

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE  
DO NORTE – CAMPUS NOVA CRUZ

MARIA VITÓRIA CAVALCANTE AMARO

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UMA  
CERVEJA ARTESANAL ESTILO *SESSION IPA***

NOVA CRUZ/RN  
2023

MARIA VITÓRIA CAVALCANTE AMARO

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UMA  
CERVEJA ARTESANAL ESTILO *SESSION IPA***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Processos Químicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Nova Cruz, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnóloga em Processos Químicos.

Orientadora: Me. Maria Luiza de Medeiros Teixeira.

Coorientadora: Esp. Mariana da Costa Ferreira.

NOVA CRUZ/RN  
2023

Catálogo da publicação na fonte  
Biblioteca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do RN  
Campus Nova Cruz

A485d AMARO, Maria Vitória Cavalcante.

Desenvolvimento e caracterização Físico-Química de uma  
cerveja artesanal estilo *session IPA*. / Maria Vitória Cavalcante  
Amaro. – Nova Cruz/RN, 2024.  
51f.

Orientador: Me. Maria Luiza de Medeiros Teixeira - Monografia  
(Monografia em ciências exatas e da terra). – Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – Nova  
Cruz/RN, 2024.

1. Cerveja artesanal – Monografia. 2. Método BIAB –  
Monografia. 3. Análise Físico-Química - Monografia. I. TEIXEIRA,  
Maria Luiza de Medeiros. II. Título.

IFRN

CDU: 663.4(0813.2)

MARIA VITÓRIA CAVALCANTE AMARO

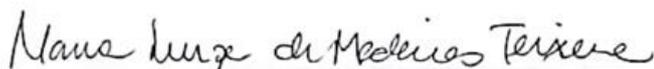
**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UMA  
CERVEJA ARTESANAL ESTILO *SESSION IPA***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Processos Químicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Nova Cruz, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnóloga em Processos Químicos.

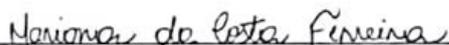
Orientadora: Me. Maria Luiza de Medeiros Teixeira.

Coorientadora: Esp. Mariana da Costa Ferreira.

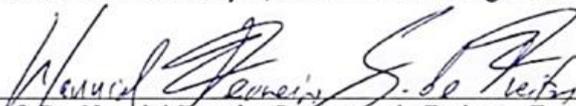
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 21/12/23 pela seguinte Banca Examinadora:



Me. Maria Luiza de Medeiros Teixeira – Orientadora  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Esp. Mariana da Costa Ferreira. – Coorientadora e Examinadora Interna  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Prof. Dr. Hanniel Ferreira Sarmiento de Freitas – Examinador Interno  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Prof. Dr. Fábio Garcia Penha – Examinador Interno  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por me guiar, amparar e fortalecer durante minha jornada acadêmica. Sem Ele para segurar minha mão e ser consolo nos dias difíceis, a realização desse trabalho não seria possível.

Aos meus pais, Maria da Conceição e Lenivaldo, a minha avó, Dorialva e a minha irmã, Valquíria, pelo apoio sempre que precisei e por me motivarem a concluir essa etapa da minha vida. Vocês são a razão pela qual busco melhorar e me superar a cada dia.

Aos colegas e amigos que a instituição me apresentou, que colaboraram, direta ou indiretamente, durante a elaboração deste trabalho de conclusão. E, em especial, aos meus colegas de turma que vivenciaram esses anos de graduação comigo, por todos os momentos de alegrias, angústias, risadas, medos e, acima de tudo, apoio incondicional compartilhado. Vocês tornaram, sem dúvida alguma, o processo mais leve.

A minha orientadora, Maria Luiza, por sua compreensão, motivação, apoio, conhecimento e por se manter presente durante todo o processo, e a minha coorientadora, Mariana, por me auxiliar na realização das análises físico-químicas e me enriquecer com seu conhecimento.

Ao corpo docente de professores, por agregarem conhecimento e experiências inesquecíveis. Aos servidores, por todo suporte e acolhimento oferecido. E, ao IFRN – Campus Nova Cruz, por me proporcionar um ensino e profissionais de qualidade, vivências únicas e contribuir positivamente para com meu processo de formação profissional.

*“Na vida, não existe nada a se temer, apenas a ser compreendido.”*

(Marie Curie)

## RESUMO

Aliado ao exponencial crescimento do mercado cervejeiro e com o constante avanço tecnológico, novas micro cervejarias são implantadas e a fabricação da cerveja é, cada vez mais, aprimorada e diversificada. Segundo a Sindicerv, o Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo e deve alcançar, em 2023 um crescimento das vendas de 4,5% em relação a 2022. A cerveja é uma bebida carbonatada obtida através da fermentação alcoólica, por meio do malte de cevada e água potável, sob ação de levedura e adição do lúpulo. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver e caracterizar uma cerveja artesanal estilo *Session IPA* de acordo com os parâmetros físico-químicos. O procedimento de fabricação da cerveja divide-se nas seguintes etapas: brassagem, recirculação e clarificação, filtração, fervura, resfriamento, fermentação, maturação e envase. O processo produtivo foi realizado de acordo com as características do método BIAB. O método *Brew in a Bag* (BIAB) é amplamente difundido no mercado cervejeiro pela praticidade e eficácia que sua utilização promove em produções artesanais, onde basicamente faz-se uso de um “saco de grãos” como filtro para realizar a fase quente da produção, que acontece em uma única panela. A caracterização físico-química da cerveja foi realizada a partir das análises de sólidos solúveis, densidade, pH, acidez total, condutividade, turbidez, cor, amargor e teor alcoólico. Os resultados obtidos com as análises físico-químicas demonstram que os parâmetros avaliados da cerveja artesanal desenvolvida estão em conformidade com a qualidade esperada do produto, de acordo com as exigências de qualidade estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA.

**Palavras-chave:** Cerveja artesanal; *Session IPA*; processo produtivo; método BIAB; análises físico-químicas.

## ABSTRACT

Combined with the exponential growth of the beer market and constant technological advancement, new microbreweries are being established and beer manufacturing is increasingly improved and diversified. According to Sindicerv, Brazil is the third largest beer producer in the world and should achieve sales growth of 4.5% in 2023 compared to 2022. Beer is a carbonated drink obtained through alcoholic fermentation, through barley malt and drinking water, under the action of yeast and the addition of hops. The present work aimed to develop and characterize a *Session IPA* style craft beer according to physical-chemical parameters. The beer manufacturing procedure is divided into the following steps: brewing, recirculation and clarification, filtration, boiling, cooling, fermentation, maturation and packaging. The production process was carried out in accordance with the characteristics of the BIAB method. The *Brew in a Bag* (BIAB) method is widely disseminated in the beer market due to the practicality and effectiveness that its use promotes in artisanal productions, where basically a “bag of grains” is used as a filter to carry out the hot phase of production, that happens in a single pan. The physical-chemical characterization of the beer was carried out based on analyzes of soluble solids, density, pH, total acidity, conductivity, turbidity, color, bitterness and alcohol content. The results obtained from the physical-chemical analyzes demonstrate that the evaluated parameters of the craft beer developed are in accordance with the expected quality of the product, in accordance with the quality requirements established by the National Health Surveillance Agency – ANVISA.

**Keywords:** Craft beer; *Session IPA*; production process; BIAB method; physicochemical analysis.

## LISTA DE FIGURAS

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figura 1</b>  | – Produção mundial de cerveja por país.....               | 16 |
| <b>Figura 2</b>  | – Principais ingredientes para fabricação de cerveja..... | 16 |
| <b>Figura 3</b>  | – Etapas do processo produtivo da cerveja artesanal.....  | 18 |
| <b>Figura 4</b>  | – Etapa de brasagem e teste do iodo.....                  | 25 |
| <b>Figura 5</b>  | – Clarificação do mosto.....                              | 25 |
| <b>Figura 6</b>  | – Filtração do mosto.....                                 | 26 |
| <b>Figura 7</b>  | – Adição do Lúpulo.....                                   | 27 |
| <b>Figura 8</b>  | – Resfriamento do mosto.....                              | 28 |
| <b>Figura 9</b>  | – Fermentação da cerveja.....                             | 29 |
| <b>Figura 10</b> | – <i>Dry-hopping</i> e maturação da cerveja.....          | 30 |
| <b>Figura 11</b> | – <i>Priming</i> e envase da cerveja.....                 | 30 |
| <b>Figura 12</b> | – pHmetros de bancada.....                                | 31 |
| <b>Figura 13</b> | – Condutímetro de bancada.....                            | 31 |
| <b>Figura 14</b> | – Turbidímetro.....                                       | 32 |
| <b>Figura 15</b> | – Refratômetro de bancada.....                            | 32 |
| <b>Figura 16</b> | – Densímetro de bancada.....                              | 33 |
| <b>Figura 17</b> | – Picnômetro.....   | 33 |
| <b>Figura 18</b> | – Aplicativo <i>Lamas Brew Tool</i> .....                 | 34 |
| <b>Figura 19</b> | – Vidrarias de titulometria.....                          | 35 |
| <b>Figura 20</b> | – Espectrofotômetro UV-VIS.....                           | 36 |
| <b>Figura 21</b> | – Escala de cores.....                                    | 38 |
| <b>Figura 22</b> | – Curva de fermentação clássica.....                      | 39 |
| <b>Figura 23</b> | – Curva de fermentação da primeira produção.....          | 40 |
| <b>Figura 24</b> | – Curva de fermentação da primeira segunda.....           | 40 |
| <b>Figura 25</b> | – Curva de fermentação da primeira terceira.....          | 41 |
| <b>Figura 26</b> | – Curva de fermentação da primeira quarta.....            | 41 |

## LISTA DE TABELAS

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Tabela 1</b> | – Resultados das análises físico-químicas..... | 37 |
| <b>Tabela 2</b> | – Valores de OG e FG obtidos e esperados.....  | 42 |

