

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA
FERNANDA SOUZA BITENCOURT

**REAPROVEITAMENTO DE LEVEDURA NO PROCESSO PRODUTIVO DE
CERVEJA ARTESANAL: COMPARAÇÃO DO DECAIMENTO DO TEOR
ALCOÓLICO**

FORMIGA– MG

2018

FERNANDA SOUZA BITENCOURT

**REAPROVEITAMENTO DE LEVEDURA NO PROCESSO PRODUTIVO DE
CERVEJA ARTESANAL: COMPARAÇÃO DO DECAIMENTO DO TEOR
ALCOÓLICO**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Engenharia Química do UNIFOR-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Química. Orientador: Ma. Christiane Pereira Rocha Sousa.

Formiga – MG

2018

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

B624 Bitencourt, Fernanda Souza.
Reaproveitamento de levedura no processo produtivo de cerveja
artesanal: comparação do decaimento do teor alcoólico / Fernanda Souza
Bitencourt. – 2018.
43 f.

Orientadora: Christiane Pereira Rocha Sousa.
Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - Centro
Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga, 2018.

Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária
Regina Célia Reis Ribeiro – CRB 6-1362

FERNANDA SOUZA BITENCOURT

REAPROVEITAMENTO DE LEVEDURA NO PROCESSO PRODUTIVO DE
CERVEJA ARTESANAL: COMPARAÇÃO DO DECAIMENTO DO TEOR
ALCOÓLICO

Trabalho de conclusão de curso,
apresentado ao Curso de Engenharia
Química do UNIFOR-MG, como requisito
parcial para a obtenção do título de
bacharel em Engenharia Química.
Orientador: Ma. Christiane Pereira Rocha
Sousa.

Banca Examinadora



Prof. Ma. Christiane Pereira Rocha Sousa.

Orientador



Prof. Dr. Alex Magalhães de Almeida



Prof. Dr. Ivani Posse Martins

AGRADECIMENTOS

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos” (Provérbios 16:3). Este momento é muito especial para mim, pois mais uma etapa da minha vida está sendo concluída. O sonho de ser Engenheira Química está sendo realizado. Sou grata, em primeiro lugar, a Deus que abriu as portas e direcionou minha caminhada, aos meus queridos pais que vieram preparando meu caminho desde que eu nasci para que este dia enfim chegasse. Vocês se sacrificaram, dedicaram-se, abdicaram de tempo e de muitos projetos pessoais, para que eu tivesse a oportunidade de estudar e de ter uma boa formação profissional, mas também pessoal, ao meu irmão, à minha família e a meu namorado. Foram muitas as dificuldades, para conquistar este diploma, mas com vocês ao meu lado todas elas ficaram mais fáceis de serem vencidas. A todos vocês a minha gratidão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-- Principais estilos de cervejas da família lager	17
Figura 2- Principais estilos da Família Lagers.....	17
Figura 3-Matérias-primas essenciais à produção de cerveja	11
Figura 4-Estrutura interna do grão de cevada	12
Figura 5-Estrutura química betaglicose e alfavlicose	13
Figura 6-Microrganismos (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>), em escala microscópica, presente na levedura utilizada na fermentação da cerveja	15
Figura 7-Moagem dos grãos de cevada.....	16
Figura 8-Adição do mosto em cima do bagaço para ser filtrado (8.a). Resultado do líquido filtrado pelo bagaço (8.b)	18
Figura 9-Fermentação alcoólica	12
Figura 10 - Fluxograma do processo produtivo de cerveja artesanal.....	15
Figura 11-Panela cervejeira	17
Figura 12-Colher misturadora e Colher escumadeira.....	18
Figura 13-Moinho de disco	18
Figura 14-Termômetro em escalas de graus celsius	19
Figura 15-Balança analítica.....	20
Figura 16-Balança Digital	20
Figura 17-Densímetro	21
Figura 18 - Pano cervejeiro para a filtragem do Mosto.....	21
Figura 19-Chiller	22
Figura 20-Balde fermentador.....	23
Figura 21-Malte de cavada Pilsen	24
Figura 22-Lúpulo Spalt Select; 5,4% Ácido alfa	24
Figura 23-Levedura cepa S-04 sachet, alta fermentação.....	25
Figura 24-Priming.....	25
Figura 25-Levedura decantada no fundo do reator	29
Figura 26-Medição da densidade	30
Figura 27-Crescimento das colônias dos microrganismos da levedura (A) emplacamento da cerveja sem o reaproveitamento, (B) emplacamento da cerveja com reaproveitamento 1 (C) emplacamento da cerveja com reaproveitamento 2 (C) emplacamento da cerveja com reaproveitamento 3.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Enzimas presentes no malte e suas respectivas temperaturas de ativação	17
Tabela 2- Teor Alcoólico	32
Tabela 3-O teor alcoólico disponibilizado pela própria embalagem	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-Teste sensorial de coloração.....	34
Gráfico 2-Análise sensorial de Odor.....	35
Gráfico 3-Análise sensorial de Odor.....	36
Gráfico 4 - Análise sensorial de Gaseificação.....	37

RESUMO

A cerveja pode ser definida como sendo uma bebida carbonatada, com teor alcoólico, preparada a partir da fermentação por leveduras do malte de cevada, contendo lúpulo e água, podendo ainda utilizar-se de outras matérias-primas, como arroz, trigo ou milho. As leveduras do gênero *Saccharomyces* apresentam várias linhagens consideradas seguras para a produção da cerveja. Estas linhagens são capazes de produzir dois metabólicos importantíssimos na cerveja, etanol e dióxido de carbono. O processo cervejeiro é um processo de múltiplos estágios envolvendo a conversão biológica de materiais in natura no produto final. A fermentação dos mostos cervejeiros pode ser influenciada por vários fatores, sendo a temperatura, um dos mais importantes. A viabilidade e a atividade dos microrganismos são de primordial importância para qualquer sucesso do processo fermentativo. As características de sabor e aroma de qualquer cerveja estão determinadas de forma preponderante pelo tipo de levedura utilizada. O presente trabalho visa apresentar a produção da cerveja artesanal e analisar o processo de reaproveitamento da levedura em mais de um processo batelada, pela fermentação alcoólica e sensorial da cerveja produzidas. O experimento mostrou-se viável, pois o decaimento do teor alcoólico foi pequeno na cerveja 1 com reaproveitamento da levedura, médio para cerveja 2 com reaproveitamento da levedura, e maior decaimento no teor alcoólico e contagem de colônias na terceira batelada da cerveja com reaproveitamento da levedura. O reaproveitamento da levedura mostrou-se viável para cervejarias, porém com o controle de decaimento, pois é um processo que possui um limite de reaproveitamento da levedura.

Palavras-chave: Cerveja. Levedura. Alcool

ABSTRACT

Beer may be defined as a carbonated drink of an alcoholic strength, prepared from yeast fermentation of barley malt, containing hops and water, and other raw materials such as rice, wheat or corn. Yeasts of the genus *Saccharomyces* present several strains considered safe for beer production. These lineages are capable of producing two very important metabolites in beer, ethanol and carbon dioxide. The brewing process is a multi-stage process involving the biological conversion of in natura materials into the final product. The fermentation of the brewer's musts can be influenced by several factors, with temperature being one of the most important. The viability and activity of the microorganisms are of paramount importance for any success of the fermentation process. The taste and aroma characteristics of any beer are determined predominantly by the type of yeast used. The present work aims to present the production of artisanal beer and to analyze the process of reuse of the yeast in more than one batch process, through the alcoholic and sensorial fermentation of the beer produced. The experiment showed to be feasible, since the decrease in alcohol content was small in beer 1 with reuse of yeast, medium in beer 2 with reuse of yeast, and higher decrease in alcohol content and colonization count in the third batch of beer with reuse of yeast. The reuse of the yeast proved to be feasible for breweries, but with the control of decay, since it is a process that has a limit of reuse of the yeast.

Keywords: Beer. Yeast. Alcohol

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 JUSTIFICATIVA.....	15
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
4.1 A cerveja artesanal.....	16
4.2 Os diferentes estilos e famílias das cervejas	16
4.3 Matérias primas utilizadas na fabricação	11
4.3.1 Água	11
4.3.2 Malte	12
4.3.3 Lúpulo	13
4.3.4 Adjuntos.....	14
4.3.4 Levedura	14
4.4 Processo Produtivo	15
4.4.1 Moagem dos grãos de cevada	16
4.4.2 Brassagem e Mosturação.....	16
4.4.3 Filtração	18
4.4.4 Fervura	10
4.4.5 Resfriamento	10
4.4.6 Fermentação e maturação.....	11
4.4.7 Envase.....	11
4.4.8 Carbonatação	11
4.4.9 Processo Fermentativo.....	12
5 MATERIAIS E MÉTODOS	14
5.1 Fluxograma do processo produtivo	14

5.2 Materiais utilizados no processo produtivo.....	16
5.2.1 Panela de inox	16
5.2.2 Colher misturadora e colher escumadeira.....	17
5.2.3 Moinho.....	18
5.2.4 Termômetro	19
5.2.5 Balanças Analítica e digital	19
5.2.6 Densímetro.....	20
5.2.7 Panos para filtragem	21
5.2.8 Chiller	22
5.3 Matéria-prima.....	23
5.3.1 Malte	23
5.3.2 Lúpulo	24
5.3.3 Levedura	25
5.3.4 Priming.....	25
5.4 Soluções	26
5.4.1 Solução de lodo.....	26
5.4.2 Solução de Ácido peracético	26
5.5 Processo produtivo da cerveja artesanal.....	26
5.5.1 Filtração	27
5.5.2 Fervura do Mosto	27
5.5.3 Resfriamento	28
5.5.4 Fermentação da cerveja sem reaproveitamento da levedura.....	28
5.5.5 Fermentação da cerveja com reaproveitamento da levedura	28
5.5.6 Maturação	29
5.6 Análises das cervejas produzidas	29
5.6.1 Determinação do título alcoométrico volumétrico	30
5.6.2 Análise sensorial.....	30

5.6.3 Análise microbiológica	31
6 RESULTADOS.....	32
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A engenharia pode ser notada, a partir da utilização de métodos e conhecimentos científicos, para o melhoramento da qualidade de vida do ser humano, tendo por objetivo a transformação de recursos em bens e coisas utilizáveis no dia a dia.

Existem diversos campos de conhecimento humano, o que denota a necessidade de divisão dentro da engenharia. Isso irá variar de acordo com o objetivo a ser alcançado e com a área em estudo (BRASIL, 2013).

Segundo Cremasco (2010), partindo dessa premissa de divisão, pode-se focar a engenharia química, responsável por estudar processos de transformação físico-químicos, por meio do conhecimento lógico e matemático, com vista a resolver problemas em prol do ser humano.

O domínio da ciência, aprofundado ainda mais dentro da engenharia química, mostra-se na necessidade de classificar os fenômenos existentes e de prever os fenômenos naturais e não naturais.

Segundo Mega (2011), são diversas técnicas que existem para os processos químicos. Dentre elas, pode-se destacar o uso de microrganismos, para transformar alimentos em outros derivados, fato este que já é de uso recorrente ao longo da história da humanidade.

Nesta tônica de transformação de alimentos e insumos, o presente trabalho irá destacar a cerveja, que sobressai em diversas civilizações, em muitas áreas da gastronomia.

Segundo Gauto, Rosa (2011), a cerveja é uma bebida de ampla produção e consumo, seja para distrações, seja para rituais, conhecida desde os tempos mais remotos, sendo difundida entre os Sumérios, os Babilônios e os Egípcios.

Os empreendedores têm como um dos seus maiores objetivos a obtenção de um produto lucrável que tenha uma grande procura por um público alvo. Para que esse produto continue gerando o lucro desejável, há necessidade de se estudar processos que diminuam os gastos. Para isso, reaproveitar e reutilizar são mais do que necessários.

