).**

The general objective of this work is the elaboration of a beer with Amazonian characteristics, using regional raw materials. Pilsen malt, Mittelfrueh hops, Kveik M12 yeast, cassava gum, guaraná syrup and biribá pulp were used. The fruit pulp was evaluated for moisture, lipids, fiber, protein, total carbohydrates, energy value, pH, density, and total soluble solids. The beer was brewed from barley malt and cassava gum, followed by the addition of hops and guarana syrup during boiling. The experiment was divided into 4 systems, with one control system with no fruit added, and the others with 11% m/m biriba pulp added at different times, during boiling, fermentation and maturation, respectively. The beers were evaluated for bioprocess response variables, physicochemical and sensory quality. The biriba pulp had a moisture content of 83.85%, carbohydrate content of 12.84%, in addition to low lipid content of 0.70% and protein content of 1.34%. All fermentation systems stabilized the process after 96h from the start of fermentation, then were taken for maturation for 4 days. By analyzing the responses of the bioprocess variables, it can be seen that the addition of the biriba pulp in the fermentation influenced the process of generating new cells. This factor is reflected in the TMC values that were higher than in the other experiments, with about 5.83 g generated from 1 g of dosed cell. The results of the physicochemical analysis of the beers showed the positive effect of adding fruit pulp to the fermentation process. The beers presented similar physicochemical results, with alcohol content ranging between 4.81 and 6.01 ABV % v/v, bitterness between 16.10 and 20.40 IBU and color between 12.72 and 18.55 EBC. The beers had similar sensory characteristics and the beer with the addition at the boil was free of sediment. Therefore, the addition of biribá pulp in the brewing process proved to be very favorable.

**Keywords: Beer, Amazon Fruit, Bioprocess, Beverage.**

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Guaraná ( <i>Paullinia cupana</i> ) .....	18
FIGURA 2 - Biribá ( <i>Rollinia mucosa</i> ) .....	20
FIGURA 3 – Número de registros de cervejarias por ano .....	21
FIGURA 4 – Fluxograma do processo de produção cervejeira .....	23
FIGURA 5 – Fluxograma de processo do delineamento experimental .....	31
FIGURA 6 – Polpa de biribá embalada para congelamento .....	32
FIGURA 7 – Adição de goma de tapioca na mostura .....	37
FIGURA 8 – Adição do xarope de guaraná na fervura .....	38
FIGURA 9 – Experimento com adição de polpa de biribá na fervura .....	39
FIGURA 10 – Curva de mostura com rampas de temperatura em função do tempo .....	48
FIGURA 11 – Resultado do teste do iodo no início (esquerda) e fim da mostura (direita)...	48
FIGURA 12 – Resultados físico-químicos ao longo da fermentação do experimento E1, com adição de polpa na fervura .....	49
FIGURA 13 - Resultados físico-químicos ao longo da fermentação do experimento E2, com adição de polpa na fermentação .....	50
FIGURA 14 - Resultados físico-químicos ao longo da fermentação do experimento E3, com adição de polpa na maturação .....	51
FIGURA 15 - Resultados físico-químicos ao longo da fermentação do experimento E4, sem adição de polpa. Experimento controle .....	52
FIGURA 16 - Aspecto visual das cervejas. (Rolha metálica branca) Experimento Controle. (Rolha metálica rosé) Cerveja com Biribá adicionado na Fervura. (Rolha metálica vermelha) Cerveja com Biribá adicionado na Fermentação. (Rolha metálica preta) Cerveja com Biribá adicionado na Maturação.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição físico-química da polpa de biribá .....	45
Tabela 2: Composição físico-química do biribá obtido por Donadio e Zaccaro (2012), Berto e col. (2015) e Fernández (2019) .....	45
Tabela 3: Valores médios das respostas das variáveis de bioprocessos .....	52
Tabela 4: Composição físico-química das cervejas produzidas com a polpa de biribá e cerveja controle .....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
°Brix	Gramas por cento de sólidos solúveis totais
°P	Grau Plato
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
HCl	Ácido Clorídrico
IAL	Instituto Adolpho Lutz
EBC	European Brewing Convention
IBU	International Bitterness Units Scale
Kcal	Quilocaloria
m/m	Massa/Massa
NaOH	Hidróxido de Sódio
nm	Nanômetro
O <sub>2</sub>	Oxigênio
OG	Densidade Original
OH	Grupo Hidroxila
rpm	Rotações por minuto
Si	Silício
v/v	Volume/Volume
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1 AS BEBIDAS FERMENTADAS E O CAXIRI.....	16
2.2 MANDIOCA ( <i>Manihot esculenta</i> ) .....	17
2.3 GUARANÁ ( <i>Paullinia cupana</i> ) .....	18
2.4 BIRIBÁ ( <i>Rollinia mucosa</i> ) .....	19
2.5 A PRODUÇÃO DE CERVEJA NO BRASIL .....	20
2.6 O MERCADO DA CERVEJA NO BRASIL .....	21
2.7 O PROCESSO PRODUTIVO DE CERVEJA.....	22
<b>2.7.1 Recebimento, estocagem e beneficiamento de matéria-prima</b> .....	22
<b>2.7.2 Fabricação do mosto cervejeiro</b> .....	23
<b>2.7.3 Processo de fermentação e maturação da cerveja</b> .....	25
<b>2.7.4 Envase da cerveja</b> .....	26
2.8 O USO DA LEVEDURA KVEIK NA PRODUÇÃO DE CERVEJAS .....	26
<b>2.8.1 Benefício econômico e gasto de energia com uso da Kveik</b> .....	28
2.9 CRIAÇÃO DE UM NOVO ESTILO DE CERVEJA .....	29
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	30
3.1 MATÉRIAS-PRIMAS PARA ELABORAÇÃO DA CERVEJA.....	31
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	30
3.3 OBTENÇÃO DAS POLPAS DOS FRUTOS.....	31
3.4 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA.....	32
<b>3.4.1 Umidade</b> .....	32
<b>3.4.2 Cinzas</b> .....	33
<b>3.4.3 Lipídeos</b> .....	34
<b>3.4.4 Fibra Total</b> .....	34
<b>3.4.5 Proteínas</b> .....	35
<b>3.4.6 Carboidratos</b> .....	36
<b>3.4.7 Valor Energético</b> .....	36
<b>3.4.8 Potencial Hidrogeniônico (pH)</b> .....	36
<b>3.4.9 Acidez Total</b> .....	36
<b>3.4.10 Sólidos Solúveis Totais (°Brix)</b> .....	37

3.5 ELABORAÇÃO DA CAXIRI BEER.....	37
3.6 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS DE BIOPROCESSOS.....	39
<b>3.6.1 Fator de Rendimento de Produção de Etanol (<math>Y_{P/S}</math>) .....</b>	<b>39</b>
<b>3.6.2 Fator de Rendimento de Células em Relação ao Substrato (<math>Y_{X/S}</math>) .....</b>	<b>40</b>
<b>3.6.3 Produtividade Volumétrica (<math>Q_p</math>) .....</b>	<b>40</b>
<b>3.6.4 Taxa Específica de Crescimento Celular .....</b>	<b>41</b>
<b>3.6.5 Eficiência Fermentativa .....</b>	<b>41</b>
3.7 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA CERVEJA.....	41
<b>3.7.1 Densidade (<math>g/cm^3</math>), Extratos (<math>^{\circ}P</math>), Fermentabilidade (%) e Teor Alcoólico (% v/v e % p/v).....</b>	<b>42</b>
<b>3.7.2 Amargor (IBU).....</b>	<b>42</b>
<b>3.7.3 Cor (EBC).....</b>	<b>43</b>
<b>3.7.4 Turvação em 24h (EBC).....</b>	<b>43</b>
<b>3.7.5 Potencial Hidrogeniônico (pH).....</b>	<b>44</b>
<b>3.7.6 Sólidos Solúveis Totais (<math>^{\circ}Brix</math>) .....</b>	<b>44</b>
3.8 ANÁLISE SENSORIAL DAS CERVEJAS .....	44
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	44
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE BIRIBÁ.....	45
4.2 A PRODUÇÃO DA CERVEJA DO ESTILO CAXIRI BEER .....	47
4.2.1 Curva de mostura .....	47
4.2.2 Acompanhamento do processo de fermentação .....	49
4.3 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS DE RESPOSTA AO BIOPROCESSO.....	52
4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS CERVEJAS .....	54
4.5 CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DAS CERVEJAS.....	56
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>PERSPECTIVAS .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO B .....</b>	<b>68</b>

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a legislação brasileira, a cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro. (BRASIL, 2019)

O Brasil, além de ser um dos grandes produtores de cerveja, foi considerado um dos países de maior consumo, atingindo em 2020 valores médios de consumo por habitantes de 57 litros por ano. Dessa forma, a grande procura pelo produto refletiu no aumento do mercado para as cervejarias artesanais (MIOTTO et al., 2021).

A produção de diferentes estilos de cerveja está conquistando novos consumidores, em especial, os que buscam novos sabores ou produtos diferentes dos usuais. Uma forma de proporcionar essas experiências inovadoras é através de cervejas adicionadas de adjuntos que são cereais, maltados ou não, ou frutas ricas em açúcares que visam substituição parcial do malte. (CARDOSO et al., 2021)

O território brasileiro é o segundo maior centro de espécies de frutíferas tropicais, atrás apenas do Sudeste Asiático. Na região Amazônica podem ser encontradas aproximadamente 44% das 500 espécies de frutas nativas do país. Estima-se que exista em torno de 200 espécies de plantas produtoras de frutos comestíveis na região, porém uma pequena quantidade é cultivada, ou seja, a maioria é proveniente do extrativismo (BRASÍLIA, 2021). Várias espécies são utilizadas no mercado local como matéria-prima para a produção de vários produtos como doces e bebidas. Muitas espécies possuem pouco uso dentro do mercado camu-camu, araçá-boi, biribá. (SALES; SOUZA, 2021)

O biribá (*Rollinia mucosa*) é uma fruta tropical da região Amazônica, cultivada principalmente no Brasil e Venezuela. O fruto possui coloração amarela, é bem carnoso com polpa de cor que varia do branco ao bege, com muitas sementes e de sabor inconfundível, adocicado com leve acidez. Além disso, é conhecido por sua riqueza nutricional, como fonte de cálcio e potássio. (TONATTO, 2013)

Apesar de ser um fruto de grande aceitação popular, ainda não apresenta relevância econômica na região amazônica. No entanto, configura uma excelente alternativa econômica por não envolver elevados custos de produção e pode se tornar uma fonte de renda para a

população local. Sua comercialização pode ser *in natura* ou polpa. Pode ainda ser utilizada como ingrediente de doces, geleias, sorvetes e bebidas. Desta forma, o uso como ingrediente de cervejas artesanais agregará valor ao fruto e à bebida, conferindo sabor e aroma além de valorizar o fruto frente ao mercado consumidor, favorecendo seu uso a nível industrial. (SMIDERLE et al., 2016)

As indústrias estão em uma contínua busca por inovação para se manter num mercado cada dia mais rigoroso e competitivo. Neste mercado, há uma incessante procura por produtos diferenciados, seja devido ao seu preço ou qualidade do produto. Para reduzir custos e agregar novos sabores, o setor cervejeiro buscou a utilização de adjuntos açucarados (xaropes) ou amiláceos. Estes adjuntos, muitas vezes, são matérias primas de menor valor quando comparado ao malte de cevada. Entre as matérias primas mais utilizadas como adjunto no mercado cervejeiro estão o milho e o arroz, porém novos adjuntos já podem ser encontrados como ingredientes de novas cervejas a exemplo da mandioca. (SOUSA et al., 2020)

A mandioca (*Manihot esculenta*) pode ser cultivada em diversos regimes pluviométricos, a altas temperaturas e solos de baixa fertilidade, condições que são encontradas na região Amazônica. A partir do beneficiamento da mandioca são gerados vários subprodutos, dentre eles: a farinha, goma ou fécula, polvilho azedo, beiju. A goma de mandioca por ser um produto industrializado, de fácil acesso e rico em amido. (DE SOUSA et al, 2020; SILVA; LEMOS; SUWA, 2019)

Outra matéria prima regional rica em açúcares é xarope de guaraná, que também pode ser utilizado como adjunto no processo de cerveja. O guaraná (*Paullinia cupana*) é uma trepadeira originária da Amazônia Central e seus frutos possuem grande valor agregador pelo sabor, aroma, além de possuir teor de cafeína, propriedades antioxidantes e seus efeitos estimulantes (SIMÕES et al., 2003). Muitas cervejas originadas da Bélgica, considerada uma das escolas cervejeiras a nível mundial, utilizam xaropes de açúcar para diminuir o corpo e aumentar o teor alcoólico.

Sendo assim, a problemática científica deste trabalho refere-se ao estudo da adição de biribá em diferentes etapas de fabricação de cerveja artesanal. Dependendo da etapa que o fruto for adicionado ele pode contribuir com açúcares para fermentação, como aroma e sabor ou compostos ativos. O uso do fruto na etapa incorreta pode implicar na perda da característica esperada pela adição deste na cerveja.

Como hipóteses ao problema tem-se que: (i) o fruto apresentará açúcares que serão importantes para etapa de fermentação e (ii) a cerveja apresentará características de aroma e sabor semelhantes ao fruto.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho consiste em elaborar uma cerveja com características amazônicas, com uso de matérias-primas regionais, fermentada em temperatura ambiente da região amazônica e os objetivos específicos são:

- Fazer a caracterização físico-química da polpa de biribá
- Testar a adição da polpa de biribá em diferentes etapas do processo: fervura, fermentação e maturação e avaliar a qualidade da cerveja.
- Acompanhar o processo de fermentação da cerveja através da qualidade físico-química.
- Avaliar as variáveis de bioprocessos nos diferentes sistemas.
- Avaliar a qualidade físico-química das cervejas produzidas.
- Fazer a avaliação sensorial das cervejas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 AS BEBIDAS FERMENTADAS E O CAXIRI

As bebidas alcoólicas são elaboradas desde os primórdios da humanidade por diversos povos. Na cultura indígena brasileira, o tipo de bebida, seu processo de produção e a quantidade a ser consumida sempre foram definidas pela etnia. O preparo de diferentes bebidas ocupa um lugar privilegiado na cultura indígena e, geralmente, as bebidas são associadas a cerimônias e rituais religiosos ou de celebração. Além disso, as bebidas fermentadas são importantes fontes de nutrientes essenciais para alimentação humana. (CEREDA, 2005)

Os fermentados são produzidos pelos índios antes das celebrações e ritos religiosos com matérias-primas locais, como frutas silvestres, milho, batatas ou mandioca. Na Amazônia, o uso de mandioca como fonte de açúcar para fermentação originou a bebida alcoólica caxiri. Esta e outras bebidas são popularizadas nas tribos indígenas locais. (SANTOS, 2010)

O caxiri, conhecido “cerveja” ou “vinho” da Amazônia, é uma bebida fermentada da raiz da mandioca e pode ser denominada como “cerveja insalivada”. A bebida é obtida por ação de microrganismos selvagens que possuem atividade amilolítica. Considerando sua graduação alcoólica de 10 a 11 % v/v, o caxiri pode ser admitido na classe “Outras bebidas fermentadas” conforme o Decreto Nº 9.902, de 8 de julho de 2019 (BRASIL, 2019). Diferentemente das cervejas, em que amilases endógenas dos grãos de cevada malteada convertem o amido em açúcares simples para posterior fermentação, as “cervejas insalivadas” usam enzimas salivares no processo de sacarificação, como a ptialina. (SANTOS, 2010)

O processo produtivo do caxiri pode ser descrito da seguinte forma: as raízes da mandioca são descascadas e fervidas por um tempo prolongado em grandes recipientes. Posteriormente, a massa formada é transferida para um pote e, quando esfriada, é mastigada pelas índias e cuspidada em outra vasilha. No passado, esse procedimento foi inibido com a chegada dos brancos europeus que repudiavam a prática. A massa mastigada retorna para os grandes potes que são completados com água e homogeneizados. Em seguida, são novamente aquecidos e colocados em vasilhas especiais, decoradas com figuras místicas e/ou desenhos geométricos, de inspiração artística; são enterradas até a metade e o pote é tampado até que a bebida seja fermentada. (FERNANDES, 2004; SANTOS, 2010)

Posteriormente, é realizado o processo de mastigação que tem como principal objetivo promover a interação entre a massa amilacea da mandioca e a enzimas presentes na saliva

humana. A ptialina é responsável por iniciar a hidrólise do amido que gera açúcares de baixo peso molecular como glicose, maltose, maltotriose e outros açúcares como as dextrinas. Alternativamente, pode-se juntar à massa o beiju torrado em pedaços aumentando a quantidade de açúcares fermentescíveis (CEREDA, 2005).