## SUMÁRIO

|          |                                      |           |
|----------|--------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>               | <b>13</b> |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS.....</b>                | <b>14</b> |
| 2.1      | GERAL.....                           | 14        |
| 2.2      | ESPECÍFICO.....                      | 14        |
| <b>3</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>      | <b>15</b> |
| 3.1      | CERVEJA ARTESANAL.....               | 15        |
| 3.1.1    | Classificação.....                   | 15        |
| 3.1.2    | Lei da Pureza.....                   | 15        |
| 3.1.3    | Mercado.....                         | 15        |
| 3.2      | INGREDIENTES.....                    | 16        |
| 3.2.1    | Água.....                            | 17        |
| 3.2.2    | Malte.....                           | 17        |
| 3.2.3    | Lúpulo.....                          | 17        |
| 3.2.4    | Levedura.....                        | 17        |
| 3.3      | PROCESSO PRODUTIVO.....              | 18        |
| 3.4      | ESTILO <i>SESSION IPA</i> .....      | 20        |
| 3.5      | CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....   | 21        |
| <b>4</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>              | <b>23</b> |
| 4.1      | MATERIAIS.....                       | 23        |
| 4.1.1    | Ingredientes.....                    | 23        |
| 4.1.2    | Equipamentos.....                    | 23        |
| 4.2      | FABRICAÇÃO DA CERVEJA ARTESANAL..... | 23        |
| 4.2.1    | Higienização dos equipamentos.....   | 24        |
| 4.2.2    | Brassagem.....                       | 24        |
| 4.2.3    | Recirculação e clarificação.....     | 25        |
| 4.2.4    | Filtração.....                       | 26        |
| 4.2.5    | Fervura.....                         | 26        |
| 4.2.6    | Resfriamento.....                    | 27        |
| 4.2.7    | Fermentação.....                     | 28        |
| 4.2.8    | Maturação.....                       | 29        |
| 4.2.9    | Envase.....                          | 30        |
| 4.3      | ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....        | 31        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 4.3.1    | pH.....  | 31        |
| 4.3.2    | Condutividade.....   | 31        |
| 4.3.3    | Turbidez.....  | 32        |
| 4.3.4    | Sólidos solúveis.....  | 32        |
| 4.3.5    | Densidade.....   | 33        |
| 4.3.6    | Teor alcólico.....   | 34        |
| 4.3.7    | Amargor.....   | 34        |
| 4.3.8    | Acidez total.....  | 35        |
| 4.3.9    | Colorimetria.....  | 36        |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>  | <b>37</b> |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO.....</b>  | <b>44</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>45</b> |
|          | <b>GLOSSÁRIO.....</b>  | <b>49</b> |
|          | <b>ANEXO - Utilização do alfa ácido de acordo com o tempo para o fim de fervura.....</b> | <b>50</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A origem da cerveja é incerta, entretanto, existem pesquisas que apontam que sua produção teve início por volta de 6000 anos a.C. no Egito, evidenciando que ela é originária da região da Mesopotâmia (Lima; Mota, 2003). Contudo, a regulamentação do processo produtivo da bebida teve fundamento apenas em meados do século XIV, na Europa. E, por meio da primeira regulamentação sobre a fabricação de cerveja, decretada em 1487 pelo Duque Albrecht IV da Baviera, que surgiu a famigerada Lei da Pureza, a *Reinheitsgebot*, de 1516 (Morado, 2009).

Com o constante avanço das tecnologias, a produção de cervejas artesanais se aperfeiçoa cada vez mais, promovendo um maior crescimento e variabilidades no mercado. Atualmente, existe uma imensa variedade tanto do produto, denominado cerveja, como dos meios de produção para a obtenção da mesma, o que torna necessário que cada país possua uma legislação específica a fim de classificar, registrar, padronizar, assim como fiscalizar e inspecionar a produção de cerveja (Aquarone et al., 2001). Nesse sentido, a legislação brasileira define cerveja como sendo a bebida carbonatada obtida pela fermentação alcoólica de mosto oriundo de malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo (Brasil, 2009).

Dentre os estilos de cervejas existentes, podemos destacar a *Session IPA* como um estilo mais apropriado para consumir em climas quentes, sendo a mais leve entre as IPAs. Sua persistência nas características lupuladas e no aroma é o que a diferencia dos demais (Rosa; Afonso, 2015). Nesse sentido, o desenvolvimento de uma cerveja deve garantir a obtenção do máximo aroma do lúpulo com um amargor moderado, sem perder a refrescância.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver no IFRN Campus Nova Cruz uma cerveja artesanal estilo *Session IPA*, com a finalidade de obter uma formulação que atenda as características físico-químicas contidas na legislação vigente.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

- Desenvolver uma cerveja artesanal *Session IPA*.

### 2.2 ESPECÍFICO

- Realizar uma revisão bibliográfica do processo produtivo de uma cerveja artesanal;
- Produzir uma cerveja artesanal estilo *Session IPA*;
- Padronizar o processo produtivo da cerveja produzida;
- Realizar a caracterização físico-química da cerveja produzida por meio dos seguintes parâmetros: pH, condutividade, turbidez, sólidos solúveis, densidade, teor alcoólico, amargor, acidez total e colorimetria.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 CERVEJA ARTESANAL

##### 3.1.1 Classificação

De acordo com a legislação brasileira, a cerveja é uma bebida carbonatada resultante de uma fermentação alcoólica de mosto oriundo de malte de cevada e água potável, por ação de levedura e adição de lúpulo (Brasil, 2009).

##### 3.1.2 Lei da Pureza

A priori, a disseminação da cerveja se deu de forma casual, mas, tendo em vista o potencial de inserir-se e ganhar um espaço no mercado, surgiu o interesse dos órgãos regulamentadores, aproximadamente entre os séculos XIII e XVI, oficializarem a profissão de cervejeiro e de produção de cerveja. Entretanto, foi apenas no ano de 1516 que a Lei da Pureza, ou *Reinheitsgebot*, criada na Baviera, foi estabelecida. A lei determinava que os únicos ingredientes que deveriam ser usados no processo de fabricação da bebida deveriam ser o malte, água, lúpulo e levedura, para que ela fosse considerada como pura, porém essa lei estendeu-se só até o século XX. Atualmente, a legislação permite a adição de certos ingredientes que atuam como fonte de carbono, como leite, chocolate e mel, e alguns outros adjuntos para complementar o malte parcialmente, como milho, arroz, frutas, trigo, ervas, cereais não maltados, xarope de maltose, dentre outros. (Aquarone, et al., 2001; Texo, 2021).

##### 3.1.3 Mercado

Apesar de ser considerada a bebida alcoólica mais antiga da humanidade, nem todos os países que a consomem estão entre os principais produtores. Contudo, o Brasil é um dos países que além de ser um grande consumidor é, também, um dos principais produtores, classificando-se atualmente como o terceiro maior produtor de cerveja do mundo (Figura 1), tendo produção inferior apenas a China e os Estados Unidos (Geremia, et al., 2019).

**Figura 1** – Produção mundial de cerveja por país.

|   | País                       | Produção (Toneladas) |
|---|----------------------------|----------------------|
|  | República Popular da China | 49 781 500           |
|  | Estados Unidos da América  | 22 600 000           |
|  | Brasil                     | 14 000 000           |
|  | Alemanha                   | 8 723 136            |
|  | México                     | 8 588 180            |
|  | Reino Unido                | 4 120 400            |
|  | Polónia                    | 3 990 000            |
|  | Espanha                    | 3 353 500            |
|  | África do Sul              | 3 150 000            |
|  | Japão                      | 2 950 000            |

Fonte: Atlas Big, 2018-2020.

### 3.2 INGREDIENTES

Os ingredientes necessários para a produção de cerveja são (Figura 2), segundo o Art. 13 da instrução normativa nº 65/2009:

I - água potável, conforme estabelecido em legislação específica do Ministério da Saúde; II - malte ou seu extrato, conforme definição do art. 4º, exceto para as bebidas definidas no art. 10, incisos III e IV; III - lúpulo ou seu extrato, conforme definição do art. 8º, exceto para a "cerveja gruit". (Brasil, 2019).

**Figura 2** - Principais ingredientes para fabricação de cerveja.

Fonte: BARONS, 2020.

### 3.2.1 Água

Considerado o principal dentre os ingredientes citados, a água corresponde cerca de, aproximadamente, 93% da formulação. Para ser utilizada, a água deve ser inócua, ou seja, livre de contaminações e inofensiva ao organismo após ser consumida, dura (alto teor de Cálcio e Magnésio), com a finalidade de atuar como nutriente para as leveduras fermentativas, e ajustar o pH para 5. Outrossim, também é imprescindível a realização de análises microbiológicas com intuito de evitar eventuais contaminações no produto (Rebello, 2009).

### 3.2.2 Malte

O malte é obtido através da germinação do grão da cevada, uma planta pertencente à família das gramíneas nativa de regiões que apresentam clima temperado e alto teor de amido. Dessa forma, quando exposto em condições ambientais adequadas, o grão se torna macio e fácil de quebrar, promovendo maior acessibilidade ao amido e originando enzimas capazes de alterar substâncias contidas no grão. A utilização do malte no processo de fabricação de cerveja deve-se a sua alta ação enzimática, uma vez que as enzimas são as responsáveis por realizar a conversão do amido em açúcares que serão, posteriormente, consumidos pelas leveduras durante o processo fermentativo e transformados em álcool (Sampa Beer, 2013; Matsubara; Plath, 2014).

### 3.2.3 Lúpulo

Pertencente à família *Cannabaceae*, o lúpulo (*Humulus lupulus* L) é uma planta usualmente cultivada em regiões que apresentam clima temperado. Sua utilização em produções de cerveja é ampla, tendo em vista que as resinas e os óleos essenciais contidos em sua flor, principalmente nas flores fêmeas, são os responsáveis por conferir aroma e o amargor a bebida (Farag; Wessjohann, 2012).