No campo da produção de cerveja, além das grandes fábricas e estabelecimentos, há também a participação das cervejarias artesanais, compostas por microempreendedores. Muitos desses pequenos empreendedores necessitam de diminuir custos e gastos no processo produtivo, sob pena de não conseguirem o lucro desejado na venda do produto final.

Os métodos de produção dos pequenos empreendedores são baseados na biotecnologia tradicional, levando-se em consideração as respectivas etapas: escolha do estilo de cerveja a ser produzida e elaboração da receita, separação da matéria-prima, malteação, brasagem, mosturação, fermentação, maturação, filtração e engarrafamento do produto final.

Há também o método da levedura, consistente em beneficiar os microempreendedores e os empreendedores de grande porte, esse beneficiamento acontece na parte financeira e diminuição do trabalho de reposição da levedura, pois a levedura permanece dentro do reator em repetitivos processos fermentativos semi bateladas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Produção de cerveja artesanal com reutilização da levedura, em outros processos bateladas na produção da cerveja artesanal, verificando os níveis de decaimento do teor alcoólico.

2.2 Objetivos Específicos

- Produção em pequena escala de quatro cervejas artesanais, uma sem o reaproveitamento da levedura e 3 cervejas com o reaproveitamento da levedura em seu processo fermentativo.
- A utilização da mesma levedura em todos os processos fermentativos.
- Acompanhamento do decaimento da quantidade de colônias da levedura em todas as cervejas.
- Comparação do decaimento do teor alcoólico.

3 JUSTIFICATIVA

No atual cenário econômico, cujas sociedades empresárias, independente do porte e do tamanho, buscam a redução de custos, a maximização de lucros e um produto de qualidade ao cliente, o presente trabalho se justifica pela busca de reduzir gastos por meio de métodos mais baratos. Outro fator importante a ser considerado é o desenvolvimento e o aprimoramento de tecnologias utilizadas na produção da cerveja.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A cerveja artesanal

A cerveja é uma bebida alcoólica fermentada a partir de cereais maltados e aromatizada com flores de lúpulo. Não há um conhecimento preciso de quando o homem usou as bebidas fermentadas, mas registros históricos indicam que havia cerveja na Suméria, na Babilônia e no Egito (GAUTO; ROSA, 2011, p. 557).

A cerveja artesanal vem ganhando cada vez mais espaço entre os brasileiros, devido à sua alta qualidade. Para muitos, ela é superior às industrializadas convencionais. “[...] No Brasil, o hábito de tomar cerveja foi trazido pela coroa portuguesa durante sua permanência no território brasileiro” (GAUTO E ROSA, 2011, p. 557).

Em virtude das diferentes cervejas que foram surgindo, no decorrer do tempo, cada uma com uma característica diferente, foi criada uma especificação, dividindo-as em famílias e estilos, para facilitar a escolha de quem vai consumi-la.

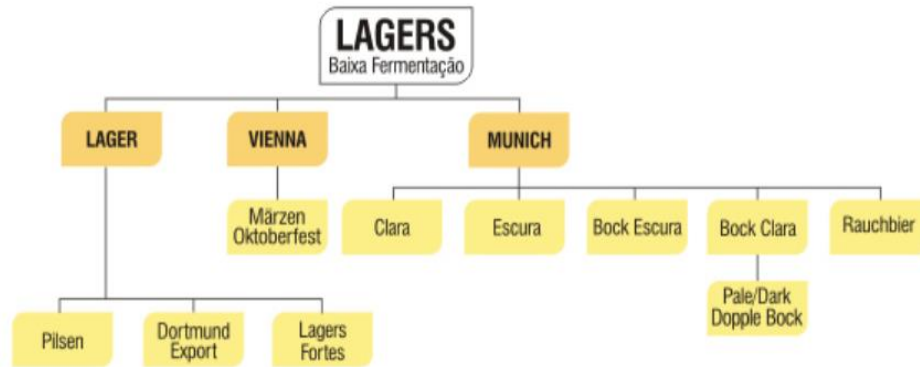
4.2 Os diferentes estilos e famílias das cervejas

Existem métodos de classificações das cervejas, tendo por base as suas diferentes propriedades. Cada uma foi separada em famílias e estilos.

“Cervejeiros americanos e a maioria dos cervejeiros artesanais de outros países chamam cervejas Ales, se eles usam leveduras de fermentação alta (ale), e Lager, se eles empregam leveduras de baixa fermentação (lager)” (BONACCORSI, 2015, p.XII).

A família lager, ilustrada na Figura 1, possui, em sua grande maioria, a propriedade de ser mais leves e clara, mas pode variar em suas cores, aromas, potência de corpo e complexibilidade. Além disso, possui, em sua família, os principais estilos: Pilsen, Kellerbier, Amber Lager, Vienna Lager, Dunkel, American Dark Lager, Strong Pale Lager, Bock, Premium Lagers.

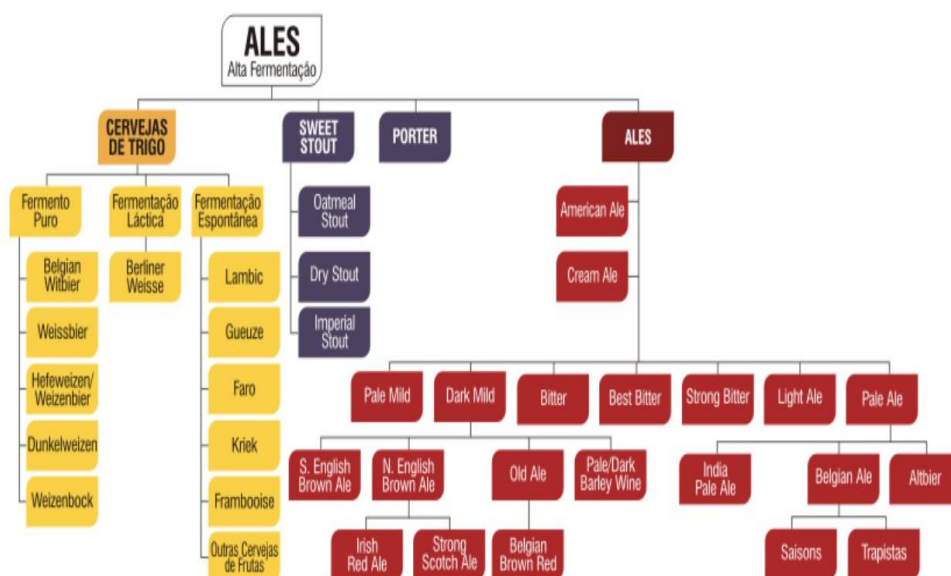
Figura 1-- Principais estilos de cervejas da família lager.



Fonte: CERVEJAS DO MUNDO, 201?.

Na Família Ale, representada pela Figura 2, há alguns estilos, segundo Bonaccorsi (2015, p.3), “Geralmente leve e fresco, o corpo pode chegar a ser médio. Sensação de boca suave, com atenuação média a alta; níveis mais elevados de atenuação podem ser pretendidos para obter maior perfil para "matar a sede". Alta carbonatação”. Além disso, possui, em sua família, os principais estilos: Weiss ou Weizen, India Pale Ale (IPA), Belgian Pale Ale, Strong Golden Ale, Red Ale, Strong Dark Ale, Witbier, Double Red Ale, Kölsch, Porter, Stou.

Figura 2- Principais estilos da Família Lager



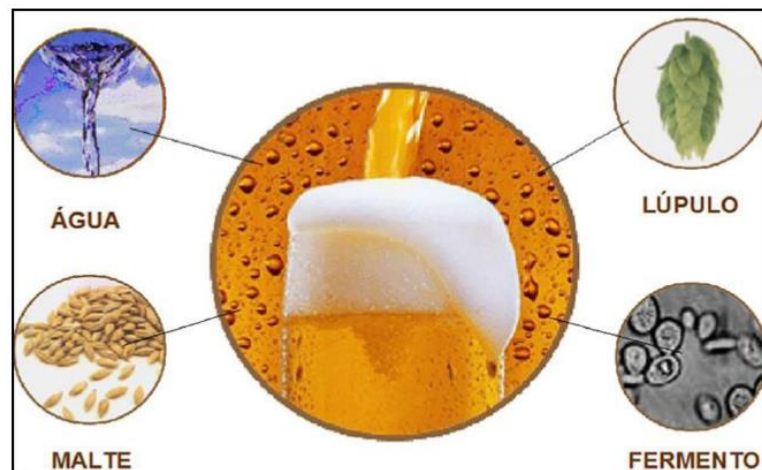
Fonte: CERVEJAS DO MUNDO, 201?.

Nas cervejas, em geral, usam-se como base algumas matérias-primas, que permitem ter características-padrões para diferenciá-las de outras bebidas alcoólicas.

4.3 Matérias-primas utilizadas na fabricação

De acordo com a Lei nº 8.918 de 14 de julho de 1994, que regulamenta a Lei nº 8.918 de 14 de julho de 1994, é a regulamentação estabelecida, para normas gerais sobre registro, padronização, classificação e, ainda, inspeção e fiscalização da produção e do comércio de bebidas, em que se utiliza como ingredientes-padrões, para a produção da cerveja, a água potável, o malte, o lúpulo e a levedura como se pode observar na Figura 3.

Figura 3-Matérias-primas essenciais à produção de cerveja



Fonte: ROSA; AFONSO, 2015.

As características gerais das matérias-primas necessárias, para a obtenção de uma cerveja de boa qualidade, são:

4.3.1 Água

Entre as matérias-primas mais importantes, em um processo cervejeiro, está a água, por sua grande participação como constituinte do produto, pois,

aproximadamente, 95% do peso da cerveja é constituído de água e ela deve ser livre de impurezas, filtrada, sem cloro, sabor e cheiro.

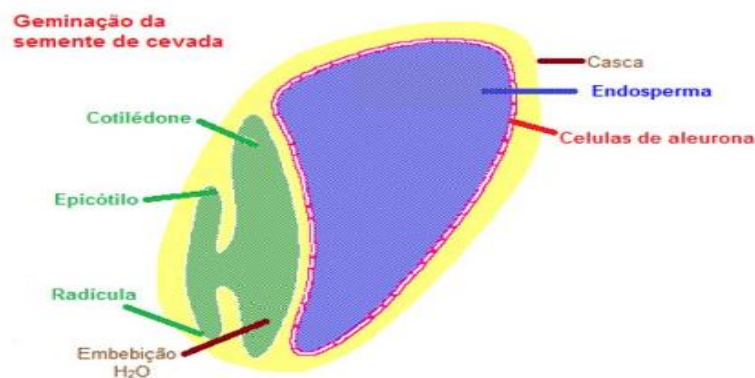
A purificação da água não é um processo que preocupa tanto, pois será submetida a uma fervura, em altas temperaturas, o que matará todos os microrganismos indesejáveis (ROSA, 2014).

É utilizada, também a água mineral, pois é uma água livre de cloro e impurezas.

4.3.2 Malte

Existem maltes de cevada, milho, trigo, centeio e outros. A cevada é o grão que tem uma das maiores escalas de utilização, nas indústrias de cerveja, por ser um grão de dimensões pequenas. A Figura 4 mostra o grão da cevada e suas estruturas internas.

Figura 4-Estrutura interna do grão de cevada



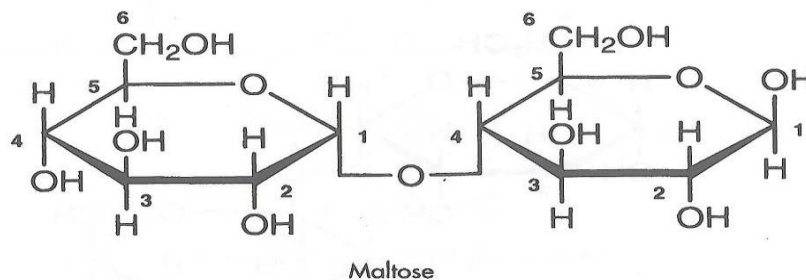
Fonte: TERMOS UTILIZADOS PELO CERVEJEIRO, 2017.

