

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG**  
**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**BRUNA MÁRCIA ARAÚJO**

**ELABORAÇÃO DA CERVEJA ARTESANAL PALE ALE E AVALIAÇÃO DOS  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ACORDO COM OS PADRÕES  
COMERCIAIS.**

**FORMIGA – MG**  
**2018**

BRUNA MÁRCIA ARAÚJO

ELABORAÇÃO DA CERVEJA ARTESANAL PALE ALE E AVALIAÇÃO DOS  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ACORDO COM OS PADRÕES COMERCIAIS.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Química do UNIFOR –  
MG, como requisito parcial para obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Química.  
Orientador: Neylor Makalister Ribeiro.

FORMIGA – MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca UNIFOR-MG

A663 Araújo, Bruna Márcia.  
Elaboração da cerveja artesanal pale ale e avaliação dos parâmetros  
físico-químicos de acordo com os padrões comerciais / Bruna Márcia  
Araújo. – 2018.  
60 f.

Orientador: Neylor Makalister Ribeiro.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em  
Engenharia Química) -  
Centro Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga,  
2018.

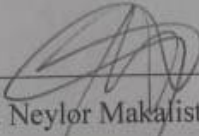
Catálogo elaborado na fonte pela bibliotecária  
Regina Célia Reis Ribeiro – CRB 6-1362

Bruna Márcia Araújo

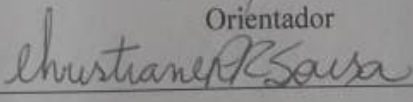
ELABORAÇÃO DA CERVEJA ARTESANAL *PALE ALE* E AVALIAÇÃO DOS  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ACORDO COM OS PADRÕES COMERCIAIS.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Química do UNIFOR –  
MG, como requisito parcial para obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Química.  
Orientador: Neylor Makalister Ribeiro.

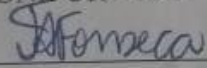
BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Neylor Makalister Ribeiro Vieira

Orientador

  
Prof<sup>ª</sup>. Ms.<sup>ª</sup> Christiane Pereira Rocha Sousa

UNIFOR – MG

  
Prof<sup>ª</sup>. M.<sup>ª</sup> Tânia Aparecida de Oliveira Fonseca

UNIFOR – MG

Formiga, 13 de novembro de 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a DEUS, por ter me proporcionado sabedoria e força para nunca desistir frente aos obstáculos na realização desse trabalho.

Aos meus pais, Nilza e Márcio, e ao meu irmão Diones, que são meu porto seguro, obrigada pelo amor e confiança que sempre depositaram em mim.

A minha cunhada Tássia e a minha amiga Izabela, por toda assistência prestada durante a realização deste trabalho.

Ao meu namorado Neylor Santos, por todo o apoio e incentivo constante.

Aos meus amigos queridos, pela força e por dividir comigo momentos de alegrias.

Ao meu orientador, Prof. Neylor Makalister, que nunca mediu esforços para me auxiliar na conclusão deste trabalho.

Aos professores que contribuíram para minha formação durante os cinco anos de graduação.

Agradeço a todos os amigos e profissionais que através de incentivos e experiências contribuíram para que este trabalho ficasse enriquecido e completo.

## RESUMO

A cerveja é uma bebida alcoólica fermentada elaborada a partir da mistura de água, malte e lúpulo por meio da ação de leveduras. O processo de fabricação da cerveja industrializada é semelhante ao da cerveja artesanal, no entanto, o processo industrial dispõe de equipamentos automatizados para atender produções em largas escalas. Já o processo artesanal dispõe de tecnologia simples e seu objetivo é produzir cervejas com qualidade e cuidado para que obtenham produtos de maior valor agregado. Desta forma, o objetivo deste trabalho consiste na elaboração da cerveja artesanal *Pale Ale* e realização das análises físico-químicas das amostras de cerveja caseira e industrial. E verificar se ambas estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira. O processo de fabricação da cerveja seguiu as seguintes etapas de preparação: moagem do malte, mosturação, filtração, fervura, resfriamento, fermentação, maturação, carbonatação e envase. Foram realizadas análises dos parâmetros físico-químicos: cor, pH, extrato seco, acidez total e teor alcoólico. Os resultados obtidos foram comparados aos valores padrões determinados pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária – MAPA. É possível concluir que ambas as cervejas se apresentaram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação e demonstraram diferenças significativas entre si.

Palavras-chave: Cerveja artesanal. Análise físico-química. Processo produtivo.

## **ABSTRACT**

Beer is a fermented alcoholic beverage made from the mixture of water, malt and hops by the action of yeasts. The process of manufacturing industrialized beer is similar to that of artisanal beer, however, the industrial process has automated equipment to handle large-scale productions. The artisanal process has simple technology and its objective is to produce beers with quality and care so that they obtain products of greater added value. In this way, the objective of this work is the elaboration of the artisan beer Pale Ale and the physical-chemical analysis of samples of homemade and industrial beer. And check that both are within the standards established by the Brazilian legislation. The brewing process followed the following stages of preparation: malting, blending, filtration, boiling, cooling, fermentation, maturation, carbonation and packaging. Analyzes of physical-chemical parameters were performed: color, pH, dry extract, total acidity and alcohol content. The results obtained were compared to the standard values determined by the Ministry of Agriculture, Supply and Livestock - MAPA. It is possible to conclude that both beers were within the standards established by the legislation and demonstrated significant differences between them.

**Keywords:** Artisanal beer. Chemical physical analysis. Production process.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRACERVA – Associação Brasileira de Cerveja Artesanal

ABV – Álcool por volume

Art – Artigo

CERVBRASIL – Associação Brasileira da Indústria da Cerveja

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

DMS – Dimetil Sulfeto

EBC – *European Brewing Convention*

FG – Densidade relativa inicial

IAL – Instituto Adolfo Lutz

IPA – Índia Pale Ale

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

O<sub>2</sub> – Oxigênio

OG – Densidade relativa final

pH – Potencial de hidrogênio iônico

PIB – Produto Interno Bruto

SRM – *Standard Reference Methoo*



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Movimentação do setor cervejeiro em 2014.....	18
Figura 2 - Registro de cervejarias artesanais no Brasil .....	19
Figura 3 - Processo de fabricação das cervejas industrializadas .....	26
Figura 4 - Elementos empregados na fabricação artesanal.....	27
Figura 5 - Fluxograma do processo produtivo.....	28
Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo e dos métodos analíticos.....	35
Figura 7 - Pesagem dos grãos de malte moído .....	38
Figura 8 - Etapa de brassagem.....	38
Figura 9 - Teste de Iodo.....	39
Figura 10 - Filtragem e recirculação do mosto.....	39
Figura 11 - Pesagem do lúpulo .....	40
Figura 12 - Leitura da densidade do mosto .....	40
Figura 13 - Transferência do mosto para balde fermentador.....	41
Figura 14 - Balde fermentador em refrigeração .....	42
Figura 15 - Amostras em secagem na estufa .....	44
Figura 16 - Solução de Hidróxido de Sódio 0,1 mol .....	45
Figura 17 - Amostras diluídas em água ultrapura.....	45
Figura 18 - Amostras após titulação com NaOH 0,1 mol .....	46
Figura 19 – Análise de pH das amostras .....	47

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados do parâmetro teor alcoólico das amostras de cerveja <i>Pale Ale</i> .....	49
Gráfico 2 - Resultados do parâmetro pH das amostras de cerveja <i>Pale Ale</i> .....	50
Gráfico 3 - Resultados do parâmetro cor das amostras de cerveja <i>Pale Ale</i> .....	52
Gráfico 4 - Resultados do parâmetro acidez total das amostras de cerveja <i>Pale Ale</i> .....	53
Gráfico 5 - Resultados do parâmetro extrato seco das amostras de cerveja <i>Pale Ale</i> .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais e equipamentos utilizados no processo cervejeiro .....	36
Tabela 2 - Matérias-primas e reagentes utilizados no processo cervejeiro .....	36
Tabela 3 - Materiais utilizados nas análises físico-químicas.....	37
Tabela 4 - Valores padrões para cerveja.....	48
Tabela 5 - Resultados dos parâmetros: teor alcoólico, pH, extrato seco, acidez total e cor.....	48

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivo específico .....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>História da cerveja.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Mercado .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3</b>	<b>Classificação das cervejas .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Definição e classificação de acordo com a legislação brasileira.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Tipos de cervejas.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>Matérias-primas e etapas do processo produtivo .....</b>	<b>22</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Matérias-primas.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Etapas do processo produtivo.....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>Materiais.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2</b>	<b>Processo de fabricação da cerveja.....</b>	<b>37</b>
<b>4.3</b>	<b>Determinações dos métodos analíticos.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Teor Alcólico .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Extrato real ou seco .....</b>	<b>44</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Acidez total titulável.....</b>	<b>44</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Cor.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3.5</b>	<b>pH.....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>48</b>
<b>5.1</b>	<b>Teor Alcólico .....</b>	<b>48</b>
<b>5.2</b>	<b>Análise de pH .....</b>	<b>50</b>
<b>5.3</b>	<b>Cor.....</b>	<b>51</b>

<b>5.4</b>	<b>Acidez total titulável.....</b>	<b>52</b>
<b>5.5</b>	<b>Extrato seco .....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO .....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Visto como uma das bebidas mais antigas do mundo, a cerveja foi descoberta na região da Mesopotâmia de forma acidental. No Brasil, evidências constataram que o consumo de cerveja teve início no século XVII influenciado pelos imigrantes europeus. Este fato acarretou a forte ligação do país com a bebida e, desde então, a produção e consumo de cerveja no país desenvolveram intensamente (SANTOS, 2003).

O mercado de cerveja no Brasil é altamente competitivo, pois o brasileiro se caracteriza como um consumidor de grande potencial que aprecia a bebida e a consome em diversos momentos: comemorativos, festivos e até mesmo casuais. Em 2014, o mercado cervejeiro brasileiro movimentou mais de R\$ 70 bilhões, correspondendo a 1,6% do PIB nacional e representando 14% das indústrias de transformação do país. Desse modo, nota-se a relevância deste seguimento. Dentre os diversos tipos de cerveja produzidos no Brasil, a artesanal compreende um rol de cervejas reconhecidas pelo sabor intenso e diferenciado. O seu consumo aumentou na última década, evidenciando o crescimento da produção artesanal (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA, 2015).

O crescimento de produtores de cerveja artesanal também é observado em número e em escala produtiva. Isto se deve ao fato da tendência por novos sabores de cervejas, requintadas e diferenciadas, associados à cultura de valorização de pratos e bebidas gourmet. Pode-se atribuir esta disposição ao consumo à mudança econômica-cultural das classes baixa e média brasileira que revelaram um perfil ambicioso e exigente, quanto aos gastos destinados ao bem-estar e a satisfação, envolvendo imóveis, veículos, alimentos e estilo de vida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERVEJA ARTESANAL (ABRACERVA), 2018).

A cerveja é uma bebida alcoólica fermentada elaborada a partir da mistura de água, malte e lúpulo por meio da ação de micro-organismos denominados leveduras. A legislação brasileira permite a alteração do malte por cereais não maltados como arroz, milho e aveia. Devido a inúmeras possibilidades de combinações entre ingredientes, existem no mercado cerca de 20 mil receitas. Há uma grande quantidade de estilos disponíveis, desse modo, as cervejas são classificadas de acordo com a quantidade de extrato primitivo, cor, teor alcoólico, porção de malte e tipo de fermentação – sendo elas *Ales* e *Lagers* (BRASIL, 2009).

As cervejas provenientes de alta fermentação (*Ale*) utilizam micro-organismos da espécie *Saccharomyces cerevisiae*. O processo fermentativo dá-se em temperaturas elevadas – entre 15°C a 24°C. Dentre a classe das *Ales*, a cerveja *Pale Ale* destaca-se em relação às outras, é um dos estilos mais apreciados na Inglaterra e são conhecidas mundialmente.

Apresenta coloração dourada/acobreada. O lúpulo encontra-se presente no sabor e aroma da cerveja. A cerveja quando não filtrada ao fim do processo, conferem maior turbidez devido à existência de leveduras (SIDOOSK, 2011).

De acordo com Brasil (2009), o avanço da produção de cervejas industrializadas e artesanais resulta em uma necessidade de averiguação de suas características físico-químicas, a fim de proporcionar maior controle da qualidade desses produtos. A cerveja artesanal é submetida às análises laboratoriais, nas quais os resultados devem estar dentro das normas determinadas pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária (MAPA), órgão responsável pela fiscalização e legalização das bebidas. Os parâmetros básicos a serem analisados estão ligados ao padrão de identidade e à qualidade da cerveja, sendo eles: extrato primitivo, graduação alcoólica e cor seguindo as orientações da *European Brewing Convention* (EBC).

Neste contexto pretendeu-se elaborar uma cerveja *Pale Ale* caseira, contendo apenas quatro ingredientes: água, malte, lúpulo e levedura. Realizar análises dos parâmetros físico-químicos: cor, pH, extrato seco, acidez total e teor alcoólico. E através dos resultados obtidos, verificar se ambas estão de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira.

O presente trabalho é composto por seis capítulos. No capítulo 1 é apresentado o tema e a análise a ser percorrida através da introdução. No capítulo 2 são apresentadas os objetivos gerais e específicos que se desejam obter ao longo da pesquisa. O capítulo 3 apresenta a revisão bibliográfica sobre o contexto histórico da cerveja, o mercado de cerveja no Brasil e no mundo, os tipos de cervejas, as matérias-primas utilizadas no processo produtivo, às etapas de fabricação, a definição e as classificações de acordo com a legislação brasileira. No capítulo 4 descrevem-se os materiais utilizados para elaboração das análises físico-químicas e a metodologia empregada na elaboração da cerveja caseira e os métodos analíticos. No capítulo 5 são relatados os resultados obtidos nas análises físico-químicas e suas respectivas discussões. Por fim, o assunto abordado é finalizado de forma geral e sucinta no capítulo 6.

## 2 OBJETIVO

O intuito deste tópico é abordar quais serão os objetivos do presente trabalho, apresentando o objetivo geral e os objetivos específicos.

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste na elaboração da cerveja artesanal *Pale Ale* e realização das análises físico-químicas das amostras de cerveja caseira e industrial. A fim de verificar se ambas estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira.

### 2.2 Objetivo específico

- Produzir uma cerveja artesanal tipo *Pale Ale*.
- Relatar o processo produtivo, descrever as matérias-primas e equipamentos utilizados na fabricação da cerveja artesanal caseira.
- Efetuar análises dos parâmetros físico-químicos: cor, pH, extrato seco, acidez total e teor alcóolico.
- Comparar os resultados obtidos com os valores padrões estabelecidos pela legislação brasileira.