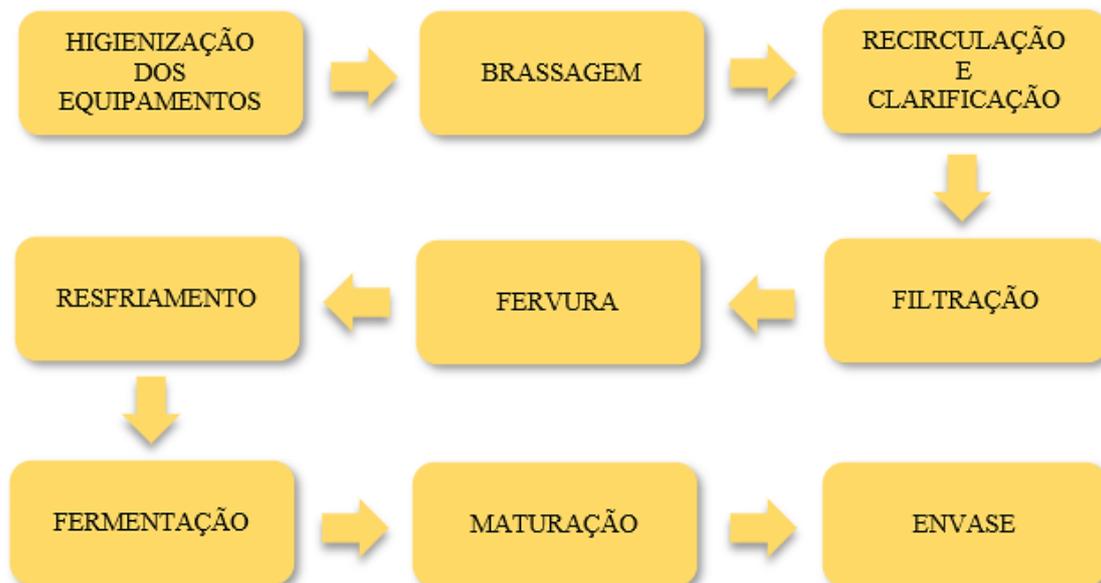
### 3.2.4 Levedura

As leveduras são classificadas como fungos, podendo apresentar formato oval, alongado ou esférico. São amplamente utilizadas em produções de cerveja, uma vez que possuem a capacidade de absorver açúcares simples, como a glicose que está contida no mosto cervejeiro, e converter em álcool e CO<sub>2</sub>. Dentre as diversas espécies de levedura, a mais utilizada no processo de obtenção de cerveja do tipo Ale, ou seja, que possuem alta fermentação (15 e 22 °C), é a *Saccharomyces Cerevisiae* (Costa, 2018).

### 3.3 PROCESSO PRODUTIVO

O processo produtivo divide-se em três etapas: produção do mosto, processo fermentativo e pós-tratamento (Figura 3). Na primeira fase, são realizadas a moagem (caso o malte não tenha sido adquirido moído) e a brassagem, que inclui as etapas de mosturação, clarificação, filtração e fervura. A segunda fase, que é conhecida como a parte fria do processo, acontece a fermentação e a maturação. E, por fim, a terceira fase é recomendada para fornecer e/ou aprimorar eventuais características à bebida, como, por exemplo, realizar filtração, carbonatação, modificações de aroma e sabor, padronização de cor e pasteurização (Costa, 2013).

**Figura 3** – Etapas do processo produtivo da cerveja artesanal.



**Fonte:** Elaboração própria, 2023.

O processo de fabricação da cerveja inicia-se pela brassagem. Inicialmente, realiza-se a moagem do malte ocorre a ruptura da casca e liberação do material amiláceo. Em seguida, ocorre a mosturação, onde as matérias-primas (malte e adjuntos) são misturadas à água e dissolvidas, visando à obtenção do mosto, uma mistura líquida açucarada, resultado da transformação do amido em açúcares pelas enzimas do malte e base para fermentação da cerveja. A curva de temperatura geralmente varia de 65-72 °C, sendo que não é indicado ultrapassar esse valor para evitar a inativação (desnaturação) dessas enzimas.

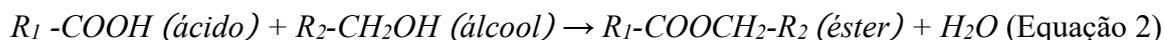
Na etapa de filtração ocorre a clarificação do mosto e separação do líquido das cascas do malte. O procedimento é realizado para que o mosto fique mais claro e sem

resíduos para que se obtenha uma cerveja clarificada. Depois de filtrada, a mistura passa a denominar-se mosto.

Em seguida, é realizada a fervura do mosto em que acontece adição e dissolução do lúpulo. Quando o mosto entra em ebulição, acontece a isomerização dos alfa-ácidos, que são responsáveis pela regulação do amargor da cerveja. Nesse sentido, o grau de isomerização e da quantidade de sabor amargo produzido, depende altamente do tempo em que o lúpulo é fervido no mosto. O lúpulo adicionado no início da fervura é responsável pelo amargor, enquanto o lúpulo adicionado mais próximo do fim não tem grande contribuição para o amargor total, como também evita a evaporação dos óleos essenciais, sendo mais relacionado ao aroma. Além disso, acontece também a esterilização do mosto, a concentração e a caramelização de alguns açúcares.

No sentido de reduzir a temperatura do mosto, ocorre o resfriamento em que acontece a troca de calor para que a levedura possua uma melhor eficiência de trabalho na fermentação (abaixo de 30 °C).

A segunda etapa do processo, após o mosto resfriado é a fermentação. De acordo com Rosa e Afonso (2015), a fermentação é, dentre as inúmeras definições existentes, realizada com o objetivo de que as leveduras metabolizem os carboidratos fermentáveis, produzindo etanol e CO<sub>2</sub> como produtos principais (Equação 1), e ésteres, ácidos e álcoois superiores, como produtos secundários. Estes transmitem propriedades organolépticas à cerveja (Equação 2).



Para a fermentação deve-se escolher uma boa cepa de levedura que flocule e decante no final da fermentação, e estar atento a temperatura de atuação da levedura, pois, quanto maior ela for a floculação, mais rapidamente as leveduras vão se aglutinar. Ou seja, o fermento vai ficar menos tempo em suspensão no mosto, promovendo uma atenuação menor. Ao contrário, as leveduras com menor capacidade de floculação (como as usadas para fazer cervejas de trigo) ficarão mais tempo suspensas no mosto. É necessário um bom controle da temperatura de fermentação para evitar que a levedura gere *off-flavours*, compostos indesejáveis na cerveja (Dinslaken, 2017; Garcia-Cruz et. al, 2008).

O tipo de fermentação dependerá da levedura utilizada: cerveja de alta fermentação (Ale) – as leveduras tendem a se situar nas partes superiores do fermentador; cerveja de baixa fermentação (Lager) – as leveduras tendem a permanecer nas partes inferiores do fermentador. As cervejas do tipo Ale são fermentadas nas temperaturas de 18 a 22 °C e a duração da fermentação é de 3 a 5 dias. As cervejas do tipo lager são fermentadas à temperatura entre 7 e 15 °C e a duração da fermentação é de 7 a 10 dias. Devido às baixas temperaturas usadas no processo, os sabores e aromas desta cerveja são mais suaves e leves em comparação com as ales que adquirem aromas mais intensos, variados e saborosos.

Terminada a fermentação, a cerveja é resfriada para baixas temperaturas, em torno de 0-10 °C. Nessa fase, acontece a maturação da cerveja, onde pequenas e sutis transformações ocorrem para aprimorar o sabor e aroma. Ocorre a sedimentação de partículas em suspensão e desencadeiam-se reações de esterificação entre os ácidos e os álcoois produzidos na fermentação, que produzem muitos dos ésteres essenciais para o sabor da cerveja. A maturação pode durar de 6 a 30 dias, variando de cada estilo de cerveja.

Ao final da etapa anterior, a cerveja está praticamente concluída com aroma e sabor finais definidos e pronta para ser engarrafada (Rosa; Afonso, 2015).

### 3.4 ESTILO *SESSION IPA*

Dentre os estilos de cervejas existentes, podemos destacar a *Session IPA*, que possui as características de uma IPA tradicional, em que o processo de fermentação acontece de acordo com as condições da categoria Ale, sendo o estilo mais leve das IPAs, de teor alcoólico menor, entre 3% e 6% (Goiana, 2016).

O sub-estilo se destaca como uma tendência no mercado cervejeiro norte-americano, devido apresentar leveza e alta *drinkability*, sem perderem em aromas e sabores marcantes. O foco do sub-estilo está no aroma, sendo potencializado ao máximo, porém com amargor mais ameno que os outros sub-estilos IPA. Essas características sensoriais são atribuídas a esse tipo de cerveja devido as adições de lúpulo que ocorrem durante o processo de fervura (Rosa; Afonso, 2015).

Com a temperatura em torno de 100 °C, ocorre a ativação dos alfa-ácidos ( $\alpha$ -ácidos), que são uma classe de compostos químicos encontrados no lúpulo, bem como os responsáveis por favorecer que essa característica (o amargor) seja adquirida. Já as características de sabor

e aroma estão relacionadas diretamente com os óleos essenciais presentes na flor, estes são em sua maioria hidrocarbonetos da família dos terpenos, ésteres, aldeídos, cetonas, ácidos e álcoois, a composição pode variar de acordo com o local e as condições de plantio, originando assim uma infinidade de diferentes tipos de lúpulo, sendo que cada um poderá acrescentar à cerveja sabores e aromas específicos (Hieronymus, 2012).

O processo produtivo da *Session IPA* ainda apresenta uma etapa extra, onde se faz o *dry-hopping*, em que o lúpulo é adicionado também na fermentação e/ou maturação, extraindo mais os aromas e óleos essenciais (A Hora, 2019).

### 3.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Com o objetivo de se obter as características físico-químicas da cerveja, que refletem sua qualidade, e as classificam conforme as exigências do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), foram realizados alguns procedimentos experimentais de acordo com as exigências de qualidade estabelecidos pelo Decreto nº 2.314/1997 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Diante do exposto, os parâmetros físico-químicos observados no decorrer da produção foram: pH, condutividade, turbidez, Sólidos Solúveis (°Brix), densidade, teor Alcoólico (ABV%), amargor (IBU), acidez total e colorimetria.

O potencial hidrogeniônico (pH) é o responsável por medir a acidez e/ou basicidade de uma solução. Desse modo, é relevante e de grande importância realizar a sua leitura durante a produção da cerveja, com a finalidade de assegurar e controlar a qualidade do produto e evitar condições indesejáveis.

A condutividade eletrolítica destaca-se como um dos parâmetros que caracterizam esta bebida e é definida como a medição da quantidade de transporte de cargas dos íons em solução (Fraga et al., 2006).

A turbidez determina a quantidade de partículas suspensas em uma determinada solução.

Os sólidos solúveis são uma escala numérica que mede a quantidade de sólidos presentes em uma solução, que no estudo em questão, verifica-se a porcentagem da quantidade de açúcar dissolvida em certa quantidade de mosto/cerveja.

A densidade absoluta de uma substância é obtida através de um cálculo simples,  $d=m/v$ , onde  $d$  é a densidade,  $m$  é a massa e  $v$  o volume. O picnômetro de vidro entra nessa equação como o volume, enquanto o cálculo da diferença da sua massa cheio e vazio determina a variável  $m$  da equação.

O teor alcoólico representa a quantidade de álcool em um determinado líquido, relacionando a proporção entre álcool e água presente em uma mistura. Se uma bebida possuir menos de 0,5% de álcool em sua composição, ela é considerada não-alcoólica, entretanto, se possuir mais em seu volume total ela é denominada como sendo alcoólica.