Todavia, a elaboração do caxiri sofreu algumas alterações para sua inserção nos hábitos do homem branco, a partir de sua convivência nas áreas próximas das tribos indígenas da região amazônica. Segundo Assis (2007), a antiga produção de caxiri pelos é semelhante ao atual processo utilizado pelos povos do Alto Rio Negro.

Portanto, a mandioca é uma matéria-prima bem conhecida pela cultura indígena e pode ser usada para elaboração de bebidas e outros alimentos.

## 2.2 MANDIOCA (*Manihot esculenta*)

A mandioca (*Manihot esculenta*) pode ser cultivada em praticamente todas as regiões de clima tropical do mundo. A planta é adaptada a diversos regimes pluviométricos, a altas temperaturas e solos de baixa fertilidade, tais condições são encontradas na região Amazônica. Normalmente, é cultivada em regiões pouco desenvolvidas e por pequenos agricultores. (AGUIAR et al., 2011)

No Brasil, o cultivo e o processamento podem ser realizados em escala artesanal ou industrial. Dentre as principais características que definem a qualidade da produção das raízes de mandioca pode ser citada o teor de matéria seca, que apresenta uma relação direta com o teor de amido que é o componente mais abundante e visado pela grande indústria. O amido da mandioca é extraído por fecularias, fábricas de polvilho e indústrias de álcool de mandioca. (AGUIAR et al, 2011)

A partir do processamento da mandioca são gerados vários subprodutos, dentre eles: a farinha, goma ou fécula, polvilho azedo, beiju. Um dos subprodutos mais consumidos em todo o Brasil, principalmente no Norte e Nordeste, é a goma da mandioca (SILVA; LEMOS; SUWA, 2019). Por ser um produto industrializado, de fácil acesso e rico em amido, a goma de mandioca apresenta-se como um potencial adjunto na grande indústria cervejeira. A mandioca e outras matérias-primas amazônicas ricas em açúcares, bem como o xarope de guaraná, podem facilmente servir como adjuntos na produção de cervejas.

### 2.3 GUARANÁ (*Paullinia cupana*)

O guaraná (*Paullinia cupana*) é uma trepadeira originária da Amazônia Central, podendo atingir 10 m de altura, gerando cachos com até 50 frutos, cada qual contendo de uma a três sementes. Seus frutos são valorizados pelo seu elevado teor de cafeína, sendo 4 vezes maior que o do café e 30 vezes maior do que o do cacau. A concentração da cafeína no fruto varia entre 2,5 e 6%. Também é conhecido por seus efeitos estimulantes quando consumido como ingrediente de bebidas, na forma de pó ou xarope. O guaraná (Figura 1) possui propriedade antioxidante devido a presença de taninos condensados ou proantocianidinas em sua composição. (HENMAN, 1982; SIMÕES et al., 2003)

Figura 1 – Guaraná (*Paullinia cupana*)



Fonte: Própria. (2021)

O Brasil é praticamente o único país com escala industrial de guaraná, sendo a Bahia, Amazonas, Acre e Pará os principais produtores (SUFRAMA, 2003). Por essa influência, possui grande importância econômica e social na região amazônica, devido à elevada demanda pelas indústrias de bebidas, como refrigerantes e energéticos, e também pelas indústrias de cosméticos. A matéria-prima possui grande potencial de uso em outros novos produtos.

A tecnologia utilizada na obtenção do guaraná em pó, a qual é a base para produção dos seus subprodutos, é baseada nos procedimentos realizados pelos índios, diferenciando-se na substituição de trabalho manual por máquinas. As etapas do processamento consistem em

fermentação, o que facilita a próxima etapa que é o despulpamento, para obtenção da semente, em sequência lavagem, peneiragem, secagem, torrefação e moagem. (SUFRAMA, 2003)

Segundo o Centro de Pesquisa Agloflorestal da Amazônia Ocidental são comercializadas quatro formas diferentes de guaraná: em rama (grão torrefado), em bastão (grão torrefado, triturado e moldado em bastão), guaraná em pó (moído) e, a partir do mesmo, é obtido o xarope de guaraná, que é um produto exclusivo da grande indústria. (EMBRAPA, 2005) Dentre as vantagens do uso do xarope de guaraná, está oferecer todos benefícios da fruta de forma concentrada, além da maior facilidade em sua conservação e armazenamento.

A indústria cervejeira normalmente usa como adjunto - ou substituinte de parte do malte de cevada - o milho, arroz e/ou o xarope de milho, conhecido como High Maltose. Com isso, substituir esses ingredientes por goma de tapioca e xarope de guaraná caracteriza uma cerveja com raízes amazônicas. (PALUDO, 2019)

Cervejas adicionadas de frutas configuram bebidas com aromas e sabores diversos. O uso de frutas amazônicas enriquece não apenas a qualidade físico-química e sensorial da bebida, como também gera valor agregado pela origem das frutas. O biribá é uma das frutas mais saborosas da Amazônia e é muito pouco utilizado como ingrediente no mercado local, apesar de sua alta produtividade.

#### 2.4 BIRIBÁ (*Rollinia mucosa*)

As frutas tropicais são caracterizadas por sua riqueza nutricional e sabor exótico, dentre elas, tem-se o Biribá (*Rollinia mucosa*) (Figura 2), fruto de coloração amarela, globoso, composto por diversas partes hexagonais unidas, sua polpa varia de esbranquiçada a bege, com muitas sementes e de sabor doce levemente ácida, agradável ao paladar, além de ser rico em vitamina C, cálcio e potássio. (TONATTO, 2013)

O biribazeiro, por ser uma planta de clima quente e úmido (condições características de regiões tropicais), apresenta ótimo crescimento e produtividade nas matas pluviais Atlântica e Amazônica. Sua época de produção na Amazônia é de janeiro a junho, podendo variar um pouco dependendo da região. O fruto tem grande aceitação popular e na época da safra são comercializadas em feiras, podendo ser consumido “*in natura*” ou na forma de doces, geleias, sucos e sorvetes. (MARQUES, 2009)

Ainda que não seja uma fruta com muita relevância na região, o biribá é uma excelente alternativa econômica e ecológica por não envolver altos custos de produção, podendo tornar-se uma fonte de renda para agricultores da região amazônica. Cervejas adicionadas de frutas, no geral, não passam pelo processo de filtração. Sendo necessária a carbonatação após a maturação e posterior envase.

Figura 2 – Biribá (*Rollinia mucosa*)



Fonte: Própria. (2021)

## 2.5 A PRODUÇÃO DE CERVEJA NO BRASIL

Conforme definido Decreto Lei nº 9.902 de 2019, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), define cerveja como uma bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro. (BRASIL, 2019)

A Instrução Normativa nº 65/19, do MAPA, define as matérias-primas água, malte de cevada e lúpulo, como ingredientes obrigatórios na produção de cerveja. Conforme visto, parte dos açúcares fornecidos para a fermentação podem ter origem diferente do malte de cevada,

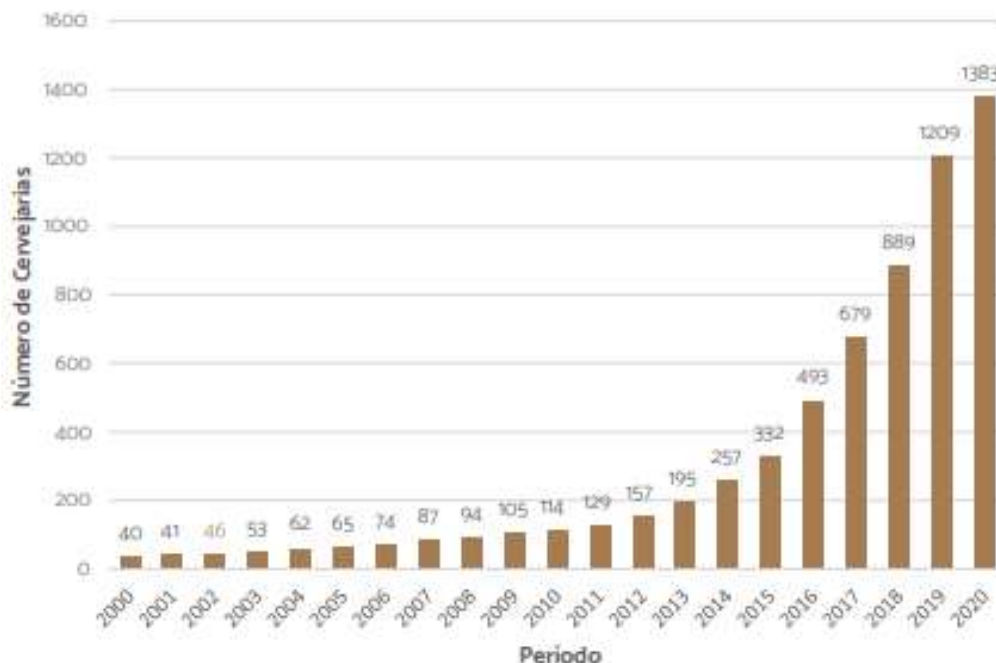
configurando um adjunto cervejeiro. Esses adjuntos podem ser leguminosas, cereais, xaropes, frutas. (MORADO, 2017)

Desta forma, o uso de adjuntos na elaboração de cervejas artesanais vem permitindo uma grande variedade de produtos. Com isso, o mercado cervejeiro vem se expandido, aumentando o consumo *per capita* e o número de cervejarias. Dessa forma, o mercado cervejeiro brasileiro tem se tornado mais competitivo com relação aos anos anteriores.

## 2. 6 O MERCADO DA CERVEJA NO BRASIL

Segundo BRASIL, em 2021, o Brasil chegou a um total de 1.383 cervejarias registradas (Figura 3). Pela primeira vez, todos os estados do país registraram ao menos uma cervejaria, com a abertura da primeira fábrica no Acre. Foram registradas 204 novas cervejarias o que representa um aumento de 174 cervejarias em relação ao ano anterior, alta de 14,4%. O Brasil em uma década foi de 114 para 1.383 cervejarias em atividade operacional. (BRASIL, 2021)

Figura 3 – Número de registros de cervejarias por ano.



Fonte: BRASIL (2021)

Segundo o Euromonitor, órgão responsável por controles estatísticos, o volume de vendas de cerveja no Brasil em 2020 foi o maior desde 2014, quando houve a Copa do Mundo no país. No ano passado 13,3 bilhões de litros da bebida foram vendidos. No mundo,

porém, o consumo de cerveja caiu 6,8% em volume e 12,5% em valor, colocando o Brasil em contramão da tendência global. No país a cerveja foi a bebida alcóolica mais consumida, acompanhada pela cachaça (398,8 milhões de litros) e pelo vinho (380 milhões de litros). (ALVARENGA, 2021)

Desta forma, os dados evidenciam o Brasil como o terceiro maior mercado de cervejas do mundo, atrás de China e Estados Unidos. Nessas localidades, porém, houve queda no volume de vendas em 2020 na casa dos 7% e 3,4%, respectivamente. (ALVARENGA, 2021)

Segundo Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CervBrasil), em 2019, o mercado cervejeiro gerava em 2,7 milhões de empregos diretos, indiretos e induzidos estão ligados a esse mercado e o número de postos de trabalho no setor tem crescido muito acima da média da indústria brasileira (CERVBASIL, 2019). A cadeia produtiva movimenta a economia desde o setor primário até o industrial, com o plantio da cevada até a produção da cerveja. Verifica-se, assim, a importância do setor cervejeiro para economia brasileira.

## 2.7 O PROCESSO PRODUTIVO DA CERVEJA

### 2.7.1 Recebimento, estocagem e beneficiamento de matéria-prima

A qualidade de uma boa cerveja começa no cuidado com cada uma das matérias-primas que a compõe, da água à levedura, tudo deve ser escolhido com atenção nos detalhes de suas características físico-químicas e sensoriais. Por questões de viabilidade econômica, normalmente as cervejarias compram o malte pronto, ou seja, que já passou pelo processo de malteação. Geralmente, as matérias-primas são trazidas via modal hidroviário e rodoviário, ao chegar na cervejaria são conferidos quanto a qualidade extrínseca, aspectos visuais e presença de parasitas, além do aspecto sensorial. (ORGEDA, 2020)

Após o recebimento, as matérias-primas são mantidas sob refrigeração ou em silos, isentos de umidade. Na primeira etapa do processo (Figura 4), o malte passa por um processo de moagem, ou seja, sua abertura com auxílio de moinhos, que podem ser do tipo martelo ou de rolos, a de fim que ocorra a quebra do grão e a exposição do amido que foram hidrolisados, formando os açúcares menores. A moagem não pode ser muito fina, de forma que possa atrapalhar o processo de filtração do mosto e, também, não muito grossa formando sêmolos grossos a ponto de dificultar a hidrólise do amido. Estudos apontam que o tamanho da partícula

influencia no tempo de hidrólise do amido na mosturação. (ORGEDA, 2020) Após a moagem o malte moído segue para a brassagem.

Figura 4 – Etapas do processo de produção cervejeira.



Fonte: Morado (2017).

### 2.7.2 Fabricação do mosto cervejeiro

A produção do mosto cervejeiro é uma das etapas mais importantes na fabricação de cerveja. O mosto é o extrato formado, em sua maior parte, por açúcares e proteínas que servirão de alimento para a levedura realizar a fermentação alcoólica, produzindo álcoois, gás carbônico e diversos outros metabólitos secundários da cerveja. Mosto é o nome dado para o líquido obtido após a brassagem, antes de ser fermentado. (AZEVEDO; SOUZA, 2021)

A fabricação do mosto da cerveja, ou brassagem, pode ser subdividida em: mostura, filtração do mosto, fervura, *whirlpool* e resfriamento do mosto. A primeira etapa consiste em misturar o malte moído com a água, em temperatura controlada, para iniciar a ação enzimática. Esse controle de tempo e temperatura é usado para a transformação do amido e das proteínas dos grãos, em açúcares e proteínas de médio e baixo peso molecular, aumentando a solubilidade no mosto. (MORADO, 2017)

O processo de mosturação ocorre através de rampas de temperaturas que variam com o tempo, essas rampas são realizadas de acordo com o estilo da cerveja a ser obtida e de suas características requeridas, no entanto, segundo Mosher (2018) geralmente são usadas 5 temperaturas:

- Entre 35 a 45°C: para degradação de substâncias gelatinosas como glucanos e pentosanas, pois assim diminui-se a viscosidade do mosto o que pode facilitar a lavagem dos grãos.
- Entre 45 e 55°C: para a ação das enzimas proteolíticas que quebram algumas moléculas de proteína, formando peptídeos e aminoácidos que contribuirão para o corpo e retenção da espuma.
- Entre 60 e 65°C: para sacarificação do amido e obtenção de açúcares menores, fermentescíveis ou não; gera uma cerveja mais seca e alcoólica.
- Entre 65°C até 71° C: para quebra do amido em açúcares não fermentescíveis como as dextrinas, agregando a cerveja um sabor mais adocicado e um corpo mais elevado.
- Entre 74 e 76°C: para condução do *mash out*, processo que tem como finalidade interromper a ação enzimática.