### 3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Esta seção tem o intuito de apresentar todos os conceitos teóricos fundamentais utilizados nesta pesquisa, divididos em quatro tópicos. O primeiro trata-se do contexto histórico da cerveja. O segundo tópico refere-se ao desempenho da cerveja comum e da artesanal no mercado brasileiro. O terceiro tópico trata-se da definição e das classificações da cerveja de acordo com a legislação brasileira. O quarto descreve as matérias-primas e retrata todas as etapas do processo produtivo.

#### 3.1 História da cerveja

Os primeiros indícios da fabricação de cervejas tiveram início antes da Era Cristã, na região da Mesopotâmia, onde a cevada nasce de forma abundante. Não se sabe precisamente como realmente aconteceu sua descoberta, no entanto, há uma suposição de que a fermentação ocorreu de forma acidental, através do esquecimento de fragmentos de pães em água por um período de tempo, o que ocasionou a fermentação e o transformou em um fluido concentrado, que possivelmente foi experimentado e apreciado. Mais tarde, a produção de cerveja se tornou atividade comum e era feita por mulheres e padeiros. Na Era Medieval, o surgimento dos mosteiros, locais apropriados para a fabricação e aperfeiçoamento da bebida, favoreceu o aumento do consumo da cerveja e ampliou as escalas de produção (MORADO, 2009).

A Era Moderna proporcionou a invenção das máquinas a vapor e a descoberta da refrigeração, impulsionando a produção de cervejas industrializadas. Em 1516, foi decretada a Lei da Pureza Alemã, fator determinante para a ilegalidade da fabricação de cervejas que contivessem em sua composição outros ingredientes que não fossem água, malte e lúpulo – nesta época, ainda não se tinha conhecimento das leveduras. Em 1553, o duque Albrecht V lançou uma nova lei declarando que a produção de cerveja poderia ocorrer apenas no inverno, uma vez que as cervejas apodreciam com maior facilidade no verão devido às altas temperaturas. Com o intuito de conservar as bebidas até o verão, os fabricantes alemães armazenavam seus estoques em cavernas junto à neve dos Alpes, local em que a temperatura se mantinha baixa durante o ano todo. Em consequência disso, quando as cervejas ficavam armazenadas por longos períodos, percebia-se o acúmulo de fermento ao fundo dos barris. Posteriormente, este processo caracterizou a produção de cervejas de fermentação baixa, então denominadas *Lager*, que significa estocada ou armazenada (BELTRAMELLI, 2012).

Por sua vez, o ano de 1876, foi de extrema importância para os cervejeiros, pois através de pesquisas realizadas por Louis Pasteur, cientista francês, tornou-se possível aumentar o tempo de conservação da cerveja a partir do processo de pasteurização e a realização de grandes melhorias no processo de fabricação das bebidas fermentadas, visto que a fermentação acontecia de forma natural e frequentemente conduzia a perdas de produção. Pasteur comprovou que a fermentação de forma natural promovia a proliferação de microorganismos indesejáveis que aceleravam a decomposição do mosto, deste modo, o cientista incentivou os fabricantes de cervejas a empregar levedos selecionados e aplicar procedimentos de esterilização no processo de produtivo (CERVEJAS DO MUNDO, 2016).

A cerveja foi trazida ao Brasil no início do século XIX por D. João VI sendo importada da Europa por vários anos. Em 1888, foi inaugurada no Rio de Janeiro a primeira fábrica de cerveja chamada “Manufatura de Cerveja Brahma Villigier e Cia”. Em 1891, foi fundada, em São Paulo, a Companhia Antártica Paulista. Em 1999, estas duas empresas se uniram, dando origem a Ambev, considerada a maior companhia de cerveja do Brasil (AQUARONE, 2001).

### **3.2 Mercado**

Segundo a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (2015), o Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos, porém, em relação ao consumo no mundo o país ocupa o 24º lugar. O setor cervejeiro brasileiro encerrou o ano de 2014 com PIB de 1,6%, com a produção de 14 bilhões de litros e faturamento de 70 bilhões de reais. Uma vez que os produtores investiram altamente na ampliação das fábricas e no aprimoramento de novos produtos. No período de dez anos, o setor apresentou uma média de crescimento 5% ao ano. Todo este investimento provocou a movimentação de vários outros setores, como: laboratórios de desenvolvimento e pesquisa, produtores de matéria-prima, material de embalagem, equipamentos, serviços terceirizados de distribuição e pontos de venda. Gerando cada vez mais empregos à população FIG. 1.

Figura 1 - Movimentação do setor cervejeiro em 2014

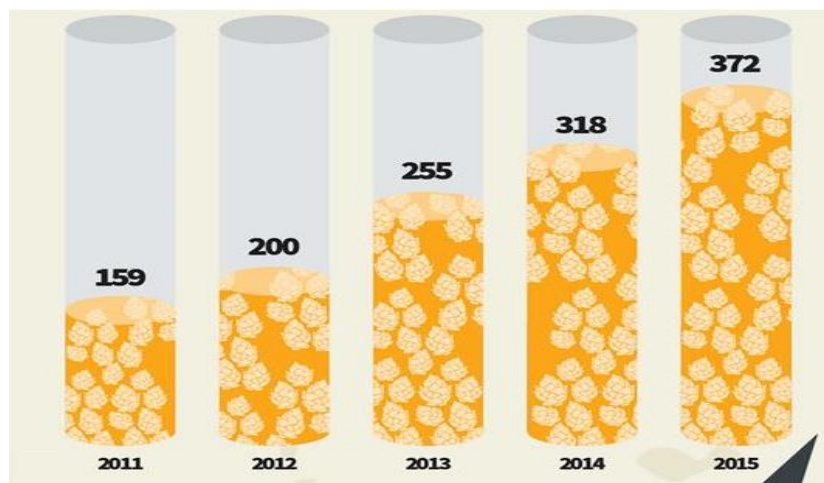


Fonte: Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (2015).

As indústrias cervejeiras podem ser classificadas em relação à escala de produção. As empresas que operam em largas escalas são destinadas à fabricação e à venda de grandes volumes visando à utilização de adjuntos, antioxidantes e estabilizantes, a fim de manter o preço baixo e acessível ao consumidor. Normalmente estas empresas comandam o ramo cervejeiro, já que apresentam maiores recursos para investirem na divulgação dos seus produtos. As empresas que operam em pequenas escalas são atribuídas à produção e à venda de pequenos volumes, normalmente seus preços são mais elevados em comparação às cervejas comuns, entretanto, estas pequenas empresas utilizam ingredientes de melhor qualidade, com o intuito de obter maior grau de pureza e sabores diferenciados, denominadas cervejas artesanais. Estas são produzidas por microcervejarias – empresas que produzem até 200 mil litros por mês (MATOS, 2011).

O mercado de cervejas convencionais, em 2016, apresentou uma queda de 1,8% em relação ao ano de 2015. Entretanto, o mercado das cervejas artesanais vem em sentido contrário, resultando o aumento de 17% comparado ao ano de 2014. O Brasil encerrou o ano de 2015, com 372 cervejarias artesanais registradas na Associação Brasileira das Cervejas Artesanais (FIG. 2). Já no ano de 2016, foram registradas mais 148 novas cervejarias. O que contabilizou num total de 520 e um crescimento de 39,6% em relação ao ano de 2015. Apesar da grande expansão do mercado nacional da cerveja artesanal, elas não englobaram todo país, sendo 91% das microcervejarias estão localizadas nas regiões Sul e Sudeste (BRESSIANI, 2017).

Figura 2 - Registro de cervejarias artesanais no Brasil



Fonte: BRESSIANI, 2018.

Segundo Associação Brasileira de Cerveja Artesanal (2018, p. 18), “os dados divulgados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) apontam o crescimento de 37,7% no número de cervejarias registradas no Brasil em 2017”. O Estado do Rio Grande do Sul contém 142 cervejarias registradas, seguindo o estado de São Paulo com 124 e Minas Gerais com 87.

### 3.3 Classificação das cervejas

Neste tópico será abordada a definição da cerveja e suas classificações quanto à cor, ao teor alcoólico, à quantidade de malte e ao tipo de fermentação de acordo com o art. 36 da Lei 8.918/94. Também será tratado brevemente sobre os tipos de cervejas *Ales*, *Lagers* e *Lambics*.

#### 3.3.1 Definição e classificação de acordo com a legislação brasileira

De acordo com o art. 36 do Decreto nº 6.871/09, que regulamenta a Lei 8.918/94, a cerveja é uma bebida obtida por meio da fermentação alcoólica proveniente da mistura de água, malte de cevada e lúpulo, mediante a ação de leveduras. Sendo permitida a substituição do malte de cevada por outros ingredientes denominados adjuntos cervejeiros como cereais não maltados, amidos e açúcares de origem vegetal. E pode ser classificada quanto ao processo fermentativo e o produto final.

a) Classificação quanto ao extrato primitivo: a quantidade de sólidos ou substâncias contidas no mosto, para as cervejas leves o valor do extrato primitivo é maior ou igual a 5% e menor 10,5% em peso. As cervejas tradicionais o extrato primitivo apresenta valores maiores ou iguais a 10,5% e menores que 12%. E também as cervejas extras apresentam valores maiores ou iguais a 12% e inferiores a 14% e a cerveja forte apresenta valores maiores que 14% sob o seu peso.

b) Classificação quanto à cor: a coloração da cerveja é decomposta em cor clara com valores inferiores a 20 EBC – *European Brewery Convention*, escura com valores superiores ou iguais a 20 unidades EBC e colorida que apresentam tonalidades diferentes dos padrões estabelecidos pela EBC, devido à adição de corantes naturais.

c) Classificação quanto ao teor alcoólico: cervejas que contém teor alcoólico menor que 0,5% de álcool em sua composição são classificadas como cerveja sem álcool, não sendo obrigatória a descrição no rótulo. Para teores alcoólicos maiores que 0,5% são classificadas como cervejas com álcool, sendo obrigatório conter a informação do teor alcoólico no rótulo da mesma.

d) Classificação quanto à proporção de malte: a cerveja comum apresenta 55% ou mais de malte de cevada em peso. A cerveja puro malte contém 100% de malte de cevada em peso, sobre o extrato primitivo, utilizado como fonte de açúcar. A cerveja com nome do vegetal principal contém entre 25% e 55% de malte de cevada.

e) Classificação quanto à fermentação: na fermentação baixa (*Lager*), as leveduras atuam em temperaturas menores de 12°C e se depositam na parte inferior do mosto, já a fermentação alta (*Ale*) as leveduras permanecem na parte superior do mosto e atuam em temperaturas maiores de 20°C.

### 3.3.2 Tipos de cervejas

Segundo Soares (2011), acredita-se que existam mais de 20 mil tipos de cervejas, que se distinguem pelas alterações das matérias-primas, adição de adjuntos, modificações no processo de fabricação, entre outros. Contudo, as cervejas são classificadas com base no seu processo de fermentação e são divididas em três categorias: *Lagers*, *Lambics* e as *Ales*. As *Lagers* são conhecidas como cervejas de baixa fermentação e aromas leves. São as mais consumidas no mundo e possuem diferentes estilos, como exemplo a *Pilsen*, que contém como principal ingrediente o malte oriundo da cidade de *Pilsen*, na República Checa. Ela é caracterizada pela cor amarelo-claro com teor alcoólico médio e leve amargor. A *American*

*Standard Lager* apresenta características parecidas com a *Pilsen*, porém, possui em sua composição milho e arroz, ao invés de malte. O que resulta numa cerveja mais leve, de pouco aroma e pouco sabor quando comparada à original. Estas são populares no Brasil e dispõem de teores alcoólicos entre 4,2% a 5,3%. A *Bock*, criada na Alemanha, é uma cerveja forte quando comparada à cerveja *Lager*, devido à alta porcentagem de extrato primitivo. Além disso, apresenta coloração mais escura que a *Pilsen*, possui sabor adocicado, baixo aroma de lúpulo e teor alcóolico entre 6% a 8%. A *Dunkel* contém sabor e aroma similares ao do chocolate, devido à utilização de malte torrado. E a *Malzbier* possui cor mais escura que as outras citadas anteriormente e baixo teor alcóolico.

O processo de fabricação da família das *Lambics* é considerado o mais antigo do mundo e se baseia nas primeiras cervejas produzidas. Desde o início e ainda hoje, são fabricadas na Bélgica. Diferem-se das cervejas *Ales* e *Lagers*, visto que a fermentação não ocorre por meio de leveduras selecionadas. As cervejas são armazenadas em tonéis de carvalho, para que ocorra a fermentação espontânea, através de micro-organismos presentes no ar. Conferem sabor doce, levemente ácido e contém considerável variedade de estilos, como as *Lambics* Velhas e Jovens são classificadas em relação ao tempo de maturação, visto que as mais jovens permanecem até um ano e são consideradas mais raras, já as velhas permanecem até três anos em barris de maturação. A *Gueuze Lambic* é uma mistura da *Lambic* velha e jovem, envasada e refermentada na própria garrafa, resultando em uma cerveja altamente carbonatada, doce e levemente ácidas. A *fruit Lambic* contém em sua composição frutas (cerejas, framboesas e ameixas, tornando predominante o sabor e aroma da cerveja). E a cerveja *Lambic Faro* que foi muito apreciada no século XIX, no entanto, entrou em extinção (PARANHOS, 2017).

As *Ales* apresentam características como a cor, variando de clara à avermelhada, acentuado sabor de frutas, tendem a ser mais encorpadas e maltadas quando comparadas as *Lagers*. Dispõem de alta fermentação, ou seja, a fermentação ocorre em temperaturas elevadas, entre 15°C e 24°C e seu teor alcóolico varia de médio a alto. Dentre vários estilos de *Ales* destacam-se: a *Weiss*, uma cerveja feita de trigo oriunda do sul da Alemanha e possui 11% de extrato original, com teor alcóolico variando de 4,2% a 5,3%. São turvas, contém sabor e aroma de frutas. A *Stout* de sabor adocicado, elaborada com maltes especiais, apresenta pequeno grau de amargor e coloração bem escura devido ao malte ser tostado, contém 15% de extrato primitivo e teor alcóolico entre 8% e 12%. A *Pale Ale* que significa “cerveja pálida” apresenta cor clara, teor alcóolico entre 4,5% e 6,2% e maior grau de amargor. As *Pale Ales* são subdivididas em *India Pale Ale* (IPA) – possui alto teor de lúpulo

em sua composição, sendo considerada uma das cervejas mais amargas – a *English Pale Ale*, possui forte amargor. *American Pale Ale* – de origem americana possui sabor suave e menos amargo quando comparada à IPA e *Red Ale* – apresenta coloração vermelha à tons de marrons, possui alto teor de extrato primitivo e sabor semelhante ao de caramelo (KUNZE, 1996).