A cevada pode ter variações de cor por causa de diferentes malteações. A malteação e a germinação são as primeiras etapas para a preparação dos grãos na produção da cerveja. Por sua vez, a malteação consiste em:

➤ Germinação: depois da coleta dos grãos, é necessário que seja realizada uma germinação controlada desse cereal, a fim de amaciar os tecidos internos e obter importantes proteínas e carboidratos. No endosperma do grão, está presente o amido, que tem como principal função a reserva de energia, sendo um

polissacarídeo de Alfa glicose. A FIGURA 5 ilustra a estrutura química do polissacarídeo. As especificações alfa e beta estão relacionadas à posição da hidroxila. Para início da germinação, os grãos são imersos em água, para que possam absorver este líquido pela radícula. Com a ajuda do ácido giberélico, ativa-se o DNA do grão, a fim de produzir a alfa amilase, para quebrar o amido em partes menores, com o intuito de facilitar o crescimento do grão. A temperatura e o pH são controladas para evitar a formação de fungos.

Figura 5-Estrutura química beta glicose e alfa glicose



Fonte: ROTENFUSS BIER, 2012.

➤ Secagem: é a interrupção do crescimento dos grãos e a diminuição da umidade. A cor e o aroma dos grãos são atribuídos nesta etapa, graças a melanoidinas que são as substâncias corantes e aromatizantes dos grãos. A secagem é feita com a ajuda de fornos. As altas temperaturas e o tempo mais longo geram grãos mais escuros. Por sua vez, temperaturas baixas e tempo mais curto resultam em grãos mais claros.

➤ Ecravagem: o grão é resfriado, depois da secagem e acontece a retirada da crivagem, pois ela agrega um sabor indesejado ao processo de malteação dos grãos.

“O malte é a base do fornecimento de açúcares fermentescíveis pela quebra por ação enzimática das moléculas de amido. Ele também é responsável pela cor da cerveja de acordo com o nível de torrefação do grão, além de outras propriedades organolépticas” (SIROMA, 2013, p. 15).

4.3.3 Lúpulo

O lúpulo é uma flor que possui um aroma forte e um sabor amargo, com predominância da cor verde nas flores.

“O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) pertence à família Cannabaceae. É uma planta perene (perde a parte aérea durante o Inverno), de caule volúvel, dioica (surgem plantas femininas e masculinas) e com idade econômica de cultivo superior a 20 anos” (RODRIGUES; MORAES, 2015, 05 p.).

O lúpulo é responsável pelo aroma acre e sabor amargo característicos da cerveja. Na antiguidade, era usado como planta medicinal. O amargor vem da substância lupulina, que está presente, nas flores fêmeas dos lúpulos, que são plantas do tipo *Humulus lupulus*, muito típico de clima frio (ROSA, 2014).

4.3.4 Adjuntos

São itens diversos adicionados à cerveja pelos mais variados motivos, como, por exemplo, para modificar o sabor, o odor, a cor e até mesmo, em alguns casos, barateá-la. Os mais comuns são os cereais de milho, arroz, cevada, trigo e sorgo (ROSA, 2014).

O adjunto tem como papel agregar valores à cerveja. Uma de suas funções é aumentar a concentração do amido para gerar uma cerveja com teores alcoólicos maiores.

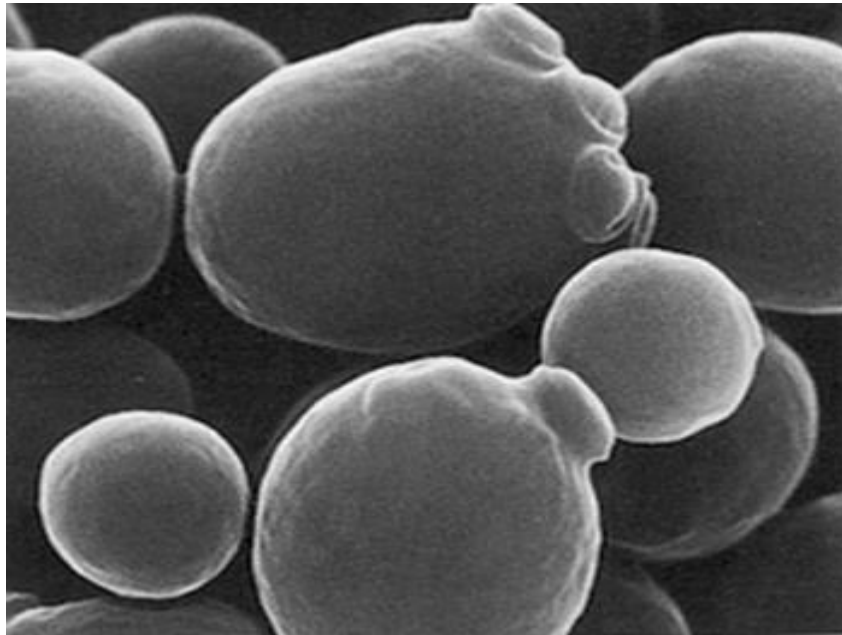
Os adjuntos também podem ser de diferentes ervas, frutas, flores, essências, chocolates e outros, que alteram tanto o sabor quanto o aroma.

As cervejas que têm a adição dos derivados de frutas, flores, essências, chocolates e outros são produzidas em maiores escalas por cervejarias artesanais. Já as cervejarias industriais utilizam, em maiores escalas, os grãos como adjunto.

4.3.4 Levedura

A levedura é o fermento utilizado na cerveja, responsável pela quebra dos açúcares presentes e liberação de álcool e dióxido de carbono. A levedura é um ser vivo que pode viver com ou sem oxigênio e se reproduz assexuadamente. A Figura 6 ilustra os microrganismos utilizados na produção da cerveja artesanal e indústrias sucroalcooleiras.

Figura 6-Microrganismos (*Saccharomyces cerevisiae*), em escala microscópica, presentes na levedura utilizada na fermentação da cerveja.



Fonte: HARPIA CERVEJARIA, 201?..

Saccharomyces cerevisiae são microrganismos sensíveis à temperatura e ao pH, por conseguirem consumir açúcares presentes em seu meio e liberar o álcool, além de ser os mais utilizados nas indústrias sucroalcooleiras.

“A levedura utilizada em cervejaria é do gênero *Saccharomyces*, e está distribuída nas espécies *S. cerevisiae* e *S. uvarum*, sendo que cada cervejaria possui sua própria cepa (Os leigos podem entender cepa como “raça”). É comum, entretanto classificar empiricamente as leveduras com base no seu comportamento durante a fermentação. Assim, se durante o processo fermentativo a levedura sobe para a superfície do mosto, ela é denominada “de alta fermentação”; e se ao final do processo fermentativo a levedura decanta no fundo do decantador, é chamada “de baixa fermentação” (ROSA, 2014).

4.4 Processo Produtivo

Apesar de existirem diversas formas de elaboração, dependendo do tipo de cerveja a ser produzida, o processo consiste basicamente em cinco etapas.

4.4.1 Moagem dos grãos de cevada

A moagem é a primeira etapa do processo produtivo. Os grãos, após a malteação que é a preparação do malte, tem influência significativa no rendimento da brassagem, isto é, a solubilização máxima do conteúdo do grão do malte deve ser quebrada em moinhos de rolos. Essa quebra dos grãos de cevada já maltados deve ter uma proporção em frações menores que não podem ser um pó fino e nem grãos parecidos com os inteiros como observado na Figura. 7.

Segundo Rosa (2014), “O moinho tritura o malte, expondo o interior do grão, que contém amidos que serão usados para a formação de açúcares na mistura”.

Figura 7-Moagem dos grãos de cevada



Fonte: MUXEL, 2017.

4.4.2 Brassagem e Mosturação

Consiste em colocar os grãos de malte em água aquecida, com temperatura determinada e específica para cada fase da sacarificação, que é a quebra do amido em açúcares menores.

Essa etapa, também, serve para que o amido dos grãos passe para água, formando o mosto. Nesta etapa, é muito importante o controle do tempo de permanência, em função da temperatura, pois é aqui que acontece a ativação das

enzimas presentes nos grãos, que são responsáveis pela quebra do amido em glicose, insumo este importante no processo de fermentação.

“[...] Geralmente altas temperaturas na mistura (67°C a 72°C) produzem açúcares mais complexos, chamados dextrinas, que não são fermentados pela levedura, resultando em cervejas mais doces. Temperaturas mais baixas (62°C a 66°C) produzem açúcares baixos, como maltose que é fermentada completamente pelas leveduras; seus resultados são cervejas mais “secas” (sem doçura). A maioria das cervejas usa temperaturas de 62°C a 72°C na mistura, porque as enzimas produzem açúcares mais rapidamente nestas temperaturas. O tempo de mistura pode ser 30 minutos a 3 horas; 90 minutos é o tempo típico de micro cervejarias” (ROSA,2014).

A Tabela 1 apresenta as diferentes enzimas que estão presentes no malte, bem como suas respectivas temperaturas de ativação.

Tabela 1-Enzimas presentes no malte e suas respectivas temperaturas de ativação

Enzima	Faixa Ideal de Temperatura	Faixa de pH	Função da Enzima
<i>Phytase</i>	30 á 52 °C	5-5,5	Diminuição do pH da mostura.
<i>Debranching</i>	35 á 45 °C	5-5,8	Solubilização de amidos.
<i>Beta Glucanase</i>	35 á 45 °C	4,5-5,5	Gelatinização, auxiliando na liberação e açúcares disponíveis.
<i>Peptase</i>	45 á 55 °C	4,6-5,3	Produz maior quantidade de proteínas solúveis no mosto.
<i>Protease</i>	45 á 55 °C	4,6-5,3	Quebra proteínas que geram turvação da cerveja.
<i>Beta Amylase</i>	55 á 65 °C	5,0-5,5	Produz maltose.
<i>Apha Amylase</i>	68 á 72 °C	5,3-5,7	Produz açúcares diversos, incluindo maltose.

Fonte: How To Brew, disponível no site <https://www.amazon.com.br/How-Brew-Everything-Great-Every/dp/1938469356?tag=goog0ef-20&smid=A1ZZFT5FULY4LN&ascsubtag=93717c7e-80b4-46d8-9002-8a9ff59c53a1>

Os números acima devem ser interpretados como necessários para a atuação de cada enzima. É importante respeitar a faixa de temperatura ideal para cada enzima.

Se a temperatura sobe acima de cada faixa, as enzimas serão destruídas. Por outro lado, se a temperatura diminuir abaixo da faixa, acontece a desativação das enzimas.

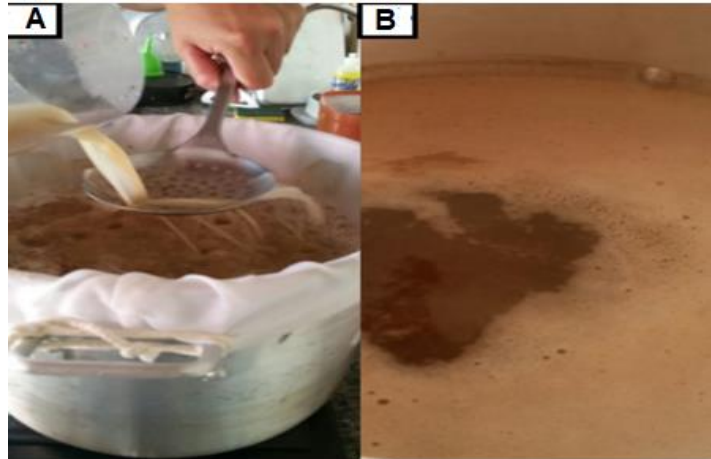
4.4.3 Filtração

É utilizada a filtração para separar o bagaço do mosto. O mosto tem, em sua composição, partículas homogeneizadas que foram liberadas durante o processo de brasagem e mosturação. Contudo existem partículas, em tamanhos maiores, que não foram solubilizadas e é nesta parte que é necessária a filtração, para reter essas partículas maiores, bem como diminuir o corpo de fundo que fica nas garrafas de cerveja artesanais.