O cálculo da intensidade de amargor da cerveja deve ser realizado considerando toda quantidade de lúpulo utilizado na preparação da mesma (Dinslaken, 2016).

A acidez total refere-se aos ácidos orgânicos totais tituláveis no produto, ou seja, ela expressa a quantidade de ácido presente em uma amostra da cerveja por meio de uma solução básica de concentração conhecida.

Com intuito de realizar uma verificação da intensidade de cor da cerveja, foi feito o uso do método espectrofotométrico, segundo os parâmetros da American Society of Brewing Chemists (2015) (tradução livre: Sociedade Americana de Químicos Cervejeiros).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 MATERIAIS

#### 4.1.1 Ingredientes

O malte (*Pale Ale*; *Pilsen*; e *Carablond*), lúpulo (*Columbus*: 17,2%  $\alpha$ -ácidos; e *Citra*: 13,8%  $\alpha$ -ácidos) e a levedura (SafAle US-05 American Ale Levedura Seca) foram adquiridos em uma loja especializada. A água mineral e os reagentes (Hidróxido de Sódio P.A (NaOH); Biftalato de Potássio P.A ( $C_8H_5KO_4$ ); Fenolftaleína; Iodo; álcool 70% e água destilada) utilizados foram provenientes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Campus Nova Cruz.

#### 4.1.2 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a realização das análises da cerveja foram o pHmetro de bancada (Metter Toledo, modelo FiveEasy Plus), condutivímetro de bancada (MS Tecnopon, modelo AC-200P), turbidímetro (HACH, modelo 2100N Turbidimeter), densímetro (RUDOLPH ANALYTICA, modelo DDM 2909) e espectrofotômetro UV-VIS (UV- Visible Spectrophotometer, modelo Evolution 60S). Enquanto os utensílios utilizados para produção da cerveja, foram: fogão portátil (Cozinha Camping 2 bocas), termômetro alimentício, *grain bag* (tradução livre: saco de grãos), panela de brassagem, fermentador, jarra, escumadeira, pá, mangueira, garrafas, arrolhador e air lock.

### 4.2 FABRICAÇÃO DA CERVEJA ARTESANAL

O processo produtivo realiza-se de acordo com o método BIAB de fabricação de cerveja artesanal, que significa “brew in a bag” (tradução livre: brassar em um saco). Essa técnica é muito difundida entre cervejeiros caseiros e possui grande praticidade, pois a fase quente da produção de cerveja (brassagem) acontece em uma única panela e, nesse sistema, é feito o uso do *grain bag* como filtro (Smith, 2009). A produção de cerveja artesanal estilo *Session IPA*, foi desenvolvida utilizando os laboratórios e a miniusina do IFRN – Campus Nova Cruz e obtida por meio das seguintes etapas:

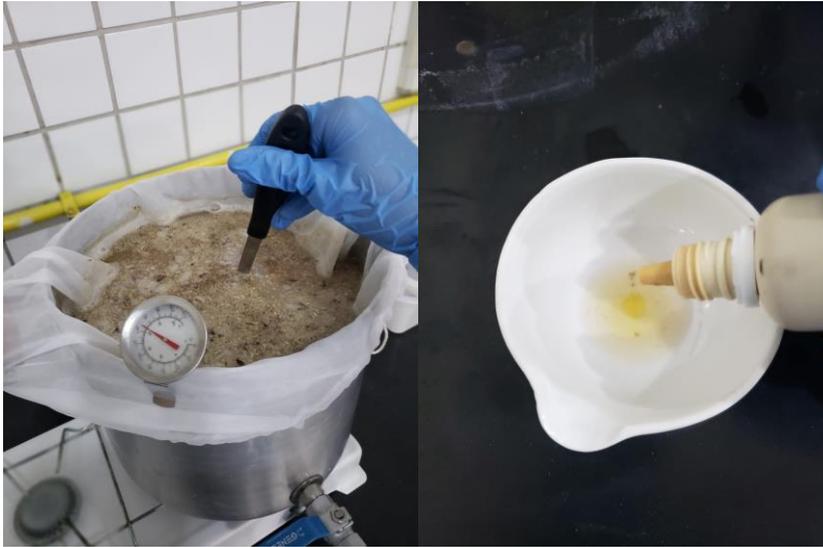
#### 4.2.1 Higienização dos equipamentos:

Nesta etapa realiza-se a sanitização de todos os equipamentos e materiais. Inicialmente, os equipamentos e materiais submetidos a uma lavagem com água e sabão e, logo após, eles são emergidos em uma solução de hipoclorito de sódio 0,1 %, durante 24 horas. Após a sanitização, retira-se a solução e armazena-se em baldes, para posterior reaproveitamento na limpeza de vidrarias e demais utensílios laboratoriais, e retira-se o excesso da solução presente nos materiais lavando-os com água. Além disso, faz-se uso do álcool 70% para higienizar os utensílios utilizados durante o processo produtivo. Em seguida, realiza-se a esterilização nas garrafas a 121 °C por 15 minutos, liberando o vapor após o término do tempo. Segundo Filho (2010), na esterilização de vidraria vazia, é recomendável liberar o vapor imediatamente após o término do tempo de esterilização, através da válvula de descarga de vapor. Esse cuidado diminui o acúmulo de condensado e facilita a secagem do material.

#### 4.2.2 Brassagem:

Aquece-se 11 L de água até 70 °C, ao atingir a temperatura deposita-se o malte moído (onde adiciona-se, aproximadamente: 3,5 Kg de malte *Pale Ale*, 2 Kg de malte *Pilsen* e 0,5 Kg de malte *Carablond*) no *grain bag* e adiciona-se à panela de brassagem em temperatura constante de 65 °C, onde permanece por 75 minutos, desligando e ligando o fogão sempre que necessário para controlar a temperatura. Após os 75 minutos, o fogo foi desligado e o mosto descansou por 10 minutos. Depois de descansado realiza-se o teste de iodo, insere-se uma alíquota do mosto em um vidro relógio e goteja-se algumas gotas de iodo para verificar se houve a conversão do amido em sacarose. Ao fim da realização do teste de iodo, foi confirmada a conversão do amido pela coloração do mosto que permaneceu claro (Figura 4).

**Figura 4** – Etapa de brasagem e teste do iodo.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

#### 4.2.3 Recirculação e clarificação:

Após a brasagem, iniciou-se a etapa de recirculação e clarificação do mosto utilizando uma jarra e uma escumadeira. Retira-se um pouco do mosto e realiza-se um chafariz com a escumadeira ao retornar para a panela (Figura 5), executando movimentos circulares até o mosto apresentar uma coloração mais clara e ausência de resíduos, durante 15 minutos.

**Figura 5** – Clarificação do mosto.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

#### 4.2.4 Filtração:

Na filtração, lava-se a torta (bagaço do malte) com 3 L de água quente, a 70 °C, para retirar as partículas de açúcar restantes. Após a finalização desse processo, retira-se o *grain bag* da panela e separa-se as cascas do bagaço de malte do mosto (Figura 6). Coleta-se, no final desta etapa, 100 mL do mosto filtrado e realiza-se as análises de densidade, Brix e pH da amostra.

**Figura 6** – Filtração do mosto.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

#### 4.2.5 Fervura:

Após filtrado, leva-se o mosto ao processo de fervura que ocorre a 100 °C e dura cerca de 60 min minutos. Durante a fervura, utiliza-se um cronômetro para marcar o tempo de ebulição. Faltando 50 min para o final da fervura adiciona-se 6 g de lúpulo *Columbus*, faltando 10 min adiciona-se 6 g de lúpulo *Citra* e faltando 60 s adiciona-se 5,6 g de lúpulo *Columbus* (Figura 7). O lúpulo adicionado ao início da fervura é responsável pelo amargor e o adicionado próximo ao fim está relacionado ao aroma. Após ao fim do tempo cronometrado, executa-se o *whirlpool* com o auxílio de uma pá, realizando movimentos circulares até formar um redemoinho e o *trub* se concentrar no centro da panela. Coleta-se, ao final desta etapa, uma amostra de 100 mL do mosto para verificar o Brix e o pH.

**Figura 7** – Adição do Lúpulo.



**Fonte:** Arquivo pessoal, 2022.

#### 4.2.6 Resfriamento:

Realiza-se, antes de iniciar o processo fermentativo, o resfriamento do mosto em banho de gelo até atingir 30 °C (Figura 8), com a finalidade de melhorar eficiência de trabalho da levedura. Para este procedimento, utilizou-se uma bacia com gelo e água gelada e, no centro dela, colocou-se o fermentador. Logo após, com auxílio de uma mangueira acoplada da panela de brassagem ao fermentador, transfere-se o mosto quente para o fermentador de forma que o *trub* mantenha-se decantado no fundo da panela.

**Figura 8** – Resfriamento do mosto.

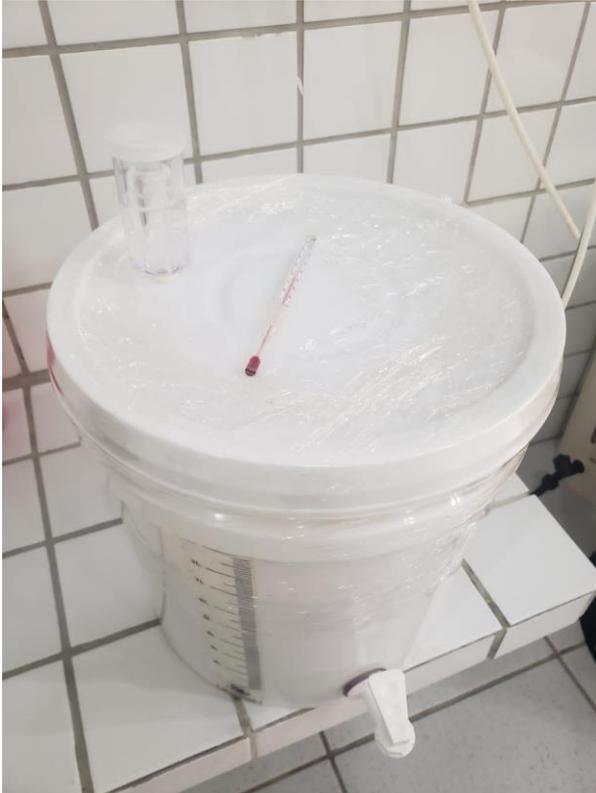


**Fonte:** Arquivo pessoal, 2022.

#### 4.2.7 Fermentação:

Dissolve-se, aproximadamente, 20 g de leveduras em 250 mL de água fervida e realiza-se, posteriormente, a hidratação do fermento durante aproximadamente 30 min, aguarda-se resfriar até uma temperatura de 30 °C e inocula-se o fermento no balde fermentador, que continha o mosto resfriado, para iniciar a etapa de fermentação. Por fim, isola-se toda a superfície externa do fermentador com papel filme, para evitar a ocorrência de contaminações, e o mosto é deixado em repouso durante 7 dias a temperatura controlada de 18 °C a 21 °C (Figura 9).