### **3.4 Matérias-primas e etapas do processo produtivo**

Neste tópico será apresentado o processo produtivo de modo geral, desde o conhecimento das matérias-primas, equipamentos utilizados e etapas de preparação da cerveja.

#### **3.4.1 Matérias-primas**

Segundo Venturini (2005, p. 15), “A antiga lei da pureza da cerveja: *Reinheitsgebot* publicada em 1516, na Bavária – região meridional da Alemanha, estabelece que a cerveja deva ser produzida exclusivamente com malte, lúpulo e água, sem adição de qualquer outro aditivo”. Visto que nesta época ainda não se tinha conhecimento da atuação dos micro-organismos e do processo de fermentação. Atualmente, os ingredientes básicos utilizados na fabricação da cerveja artesanal são: água, malte, lúpulo e fermento (leveduras). As matérias-primas utilizadas influenciam diretamente no sabor e aroma da cerveja.

##### **3.4.1.1 Água**

Segundo Kalnin (1999, p. 42), “antigamente, as cervejarias eram construídas próximas a poços profundos para assegurar um fornecimento de água de alta qualidade”. Atualmente, este procedimento não se faz necessário como antes. Os avanços tecnológicos fizeram possível o tratamento e a correção dos aspectos hidrológicos que influenciam nas características finais da cerveja (ROSA; AFONSO, 2015). De acordo com Reinold (2011), antes de iniciar o processo de fabricação da cerveja, deve-se efetuar a correção do pH da água através de produtos químicos, normalmente se faz adição de soda cáustica ou ácido clorídrico para efetivar a correção.

Existem alguns parâmetros físico-químicos a serem analisados na água, antes de colocá-la em produção como: turbidez, cor, sabor, odor, dureza e pH. A turbidez está

relacionada à presença de partículas sólidas em suspensão, quando muito turva torna-se inapropriada para a potabilidade. A cor de uma determinada solução indica a presença de substâncias (podendo ser prejudicial à qualidade do produto final e nociva à saúde), portanto, é obrigatório que a água esteja totalmente incolor e não apresente nenhum odor ou sabor. As concentrações de sais como cálcio e magnésio devem estar em quantidades suficientes, pois, em elevadas concentrações torna-se uma água dura. O pH consiste no potencial hidrogeniônico de uma solução, representada pela escala de 0 a 14, indicando acidez para valores de 0 a 7; neutralidade para valores próximos a 7 e alcalinidade para valores de 7 a 14. No processo de fabricação da cerveja, a água deve apresentar pH entre 5,0 e 5,5 nas etapas de brassagem (mistura do malte em água) e fervura do mosto. Já na etapa de lavagem de equipamentos e utensílios deve apresentar valores entre 6 e 7 (GAUTO; ROSA, 2011).

Os sais minerais contidos na água como cálcio, magnésio, zinco, sulfatos, cloretos e sílicas, quando em excesso, podem trazer características indesejáveis ao produto final. No entanto, concentrações ideais trazem alguns benefícios, por exemplo, o cálcio é o facilitador da coagulação das proteínas na etapa de brassagem, o magnésio auxilia no desempenho enzimático, já o zinco contribui para o crescimento das leveduras e estimula a fermentação e, por fim, os cloretos de cálcio e magnésio conferem sabor encorpado à cerveja (SPIESS, 2016).

Além de constituir cerca de 90% da composição da cerveja, a água é responsável pela higienização de todos os utensílios e equipamentos empregados no sistema de fabricação, por isso, é indispensável à utilização de água tratada nas demais etapas do processo visando evitar possíveis contaminações causadas pelo contato do líquido com os utensílios e equipamentos. Na indústria cervejeira, estima-se que para cada um litro de cerveja produzida, há consumo de 4 a 10 litros em volume de água (PALMER, 2006).

### **3.4.1.2 Malte**

“O malte é um termo técnico utilizado para definir a matéria-prima resultante da germinação de qualquer cereal em condições controladas. Quando não há indicação, se subentende que é feito de cevada e em qualquer outro caso, é acrescentado o nome do cereal” (KUNZE, 1997 apud FREITAS, 2006, p. 29) <sup>1</sup>. Existem vários tipos de malte, dentre eles os mais conhecidos são: o trigo, a cevada, o milho e o arroz. O malte de cevada é o favorito entre

---

<sup>1</sup> KUNZE, W. **Technology brewing and malting**. Berlim: VLB, 1997.



os produtores de cerveja por possuírem em sua composição grandes quantidades de amido e proteínas que favorecem o crescimento das leveduras e proporciona sabores e aromas típicos das cervejas (AQUARONE, 2001).

A cevada pertence à classe das gramíneas e seu cultivo é feito em ares temperados. Para fins cervejeiros, os grãos de cevada, após a colheita, são conduzidos às maltarias, para serem transformados em malte. O processo de transformação dos grãos inicia-se com a sua germinação, esta é realizada em condições com temperatura e umidade controladas. Nesta fase ocorre o desenvolvimento das enzimas responsáveis pela quebra do amido. A germinação é interrompida, através do processo de secagem antes mesmo que o grão produza uma nova planta e desnature as enzimas formadas. O malte é um grão de cevada modificado através da germinação das sementes, resultando na produção de enzimas, que realizam a quebra do amido para aumentar a sua solubilidade e maciez (PICCINI; MORESCO; MUNHOS, 2002).

O sabor, cor, aroma e corpo da cerveja são diretamente influenciados pelo tipo de malte empregado. Existem no mercado dois tipos de malte: base e especial. O malte base é aquele que proporciona a maior atividade enzimática para transformar o amido em açúcares, exibe uma grande quantidade de grãos, normalmente são feitos a partir da cevada e utilizados na fabricação de cervejas do tipo *Pilsen* e *Pale Ale*. O malte especial é preparado para fornecer características específicas à cerveja, tornando-as diferentes das outras, no entanto, é utilizada em pequenas quantidades e pode ser combinada de várias formas em uma única receita (REINOLD, 2010).

### 3.4.1.3 Lúpulo

Segundo Rodrigues, Morais e Castro (2015, p. 3), “o lúpulo (*Humulus lupulus L.*) pertence à família *Cannabaceae*, é uma planta penere (perde a parte aérea durante o inverno), de caule volúvel e dióico (plantas machos e fêmeas)”. Somente as flores fêmeas são empregadas na fabricação da cerveja, devido à presença da lupulina, glândula produtora de componentes indispensáveis na composição da cerveja. As substâncias mais importantes produzidas pela lupulina são os óleos essenciais e as resinas. Os óleos essenciais são constituídos por compostos aromáticos voláteis, são eles que dão o aroma característico à cerveja. Já as resinas são decompostas em alfa-ácidos e beta-ácidos, a primeira auxilia no equilíbrio/estabilidade da espuma durante o cozimento do mosto, atua como agente antibacteriano prolongando sua vida útil e confere a ela um sabor amargo, já a segunda contribui apenas para o amargor da cerveja. O lúpulo pode ser comercializado em diferentes

formas como granulado (*Pellets*), extrato, pó e flores secas. A forma mais comum utilizada pelas cervejarias é em granulados, por serem prensados, apresentam menores volumes.

#### **3.4.1.4 Leveduras (fermento biológico)**

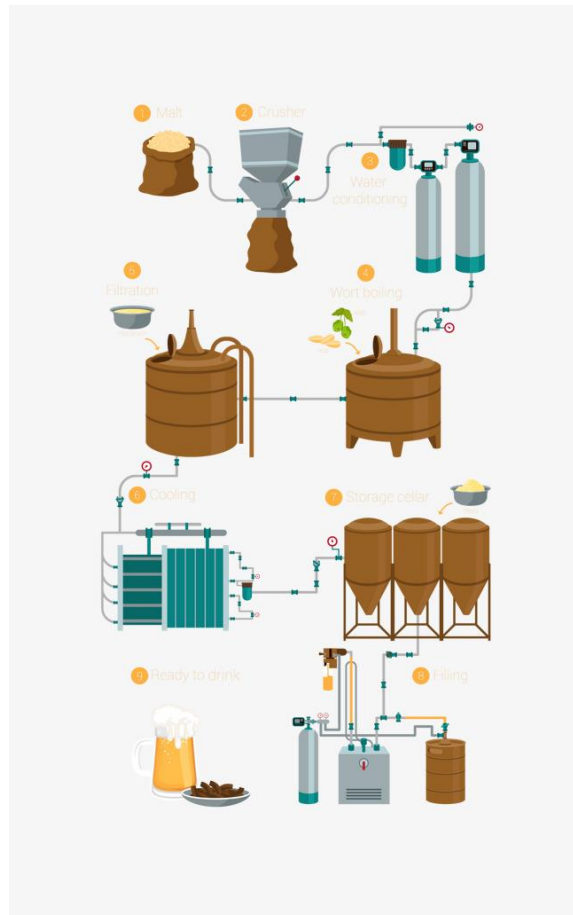
A fermentação foi descoberta por Louis Pasteur cientista francês, no século XIX por meio de experiências que levaram grandes evoluções na indústria cervejeira. Pasteur comprovou através de testes realizados que a fermentação estava relacionada à degradação de vegetais ricos em glicídios mediante à ação de leveduras. Constatou também que estes microrganismos convertiam o açúcar contido no mosto em álcool e gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Na indústria cervejeira, sabe-se que o funcionamento dos levedos está diretamente associado à disponibilidade de açúcares no meio reacional. Quando não há fontes de energia para absorverem, eles sobrevivem por meio do oxigênio contido no meio (SIDRIM; ROCHA, 2012).

As leveduras, consideradas o elemento vivo na produção de cerveja, pertencem ao Reino *Fungi*, são formadas por uma única célula, se reproduzem rapidamente e são extremamente competentes em suas atividades metabólicas quando comparadas a outros fungos. As leveduras mais utilizadas em processos cervejeiros são as pertencentes ao gênero *S. cerevisiae* e *S. uvarum*, sendo empregadas respectivamente para fins de alta e baixa fermentação (ESTEVINHO, 2015). Segundo Hough (1985), as leveduras do gênero *S. uvarum* são empregadas em processos de baixa fermentação (*Lager*) e se depositam no fundo do tanque ao final da etapa, gerando cervejas claras e sabor seco. As espécies do gênero *S. cerevisiae* atuam na superfície do mosto, também conhecida como alta fermentação (*Ale*). Resultam em cervejas com sabores frutados e adocicados.

#### **3.4.2 Etapas do processo produtivo**

A técnica utilizada na fabricação da cerveja industrializada é semelhante à da cerveja artesanal. No entanto, as cervejas industrializadas são elaboradas para atender grandes demandas de produção e para que isto ocorra é necessário possuir uma tecnologia avançada (CARNEIRO, 2012). A FIG. 3 exibe o processo de fabricação das cervejas industrializadas.

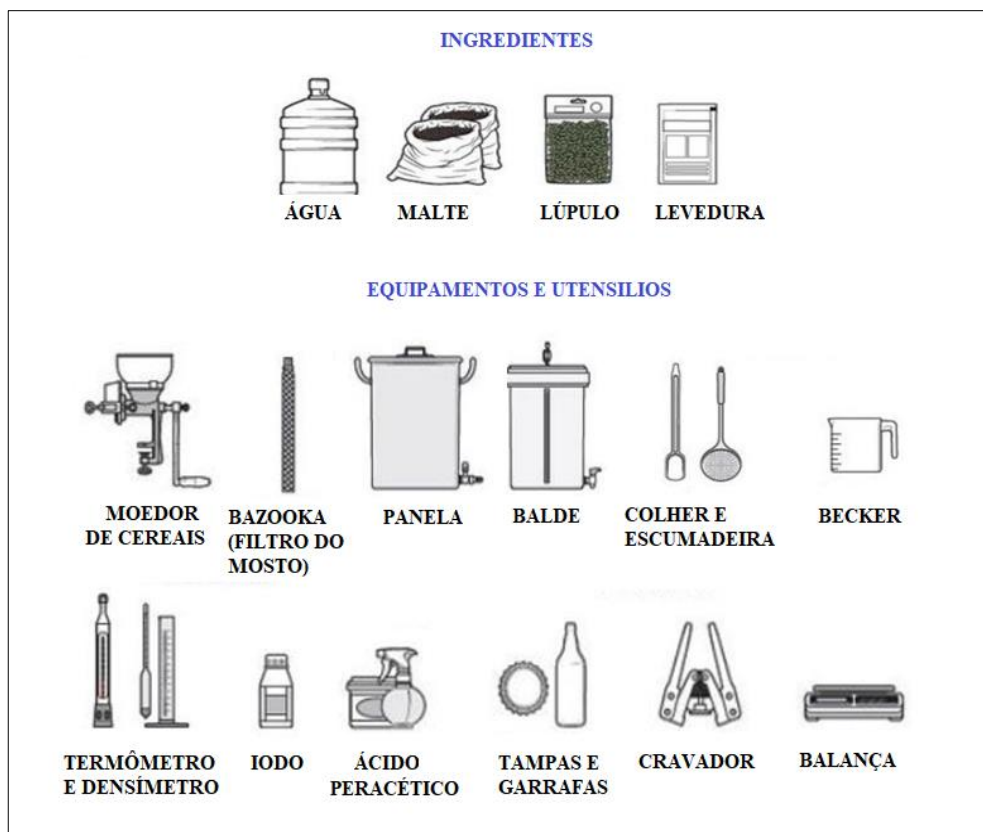
Figura 3 - Processo de fabricação das cervejas industrializadas



Fonte: CARNEIRO, 2012.

De acordo com Telles (2014), a fabricação da cerveja artesanal dispõe de tecnologia simples e seu objetivo é produzir cervejas com qualidade e cuidado para que obtenham produtos de maior valor agregado e não apenas alcançar grandes volumes de produção e vendas (FIG. 4).