A filtração para cervejas artesanais é feita por meio do próprio bagaço. O mosto é retirado por uma torneira inferior, presente na panela cervejeira. Em sua boquilha interna há um filtro de inox. Depois de retirado o líquido, ele é retornado à parte superior do bagaço, para mais uma filtração e, assim sucessivamente, até o líquido ficar aparentemente mais claro. É possível observar na Figura (8 b) a recirculação do mosto para filtragem.

Depois da separação do mosto e do bagaço de malte, chega ao fim a filtração e ele é adicionado a uma panela de inox para a próxima etapa, conforme ilustrado na Figura (8.a).

Figura 8-Adição do mosto em cima do bagaço para ser filtrado (8.a).
Resultado do líquido filtrado pelo bagaço (8.b).



Fonte: ROQUE, 2016.

Este processo é feito muitas vezes, para clarificar a cerveja e filtrá-la, diminuindo as partículas maiores que estão em suspensão no mosto. É necessária a retirada do bagaço, que é a massa resultante da aglutinação da casca com os resíduos do processo, feita por filtração.

4.4.4 Fervura

A fervura inicia-se depois da separação do bagaço, deixando apenas o mosto composto pela mistura da água e pequenas partículas do malte dispersas no fluido.

“A fervura do mosto tem por objetivo conferir-lhe estabilidade biológica, bioquímica e coloidal. A duração da fervura é usualmente de 60 a 90 minutos que determinará a extração dos materiais amargos e dos materiais aromáticos do lúpulo, que é adicionado nesta etapa, bem como a esterilização do mosto para coagulação da proteína e polifenóis (materiais instáveis do malte)” (ROSA,2014).

4.4.5 Resfriamento

O resfriamento acontece pela troca de calor de uma água corrente, a uma velocidade média ou baixa, pois quanto menor a velocidade maior a troca de calor e serve para diminuir a temperatura do mosto com a ajuda de um trocador de calor.

A resfrição do mosto é necessária, para evitar a contaminação por microrganismos suspensos no ar e no meio, além de não formar o composto dimetil-sulfeto.

Segundo Rosa (2014), “depois deste resfriamento, o mosto é aerado e transferido para o tanque de fermentação”.

A aeração é feita por colher espumadeira ou por uma bombinha de aeração.

4.4.6 Fermentação e maturação

A fermentação do mosto é realizada pela levedura, que consome o açúcar e produz gás carbônico e álcool. A fermentação é feita, em temperatura ambiente, em torno dos 23°C e 25°C, aproximadamente.

O período de maturação serve para que subprodutos da fermentação sejam consumidos pela levedura, o que melhora o paladar da cerveja. Ela demora de 1 semana a meses, dependendo do tipo da cerveja. Metade do seu tempo, em temperatura ambiente e outra metade, em um recipiente refrigerado, para diminuição da temperatura.

4.4.7 Envase

Assim que o processo de produção termina, a cerveja é adicionada em garrafas de vidro e engarrafada, em um espaçamento de dois dedos da boca da garrafa, para que não atrapalhe a formação do gás.

No processo de engarrafamento, deve-se evitar a elevação de emulsões pelo oxigênio. Utiliza-se, antes do engarrafamento em cervejarias artesanais, o açúcar invertido para formar o gás da cerveja.

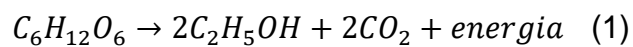
4.4.8 Carbonatação

É a injeção de gás carbônico ou a adição do açúcar invertido, chamado primming, antes do envase para gaseificar a cerveja. A carbonatação é o tempo de consumo dos açúcares pela levedura depois do envase, formação do gás dióxido de carbono e acentuação do sabor

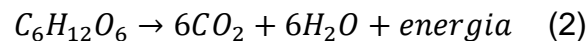
4.4.9 Processo Fermentativo

A levedura tem um papel importante na produção da cerveja. Como se nota, ela é responsável por agregar o teor alcoólico à bebida. A utilização da levedura, para transformar o amido rico em glicose em álcool, é utilizada para grande parte das bebidas que possuem álcool na atualidade.

“As leveduras cervejeiras podem quebrar os açúcares seguindo dois caminhos metabólicos distintos. Sob condições anaeróbicas, elas fermentam uma molécula simples de açúcar- glicose [...]” (GAUTO; ROSA, 2011).

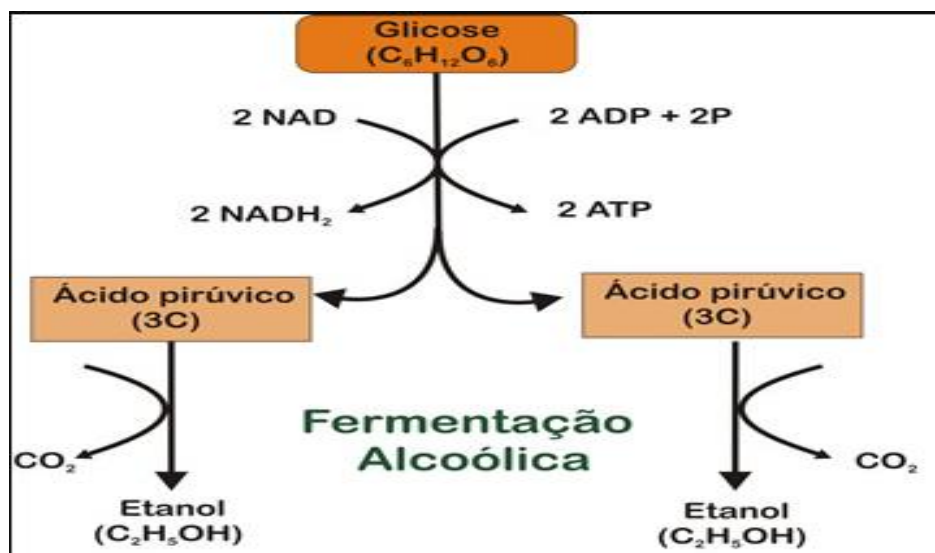


“Na presença de oxigênio, a levedura pode oxidar completamente as moléculas de açúcar e produzir gás carbônico, água e energia[...]” (GAUTO; ROSA,2011).



Na Figura 9, ilustra-se a quebra da glicose em álcool e dióxido de carbono com um saldo de 38 ATP e 2 ATP, no processo fermentativo, a liberação de 2 ácidos pirúvicos e, por ação enzimática, a quebra em etanol e dióxido de carbono.

Figura 9-Fermentação alcoólica



Fonte: FERMENTAÇÃO ALCOOLICA, 2018.

De acordo com Borzani (2001, p. 219), o reator utilizado para fermentação alcoólica é um reator batelada semicontínuo, em que se aguarda o término da

fermentação. Tira-se uma parte do fermentado e deixa no fermentador a levedura que ficou decantada, no fundo do balde fermentador, que serve como reator semicontínuo.

Para a produção da cerveja artesanal sem reaproveitamento da levedura, utiliza-se o reator batelada não contínuo, pois o fermentado é completamente retirado do balde fermentador, para uma nova batelada sem restolhos do processo, que já se encerrou.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no laboratório de Inspeção de alimentos e produtos de origem animal do Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG. A pesquisa é um método de investigação que envolve a produção da cerveja artesanal na tentativa de estabelecer relações de causa-efeito nas variáveis investigadas. Produziram-se, nas datas de 6/07/2018, 13/07/2018, 20/07/2018 e 27/07/2018, as cervejas artesanais. Uma vez que foram realizadas quatro bateladas, obtiveram-se cinco cervejas artesanais do tipo *Lager* de alta fermentação.

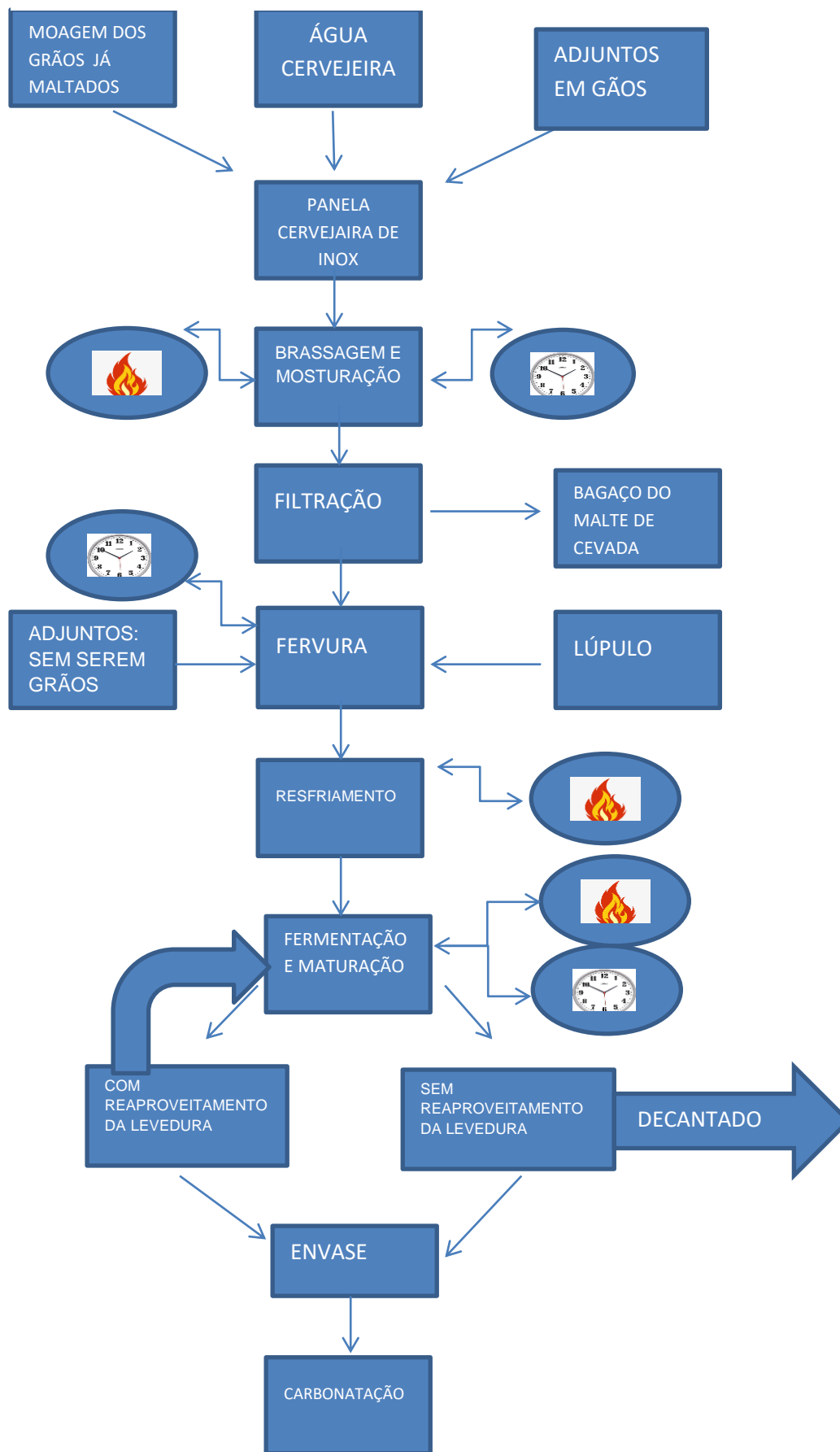
5.1 Fluxograma do processo produtivo

A produção da cerveja artesanal passa por várias etapas. O processo produtivo teve uma alteração na etapa fermentativa, para uma das cervejas, pois uma delas foi elaborada sem o reaproveitamento da levedura e as outras foram feitas com o reaproveito da levedura. A Figura 10 ilustra o processo produtivo das duas cervejas e suas alterações na fase fermentativa.

A imagem da chama e do relógio no fluxograma são indicadores do controle da temperatura e tempo de permanência nas faixas das temperaturas.