**Figura 9** – Fermentação da cerveja.



**Fonte:** Arquivo pessoal, 2022.

#### 4.2.8 Maturação:

Finalizado o tempo de fermentação realiza-se o *dry-hopping* (Figura 10), acrescenta-se mais 5 g de lúpulo *Citra* com intuito de conferir um pouco mais de aroma a cerveja. Após a adição, ajustou-se a temperatura para ficasse próximo a 10 °C, para iniciar a primeira fase da maturação da cerveja que perdura, aproximadamente, 6 dias. Após esse período, ajustou-se novamente a temperatura para que ficasse próxima aos 0 °C durante, aproximadamente, mais 4 dias, com a finalidade de equilibrar os aromas e decantar as leveduras. Entretanto, é válido mencionar que não é possível realizar o controle ideal de temperatura durante essa fase do processo de fabricação da cerveja, uma vez que o único sistema de refrigeração que disponibilizamos é uma geladeira, que só possibilita alterar o nível entre mínimo e máximo.

**Figura 10** – *Dry-hopping* e maturação da cerveja.



**Fonte:** Arquivo pessoal, 2022.

#### 4.2.9 Envase:

Antes da envase da cerveja, realizou-se o preparo do *priming*. A adição do *priming* antes do envase é necessária para gerar uma leve fermentação dentro da garrafa e carbonatar a cerveja. Dessa forma, adiciona-se 200 g de açúcar à 200 mL de água previamente fervida e faz-se a dissolução. Preparada a solução, adiciona-se nas garrafas, aproximadamente, 2,5 mL para as de 300 mL e 5 mL para de 600 mL, ainda quente. Em seguida inicia-se o processo de envase, adiciona-se a cerveja que estava no fermentador em garrafas e, em seguida, arrolha-se as garrafas (Figura 11).

**Figura 11** – *Priming* e envase da cerveja.



**Fonte:** Arquivo pessoal, 2022.

### 4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As características físico-químicas da cerveja foram estabelecidas de acordo com a metodologia de alimentos MFAA disponível em normas analíticas do Instituto de Adolfo Lutz (2008).

#### 4.3.1 pH

Para a determinação do pH a metodologia utilizada foi realizada de acordo com o manual operacional de bebidas e vinagres (Brasil, 2005). Os resultados foram obtidos utilizando dois equipamentos (Figura 12).

**Figura 12** - pHmetros de bancada.

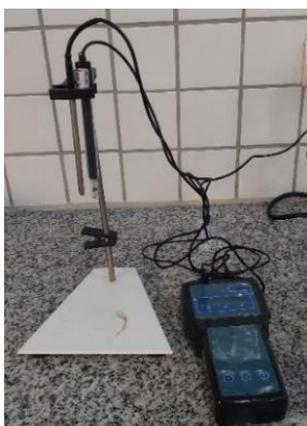


Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

#### 4.3.2 Condutividade

A medição da condutividade da cerveja foi feita utilizando o condutivímetro de bancada (Figura 13).

**Figura 13** - Condutivímetro de bancada.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

#### 4.3.3 Turbidez

Para realizar a medição da turbidez da cerveja, foi utilizado o turbidímetro (Figura 14).

**Figura 14** - Turbidímetro.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

#### 4.3.4 Sólidos solúveis

Para quantificar os sólidos presentes no mosto/cerveja foi utilizado, na 1ª produção, o refratômetro digital (Figura 15) e, na 2ª, 3ª e 4ª produção, o densímetro (Figura 16).

**Figura 15** - Refratômetro de bancada.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

**Figura 16** - Densímetro de laboratório digital.

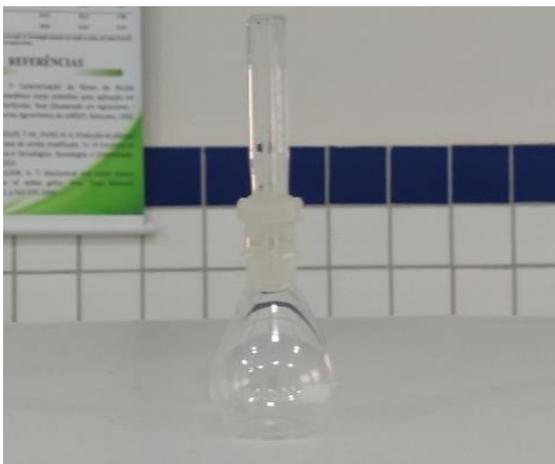


Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

#### 4.3.5 Densidade

Com intuito de realizar a medição da densidade da cerveja, utilizou-se, na 2ª produção, um picnômetro (Figura 17) e, nas demais produções, o densímetro de laboratório digital.

**Figura 17** - Picnômetro.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Para o cálculo foi utilizada a Equação 3 de acordo com Montanheiro (2014) :

$$\rho(g/mL) = \frac{m}{v} \text{ (Equação 3)}$$

Onde: “m” representa a massa (g) e “v” o volume do picnômetro utilizado (mL).

E, com a finalidade de realizar a conversão dos valores do °Brix em densidade (OG e FG), utilizou-se o aplicativo *Lamas brew tool* (Figura 18).

**Figura 18** - Aplicativo Lamas Brew Tool.



Fonte: App Store, 2023.

#### 4.3.6 Teor alcoólico

Para o cálculo do ABV (*Alcohol By Volume* - tradução livre: álcool por volume) em porcentagem de volume (% vol), de acordo com o site Cervejaria uai, foi utilizado a diferença das densidades inicial (OG) e final (FG), e, com o resultado obtido é feita a multiplicação por um fator de conversão = 131,25, como apresentado na Equação 4 a seguir:

$$ABV (\% vol) = (OG - FG) * 131,25 \quad \text{(Equação 4)}$$

#### 4.3.7 Amargor

A quantidade do amargor da cerveja é medida em IBU (*International Bitterness Units*). Diante disso, faz-se o uso da seguinte Equação 5:

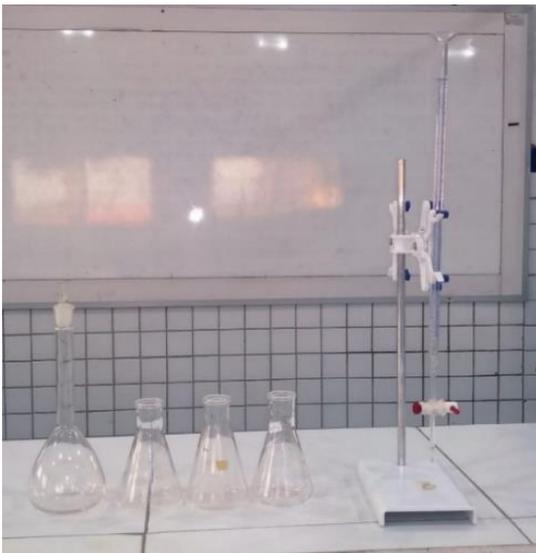
$$IBU = \frac{P.U.A}{v} \quad \text{(Equação 5)}$$

Onde “P” indica o peso do lúpulo utilizado (mg); “A” é a unidade de alfa ácido em decimal (%); “U” representa o valor de utilização do lúpulo relacionado ao tempo de fervura e a gravidade específica por tempo de fervura (exposto no ANEXO) e “V” representa o volume de cerveja (litros).

#### 4.3.8 Acidez total

Para determinar a acidez total da cerveja (Figura 19), foi preparado uma solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) a uma concentração de 0,1 M por meio da padronização com Biftalato de Potássio ( $C_8H_5KO_4$ ), seguindo o método proposto por Morita e Assumpção (1972).

**Figura 19** - Vidrarias de titulometria.



**Fonte:** Arquivo pessoal, 2022.

Em seguida foi utilizado a Equação 6 conforme o Instituto Adolfo Lutz (2008) para calcular a acidez total:

$$Ac.Total = \frac{n \times f \times N \times 1000}{V} \quad (Equação\ 6)$$

Onde:

n= Volume de NaOH gasto

V= Volume da amostra de cerveja

f= Fator de correção de NaOH= 0,99

N= Normalidade da solução de NaOH

#### 4.3.9 Colorimetria

Após a leitura da absorbância (comprimento de onda de 430 nm) no espectrofotômetro, o resultado encontrado foi convertido através da escala EBC – European Brewing Convention, para determinar a coloração da cerveja (Figura 20).

**Figura 20** - Espectrofotômetro UV-VIS.



**Fonte:** Arquivo pessoal, 2022.

A Equação 7, conforme as diretrizes da EBC de 2005, é expressa da seguinte forma:

$$EBC = A * f * 25 \text{ (Equação 7)}$$

Nesta equação “A” representa Absorbância, e “f” corresponde ao Fator de Correção, o qual é assumido como 1.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 abaixo, apresenta os resultados das análises físico-químicas realizadas na cerveja ao longo de quatro produções distintas: primeira, segunda, terceira e quarta. Ao final de cada produção, foram realizadas as análises dos resultados dos parâmetros físico-químicos. Nesse sentido, os resultados que não estavam dentro do esperado para esse estilo de cerveja foram corrigidos, ao longo de cada produção, através de mudanças no processo produtivo para que, na produção subsequente, os resultados se adequassem aos valores indicados pela legislação. Outrossim, com intuito de assegurar a confiabilidade dos valores obtidos, todos os procedimentos experimentais foram conduzidos em triplicata. Destaca-se que os valores listados na tabela correspondem às médias das análises triplicadas realizadas.