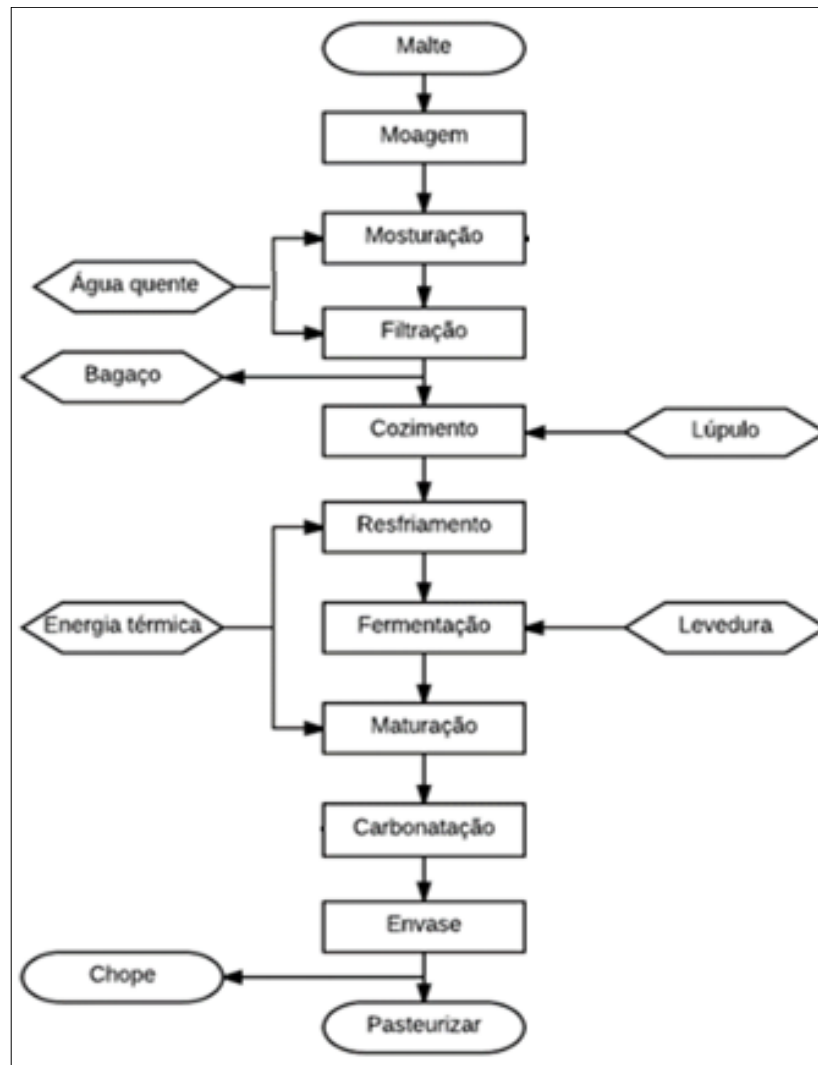
Figura 4 - Elementos empregados na fabricação artesanal



Fonte: TELLES, 2014.

A FIG. 5 exibe o fluxograma do processo de fabricação de cerveja e suas etapas de preparação, que são divididas em: moagem do malte, mosturação, filtração, cozimento/fervura, resfriamento, fermentação, maturação, carbonatação e envase. A pasteurização da cerveja torna-se opcional.

Figura 5 - Fluxograma do processo produtivo



Fonte: Autor, 2018.

### 3.4.2.1 Moagem

O processo de moagem consiste em separar o endosperma dos grãos da casca por meio de um moinho. O malte não deve ser moído até se tornar uma farinha fina ou pó, caso contrário, ocasionaria na lentidão no processo de filtragem do mosto. Também não se deve moer os grãos deixando-os quase inteiros, dificultando a hidrólise do amido. Portanto, a moagem é feita para possibilitar maior contato do malte e da água, facilitando que as enzimas contidas na casca dos grãos quebrem o amido em açúcares, que mais adiante serão absorvidos pelas leveduras no processo de fermentação (MORADO, 2009).

Segundo Reinold (2017), a diferença entre o moinho utilizado em pequenas e grandes cervejarias está na capacidade de produção. Para fabricação artesanal, normalmente se utiliza

moinhos de dois cilindros (rolos) que possibilita a sua regulagem de acordo com o tipo de malte empregado ou de discos próprios para cereais.

### **3.4.2.2 Mosturação ou Brassagem**

Segundo Oliveira (2011), a etapa de brassagem é um processo extremamente importante, complexo e lento. Consiste na mistura do malte em água – a mistura é denominada mosto – e é aquecida a temperaturas controladas. A temperatura do mosto não pode passar de 80°C, pois, alguns componentes contidos na casca dos grãos de malte podem se dissolver no mosto e provocar sabores indesejáveis ao produto final.

Em processos no qual a temperatura varia de 68°C a 72°C, são gerados açúcares complexos como as dextrinas, nas quais as leveduras não conseguem fermentar, o que resulta em cervejas doces e consistentes. Já em temperaturas menores que 68°C são gerados açúcares menos complexos como a maltose, que são totalmente fermentadas pelos levedos gerando cervejas secas e sem doce. Também é importante ressaltar que nesta fase a água tem de estar totalmente tratada e deve apresentar pH entre 5,0 – 5,5 para que as substâncias compostas no malte se dissolvam com maior facilidade e haja maior eficiência na ação enzimática (DRAGONE; SILVA, 2010).

O mosto apresenta cinco classes de enzimas responsáveis pela modificação do amido em açúcares sendo elas: alfa e beta amilase, as glucanazes, enzimas de desramificação e as proteases. As classes alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ) amilase são encarregadas de decompor a amilose e a amilopectina em duas moléculas de glicose. A alfa amilase atua em temperaturas entre 65°C a 75°C e pH entre 5,3 a 5,7. A beta amilase atua em temperaturas entre 55°C a 65°C e pH entre 5 a 5,5. As glucanazes agem em temperaturas entre 35°C a 45°C e pH entre 4,5 a 5,5 e têm a função de quebrar as moléculas que proporcionam a rigidez do amido. As enzimas de desramificação também atuam nas mesmas temperaturas das glucanazes, atuam em pH iguais ao da alfa ( $\alpha$ ) e ao do beta ( $\beta$ ) amilase e possui a missão de promover a hidrólise das amilopectina em amiloses. As proteases provocam a degradação das proteínas, a fim de reduzir o peso molecular, tornando-o mais solúveis, facilitando a fermentação dos nutrientes (MATOS, 2011).

### 3.4.2.3 Filtragem

Lorenz Enzinger, em 1878, criou o primeiro filtro de massa para ser utilizado no segmento cervejeiro. Desde então, a filtragem tornou-se um requisito de qualidade, pois, permite a clarificação do líquido que resulta em cerveja de aspecto translúcido, límpido e brilhante. O processo de filtragem consiste na separação da fase sólida (bagaço) da fase líquida (mosto). O bagaço é constituído de cascas de grãos de malte, de açúcares que não foram dissolvidos e de demais impurezas. A retirada do bagaço é feita antes da fervura para que a casca do malte presente não conduza posteriormente em reações indesejáveis (KUNZE, 1996).

Atualmente, o mercado traz várias opções de filtros que auxiliam na retenção dessas partículas sólidas. Os mais utilizados entre os cervejeiros são: a bag – um saco de musseline em formato oval, inserido dentro da caldeira. O fundo falso, formado por uma peneira e um recipiente – acoplado na parte inferior da caldeira de mosturação. E o filtro tipo bazooka de malha em aço inox e formato cilíndrico, instalado na abertura da válvula de saída do mosto (DINSLAKEN, 2017).

O mosto é submetido a várias circulações e lavagens durante o processo de clarificação para que fique totalmente homogêneo, de modo que a própria casca dos grãos atue como meio filtrante retendo todo o resíduo sólido. O bagaço obtido na filtragem do mosto pode ser reutilizado na fabricação de rações animais e na alimentação humana devido a seu alto valor nutritivo (CORDEIRO; PRETES, 2007).

### 3.4.2.4 Cozimento ou fervura

O processo de fervura promove a inativação das enzimas, estabilidade físico-química, floculação das proteínas, evaporação de componentes indesejados, esterilização do mosto e desenvolvimento de sabores, cores e aromas particulares da cerveja por meio de reações de Maillard – reação que ocorre entre os aminoácidos e açúcares redutores, que gera o escurecimento do líquido (KALNIN, 1999).

A adição do lúpulo dá-se no ato da fervura do mosto e atribui duas funções importantes ao processo cervejeiro, sendo elas: proporcionar a harmonia de sabores, que equilibra o amargo do lúpulo com o doce do malte e atuar como conservante natural, contribuindo para esterilidade do meio. O tempo de cozimento torna-se um fator relevante, pois, o lúpulo responsável pelo amargor da cerveja é adicionado no início da fervura e o

aromático é adicionado ao final, devido à alta volatilidade dos óleos essenciais responsáveis pelo desenvolvimento do aroma (REINOLD, 1997).

#### 3.4.2.5 Resfriamento do mosto

Segundo Venturini (2005), é necessário que se faça o resfriamento do mosto rapidamente após a fervura, para evitar a proliferação de micro-organismos indesejáveis e prepará-lo para inoculação das leveduras, sendo a temperatura 8°C a 12°C considerada ótima para o seu desenvolvimento em cervejas do tipo *Lager* e do tipo *Ale* entre 15°C e 22°C. Durante a fervura há formação de dimetil sulfeto (DMS) – substância responsável pelo sabor de vegetal cozido na cerveja – que mesmo após o cozimento do mosto não encerra sua produção. Portanto, é necessário que haja resfriamento instantâneo para finalizar a sua geração.

O arrefecimento também favorece a coagulação das proteínas e a suspensão de resíduos de lúpulo (denominado “*trub*”) que não se dissolveram no ato da fervura. Desse modo, o mosto é deixado em repouso para que o “*trub*” se decante e se deposite no fundo do recipiente que posteriormente, será separado do líquido e removido para que não traga sabores desagradáveis ao produto final. Com o intuito de acelerar a decantação do mosto é efetuada a técnica de *whirpool* que consiste em circular o mosto no próprio recipiente e deixá-lo alguns instantes em descanso. Esta técnica reduz a oxidação do mosto, pois diminui o tempo de contato dele com o ar (MATOS, 2011).

Há uma grande disponibilidade de aparelhos para refrigeração do mosto, dentre eles, destaca-se o banho-maria, que consiste no contato do recipiente do mosto quente em água e gelo, resultando na troca de calor entre o recipiente quente e a água gelada. Porém, este processo torna-se inexecutável quando o volume de produção é grande. Além de ser um processo lento poderia comprometer a integridade do produto final devido ao longo período em contato com o ar. O *Chiller* de imersão é formado por um tubo oco de cobre ou alumínio em formato espiral, com duas mangueiras de material atóxico conectadas, onde é inserida em uma de suas extremidades corrente de água fria que passará pelo interior do tubo de cobre promovendo a troca de calor entre o tubo frio e o mosto quente. Apesar de ter custo maior comparado ao banho-maria, o *Chiller* de imersão é o preferido entre os cervejeiros e sempre deve ser esterilizado para impedir qualquer forma de contaminação (DINSLAKEN, 2016).



### 3.4.2.6 Fermentação

O mosto arrefecido é transferido para os tanques, iniciando o processo de fermentação primária, no qual serão inseridos os micro-organismos responsáveis pela transformação do mosto em cerveja. As leveduras, conhecida popularmente como fermento biológico, reproduzem-se assexuadamente, através do consumo dos açúcares presentes no mosto cervejeiro. Em produções industriais, são utilizados tanques fechados de aço inoxidável contendo apenas uma válvula de controle de saída de gás, cobertos por malha refrigerante para a troca de calor com o fermentador. Em produções artesanais, os tanques – sendo de pequenas escalas – são postos em ambientes climatizados, para que a temperatura seja monitorada todo o período de produção, uma vez que a fermentação é um processo exotérmico, resultando na geração de calor e no aumento da temperatura do mosto. Além da temperatura, existem outros fatores determinantes para atingir boa fermentação como a seleção adequada da levedura, o modo correto de inoculação para evitar contaminações e a aeração do mosto, que consiste na adição de oxigênio ( $O_2$ ) ao meio para auxiliar na reprodução das leveduras. O oxigênio influencia diretamente nas propriedades organolépticas da cerveja, pois, com a sua presença as leveduras produzem ácidos carboxílicos e esteróis responsáveis pelas características finais do produto (MORADO, 2009).

A fermentação é decomposta em três fases: adaptativa (*lag time*), de crescimento e estacionária. A fase adaptativa (*lag time*) inicia no momento em que as leveduras são adicionadas ao mosto. Baseiam-se na sua adaptação, no consumo de oxigênio, de minerais e de outros nutrientes presentes. Nesta etapa ainda não se tem vestígios de qualquer atividade fermentativa e pode demorar até 15 horas para se concluir. No fim da fase de adaptação, inicia-se a fase de crescimento, no qual as leveduras começam a ingerir os açúcares simples, como frutose, sacarose e glicose. E posteriormente consomem os açúcares complexos, como maltose e maltotriose. Durante este estágio há aumento significativo na população de leveduras e também na geração de  $CO_2$ , este crescimento torna-se visível, devido à formação de espumas (compostas por leveduras e proteínas) na superfície dos tanques de fermentação. O tempo para a fermentação pode variar de 2 a 6 dias para cervejas tipo *Ale* e 4 a 10 dias para dos tipos *Lagers*. Já na fase estacionária, a multiplicação das leveduras diminui até sua estabilização, a densidade deve permanecer constante para então encerrar a etapa de fermentação (WHITE, 2010).

A atenuação, fator importante a ser analisado durante a fermentação, corresponde a quantidade de açúcares convertidos em álcool, calculada por meio das densidades iniciais e

finais do mosto. No final do processo fermentativo, o líquido fermentado é resfriado para que as leveduras se depositem no fundo do tanque e seja removido com maior facilidade. O líquido fermentado é denominado cerveja “verde”, visto que apresenta vestígios de leveduras e subprodutos. Por fim, inicia-se a segunda fermentação para que estes compostos sejam totalmente eliminados (AQUARONE; LIMA; BORZANI, 1983).

### 3.4.2.7 Maturação e Carbonatação

Após a fermentação primária, a cerveja “verde” é transferida para outro tanque, onde será armazenada a temperaturas entre 2°C a 12°C, dependendo do tipo de cerveja. Esta etapa, também conhecida como maturação, provoca uma série de ações no líquido fermentado, como a formação de ésteres responsáveis pelo aroma e sabor da cerveja “madura”. Há também a redução e eliminação de compostos indesejáveis, como o acetaldeído, diacetil e dimetil sulfito, que serão consumidos pelas leveduras como fonte de energia – visto que na fermentação secundária não há mais açúcares como fonte de alimento. A maturação torna-se essencial para que todos estes sólidos suspensos decantem ao fundo do tanque e sejam devidamente removidos (MATOS, 2011).

O tempo de maturação varia de acordo com o tipo de cerveja a ser produzida. As *Lagers*, geralmente, maturam em até 30 dias e as *Ales* em até 15 dias (KALNIN, 1999). Segundo Piccini, Moresco e Munhos (2002), a coloração da cerveja é diretamente influenciada pelo tempo de maturação. Cervejas contendo colorações mais escuras exibem altas concentrações de extrato e necessitam de períodos maiores para sua assimilação.