As setas de entrada representam a adição de elementos no processo produtivo, as setas de saída representam a retirada de produtos gerados, durante o processo produtivo, que não são mais necessários ao processo e têm a seta de retorno em que é reaproveitada alguma parte do produto durante o outro processo.

Figura 10 - Fluxograma do processo produtivo de cerveja artesanal



Segundo Rebello (2009), apesar de existirem variações na forma de elaboração, dependendo do tipo de cerveja a ser produzida, o processo é composto basicamente pela malteação (germinação da cevada); produção do mosto cervejeiro (extração e hidrólise dos componentes da cevada malteada, seguida de uma separação dos componentes insolúveis e posterior fervura com a adição de lúpulo); fermentação (dividida em fermentação primária e maturação); e processamento final (filtração, estabilização, engarrafamento, etc.)

Quando os açúcares presentes no meio forem todos consumidos e liberados pelos microrganismos, em forma de álcool e dióxido de carbono, termina-se a etapa fermentativa.

Para todas as cervejas, o processo produtivo foi igual, apenas na etapa fermentativa foi alterado, para as cervejas com e sem reaproveitamento da levedura.

Com o reaproveitamento da levedura, o decantado, que possui, em sua composição, partículas dos grãos maltados e a levedura, permanece no reator para acontecer uma nova batelada fermentativa.

Sem o reaproveitamento da levedura, o decantado é retirado do reator e descartado, para acontecer uma nova batelada fermentativa, sem reaproveitamento de nenhuma parte do decantado.

As outras etapas do processo de produção da cerveja artesanal permanecem sem alterações, havendo reaproveitamento da levedura ou não.

Uma faixa de temperatura não ideal, para os microrganismos presentes na levedura, pode ocasionar a desnaturação e desativação, além de comprometer a eficiência das leveduras, trazendo prejuízo direto para o teor alcoólico da cerveja.

5.2 Materiais utilizados no processo produtivo

No processo de produção da cerveja artesanal, foram utilizados os seguintes materiais.

5.2.1 Painel de inox

A panela cervejeira é utilizada nas etapas de mostura e fervura, visto que, em sua parte inferior, existe um fundo falso e uma torneira para saída do líquido, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11-Panela cervejeira



Fonte: Arquivo pessoal

O fundo falso tem como objetivo reter o restante do bagaço do malte, a torneira localizada na parte inferior da panela é para facilitar a retirada do mosto durante o processo produtivo.

5.2.2 Colher misturadora e colher escumadeira

As colheres utilizadas na produção da cerveja artesanal são de grandes dimensões e feitas de polietileno, resistentes a altas temperaturas. Na Figura 12 é possível observar as colheres utilizadas durante o processo cervejeiro.

Figura 12-Colher misturadora e Colher escumadeira



Fonte: Arquivo pessoal.

A colher misturadora é plana e lisa, é utilizada para misturar os grãos de cevada já moídos com a água.

A colher escumadeira é utilizada, para ajudar esfumar as adições do lúpulo e adjuntos, ela também devolve o oxigênio para o mosto durante o processo de produção da cerveja artesanal.

5.2.3 Moinho

O moinho tem que ser regulado, para fazer a moagem dos grãos de cevada já maltados, sua regulagem tem que ser específica para moer os grãos em dimensões intermediárias, para que não seja um pó fino e nem um grão inteiro, preservando sempre a casca dos grãos. Na Figura13 mostra-se o moinho utilizado durante o processo de moagem.

Figura 13-Moinho de disco



Fonte: Arquivo pessoal

O moinho utilizado foi o moinho de disco Guzzo que, por meio da rotação manual da manivela, um de seus dois círculos gira em torno do eixo e tritura os grãos.

5.2.4 Termômetro

Durante todo o processo produtivo, é de suma importância o controle da temperatura a qual vai determinar a ativação das enzimas que é grande influenciadora do sabor, pois a temperatura intensifica a liberação das partículas dos grãos de cevada e do lúpulo. O termômetro utilizado no processo é ilustrado na Figura 14.

Figura 14-Termômetro em escalas de graus celsius



Fonte: Arquivo pessoal.

O termômetro utilizado foi o termômetro alimentício de escala de 10 a 110 °C, com proteção.

5.2.5 Balanças Analítica e digital

Durante o processo produtivo, foram utilizados dois tipos de balanças.

➤ A balança analítica ATY 224 foi utilizada, para pesar o lúpulo, para melhor precisão, ilustrada na Figura 15.

Figura 15-Balança analítica



Fonte: Arquivo pessoal.

➤ A balança digital Filizola Star com escala de 3 a 60 kg foi utilizada, para pesar o malte, por conseguir maiores escalas em quilos. A Figura16 mostra a balança utilizada.

Figura 16-Balança Digital



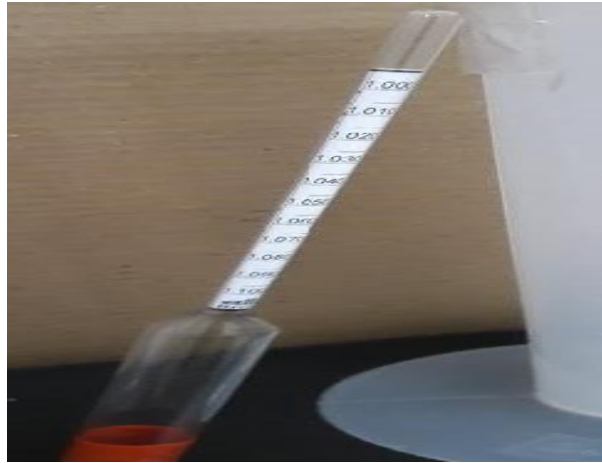
Fonte: Arquivo pessoal

A balança foi importante, na pesagem dos grãos de malte, para a preparação da cerveja artesanal.

5.2.6 Densímetro

Durante o processo produtivo, foram feitas algumas medições da densidade com o auxílio de um densímetro ilustrado na Figura 17.

Figura 17-Densímetro



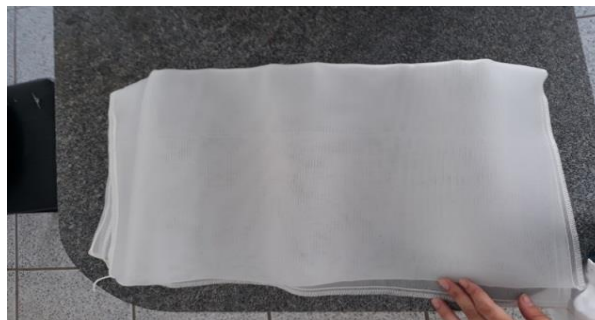
Fonte: Arquivo pessoal.

A densidade mostrada pelo densímetro foi utilizada para calcular o valor dos teores alcoólicos.

5.2.7 Panos para filtragem

O pano tem como função reter o bagaço do malte, filtrando e separando o bagaço do mosto. O pano utilizado no processo produtivo está ilustrado na Figura 18.

Figura 18 - Pano cervejeiro para filtragem do Mosto



Fonte: Arquivo Pessoal.

O pano foi devidamente esterilizado, em água fervente, para eliminar qualquer contaminação por bactérias.

5.2.8 Chiller

O *Chiller*, ilustrado na Figura 19, é um trocador de calor que possibilita o resfriamento do mosto, em uma variação de tempo pequena, fazendo com que a água fria que passa por sua tubulação interna troque calor com o mosto em altas temperaturas, resfriando-o.

Figura 19-Chiller



Fonte: Arquivo pessoal.

O *Chiller* é colocado dentro da panela cervejeira na etapa do resfriamento.

5.2.9 Balde fermentador e *aerlock*

A fermentação tem que acontecer em um recipiente que impeça a contaminação e contato com o meio exterior, para evitar proliferação de bactérias e fungos não desejados no processo fermentativo. O recipiente tem que ser vedado, para impedir que a luz entre em contato com os microrganismos presentes na levedura, pois os microrganismos se desenvolvem em ambientes escuros.

A Figura 20 mostra o balde fermentador utilizado na fermentação alcoólica.

Figura 20-Balde fermentador



Fonte: Arquivo pessoal.

O *Aerlock* se encontra acoplado ao balde fermentador, em sua parte superior. Ele tem como função mostrar a atividade fermentativa, ajudando a identificar se ainda existe liberação de dióxido de carbono e, quando não existe mais a liberação do dióxido de carbono, a fermentação chegou ao fim, pois todo o açúcar presente já foi consumido e liberado em álcool e dióxido de carbono.

5.3 Matéria-prima

Os ingredientes utilizados, durante a produção da cerveja artesanal, nas duas cervejas, sendo a primeira cerveja com a utilização da levedura, pela primeira vez e na produção da cerveja com a reutilização da levedura, são descritos a seguir.

5.3.1 Malte

Foram utilizados 2.5 kg de malte Château Pilsen para todas receitas. A Figura 21 mostra o malte utilizado.

Figura 21-Malte de cavada Pilsen



Fonte: Arquivo pessoal.

O malte Château Pilsen é de coloração mais clara, utilizado para cervejas Pilsen que, também, possuem uma coloração mais clara. Sua tonalidade é definida pela malteação do grão.

5.3.2 Lúpulo

O lúpulo utilizado foi o Spalt Select com 5,4% Ácido alfa na quantidade de 12 gramas, conforme ilustrado na Figura 22.

Figura 22-Lúpulo Spalt Select, 5,4% Ácido alfa



Fonte: Arquivo pessoal.

Sua porcentagem em ácido alfa, 5,4%, significa seu percentual de amargor.

5.3.3 Levedura

A levedura usada nas quatro cervejas foi de alta fermentação cepa S-04 sachet. A quantidade utilizada foi 11,5 g, para a produção da primeira cerveja, no primeiro processo batelada. Na Figura 23 é possível observar a levedura utilizada.

Figura 23-Levedura cepa S-04 sachet, alta fermentação



Fonte: Arquivo pessoal.

A Figura 23 mostra a levedura, antes de ser hidratada e adicionada ao mosto, a foto foi registrada antes da primeira utilização.

5.3.4 Priming

Em cada litro de cerveja, foram adicionados 5 gramas do *priming*. Na Figura 24 mostra o *priming* utilizado.

Figura 24-Priming



Fonte: Arquivo pessoal.

O *priming* é um xarope de açúcar, ou seja, um açúcar invertido.

5.4 Soluções

Foram usadas duas soluções, uma para limpeza e outra para identificação de amido.

5.4.1 Solução de Iodo

O iodo 2% foi utilizado depois da mostura para identificar a presença de amido.

Utilizou-se uma gota de iodo para cada cinco gotas de mosto.

A coloração, ao fim do processo da mostura, não pode sofrer alterações, permanecendo na cor ferrugem.

5.4.2 Solução de Ácido peracético

A solução de ácido foi utilizada, para fazer a esterilização dos equipamentos, passando a solução de ácido, em volta da superfície de todas as panelas, baldes fermentadores, colheres e garrafas.

Sua utilização foi de 5 ml do ácido peracético para 5 litros de água.

5.5 Processo produtivo da cerveja artesanal

O malte moído foi adicionado, lentamente, aos 10 litros de água, a 68°C, agitando-se com uma colher de polietileno, para não formar grumos. A temperatura da água caiu, em torno de 2°C, depois de ser adicionado o malte.

Deixou-se a mistura descansar 60 minutos, controlando-se a temperatura em torno dos 67°C.

Depois do descanso de 60 minutos, foi feito o teste com o iodo 2%. Notou-se que o líquido não mudou sua cor amarelada para um cinza azulado, significando que a conversão do amido em açúcar estava completa.

Após o teste do iodo, a temperatura do mosto foi elevada para, aproximadamente, 75°C durante 5 minutos, em agitação constante com a colher escumadeira.

Depois dos 5 minutos, o fogo foi desligado e deixou-se, em 10 minutos, o mosto descansando com a panela tampada para preservar a temperatura.