**Tabela 1** - Resultados das análises físico-químicas.

| <b>Análises</b>            | <b>1ª Produção</b> | <b>2ª Produção</b> | <b>3ª Produção</b> | <b>4ª Produção</b> |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>pH</b>                  | 4,39               | 4,25               | 4,97               | 4,24               |
| <b>Colorimetria (EBC)</b>  | 15,75              | 25,17              | 18,83              | 17,27              |
| <b>Turbidez (NTU)</b>      | 27                 | 65,43              | 77,03              | 94,96              |
| <b>Densidade (g/mL)</b>    | -                  | 1,1305             | 1,0078             | 1,079              |
| <b>Acidez (mEq/L)</b>      | 26,43              | 26,73              | 28,41              | 24,99              |
| <b>Condutividade (S/m)</b> | 1512,67            | 1665,67            | 1621               | 1388               |
| <b>°Brix</b>               | 6,83               | 7,12               | 2,48               | 2,5                |
| <b>Teor Alcoólico (%)</b>  | 6,2                | 6,6                | 4,3                | 4,3                |
| <b>IBU</b>                 | 28                 | 28                 | 25                 | 25                 |

**Fonte:** Elaboração própria, 2023.

Os valores obtidos de pH nas quatro produções estão dentro do esperado. De acordo com Compton (1978), a cerveja deve apresentar o pH dentro da faixa de 3,8 a 4,7 para ser considerada normal. Entretanto, a cerveja é um produto suavemente ácido, uma vez que o malte de cevada clássica possui pH na faixa de 4-5 (Goiana, 2016).

Verificou-se que a condutividade da segunda e terceira produção estão altas em comparação com as demais, indicando uma maior quantidade de íons dissolvidos na solução.

Essa diferença pode estar relacionada à concentração do mosto nas produções. Nesse sentido, realizou-se a correção da condutividade com uma maior diluição do mosto.

A medição da turbidez da EBC (European Brewery Convention) é usualmente utilizada em indústrias cervejeiras para mensurar a cor e turbidez de cervejas, com a finalidade de garantir que o produto seja límpido e possua coloração satisfatória. Foi observado que a 2ª, 3ª e 4ª produção apresentaram valores de turbidez significativamente elevados, em comparação com as primeiras produções. Valores mais altos indicam uma maior concentração e densidade de partículas suspensas e podem, por consequência, afetar a cor e a turbidez da cerveja. A ocorrência desses resultados está relacionada com o controle inadequado da temperatura durante a maturação da cerveja, uma vez que o equipamento disponível para realizar esta etapa era uma geladeira (EBC, 2005).

De acordo com a legislação brasileira, a escala utilizada como padrão para a cor é a escala EBC, que classifica as cervejas como claras para as que possuem um valor menor que 20 e escuras para as cervejas que apresentam um valor de coloração acima de 20. De acordo com Lara (2018), a cor da cerveja deve estar entre 5 e 14 unidades na escala SRM (Standard Reference Method). É possível comparar os valores em SRM e EBC usando uma cartela de cores que segue essas escalas (Figura 21). Ao comparar os valores obtidos, que variam de 15,75 EBC a 25,175 EBC, conclui-se que a cor está dentro da faixa desejada, classificando-a como uma cerveja de cor clara.

**Figura 21** - Escala de cores.

| MACRO DIVISÃO                 | SRM     | TONALIDADE | EBC           | CLASSIF.**                  |
|-------------------------------|---------|------------|---------------|-----------------------------|
| Palha                         | 2 - 3   |            | 3,94 - 5,91   | Cerveja Clara<br>até 20 EBC |
| Amarelo                       | 3 - 4   |            | 5,91 - 7,88   |                             |
| Ouro                          | 4 - 5   |            | 7,88 - 9,85   |                             |
| Âmbar                         | 6 - 9   |            | 11,82 - 17,73 |                             |
| Profundo âmbar / cobre luz    | 10 - 14 |            | 19,70 - 27,58 |                             |
| Cobre                         | 14 - 17 |            | 27,58 - 33,49 | Cerveja Escuro<br>≥ 20 EBC  |
| Profundo cobre/castanho claro | 17 - 18 |            | 33,49 - 35,46 |                             |
| Castanho                      | 19 - 22 |            | 37,43 - 43,34 |                             |
| Castanho Escuro               | 22 - 30 |            | 43,34 - 59,10 |                             |
| Castanho muito escuro         | 30 - 35 |            | 59,10 - 68,95 |                             |
| Preto                         | 35 +    |            | 68,95 - 78,80 |                             |
| Preto opaco                   | 40+     |            | >78,80        |                             |

Fonte: Adaptado de BJCP Guideline 2008 \*\*Classificação de acordo com a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994

Fonte: Revista Malagueta, 2022.

Outra variável que foi objeto de análise é a medição dos sólidos solúveis (BRIX), que indica a concentração de açúcares na solução. Os resultados de concentração em °Brix foram os seguintes: 1ª produção com 6,83, 2ª produção com 7,12, 3ª produção com 2,48 e 4ª produção com 2,5. A análise desses valores possibilita a visualização da curva clássica de fermentação (Figura 22), permitindo realizar comparações com os resultados esperados.

**Figura 22** – Curva de fermentação clássica.



**Fonte:** Henrik Boden, 2009.

Contudo, é importante mencionar que devido à indisponibilidade de dados, resultado das limitações de acesso ao Campus durante os fins de semana quando a produção foi iniciada em uma quinta-feira (1ª Produção), os primeiros dias de fermentação carecem de mais informações (Figura 23).

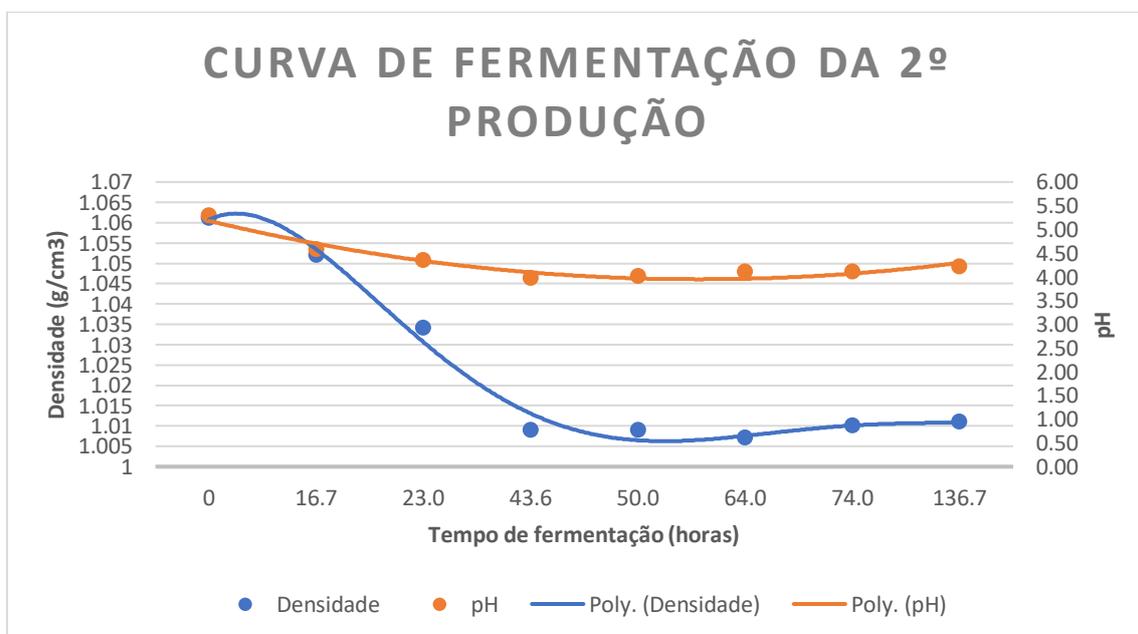
**Figura 23** – Curva de fermentação da primeira produção.



**Fonte:** Elaboração própria, 2022.

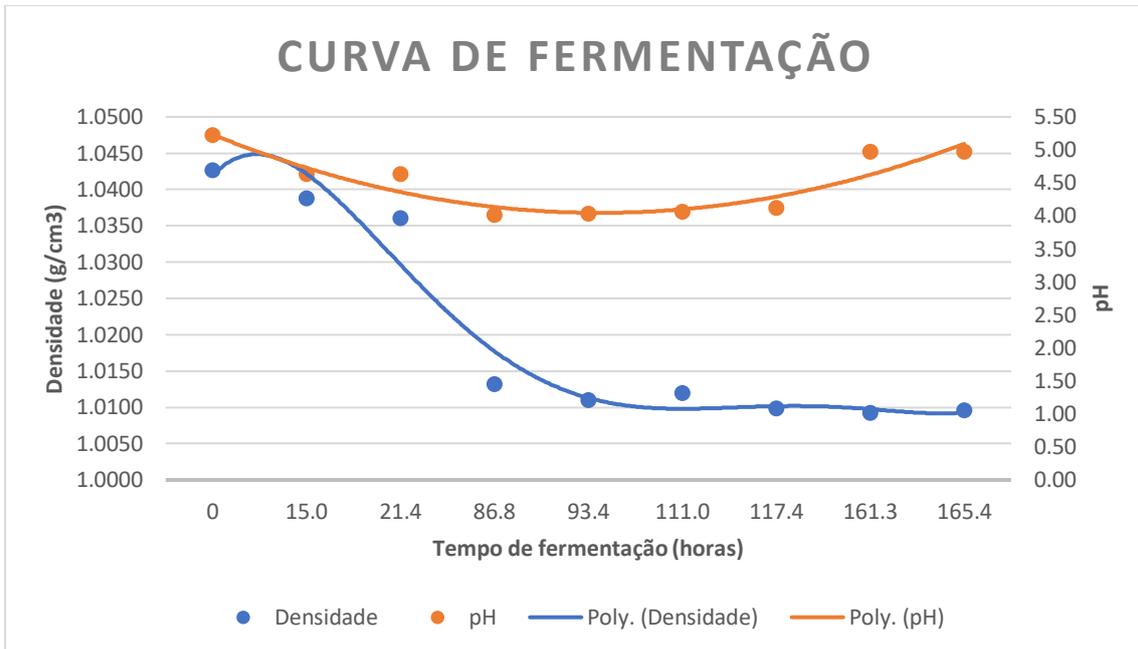
Por outro lado, nas demais produções (Figura 24, 25 e 26) foi possível realizar um monitoramento mais abrangente de dados.