A carbonatação tem como finalidade aumentar a quantidade de gás carbônico da cerveja, resultando na formação de espuma branca, conhecida como o “colarinho”. Além de bloquear a passagem do CO<sub>2</sub>, esta espuma conserva o aroma característico da cerveja e atua como isolante térmico. Normalmente, a carbonatação pode ser realizada por dois métodos diferentes: o *priming* e a carbonatação forçada. A primeira técnica é um método simples e de baixo custo e é a favorita entre os produtores de cervejas artesanais. Consiste em acrescentar açúcar na cerveja maturada utilizando de 4 a 8 gramas para cada litro de cerveja produzida (VENTURINI, 2010).

As leveduras residuais ali presentes iniciam a refermentação através da absorção destes açúcares, o que ocasionará a geração de gás carbônico e álcool. Em microcervejarias, esse procedimento é feito no momento do envase, para que o gás gerado se incorpore ao líquido. A concentração de álcool aumenta em média 0,2% no volume inicial. Caso o líquido

maturado não apresente nenhum indício de células vivas, faz-se a adição de novas leveduras. Entretanto, este método apresenta desvantagem quando comparada à carbonatação forçada, visto que, após a nova fermentação, as leveduras decantam e formam aglomerados de células no fundo da garrafa, gerando aspecto desagradável do produto final (VENTURINI, 2010).

A técnica de carbonatação forçada é mais utilizada pelas indústrias de grande porte. Consiste na adição de CO<sub>2</sub> diretamente no líquido maturado, a pressão e temperatura interna dos tanques são controladas a todo o momento durante o processo, e ao contrário do *priming*, não gera nenhum resíduo visível ao produto final. Com o intuito de acelerar a carbonatação, eleva-se a pressão dos reservatórios em baixas temperaturas. A pressão é monitorada por um manômetro acoplado à válvula manual de escape, que será acionada quando houver excesso de gás no tanque (BAMFORTH, 2005).

#### **3.4.2.8 Envase**

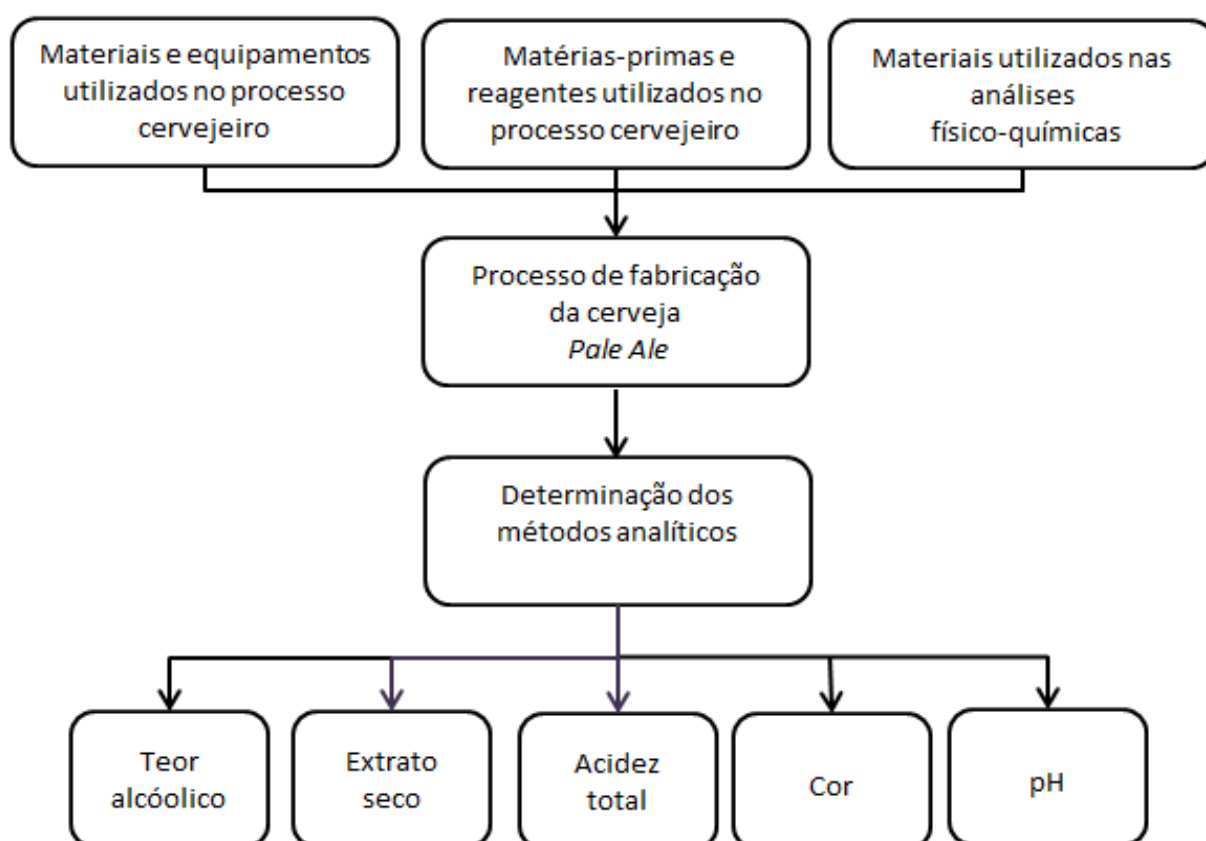
Uma vez finalizada a produção da cerveja, é feito o envase. Nesta fase, deve-se ter total cautela, a fim de evitar qualquer tipo de contaminação no líquido. Por isso é necessário realizar a esterilização e sanitização das garrafas. O processo de sanitização de equipamentos e utensílios reduz a quantidade de bactérias e outros contaminantes, a níveis insignificantes, através do uso de soluções sanitizantes, como o ácido peracético, que contém a capacidade de oxidar as células dos microrganismos (GOMES; BUENO, 2015). De acordo com a Área Técnica da Saúde Bucal (2011), “o ácido peracético é biodegradável e não requer cuidados especiais para o seu descarte, pode ser diluído em água e lançado na rede local de esgotos. Tem rápida decomposição após o uso, forma ácido acético, oxigênio e água”.

Segundo Lamas (2017), o envase é o processo determinante para a produção, como um todo e deve ocorrer de forma lenta e cuidadosa com intuito de manter as características originais da bebida e evitar qualquer tipo de contaminação. As cervejas industrializadas são pasteurizadas após o envase, para fins de esterilização. No entanto alguns cervejeiros optam por não esterilizar, principalmente aqueles que utilizam o *priming* e adicionam mais leveduras ao processo. Estes afirmam que a própria levedura contribui para a esterilização do meio.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A cerveja artesanal do tipo *Pale Ale* foi elaborada na cidade de Lagoa da Prata – Minas Gerais, no dia 02 de junho de 2018 e as análises das amostras foram realizadas no laboratório de Química do Centro Universitário de Formiga – UNIFOR (MG) no dia 21 de julho de 2018. O fluxograma a seguir, representa de forma geral todo o assunto abordado neste tópico (FIG. 6).

Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo e dos métodos analíticos



Fonte: Autor, 2018.

### 4.1 Materiais

Os materiais e equipamentos utilizados na produção da cerveja *Pale Ale* estão descritos nas TAB. 1. As matérias-primas e reagentes estão reproduzidos na TAB. 2. E na TAB. 3 contêm todos os materiais, equipamentos e reagentes necessários para realização das análises físico-químicas.

Tabela 1 - Materiais e equipamentos utilizados no processo cervejeiro

Material	Marca	Capacidade/ Especificações
Arrolhador de garrafas branco de bancadas	Cia da Breja	-
Aspersor para filtragem	Cia da Breja	-
Balança de cozinha digital	123 ÚTIL	10 kg x 1g
Balde de plástico branco atóxico com tampa e airlock acoplado	Cia da Breja	20 L
Balde de plástico branco atóxico com tampa e torneira	Cia da Breja	20 L
Bomba de recirculação com chicote elétrico	Emicol	Espiga ½
Borrifador de plástico transparente	Cia da Breja	500 mL
Chiller de imersão de alumínio	Cia da Breja	3/8 x 7,5 m
Colher atóxica de plástico e escova para limpeza das garrafas	Cia da Breja	60 cm
Fogão	Tropical	4 bocas
Garrafas de vidro âmbar	Brahma	600 mL
Mangueiras de silicone atóxicas transparente	Mangueiras Brasil	3/8 x 2 mm
Mini densímetro de massa específica	Incoterm	1000/1100
Panela de alumínio com torneira acoplada	Cia da Breja	20 L
Proveta graduada	Incoterm	150 mL
Tampas pry-off	Cia da Breja	-
Termômetro digital tipo espeto com escala	EOS Ferramentas	-50°C a 300°C

Fonte: Autor, 2018.

Utilizou-se na produção da receita *Pale Ale* uma mistura dos maltes: *Pale Ale*, *Pilsen*, *Cara Blond e Crystal*, visto que os mesmos foram adquiridos moídos e misturados nas quantidades desejadas, como mostrados na TAB. 2.

Tabela 2 - Matérias-primas e reagentes utilizados no processo cervejeiro

Matérias-primas e reagentes	Marca
Mistura de maltes: <i>Pale Ale</i> , <i>Pilsen</i> , <i>Cara Blond e Crystal</i>	Puro Malte Store
Lúpulo: <i>Magnun e Saaz</i>	BWS
Levedura: S-04 alta fermentação	Fermentis
Água mineral	Vivai
Álcool Etílico 70%	Start
Kalyclean S 390 (Iodofor)	Kalykim
Tintura de Iodo 2%	Farmax

Fonte: Autor, 2018.

Neste trabalho utilizou-se matéria-prima para obtenção de 10 litros de cerveja artesanal, no entanto, utilizaram-se equipamentos com capacidade de 20 litros, uma vez que, durante algumas etapas de preparação o volume de líquido chega a dobrar.

Tabela 3 - Materiais utilizados nas análises físico-químicas

Material	Marca	Capacidade/ Especificações
Balança Analítica 631001 – BAL	Toledo	0,0250g -220 g
Bastão de vidro	Synth	-
Béquer de plástico	J. Prolab	500/600 mL
Bureta de vidro	Synth	25 mL
Cadinho de porcelana – M 34	Chiarotti	25 mL
Dessecador a vácuo	Solab	60 L
Densímetro digital	-	-
Sistema de destilação simples	-	500 mL
Erlenmeyer de vidro	Uniglas	250 mL
Espátula metálica	Synth	-
Espectrofotômetro UV/VIS	Toleto	-
Estufa Analógica de esterilização e secagem	Quimis	87 L
Fenolftaleína	Synth	PA
Hidróxido de sódio	Synth	PA
Phmetro eletrônico de bancada – B474	Micronal	0.00 - 14.00
Pipeta volumétrica	Synth	10 e 20 mL
Proveta de vidro	Synth	50 e 100 mL

Fonte: Autor, 2018.

## 4.2 Processo de fabricação da cerveja

O processo de fabricação da cerveja *Pale Ale* teve início com a pesagem do malte (já moído) na balança digital (FIG. 7).

Figura 7 - Pesagem dos grãos de malte moído



Fonte: Autor, 2018.

Em seguida, foram adicionado 6,9 litros de água mineral ao caldeirão de alumínio com capacidade de 20 litros. Em um fogão, a água foi aquecida até 55°C e só então foi adicionado o malte moído em que permaneceu durante 20 minutos. Subiu-se a temperatura do mosto para 65°C, em que se manteve por 60 minutos. Fez-se a mistura do mosto com o auxílio de uma colher atóxica e controlou-se a temperatura durante todo o período com a ajuda do termômetro digital (FIG. 8).

Figura 8 - Etapa de brassagem



Fonte: Autor, 2018.

O teste de iodo foi realizado com trinta minutos e com cinquenta e cinco minutos após o início da etapa de brassagem, a fim de verificar a existência de amido na mistura. Em um recipiente branco, foi adicionada uma gota da tintura de iodo 2% como comparação, adicionou-se ao lado do iodo a amostra de mosto.

Gotejou-se uma gota de iodo na amostra e anotou-se o resultado (FIG.9). Em seguida, fez-se o *Mash Out* – o qual se elevou a temperatura do mosto até 76°C durante 5 minutos – para provocar a inativação das enzimas presentes no mosto.

Figura 9 - Teste de Iodo



Fonte: Autor, 2018.

Com o auxílio da bomba de recirculação e as mangueiras atóxicas devidamente higienizadas, fez-se a filtragem e circulação do mosto. Foi adicionado 9,1 litros de água mineral para facilitar o processo de clarificação (FIG. 10).

Figura 10 - Filtragem e recirculação do mosto



Fonte: Autor, 2018.



Transferiu-se o mosto filtrado para outro caldeirão e ferveu-se o mesmo durante sessenta minutos, em temperaturas variando entre 100°C e 120°C. Realizou-se a pesagem dos lúpulos. Fez-se a adição do lúpulo *Halertau Magnum*, responsável pelo amargor característico da cerveja, dez minutos após o início da fervura. E o lúpulo *Saaz* – responsável pelo aroma da cerveja – cinco minutos antes do término da mesma (FIG. 11).

Figura 11 - Pesagem do lúpulo



Fonte: Autor, 2018.

Após a fervura, fez-se a leitura da densidade do mosto por meio de um densímetro de massa específica (escala 1,000 a 1,100) para que posteriormente seja realizado o cálculo do teor alcoólico da cerveja (FIG. 12).

Figura 12 - Leitura da densidade do mosto



Fonte: Autor, 2018.

Realizou-se a técnica de *whirlpool* por meio de uma colher atóxica, a fim de provocar a decantação dos sólidos presentes no centro do caldeirão, facilitando assim sua retirada. Esterilizou-se o *chiller* de imersão em água fervente e conectaram-se duas mangueiras de silicone, em torneiras de água fria. O mesmo permaneceu funcionando até que a temperatura do mosto aproxima-se de 30°C. Após resfriado, transferiu-se o mosto para o balde fermentador – esterilizado com solução de iodoform – através da torneira acoplada ao caldeirão, de maneira cuidadosa para evitar que os resíduos sólidos “*trub*” não passem para o fermentador (FIG.13).

Figura 13 - Transferência do mosto para balde fermentador



Fonte: Autor, 2018.

Inseriu-se na tampa do balde fermentador uma válvula de controle de gás carbônico denominado airlock. Adicionou-se álcool 70% a mesma para criar uma barreira entre o ar e o mosto, evitando assim possíveis contaminações. Fez-se a mistura do fermento S-04 no mosto, lacrou-se o balde fermentador e o deixou em refrigeração por sete dias a 18°C (FIG. 14). No fim da fermentação, retirou-se uma amostra do balde fermentador e aferiu-se novamente a densidade do mosto fermentado.

Figura 14 - Balde fermentador em refrigeração



Fonte: Autor, 2018.