Após o *mash out*, inicia-se a filtração/clarificação do mosto que é um processo de separação sólido-líquido e serve para separar a parte líquida (mosto) da sólida (bagaço ou casca). As cascas do malte formam um leito (torta filtrante) por onde o mosto líquido é filtrado quando atravessa a torta e as ranhuras da placa metálica. Em seguida, é conduzido a uma tubulação com o auxílio de uma bomba centrífuga e retorna de volta para a tina ou panela de filtração, realizando uma circulação interna. Quando essa recirculação acontece, o líquido é clarificado até o padrão da cervejaria, isso também permite que os açúcares se dissolvam adequadamente, provocando um aumento positivo no rendimento em extrato. (AZEVEDO; SOUZA, 2021)

Após a recirculação, o mosto é filtrado. Durante este momento, o bagaço residual na tina de filtração é lavado para, mais uma vez, aumentar o rendimento em extrato. O processo de lavagem do bagaço do malte consiste em extrair da torta de bagaço esses açúcares restantes que ficaram embebidos, para que o processo ocorra de maneira simples. A água de lavagem é aspergida sobre essa torta de bagaço, em seguida, atravessa a torta arrastando os açúcares retidos nas cascas, que são levados para a fervura. (AZEVEDO; SOUZA, 2021)

A etapa de fervura é de extrema importância para a obtenção do mosto cervejeiro. Nela ocorrem diferentes reações químicas, como isomerização alfa e beta ácidos do lúpulo que conferem o amargor e aromas à cerveja; formação de substância de cor e dissolução como as reações de Maillard; inativação de enzimas; esterilização do mosto; eliminação de compostos aromáticos indesejáveis (PALUDO, 2019). Além disso, ocorre a complexação de proteínas-

tanino que precisam ser eliminados para obter o mosto clarificado, formando uma massa chamada de “*trub*”, na etapa de decantação. A última etapa da fervura consiste no ajuste do extrato original com água ou aumentando a intensidade ou tempo de fervura. Este processo é necessário para garantir a padronização e a qualidade do produto para a comercialização. (PALUDO, 2019)

Em seguida, o mosto é submetido ao movimento de *whirlpool* através de agitadores de pás que se encontram na panela de fervura, ou em uma panela especial para decantação do mosto, a fim de que os complexos de proteínas e lipídeos insolúveis denominados *trub*, quentes, precipitem ao centro do tanque, facilitando sua remoção antes do resfriamento. (HIERONYMUS, 2020)

Após a decantação dessas partículas, inicia-se o processo de resfriamento do mosto que pode ser feito com o auxílio de um trocador de calor de placas verticais. Existem diversos tipos de trocador e líquidos refrigerantes, um exemplo é o trocador de calor de 3 estágios: mosto, solução refrigerante (solução hidroalcoólica) e água natural. Nele, o mosto é resfriado até a temperatura de fermentação, que varia de acordo com o estilo da cerveja. (CASTRO, 2019)

Durante o resfriamento, ocorre a aeração do mosto que, quando saturado de oxigênio, facilita o trabalho da levedura. Estas são inoculadas durante a transferência para o tanque fermentador. (GAUTO, 2013)

### **2.7.3 Processo de fermentação e maturação da cerveja**

Após o resfriamento, as leveduras são inoculadas para a condução da fermentação. O resfriamento ocorre na temperatura ideal para a fermentação, de acordo com a levedura a ser usada. Normalmente, as temperaturas variam de 10 a 25°C, no entanto uma nova levedura está ganhando mercado, a Kveik, que fermenta em temperaturas entre 30 e 40°C. Essa temperatura é considerada a temperatura ambiente na região amazônica. (KITS; GARSHOL, 2021)

Nesta etapa, inicia-se com a levedura já inoculada na presença do mosto aerado sobre sua temperatura ideal de fermentação. Esse controle de temperatura é feito através de um sistema automatizado com sensores, controladores e válvulas solenoides que controlam o fluxo de solução hidroalcoólica no sistema de resfriamento. A solução percorre as serpentinas que ficam entre as paredes dos tanques e a pressão do sistema é medida através de um manômetro. Este controle é essencial para evitar elevada pressão e possíveis danos no sistema, além do

controle de temperatura ser essencial para a obtenção de cervejas de boa qualidade. (CASTRO, 2019)

#### 2.7.4 Envase da cerveja

O envase pode ser feito em barris, garrafas e latas, diante disso, a assepsia das instalações e dos recipientes que foram enchidos é fundamental para assegurar a qualidade e a estabilidade da cerveja até chegar ao copo do consumidor, uma vez que a cerveja percorrerá uma longa jornada até lá. (MORADO, 2017)

O processo de envase em garrafas, latas e barris segue processos similares de lavagem e sanitização e, no caso de barril, é pressurizado com CO<sub>2</sub>. Para latas e garrafas, elas seguem para o envase, no qual recebem um jato de CO<sub>2</sub> para eliminar o O<sub>2</sub> presente no seu interior, posteriormente são enchidas e lacradas, em seguida são deslocadas para o processo de pasteurização. (HENDGES; MENECHINI, 2020)

No processo de envase em barril, estes já chegam pressurizados com CO<sub>2</sub> e o processo de envase é realizado por contrapressão, ou seja, à medida que ocorra redução gradual da pressão interna do barril, a cerveja se desloca de dentro dos tanques para o barril. (HENDGES; MENECHINI, 2020)

### 2.8 O USO DA LEVEDURA KVEIK NA PRODUÇÃO DE CERVEJAS

A domesticação de leveduras cervejeiras está diretamente ligada aos interesses humanos, principalmente na indústria cervejeira. Supostamente, bateladas que agradavam ao cervejeiro e aos clientes tinham suas leveduras reaproveitadas e, por vezes, compartilhadas. As leveduras eram descartadas ao passo que lotes não resultavam mais em cervejas agradáveis, o que resultava no descarte do fermento. Esse é o processo de domesticação, que vem ocorrendo ao longo de milhares de anos, contribuindo para a disponibilização de uma grande variedade de leveduras cervejeiras, sendo as mais utilizadas a *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces pastorianus*. (BOKULICH; BAMFORTH; MILLS, 2012)

No entanto, uma nova levedura está ganhando mercado, a Kveik. Essas leveduras são utilizadas para a produção de Norwegian farmhouse ales, cervejas produzidas por fazendeiros noruegueses. Esses fazendeiros noruegueses têm despertado o interesse da indústria cervejeira

devido à biodiversidade de leveduras empregadas em suas fermentações e às particularidades do processo de fabricação de mosto, como inóculo das leveduras e fermentações a altas temperaturas (caracteristicamente de 28 °C a 40 °C). Embora seja uma descoberta recente, estudos apontam grande potencial no uso das Kveik. (PREISS et al., 2018)

Segundo uma pesquisa realizada por Preiss e colaboradores (2018) que utilizaram as ferramentas de biologia molecular, além de sequenciamento de DNA dos seus principais representantes e a caracterização fenotípica das cepas em mosto cervejeiro, as Kveiks apresentam traços de domesticação, além de possuir características favoráveis do ponto de vista de biossíntese de compostos aromáticos e de sabor como ésteres e apresentaram tolerância a diversos estresses fermentativos como estresse térmico, (demonstrando crescimento até 43 °C) e estresse etanólico (com desenvolvimento em ambientes com até 16 % (v/v) de etanol). Diante dessas características, as Kveiks se tornam potenciais leveduras para uma gama de aplicações industriais, como indústria de vinhos, destilados, mas principalmente cervejeira.

Inicialmente, a levedura optará pela via respiratória utilizando o oxigênio presente e promovendo a multiplicação celular. Após o consumo do oxigênio, inicia-se o processo fermentativo no tanque, durante o qual a levedura irá consumir os açúcares fermentescíveis, principalmente maltose, maltotriose e glicose, formando como produto o etanol, gás carbônico e alguns subprodutos que variam com a espécie de levedura. Além da temperatura, alguns elementos devem ser observados para uma boa fermentação como: concentração do mosto (atenuação do extrato original), taxa de inóculo, taxa de multiplicação celular na recolha do fermento, oxigênio dissolvido, presença de íons como zinco. (SILVA, 2019)

No processo cervejeiro, a turbidez é formada por uma combinação de proteínas e taninos. Portanto, utiliza-se técnicas para aumentar a estabilidade coloidal para atacar um destes dois fatores, as proteínas ou os polifenóis. A técnica mais utilizada é o uso de sílica na forma sólida chamada xerogel, a mesma é agregada a cerveja removendo as proteínas através das ligações de hidrogênio (Si-OH) e devido a sua superfície específica muito grande (formação de malha) devido a 4 ligações do silício, faz com o que a sílica tenha efeito clarificante também. (BOAN; COLLINI; PEREZ, 2014)

Para a estabilização de sabor, faz-se uso de estabilizantes que conseguem retardar a reação de oxidação e, dessa forma, garantir uma estabilidade do sabor da cerveja por mais tempo, faz-se o uso do ácido ascórbico, mas também pode ser utilizado metabissulfito de sódio

ou iso-ascorbato de sódio. As reações de oxidação da cerveja são complexas produzindo um composto que causa grande impacto no sabor, o furfural, um aldeído que possui sabor/aroma que lembra papelão ou papelão molhado, logo o cuidado com a presença do oxigênio no processo é de suma importância, principalmente nas etapas frias, como maturação e envase. (BOAN; COLLINI; PEREZ, 2014)

### **2.8.1 Benefício econômico e gasto de energia com uso da Kveik**

O clima de Manaus é considerado tropical úmido, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e a temperatura média anual em Manaus fica em torno de 26,4 °C. A elevada temperatura ambiente da cidade favorece o desenvolvimento de produtos que sejam obtidos a partir de processos em que a temperatura se aproxime à ambiente. Um exemplo são as cervejas produzidas com a levedura Kveik.

O uso da levedura é Kveik, na fabricação de cervejas, é uma ótima alternativa para região amazônica, tendo em vista que esta levedura fermenta em temperaturas entre 20°C e 40°C. Nestas condições a levedura confere à cerveja um caráter de sabor neutro, possibilitando a obtenção de cervejas em temperatura considerada ambiente para região. Seu uso pode implicar em baixos custos com energia, uma vez que os sistemas de refrigeração têm grande impacto econômico na produção cervejeira.

Outra questão relevante refere-se a um menor tempo de fermentação. Normalmente, as produções industriais de cervejas têm duração aproximada de 8 dias utilizando cepas de cervejas ales e lagers. A levedura Kveik, por fazer uso de temperatura elevada na fermentação, tem maior produtividade, causada pela fermentação mais intensa com duração aproximada de 2 dias. Utilizando essa levedura no processo é possível produzir maior quantidade de cerveja sem a aquisição de novos equipamentos, aumentando o lucro final.

Além de ter menor tempo de fermentação a levedura Kveik tem menor tempo de maturação. Preiss e col. (2017) afirma que a levedura Kveik possui alta taxa flocculação (5/5) e, desta forma, é possível reduzir tempo de maturação para período mais curto comparado a cervejas fermentadas com leveduras tradicionais. Este comportamento também gera economia de energia nesta etapa. De forma geral, o uso de Kveik pode acelerar, de forma positiva, o tempo de processo, aumentando a produtividade e gerar economia de energia para a cervejaria.

## 2.9 CRIAÇÃO DE UM NOVO ESTILO DE CERVEJA

Os tipos de cerveja estão associados com as escolas cervejeiras que são compostas pela soma de tradições, insumos e inovações de uma região. São quatro escolas a alemã, belga, inglesa e americana. A escola alemã é conhecida por sua tradição definida pela lei da pureza (*Reinheitsgebot*) e a cervejas do tipo lager. A escola belga tem como característica a criatividade com o uso de insumos diferenciados como frutas e especiarias, além de explorar a complexidade da fermentação. A escola inglesa é conhecida pelas lupuladas *pale ale* e ainda, pelas escuras *porters* e *stouts*. A escola americana é definida pela revolução das cervejas artesanais, recriando estilos tradicionais das escolas anteriores com características únicas e peculiares. (SCHUINA, 2020).

No Brasil, a produção de cerveja artesanais tem se expandido consideravelmente e diferentes estilos de cerveja, principalmente as cervejas com uso de frutas. Estas cervejas vêm ganhando mais espaço e conquistando consumidores que buscam sabores diferenciados. Diversos trabalhos buscam inovações para o mercado cervejeiro a partir do uso de matérias-primas não usuais, entre eles: Pimentel e col. (2019) que utilizaram camu-camu para produção de *Witbier*, Sales e Souza (2021) que produziram uma *Catharina Sour* com araçá-boi, Alves e col. (2021) que executaram uma *Pilsen* com resíduos de guaraná.

Desta forma, a criação de novos estilos ou inserção de matérias-primas diferentes em estilos já existentes são de extrema importância para gerar produtos diferenciados aos consumidores mais exigentes, além de contribuir para valorização de matérias primas regionais.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

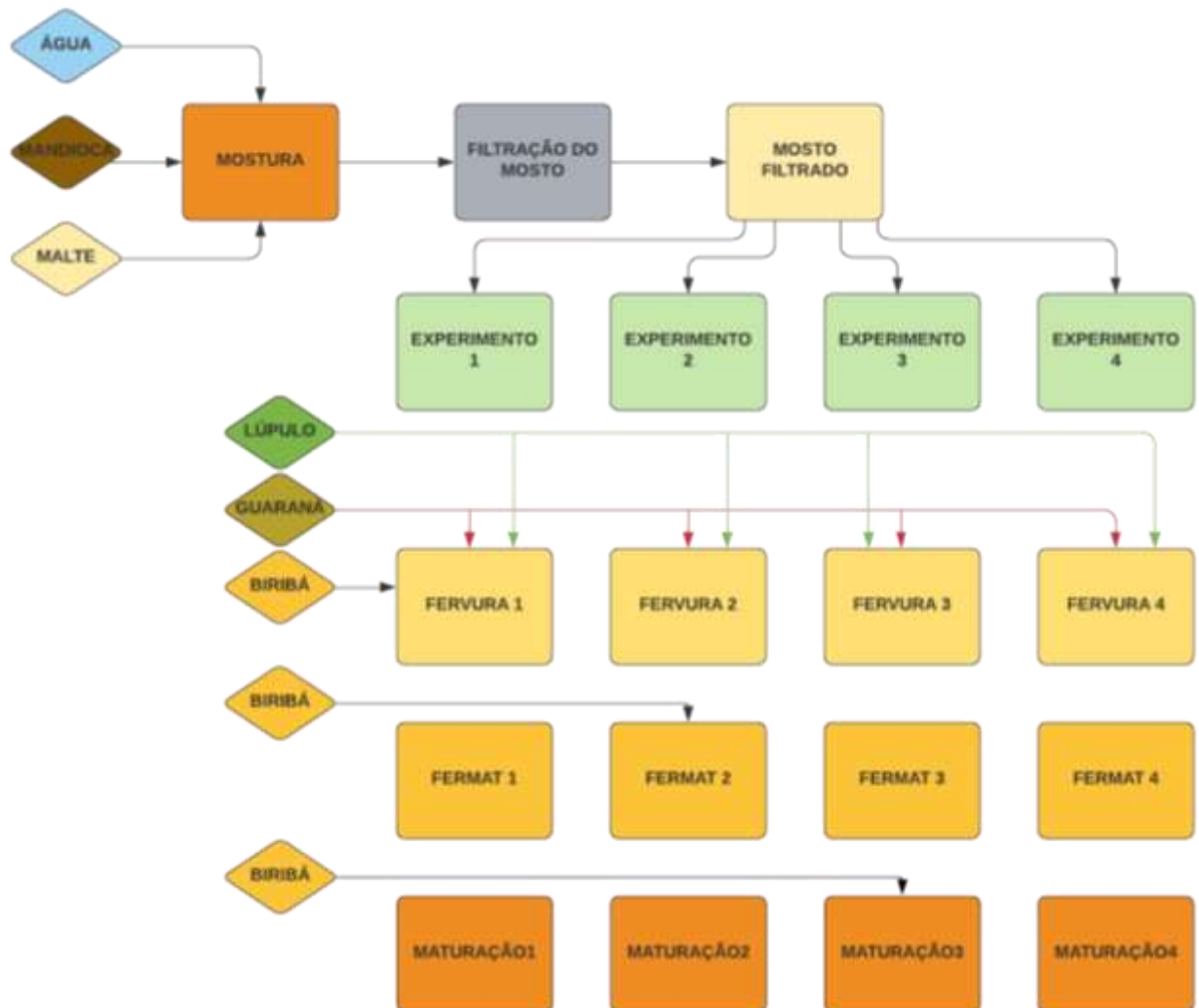
#### 3.1 MATÉRIAS-PRIMAS PARA ELABORAÇÃO DA CERVEJA

O malte de cevada tipo Pilsen, da empresa Swaen, e o lúpulo Mittelfrueh, da empresa Eureka, foram adquiridos na loja Manaus Brew Shop, localizada na cidade de Manaus. As leveduras Kveik M12, da empresa Mangrove Jack's, foram adquiridas na loja virtual Lamas Brew Shop. A goma de mandioca, da empresa Sítio Riacho Doce, e o xarope de guaraná, da empresa Guaraná Sateré – ME, foram adquiridos no mercado municipal da cidade de Manaus. As frutas de biribá (*Rollinia mucosa*) foram compradas no mercado Municipal da Cidade de Manaus.

#### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram produzidos 16L de mosto com uso de 10% m/m de goma de mandioca. Antes da fervura foram divididos em 4 experimentos de 4L e, durante a fervura, foram adicionados 5% m/v de xarope de guaraná. O fluxograma está reportado na Figura 5. O primeiro experimento foi adicionado de 11% m/v de polpa de biribá, após 30 minutos do início da fervura (E1). O segundo foi adicionado de 11% m/v de polpa de biribá, após o segundo dia de fermentação (E2). O terceiro foi adicionado de 11% m/v de polpa de biribá após 2 dias de maturação (E3), sendo conduzidos mais 2 dias com polpa, totalizando 4 dias de maturação e, ao último experimento, não foi adicionado o biribá (E4).

Figura 5 – Fluxograma de processo do delineamento experimental.



Fonte: Própria. (2021)

Ao final dos processos as cervejas foram avaliadas quanto as variáveis de processos e após a carbonatação foram envasadas e avaliadas quanto qualidade físico-química e sensorial. As concentrações de goma de mandioca e xarope de guaraná foram definidas com base em estudos prévios do Grupo de pesquisas Bebidas Fermentadas da Amazônia, da Escola Profissional Cervejeiro.

### 3.3. OBTENÇÃO DAS POLPAS DOS FRUTOS

Os frutos foram selecionados quanto ao grau de injúria e maturação, sendo descartados os frutos que não tiverem maduros ou apresentarem injúrias. Os frutos selecionados foram lavados em água corrente, sanitizados com hipoclorito de sódio 2% e novamente enxaguados

com água. Depois de secos foram despulpados. A polpa obtida foi embalada em sacos plásticos de 400g cada, foi mergulhada em banho de água fervendo, por 10 minutos. Em seguida os sacos com polpa foram mergulhados em banho frio com água e gelo, por 20 minutos. Após esse procedimento a polpa foi congelada até o momento do uso congelada em freezer a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 6).

Figura 6 – Polpa de biribá embalada para congelamento.



Fonte: Própria. (2021)

### 3.4. ANÁLISES DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA DE BIRIBÁ

A polpas do dos frutos foi avaliada quanto a umidade, lipídios, fibras, proteínas, carboidratos totais, valor energético, pH, densidade, sólidos solúveis totais e acidez de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolpho Lutz – IAL (2008). Tais parâmetros auxiliam na escolha do momento ideal de utilização da fruta na fabricação das cervejas. Todos as análises foram realizadas no Laboratório de Alimento e Nutrição (LAN), da Coordenação em Sociedade, Ambiente e Saúde (COSAS), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

#### 3.4.1 Umidade

A análise de umidade foi realizada por gravimetria de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolpho Lutz – IAL (2008). A análise foi realizada pesando-se 10 g de amostra em

balança analítica da marca Scientech SA210 em cápsulas de alumínio previamente secas e pesadas. Em seguida, as cápsulas contendo amostra foram colocadas em estufa da marca Fanem, modelo 315 SE, com circulação de ar forçada, a 105°C até peso constante. Os resultados obtidos através das equações (1) e (2) foram expressos em percentual de matéria integral.

$$MS = \frac{Pmf - Pms}{Pmf} \cdot 100 \quad (1)$$

$$U = 100 \% - MS \quad (2)$$

Onde:

- MS = Matéria seca (%)
- U = Umidade (%)
- Pmf = Peso do extrato (g)
- Pms = Peso do extrato desidratado (g)

### 3.4.2 Cinzas

O teor de cinzas foi determinado por gravimetria, de acordo com IAL (2008). Foram pesados 4g de amostra em balança analítica da marca Scientech, modelo AS 210 em cadinho previamente calcinado e com peso conhecido. A amostra foi incinerada em mufla da marca Gallenkamp, modelo Hotspot com indicador de temperatura a 550 °C, resfriada em dessecador e novamente submetida à pesagem, os valores obtidos foram aplicados na equação (3). Os resultados foram expressos em percentual de cinza.

$$C = \frac{P}{A} \cdot 100 \quad (3)$$

Onde:

- C = Cinzas (%)
- P = Peso da amostra final (g)
- A = Peso da amostra inicial (g)

### 3.4.3 Lipídios

O teor de lipídios foi determinado por gravimetria, de acordo com os métodos do IAL (2008). Foram pesados 2g de amostra de extrato e depois transferidos para um cartucho de papel filtro previamente pesado. Em seguida, o cartucho foi posicionado no aparelho Soxhlet para extração dos lipídios. O processo foi realizado em aproximadamente 6 horas, sob sucessivas lavagens da amostra com hexano P.A, para arraste de lipídios. Por fim, a amostra foi drenada para um balão de fundo chato previamente seco e de peso conhecido e foi levada ao banho Maria para evaporação do hexano e depois reaproveitados, em seguida, colocada em estufa, da marca e modelo Fanem 315 SE a 105 °C até peso constante, os valores foram aplicados na equação (4). O resultado foi expresso em percentual de lipídio.

$$L = \frac{P}{A} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

- L = Lipídios (%)
- P = Peso da amostra final (g)
- A = Peso da amostra inicial (g)

### 3.4.4 Fibra Total

O teor de fibra total foi determinado por gravimetria, conforme descrição do IAL (2008). Uma amostra de 2g de extrato seco e desengordurado foi tratada com ácido que foi produzida em um béquer de 1000mL e misturado 500mL de ácido acético glacial, 450ml de água, 50mL de ácido nítrico e 20g de ácido triclocético e, em seguida, filtrada em cadinho de Gooch com auxílio de bomba a vácuo. A amostra foi submetida a sucessivas lavagens, com água destilada a temperatura de 80°C com desvio até 1°C, até ou até que o pH da água de lavagem atinja pH neutro. Após esta etapa a amostra seguirá para a estufa, com circulação de ar forçada, à temperatura de 105 °C, até peso constante. Os valores foram aplicados na equação (5) e o resultado foi expresso em percentual de fibra total.

$$F = \frac{P}{A} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde:

- F = Fibras (%)
- P = Peso da amostra final (g)
- A = Peso da amostra inicial (g)

### 3.4.5 Proteínas

O teor de proteínas foi determinado a partir da matéria seca, pelo método Micro-Kjeldahl, segundo metodologia do IAL (2008). Foram pesados 0,04 g da amostra em papel vegetal em balança analítica da marca Scientech SA210 que foi depositado em um tubo de ensaio próprio para elevadas temperaturas. Foram adicionados 5 mL de ácido sulfúrico concentrado, 1g de catalisador. Os tubos foram posicionados em um bloco digestor até total digestão, observada pela coloração translúcida da amostra.

Neste processo, a temperatura inicial foi de 50 °C, sendo elevada até 350 °C. Em seguida, foi realizada a destilação em aparelho Kjeldahl com o uso de 25 mL de NaOH 50% p/v. O material destilado foi coletado (cerca de 50 mL) em um Erlenmeyer contendo 15 mL de ácido bórico e 3 gotas da solução indicadora de vermelho de metila e submetido a titulação com HCl 0,02 mol/L. Os valores obtidos foram substituídos na equação (6) e os resultados foram expressos em percentual de proteína total.

$$Pt = \frac{Vg \cdot M_{HCl} \cdot 14 \cdot F \cdot 100}{P} \quad (6)$$

Onde:

- Pt = Proteínas (%)
- V<sub>g</sub> = Volume gasto de HCl na titulação (g)
- M<sub>HCl</sub> = Peso da amostra inicial (g)
- F = Fator de correção do ácido
- P = Peso da amostra (g)

### 3.4.6 Carboidratos

A leitura dos carboidratos foi realizada de acordo com IAL (2008). O resultado foi calculado por diferença a partir da soma dos resultados de cinzas, fibras, lipídios, proteínas e umidade, subtraídos de 100. O resultado foi expresso em percentual.

### 3.4.7 Valor Energético

A metodologia seguida para a determinação do valor energético foi a descrita por DE ANGELIS (1977). O valor calórico foi calculado utilizando-se os seguintes fatores de conversão de Atwater: 9 Kcal por um g de lipídios, 4 Kcal por g de proteínas e 4 Kcal por g de carboidratos. Os resultados foram expressos em kcal.100g<sup>-1</sup> de matéria integral.

### 3.4.8 Potencial Hidrogeniônico (pH)

As análises do potencial hidrogeniônico da polpa foram realizadas por leitura direta em pHmetro de bancada da marca Quimis e modelo 400AS conforme a metodologia descrita pelo IAL (2008).

### 3.4.9 Acidez Total

A acidez total é baseada na avaliação da amostra titulada com NaOH 0,1 M. O resultado é expresso em meq/L, e calculado pela equação (7) abaixo (IAL, 2008):

$$AT = \frac{n \cdot N \cdot Eq}{10 \cdot V} \quad (7)$$

Onde:

- AT: Acidez Total da amostra (meq/L)
- n: volume (mL) de solução de hidróxido de sódio gasto na titulação.
- N: normalidade da solução de hidróxido de sódio.
- V: volume (mL) da amostra.

#### 3.4.10 Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

A análise foi realizada colocando três gotas da amostra no prisma de um refratômetro portátil do modelo ATC 0-32°Brix e a leitura foi realizada por meio da lente ocular, avaliando a interseção das cores na escala numérica do equipamento, conforme metodologia descrita pelo IAL (2008).

#### 3.5 ELABORAÇÃO DA CAXIRI BEER

Para a elaboração da cerveja foi utilizada a receita disponível no ANEXO A. Água teve seus sais corrigidos de acordo com o estilo Caxiri Beer, utilizando bicarbonato de sódio, cloreto de cálcio, sulfato de magnésio, sulfato de cálcio e carbonato de cálcio. O malte Pilsen moído e a goma de mandioca foram adicionados de água para condução da mostura (Figura 7). Foram controladas as temperaturas e tempos necessários para sacarificação do amido, avaliado através do teste de iodo.

Figura 7 – Adição de goma de tapioca na mostura.



Fonte: Própria (2021).

Após a mostura, o mosto foi filtrado em panela de com fundo falso e fervido por 60 minutos. Aos 30 minutos de fervura o mosto foi adicionado de xarope de guaraná (Figura 8).

Aos 45 minutos de fervura uma amostra de 5L foi retirada para fervura independente onde foi adicionada de polpa, configurando o experimento com adição de polpa na fervura (E1). Em seguida ambos experimentos foram levados a decantação por gravidade, para remoção do trub, e resfriamento feito com chiller de serpentina de alumínio até 35°C. O experimento sem fruta foi dividido em 3 baldes para condução dos experimentos, cada balde recebeu 4L de mosto resfriado. Todos os fermentadores receberam inóculo de 2,5g de leveduras KVEIK.

Figura 8 – Adição do xarope de guaraná na fervura.



Fonte: Própria (2021).

Os 4 experimentos foram divididos em experimento com adição de polpa na fervura (Figura 9) (E1), adição de polpa na fermentação (E2), adição de polpa na maturação (E3) e, por fim, sem adição de polpa (E4). A fermentação foi conduzida a 35°C até a densidade final se manter constante, em seguida a cerveja foi maturada, a 5°C por 2 dias, carbonatada com priming, envasada e submetida as análises físico-química e sensorial. Apenas o experimento de adição de polpa na maturação se estendeu por 4 dias.

Figura 9 – Experimento com adição de polpa de biribá na fervura.



Fonte: Própria (2021).

### 3.6 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS DE BIOPROCESSOS

As cervejas foram avaliadas quanto às variáveis de respostas do bioprocessamento como fator de rendimento de produção de etanol ( $Y_{P/S}$ ), fator de rendimento de células em relação ao substrato ( $Y_{X/S}$ ), produtividade volumétrica ( $Q_p$ ), taxa específica de crescimento celular ( $\mu_x$ ) e eficiência fermentativa (EF), seguindo metodologia proposta por Souza (2015).

#### 3.6.1 Fator de Rendimento de Produção de Etanol ( $Y_{P/S}$ )

O fator de rendimento de produção de etanol foi calculado pela relação entre a massa de etanol produzida e a massa de açúcares totais consumidos na cerveja. O resultado foi expresso em  $\text{g.g}^{-1}$ , seguindo a equação 8.

$$Y_{P/S} = \frac{\Delta P}{\Delta S} = \frac{P - P_0}{-(S - S_0)} = \frac{P}{S_0 - S} \quad (8)$$

Onde:

- P = Concentração de produto final (g.L<sup>-1</sup>)
- P<sub>0</sub> = Concentração de produto inicial (g.L<sup>-1</sup>)
- S = Concentração do substrato final (g.L<sup>-1</sup>)
- S<sub>0</sub> = Concentração de substrato inicial (g.L<sup>-1</sup>)

### 3.6.2 Fator de Rendimento de Células em Relação ao Substrato (Y<sub>X/S</sub>)

O rendimento foi calculado em massa de células produzidas por massa de extrato consumido, através da relação entre a variação da concentração do produto pela variação da concentração de substrato negativo. O resultado foi expresso em g.g<sup>-1</sup>. O cálculo foi baseado na equação 9.

$$Y_{X/S} = \frac{\Delta X}{-\Delta S} = \frac{X - X_0}{-(S - S_0)} \quad (9)$$

Onde:

- X = Massa Celular Final (g.L<sup>-1</sup>)
- X<sub>0</sub> = Massa Celular Inicial (g.L<sup>-1</sup>)
- S = Conc. do substrato final (g.L<sup>-1</sup>)
- S<sub>0</sub> = Conc. de substrato inicial (g.L<sup>-1</sup>)

### 3.6.3 Produtividade Volumétrica (Q<sub>p</sub>)

Foi quantificada em massa de etanol produzida, por volume de meio fermentado, por hora de fermentação. O resultado foi expresso em g.L<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>. O cálculo foi baseado na equação 10.

$$Q_p = \frac{P}{t} \quad (10)$$

Onde:

- P = Produto (etanol) (g.L<sup>-1</sup>)
- t = Tempo de fermentação (h)

### 3.6.4 Taxa Específica de Crescimento Celular ( $\mu_x$ )

Foi calculado com base nas massas celular final, celular inicial e tempo. O resultado foi expresso em  $g.h^{-1}$ . O cálculo foi baseado na equação 11.

$$\mu_x = \frac{x-x_0}{t} \quad (11)$$

Onde:

- $X$  = Massa Celular Final ( $g.L^{-1}$ )
- $X_0$  = Massa Celular Inicial ( $g.L^{-1}$ )
- $t$  = Tempo de fermentação (h)

### 3.6.5 Eficiência Fermentativa (EF).

A relação entre o rendimento em produto do processo ( $Y_{P/S}$ ) e o rendimento teórico determinaram a eficiência do processo fermentativo do mosto para elaboração da cerveja. O resultado foi expresso em percentual. O cálculo foi baseado na equação 12.

$$EF = \frac{S_0}{S} \cdot 100 \quad (12)$$

- $S$  = Conc. do substrato final ( $g.L^{-1}$ )
- $S_0$  = Conc. de substrato inicial ( $g.L^{-1}$ )

## 3.7 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA CERVEJA EM PROCESSO E PRODUTO ACABADO

A faixa de densidade original (OG) para essa cerveja foi previamente definida entre 1,050 e 1,060  $g/mL$ . **As cervejas em processo de fermentação** foram avaliadas quanto a temperatura, com auxílio da sonda do controlador de temperatura da geladeira, densidade com auxílio de um refratômetro, usando a correção do valor encontrado através do endereço eletrônico [www.northernbrewer.com/pages/refractometer-calculator](http://www.northernbrewer.com/pages/refractometer-calculator), e teor alcoólico

estimado. Para o cálculo do teor alcoólico usados os dados do potencial gravitacional (GU) inicial subtraído do final e multiplicador pelo fator de conversão em etanol de 0,13125.