**Figura 24** – Curva de fermentação da segunda produção.



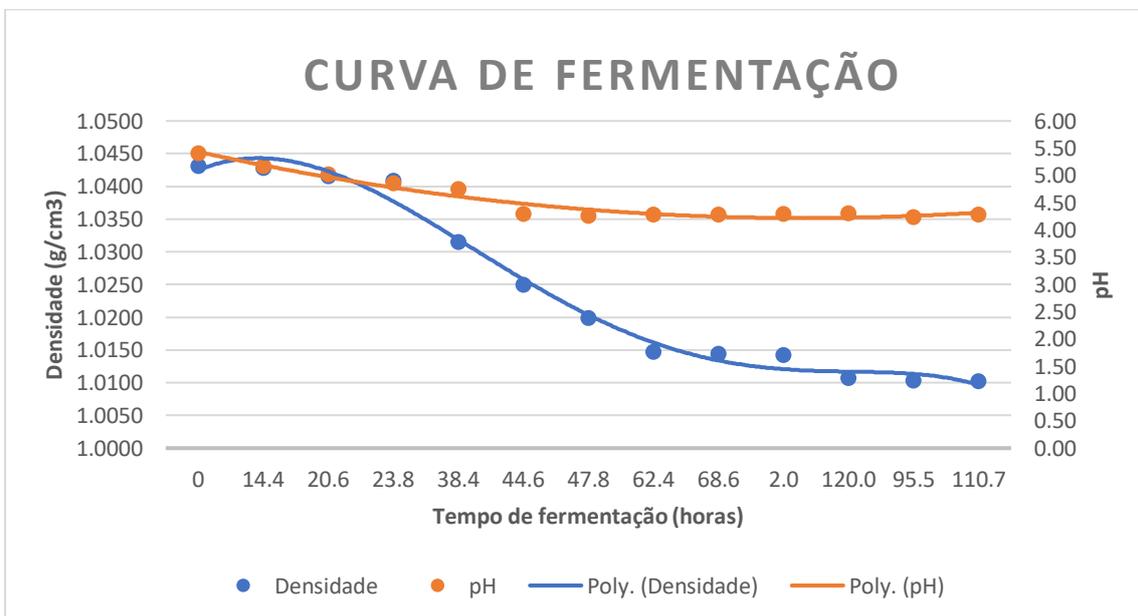
**Fonte:** Elaboração própria, 2022.

**Figura 25** – Curva de fermentação da terceira produção.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

**Figura 26** – Curva de fermentação da quarta produção.



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Dentre as demais curvas de fermentação, a curva da quarta produção (Figura 16) foi a que apresentou maior semelhança com o perfil de uma curva ideal de fermentação.

A partir dos valores obtidos em °Brix, no final da fervura e no último dia de fermentação, nas diferentes produções, torna-se possível calcular a densidade inicial (OG – Gravidade Original) e a densidade final (FG – Gravidade Final) usando o aplicativo Lamas Brew Tool (1ª e 2ª produção) e um densímetro digital (3ª e 4ª produção).

Na produção de cerveja, a verificação da densidade ocorre em três momentos distintos. Primeiramente, temos a densidade inicial (OG), que determina a proporção de substâncias fermentáveis e não fermentáveis, e é medida no mosto resfriado, antes do início da fermentação. Em seguida, durante o processo de fermentação, temos a densidade durante a fermentação (SG), que abrange a densidade do mosto enquanto ocorre a fermentação. Por fim, a densidade final (FG) é verificada no término da fermentação, quando a densidade do mosto se estabiliza. A Tabela 2 apresenta os valores de OG e FG, ilustrando as densidades esperadas para esse estilo de cerveja, conforme suas características, juntamente com os resultados reais obtidos.

**Tabela 2** - Valores de OG e FG obtidos e esperados.

| Densidade | 1ºProdução |       | 2ºProdução |       | 3ºProdução |       | 4ºProdução |       |
|-----------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
|           | Esperado   | Real  | Esperado   | Real  | Esperado   | Real  | Esperado   | Real  |
| OG        | 1,040      | 1,055 | 1,060      | 1,061 | 1,040      | 1,043 | 1,040      | 1,043 |
| FG        | 1,009      | 1,008 | 1,009      | 1,006 | 1,009      | 1,009 | 1,009      | 1,010 |

**Fonte:** Elaboração própria, 2023.

Os valores obtidos de OG e FG mostraram-se satisfatório em todas as produções. Entretanto, é válido mencionar que o resultado obtido na segunda produção foi atribuído ao uso inicial do picnômetro para análise, enquanto nas demais produções foi utilizado o densímetro.

Os resultados encontrados para o teor alcoólico da primeira e segunda produção foram de 6,17% e 6,6%, mostrando-se um pouco acima do esperado e estando mais próximo do estilo American IPA, que se enquadra entre 5,5% e 7,5% (Pimentel, C., *et al*, 2022). Para as produções subsequentes, foram realizados ajustes para enquadrar o teor alcoólico em torno dos 4,5%, teor mais esperado para o estilo *Session IPA*. Os resultados encontrados nas duas últimas produções foram de 4,3% em cada produção, alcançando valores mais próximos do esperado para o estilo.

Os resultados de amargor alcançados para a cerveja do estilo *Session IPA* estão parcialmente em conformidade com as expectativas delineadas pela receita original. Notavelmente, para as iterações de produção número 1 e 2, o índice de amargor obtido se alinhou com precisão à marca de 28 Unidades de Amargor Internacional (IBU), e nas produções 3 e 4, os valores de amargor registrados atingiram 25 IBU, respectivamente, que foi previamente estabelecido para cálculo do lúpulo utilizado na receita.

Analisar a acidez da cerveja é indispensável para realizar a inibição do desenvolvimento e proliferação de microrganismos indesejáveis que podem, eventualmente, acarretar alterações no produto. Nesse sentido, os valores para acidez total da cerveja mostraram-se, no geral, semelhantes entre si, exceto pela terceira e quarta produção que apresentaram acidez de 28,41 mEq/L e 24,99 mEq/L, respectivamente. Entretanto, num quadro geral os resultados são satisfatórios (Costa, André, 2018).

## 6 CONCLUSÃO

Diante das análises realizadas e do acompanhamento do processo produtivo durante o desenvolvimento da cerveja artesanal, foi observado que o objetivo de desenvolver e realizar a caracterização de uma cerveja artesanal estilo *Session IPA*, a partir dos parâmetros físico-químicos abordados no presente trabalho, foi atingido com êxito.

As análises físico-químicas indicaram que a cerveja apresentou, no decorrer da padronização do processo de fabricação, resultados satisfatórios e manteve-se dentro dos parâmetros desejados, com exceção: a turbidez na 3ª e 4ª, assim como o IBU na 1ª e 2ª produção, que apresentaram valores altos em comparação as duas primeiras produções, como consequência da indisponibilização de um equipamento adequado para realizar o controle da temperatura durante a fase de maturação; a densidade excepcionalmente alta na 2ª produção, como resultado de um erro na quantidade de água adicionada na brassagem; a condutividade na 2ª e 3ª produção, o Brix e o teor alcóolico na 1ª e 2ª produção, respectivamente, mostraram-se altos em relação as demais produções por causa da concentração do mosto, também ocasionada por um erro no cálculo da quantidade de água utilizada.

Levando em consideração os aspectos mencionados, é válido salientar a importância do acesso a equipamentos adequados para realização de trabalhos como este, uma vez que é imprescindível controlar a temperatura durante todo o processo de obtenção da cerveja para que a qualidade do produto não seja afetada. Dessa forma, é sugerível a aquisição de equipamentos capazes de controlar a temperatura com mais precisão para a realização de futuras pesquisas.

Nesse sentido, a partir dos resultados dos parâmetros físico-químicos, realizou-se os ajustes necessários durante cada produção, com intuito de garantir que as características físico-químicas fossem atendidas e permanecessem alinhadas com o estilo *Session IPA*.

Em suma, os resultados obtidos demonstram que os parâmetros avaliados da cerveja artesanal produzida, estão em conformidade com a qualidade esperada para esse estilo de cerveja, de acordo com o permitido pela legislação, e tornando-a, dessa forma, segura para o consumo e própria para comercialização.

## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **DECRETO Nº 2.314/1997, DE 04 DE SETEMBRO DE 1997**. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.

AQUARONE, Eugênio, et al. **BIOTECNOLOGIA, Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. Ed. EDGARD BLUCHER Ltda. São Paulo, Vol. 5, 2001. 243 p.

ASBC Methods of Analysis, online. Beer 10. Spectrophotometric Color Method Approved 1958, rev. 2015. **American Society of Brewing Chemists**, St. Paul, MN, U.S.A.: 10.1094/ASBCMethod-Beer10.

BODEN, H. **Fermentação**: Fases de fermentação. Cerveja Henrik Boden, 2009. Disponível em: <https://www.cervejahenrikboden.com.br/fermentacao/>. Acesso em: 18 set. 2022.

BRASIL, 2009. Ministério da Agricultura, **DECRETO Nº 6.871, DE 4 DE JUNHO DE 2009**. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.

BRASIL, 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Gabinete da Ministra. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 65, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2019** - Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria.

BRASIL, 2005. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa Nº 24, de 08 de Setembro de 2005. Manual Operacional de Bebidas e Vinagres**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 set. 2005. Seção 1, p.11.

Cerveja 101: Os 04 principais ingredientes da cerveja explicados. **BARONS**, 2020. Disponível em: <https://www.baronsbeverageservices.com.au/beer-101-the-4-main-beer-ingredients-explained/>. Acesso em: 25 abr. 2023.

CERVEJARIA UAI! : curiosidades sobre a cerveja e assuntos que giram em torno dela. **Cervejaria uai**, 2022. Disponível em: <https://grupoahora.net.br/conteudos/2019/01/04/ipa-session-ipa-brut-ipa-new-england-ipa-double-ipa-black-ipa-ufa/>. Acesso em: 26 out. 2022.

COMPTON, J. Beer quality and taste methodology. In: BRODERICK, H.M. (Ed.) **The practical brewer: a manual for the brewing industry**. 2nd. Ed. Madison: Impressions, 1978. cap.15, p.288-308.

COSTA, André Jales Henriques da. **Produção de cerveja weiss artesanal: processamento, parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial**. 2018. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/38860>. Acesso em: 21 set. 2023.

COSTA, Filipe Corrêa. **Processo de produção da cerveja artesanal**. Missão Sommelier. Santa Catarina, 19 jun 2013. Disponível em: <https://missaosommelier.com.br/processo-de-producao-de-cerveja-artesanal/>. Acesso em: 28 abr. 2023.

DINSLAKEN, D. **Como calcular IBU**, 2016. Disponível em: [Aprenda a Como Calcular o Amargor da Cerveja em IBU \(condadodacerveja.com.br\)](#). Acesso em: 5 out. 2022.

DINSLAKEN, Daniel. **CONCERVEJA**. Fermento: Saiba como escolher uma a cepa de leveduras correta, 2017. Disponível em: [Fermento: saiba como escolher a cepa de leveduras correta » Concerveja](#). Acesso em: 12 jan. 2024.