5.5.1 Filtração

A filtração do mosto foi feita por um pano que retém a maior quantidade de bagaço e com a sua recirculação. A recirculação é a retirada do mosto já filtrado pelo pano, na torneira inferior da panela e feita sua devolução para a panela que contém o bagaço, fazendo que o mosto seja filtrado e clareado por meio do bagaço. As partículas menores que conseguem passar pelo pano ficam retidas no bagaço dos grãos.

Com a retirada de todo o mosto, o bagaço foi lavado com 12 litros de água na temperatura aproximada de 76°C.

Foi medida a densidade do mosto antes da fervura.

5.5.2 Fervura do Mosto

O mosto já filtrado foi levado à fervura intensa em uma panela de inox. No início da fervura, foram adicionados 6 g do lúpulo, responsável pelo amargor.

O mosto foi fervido durante 80 minutos. Aos 70 minutos, foi adicionada uma pastilha de *whirfloc*, responsável pelo clareamento do mosto, ajudando na decantação do bagaço do malte no balde fermentador.

Aos 75 minutos de fervura, foram adicionados os outros 6 gr do lúpulo, responsável pelo aroma.

Foi medida a densidade.

Depois de a fervura ter chegado ao fim, o fogo foi desligado e, com a panela tampada, o mosto ficou 20 minutos descansando.

5.5.3 Resfriamento

O líquido foi agitado com movimentos rotatórios com a colher escumadeira até formar um redemoinho no mosto. Este processo foi feito, para a decantação das partículas menores, que conseguiram passar durante a filtração e para oxigenar o líquido que perdeu o oxigênio durante a fervura.

O resfriamento foi feito com a ajuda de uma serpentina. A temperatura final ficou em torno de 23°C.

5.5.4 Fermentação da cerveja sem reaproveitamento da levedura

Foi adicionado o mosto a, aproximadamente 23°C no balde fermentador, o qual foi devidamente esterilizado com a solução do ácido peracético de 0,005%.

Para a preparação da levedura, antes de ser adicionada ao balde fermentador, ela foi hidratada em 250 ml do mosto e depois adicionada ao restante do mosto dentro do fermentador.

A fermentação durou 6 dias, conforme as características da levedura escolhida.

5.5.5 Fermentação da cerveja com reaproveitamento da levedura

Foi retirada a primeira cerveja do balde fermentador, no dia 6 de julho de 2018, após 6 dias de fermentação, deixando apenas a parte decantada no fermentador, que contém a levedura a qual permaneceu no reator, para continuar fermentando as cervejas com reaproveitamento da levedura 1, 2 e 3. A Figura 25 mostra a levedura decantada no fundo do reator, após a retirada da primeira cerveja produzida.

Figura 25-Levedura decantada no fundo do reator



Fonte: Arquivo pessoal.

O mosto das cervejas com reaproveitamento da levedura 1, 2 e 3 foi adicionado, em cima do decantado da levedura e depois foi agitado com o auxílio de uma colher.

A densidade foi analisada.

5.5.6 Maturação

Ao fim da fermentação, foram adicionados 5 gramas do *priming* para cada litro da cerveja.

As garrafas de 500 ml foram esterilizadas com a solução de ácido peracético 0,005 %, foi envasada.

A receita rendeu, ao todo, 20 litros, pois houve uma perda de 2 litros no processo.

Depois de envasadas, as garrafas foram mantidas em temperatura ambiente, durante seis dias, em lugar escuro. Após esse tempo, as garrafas foram levadas à geladeira, durante seis dias, em temperatura de aproximadamente 8°C.

5.6 Análises das cervejas produzidas

Finalizado o processo produtivo, as cervejas artesanais foram analisadas, quimicamente, para a quantificação do teor alcoólico, no laboratório de Alimentos do Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG.

5.6.1 Determinação do título alcoométrico volumétrico

Para a obtenção do teor alcoólico volumétrico, foi medida a densidade, após a fervura, e a densidade, após a fermentação, com a ajuda de um densímetro

O cálculo do teor alcoólico pode ser realizado pela utilização da Equação 1, empírica, apresentada a seguir:

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

Em que:

% ABV: Teor alcoólico em álcool por volume.

OG: Densidade relativa original, medida após a fervura.

FG: Densidade relativa final, medida após a fermentação.

Foram adicionados 100 ml de uma amostra da cerveja, em uma proveta e medida, a partir desta amostra, a densidade com a ajuda de densímetro, ilustrado na Figura 26.

Figura 26-Medição da densidade



Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

5.6.2 Análise sensorial

Segundo Esteves (2009), a análise sensorial tem como embasamento um método não científico, com o intuito de medir com os sentidos e registrar sensações.

Foram feitos os testes de coloração, odor, sabor e gaseificação; a avaliação foi feita com um grupo de 5 pessoas, para uma escala de 0 a 10, sendo 0 péssimo e 10 ótimo; cada degustador avaliou as cervejas de acordo com seu gosto individual.

5.6.3 Análise microbiológica

As amostras das cervejas artesanais com e sem reaproveitamento da levedura foram diluídas em uma escala de 1:10, a diluição foi feita em água destilada. A diluição da amostra foi adicionada às placas previamente preparadas com 20 mL de Agar Batata Dextrose fundido, resfriado a 44-46°C e autoclavada. Antes da utilização, a superfície do meio estava seca.

A inoculação foi feita com 0,1 mL de cada diluição, na superfície das placas previamente preparadas e usando o suabe, para espalhar o inóculo por toda a superfície do meio, até que todo o excesso de líquido fosse absorvido.

Foram aguardados, aproximadamente, 15 minutos para secagem das placas já inoculadas e incubadas a 25°C por 3-5 dias.

Segundo Quinta (2014), transcorrido o período de incubação, foram consideradas, para contagem, somente as placas que apresentaram de 30 a 300 colônias. Foi multiplicado o resultado por 10, para levar em conta o volume dez vezes menor inoculado no plaqueamento em superfície.

6 RESULTADOS

Teor Alcoólico: as cervejas artesanais produzidas apresentaram um decaimento, no teor alcoólico baixo e médio, mostrando que a cerveja com reaproveitamento 1 não apresentou variação relevante; já as cervejas com reaproveitamento 2 e 3 tiveram um decaimento médio, como é possível observar na Tabela 2, pois houve decaimentos de 0.1%, 0.5%, 1.1%, aproximadamente, em relação à primeira batelada da cerveja, quanto a seu teor alcoólico.

Tabela 2- Teor Alcoólico

Cervejas	Título álcool volumétrico (%)	Classificação quanto ao teor álcool volumétrico
Sem o reaproveitamento	5	Alto
Com o reaproveitamento 1	4.9	Alto
Com o reaproveitamento 2	4.5	Médio
Com o reaproveitamento 3	3.9	Médio

Fonte: o autor, 2018.

As cervejas com o reaproveitamento da levedura e as cervejas sem o reaproveitamento da levedura tiveram um teor alcoólico elevado. Segundo Matozo (2013), as cervejas artesanais costumam ter um teor alcoólico mais elevado que as cervejas industrializadas.

A diferença dos teores alcoólicos finais foi 5 para cerveja artesanal sem reaproveitamento da levedura, 4.9 para primeira batelada da cerveja artesanal com reaproveitamento da levedura, 4.5 para segunda batelada da cerveja artesanal com reaproveitamento da levedura e 3.9 para a terceira batelada da cerveja artesanal com reaproveitamento da levedura.

Souza (2017), na elaboração de cerveja artesanal, sem reaproveitamento da levedura, utilizando mel e malte como adjuntos, obteve teor alcoólico de 5%. Já nas cervejas elaboradas com puro malte e sem reaproveitamento de leveduras, obteve baixos teores alcoólicos, pois as cervejas apresentaram valores entre 2 e 3% de título álcool volumétrico.

Salles e Horst (2015), na fabricação de cerveja artesanal Pilsen com reaproveitamento de leveduras, notou que a produção de etanol no Mosto sem

reaproveitamento de levedura foi em torno de 25% maior em comparação aos mostos produzidos com reaproveitamento de levedura.

Para fazer uma comparação de mercado, foi escolhida uma cerveja artesanal produzida em Formiga-MG, que apresenta o teor alcoólico disponibilizado pela própria embalagem, mostrado na Tabela 3.

Tabela 3- Teor alcoólico disponibilizado pela própria embalagem

Cerveja Artesanal para comparação	Título álcool volumétrico (%)	Classificação quanto ao teor álcool volumétrico
Fürst	5.5	Alto

Fonte: o autor, 2018.

Na comparação das cervejas produzidas com a cerveja artesanal presente no mercado, houve uma diferença no teor alcoólico, pois as cervejas artesanais produzidas com e sem reaproveitamento da levedura tiveram uma classificação alta e média, já a cerveja artesanal, para comparação Fürst, tem um teor alcoólico alto.

Em comparação com a cerveja Fürst, as cervejas com o reaproveitamento da levedura tiveram um teor alcoólico menor que a cerveja sem o reaproveitamento da levedura, mostrando que a primeira batelada da produção da cerveja artesanal apresentou uma eficácia maior na fermentação alcoólica.

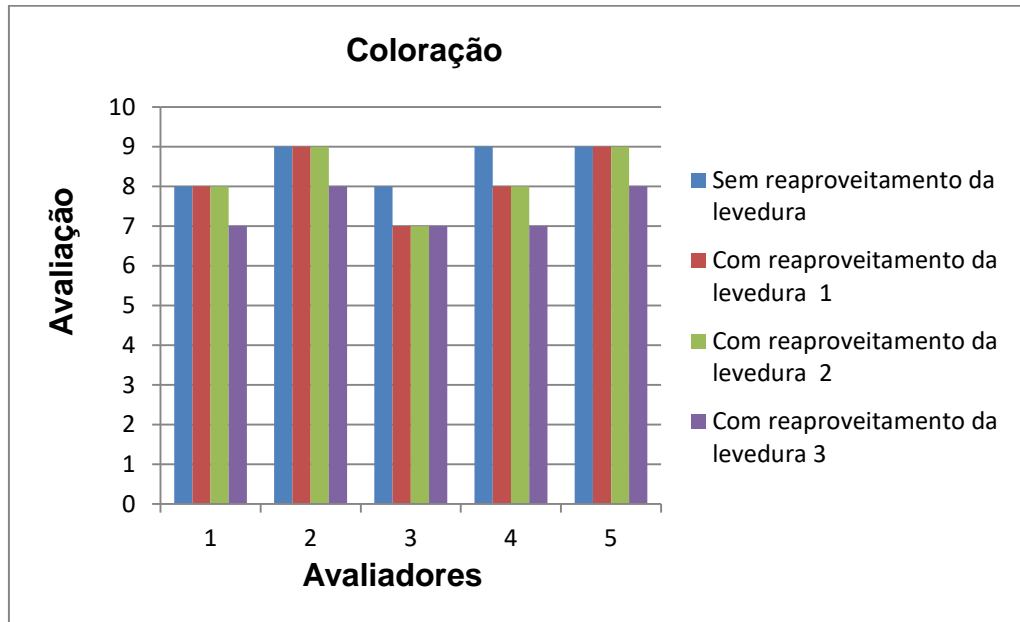
Testes Sensoriais: os testes sensoriais foram feitos com cinco pessoas; cada uma recebeu uma folha para avaliar a coloração, odor, sabor e gaseificação. A escala avaliativa foi de 0 a 10, sendo 0 péssimo e 10 ótimo.

Segundo Silva (2009), em seu artigo, foi aplicada uma análise sensorial realizada no laboratório de técnica dietética da UNIFRAN. Foi realizado um teste de aceitabilidade com 60 avaliadores não treinados, os quais avaliaram três tipos de cervejas, uma elaborada com médio, outra com alto teor alcoólico e uma de alto teor adquirida em um estabelecimento comercial. As amostras foram distribuídas, para os analisadores, de modo que eles não identificassem qual era a cerveja que estavam avaliando.

Segundo Silva (2009), os avaliadores receberam, para a análise, água mineral, biscoitos do tipo água e sal e uma ficha de avaliação sensorial, com uma escala hedônica de 7 pontos, sendo 1 = desgostei extremamente e 7 = gostei extremamente e foram avaliados os atributos: odor, sabor, aparência, textura residual, coloração e gaseificação.