As cervejas prontas foram avaliadas quanto a densidade inicial, densidade final, teor alcoólico, cor e amargor conforme metodologia determinada pela European Brewery Convention (EBC, 1987). Também foram realizadas análises de pH da cerveja conforme Instituto Adolpho Lutz. (IAL, 2008).

### **3.7.1 Densidades ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), Extratos ( $^{\circ}\text{P}$ ), Fermentabilidade (%) e Teor Alcoólico (% v/v) e p/v.**

As análises foram realizadas conforme a metodologia da European Brewery Convention - EBC (1987), utilizando aparelho Beer Analyser, específico para leitura de cerveja, um equipamento multiparamétrico com leitura por meio de espectrofotometria. Uma amostra de 200 mL de cerveja foi descarbonatada por agitação, em Erlemmeyer até completa eliminação dos gases presentes na cerveja e com auxílio de uma seringa, 10 mL de cerveja foram injetados no aparelho Beer Analyser II. Os resultados foram expressos em grau plato ( $^{\circ}\text{P}$ ) de extrato original e extrato aparente final, percentual (%) para leitura da fermentabilidade e percentual de volume por volume (% v.v) de teor alcoólico.

### **3.7.2 Amargor (IBU)**

A análise foi realizada conforme metodologia da EBC (1987). Uma gota de álcool 1-octílico foi gotejada em uma proveta e, em seguida, misturada com 10 mL de cerveja. Essa mistura foi transferida para um Erlenmeyer de 125 mL com rolha, contendo uma tira plástica e 3 pérolas de vidro com a finalidade de manter o processo bifásico. Em seguida, foi adicionado 0,5 mL de HCl 6 M e 20 mL de isooctano, após ser tampado, foi realizada a agitação por 20 minutos em agitador orbital, a 180 rpm, sendo este processo facilitado pelas pérolas de vidro adicionadas a mistura anteriormente. Em seguida, a fração superior (límpida) da solução bifásica foi transferida para um tubo de ensaio com tampa rosqueada. A leitura da amostra foi realizada em espectrofotômetro a 275 nm, o valor foi substituído nas equações (13) e (14).

$$Am = A_{275} \cdot f \cdot 57 \quad (13)$$

$$Am_{12^{\circ}P} = \frac{Am \cdot 12}{EP} \quad (14)$$

Onde:

- Am = Amargor (BU)
- A275 = Absorbância da amostra a 275 nm.
- f = Fator determinado através da calibração do espectrofotômetro.
- Am<sub>12°P</sub> = Amargor a 12°P
- MB = Mosto básico.

### 3.7.3 Cor (EBC)

A determinação da cor da cerveja foi realizada por espectrofotometria seguindo o método da EBC (1987). A absorção de luz é medida num comprimento de onda de 430nm. O método requer que as amostras analisadas sejam filtradas e que apresentem turbidez inferior a 1 EBC. Uma amostra de 400 mL de cerveja foi descarbonatada e filtrada com terra diatomácea infusória, a partir do filtrado foi realizada a leitura e o resultado foi atribuído na equação (15).

$$Cor = A_{430} \cdot f_1 \cdot f_2 \quad (15)$$

Onde:

- Cor = Cor (EBC)
- A<sub>430</sub> = Absorbância da amostra a 430 nm.
- f<sub>1</sub> = Fator de diluição da amostra.
- f<sub>2</sub> = Fator do espectrofotômetro a 430 nm.

### 3.7.4 Turvação em 24h (EBC)

A análise foi realizada conforme a metodologia da EBC (1987). Uma amostra de 100 mL de cerveja foi colocada em banho de álcool a 0 °C por um período de 24 horas. Em seguida, foi retirada do banho e foi realizada a leitura em aparelho turbidímetro. Os resultados foram calculados pela equação (16) e expressos em EBC.

$$T = L \cdot f \quad (16)$$

Onde:

- T = Turvação (EBC)
- f = Fator de calibração do turbidímetro
- Leitura do turbidímetro

### 3.7.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

As análises do potencial hidrogeniônico das cervejas foram realizadas por leitura direta em pHmetro de bancada da marca e modelo Quimis Q400AS, conforme a metodologia descrita pelo IAL (2008).

### 3.7.6 Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

A análise foi realizada colocando três gotas da amostra no prisma de um refratômetro portátil do modelo ATC 0-32°Brix e a leitura foi realizada por meio da lente ocular, avaliando a interseção das cores na escala numérica do equipamento, conforme metodologia descrita pelo IAL (2008).

## 3.8. ANÁLISE SENSORIAL DAS CERVEJAS

As cervejas foram avaliadas sensorialmente por Sommeliers de Cervejas certificados. As bebidas foram avaliadas quando ao aspecto visual, aromático e de paladar. Os aspectos visuais avaliados foram cor, turvação, aspectos da espuma e presença de sedimento. Nos aspectos de aroma e sabor foram avaliadas percepções gerais.

## 3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise estatística foi usado o Teste de Tukey, experimento inteiramente casualizado, com 12 tratamentos e 3 repetições para análise dos dados físico-químicos das cervejas. O programa está disponível através do link <https://www.cca.ufscar.br/pt-br/servicos/teste-de-tukey>. Os resultados encontram-se no Anexo B.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE BIRIBÁ

Os resultados físico químico da polpa de biriba encontra-se na Tabela 1. A Tabela 2 mostra um resumo de dados de outros trabalhos em que os autores analisaram a polpa de biribá e os dados serão usados na discussão a seguir.

Tabela 1: Composição físico-química da polpa de biribá.

<b>Características</b>	<b>Média ± Desvio Padrão</b>
Umidade (%)	83,85 ± 0,08
Cinzas (%)	0,54 ± 0,06
Lipídeos (%)	0,70 ± 0,27
Fibra Total (%)	0,64 ± 0,12
Proteínas (%)	1,34 ± 0,11
Carboidratos (%)	12,84 ± 0,14
Valor Energético (kcal/100g)	62,96 ± 1,92
pH	4,95 ± 0,04
Acidez Total (meq/L)	0,25 ± 0,06
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	15,57 ± 0,40

Tabela 2: Composição físico-química do biribá obtido por Donadio e Zaccaro (2012), Berto e col. (2015) e Fernández (2019).

<b>Características</b>	<b>Donadio e Zaccaro(2012)</b>	<b>Berto e col. (2015)</b>	<b>Fernández (2019)</b>
Umidade (%)	-	-	-
Cinzas (%)	-	0,34 ± 0,01	0,77 ± 0,17
Lipídeos (%)	0,2 - 0,7	0,2 ± 0,00	1,12 ± 0,06
Fibra Total (%)	2 -12	-	-
Proteínas (%)	0,6 – 2,8	1,01 ± 0,01	0,17 ± 0,02
Carboidratos (%)	13,0 - 19,0	6,37 ± 0,08	9,62 ± 0,02
Valor Energético (kcal/100g)	74,0 – 80	31,32	49,24 ± 0,02
pH	-	-	-
Acidez Total (meq/L)	0,8	-	-

Foi observada **umidade** acima de 80%, resultado próximo foi encontrado por Silva e colaboradores (2019) que reportaram umidade de 77,7%. A elevada umidade do fruto tem importância significativa na sua perecibilidade, ou seja, a elevada presença de água pode facilitar o crescimento e desenvolvimento de microrganismos como consequente ação enzimática dos mesmos. Este processo pode refletir na sua decomposição ou fermentação e por isso o cuidado microbiológico deve ser um fato a ser observado pelo seu consumidor ou pela indústria que opta por essa fruta como ingrediente de seu produto. Com isso, o processo de congelamento consiste em uma ótima alternativa para seu armazenamento.

Os valores de **cinzas** representam o conteúdo total da matéria mineral de um alimento, o resultado encontrado foi de 0,54 %. O valor teve uma certa discrepância dos demais autores, o pode ser explicado que o teor mineral dessas frutas depende quantidade absorvida pelas suas plantas através do solo plantado, logo o teor de cinzas varia muito de acordo com o solo no qual o biribá foi plantado.

O valor médio de **lipídeos** encontrado foi de 0,70 % e esteve dentro da faixa citada por Donadio e Zaccaro (2012) e entre os valores encontrados por Berto et al. (2015) e Fernández (2019). A baixa quantidade de lipídeos é importante para indústria cervejeira, pois a concentração elevada é prejudicial para o processo de fermentação, gerando aromas e sabores indesejáveis, e na formação de espuma gerando baixa retenção no copo.

Quanto a concentração de **fibras** o fruto apresentou baixa concentração, sendo encontrado 0,64%. Donadio e Zaccaro encontraram valores variando entre 2 e 12%, enquanto Da Costa e Muller (1995) obtiveram um valor médio de 0,2, valores mais próximos encontrado no presente trabalho.

Para o valor de **proteínas**, o valor de 1,34 % é muito próximo do valor encontrado por Berto e col (2015), com concentração de 1,01 %. O valor foi enquadrado na faixa encontrada por Donadio e Zaccaro (2012). A concentração de proteínas das matérias-primas está diretamente relacionada a turvação da cerveja e a possível sedimentação deixada no fundo da garrafa após seu armazenamento (SILVA et al., 2021). Quando comparada ao malte de cevada que apresenta teor próximo de 11% o fruto se mostrou viável devido à baixa concentração.

O valor médio de **carboidratos** encontrado foi de 12,84%, este valor foi superior aos valores encontrado por Berto e col. (2015) e Fernandez (2019) e próximo do limite reportado por Donadio e Zaccaro (2012). O valor encontrado foi relativamente baixo, porém evidencia a

presença de açúcares no fruto. Devido a esta presença de açúcares foi observada a necessidade da sua adição no processo de fabricação de cervejas na etapa que antecede, ou na própria etapa, da fermentação. A adição desta polpa na etapa de maturação poderá implicar na percepção sensorial levemente adocicada da cerveja ou no aumento da pressão da interna da garrafa.

Freitas e colaboradores (2020) reportaram o **pH** da polpa de biribá entre 4,31 e 5,34 sendo observados no presente estudo o valor de 4,95. Valores inferiores a 4,31 poderiam indicar ação fermentativa de microrganismos. O valor encontrado está dentro da faixa reportada pelos autores.

Os valores encontrados para **acidez total** foram de 0,25 meq/L, o que se encontra pela faixa de valores encontrados em estudos de Da Costa e Muller (1995) em que valores de acidez total variam entre 0,13 e 1,27. Donadio e Zaccaro (2012) também encontrou valores dentro desta faixa, aproximadamente 0,8 meq/L.

Da Costa e Muller (1995) quantificaram também **total de sólidos solúveis (SST)** encontraram valores entre 7,0 e 17,0°Brix, bem próximo, porém intervalo de valores mais restrito, Freitas et al. (2020) encontram valores de 14,7 e 16,8, enquanto no presente trabalho foi determinado um valor médio de 15,57 ° Brix, portanto, dentro da faixa dos outros autores.

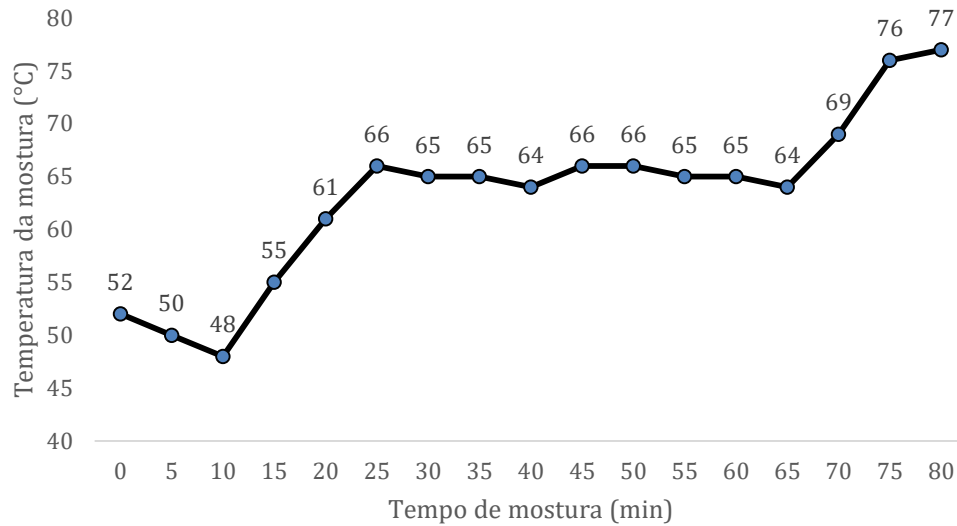
Através das literaturas e resultados obtidos, nota-se que a polpa de fruto biribá é predominante composto por grande teor de umidade e concentração de carboidratos, além de possuir pH ácido, o que era esperado devido suas características sensoriais os quais definem como fruto carnoso, adocicado e levemente ácido.

## 4.2 A PRODUÇÃO DA CERVEJA DO ESTILO CAXIRI BEER

### 4.2.1 Curva de Mostura

O resultado da curva de mosturação obtido está representado na Figura 10. Os resultados demonstram que não houve grande variação da faixa desejada de temperatura para as rampas de mostura. Tal feito é importante para garantir qualidade do processo de produção, visto que qualquer mudança significativa pode causar danos às enzimas do processo, afetando na eficiência catalítica. (CASTRO; FIOROTO; RIBEIRO, 2019)

Figura 10 - Curva de mostura com rampas de temperaturas em função do tempo.



Fonte: Própria

Após a última rampa de mostura foi realizado o teste do iodo e verificou uma coloração alaranjada, o que indica que a maioria dos açúcares de alto peso molecular presente no mosto foram degradados pelas enzimas, comprovando a eficiência no processo de mostura. O resultado do teste do iodo pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 - Resultado do teste do iodo no início (esquerda) e fim da mostura (direita).



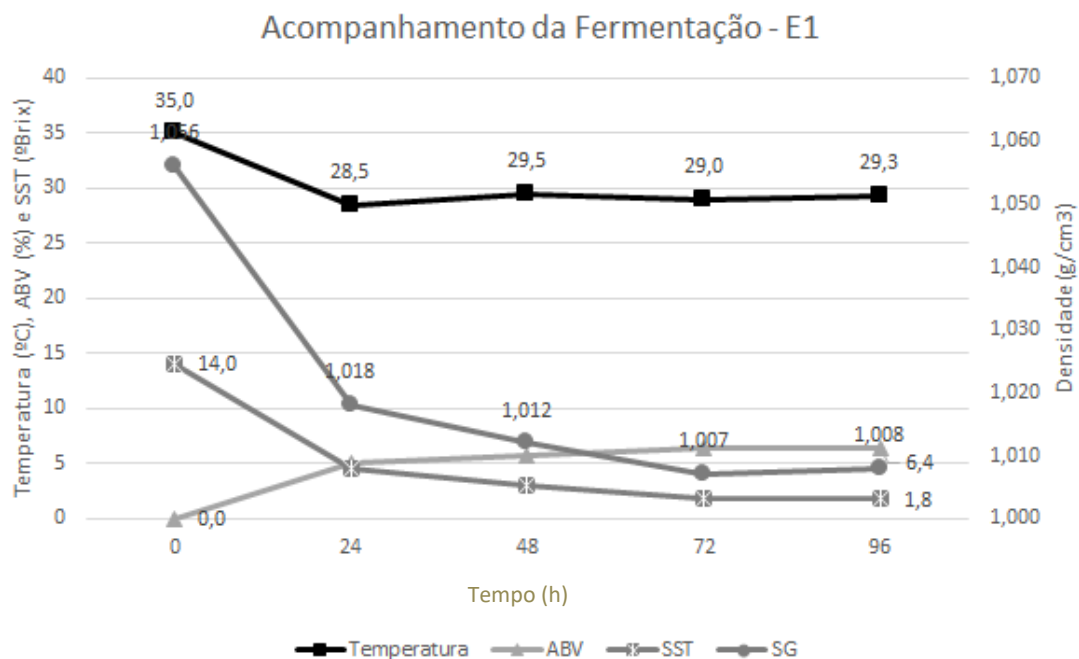
Fonte: Própria (2021).

#### 4.2.2 Acompanhamento do processo de fermentação

Os dados de temperatura (°C), teor alcoólico (ABV, em %v/v), sólidos solúveis totais (SST, em °Brix) e densidade específica ou instantânea (SG, em g/cm<sup>3</sup>) estão expressos nas Figuras 12, 13, 14 e 15.