O mosto fermentado foi transferido para outro balde para começar o processo de maturação, em que foi submetido à refrigeração por sete dias a aproximadamente 12°C. Após a maturação fez-se o *priming*, o qual foi inserido em uma panela água e açúcar e ferveu-se a mesma durante 3 minutos, resfriou-se a calda de açúcar e posteriormente adicionou-se a mesma na cerveja. Fez-se o envase em garrafas de vidro âmbar já esterilizadas com solução de iodofor. A cerveja engarrafada foi deixada em repouso por cinco dias para carbonatação.

#### 4.3 Determinações dos métodos analíticos

Os ensaios foram realizados em três etapas: seleção das amostras da cerveja caseira e da cerveja comercial, realização das análises físico-químicas e comparação dos resultados com os valores definidos pelo decreto nº 6.871/2009. Realizaram-se análises de teor alcoólico, pH, acidez total, extrato seco e cor conforme as normas estabelecidas pelo MAPA – todas as análises foram realizadas em duplicata (BRASIL, 2010).

Coletaram-se cinco amostras da cerveja caseira e cinco amostras da cerveja comercial, em que foram nomeadas em amostras 1 e 2, respectivamente. As mesmas foram submetidas à agitação constante para que ficassem totalmente descarbonatadas, com auxílio de um béquer de 500 ml e um bastão de vidro conforme descrito no manual de normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

### 4.3.1 Teor Alcoólico

Os teores alcoólicos das cervejas caseira e comercial foram determinados através de técnicas diferentes. Para a cerveja caseira, mediu-se com o auxílio de um densímetro digital as densidades: inicial e final do mosto. Fez-se o cálculo do teor alcoólico através da equação (1).

$$\%ABV = (OG - FG) * 131 \quad (1)$$

Em que:

% ABV: Teor alcoólico em álcool por volume;

OG: Densidade relativa inicial, aferida no início da fervura;

FG: Densidade relativa final, aferida após a fermentação.

Segundo Costa (2012) o teor alcoólico é descrito pela porcentagem de etanol em uma solução. Atualmente existem vários aparelhos ou dispositivos que auxiliam na sua medição, dentre eles está o picnômetro – que utiliza a massa e o volume para o cálculo da densidade – e o densímetro – um aparelho em formato de termômetro no qual apresenta uma escala numérica, que quando inserido no líquido, a superfície do mesmo indica o ponto na escala determinando a própria densidade.

Utilizou-se o a densidade relativa para determinação do teor alcoólico da cerveja comercial. Para este processo aplicou-se a técnica de destilação simples para separação do álcool. Após a separação do mesmo, transferiu-se 30% do volume obtido para outro balão de 100 ml e teve seu volume completado com água ultrapura. Pesou-se o picnômetro vazio, com água e com álcool – todos a 20°C. Calculou-se através da equação (2) o valor da densidade relativa. Comparou-se o valor obtido na Tabela de Conversão da densidade relativa a 20°C/20°C em porcentagem de álcool do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

$$\text{Densidade relativa} = \frac{(\text{Massa pic. + amostra} - \text{Massa pic.})}{(\text{Massa pic. + água} - \text{Massa pic.})} \quad (2)$$

### 4.3.2 Extrato real ou seco

O extrato real consiste no resíduo sólido resultante da evaporação de toda parte líquida da amostra (IAL, 2008). Para esta análise, utilizaram-se cadinhos de porcelana, secos em estufa a 100°C, arrefecido em um dessecador e posteriormente pesados. Adicionou-se 20 ml de amostra nos cadinhos de porcelana, aqueceu-os em banho-maria a 80°C até a evaporação completa de toda a fase líquida. Após a secagem, para eliminar qualquer indício de umidade, transferiu-se as amostras secas a uma estufa e aqueceu-as por 30 minutos a 100°C (FIG. 15).

Figura 15 - Amostras em secagem na estufa



Fonte: Autor, 2018.

As amostras foram conduzidas a um dessecador para serem resfriadas e pesadas posteriormente. Realizou-se o cálculo do extrato seco através da equação (3), sendo N a massa do resíduo seco em gramas e v o volume de amostra em ml.

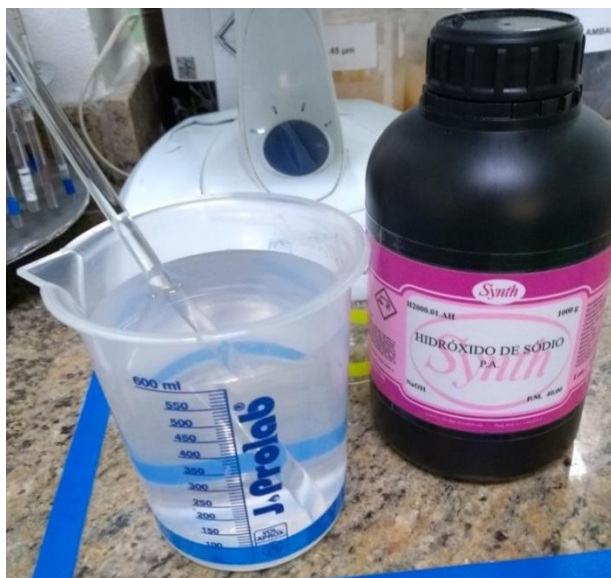
$$\% \text{extrato seco} = \frac{100 \times N}{v} \quad (3)$$

### 4.3.3 Acidez total titulável

A acidez total foi obtida através da titulometria volumétrica ácido-base, na qual se utilizou solução de fenolftaleína 0,003 mol – em que foram dissolvidos em 100 ml de álcool etílico 1g de fenolftaleína. Utilizou-se também a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1

mol – em que foram dissolvidos 2,4 g de hidróxido de sódio em 600 ml de água ultrapura. Identificaram-se ambas as soluções (FIG. 16).

Figura 16 - Solução de Hidróxido de Sódio 0,1 mol



Fonte: Autor, 2018.

Com o auxílio de uma pipeta volumétrica fez-se a transferência de 10 ml de cada para os *erlenmeyers* de 250 ml, já identificados. Em seguida, adicionou-se em cada amostra 50 ml de água ultrapura (FIG. 17).

Figura 17 - Amostras diluídas em água ultrapura



Fonte: Autor, 2018.

Adicionaram-se quatro gotas de solução de fenolftaleína em cada *erlenmeyers* e fez-se a titulação com a solução de hidróxido de sódio até a obtenção da coloração rósea como mostrados na FIG. 18.



Figura 18 - Amostras após titulação com NaOH 0,1 mol



Fonte: Autor, 2018.

A acidez total pode ser definida pela quantidade de ácido láctico em 100 mL de amostra ou em meq/L. Para o cálculo da mesma utilizou-se a equação (4). Em que  $n$  corresponde ao número da solução de hidróxido de sódio consumido na titulação em ml,  $V$  o volume de amostra e  $N$  refere-se à normalidade de hidróxido de sódio (IAL, 2008).

$$\text{Acidez total} = \frac{1000 \times n \times N}{V} \quad (4)$$

#### 4.3.4 Cor

A coloração da cerveja é determinada pelo método da *European Brewery Convention*, o resultado é obtido em unidades de EBC. Para isto, foram transferidas 10 ml de amostras para cubetas de quartzo e inseridas no espectrofotômetro em comprimento de onda a 430 nm. Realizou-se a leitura das mesmas. Utilizou-se como padrão de comparação água ultrapura. Calculou-se a coloração das amostras através da equação (5).

$$\text{EBC} = A_{430\text{nm}} \times 25 \times D \quad (5)$$

Sendo  $D$  o fator de diluição, correspondente a 1 para amostras não diluídas e 2 para diluição 1:1. E  $A_{430\text{nm}}$  a absorvância no comprimento de onda a 430nm.

### 4.3.5 pH

Denominado potencial de hidrogênio iônico, o pH consiste em uma escala enumerada de 0 a 14, o qual indica acidez ou alcalinidade para determinada substância aquosa. Na qual aponta valores próximos a zero como soluções ácidas, próximas a quatorze como básicas e próximos a sete como soluções neutras. É um fator de extrema importância no processo cervejeiro e deve ser monitorado em várias etapas, como na Brassagem – para que ocorra melhor atividade enzimática o pH ideal para esta fase deve ser levemente ácido, geralmente, entre 5,1 a 5,6. Na lavagem dos equipamentos e utensílios devem apresentar valores entre 6,0 a 7,0. E na fervura do mosto, o mesmo deve apresentar-se próximo a 5,2. Em produções artesanais, utilizam-se fitas de pH ou pHmetro de bancada. O pHmetro de bancada torna-se mais viável quando comparado a fita, uma vez que as fitas de pH retornam valores aproximados e o de bancada valores precisos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O pH das amostras, foram analisados com o auxílio de um pHmetro digital de bancada marca Micronal, antes de realizar o procedimento o mesmo foi calibrado com soluções-tampão de pH 4 e 7. Visto que não é necessário utilizar a solução de pH 10, pois as amostras apresentam características ácidas. Após a calibração do mesmo, inseriu-se o eletrodo diretamente em cada amostra, em que ficou mergulhado até sua estabilização, anotaram-se os resultados. Entre a análise de cada amostra fez-se a lavagem do eletrodo com água ultrapura para que nenhum resíduo presente altera-se os resultados (FIG. 19).

Figura 19 – Análise de pH das amostras



Fonte: Autor, 2018.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão apresentados os resultados e as discussões das análises físico-químicas realizadas neste trabalho. Os resultados obtidos foram comparados com os valores padrões determinados pelo MAPA, apresentados na TAB.4.

Tabela 4 - Valores padrões para cerveja

Determinações	Valores Teóricos
Densidade relativa	1,007 a 1,022
Teor alcoólico	4,5 a 6,02 °GL
Extrato seco total	2,0 e 7,0%
Acidez total	0,1 a 0,3% de ácido láctico
pH	3,0 - 6,0
Cor	Cerveja clara: < 20 EBC Cerveja escura: ≥ 20 EBC

Fonte: BRASIL, 2009

Os resultados para os parâmetros: teor alcoólico, pH, extrato seco, acidez total e cor são observados na TAB. 5. Sendo I: amostra de cerveja caseira, II: réplica da amostra de cerveja caseira, III: amostra da cerveja comercial e IV: réplica da amostra de cerveja comercial.

Tabela 5 - Resultados dos parâmetros: teor alcoólico, pH, extrato seco, acidez total e cor

Amostra	Teor Alcoólico (% v/v)	pH	Extrato Seco (%)	Acidez Total (meq/L)	Cor (EBC)
I	4,82	4,02	5,60	29,00	28,69
II	4,82	4,04	5,43	28,50	28,72
III	4,95	4,47	4,78	26,00	21,01
IV	4,90	4,46	4,79	26,63	21,03

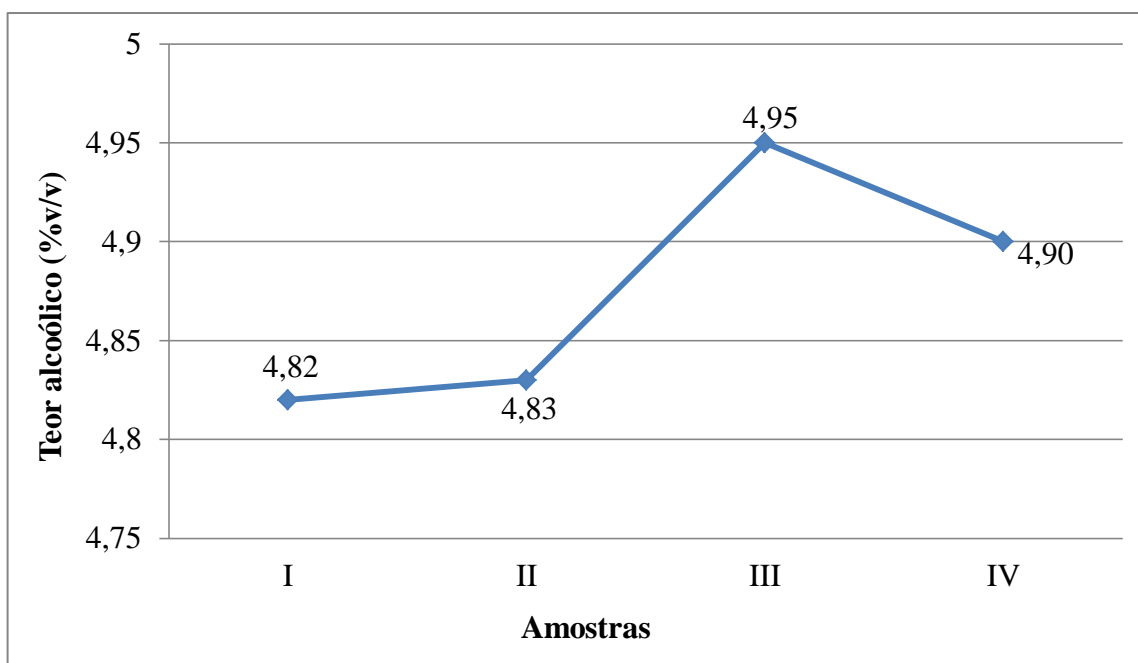
Fonte: Autor, 2018

### 5.1 Teor Alcoólico

“A densidade caracteriza-se pelo resultado da divisão do valor da massa de uma substância pelo seu respectivo volume ocupado, densidade relativa é o valor da densidade encontrada dividida por outro valor de densidade, considerado padrão” (ANDRADE; PAOLI; CESAR, 2013). A medição da densidade é empregada em várias análises de bebidas, na qual

se utiliza a relação entre o peso e volume das mesmas. Para fins cervejeiros, o cálculo da densidade possibilita na determinação do grau alcoólico da cerveja (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Os teores alcoólicos da cerveja produzida de forma caseira e da cerveja comercial estão representados no GRAF. 1.

Gráfico 1 - Resultados do parâmetro teor alcoólico das amostras de cerveja *Pale Ale*



Fonte: Autor, 2018.

I: amostra de cerveja caseira. II: réplica da amostra de cerveja caseira, III: amostra da cerveja comercial e IV: réplica da amostra comercial.

Segundo Silva (2016) existem dois aspectos principais que contribuem para o baixo teor alcóólico: a composição do malte e a temperatura da etapa de fermentação. Pode-se observar no GRAF. 1 que a cerveja caseira apresentou menor porcentagem de álcool em relação a comercial. Existem no mercado vários tipos de malte que apresentam diferentes concentrações de extrato primitivo, quanto maior a concentração de extrato maior a densidade do mosto, logo maior será a conversão de açúcares em álcool e gás carbônico. A temperatura do mosto, durante a etapa de fermentação, foi monitorada de forma manual através de um termômetro digital. O mosto foi submetido a pequenas variações de temperatura, devido à falta de um termostato. Percebe-se que a atividade das leveduras é influenciada diretamente pela temperatura em que são expostas.