Coloração: a aceitabilidade da coloração mostra se a aparência visual da cerveja está aceitável para as pessoas que vão consumir a cerveja. As respostas para as avaliações da coloração estão ilustradas no Gráfico 1.

Gráfico 1-Teste sensorial de coloração



Fonte: Arquivo pessoal.

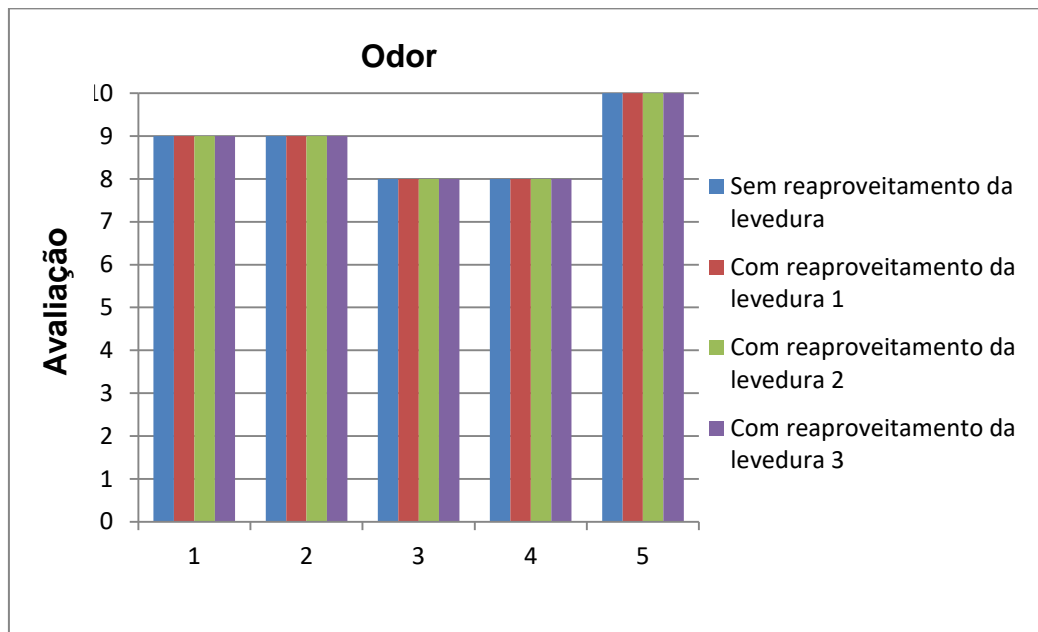
Na avaliação da coloração, a cerveja sem o reaproveitamento teve avaliações mais elevadas. Nota-se, ainda, que as cervejas com reaproveitamento 1, 2 e 3 tiveram uma avaliação menor e não foi observada diferença significativa nas avaliações das cervejas com reaproveitamento 1 e 2, pois receberam as mesmas notas pela maioria dos avaliadores, já a cerveja com reaproveitamento 3 recebeu as menores notas em comparação com as demais.

Silva (2009), em seus resultados das médias, para as análises avaliativas sensoriais de coloração, na escala de 0 a 7, obteve a avaliação média de 5,23 para cervejas comercializadas, uma média de 5,03 para cervejas com teor alcoólico médio, uma média de 4,28 para cervejas com alto teor alcoólico.

As avaliações, quando comparadas ao presente trabalho e as médias de Silva (2009) possuem uma amplitude aproximada, mostrando-se próxima à nota máxima.

Odor: na avaliação do odor da cerveja, foi comparado se houve mudança no odor da cerveja sem o reaproveitamento da levedura e das cervejas com o reaproveitamento da levedura 1, 2 e 3, como é possível observar no Gráfico 2.

Gráfico 2-Análise sensorial de Odor



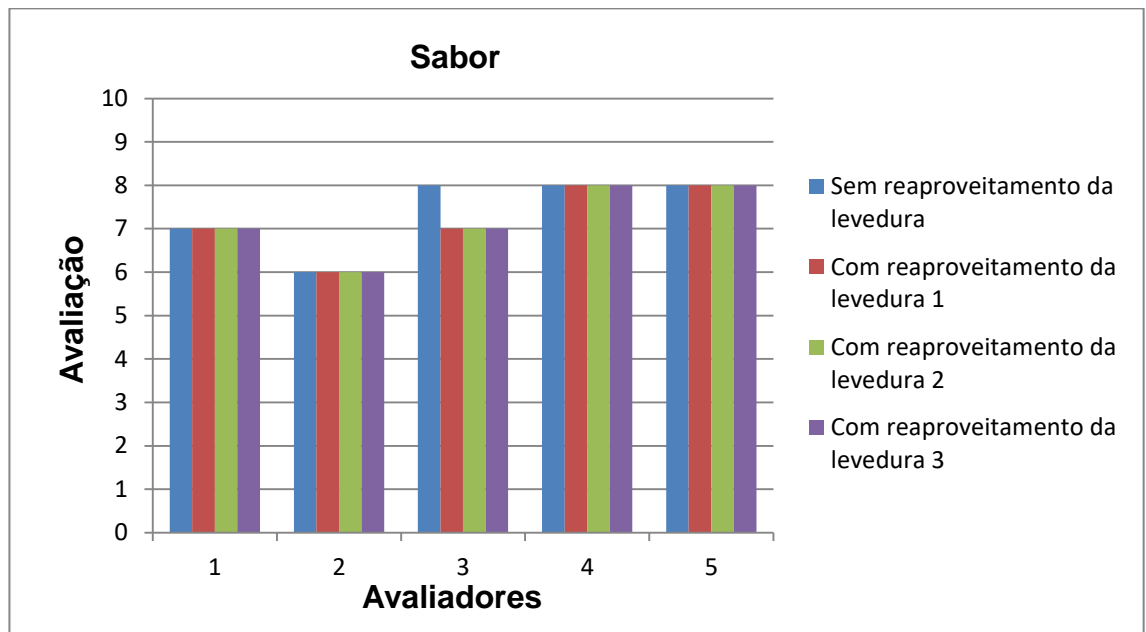
Fonte: Arquivo pessoal.

As notas avaliativas, para as cervejas com e sem reaproveitamento da levedura, foram iguais, mudando apenas as notas individuais de cada avaliador. Os avaliadores 1 e 2 avaliaram as duas cervejas com nota 9, os avaliadores 2 e 3 avaliaram com nota 8, já o avaliador 5 avaliou com nota 10.

Na avaliação sensorial de Santos, os avaliadores aferiram as cervejas comerciais em 5.48, para a cerveja com teor alcoólico médio 4.13 e, para as cervejas com alto teor alcoólico 4.86. As notas foram avaliadas em uma escala de 0 a 7.

Sabor: os cinco participantes experimentaram as quatro cervejas e as compararam, para saber se houve alterações no sabor das cervejas, como é possível observar as avaliações no Gráfico 3.

Gráfico 3-Análise sensorial de Odor



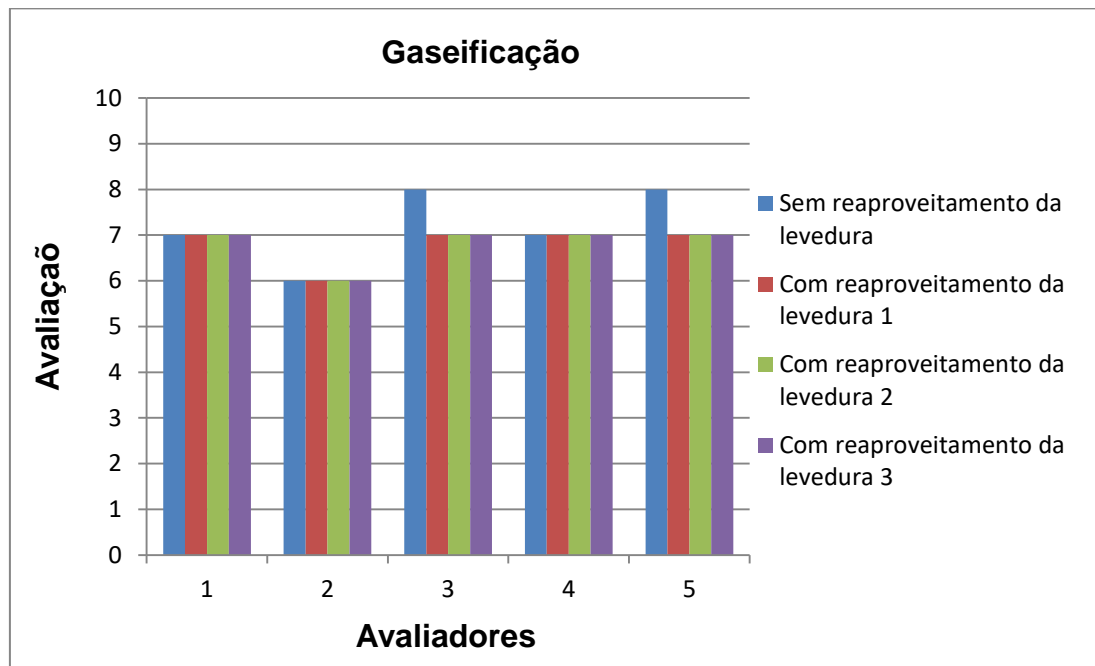
Fonte: Arquivo pessoal.

O Gráfico 3 mostra uma leve alteração sentida pelo participante 3; ele avaliou a cerveja sem o reproveitamento com uma nota 8, e as cervejas com reproveitamento 1, 2 e 3 com a nota 7, já os demais avaliadores, 1, 2, 4, e 5, não notaram diferença entre as cervejas e as avaliaram iguais.

Nas avaliações sensoriais de Silva (2009), em uma escala de 0 a 7, para a qualidade do sabor, a cerveja comercial recebeu a nota 4.78; para a cerveja de teor alcoólico médio a nota de 3.35 e, para cerveja de alto teor alcoólico, a nota de 4.01.

Gaseificação: na avaliação da gaseificação, na qual se avaliaram a espuma e o gás presente e, na cerveja ilustrada no Gráfico 4, mostra as notas apresentadas para cada cerveja.

Gráfico 4 - Análise sensorial de Gaseificação



Fonte: Arquivo pessoal.

As notas da gaseificação tiveram diferenças nas cervejas com e sem reaproveitamento da levedura, para os avaliadores 3 e 5, em que as cervejas sem o reaproveitamento da levedura obtiveram nota 8 para ambos os avaliadores. As cervejas 1, 2, e 3 com reaproveitamento da levedura tiveram nota 7, também, para ambos os avaliadores. O avaliador 1 aferiu com nota 7 as quatro cervejas, o avaliador 2 avaliou com nota 6 para as cervejas e o avaliador 4 avaliou com 7 as quatro cervejas.