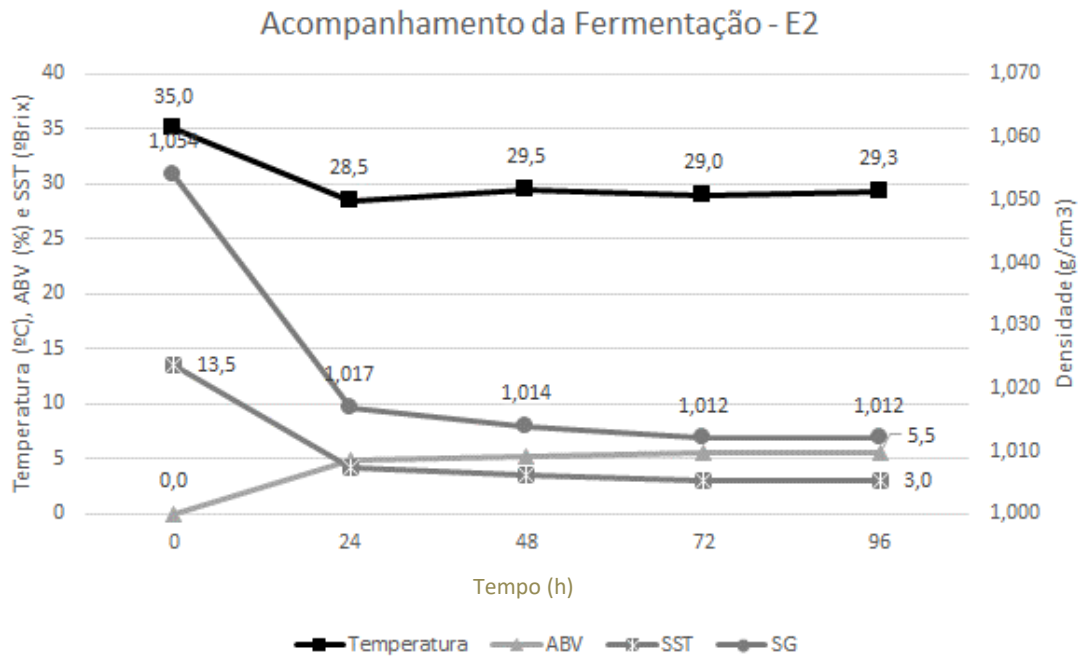
Em todos os experimentos foi possível observar uma elevada quebra da densidade específica após 24h de fermentação. Essa queda evidencia o consumo de açúcares fermentescíveis pela levedura Kveik e a consequente produção de álcool, CO<sub>2</sub> e energia. Diferente das demais leveduras especializadas na fermentação de mosto cervejeiro a Kveik apresentou elevada atividade nas primeiras 24h, se estabilizando por volta das 96h de fermentação. Souza (2015) utilizando levedura US-05 obteve um maior consumo de açúcares nas primeiras 96h e alcançou uma estabilização na fermentação em aproximadamente 120h. Comparada com outras leveduras, a Kveik apresenta melhor adaptação e fermentabilidade.

Figura 12 - Resultados físico-químicos ao longo da fermentação do experimento E1, com adição de polpa na fervura.



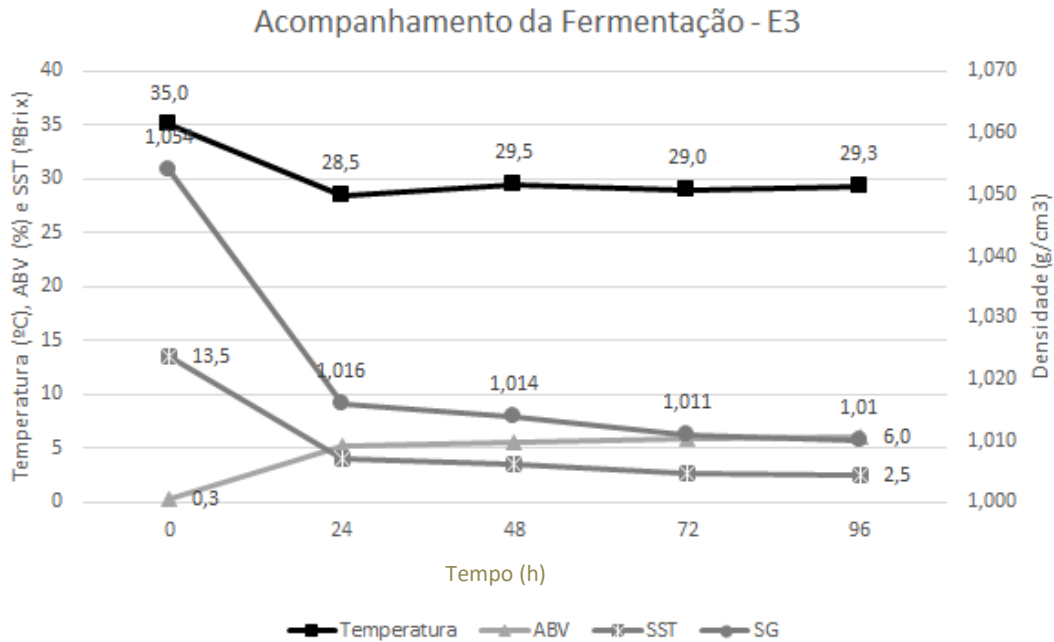
Na figura 12 pode-se observar que a densidade inicial (OG) na cerveja do experimento E1 se mostrou ligeiramente mais elevada do que nos demais. Essa contribuição se deu a adição do biribá, tendo, assim, colaboração de incremento dos açúcares da polpa da fruta.

Figura 13 - Resultados físico-químicos ao longo da fermentação do experimento E2, com adição de polpa na fermentação.



Fonte: Própria

Figura 14 - Resultados físico-químicos ao longo da fermentação do experimento E3, com adição de polpa na maturação.

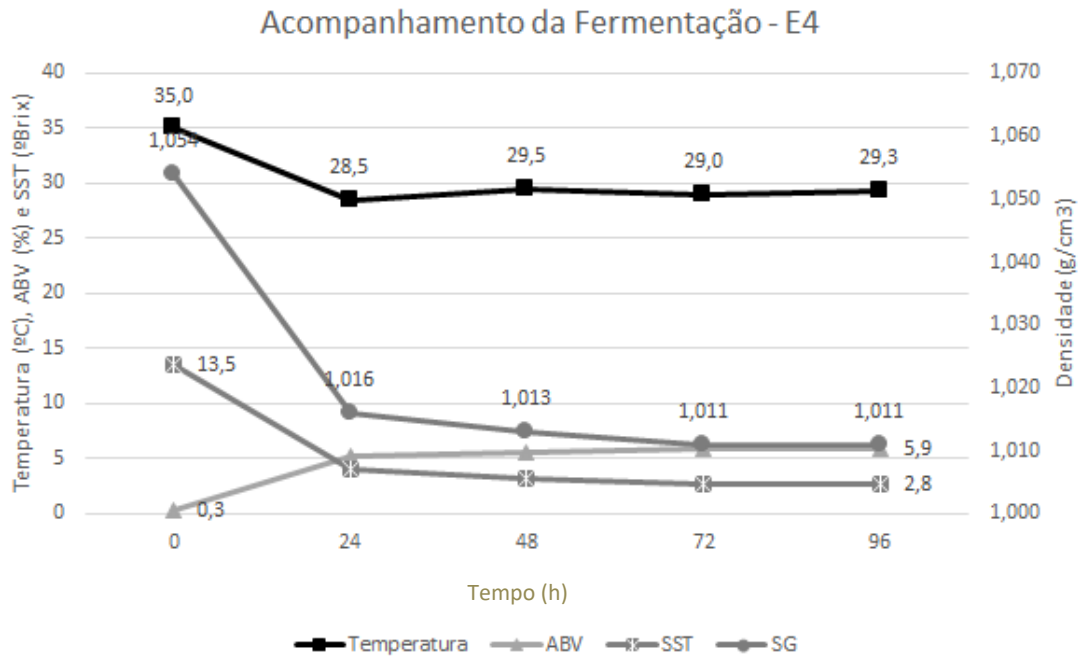


Fonte: Própria

O incremento de polpa na fermentação e na maturação não apresentou contribuição significativa com o incremento da densidade. Esse fato pode ter ocorrido em função de um aumento muito discreto ou do tanque não ter sofrido grande homogeneização a ponto de ser percebido o incremento na análise. O experimento E1, teve excelente homogeneização da polpa no mosto, uma vez que o meio estava sob agitação. Nas demais etapas a polpa entrou em contato com a cerveja, porém sem agitação para evitar a oxidação da cerveja.

A homogeneização da cerveja com a polpa se deu pelo tempo de maturação que somou mais 4 dias após o acompanhamento da fermentação. As amostras sofreram nova homogeneização natural com o envase. Sendo as contribuições mais notadas nas cervejas finalizadas.

Figura 15 - Resultados físico-químicos ao longo da fermentação do experimento E4, sem adição de polpa. Experimento controle.



Fonte: Própria

Os dados do processo controle, experimento E4, se mostraram muito semelhantes aos demais processos, sendo possível afirmar que a adição da polpa de biribá não gera grandes alterações físico-químicas na cerveja. Alterações negativas poderiam refletir na interrupção da fermentação nas primeiras horas e isso não ocorreu.

#### 4.3 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS DE RESPOSTA AO BIOPROCESSO

As variáveis de resposta do processo estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3: Valores médios das respostas das variáveis de bioprocessos.

Variáveis	Controle	Fervura	Fermentação	Maturação
$Y_{X/S}$ (g.g <sup>-1</sup> )	0,60	0,26	0,97	0,60
$Y_{P/S}$ (g.g <sup>-1</sup> )	0,43	0,43	0,42	0,44
$Q_p$ (g.L <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )	0,051	0,062	0,063	0,062
TMC (g.g <sup>-1</sup> )	3,56	2,27	5,83	3,80

$\mu_x$ (g.h <sup>-1</sup> )	0,057	0,030	0,113	0,067
EF (%)	83,53	83,61	82,82	87,06

O **fator de rendimento de produção de células** obteve valores bem extremos em cada experimento, enquanto a cerveja com adição de biribá na etapa de fervura obteve 0,97g.g<sup>-1</sup>, o experimento com adição da fervura chegou a um valor de 0,26g.g<sup>-1</sup>. Souza (2015) produzindo uma cerveja com adjunto de gengibre amargo obteve valores médios de 0,332g.g<sup>-1</sup>. Altos valores de coeficiente de rendimento celular podem indicar um maior desvio de açúcar para a produção de células em detrimento à produção de etanol.

Quanto aos valores de **produtividade volumétrica** (Qp) foram mais elevados também comparada a cerveja controle que obteve um valor de 0,051 g.L<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, enquanto as cervejas com biribá obtiveram valores muito próximos, na faixa de 0,062 e 0,063 g.L<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.

Em relação aos valores de **fator de rendimento de produção de etanol** (Y<sub>P/S</sub>) foram obtidos resultados muito próximos, o que pode-se afirmar que o uso da polpa de biribá não alterou significativamente a produção de álcool pelas leveduras em fermentação.

Carvalho (2009) avaliou os parâmetros fermentativos do mosto puro malte e do mosto contendo banana como adjunto. O primeiro obteve Qp igual a 0,50 g/L.h e Y<sub>p/s</sub> equivalente a 0,43 g/g. Já o segundo apresentou Qp correspondente a 0,58g/L.h e Y<sub>p/s</sub> igual a 0,45g/g. Apesar de o valor de produtividade volumétricas ser menor, e levedura utilizada pelos autores ter sido diferente da que foi utilizada neste trabalho, pode-se verificar que em ambos trabalhos o uso de polpas de frutas como adjunto contribuiu para o processo fermentativo, verificando os valores de fator de rendimento de produção de etanol.

Os valores de **eficiência fermentativa**, em que se leva em consideração o consumo de substrato em razão de geração do produto, obtiveram-se acima de 80%. Santos (2010) produzindo uma cerveja com adjunto de arroz preto obteve valores médios de 72,48%, bem próximo de Andrade (2007) que também utilizou adjunto de arroz preto obteve uma eficiência fermentativa de 70,92%, ou seja, valores inferiores encontrado no presente trabalho.

Os resultados para **taxa específica de crescimento celular** está associado ao tempo de multiplicação celular que acontece na fase aeróbico do processo, foram bem diferentes, no qual o experimento que houve adição de polpa biribá obteve maior valor, 0, 113 g.h<sup>-1</sup>, enquanto o

experimento com adição de biribá na fervura o menor, aproximadamente  $0,030 \text{ g.h}^{-1}$ , esses valores podem ser explicados pelos diferentes níveis de aeração no momento de inóculo da levedura. Souza (2010) produzindo uma cerveja com adjunto de farinha de pupunha fermentando com levedura tipo lager obteve valores bem inferior, com cerca de  $0,009 \text{ g.h}^{-1}$ .

#### 4.4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS CERVEJAS

Os resultados físico-químicos das cervejas artesanais produzidas com a polpa de biribá estão expressos na Tabela 4. O **extrato primitivo** da cerveja em que adicionou-se biribá na fervura se apresentou mais elevado do que as demais, com  $14,40 \text{ }^{\circ}\text{P}$  ou  $1,058 \text{ g/cm}^3$  e diferenciou-se estatisticamente dos demais experimentos. Fato que pode estar relacionado a soma de açúcares presentes na polpa da fruta, gerando um acréscimo no número quando comparado ao experimento controle. A cerveja do experimento controle apresentou **extrato aparente** de  $4,57 \text{ }^{\circ}\text{P}$  ou densidade final de  $1,018 \text{ g/cm}^3$ , esse fato pode ser causado pela não adição da fruta. A fruta, rica em nutrientes, pode ter colaborado para um melhor desempenho fermentativo nos experimentos. Apesar da elevada umidade da polpa do biribá não houve diferença significativa na concentração de extrato das cervejas.

O efeito positivo da adição da polpa de biribá no processo de fermentação pode ser verificado também através dos resultados de fermentabilidade. Os dados demonstram que todas as cervejas adicionadas da polpa da fruta apresentaram maior **fermentabilidade** do que a cerveja controle. Os açúcares disponíveis foram mais consumidos biribá na fermentação que foi  $81,91\%$  e menor valor de fermentabilidade foi a cerveja que não houve adição aproximadamente  $66,56\%$ , uma diferença de valores bem significativa. De acordo com Briggs et al. (2004), os valores comuns de fermentabilidade para mosto de puro malte encontra-se na faixa de  $64$  a  $77\%$ , visto que o mosto produzido fez o uso de adjuntos como goma de mandioca e xarope e proporcionou uma quantidade maior de açúcares fermentescíveis.

Tabela 4: Composição físico-química das cervejas produzidas com a polpa de biribá e cerveja controle.