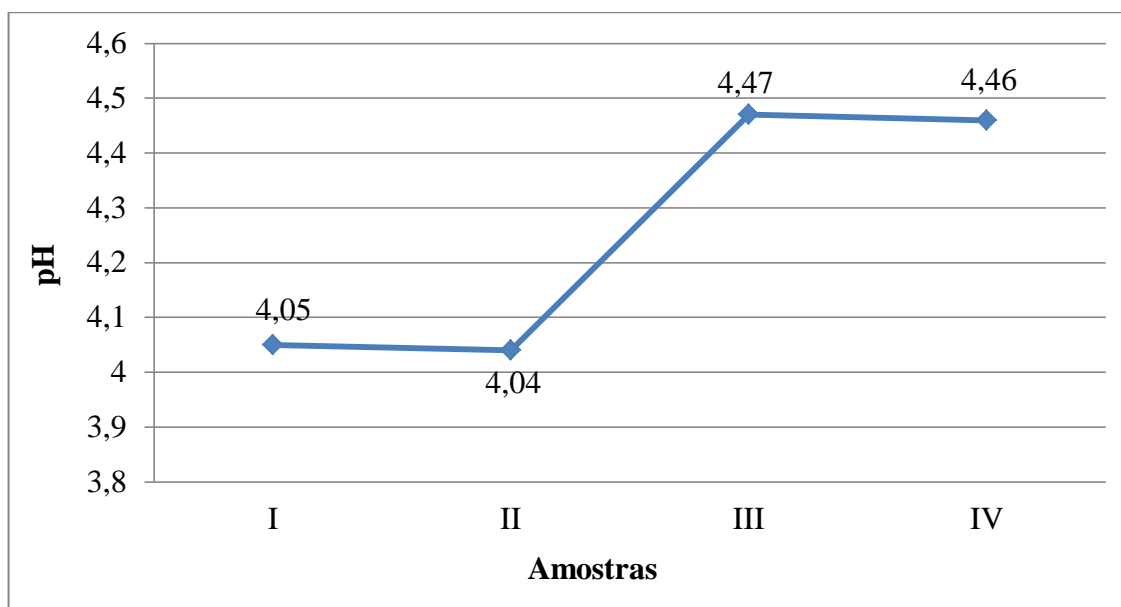
Utilizaram-se métodos diferentes para determinação dos teores alcoólicos das cervejas em questão, uma vez que não seria possível medir a densidade inicial da cerveja comercial, pois a mesma foi adquirida na prateleira de um supermercado. A cerveja artesanal comercial

apresentou uma pequena diferença entre o valor descrito no rótulo e o valor obtido após o experimento. Tal divergência pode ser explicada pelo arredondamento de valores, visto que o teor alcóolico exibido no rótulo é de 5,0% e os teores obtidos experimentalmente foram de 4,90 e 4,95. Entretanto, pode-se verificar que todas as amostras estão de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação.

## 5.2 Análise de pH

Segundo Brasil (2010), a determinação dos níveis de acidez é um elemento importante, quando se refere ao controle de qualidade de bebidas alcoólicas fermentadas. Uma vez que o líquido está sujeito a alterações provocadas pela atividade dos micro-organismos. Além disso, a acidez da água empregada na produção da cerveja também é um aspecto de influência a qualidade do produto final. Desta forma, a indústria cervejeira faz o monitoramento do pH em várias fases do processo produtivo. No GRAF.2 estão representados os valores de pH obtidos após a elaboração da cerveja.

Gráfico 2 - Resultados do parâmetro pH das amostras de cerveja *Pale Ale*



Fonte: Autor, 2018.

I: amostra de cerveja caseira. II: réplica da amostra de cerveja caseira, III: amostra da cerveja comercial e IV: réplica da amostra comercial.

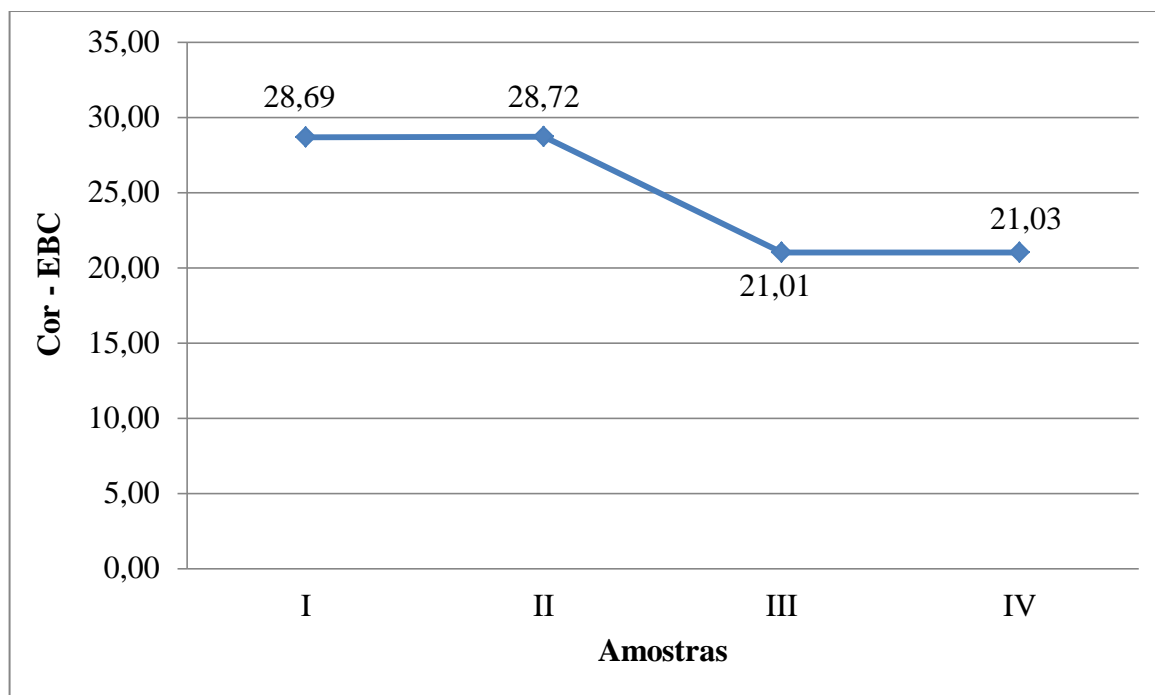
Todas as amostras analisadas apresentaram-se levemente ácidas e exibiram valores dentro dos padrões especificados pela legislação brasileira. O pH ideal, para as cervejas do tipo *Pale Ale*, valores entre 4 e 5. Visto que nestas condições há menores riscos de

contaminações e a mantém isenta de micro-organismos patogênicos, como o *Clostridium botulinium*, bactéria responsável pelo botulismo (COSTA, 2012). A cerveja caseira apresentou o pH menor que a cerveja comercial, estima-se que a maior atividade das leveduras provocada na etapa de fermentação ocasionou em uma grande liberação de íons  $H^+$ , tornando-a mais ácida.

### 5.3 Cor

Em 1883, o cervejeiro Joseph Lovibond criou o primeiro colorímetro para garantir a qualidade sensorial da cerveja e indicar com maior precisão a tonalidade da mesma, a escala de medição foi determinada em Lovibond ( $^{\circ}L$ ). O colorímetro indica a cor de determinada solução através do princípio da absorbância em função da concentração, quanto maior a concentração da solução maior o valor da absorbância. Joseph também desenvolveu lâminas de vidro contendo diferentes tons de cores das cervejas para efeito de comparação, visto que o aparelho era extremamente caro na época (SAMPAIO; FRANÇA; BRAGA, 2007).

Em 1950, com os avanços tecnológicos, foi elaborado o primeiro espectrofotômetro de luz. A Associação Americana de Químicos Cervejeiros aderiu ao *Standard Reference Methoo* (SRM) – Sistema de Cores do Método de Referência Padrão. As escalas Lovibond e SRM são similares quando se tratam de valores pequenos, porém, para valores maiores, ambas apresentam diferenças significativas. Atualmente, as análises de coloração são feitas pelo método SRM. Dado que, a escala Lovibond foi extinta com o passar dos anos, no entanto, ainda é comum ver em rótulos de cerveja o  $^{\circ}L$  no lugar do SRM. Os cervejeiros europeus desenvolveram um sistema denominado *European Brewing Convention* (EBC) que também utiliza o espectrofotômetro para determinação da coloração da cerveja. Entretanto, o método desenvolvido em escala logarítima, se baseia na aproximação de 25 vezes a quantidade da absorbância. Já o método criado pelos britânicos se baseia em apenas 10 vezes a quantidade de absorbância (NARZIB, 2013). No GRAF.3 pode-se observar a coloração das amostras de cerveja caseira e comercial.

Gráfico 3 - Resultados do parâmetro cor das amostras de cerveja *Pale Ale*

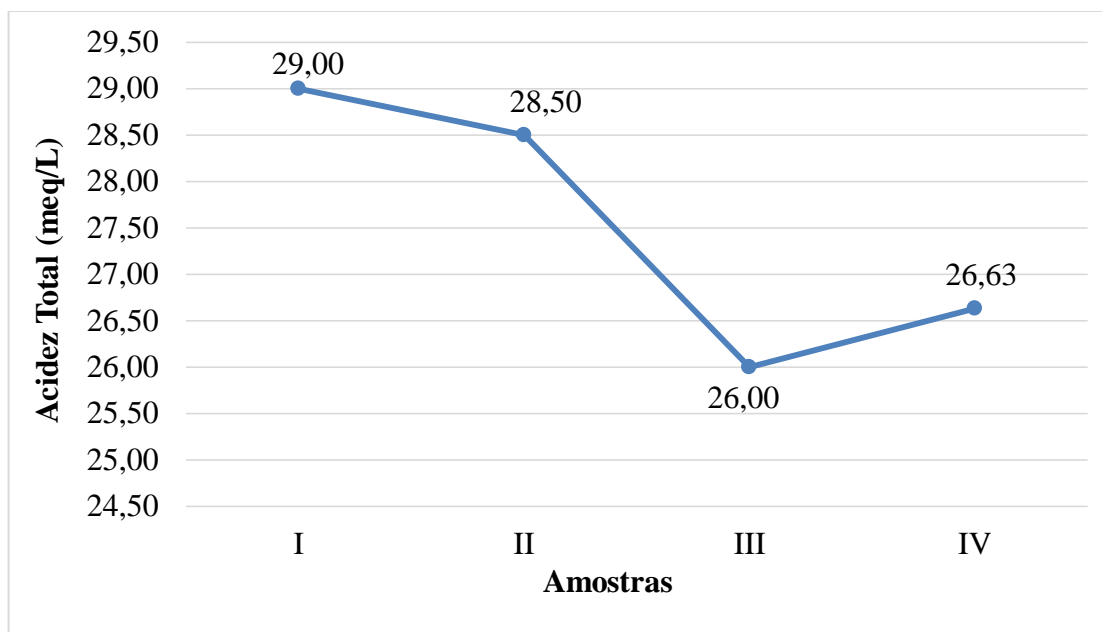
Fonte: Autor, 2018.

I: amostra de cerveja caseira. II: réplica da amostra de cerveja caseira, III: amostra da cerveja comercial e IV: réplica da amostra comercial.

De acordo com o Brasil (2010), as cervejas que possuem valores menores que 20 unidades de EBC são classificadas em cervejas claras e para maiores ou iguais a 20, cervejas escuras. Através da análise espectrofotométrica, a cerveja caseira apresentou maior grau de absorvância, logo maior coloração na escala EBC. Isto se justifica pelo fato da cerveja caseira não passar pela filtragem no final do processo, logo a presença de partículas sólidas no líquido, torna a cerveja mais turva e provoca possíveis erros de leitura do espectrofotômetro.

#### 5.4 Acidez total titulável

A reação entre  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , resulta na formação do ácido carbônico, agente responsável pela acidez da cerveja. Existem alguns ácidos contidos no mosto em várias concentrações, estes podem variar de acordo com o tipo de matéria-prima utilizada. A acidez ideal de uma cerveja deve apresentar valores entre 0,1 a 0,3% de ácido lático (VENTURINI, 2005). O GRAF.4 apresenta os valores de acidez total das amostras de cerveja.

Gráfico 4 - Resultados do parâmetro acidez total das amostras de cerveja *Pale Ale*

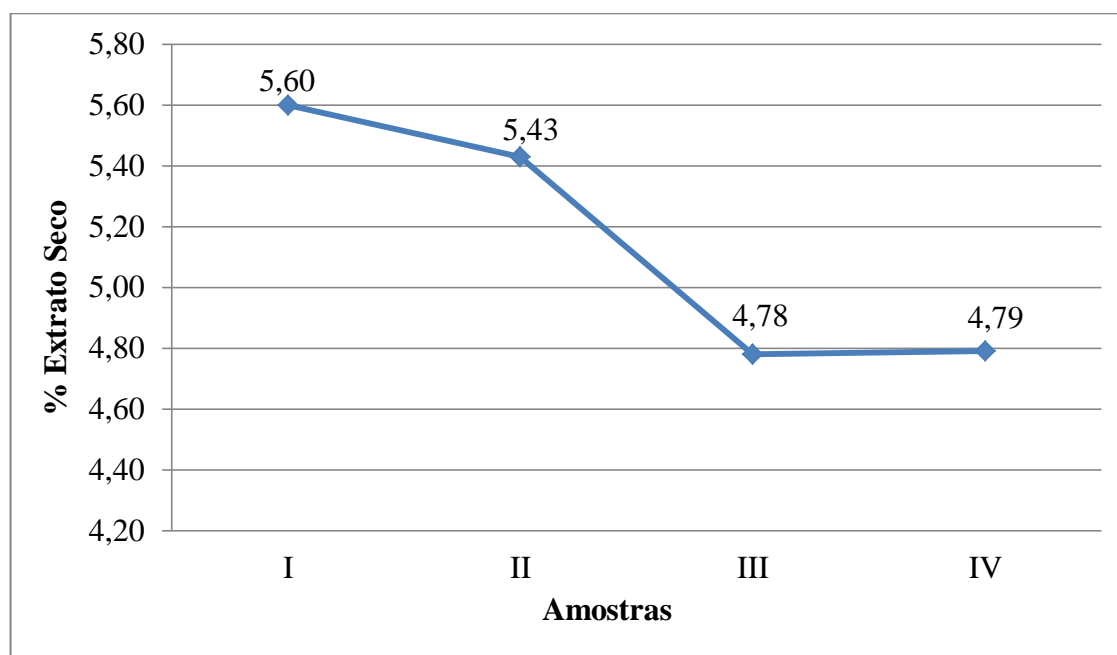
Fonte: Autor, 2018.

I: amostra de cerveja caseira. II: réplica da amostra de cerveja caseira, III: amostra da cerveja comercial e IV: réplica da amostra comercial.

As amostras I e II apresentaram maiores níveis de acidez em relação as amostras III e IV. A formação de ácidos orgânicos durante a fermentação primária é normalmente a principal causa da acidez na cerveja. No entanto, todas se encontraram dentro dos valores especificados pelo MAPA. A acidez pode trazer benefícios ao produto, como impedir o crescimento de microrganismos e aumentar a concentração de álcool no meio, para que a acidez seja considerada benéfica, é necessário que não iniba a atuação das leveduras (AQUARONE, 2001).

### 5.5 Extrato seco

O extrato seco de uma cerveja consiste no resíduo sólido resultante da evaporação das substâncias voláteis presentes na amostra. Em cervejas, a porcentagem de extrato seco deve encontrar-se entre 2,0 e 7,0 (IAL, 2008). O GRAF.5 apresenta a porcentagem de extrato seco das amostras de cerveja.

Gráfico 5 - Resultados do parâmetro extrato seco das amostras de cerveja *Pale Ale*

Fonte: Autor, 2018.

I: amostra de cerveja caseira. II: réplica da amostra de cerveja caseira, III: amostra da cerveja comercial e IV: réplica da amostra comercial.

Neste contexto, as amostras I e II apresentaram resultados mais satisfatórios que as amostras III e IV. A porcentagem de extrato seco é proporcional à qualidade da cerveja. Logo se pode perceber que as amostras de cerveja caseira apresentaram maior quantidade de extrato, devido a não filtragem da cerveja no final do processo, conservando assim seus ingredientes básicos, deixando-as turvas e encorpadas.

Na produção caseira, etapas como moagem dos grãos, clarificação e envase do mosto são realizadas de forma manual, o que as torna mais trabalhosas. O monitoramento da temperatura, do pH e do tempo devem acontecer a todo momento pelo fabricante nas etapas de mosturação, fervura, fermentação e maturação. Já nas indústrias a utilização de equipamentos automatizados garante maior uniformidade do processo, tanto na moagem dos grãos onde se obtém maior rendimento, no uso de controladores de temperatura, que garante menor risco de variação e maior eficiência ao longo do processo. O envase nas cervejarias é totalmente mecanizado, o contato entre o oxigênio e a cerveja torna-se mínimo. Logo, pode-se perceber que as indústrias cervejeiras levam grandes vantagens em relação ao processo produtivo. Toda esta automatização, nem sempre garante cervejas puras e de boa qualidade.

Durante a preparação da cerveja, fatores como temperatura e pH devem ser rigorosamente monitorados, pois estes se conduzidos de forma incorreta resultam em perdas de produção. Desta forma, realizar análises físico-químicas tornam-se aspectos importantes e

contribuem diretamente para detecção de falhas durante o processo. Neste trabalho, as análises foram efetuadas obedecendo às metodologias especificadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pelo Instituto Adolfo Lutz e pelo órgão internacional *European Brewing Convention*.

As cervejas apresentaram pequenas diferenças entre si, o teor alcoólico da cerveja caseira exibiu menor porcentagem em relação a comercial, logo, conclui-se que a mesma obteve menor conversão de açúcares em etanol. Fatores como variação de temperatura, composição do malte e condições de fermentação contribuem para diminuição do teor alcoólico. Durante a etapa de fermentação, as leveduras foram submetidas a uma pequena variação de temperatura. Portanto, pode-se observar que este parâmetro influencia diretamente na atividade das mesmas. Outro fator que pode influenciar a porcentagem de álcool é a concentração de extrato primitivo no malte. O malte utilizado na cerveja caseira possivelmente apresenta menor teor de extrato.

As amostras de cerveja caseira apresentaram-se mais ácidas – causada pela formação de ácidos orgânicos na fermentação primária. Na escala EBC, apresentaram-se mais escuras – já que a mesma não é submetida à etapa de filtragem no ato do envase, a presença de partículas sólidas na cerveja pode causar erros de leitura, devido à proximidade entre as moléculas. Exibiram maior percentual de extrato seco, devido à presença de massa sólida no líquido, tornando-as mais turvas e encorpadas.



## 6 CONCLUSÃO

A produção de cerveja artesanal nos últimos anos apresentou um crescimento considerável no Brasil. Vários fatores influenciaram esse acontecimento como mudanças de hábito dos consumidores, em que estes passam a considerar a qualidade do produto e não a quantidade, oportunidade de negócio, hobby, curiosidade de experimentar novos sabores, aumento do poder aquisitivo da população, entre outros. O mercado cervejeiro mobiliza uma grande rede que envolve desde o desenvolvimento, pesquisa, cultivo de matérias-primas, comercialização de equipamentos, distribuição de produtos e obtenção de pontos de vendas.

A diferença entre o processo de fabricação da cerveja elaborada nas panelas de casa e produzida em grandes cervejarias resume-se em escalas de produção. As cervejas industrializadas são desenvolvidas em largas escalas, nelas são acrescentadas ingredientes de baixo custo, como cereais não maltados, estabilizantes, antioxidantes e corantes em sua composição. Tais aspectos visam diminuir os custos de produção, o que resulta em produtos de baixo valor, tornando-os mais acessíveis ao mercado. Já as cervejas caseiras são confeccionadas em menores escalas, uma vez que o tempo das etapas de fabricação é devidamente respeitado, o que resulta em um processo lento e natural.

Os resultados alcançados neste trabalho confirmaram que ambas as cervejas estudadas estão de acordo com os valores padrões estabelecidos pela legislação brasileira. O desenvolvimento deste trabalho, juntamente com as pesquisas e análises realizadas foram de grande relevância e servirá como base para outros estudos em questão. Uma vez que os objetivos traçados no início do trabalho foram alcançados e os resultados apresentaram entre os dados literários apontados como base de referência. Para futuros trabalhos como este tema sugere-se um aprofundamento nas análises físico-químicas utilizando testes estatísticos para maior autenticidade dos resultados e uma análise sensorial a fim de avaliar a aparência, o odor, a textura e o sabor da cerveja.

## 7 REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. C; PAOLI, M. A; CESAR, J. **A determinação da densidade de sólidos e líquidos.** Rev. Chemkeys, n. 1, 2013, v. 1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. **O setor cervejeiro é um dos que mais empregam no Brasil.** 2015. Disponível em: < [http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/ANUARIO\\_CB\\_2015\\_WEB.pdf](http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/ANUARIO_CB_2015_WEB.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERVEJA ARTESANAL (ABRACERVA). **Número de cervejarias no Brasil cresce 37,7% em 2017.** Paraná, 2018. Disponível em: < <http://abracerva.com.br/numero-de-cervejarias-artesanais-no-brasil-cresce-377-em-2017/>>. Acesso em: 20 maio 2018.

AQUARONE, E. **Biotecnologia Industrial.** São Paulo. Editora Bucher, 2001, v.

ÁREA TÉCNICA DA SAÚDE BUCAL. Governo do Estado de São Paulo. **Uso do ácido acético na prática clínica em saúde bucal, no âmbito da Secretaria Municipal de Saúde de São Paulo.** São Paulo, 2011.p.5.

BAMFORTH, C. W. **Food, fermentation and micro-organisms.** Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing company, 2005.

BELTRAMELLI, M. Cervejas, Brijas e Birras: **Um guia completo para desmistificar a bebida mais popular do Brasil.** São Paulo: Editora Leya, 2012.

BRASIL. **Decreto-lei nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 julho de 1994.** Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm)>. Acesso em: 31 mar. 2018.

BRASIL. **Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, Secretaria de Defesa Agropecuária, 2010.

BRESSIANI, C. E. Um levantamento da expansão de cervejarias no Brasil. **Revista Beer Art.** 12 Jul. 2017. Disponível em < <http://revistabeerart.com/news/crescimento-cervejarias>>. Acesso em: 20 maio 2018.

CARNEIRO, D. D. **Produção da cerveja.** 2012. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAA5qgAD/producao-cerveja>>. Acesso em: 30 maio 2018.

CERVEJAS DO MUNDO. **História da cerveja.** Disponível em: < <http://www.cervejasdomundo.com/EraModerna.htm>>. Acesso em: 31 mar. 2018.

CORDEIRO, A. R.; PRESTES. G. **Cerveja.** 2007. 90 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2007.

COSTA, M. B. **Estudo comparativo das hidrólises ácida e enzimática de matérias primas amiláceas visando a obtenção de etanol.** UFAL, 2012.

DISLAKEN, D. **Recirculação do mosto: fundo falso, bazooka ou bag.** 2017. Disponível em: <<https://concerveja.com.br/2017/05/17/recirculacao/>>. Acesso em: 22 abril 2018.

\_\_\_\_\_. **Como resfriar o mosto mais rápido.** 2016. Disponível em: <<https://concerveja.com.br/2016/06/30/resfriar-mosto/>>. Acesso em: 05 maio 2018.

DRAGONE, G.; ALMEIDA E SILVA, J. B. **Cerveja.** In: VENTURINI, V. G. *Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia.* São Paulo: Edgard Blücher, 2010. cap. 2, p. 15-50.

ESTEVINHO, L. M. **Leveduras e fermentações: O caso da cerveja.** In: RODRIGUES, M. A.; MORAIS, J.S.; CASTRO, J.P. *Jornada de lúpulo e cerveja, novas oportunidades de negócio, livro de atas.* Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2015, p. 53-61.

FREITAS, G. L. **Potencial Antioxidante e compostos fenólicos na cerveja, chopp, cevada (*Hordeum Vulgare L.*) e no Bagaço De Brassagem.** 2006. 86 p. Dissertação (Pós-graduação em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2006.

GOMES, T. O.; BUENO, S. M.; **Higienização de tubulações e equipamentos de uma linha para envase de água mineral e bebidas carbonatadas.** UNILAGO, 2015. Disponível em: <<http://www.unilago.edu.br/revista/edicaoatual/Sumario/2016/downloads/22.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2018.

GAUTO, M. A; ROSA, G. R. **Tratamento de água.** In: \_\_\_\_\_. *Processos e operações unitárias da indústria química.* Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011. cap. 1, p. 4-7.

HOUGH, J.S. **Biotechnology of malting and brewing.** Cambridge. Cambridge University Press, 1985, p. 159.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do IAL. Métodos físicos e químicos para análises de alimentos.** 4. ed. São Paulo, 2008. v. 1.

KALNIN, J. L. **Avaliação estratégica para implantação de pequenas cervejarias.** 1999. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1999.

KUNZE W. **Technology brewing and malting. Berlin, Research and the teaching institute of brewing VLB,** 1996.

LAMAS, D. **Dicas de envase de Cerveja.** 20, julho 2017. Disponível em: <<http://loja.lamasbrewshop.com.br/blog/2017/07/dicas-de-envase-da-cerveja.html>>. Acesso em: 12 maio 2018.

MATOS, R. A. **Cerveja: Panorama do mercado, produção artesanal, e avaliação de aceitação e preferência.** 2011. 78 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

- MORADO, R. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009. 358 p.
- NARZIB, L. **Abriss der Bierbrauerei**. Weinheim, 7 ed. Wiley-VCH GmbH & Co. 2013.
- OLIVEIRA, N. A. M. **Leveduras utilizadas no processo de fabricação da cerveja**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Microbiologia) - Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2011, 45 p.
- PALMER, J. **How to brew- everything you need to know to brew beer right**. Brewers Publications, 3rd edition, 2006.
- PARANHOS, P. **A família Lambic e seus estilos**. Curitiba /PR. 18 jan. 2017. Disponível em: < <http://www.mestre-ervejeiro.com/familia-lambic/>>. Acesso em: 26 maio 2018.
- PICCINI, A. R.; MORESCO, C.; MUNHOS, L. **Produção de cerveja Mals Beer**. 2002. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2002.
- REINOLD, M. R. **Cervesia, tecnologia cervejeira**. Classificação básica das cervejas. 2011. Disponível em: <<https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/tecnicos/materia-prima/agua/412-o-tratamento-de-agua-na-ervejaria.html>>. Acesso em: 14 abril 2018.
- \_\_\_\_\_. Cervesia, tecnologia cervejeira. **A microcervejaria e seus equipamentos**. 2017. Disponível em: < <https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/tecnicos/equipamentos/1037-a-microcervejaria-e-seus-equipamentos.html>>. Acesso em: 22 abril 2018.
- \_\_\_\_\_. Cervesia, tecnologia cervejeira. **Tipos de Malte**. ed. 55, 2010. Disponível em: < <https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/downloads/artigos-t%C3%A9cnicos/80-tipos-de-malte/file.html>>. Acesso em: 19 abril 2018.
- \_\_\_\_\_. **Manual prático de cervejaria**. 1 ed. São Paulo: Aden Editora e Comunicações Ltda, 1997.
- RODRIGUES, M. A.; MORAIS, J.S.; CASTRO, J.P. **Jornada de lúpulo e cerveja, novas oportunidades de negócio, livro de atas**. Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2015.
- ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. **A química da cerveja**. Revista Química Nova. São Paulo. 2015, v.37, p. 98-105.
- SANTOS, S. P. **Os primórdios da cerveja no Brasil**. São Paulo: Editor Ateliê, 2003, p. 9-13.
- SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C.; BRAGA, P. F. **Tratamento de minérios: Práticas Laboratoriais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. cap. 31, p. 544.
- SIDRIM, J.J.; ROCHA, G. **Micologia médica á luz de autores contemporâneos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan LTDA, 2012. cap. 1, p. 2-5.

SILVA, D. **Baixa atenuação da cerveja**. Condado da Cerveja, 2016. Disponível em: <<http://www.condadodacerveja.com.br/problemas-com-uma-baixa-atenuacao-da-sua-cerveja/>>. Acesso em: 16 setembro 2018.

SIDOOSK, T. **Processo de produção de cerveja puro malte do tipo pale ale**. Departamento de Engenharia Química, Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2011.  
SINDISERV. Mercado cervejeiro, indústria de bebidas. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.sindiserv.com.br>>. Acesso em 12 de agosto de 2018.

SOARES, N. **Tempo de mudanças**. Revista Indústria de Bebidas n. 205, 2011.

SPIESS, S. **Água cervejeira: Propriedades da água**. 2016. Disponível em: <<http://www.ocaneco.com.br/agua-cervejeira-analise/>>. Acesso em: 14 abril 2018.

TELLES, D. **Faça sua cerveja**. Revista Galileu. n. 270, jan., 2014. p. 36.

VENTURINI, V. G. **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo. Editora Bucher, 2005.

\_\_\_\_\_. **Bebidas Alcoólicas. Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Editora Blucher. 2010. v. 1.

WHITE, C. **Yeast: The Practical Guide to Beer fermentation**. 2010.