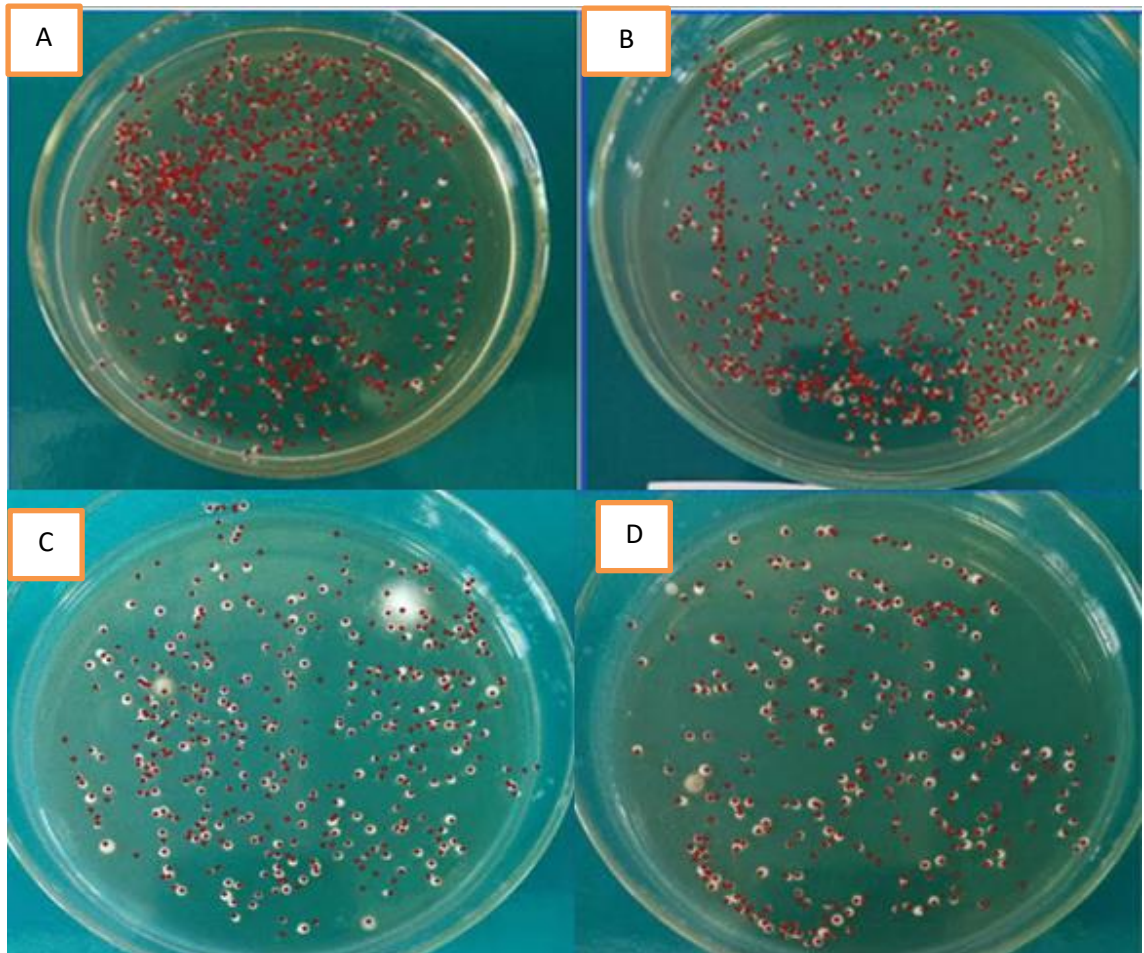
Segundo Silva (2009), em seus testes sensoriais para a gaseificação, ele obteve o resultado, para a cerveja comercial de 4.98, para a cerveja com teor alcoólico médio 3.65 e para cerveja de teor alcoólico alto de 4.28. A escala utilizada na avaliação foi de 0 a 7.

Na comparação dos resultados do presente trabalho e Silva (2009), para o teste sensorial da gaseificação das cervejas, notou-se que os avaliadores 1, 3, 4, e 5 mantiveram os resultados próximos à nota máxima que era 10. Nos resultados de Silva (2009), também, mantiveram próximos à nota máxima que era 7, porém o avaliador 2, do presente trabalho, avaliou as cervejas igualmente com uma nota 6, resultando uma nota baixa quando comparada às outras.

Análise Microbiológica: na análise microbiológica foi feita a contagem de colônias em contagem UFC/mL. Na Figura 27 é possível observar o crescimento das

colônias, nas amostras das cervejas artesanais produzidas com e sem reaproveitamento da levedura.

Figura 27- Crescimento das colônias dos microrganismos da levedura (A) emplacamento da cerveja sem o reaproveitamento (B) emplacamento da cerveja com reaproveitamento 1 (C) emplacamento da cerveja com reaproveitamento 2 (D) emplacamento da cerveja com reaproveitamento 3.



Fonte: Arquivo pessoal.

Segundo Franco e Landgraf (2008), as leveduras são microrganismos que possuem características de colônias ovalinas, bordas definidas pequenas e cremosas.

As contagens das colônias tiveram um grau de decaimento gradativo nas quatro amostras das cervejas com e sem reaproveitamento da levedura. O crescimento microbiológico da cerveja sem o reaproveitamento, ilustrado na Figura 27.a, teve uma contagem de colônias de 977 UFC/mL. A contagem de colônias do emplacamento da cerveja 1 com o reaproveitamento da levedura foi de 874 UFC/mL ilustrado na FIGURA 27 (B). Na cerveja 2 com reaproveitamento, foram contadas

419 UFC/mL colônias, o emplacamento da amostra da cerveja 2 com reaproveitamento está ilustrada na FIGURA 27 (C). A FIGURA 27 (D) ilustra o resultado de colônias da cerveja 3 com reaproveitamento e sua contagem foi de 314 UFC/mL. Foi a cerveja com o maior grau de decaimento de colônias, em relação à cerveja produzida sem o reaproveitamento da levedura, por ter sido a terceira batelada com reaproveitamento. A eficiência da levedura teve uma queda maior em relação à cerveja sem reaproveitamento.

As amostras tiveram uma diluição de 1:100 para ser feita a contagem de colônias.

Martins (2015), em seu plaqueamento da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, em uma diluição de 1:10000, teve uma margem de contagem de coloniais de 5 a 35 aproximadamente.

Levando em consideração que a diluição de Martins (2009) foi maior que o experimento do presente trabalho, por diferença da diluição, durante o plaqueamento, é possível justificar a diferença na quantidade de colônias.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como esperado, as cervejas artesanais 1, 2 e 3 com o reaproveitamento da levedura tiveram um teor alcoólico menor que a cerveja artesanal sem reaproveitamento da levedura, mostrando que a cerveja que utilizou a levedura, no seu primeiro processo batelada, teve maior eficiência.

O experimento mostrou-se viável, pois o decaimento do teor alcoólico foi pequeno na cerveja 1 com reaproveitamento da levedura, médio para cerveja 2 com reaproveitamento da levedura e maior decaimento no teor alcoólico e contagem de colônias na terceira batelada da cerveja com reaproveitamento da levedura. O reaproveitamento da levedura mostrou-se viável para as cervejarias, porém, com o controle de decaimento, pois é um processo que possui um limite de reaproveitamento da levedura.

Nos testes sensoriais, a cerveja sem reaproveitamento foi mais bem avaliada, quando comparadas às cervejas com reaproveitamento da levedura, indicando que o processo de reaproveitamento da levedura teve uma alteração quanto à coloração, odor, sabor e gaseificação da cerveja artesanal.

O teste microbiano mostrou que o número de colônias das cervejas com reaproveitamento da levedura teve um grau de decaimento em comparação com a cerveja sem reaproveitamento da levedura

REFERÊNCIAS

BRASIL. Nilo Índio Do. **Introdução a engenharia química**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

BRASIL. Decreto-lei nº 6.871, de 4 de Junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm.> Acesso em: 15 mar. 2017.

BONACCORSI, M. M; **Guia de estilos de cervejas**: Certification Program Beer Judge, 2016. Disponível em: <<http://www.brauakademie.com.br/assets/bjcp-2015-beer-pt-br.pdf>.>. Acesso em:

BORZONI, W et. Al. **Biotecnologia industrial**: processos fermentativos e enzimáticos. v.1, São Paulo: Blucher, 2001.

CERVEJAS DO MUNDO. 20. Disponível em: <<http://www.cervejasdomundo.com/Ale.htm>> Acesso em: 21 set. 2018.

CREMASCO, M. A. **Vale a pena estudar engenharia química**. 3. Ed. São Paulo: Blucher, 2010.

ESTEVES, E. **Análise sensorial**. Faro: Universidade Algarve; Instituto Superior de Engenharia, 2009. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/74689041/RELATORIOS-AnaliseSensorial-091>.> Acesso em: 21 set. 2018.

"Fermentação alcoólica" em *Só Biologia*. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2018. Disponível em: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica3_2.php.> Acesso em: 21 set. 2018.

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

GAUTO, M. A; ROSA, G. R. **Processos e operações industriais da indústria química**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011

HARPIA CERVEJARIA: redescubra sua cerveja. 201?. Disponível em: <<http://harpiacervejaria.blogspot.com/2011/06/historia-da-levedura-saccharomyces.html%20>.> Acesso em: 21 set. 2018.

MARTINS, A. P: Avaliação automática da taxa de crescimento de colônias de leveduras incubadas em placas de petri usando plataforma móvel. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 33-46, jul./dez. 2015.

MATOSO, L. da C. **Método crioscópico para quantificação de etanol em bebidas**. 2013. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Curso de Tecnologia de alimentos). Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. Disponível em:
<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1594/1/CM_COALM_2013_1_09.pdf.> Acesso em: 20 set. 2018.

MEGA FRANCIELI. A produção da cerveja no brasil. **Revista Citino: ciência, tecnologia e oportunidades**. [S.L.], v. 1, n.1, out./nov. 2011. Disponível em:
<<https://www.hestia.org.br/wp-content/uploads/2012/07/CITINOAno1V01N1Port04.pdf>.> Acesso em: 21 set. 2018.
MUXEL, A.

Fundamentos de fabricação da cerveja: dia de brasagem. Blumenau: Universidade de santa Catarina, 2016. Disponível em:
<http://amuxel.paginas.ufsc.br/files/2017/03/Brassagem_SNCT_alunos.pdf.> Acesso em: 21 set. 2018.

QUINTA, L. N. B, QUEIROZ, J. H. F. S; SOUZA, K. P; PISTORI, H.; CEREDA, M. P. **Classificação de Leveduras para o Controle Microbiano em Processos de Produção de Etanol**. Campo Grande, MS, Universidade Católica Dom Bosco, 2014. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/268204684_Classificacao_de_Leveduras_para_o_Control_Microbiano_em_Processos_de_Producao_de_Etanol.> Acesso em: 21 set. 2018.

REBELLO, F. de F. P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**. [S.L.], v. 1, n.3, p. 145-155. Dez. 2009. Disponível em: <<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/224>.> Acesso em: 21 set. 2018.

RODRIGUES, M. A. **Jornadas de lúpulo e cerveja: Novas oportunidades de negócio**. [S.L.]: Livro de atas, 2015.

ROQUE, M. Processo de uma cerveja artesanal. 2016. Disponível em:
<<http://kiburockbeer.com.br/processos-de-uma-cerveja-artesanal/>.> Acesso em: 21 set. 2018.

ROSA, M. H. S. **Produção artesanal de uma cerveja tipo Pilsen e análise da etapa de fermentação visando à identificação de possíveis melhorias no processo**. 2014. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Lorena: Universidade de São Paulo, 2014.

SALLES, B. L, HORST, J. B. **Avaliação da eficiência da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (W-34/70), reaproveitada na produção de cerveja**. 2015. 31 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior em Tecnologia de alimentos). Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8070/1/PG_COALM_2015_1_24.pdf> Acesso em: 25 set. 2018.

SILVA, A. E. Da. et al. Elaboração de cerveja com diferentes teores alcoólicos através de processo artesanal. **Rev Alim. Nutr.** Araraquara, v.20, n.3, p. 369-374, jul./set. 2009. Disponível em:
<<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1129/832>. Acesso em: 15 set. 2018.

SIROMA, T. **Estudo de variações na fermentação e propriedades organolépticas na produção de cerveja com diferentes maltes.** 2013. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Lorena: Universidade de São Paulo, 2013.

SOUZA, R. L. D. **Aproveitamento de resíduo de levedura cervejeira como fonte de nutrientes para o cultivo de *Bacillus* sp.** 2016, 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Biotecnologia) João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2016. Disponível em:
<<http://www.cbiotec.ufpb.br/ccbiotec/contents/tccs/aproveitamento-de-residuo-de-levedura-cervejeira-como-fonte-de-nutrientes-para-o-cultivo-de-bacillus-sp.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2018.

TERMOS UTILIZADO PELO CERVEJEIRO, 201?. Disponível em:
<<https://pt.slideshare.net/gustavoprzybylski7/apostila-curso-homebrewing>> Acesso em: 21 set. 2018.