<b>Análises</b>	<b>Controle</b>	<b>Fervura</b>	<b>Fermentação</b>	<b>Maturação</b>
Extrato Primitivo (°P)	13,67 <sup>b</sup> ± 0,13	14,40 <sup>a</sup> ± 0,26	13,67 <sup>b</sup> ± 0,02	13,25 <sup>c</sup> ± 0,09
Extrato Aparente final (°P)	4,57 <sup>a</sup> ± 0,05	3,47 <sup>b</sup> ± 0,04	2,47 <sup>d</sup> ± 0,02	2,64 <sup>c</sup> ± 0,04
Sólidos Solúveis (°Brix)	13,5 <sup>a</sup> ± 0,46	13,97 <sup>a</sup> ± 0,25	13,50 <sup>a</sup> ± 0,36	13,20 <sup>a</sup> ± 0,36
Densidade Original (g/cm <sup>3</sup> )	1,055 <sup>b</sup> ± 0	1,058 <sup>a</sup> ± 0	1,055 <sup>ab</sup> ± 0	1,053 <sup>b</sup> ± 0
Densidade Final (g/cm <sup>3</sup> )	1,018 <sup>a</sup> ± 0	1,014 <sup>b</sup> ± 0	1,010 <sup>c</sup> ± 0	1,010 <sup>bc</sup> ± 0
Álcool (% v/v)	4,92 <sup>b</sup> ± 0,04	5,92 <sup>a</sup> ± 0,02	6,01 <sup>a</sup> ± 0,08	5,98 <sup>a</sup> ± 0,06
Álcool (% p/v)	3,88 <sup>b</sup> ± 0,03	4,67 <sup>a</sup> ± 0,02	4,74 <sup>a</sup> ± 0,06	4,72 <sup>a</sup> ± 0,05
Fermentabilidade (%)	66,58 <sup>d</sup> ± 0,11	75,92 <sup>c</sup> ± 0,03	81,91 <sup>a</sup> ± 0,02	79,23 <sup>b</sup> ± 0,06
pH	4,14 <sup>a</sup> ± 0,08	4,18 <sup>a</sup> ± 0,02	4,11 <sup>a</sup> ± 0,01	4,08 <sup>a</sup> ± 0,02
Cor (EBC)	15,17 <sup>b</sup> ± 0,11	18,55 <sup>a</sup> ± 0,15	12,72 <sup>d</sup> ± 0,06	13,21 <sup>c</sup> ± 0,05
Amargor (IBU)	17,80 <sup>b</sup> ± 0,42	20,40 <sup>a</sup> ± 0,03	16,87 <sup>c</sup> ± 0,08	16,10 <sup>d</sup> ± 0,04
Turvação em 24h (EBC)	1,85 <sup>d</sup> ± 0,14	2,35 <sup>b</sup> ± 0,06	2,10 <sup>c</sup> ± 0,04	2,78 <sup>a</sup> ± 0,02

Quanto aos valores de **pH**, os valores não diferiram estaticamente e variaram entre 4,08 e 4,18, esses valores caracterizam um pH ácido, o que é esperado para uma cerveja. Através destes resultados, verificou-se que o uso da polpa biribá não influenciou neste parâmetro e os valores encontrados são bem próximos do que foi encontrado por Maia e Belo (2017) que produziram uma cerveja com graviola que é do mesmo gênero do biribá, onde encontraram pH de 4,17. Estudo realizado por Santa et al. (2020) com uso de pitaya na produção de cerveja tiveram resultados de pH com uma faixa bem próxima, valores variam entre 4 e 4,28. O pH da polpa de biribá (4,95), apesar de ser baixo, não influenciou o pH da cerveja pronta.

Em relação ao teor de **álcool**, pôde-se notar uma diferença estatística para cervejas com biribá em contraste da cerveja controle, o valor mais elevado foi de 6,01% da cerveja com adição na etapa de fermentação, o que era esperado, visto os resultados de fermentabilidade, como houve uma atenuação maior no extrato e os principais produto da fermentação é o álcool e o gás carbônico. Imaizumi e col. (2020), obtiveram resultados similares testando jabuticaba

nas mesmas três etapas e obteve como resultado maior produção de álcool com adição da polpa na fermentação, um valor médio de 6,2%.

A cerveja com adição de biribá na fervura foi a qual obteve o maior valor de **cor**, aproximadamente 18,55 EBC. Tal efeito pode ser explicado por uma maior produção de melanoidinas que são pigmentos que são gerados pela reação entre açúcares redutores e aminoácidos, visto que a polpa de biribá ser rica em açúcares. (PALUDO, 2019)

Para os resultados de **amargor**, nota-se que o experimento com adição do biribá na fervura obteve um valor elevado e mais discrepante dos outros experimentos, aproximadamente 20,40 IBU. Esse valor pode ser explicado pela demora maior para o resfriamento em relação aos experimentos, o amargor da cerveja é conferido pela isomerização do alfa-ácido presente no lúpulo durante a fervura a partir de temperaturas acima de 80°C. Dessa forma, um maior tempo do mosto quente, acarretará uma maior isomerização, conseqüentemente um amargor mais elevado. (BOAN; COLLINI; PEREZ, 2014)

Por fim, a cerveja do experimento controle apresentou menor **turvação** com 1,8 EBC. Essa turvação mais baixa se deve ao fato de não ter sido adicionada de fruta. O elevado percentual de proteína encontrado na polpa da fruta contribuiu fortemente com a elevada percepção desse indicador na cerveja. Vale ressaltar que as cervejas artesanais têm maior turvação por não sofrerem o processo de filtração após a maturação, na maioria dos estilos.

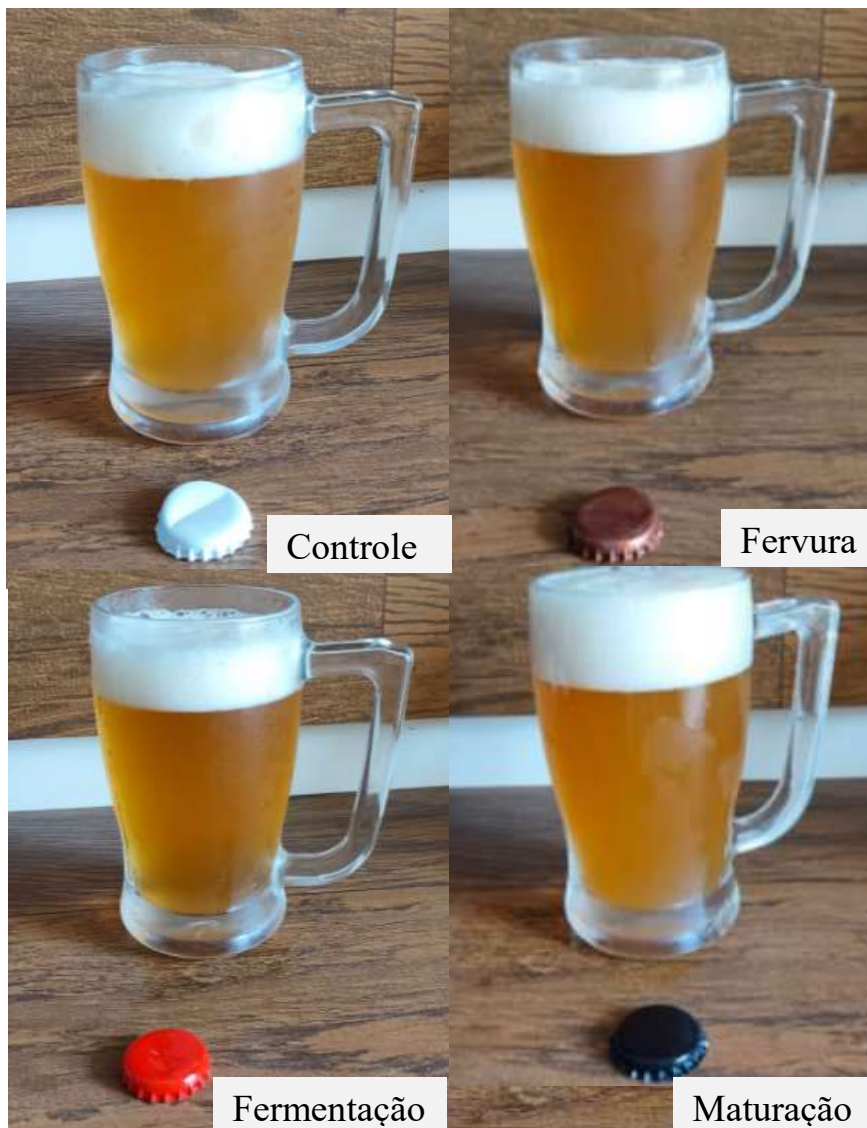
#### 4.5 CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DAS CERVEJAS

As cervejas apresentaram aspecto visual muito semelhante (Figura 16). A cor foi classificada como cobre, apresentaram espuma branca com boa formação e persistência. Todas as amostras se apresentaram levemente turvas. Houve presença de sedimento nas amostras da fermentação e maturação. Essa característica não foi vista nas cervejas controle e com adição da fruta na fervura.

Quanto ao aroma a cerveja controle apresentou aroma levemente maltado remetendo a grão e leve tosta. A cerveja com adição de biribá na fervura apresentou leve traços frutados remetendo a frutas brancas como a graviola e o melão. Essas notas frutadas se apresentaram mais notórias nas amostras da fermentação e maturação. No entanto a amostra da fermentação apresentou leve traço acético, podendo indicar uma leve contaminação pela adição tardia da fruta. O processo de branqueamento é ideal para esse tipo de adição de fruta.

No sabor as cervejas apresentaram a mesma intensidade de amargor e percepção de álcool. A cerveja com adição da fruta na fermentação apresentou-se levemente mais ácida. O sabor de frutas brancas leve foi notado em todos os experimentos adicionados de fruta. A cerveja da maturação apresentou leve nota adocicada, que pode ser causada pela adição tardia do fruto quando as leveduras já estão em baixa atividade na cerveja. Com isso, o experimento com adição de polpa na fervura se mostrou mais viável, evitando possíveis contaminações e presença de sedimento na cerveja.

Figura 16 – Aspecto visual das cervejas. (Rolha metálica branca) Experimento Controle. (Rolha metálica rosé) Cerveja com Biribá adicionado na Fervura. (Rolha metálica vermelha) Cerveja com Biribá adicionado na Fermentação. (Rolha metálica preta) Cerveja com Biribá adicionado na Maturação.



## 5 CONCLUSÃO

A polpa de fruto biribá é rica em umidade, além de apresentar significativa concentração de carboidratos. No entanto, devido à baixa concentração na cerveja, não chegou a gerar impacto nos parâmetros físico-químicos da cerveja.

Com relação ao processo de fabricação todas as amostras obtiveram um comportamento fermentativo bem parecidos. A atenuação da densidade dos sistemas se deu após 24h e estabilização dos resultados, por volta de 96h. A adição de biribá não gerou grandes alterações na fermentação da cerveja.

Através das análises das respostas das variáveis de bioprocessos pode-se constatar que adição da polpa de biribá na fermentação influenciou no processo de geração de novas células. Fator que reflete nos valores de TMC que se apresentou mais elevados que aos demais experimentos, com cerca de 5,83 g geradas a partir de 1 g de célula dosada. Essa influência pode-se ser notada também nos parâmetros de fator de rendimento de células em relação ao substrato e na taxa específica de crescimento celular que foram  $0,97\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  e  $0,113\text{g}\cdot\text{h}^{-1}$  respectivamente, valores que também se apresentaram elevados comparado aos demais. Tal efeito pode ser explicado pelo fato da fruta ser rica em nutrientes, desta forma, pode ter colaborado para melhor desenvolvimento fermentativo.

Diante dos resultados das análises físico-químicas das cervejas, verificou-se o efeito positivo da adição da polpa da fruta no processo fermentativo. Todas as cervejas em que foram utilizadas a polpa apresentaram maior fermentabilidade do que a cerveja controle. Também se notou que adição de polpa de biribá na fervura influenciou na cor do mosto, que ficou mais amarelado do que os demais sistemas. A polpa de biribá também influenciou na turvação, visto que o experimento controle apresentou menor turvação. A maior turvação nas cervejas com fruta pode ser explicada pela presença de proteína da fruta.

A adição do biribá nas diversas etapas do processo de fabricação não causou grande diferença sensorial entre as amostras. No entanto, as cervejas que foram adicionadas de biribá na fermentação e maturação tiveram formação de sedimento no fundo da garrafa. Em virtude do risco de contaminação microbiológica e da possível presença de açúcares residuais na maturação recomenda-se a adição no término da fervura.

Logo, a adição da polpa de biribá na elaboração da cerveja mostrou-se bastante favorável ao processo, uma vez que não causou grandes variações nos parâmetros físico-químicos e das variáveis de bioprocessamento da cerveja, mas elevou a quantidade de células quando adicionado na fermentação, intensificou a cor da cerveja quando adicionado na fervura, como também elevou os valores de turvação quando adicionada em qualquer etapa. Desta forma, o uso de polpa de biribá pode ser uma alternativa para produção de cervejas com características amazônicas.

## **PERSPECTIVAS**

As sugestões para trabalhos futuros englobam testar diferentes concentrações da polpa de biribá para produção da cerveja e também em outros estilos de cervejas para fazer efeito comparativo em relação as variáveis físico-química e bioprocessos. Sugere-se também realizar uma análise sensorial com o público visto que o presente trabalho não foi possível realizá-la.

## REFERÊNCIAS

ABRACERVA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERVEJA ARTESANAL). **Brasil fecha 2018 com 889 cervejarias**. 2019. Disponível em: <<https://abracerva.com.br/2019/02/04/brasil-fecha-2018-com-889-cervejarias-210-amais-do-que-em-2017/>>. Acesso em 27/09/2021.

AGUIAR, E.B.; BICUDO, S.J.; CURCELLI, F.; FIGUEREIDO, P. G.; CRUZ, S. C. S. Épocas de poda e produtividade da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.11, p.1463-1470, 2011.

ALVARENGA, D. Consumo de cerveja migra para dentro de casa e volume de vendas no Brasil é maior desde de 2014. **Economia G1**, São Paulo, 23, Maio de 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/05/23/consumo-de-cerveja-migra-para-dentro-de-casa-e-volume-de-vendas-no-brasil-e-o-maior-desde-2014.ghtml>>. Acesso em: 26/11/2021.

ALVES, W. De S.; MENDONÇA, S. O.; SOARES, H. S.; BELÉM, C. C. e S.; ROLIM, C. S. S.; ROLIM, L. N.; SARAIVA, E. C.; LAMARÃO, C. V. Avaliação sensorial de cerveja pilsen de resíduos de guaraná (paullinia cupana) / sensory evaluation of pilsner beer made with guarana residues (paullinia cupana). **Brazilian Journal Of Development**, v. 7, n. 1, p. 1526-1544, 2021.

ANDRADE, C.M. **Obtenção de chope usando arroz preto (Oryza sativa) como adjunto de malte**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de Lorena. 2007. P. 78. Lorena.

ASSIS, L.P.S. Da cachaça à libertação: mudanças nos hábitos de beber do povo Dâw no Alto Rio Negro. **Revista Antropos**, v.1, n.1, p. 101 – 173, 2007.

AZEVEDO, L.F.S; SOUZA, P.G. Avaliação da perda de extrato de cerveja na etapa de brassagem em uma microcervejaria de Manaus. **Brazilian J. of Develop.** v.7, n.4, p. 34537-34556, 2021.

BERTO, A., SILVA, A. F., VISENTAINER, J. V., MATSUSHITA, M., & SOUZA, N. E. (2015). Proximate compositions, mineral contents and fatty acid compositions of native Amazonian fruits. **Food Research International**, 77(3), 441-449.

BOAN, M.; COLLINI, D.; PEREZ, C. **Tecnologia Cervejeira- SENAI**. Rio de Janeiro: SENAI, 2014. 282p.

BOKULICH, N. A.; BAMFORTH, C. W.; MILLS, D. A. Brewhouse-resident microbiota are responsible for multi-stage fermentation of American coolship ale. **PLoS ONE**, v.7, n.4, p.35507-35517, 2012.

BRASIL. Decreto nº 9.902, de 8 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. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria da Defesa Agropecuária. Anuário da cerveja 2020, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/com-crescimento-de-14-4-em-2020-numero-de-cervejarias-registradas-no-brasil-passa-de-1-3-mil/anuariocerveja2.pdf>>. Acesso em: 26/11/2021.

BRASILIA. Izabel Cristina Drulla Brandão. Embrapa. **Amazônia é berço de frutas nativas de alto potencial comercial**. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14818376/amazonia-e-berco-de-frutas-nativas-de-alto-potencial-comercial>. Acesso em: 10 set. 2021

BRIGGS, D.E; BOULTON, C.A, BROOKES, P.A; STEVENS, R. **Metabolism of wort by yeast. Brewing Science and practice**. New York: CRC Press, 2004.

CARDOSO, M.P.S.; MACEDO, K. M.; DE SOUZA, V. S. N.; MALDONADO, R. R.; FIGUEREIDO, A. F. R.; OLIVEIRA, E. A. Desenvolvimento de duas formulações base de cerveja estilo sour empregando kefir e kombucha na fermentação. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.1, p. 5616-5628, 2021.

CARVALHO, G.B.M de. Obtenção de Cerveja usando Banana como Adjunto e Aromatizante, 2009. 163f. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, 2009.

CASTRO, O. M.; FIOROTO, P. C; RIBEIRO, M. V. S. **Tecnologia cervejeira industrial**. 1ªed. Maringá – PR: Unicesumar, 2019. 208p.