EBC - EUROPEAN BREWERY CONVENTION. **Analytica** – EBC. 5th Ed. Zurique: Brauerei – und Getränke – Rundschau, 2005.

FARAG, M. A.; WESSJOHANN, L. A. **Cytotoxic effect of commercial *Humulus lupulus* L. (hop) preparations - In comparison to its metabolomic fingerprint**. Journal of Advanced Research, v.4, p.417-421. 2012.

FILHO, W. G. V. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. Ed. EDGARD BLUCHER Ltda. São Paulo, Vol. 5, 2010. HEYMANN. H.; EBELER, E. S. Sensory and instrumental evaluation of alcoholic beverages. 1 Ed., Cambridge: Academic Press, 2017. 280 p.

FRAGA, I. C. S.; BORGES, P. P.; ORDINE, A. P.; DIAS, J. C.; MARQUES, B. S. R. **Estudo de homogeneidade em material de referência para medição de condutividade eletrolítica**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, São Paulo, 2006.

GARCIA-CRUZ, C. H.; FOGGETTI, U.; DA SILVA, A. N. **Alginato bacteriano: aspectos tecnológicos, características e produção**. Química Nova, São Paulo, v. 31, n. 7, 2008.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/FGdLPpfgDyw7KJgFXxW8LZC/?lang=pt#>. Acesso em: 4 out. 2022.

GEREMIA, F; et al. **COMPETITIVIDADE E INOVAÇÃO NAS MICROCERVEJARIAS DO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**. Textos de Economia, Florianópolis, 2019. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: [Vista do Competitividade e inovação nas Microcervejarias da região Noroeste do Rio Grande do Sul \(ufsc.br\)](#). Acesso em: 25 abr. 2023.

GOIANA, M. L. et all. **Análises Físico-Químicas de Cervejas Artesanais Pale Ale Comercializadas em Fortaleza, Ceará**. XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Alimentação: a árvore que sustenta a vida. Gramado-RS, 2016.

HIERONYMUS, S. **For the love of hops**; The practical guide to aroma, bitterness and the culture of hops. Brewers Association, Boulder, Colorado. 1º edição, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Bebidas Alcoólicas. Bebidas Fermentadas**. In: \_\_\_\_\_. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. 1. Ed. digital, São Paulo, 2008.

LARA, C. **O que é cerveja artesanal?** Aprenda TUDO a respeito. Homini Lúpulo. 20 jan. 2018b. Disponível em: [www.hominilupulo.com.br](http://www.hominilupulo.com.br). Acesso em: 27 set. 2022.

LIMA, N.; MOTA, M. Biotecnologia: fundamentos e aplicações. v. 1. Lisboa: Lidel, 2003.

MATSUBARA, Amanda Kaori; PLATH, Ariane Rodrigues. **Desenvolvimento de cerveja artesanal de trigo adicionada de gengibre (Zingiber officinale roscoe)**. 2014. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014. Disponível em: [LD COALM 2014 2 02.pdf \(utfpr.edu.br\)](#). Acesso em: 25 abr. 2023.

MONTANHEIRO, M. N. S. **Determinação da densidade de sólidos e líquidos pelo princípio de Arquimedes**. Departamento de Física – UNIMEP, Piracicaba 68 – SP, v. 21, n. Especial, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9997>. Acesso em: 04 nov. 2022.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. 1ª Ed. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

PIMENTEL, C. Édi M.; SOUZA, P. G. de.; PONTES, G. da C.; LIMA, J. S. de; MARINHO, H. A.; SOUZA, Érica S. de. **Produção e avaliação da qualidade físico química da cerveja american IPA adicionada de noni (Morinda citrifolia)**. Conjecturas, [S. l.], v. 22, n. 8, p.

1173–1180, 2022. Disponível em: <http://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/1320>. Acesso em: 20 set. 2023.

Produção Mundial de Cerveja Por País. **Atlas Big**, 2018-2020. Disponível em: <https://www.atlasbig.com/pt-br/paises-pela-producao-de-cerveja>. Acesso em: 25 abr. 2023.

REBELLO, F. D. F. P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**, [S. l.], v. 1, n. 3, 2009. DOI: 10.18406/2316-1817v1n32009224. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/224>. Acesso em: 25 abr. 2023.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A Química da Cerveja. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, 2015. Disponível em: [QNInt :: Home \(sbq.org.br\)](http://qnint.sbq.org.br). Acesso em: 18 out. 2022.

SAMPA BEER. **A História da Cerveja**. Disponível em: [A História da Cerveja | sampabeer \(wordpress.com\)](http://sompabeer.wordpress.com). Acesso em: 25 abr. 2023.

SMITH, Brad. **Home Brewing Blog: Brew in a Bag (BIAB). Toda a cerveja de grãos Brewing**, BeerSmith™. Publicado em 14 de Abril de 2009. Disponível em: [Brew in a Bag \(BIAB\) Toda a cerveja de grãos Brewing \(beersmith.com\)](http://beersmith.com). Acesso em: 03 maio. 2023.

Tabela de cores da cerveja artesanal. **Revista Malagueta**, 2018. Disponível em: <https://revistamalagueta.com.br/2018/10/31/tabela-de-cores-da-cerveja- artesanal/>. Acesso em: 15 out. 2022.

TEXO. **Decreto autoriza a adição de Leite, Chocolate e Mel na produção de Cerveja no Brasil**. Disponível em: <https://www.texo.com.br/loja/noticia.php?loja=962610&id=239>. Acesso em: 12 jan. 2024.

**VAMOS FALAR DE CERVEJA: IPA, Session IPA, Brut IPA, New England IPA, Double IPA, Black IPA...** A HORA, 2019. Disponível em: [IPA, Session IPA, Brut IPA, New England IPA, Double IPA, Black IPA.UFA! - Grupo A Hora](https://www.a-hora.com.br). Acesso em: 25 out. 2022.

## GLOSSÁRIO

- Alfa-ácidos* (α-ácidos) : Classe de compostos químicos encontrados no lúpulo, bem como os responsáveis por conferir o amargor a cerveja;
- Brew In a Bag* (BIAB) : Em tradução livre, significa: brassar em um saco. Esse método é conhecido no ramo cervejeiro pôr em utilizar somente uma panela, com auxílio de um saco para acrescentar os grãos de malte, durante a etapa de brassagem (fase quente);
- Chafariz : Realizado durante a etapa de recirculação para promover a sedimentação dos resíduos e clarificação do mosto;
- Drinkability* : Baseia-se na qualidade da cerveja, ou seja, quão agradável ela é para que seja tomada várias vezes;
- Dry-hopping* : Adição extra de lúpulo, característica do estilo *Session IPA*;
- Grain bag* : Significa, em tradução livre: saco de grãos;
- Off-flavours* : Compostos indesejáveis na cerveja, como por exemplo: diacetil, oxidação, DMS, dentre outros;
- Priming* : Solução preparada a base de açúcar e água previamente fervida para realizar a refermentação na garrafa e recompor o gás que evapora no processo fermentativo;
- Torta : Bagaço do malte;
- Trub* : Partículas coaguladas de malte e lúpulo em suspensão no mosto.;
- Whirlpool* : Processo realizado para concentrar o *trub* no centro da panela e evitar que algumas das partículas interfiram no processo fermentativo.

**ANEXO - Utilização do alfa ácido de acordo com o tempo para o fim de fervura.**

| UTILIZAÇÃO DE ALFA ÁCIDO      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tempo para o Final da Fervura | 1.030 | 1.040 | 1.050 | 1.060 | 1.070 | 1.080 | 1.090 | 1.100 | 1.110 | 1.120 |
| 0                             | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5                             | 0.055 | 0.050 | 0.046 | 0.042 | 0.038 | 0.035 | 0.032 | 0.029 | 0.027 | 0.025 |
| 10                            | 0.100 | 0.091 | 0.084 | 0.076 | 0.070 | 0.064 | 0.058 | 0.053 | 0.049 | 0.045 |
| 15                            | 0.137 | 0.125 | 0.114 | 0.105 | 0.096 | 0.087 | 0.080 | 0.073 | 0.067 | 0.061 |
| 20                            | 0.167 | 0.153 | 0.140 | 0.128 | 0.117 | 0.107 | 0.098 | 0.089 | 0.081 | 0.074 |
| 25                            | 0.192 | 0.175 | 0.160 | 0.147 | 0.134 | 0.122 | 0.112 | 0.102 | 0.094 | 0.085 |
| 30                            | 0.212 | 0.194 | 0.177 | 0.162 | 0.148 | 0.135 | 0.124 | 0.113 | 0.103 | 0.094 |
| 35                            | 0.229 | 0.209 | 0.191 | 0.175 | 0.160 | 0.146 | 0.133 | 0.122 | 0.111 | 0.102 |
| 40                            | 0.242 | 0.221 | 0.202 | 0.185 | 0.169 | 0.155 | 0.141 | 0.129 | 0.118 | 0.108 |
| 45                            | 0.253 | 0.232 | 0.212 | 0.194 | 0.177 | 0.162 | 0.148 | 0.135 | 0.123 | 0.113 |
| 50                            | 0.263 | 0.240 | 0.219 | 0.200 | 0.183 | 0.168 | 0.153 | 0.140 | 0.128 | 0.117 |
| 55                            | 0.270 | 0.247 | 0.226 | 0.206 | 0.188 | 0.172 | 0.157 | 0.144 | 0.132 | 0.120 |
| 60                            | 0.276 | 0.252 | 0.231 | 0.211 | 0.193 | 0.176 | 0.161 | 0.147 | 0.135 | 0.123 |
| 70                            | 0.285 | 0.261 | 0.238 | 0.218 | 0.199 | 0.182 | 0.166 | 0.152 | 0.139 | 0.127 |
| 80                            | 0.291 | 0.266 | 0.243 | 0.222 | 0.203 | 0.186 | 0.170 | 0.155 | 0.142 | 0.130 |
| 90                            | 0.295 | 0.270 | 0.247 | 0.226 | 0.206 | 0.188 | 0.172 | 0.157 | 0.144 | 0.132 |
| 100                           | 0.298 | 0.272 | 0.249 | 0.228 | 0.208 | 0.190 | 0.174 | 0.159 | 0.145 | 0.133 |
| 110                           | 0.300 | 0.274 | 0.251 | 0.229 | 0.209 | 0.191 | 0.175 | 0.160 | 0.146 | 0.134 |
| 120                           | 0.301 | 0.275 | 0.252 | 0.230 | 0.210 | 0.192 | 0.176 | 0.161 | 0.147 | 0.134 |

Fonte: DINSLAKEN, 2016.