CEREDA, M. P. Tiquira e outras bebidas de mandioca. Tecnologia de bebidas. In: VENTURINI FILHO, W.G. **Tecnologia de Bebidas**. São Paulo: Blucher, 2005. Cap. 21, p.525-550.

CERVBRASIL – Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. Participação do nordeste na produção nacional de cerveja cresce 1,2% nos últimos cinco anos. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/participacao-do-nordeste-na-producao-nacional-decerveja-cresce-12-nos-ultimos-cinco-anos](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/participacao-do-nordeste-na-producao-nacional-decerveja-cresce-12-nos-ultimos-cinco-anos). Acesso em 12 Jul 2019.

DA COSTA, J.P.C; MULLER, C.H. **Fruticultura tropical: o biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq) Baill.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1995. 35p.

DE ANGELIS, R. C. **Fisiologia da nutrição: fundamentos para nutrição e desnutrição**. 1. ed. São Paulo: EDART, 1977.

DONADIO, L.C.; ZACCARO, R.P. **Valor nutricional de frutas**. Jaboticabal: SBF/Coopercitrus, 2012. 248p.

EBC – **EUROPEAN BREWERY CONVENTION**. Analytica. 4º ed, Zurich: Brauerei, 1987, 271p.

FERNANDES, J. A. **Selvagens Bebedeiras: Álcool, Embriaguez e Contatos Culturais no Brasil Colonial**. 2004. 392p. Tese (Doutorando em História), Programa de Pós-Graduação em História, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil, 2004.

FERNÁNDEZ, I.M. **Bioprospeção de frutas cultivadas na Amazônia com potencial de compostos bioativos, capacidade antioxidante e estudos microbiológicos**. 2019. 232 p. Tese (Doutorado em Biotecnologia), Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, Brasil, 2019.

FERREIRA, M. das G.; RIBEIRO, G. D. **Coleção de fruteiras tropicais da Embrapa Rondônia**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2006. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/710695/colecao-de-fruteiras-tropicais-da-embrapa-rondonia>>. Acesso em: 10 de Maio de 2021.

FREITAS, S. O.; SANTOS, Y. J. S.; SORA, G. T. S.; PAULA, L. C.; POLES, L.; OLIVEIRA, G. Determinação de parâmetros de qualidade de frutos da região amazônica durante o amadurecimento. **Realidades e Perspectivas em Ciência dos Alimentos Volume II**, [S.L.], p. 37-46, 19 out. 2020. Pantanal Editora.

FREITAS, S.O.; SANTOS, J. S.; SORA, G. T.; DE PAULA, L. C.; POLES, L. F.; FOLADOR, G. O. Determinação de parâmetros de qualidades de frutos da região amazônica durante amadurecimento. In: NOGUEIRA, W. V. **Realidades e perspectivas em Ciências de Alimentos**. 1ed. Nova Xantina – MT: Pantanal, 2020, v.2, cap.3, p.37-46.

GAUTO, M. **Química Industrial: Série Tekne**. 1ªed. Porto Alegre: Editora Tkene, 2013. 283p.

HENDGES, D.; MENECHINI, R. **Processo de Produção Cervejeira**. 1ªed. Maringá – PR: Unicesumar, 2020. 144p.

HENMAN, A.R. Guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*): Ecological and social perspectives on an economic plant of the Central Amazon basin. **Journal of Ethnopharmacology**, v.6, n.3, p. 311-338, 1982.

HIERONYMUS, S. **Guia prático para o aroma, amargor e cultivo de lúpulos**. 2ed. Belo Horizonte: Letramento, 2020. 321p.

IMAIZUMI, V. M.; FIGUEIRA, R.; SARTORI, M. M. P.; VENTURINI, W. G. F. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE FRUIT BEER DE JABUTICABA DESIDRATADA. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, [SI], v. 36, n. 2, out. 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

KITS, D.; GARSHOL, L. M. **Norwegian Kveik brewing yeasts are adapted to higher temperatures and produce fewer off-flavours under heat stress than commercial *Saccharomyces cerevisiae* American Ale yeast**. *BioRxiv*, 2021. Disponível em: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.06.15.448505v1>. Acesso em junho de 2021.

MAIA, T. S.; BELO, R. F. C. Análises Físico-transformados de Cerveja Artesanal Elaborada com Graviola e Análise Sensorial de Cervejas com Adição de Frutas e Frutadas Comercializadas. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, v. 5, n. 5, 2017.

MARQUES, I.S. **Determinação de características físico-químicas da polpa in natura do biribá (*Rollinia mucosa* Baill) do estado de Rondônia-Brasil**. 2011. 28p. Dissertação (Graduação em Licenciatura em Química), Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, Ariquemes, 2009.

MIOTTO, M.; COLET, R.; FERNANDES, I. A.; GRIPE, P.; STEFFENS, C.; JUNGET, A. Clarificação de cervejas artesanais utilizando processo de separação por membranas. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.1, p. 9326-9341, 2021.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja. Larousse do Brasil**. 1ª ed, São Paulo: Alaúde Editorial, 2017. 440p.

MOSHER, R. **Radical Brewing: Receitas, contos e ideias transformadoras em copo de cerveja**. Traduzido por Pedro S.R. Paranhos, Diego Masiero. Belo Horizonte: Letramento, 2018. 328p.

ORGEDA, R. **Engenharia de Produção da Indústria Cervejeira**. 1ªed. Maringá – PR: Unicessumar, 2020. 160p.

PALUDO, M. **Água, lúpulo e adjuntos**. 1ªed. Maringá – PR: Unicessumar, 2019. 152p.

PEREIRA, J.C.R. **Cultura do guaranazeiro no Amazonas**. 4. ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005, 40p.

PIMENTEL, C. E. M; SANTIAGO, I. L; OLIVEIRA, A. K. M. S; SERUDO, R. L. Produção de Cerveja Artesanal com adição de ácido ascórbico a partir de fruto amazônico. **Braz. J. de Develop**, Curitiba, v. 5, n. 10, pág. 18553-18560, conjunto, 2019.

PREISS, R., TYRAWA, C., VAN DER MERWE, G., BIOLOGY, C. Traditional norwegian Kveik Yeasts: underexplored domesticated *Saccharomyces cerevisiae* Yeasts. **BioRxiv**, 2017. Disponível em: < <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/194969v1.full> > Acesso em: 27 de novembro de 2021.

PREISS, R.; TYRAWA, C.; KROGERUS, K; GARSHOL, L. M. & MERWE, G. V. D. M. Traditional Norwegian Kveik are a genetically distinct group of domesticated *Saccharomyces cerevisiae* brewing yeasts. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, n.1, p.1-9, 2018.

SALES, L.S.; SOUZA, P.G. Produção de cerveja do estilo Catharina Sour com Araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh). **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.1, p. 1599-1613, 2021.

SANTA, O. R. D.; ROSA, C. T.; SILVA, N. S. R.; MICHELETTI, I. N.; KRUGER, R. L.; MESOMO, M. C.; ZANETTE, C. M. Estudo da adição de pitaya na produção de cerveja / study of pitaya addition in beer production. **Brazilian Journal Of Development**, v. 6, n. 10, p. 80891-80900, 2020.

SANTOS, C. C. A. A. **Identificação da microbiota e caracterização físico-química da bebida fermentada caxiri produzida pelo povo Juruna (Yudjá)**. 2010. 94 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil, 2010.

SCHUINA, G. L. **Metodologias de produção cervejeira e gestão sensorial**. 1ªed. Maringá – PR. Unicesumar, 2020. 176p.

SILVA, A. F.; LEMOS, E. S.; SUWA, U. F. Análise microbiológica da goma de mandioca comercializada na feira livre do bairro alvorada II na cidade de Manaus-AM. In: LOPES, L. B. M.; MELO, T. S. **Biomedicina e farmácia: Aproximações**. 1ed. Ponta Grossa – PR: Atenas, 2019, v.2, cap.6, p.46-52.

SILVA, D. F.; SOUZA, P. G. de; ALBUQUERQUE, P. M. Avaliação da eficácia dos principais métodos de estabilização coloidal da cerveja tipo American Lager / Evaluation of the effectiveness of the main coloidal stabilization methods of the American Lager beer. **Brazilian Journal Of Development**. v. 7, n. 4, p. 34657-34670, 2021.

SILVA, M. A.; GOMES, A. M.; SILVA, A. C. C.; LINHARES, I. M.; BASTOS, J. V. H.; BORGES, M. N. S.; RODRIGUES, R. C.; ARAUJO, N. F. O.; ROCHA, E. P. S.; BARROS, Cleber do Amaral. Ensino de técnicas laboratoriais pela elaboração de sorvete com a fruta beribá/biribá (*Annona hypoglauca*). **Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**, [S.L.], p. 26-36, 12 set. 2019. Atena Editora

SIMÕES, C. L. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da Planta ao Medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2003. 821 p

SMIRDELE, O. J.; SOUZA, A. DAS G.; ALMEIDA, M. S.; DE SOUZA, A. A. Caracterização biométrica e superação de dormência de sementes de biribá no crescimento inicial de seedlings. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 222-232, 2016

DE SOUSA, W.A.; GOMES, M.L.S.; MARTINS, G.A.S.; ROLIM, C.S.S.; ROLIM, L.N.; BONATTO, E.C.S.; PEREIRA, B.F.F.; LAMARAO, C.V. Caracterização físico-química e avaliação e sensorial de cerveja pilsen produzida a partir de mandioca (*Manihot esculenta*, 1766) submetida a diferentes adubações de solo. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.2, p. 7580-7599, 2020.

SOUZA, P.G. **Elaboração de cervejas tipo lager a partir de farinha de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) como adjunto, em bioprocessos conduzidos com levedura livres e imobilizadas**. 2010.114p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil, 2010.

SOUZA, P. G. **Estudo do potencial biotecnológico do rizoma de *Zingiber zerumbet* L. Smith como adjunto na produção de cerveja artesanal**. 2015. 71p. Tese (Doutorado em Biotecnologia), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil, 2015.

SUFRAMA. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Superintendência da Zona Franca de Manaus. **Potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica Guaraná**. Manaus: SUFRAMA, 2003. 18p.

TONATTO, T.O. **Análise físico-química do fruto biribá (*Rollinia mucosa*) oriundo do município de itapuã-do-oeste, RONDÔNIA**. 2013. 23p. Dissertação (Graduação em Licenciatura em Química), Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, Ariquemes, 2013.

## ANEXOS

ANEXO A – Receita elaborada com auxílio do software cervejeiro *Brewfather*.Generated: 2022-10-27T13:45:00-04:00 - Brewfather - <https://web.brewfather.app>

  
www.brewfather.app

## Cerveja com Beribá e Tapioca - Igor - 6.3%

Caxiri Sour Beer

Autor: Escola Profissional Cervejeiro

Tipo: Somente Grãos

IBU : 8 (Tinseth)  
 BU/GU : 0.13  
 Cor : 15 EBC  
 Carbonatação : 4.7 g/L

Densidade Pré Fervura : 1.045  
 Densidade Original : 1.058  
 Densidade Final : 1.010

Fermentáveis (5 kg)

4 kg - Malte Pilsen 3.5 EBC (80%)  
 500 g - Fécula de Mandioca (Tapioca) 2 EBC (10%)  
 500 g - 30 min - Boil - Xarope de Guaraná 80...

Lúpulos (11 g)

45 min - 11 g - German Tradition - 6% (8 IBU)

Diversos

Mostura - 0.765 g - Baking Soda (NaHCO3)  
 Mostura - 2.591 g - Calcium Chloride (CaCl2)  
 ^ Lote # G3220  
 Mostura - 0.713 g - Chalk (CaCO3)  
 ^ Lote # T2620  
 Mostura - 2.183 g - Epsom Salt (MgSO4)  
 ^ Lote # G3120  
 Mostura - 2.591 g - Gypsum (CaSO4)  
 ^ Lote # G3120  
 Lavagem - 0.539 g - Baking Soda (NaHCO3)  
 Lavagem - 1.843 g - Calcium Chloride (CaCl2)  
 ^ Lote # G3220  
 Lavagem - 0.504 g - Chalk (CaCO3)  
 ^ Lote # T2620  
 Lavagem - 1.557 g - Epsom Salt (MgSO4)  
 ^ Lote # G3120  
 Lavagem - 1.843 g - Gypsum (CaSO4)  
 ^ Lote # G3120

Levedura

0.9 pct - Mangrove Jack's Kveik (Voss) M12

Default

Volume do Lote : 20 L  
 Tamanho da Fervura: 24.88 L  
 Volume Pós Fervura: 21.88 L

Água de Mostura : 15.5 L  
 Água de Lavagem : 12.22 L  
 Tempo de Fervura : 60 min  
 Água Total : 27.72 L



15 EBC

Eficiência do Equipamento: 72%  
 Eficiência da Mostura: 75.6%

Perfil de Mostura

High fermentability  
 65 °C - 60 min - Temperatura

Perfil de Fermentação

Sour Beer  
 35 °C - 7 dias - Primária  
 0 °C - 10 dias - Cold Crash

Perfil da Água

Santa Claudia (Style - General)  
 Ca 119 Mg 18 Na 17 Cl 94 SO 171

Relação SO/Cl: 1.8  
 pH da Mostura: 5.72

Medidas

pH da Mostura:

Vo1

Den

Vo1

Den

Águ

Vo1

Den

Vo1

## ANEXO B – Resumo estatístico da análise físico-química da cerveja.



Universidade Federal de São Carlos  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
Depto. Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural



Cerveja com Biribá

[voltar](#)

Resumo.

Análise de variância	Extrato Primitivo (°P)	Extrato Aparente final (°P)	Sólidos solúveis totais (°Brix)	Densidade Original (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade Final (g/cm <sup>3</sup> )
GL residuo	8	8	8	8	8
F tratamentos	29,23 **	1 887,89 **	2,23	8,98 **	25,70 **
Média geral	13,75	3,29	13,55	1,06	1,01
Desvio-padrão	0,15	0,04	0,37	0,00	0,00
DMS (5%)	0,40	0,10	0,96	0,00	0,00
CV (%)	1,11	1,17	2,70	0,11	0,13
Teste de Tukey a 5%:					
Controle	13,67 b	4,57 a	13,53 a	1,05 b	1,02 a
Fervura	14,40 a	3,47 b	13,97 a	1,06 a	1,01 b
Fermentação	13,67 b	2,47 d	13,50 a	1,06 ab	1,01 c
Maturação	13,25 c	2,63 c	13,20 a	1,05 b	1,01 bc

Nível de significância: \*\*: 1%; \*: 5%.

GL: graus de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação.



Universidade Federal de São Carlos  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
Depto. Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural



Cerveja com Biribá

[voltar](#)

Resumo.

Análise de variância	Álcool (% v/v)	Álcool (% p/v)	Fermentabilidade (%)	Ph	Cor (EBC)
GL residuo	8	8	8	8	8
F tratamentos	270,76 **	270,76 **	32 162,23 **	3,05	2 125,00 **
Média geral	5,71	4,50	75,91	4,13	14,91
Desvio-padrão	0,06	0,04	0,06	0,04	0,10
DMS (5%)	0,15	0,12	0,17	0,11	0,26
CV (%)	0,98	0,98	0,09	1,05	0,67
Teste de Tukey a 5%:					
Controle	4,92 b	3,88 b	66,58 d	4,14 a	15,17 b
Fervura	5,92 a	4,67 a	75,92 c	4,18 a	18,55 a
Fermentação	6,01 a	4,74 a	81,91 a	4,11 a	12,72 d
Maturação	5,98 a	4,72 a	79,23 b	4,08 a	13,21 c

Nível de significância: \*\*: 1%; \*: 5%.

GL: graus de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação.



Cerveja com Biribá

[voltar](#)

Resumo.

Análise de variância	Amargor (IBU)	Turvação em 24h (EBC)
GL resíduo	8	8
F tratamentos	234,89 **	78,85 **
Média geral	17,80	2,27
Desvio-padrão	0,21	0,08
DMS (5%)	0,56	0,20
CV (%)	1,20	3,40
-----		
Teste de Tukey a 5%:		
Controle	17,77 b	1,85 d
Fervura	20,44 a	2,35 b
Fermentação	16,87 c	2,10 c
Maturação	16,10 d	2,78 a

Nível de significância: \*\*: 1%; \*: 5%.

GL: graus de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação.