



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS

**PRIMEIRA PRODUÇÃO ARTESANAL DE CERVEJA NO CURSO DE
ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS DA UFSJ**

Ana Carolina Trevisani Souza

Orientador: José Carlos de Magalhães

Ouro Branco

Junho/2015

**PRIMEIRA PRODUÇÃO ARTESANAL DE CERVEJA NO CURSO DE
ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS DA UFSJ**

Ana Carolina Trevisani Souza

Trabalho de conclusão de curso apresentado em
cumprimento às exigências do Curso de Bacharelado em
Engenharia de Bioprocessos da Universidade Federal de
São João del-Rei.

Orientador: José Carlos de Magalhães

Ouro Branco

Junho/2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS

**PRIMEIRA PRODUÇÃO ARTESANAL DE CERVEJA NO CURSO DE
ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS DA UFSJ**

Ana Carolina Trevisani Souza

A Banca Examinadora, composta pelos membros abaixo, avaliou este TCC:

José Carlos de Magalhães - Orientador

Daniela Leite Fabrino – Examinador 1

Ênio Nazaré de Oliveira Júnior – Examinador 2

Ouro Branco, ____/____/____

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus companheiros de projeto na Disciplina Laboratório Biotecnológico; Heron Ibraim e Stephanny Shimada que me ajudaram a tornar esse trabalho possível e, em especial, ao Prof. Dane Tadeu Cestarolli que disponibilizou os equipamentos para a fabricação da cerveja.

RESUMO

O Brasil possui um mercado de cervejas altamente disputado, devido ao potencial de consumo da bebida entre os brasileiros. Porém, ao mesmo tempo em que as maiores indústrias cervejeiras do mundo estão inseridas nesse mercado, produzindo basicamente cervejas ditas populares como a Pilsen, têm surgido muitas novas pequenas empresas oferecendo cervejas diferenciadas, sendo conhecidas como microcervejarias, ou cervejarias artesanais. Enquanto as grandes empresas crescem 7% ao ano, as microcervejarias crescem anualmente cerca de 14%. Em 2006, existiam 60 microcervejarias no Brasil, e hoje, existem mais de 180. As cervejas artesanais trazem a opção de produtos exclusivos e diferenciados com vários tipos, textura, aromas e sabores. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo a produção de 10 litros de cerveja artesanal do tipo Pale Ale por meio da aplicação de importantes conceitos aprendidos durante o curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos.

Palavras-chave: Cervejas artesanais, Microcervejarias, Pale ale, Engenharia de Bioprocessos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. Apresentação da proposta	6
1.2. Contextualização da proposta	6
1.3. Justificativa e relevância.....	7
2. OBJETIVO	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1. Definição de cerveja	10
3.1.1. <i>Classificação das cervejas</i>	10
3.2. Histórico da cerveja no Brasil e no mundo	12
3.3. Mercado mundial e nacional de cervejas	14
3.4. Cervejarias artesanais.....	17
3.5. Beer Judge Certification Program (BJCP).....	17
4. PROCESSO PRODUTIVO DE CERVEJA ARTESANAL	18
4.1. Matérias – primas	18
4.2. Processo de fabricação	27
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	46
5.1. Material.....	46
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
7. CONCLUSÃO	52
8. REFERÊNCIAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação da proposta

O mercado consumidor de cerveja, atualmente, está cada vez mais minucioso, crítico e interessado em processos produtivos singulares, que ofereçam um produto de qualidade, com sabor, textura, aroma e aparência diferenciados (SPIER, 2010).

Conforme pode ser observado em seu Plano Pedagógico, o curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos da UFSJ promove o embasamento teórico e prático de conceitos de qualidade e de vários processos biológicos, entre eles a fermentação alcoólica, utilizada na produção de cerveja. Dessa forma, o Engenheiro de Bioprocessos está apto para atuar na Indústria cervejeira, considerando as novas demandas dos consumidores e perspectivas de crescimento do mercado cervejeiro (<http://www.ufsj.edu.br/cbiop>).

Diante desse contexto, o projeto desenvolvido para a fabricação de cerveja artesanal, estilo Pale Ale, exigiu a aplicação de conhecimentos teóricos e de técnicas estudadas durante a graduação, a fim de produzir uma cerveja artesanal particular e de qualidade. Nesse sentido, serão apresentadas a contextualização da proposta do presente trabalho, bem como as justificativas e relevâncias consideradas na sua definição.

1.2. Contextualização da proposta

Estima-se que o homem começou a utilizar bebidas fermentadas há 30 mil anos, sendo que a produção e o consumo de cerveja devem ter se iniciado por volta de 8.000 anos A.C. (VENTURINI; CEREDA, 2001).

A cerveja é considerada uma das bebidas mais consumidas mundialmente. Isso acontece devido ao longo tempo de existência, pelos benefícios à saúde que a mesma oferece, por ser uma bebida saborosa, diversificada e pelo aprimoramento técnico, ao longo dos anos (BEZZI, 2015).

Em 2001, o Brasil era o quarto colocado entre os maiores produtores mundiais de cerveja, produzindo, anualmente, 8,4 bilhões de litros e consumindo, aproximadamente 50 litros per capita/ano. Atualmente, o mercado cervejeiro brasileiro está em franca expansão, fato comprovado pela obtenção da terceira posição mundial, no ano de 2011, em produção de cerveja, com 12,4 bilhões de litros e consumo de cerca de 64 litros per capita/ano (REINOLD, 2011).

Esse crescimento pode ser justificado pelo desenvolvimento de novas tecnologias e pesquisas, que objetivam à melhoria do processo, redução de custos, melhorias na qualidade dos produtos e processos (REINOLD, 2011).

O setor brasileiro de cervejas artesanais vem ganhando visibilidade, sendo, também, um dos responsáveis por esse crescimento do mercado cervejeiro, nos últimos anos. O gosto do consumidor está se modificando, devido ao aumento do poder aquisitivo, estabilidade econômica e também pelo prazer de sentir novas sensações. Ao contrário das linhas de fabricação das cervejarias comuns, as quais focam na produção em massa, nas cervejarias artesanais o que se objetiva é a qualidade de produtos diferenciados (REINOLD, 2011).

Portanto, a profissionalização nas atividades de fabricação de cervejas artesanais como: produção, controle de qualidade, venda, marketing e gestão, torna-se primordial, para que os interessados adentrem nesse atraente e promissor mercado de relevante importância econômica, social e cultural (RIGUEIRA, 2014).

1.3. Justificativa e relevância

O crescimento do mercado de cervejas do Brasil é justificado pelo surgimento de um novo consumidor mais crítico e interessado em apreciar as distintas sensações oferecidas pelas cervejas artesanais. O novo consumidor busca além de rótulos diferenciados, combinar a bebida com pratos da gastronomia e exige um bom padrão de qualidade, atribuindo à cerveja um status comparável ao do vinho (REINOLD, 2011).

Considerando-se que o setor cervejeiro se encontra em fase de ampla expansão, requerendo o processamento de produtos com qualidade, sabor, textura e aroma

particulares, percebe-se uma oportunidade de estudá-lo a fim de conhecer mais sobre seus problemas e perspectivas, bem como aprender e aprimorar sobre as técnicas do processo de produção. Uma vez que a qualidade da bebida é um fator determinante e diferencial, nas cervejarias artesanais, especializar-se nas atividades cervejeiras é primordial para obtenção de sucesso, nesse mercado (REINOLD, 2011).

2. OBJETIVO

No presente trabalho, objetivou-se produzir dez litros de cerveja artesanal do tipo Pale Ale por meio da alta fermentação com *Saccharomyces cerevisiae*, colocando em prática os conhecimentos adquiridos durante a graduação em Engenharia de Bioprocessos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Definição de cerveja

O decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a lei nº 8.918 de 14 de julho de 1994 dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de bebidas. De acordo com a legislação brasileira, conforme mencionado no Artigo 36 do referido decreto, “Cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo”. Segundo o mesmo decreto, do malte de cevada e do lúpulo podem ser utilizados seus respectivos extratos e também parte do malte de cevada pode ser substituída por adjuntos cervejeiros, ou seja, os amidos e açúcares de origem vegetal. Os cereais referidos na legislação são a cevada, o trigo, o centeio, o milho, a aveia, e o sorgo, integrais, em flocos ou a sua parte amilácea. Ressalta-se que a adição de adjuvantes cervejeiros é limitada a uma quantidade máxima, e que a adição de qualquer tipo de álcool à cerveja, independentemente de sua procedência, é proibida (VENTURINI, 2001)

3.1.1. Classificação das cervejas

A cerveja é classificada segundo a Legislação Brasileira sob diferentes formas, em função das características da fermentação e do produto acabado.

a) Quanto ao extrato primitivo

O teor de extrato primitivo é a quantidade de substâncias dissolvidas do mosto, que dá origem à cerveja, expressa em porcentagem de peso, ou seja, é a densidade original do mosto, antes da fermentação. A Tabela 1 relaciona o teor de extrato primitivo para os diferentes tipos de cerveja (VENTURINI, 2001).

Tabela 1 – Relação entre o tipo de cerveja e o teor de extrato primitivo.

Tipo de cerveja	Teor de extrato primitivo (%em peso)
Leve	$5 \leq \text{extrato}_{\text{primitivo}} < 10,5$
Comum	$10,5 \leq \text{extrato}_{\text{primitivo}} < 12$
Extra	$12 \leq \text{extrato}_{\text{primitivo}} \leq 14$
Forte	$\text{extrato}_{\text{primitivo}} > 14$

Fonte: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm (2014).

b) Quanto à cor

A cerveja também pode ser classificada quanto à cor, conforme padrão European Brewery Convention (EBC), como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Relação entre o tipo de cerveja e a cor em unidades EBC.

Tipo de cerveja	Cor (unidades EBC)
Clara	Inferior a 20
Escura	Superior a 20

Fonte: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm (2014).

A cerveja também pode ser classificada como cerveja colorida, aquela que por ação de corantes naturais, apresenta coloração diferente das definidas pelo padrão EBC (VENTURINI, 2001).

c) Quanto ao teor alcoólico

Essa classificação é realizada por meio da medida da porcentagem de álcool existente na cerveja, conforme Tabela 3 (VENTURINI, 2001).

Tabela 3 – Relação entre o tipo de cerveja e o teor alcoólico.

Tipo de cerveja	Conteúdo em álcool (% em volume)
Sem álcool	$\leq 0,5\%$
Com álcool	$> 0,5\%$

Fonte: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm (2014).

Teoricamente, uma cerveja classificada como sem álcool não deveria conter nenhuma quantidade de etanol. Entretanto, existe um pequeno teor de álcool remanescente, que depende das legislações próprias dos vários países produtores. A Legislação brasileira não considera obrigatória a declaração, no rótulo do conteúdo alcoólico, quando o teor for menor ou igual a 0,5% em volume (VENTURINI, 2001).

d) Quanto à proporção de malte de cevada

Em relação à proporção de malte de cevada, as cervejas são classificadas como:

- Cerveja puro malte: possui 100% de malte de cevada, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares;
- Cerveja: aquela que possuir proporção de malte de cevada maior ou igual a 50% em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares;
- “Cerveja com o nome do vegetal predominante, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior que 20% e menor que 50%, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares (VENTURINI, 2001).

e) Quanto à fermentação

Ao se analisar o processo fermentativo da cerveja, tem-se a seguinte classificação:

- Baixa fermentação: cerveja obtida pela ação da levedura cervejeira que se deposita no fundo da cuba durante ou após a fermentação. Geralmente, ocorre entre 7–15 °C e origina as cervejas do tipo lagers;
- Alta fermentação: cerveja obtida pela ação da levedura cervejeira que emerge a superfície do líquido na fermentação. Geralmente, ocorre entre 15–22 °C e origina as cervejas do tipo Ale (VENTURINI, 2001).

3.2. Histórico da cerveja no Brasil e no mundo

A prática da cervejaria começou há milhares de anos e pode ter sido originada na região da Mesopotâmia, onde a cevada cresce em estado selvagem. Há evidências de que a cerveja já era fabricada na Babilônia no ano de 6000 a.C. No Egito, a

cerveja era uma bebida nacional de grande consumo, ocupando um lugar importante nos ritos religiosos, sendo distribuída ao povo (FILHO, 2010).

O processo cervejeiro era exercido por padeiros, em que a cevada era deixada de molho até germinar e então moída grosseiramente, moldada em bolos aos quais se adicionava levedura. Esses bolos, após parcialmente assados e desfeitos, eram colocados em jarra com água e deixados fermentar. Essa cerveja rústica ainda é fabricada no Egito com o nome de Bouza (FILHO, 2010).

O aperfeiçoamento na técnica de produção da cerveja ocorreu no início da Idade Média, quando os mosteiros assumiram a fabricação da bebida, fato que acarretou um aumento da produção, qualidade e consumo da mesma. Ressalta-se que a adição do lúpulo, utilizado como fator de amargor da cerveja, ocorreu também nesse período. Nessa época, ainda se utilizava de toda espécie de ingredientes na elaboração da cerveja. Por esse motivo, em 1516, o Duque Guilherme IV da Bavária, atual Alemanha, aprovou o que ficou conhecido com a lei mais antiga do mundo sobre a manipulação de alimentos, a lei alemã de pureza da cerveja, que institui que para a elaboração da cerveja deveria se utilizar somente cevada, água, lúpulo. Ainda não se sabia nada sobre a levedura, sendo posteriormente adicionada a Lei (FILHO, 2010).

A história da cerveja no Brasil, por sua vez, inicia-se com sua chegada ao país em 1808, trazida pela família Real Portuguesa. A cerveja era restrita aos nobres e como não havia fabricação local, no século XIX, era considerada mercadoria estrangeira e obtida através de importações (MOURADO, 2009).

A cerveja produzida não possuía marca alguma e era entregue aos consumidores em barris e garrafas diversos, fato que levou a denominação “cervejas de marca barbante” à primeira cerveja brasileira. Por ser produzida sem muita técnica, a bebida alcoólica liberava uma alta quantidade de gás carbônico, logo era necessário amarrar a rolha, que vedava o recipiente contendo o produto, com um barbante para que a mesma não estourasse, justificando a atribuição do nome (MOURADO, 2009).

As primeiras cervejarias surgiram nos anos de 1849 e 1850. Um fato que deve ser ressaltado é a mudança do suíço Albrecht Schmalz para Santa Catarina, onde instalou sua cervejaria, a primeira noticiada no estado. Em 1876, surge a Imperial Fábrica de Cerveja Nacional, posteriormente conhecida como Bohemia e em 1888 surgem as cervejarias Brahma e Antártica paulista. No ano de 1999 as empresas Brahma e Antártica se fundem e originam a Ambev – Companhia de Cerveja das Américas. Sua fusão com a Interbrew da Bélgica foi responsável pela criação da Inbev, hoje maior grupo de produção de cerveja do mundo (MOURADO, 2009).

Por outro lado, ano a ano, as pequenas cervejarias aumentam a sua fatia na produção nacional (MOURADO, 2009).

3.3. Mercado mundial e nacional de cervejas

O mercado da cerveja vem expandindo mundialmente, constituindo-se um dos principais produtos que compõem o setor de bebidas. O aumento do consumo em países que até então não eram considerados tradicionais como Brasil, Rússia e China foi um dos responsáveis por alavancar o crescimento da atividade. No ano de 2006, o Brasil ocupava a quarta posição no ranking dos maiores produtores mundiais de cerveja. Já em 2011, o país estava consolidado na terceira posição de maior produção anual de cerveja. Porém os maiores consumidores de cerveja, per capita, ainda são a República Tcheca, com consumo superior a 140 litros/ano, Áustria e Alemanha com cerca de, respectivamente, 108 e 102 litros/ano. A Tabela 4 apresenta a produção anual, bem como o consumo per capita de cerveja, em litros/ano, dos dez maiores mercados cervejeiros (QUEIROZ, 2014).

Tabela 4 – Produção anual e consumo per capita de cerveja dos maiores mercados cervejeiros, dados de 2011.

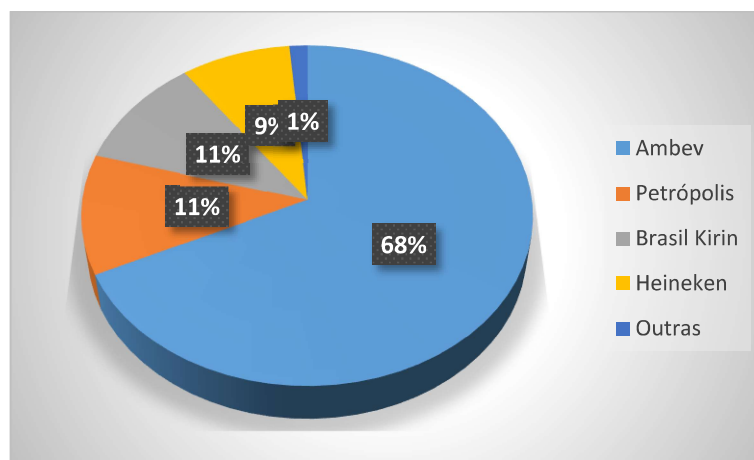
País	Produção anual (milhões de hectolitros)	Consumo per capita (litros/ano)
China	489.880	37
Estados Unidos	225.337	73
Brasil	133.000	62
Rússia	98.140	73
Alemanha	95.545	102
México	81.500	62
Japão	56.000	49
Reino Unido	45.701	76
Polônia	37.850	85
Espanha	33.600	78

Fonte: <http://www.beer-a-reflection-of-the-world-economy.htm> (2014).

Atualmente quatro grandes companhias dominam mais da metade do mercado cervejeiro mundial, são elas: Ab-Inbev de origem Belga com 22%, SAB-Miller, Inglesa com 14%, Heineken, Holandesa com 9% e a Carlsberg, Dinamarquesa com 7% (QUEIROZ, 2015).

O Brasil possui um mercado cervejeiro altamente concentrado, aproximadamente 99% do setor é submetido a apenas quatro produtores, conforme mostrado na Figura 1 (QUEIROZ, 2015).

Figura 1 – Segmentação do mercado cervejeiro nacional por empresas (Abril de 2007).



Fonte: Queiroz, 2015.

Embora o mercado brasileiro esteja concentrado em grandes multinacionais, a participação de pequenas produtoras de cervejas, as microcervejarias vem crescendo categoricamente, anos após ano (QUEIROZ, 2015).

Avaliado em aproximadamente R\$ 5,29 bilhões em 2011, o setor de cervejas artesanais aumentou 0,6%, passando de uma representação de 11,4% em 2010, para 12% em 2011. Enquanto o volume de cerveja tradicional caiu 2% em 2011, em relação a 2010, as variedades artesanais cresceram expressivos 18%, tornando-se um relevante segmento do mercado. O aumento da renda e as mudanças nos hábitos de consumo dos brasileiros são responsáveis pela evolução do mercado cervejeiro artesanal atual e pelas perspectivas de crescimento em 13 vezes para a próxima década (AQUARONE *et al*, 2005).

No Brasil, em 2011, a produção total de cervejas chegou a 13,3 bilhões de litros de acordo com o Sicobe, sistema de medição da Receita Federal. Dados da Associação Brasileira de Bebidas (Abrabe) mostram que, deste total, apenas 0,15% são produtos feitos por microcervejarias. Porém, a expectativa da associação é que em dez anos a participação suba para 2%, portanto, a produção de cervejas artesanais no país torna-se um negócio promissor (AQUARONE *et al*, 2005).

3.4. Cervejarias artesanais

A definição de cervejaria artesanal baseia-se na produção de quantidade máxima de 200.000 litros de cerveja/mês, ou seja, no máximo 6 milhões de barris de cerveja anualmente e abrange as produções de cerveja caseira, de pequenas empresas, de cervejarias artesanais, mosteiros, pubs ou restaurantes com produções próprias, entre outras formas de produção alternativas às líderes do mercado ou às cervejas destinadas às grandes massas populacionais (KALNIN, 2015)

Cervejas artesanais, também conhecidas como gourmet ou premium, produtos da cervejaria artesanal, são produzidas de forma similar àquelas caseiras da antiguidade. Diversas microcervejarias, apesar da utilização de equipamentos modernos, são ainda consideradas artesanais devido ao cuidado que têm com sua produção, desde o emprego dos ingredientes básicos para a fabricação da cerveja, passando pelo preparo da receita e chegando aos conservantes finais, que devem ser naturais. Cerveja artesanal associa-se a produções mais cautelosas, restritas e que oferecem resultados finais interessantes, diversificados e com qualidade (KALNIN, 2011).

3.5. Beer Judge Certification Program (BJCP)

O Beer Judge Certification Program (BJCP) é um programa criado em 1985 nos Estados Unidos para promover alfabetização cervejeira e apreciação da verdadeira cerveja, e para reconhecer habilidades na degustação e avaliação de cervejas. O BJCP certifica e qualifica julgadores de cerveja através de um processo de examinação e monitoramento. Além disso, catalogou uma infinidade de tipos e estilos de cerveja e posteriormente elaborou um guia de estilos com base nas informações das cervejas como por exemplo cor, amargor, cheiro e sabor, sendo referência mundial no assunto (Beer judge certification, 2015).

4. PROCESSO PRODUTIVO DE CERVEJA ARTESANAL

A antiga lei de pureza da cerveja estabelece que esta bebida deve ser produzida exclusivamente com as seguintes matérias-primas; malte, lúpulo, levedura, água e adjuntos (TSCHOPE, 2001).

As diferentes combinações de matérias-primas, alterando as variedades e quantidades dos componentes, utilização de tempo e forma de preparo diferenciados, ou seja, emprego de novos valores de controle do processamento do produto podem resultar em estilos de cerveja distintos (TSCHOPE, 2001).

4.1. Matérias – primas

- Água

A água é a principal matéria-prima no processo cervejeiro, cerca de 95% do peso da cerveja é constituído de água. Portanto, ressalta-se a importância na utilização de uma água insípida, inodora, cristalina, com pH entre 5,2 e 8,0, pois é o pH ideal para atuação das enzimas do malte. A água deve ser preferencialmente de fonte mineral, por não possuir grandes níveis de cloro ou flúor, mas no caso de se utilizar água da torneira, será necessário retirar o cloro da mesma através de um filtro de carvão ativado ou da fervura, uma vez que sua presença pode acarretar a morte da levedura (REITENBACH, 2010).

Os principais fatores para se obter água cervejeira de qualidade são dureza, alcalinidade e pH. O termo dureza refere-se à quantidade de íons cálcio e magnésio presentes na água. A dureza da água é balanceada, em grande parte, pelo parâmetro de alcalinidade, o qual remete à presença de bicarbonatos e afeta diretamente o pH do líquido. Uma água considerada mole é pobre em sais dissolvidos, 0–50 ppm de íons cálcio, magnésio e bicarbonato. A água dura, por sua vez, é rica em íons cálcio, magnésio e bicarbonato, os quais se apresentam dentro do seguinte intervalo: 111–220 ppm (REITENBACH, 2010).

Existem diversos íons importantes, que devem ser considerados quando objetiva-se avaliar a água para fabricação da cerveja. Os principais são: cálcio (Ca^{+2}), magnésio

(Mg^{+2}), bicarbonato (HCO_3^-) e sulfato (SO_4^{-2}). O sódio (Na^+), cloro (Cl^-), e sulfato podem influir sobre o gosto da cerveja, porém não afetam o pH do mosto como o cálcio, magnésio e bicarbonato. Os parâmetros de qualidade da água estão relacionados na Tabela 5 (REITENBACH, 2010).

Tabela 5– Especificações físico-químicas da água cervejeira.

Parâmetro	Unidade	Especificação
Aparência	-	Límpida e clara
Sabor	-	Insípida
Odor	-	Inodora
pH	pH	5,2–8,0
Dureza	(mg CaCO_3/L)	18–79
Alcalinidade	(mg CaCO_3/L)	0,8–25

Fonte: REITENBACH, 2010.

Ressalta-se que toda água, não importando sua origem, requer determinada forma de tratamento antes de ser utilizada em uma cervejaria. Algumas análises como cor, turbidez, dureza, pH, incluindo exames microbiológicos são necessárias para definição do tipo de tratamento a ser empregado (REITENBACH, 2010).

A água também é utilizada na limpeza da maioria dos equipamentos utilizados na fabricação da cerveja, bem como para refrigeração de trocadores de calor. A indústria de cerveja gasta, aproximadamente, de 4 a 10 vezes mais em volume de água, a cada litro de cerveja processada (REITENBACH, 2010).

- Malte

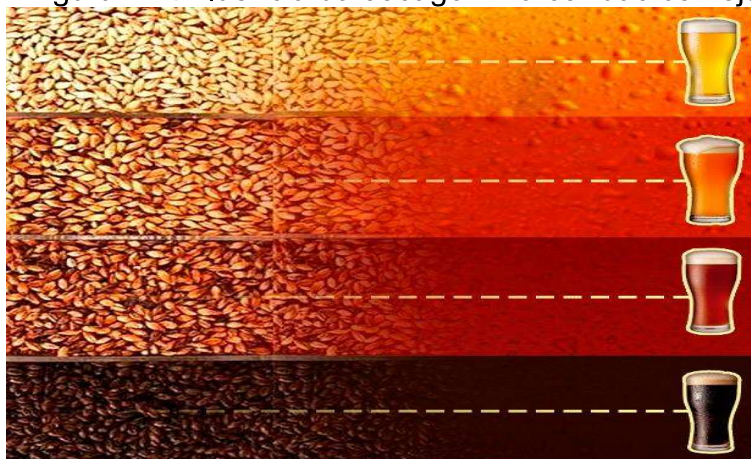
O termo técnico malte define a matéria-prima resultante da germinação, sob condições controladas, de qualquer cereal (cevada, arroz, trigo, milho, aveia, sorgo, etc.). O principal cereal utilizado na fabricação da cerveja é o grão de cevada que passou pelo processo de malteação, o qual normalmente ocorre em maltarias. Esse processo consiste em embeber o cereal em água para que a germinação possa ser iniciada, com a ativação do metabolismo da semente. Após essa etapa, retira-se a cevada da água, germina-se a semente em condições controladas de tempo, temperatura e umidade, e por fim, realiza-se a secagem (REITENBACH, 2010).

Na etapa de germinação da cevada ocorre a produção de enzimas como a amilase. Elas são ativadas pelo próprio metabolismo da semente para que o amido do endosperma e as proteínas sejam quebrados em moléculas de açúcares (maltose) e aminoácidos, os quais serão utilizados como fonte de energia para o desenvolvimento do embrião e conseqüentemente para a formação de uma nova planta. O objetivo da malteação é liberar as enzimas para sua posterior utilização pelo cervejeiro. Portanto, quando as enzimas já estão ativadas, interrompe-se o processo por meio da secagem do malte. Com isso, no momento da mosturação ou brassagem, quando se misturam cevada maltada e água, com elevação de temperatura até a obtenção de uma faixa ótima de trabalho para as enzimas ali presentes, elas recomeçam seu trabalho e o amido volta a ser transformado em açúcares. As enzimas presentes no malte são amilases (α -amilase, β -amilase), glucanases, proteases, e enzimas de desramificação (CARVALHO, 2007).

O malte “verde”, recém-germinado e com umidade de aproximadamente 45%, deve ser seco utilizando-se correntes de ar em temperaturas que variam de 20 a 100°C, conforme a coloração desejada ao malte, clara ou escura, e objetivando encerrar os processos químicos e biológicos. Em condições de calor seco, os aminoácidos originários de reações proteolíticas reagem com os açúcares para a produção de meloidina, de coloração escura, segundo Reação de Maillard. Para a produção de maltes claros, ao contrário, utilizam-se temperaturas mais amenas e o grau de remoção de umidade deve ser mantido a um nível ideal. Ressalta-se que quanto mais alta é a temperatura, maiores são as perdas em atividade enzimática. Para a produção de um malte muito escuro, utilizam-se equipamentos conhecidos como

tostadores, os quais trabalham a temperaturas entre 200 e 300 °C, e as enzimas são quase totalmente destruídas. Outro tipo de secagem que pode ser empregada é aquela ao forno, que ocorre em duas fases: pré-secagem, em temperatura de 20 a 70 °C durante 20 minutos, fazendo o malte atingir de 8 a 12% de umidade; e cura dura, de 2 a 3 minutos, para o malte claro, e de 5 minutos para o malte escuro, com o forno entre 70 e 95 °C. Nesta fase a umidade se reduz para 4 a 5%. A secagem do malte é responsável pela produção dos diversos tipos desses cereais maltados. Ela influencia na cor, conforme ilustrado pela Figura 5, aroma e sabor das cervejas. Quanto mais escuros forem os maltes, temperaturas mais elevadas são exigidas (CARVALHO, 2007).

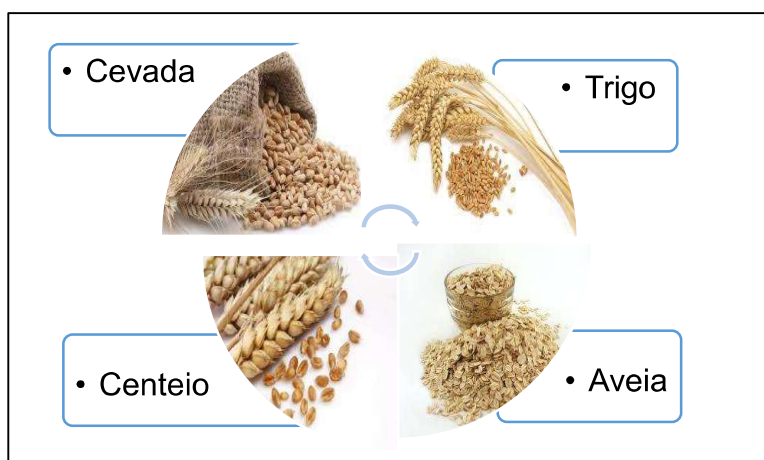
Figura 2 - Influência da secagem na cor das cervejas.



Fonte: <http://www.papodehomem.com.br/os-ingredientes-de-uma-cerveja> (2014).

Existem diversos cereais, além da cevada, que podem ser maltados, como por exemplo, o trigo, a aveia e o centeio, porém a cevada é comumente a mais utilizada. A elevada aplicação da cevada como cereal maltado é devido à quantidade de amido que ela apresenta, por possuir um alto teor de proteínas, em quantidades suficientes para fornecer os aminoácidos necessários ao crescimento da levedura e por possuir substâncias nitrogenadas que desenvolvem um papel importante na formação da espuma da cerveja (CARVALHO, 2007).

Figura 3 - Cereais comumente empregados na fabricação de cerveja: cevada, trigo, aveia e centeio.



Fonte: Massote, 2013.

Portanto, o malte é uma importante matéria-prima no processo produtivo da cerveja uma vez que é responsável, após mosturação, pela geração dos açúcares, que serão fermentados pelas leveduras, produzindo então o álcool da bebida. Além disso, o malte é o principal responsável pela cor, aroma, sabor, entre outros atributos sensoriais, da cerveja, ou seja, pode-se considerá-lo como a sustentação da produção (BRODERICK, 1977)

- Adjuntos

Os adjuntos são definidos como carboidratos não maltados de composição apropriada e propriedades que benéficamente complementa ou suplementa o malte de cevada, ou ainda, como usualmente são considerados, fontes não maltadas de açúcares fermentescíveis (FILHO, 2010).

Os adjuntos cereais mais comuns são o milho, o arroz, o trigo, mas também podem ser utilizados o sorgo, aveia que são adicionados na fase de preparação do mosto cervejeiro, utilizando-se enzimas contidas no próprio malte para hidrolisar o amido existentes em açúcares fermentescíveis (FILHO, 2010).

Nas microcervejarias, geralmente os mestres cervejeiros adicionam o adjunto à cerveja com o objetivo de incrementar em seu sabor, cor e aroma, a fim de incorporar características diferenciais ao produto final (FILHO, 2010).

- Lúpulo

O lúpulo, planta classificada como *Humulus lupulus*, pertence à família Cannabaceae e constitui uma espécie dióica, ou seja, produz flores masculinas e femininas, separadamente. É típica de regiões frias e é responsável pelo aroma acre, pelo sabor amargo/refreshante da cerveja e por apresentar propriedades medicinais. Para a produção da cerveja utilizam-se apenas as flores femininas, uma vez que essas contêm a substância lupulina, obtida durante a fecundação, que confere o amargor e aroma característicos da bebida alcoólica. Outras características importantes associadas ao lúpulo são: o fato do mesmo auxiliar na diminuição da formação de espuma durante o processo de fervura, ser utilizado como agente bacteriostático, conservante e coagulante de proteínas. Essa importante matéria-prima auxilia também para a estabilidade do sabor e da espuma da cerveja (VENTURINI; CEREDA, 2001).

Figura 4 - Flor de lúpulo, matéria-prima responsável pelo sabor e aroma característico da cerveja.



Fonte: <http://beneficiosnaturais.com.br/lupulo-beneficios-e-propriedades> (2014).

O lúpulo pode ser comercializado na forma de flores secas, pellets ou em extratos, podendo ser classificados conforme suas características predominantes em lúpulos de amargor e aromáticos. Os lúpulos de amargor são ricos em alfa ácidos,

acrescentados no início da ebulição e fervidos por aproximadamente 1 hora, a fim de isomerizar os alfa ácidos presentes. Já os aromáticos, com menores quantidades de alfa ácidos, são adicionados ao final da fervura e normalmente fervidos por cerca de 15 minutos, para que menos óleos aromáticos evaporem e mais aroma de lúpulo fique retido. A Tabela 6, apresenta a composição química da flor do lúpulo (VENTURINI; CEREDA, 2001).

Tabela 6 – Composição química da flor do lúpulo.

Características	Porcentagem (%)
Água	8-14
Proteínas	21-24
Resinas totais	12-21
Alfa ácidos	3-15
Beta ácidos	3-6
Taninos	2-6
Celulose	10-17
Óleos essenciais	0,5-2,0

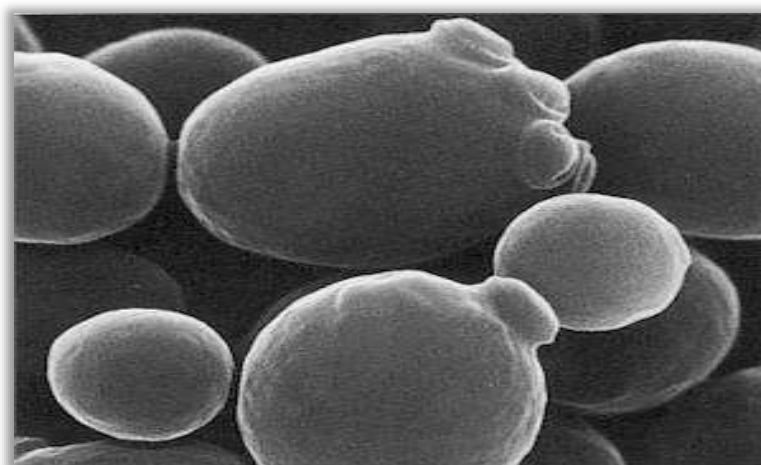
Fonte: FILHO, 2010.

Os componentes que mais influenciam na produção de cerveja são as resinas e os óleos essenciais, os quais estão contidos na lupulina. As resinas são constituídas pelos alfa e beta ácidos, nomeados, respectivamente, como humulone e lupulone, que são responsáveis pelo amargor das cervejas. Resinas são isomerizadas quando o mosto é fervido, possibilitando a formação de iso-humulonas, por exemplo, que ao ser comparado com os alfa ácidos, são compostos mais amargos e mais solúveis. Os óleos essenciais, entretanto, são uma mistura de componentes, principalmente hidrocarbonetos da família dos terpenos, ésteres, aldeídos, cetonas, ácidos e álcoois. O aroma e o sabor da cerveja produzida são diretamente influenciados pelos óleos essenciais (VENTURINI; CEREDA, 2001).

- Levedura

As leveduras são micro-organismos eucarióticos predominantemente unicelulares e pertencentes ao Reino Fungi, Figura 5. Elas possuem a habilidade de metabolizar eficientemente os constituintes do mosto, ou seja, o caldo resultante da mistura fervida de malte e água que é rico em açúcares fermentecíveis. As leveduras mais utilizadas em cervejaria são de duas espécies do gênero *Saccharomyces*: *Saccharomyces cerevisiae* (alta fermentação, típicas das Ales) e *Saccharomyces uvarum* (baixa fermentação, típicas das Lagers). Por ser fundamental na formação de aromas na cerveja, é extremamente importante que a cultura da levedura seja a mais pura possível, isto é, isenta de outros microrganismos contaminantes como bactérias e outras leveduras (CARVALHO *et al*, 2007).

Figura 5: Imagem ilustrativa da levedura *Saccharomyces cerevisiae*.



Fonte: CARVALHO, et al, 2007.

A levedura *Saccharomyces cerevisiae*, geralmente mais utilizada no processamento da cerveja, é um de micro-organismo anaeróbio facultativo, ou seja, produz energia a partir de carboidratos, tanto em condições aeróbias como em condições anaeróbias. Na presença do oxigênio as leveduras multiplicam-se e nas condições anaeróbias, especificamente importantes aos cervejeiros, as células das leveduras incorporam açúcares simples, como glicose e maltose, e produzem dióxido de carbono e álcool como produtos residuais, além de ésteres, álcoois superiores, cetonas, vários fenóis e ácidos graxos. Outras leveduras como as dos gêneros *Schizosaccharomyces*, *Hansenula*, *Pichia*, *Torulopsis*, *Candida*, *Brettanomyces*, e

algumas outras espécies, estão relacionadas com a deterioração da cerveja e são normalmente denominadas leveduras selvagens, no sentido de serem diferentes das cultivadas (CARVALHO *et al*, 2007).

O interessante sobre essa matéria-prima é que antigamente não se conhecia sobre a existência e a função da levedura na cerveja, até que em 1876, Louis Pasteur, descobriu conceitos sobre a teoria fisiológica da fermentação por microrganismos, a dissolução de oxigênio do mosto, a descrição de um grande número de microrganismos contaminantes, a pasteurização e a conservação da cerveja por meio do aquecimento. Naquela época o cientista francês convenceu os produtores a utilizarem culturas selecionadas de leveduras para fermentação do mosto, com o objetivo de manter uma padronização na qualidade da cerveja e impedir a formação de fermentação acética (PALMER, 2014).

As leveduras, comumente nomeadas como fermentos pelos cervejeiros, podem ser consideradas de alta ou baixa fermentação. As leveduras de alta fermentação trabalham em uma faixa de temperatura de 15 a 22 °C e sobem à superfície do mosto durante o processo de fermentação, formando flocos. Elas geralmente fermentam todo o açúcar em menos tempo que aquelas de baixa fermentação, necessitando de 3 a 5 dias. As leveduras de baixa fermentação, por sua vez, trabalham em uma faixa de temperatura de 7 a 15 °C, realizam a fermentação a partir do fundo do tanque do fermentador, permanecendo na parte baixa do mosto cervejeiro, e fermentam por volta de 10 dias. Ressalta-se que o sabor do produto obtido pode diferir de uma cepa para outra, em função de pequenas diferenças de metabolismo (PALMER, 2014).

Existem duas formas de fornecimento das leveduras: seca e líquida. A levedura seca passou por um processo de desidratação a fim de facilitar o armazenamento. Ela pode ser comprada em pacotes de aproximadamente 12 g e devem ser reidratadas antes do uso, para melhores resultados. As leveduras líquidas são vendidas em recipientes metalizados, contendo cerca de 50mL, e não apresentam um número elevado de cepas quando comparado com os pacotes de leveduras secas (PALMER, 2014).

Os sabores e aromas das cervejas são influenciados principalmente pelo álcool e CO₂ produzidos pelas leveduras, porém demais substâncias como ésteres, álcoois superiores, cetonas, vários fenóis e ácidos graxos, originadas das mesmas, contribuem para formação de diferentes estilos de cervejas. Os ésteres são os componentes responsáveis pelas notas frutadas na cerveja, enquanto os fenóis fornecem notas de especiarias. O diacetil é um componente cetônico que pode ser benéfico em quantidades reduzidas, porém em excesso é um composto extremamente instável, podendo fornecer sabores ligeiramente desagradáveis de manteiga (PALMER, 2014).

Finalmente, deve-se destacar que a levedura não é utilizada apenas com a finalidade de fermentar o mosto e produzir a cerveja. Assim como a água, malte e lúpulo, a levedura é fundamental na definição do estilo e sabor da bebida (PALMER, 2014).

4.2. Processo de fabricação

O processo tradicional de produção de cerveja pode ser dividido nas seguintes operações essenciais: i) elaboração da cerveja, moagem do malte, mosturação ou tratamento enzimático do mosto, filtração do mosto, fervura do mosto, tratamento do mosto (remoção do precipitado, resfriamento e aeração), fermentação, maturação, clarificação e ii) o acabamento ou pós-tratamento que é responsável pela carbonatação, quando necessário e envase/engarrafamento (BODEN, 2014).

O processo produtivo é dinâmico e modificável, sendo que algumas etapas são optativas e podem depender do estilo de cerveja que se deseja produzir. A maturação e carbonatação, na cerveja artesanal, por exemplo, podem acontecer ao mesmo tempo. Cervejas de trigo, por sua vez, não requerem uma filtração após o processo fermentativo a fim da obtenção de uma característica mais rústica. Portanto, ressalta-se que algumas etapas podem deixar de existir devido ao processamento e estilo de cerveja escolhido (BODEN, 2014).

- Elaboração da receita

O processo de produção da cerveja artesanal, por exemplo, inicia-se com a elaboração da receita, a fim de planejar o produto que será fabricado. Elaborar uma receita adequadamente consiste na escolha correta dos ingredientes, do estilo da cerveja desejado, bem como aplicação de fórmulas relacionadas a cada etapa do processo. Nesse momento, fatores pertinentes como: equipamentos, disponibilidade de insumos, preferência pessoal, grau de dificuldade, dentre outros, devem ser considerados (BODEN, 2014).

Atualmente existem softwares cervejeiros que facilitam imensamente a concretização dessa etapa, alguns exemplos são: BeerSmith, Pro Mash e Beertools (BODEN, 2014).

Há também cartilhas reconhecidas internacionalmente como o Beer Judge Certification Program (BJCP) e o Brewers Association (BA) os quais contêm a definição de diversos estilos de cervejas e auxiliam o mestre cervejeiro sobre as características básicas constituintes de cada estilo (BODEN, 2014).

- Moagem do malte

A etapa de moagem do malte tem influência direta na rapidez das transformações físico-químicas, rendimento, clarificação e qualidade do produto final. Nessa etapa o cereal é inserido no interior de um moinho de cereais ou de rolos, conforme a Figura 6, que tem a função de cortar, no sentido longitudinal, a casca das sementes, promovendo assim a exposição do amido presente no interior do endosperma, a fim de facilitar o trabalho das enzimas no processo de mosturação. Vale ressaltar, que essa etapa de exposição do amido é essencial à produção da cerveja, visto que é a partir do mesmo que se obtém a maltose, açúcar que será consumido pela levedura no processo fermentativo (SIQUEIRA, 2014).

Figura 6 - Moinho de rolos para a moagem do malte.



Fonte: Da autora, 2014.

Uma moagem eficiente incide na obtenção da sêmola fina por meio da trituração do grão, sem agredir muito a casca. Na Figura 7 é possível observar os grãos antes da moagem e na Figura 8 os grãos após a moagem com a granulometria ideal para as etapas subsequentes. É importante evitar a produção de farinha, pois a granulometria pequena leva à formação excessiva de pastas no interior do mosto, o que prejudica, por sua vez, a filtração, tornando-a lenta. O caso contrário, da presença de grãos inteiros, também é inapropriado, uma vez que pode propiciar inadequações na hidrólise do amido, visto que nem todo o endosperma foi exposto. Conclui-se, portanto, que a moagem adequada é aquela na qual há total separação do endosperma e da casca, todos os grãos encontram-se moídos e há pouca farinha (SIQUEIRA, 2014).

Figura 7- Grãos antes da moagem.



Fonte: Da autora, 2014.

Figura 8- Grãos após o processo de moagem.



Fonte: Da autora, 2014.

A fim de não danificar a casca do malte, algumas indústrias frequentemente realizam a moagem umidificando o cereal primeiro, ou mesmo com o malte já em solução aquosa. Ressalta-se que o tempo decorrido entre a pré-umidificação da cevada maltada e sua moagem não deve ultrapassar 30 minutos, pois, dessa forma, evita-se a ocorrência de uma hidrólise prévia do amido (VENTURINI; CEREDA, 2001).

- **Mosturação/Brassagem**

O processo de mosturação é também conhecido como brassagem e consiste no processo de embeber o malte em água quente, para que o mesmo se hidrate e, em

seguida, ative as enzimas responsáveis pela conversão do amido em açúcares fermentescíveis (VENTURINI, 2005).

Nessa etapa, diversas enzimas, contidas nos grãos dos cereais maltados, por influência dos parâmetros de pH e temperatura ótimos, principalmente, dão início à hidrólise do amido, transformando-o em maltoses e demais açúcares, outras substâncias como proteínas, vitaminas, taninos, etc., também são originadas. Cada enzima possui uma faixa de pH e temperatura ótimos que auxiliarão a atuação das mesmas em partes distintas das moléculas de amido, as quais serão quebradas em açúcares com tamanhos diferenciados, devido à existência de cadeias maiores ou menores de carbono (PALMER, 2014).

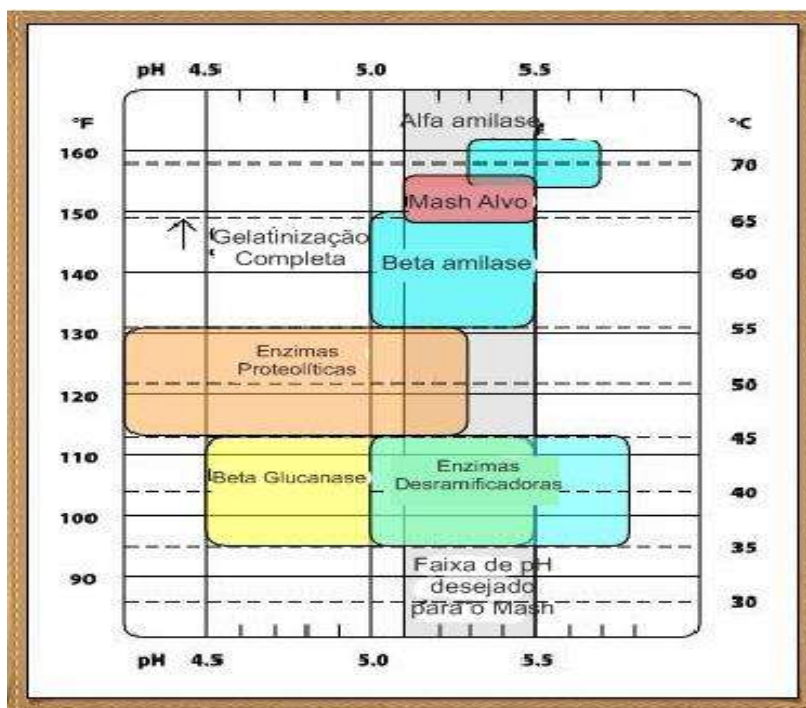
As enzimas presentes nessa etapa são: fitase, debranching, beta glucanase, peptidase, protease e as amilases (α e β). Cada uma delas possui uma determinada função, resumida na Tabela 7 a seguir. Nota-se que, em conjunto, as enzimas realizam um trabalho complexo, e que a faixa de pH ideal do mosto encontra-se entre 5,0 e 5,5, conforme Figura 9 (PALMER, 2014).

Tabela 7 – Enzimas que atuam na mosturação, temperatura ótima (°C), pH ótimo e função.

Enzima	Temperatura ótima (°C)	pH ótimo	Função
Fitase	30 a 52	5,0 a 5,5	Abaixa o pH da mostura
Debranching	35 a 45	5,0 a 5,8	Solubilização do amido, quebra de ramos das amilopectinas
Beta Glucanase	35 a 45	4,5 a 5,5	Quebra dos glucanos, moléculas que conferem rigidez ao amido
Peptidase	45 a 55	4,6 a 5,3	Produce o amino-nitrogênio livre
Protease	45 a 55	4,6 a 5,3	Quebra proteínas grandes, formadoras de turbidez
Beta Amilase	55 a 65	5 a 5,5	Produce a maltose
Alfa Amilases	68 a 72	5,3 a 5,7	Produce diversos açúcares, inclusive a maltose

Fonte: BODEN, 2014.

Figura 9 - Imagem ilustrativa de um gráfico relacionando as temperaturas, as faixas de pH ideais e as atividades enzimáticas, para a brassagem.



Fonte: BODEN, 2014.

Ressalta-se que o emprego de altas temperaturas no processo de brassagem, entre 68 e 72 °C, produz açúcares mais complexos, denominados dextrinas, os quais não são fermentados pelas leveduras, produzindo, portanto, cervejas doces e encorpadas. Temperaturas reduzidas na mistura, por sua vez, 55 a 65 °C, são responsáveis pela produção dos açúcares básicos como a maltose, a qual é completamente fermentada pelas leveduras, o que resulta em cervejas secas, ou seja, sem doçura (PALMER, 2014).

Na brassagem 90% dos amidos são solúveis a 45,5 °C e atingem sua máxima solubilidade a 65 °C. Entretanto, tanto os grãos maltados quanto os não maltados possuem reservas de amido fechadas em matrizes de proteína/carboidrato, as quais atrapalham o contato físico das enzimas com o amido, dificultando a ocorrência da conversão, logo esmagar ou mexer os grãos durante a mostura, auxilia na hidratação dos mesmos. Outra alternativa é a utilização de algumas faixas de temperatura específicas que ajudam a quebrar as proteínas que envolvem o amido.

Uma vez hidratado, o amido pode ser solubilizado, apenas pelo calor, ou por uma combinação de calor e ação enzimática (PALMER, 2014).

Para que as enzimas consigam trabalhar efetivamente é necessário manter a temperatura estática por algum tempo, a fim de oferecer uma oportunidade à ação das mesmas, buscando transformar o máximo de amido possível em açúcar, bem como realizar a lise de outras moléculas. Com isso, se formam binômios tempo/temperatura que devem ser aplicados na mosturação, e dependem do estilo de cerveja produzida. Ressalta-se que quanto maior for a pausa em uma determinada temperatura, mais extração de açúcares ocorrerão, porém chega um momento que a quantidade de amido existente é reduzida, portanto insistir na faixa de temperatura por mais tempo torna-se ineficiente (PALMER, 2014).

Para verificar se todo amido foi hidrolisado e transformado em açúcar, faz-se comumente o teste de iodo normal, que deve apresentar, ao final do processo, ausência da coloração roxo-azulada. O princípio do teste é a adição de duas gotas de solução de iodo a 0,2 molar em recipiente com uma quantidade mínima do mosto líquido. Ao perceber um tom amarelado, nesta solução, constata-se que a degradação do amido chegou até a dextrina limite e portanto deve-se elevar a temperatura para 75 a 78 °C, a fim de estagnar a ação das enzimas, preservando o perfil dos açúcares obtidos, e deixar o mosto menos denso para a filtragem. Caso a coloração observada seja diferente do tom amarelado, continua-se com a mosturação. A figura 10 mostra o início e o final do processo de mosturação (VENTURINI, 2005).

Figura 10- À esquerda início do processo de mosturação e à direita final do processo de mosturação.



Fonte: Da autora, 2014.

- Clarificação/Filtração/Lavagem do mosto

A filtração do mosto, solução contendo os açúcares resultantes da mosturação mais os sólidos indesejáveis, é realizada com o objetivo de separar os sólidos não desejáveis, bagaço, do líquido doce. Essa etapa do processo cervejeiro é importante para a qualidade do produto final, visto que os sólidos contêm grande quantidade de proteínas e enzimas coaguladas, resquícios de amido não convertido, material graxo, silicatos e polifenóis, que podem prejudicar os sabores, odores, viscosidade e visual da cerveja (REITENBACH, 2010).

O equipamento utilizado para a filtração do mosto é nomeado como panela, ou tina, de clarificação. Nesse recipiente, a própria casca que foi preservada na moagem, antes da mosturação, e está relativamente íntegra, clarifica o mosto, visto que a filtragem é realizada segundo o seguinte procedimento: transfere-se o mosto da panela de brassagem para a tina de clarificação, panela equipada com um fundo falso, em inox, perfurado com granulometria tal, que permite somente a passagem do líquido, restando, portanto, o bagaço; o líquido que atravessa o fundo falso é recirculado, manualmente ou através de bomba hidráulica, novamente para a parte de cima da torta (bagaço) que ficou retida na primeira passagem; repete-se esse ciclo até que o mosto fique claro e sem impurezas; em seguida o líquido é desviado para o reservatório no qual será realizada a fervura. Ressalta-se que a torta ainda passa por um processo de lavagem com o objetivo de extrair os açúcares que ficaram retidos entre as partículas sólidas (PALMER, 2014).

A temperatura da mistura durante a filtração e a lavagem deve estar na faixa de 78 °C, pois nessa temperatura a viscosidade do mosto diminui, diluindo portanto os açúcares, que serão separados dos sólidos do bagaço mais facilmente, reduzindo então as perdas. Outros benefícios da filtração a 78 °C é que nessa temperatura as enzimas estão inativas, o desenvolvimento bacteriano está bloqueado e não existe risco de extrair substâncias insolúveis das matérias-primas, principalmente os taninos contidos na casca do malte (REITENBACH, 2010).

Após a extração do mosto, obtém-se um bagaço rico em proteínas, sais minerais, celulose e até mesmo alguns açúcares, dentre outros. Esse subproduto pode ser utilizado como uma alimentação alternativa para animais ou para fabricação de pães integrais, devido á existência de um alto valor nutritivo em fibras no mesmo (REINOLD, 2011).

Figura 11- Filtração do mosto.



Fonte: Da autora, 2014.

- Fervura e lupulagem

O processo de fervura e lupulagem demanda, geralmente, de 60 a 90 minutos, e é realizado objetivando-se a esterilização, desnaturação de proteínas e enzimas e qualidade, do ponto de vista sensorial e coloidal. Essa etapa não pode ser muito longa visto que a reação de escurecimento não enzimático, Reação de Maillard, que intensifica a cor do mosto, pode ter efeito negativo, de modo a se perderem características de cor e sabor que eram desejáveis (REITENBACH, 2010).

Os principais objetivos da fervura são:

- Extração e transformação dos componentes do lúpulo: na etapa da fervura o amargor e aroma do lúpulo serão extraídos;
- Estabilização biológica: o mosto pode ser considerado um meio ótimo para o desenvolvimento de microrganismos, que podem ter contaminado a produção nas etapas anteriores, portanto a fervura é objetivada visando à esterilização do mesmo;
- Estabilização bioquímica: as enzimas que permaneceram ativas serão, nessa etapa, inativadas;
- Estabilização físico-química: as proteínas de alta massa molar serão desnaturadas, e, portanto, irão flocular e precipitar. Juntamente com elas substâncias como polifenóis, taninos e outras serão eliminadas;
- Concentração do mosto: uma vez que na etapa anterior de filtração/clarificação também ocorre a lavagem do mosto com água, a fim de extrair o extrato residual do bagaço, é necessário que durante a fervura ocorra a evaporação do excesso de água utilizada, de modo a manter o mosto na densidade desejada;
- Outras transformações: no processo de fervura verificam-se demais transformações, como a formação de melanoidinas, combinação de açúcares simples com aminoácidos, as quais contribuem para o aroma e cor da cerveja (MOURADO, 2009).

Durante a extração do amargor do lúpulo, ocorre a transformação dos alfa ácidos em iso-alfa-ácidos, responsáveis por conferirem essa característica à cerveja. Ressalta-se que a variedade do lúpulo utilizada com objetivo de amargor deve ser fervida por aproximadamente uma hora, dependendo da receita, para que esse sabor possa ser extraído com eficiência. No caso da extração dos componentes aromáticos, lúpulos de aroma, a adição deve ocorrer ao final da fervura, permanecendo em ebulição por 10 a 15 minutos, pelo fato dos aromas serem muito voláteis e serem evaporados juntamente com a água (PALMER, 2010).

- Resfriamento

Após o processo de fervura é necessário resfriar o mosto rapidamente, para evitar a oxidação, contaminação por microrganismos e a formação de dimetil sulfeto (DMS). O dimetil sulfeto é formado por bactérias, ou pelo calor, ao provocar a redução do S-

metil-metionina (SMM), produzido na etapa de brasagem. O DMS confere um sabor rançoso e é característico de algumas cervejas do tipo light lagers, enquanto que em demais estilos é classificado como um sabor não desejável, com aroma e gosto de manteiga. Esse composto é também formado na fervura, porém, pelo fato do líquido encontrar-se em ebulição, o mesmo evapora-se juntamente com a água. Quando a ebulição é encerrada, ele é formado e permanece no mosto, fato que justifica a necessidade do resfriamento rápido (PALMER, 2010).

O mosto, após fervura e decantação dos resíduos, ainda encontra-se em temperaturas relativamente altas, logo é necessário que o mesmo seja resfriado até temperaturas seguras para a sobrevivência das leveduras. O mosto passa então por resfriamento de 100 °C para a temperatura de fermentação, que vai depender da levedura utilizada. Em geral, temperaturas mais amenas, 12 °C, são requeridas para leveduras de baixa fermentação, e temperaturas mais altas, 20 °C, para leveduras de alta fermentação (PALMER, 2010).

Figura 12- Equipamento (máquina de gelo) utilizado na etapa de resfriamento do mosto cervejeiro.



Fonte: Da autora, 2014.

Ressalta-se que o processo de resfriamento não deve demandar mais do que 30 minutos, a fim de evitar o excesso de oxidação do mosto. O excesso de oxigênio é extremamente prejudicial à cerveja, devido sua influência negativa sobre as características associadas à qualidade, como: cor, paladar, estabilidade física e química. Da mesma forma, o mosto não pode ser isento de oxigênio, pois sem ele as leveduras não se multiplicam (PALMER, 2010).

- Fermentação

As leveduras são capazes de crescer e se reproduzir tanto em aerobiose como em anaerobiose. Quando há presença de açúcares fermentáveis como glicose, frutose, sacarose ou maltose no meio com valores superiores a 2 g/L, o crescimento é anaeróbico, pois as enzimas da cadeia respiratória e do ciclo de Krebs têm sua síntese reprimida, num fenômeno definido como repressão catabólica por glicose. Quando esses açúcares encontram-se ausentes no meio com valores inferiores a 2 g/L, as enzimas do metabolismo respiratório passam a ser sintetizadas e o crescimento passa a ser aeróbico, ou seja, gera mais energia para as leveduras e aumenta o crescimento e reprodução das mesmas (FERREIRA, 2014).

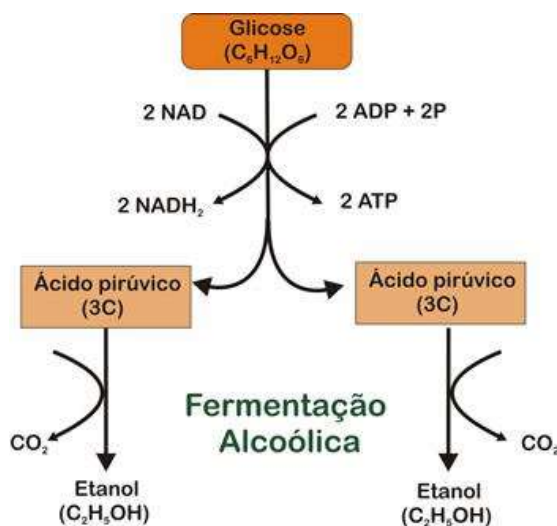
A levedura necessita, portanto, para sua propagação eficiente e rápida, de oxigênio, aproximadamente de 8 a 10 mg de O_2/L , e de um meio livre ou com reduzida quantidade de açúcar. Geralmente esse oxigênio, que precisa ser fornecido à levedura, é adicionado antes da inserção da mesma ao mosto, na etapa conhecida como preparação do fermento, para cepas liofilizadas, comum na produção artesanal. Essa etapa garantirá que a levedura se multiplique rapidamente a uma quantidade suficientemente alta para fermentar com eficiência todos os açúcares do mosto. Quando essa quantidade for atingida, adiciona-se, de maneira uniforme, o preparado de leveduras no mosto frio (CARVALHO, 2007).

A levedura, *Saccharomyces cerevisiae*, mostrada na Figura 12, por exemplo, é inoculada no mosto resfriado, e nessa etapa, tais microorganismos irão se reproduzir, consumir os açúcares fermentescíveis e produzir álcool, dióxido de carbono e alguns ésteres, ácidos e álcoois superiores que irão transmitir diversas propriedades organolépticas à cerveja. Industrialmente, a fermentação ocorre em tanques

fechados, revestidos por uma camisa externa, pela qual passa um fluido refrigerante, amônia ou etileno glicol por exemplo, a fim de manter o sistema sob a temperatura desejada, a qual pode variar de acordo com o estilo de cerveja e até mesmo levedura empregada. Em cervejarias artesanais o controle de temperatura, na etapa de fermentação, ocorre geralmente com o auxílio de uma geladeira ou em salas climatizadas, temperatura ambiente, entre outras técnicas são também aplicadas (PALMER, 2010).

A fermentação que acontece em um recipiente chamado de fermentador, conforme Figura 12, utilizam-se leveduras que convertem os açúcares, para retirar os nutrientes que precisam para sobreviver, e geram álcool e CO_2 , conforme Figura 13.

Figura 12- Conversão da glicose em álcool e CO_2 pelas leveduras durante o processo fermentativo.



Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica3.php>

Pode-se considerar que a fermentação termina quando o CO_2 deixa de ser produzido. Ao final da fermentação a levedura é encaminhada para tratamento e estocagem, sendo que pode ser reutilizada em novas bateladas de fermentação ou vendida para indústria de alimentos, dentre outras possibilidades (SANTOS; RIBEIRO, 2014).

Figura 13 - Fermentador a 20° C



Fonte: Da autora, 2014.

- Maturação

O processo de maturação também conhecido como fermentação secundária inicia-se com a retirada do excesso de leveduras decantadas e obtenção da cerveja verde, a qual pode ser mantida no recipiente de fermentação/maturação, ou encaminhada para a garrafa, onde será mantida por períodos variáveis de tempo de 2 a 4 semanas, dependentes do estilo de cerveja a ser produzida, a temperaturas de aproximadamente 0 a 1 °C. Ressalta-se que, geralmente, o que define o método de maturação é o tipo de levedura administrada e seu poder de floculação. Nessa etapa as leveduras que ainda restam em suspensão no tanque de maturação, trabalharão lentamente. Essa fase é importante para a sedimentação de algumas partículas em suspensão e também para desencadear algumas reações de esterificação, responsáveis pela produção de aromatizantes essenciais à cerveja (PALMER, 2010).

Algumas substâncias que serão alteradas são o acetaldeído, cetonas (diacetil, pentanedione), dimetil sulfito, dentre outras. Essa alteração ocorre quando não há mais altos teores de açúcares no mosto, logo as leveduras começam a reprocessar estes subprodutos originados na fermentação. O diacetil e o pentadione são duas cetonas com sabores de manteiga e mel, respectivamente, consideradas substâncias desagradáveis quando presentes em grandes quantidades e que causam problemas na estabilidade do sabor da cerveja durante o armazenamento (PALMER, 2010).

O diacetil, conhecido também como 2,3-butanodiona, é reduzido pela enzima diacetilredutase na fase de maturação, em 2,3-butilenoglicol. Tal processo acarreta com que esse sabor característico seja retirado das cervejas. Ressalta-se, entretanto, que em certos tipos de cervejas, concentrações maiores de diacetil são desejadas. Em temperaturas de fermentação superiores a 26 °C, as leveduras podem produzir álcoois pesados que são menos agradáveis em sabor que o etanol. Esses álcoois podem ser produzidos também por quantidades excessivas da levedura. Diversos desses álcoois superiores são esterificados durante a maturação, mas em grandes quantidades podem dominar o sabor da cerveja, causando aromas frutados excessivamente fortes, como por exemplo: aroma excessivo de banana (PALMER, 2010).

Nessa etapa do processo fermentativo, a exposição ao oxigênio contribuirá apenas para a oxidação da cerveja, ou para sua contaminação, portanto deve-se ter cuidado durante a transferência da cerveja verde para outro tanque ou garrafa. Ressalta-se que se a cerveja for exposta, por muito tempo, ao oxigênio em temperaturas superiores a 26 °C, poderá desenvolver sabores desagradáveis (PALMER, 2010).

O processo de maturação da cerveja tem como objetivo: o início da fase de clarificação através da sedimentação de substâncias que causam a turbidez da cerveja; ter melhora no sabor e odor da bebida pela redução da concentração de determinadas substâncias; evitar que ocorram oxidações que podem afetar sensorialmente a cerveja; e aumentar a quantidade de gás carbônico inserido na bebida (PALMER, 2010).

- Clarificação

Após a maturação, a cerveja ainda contém leveduras, partículas coloidais dos complexos proteínas-polifenóis e outras substâncias insolúveis formadas. Então para se obter um produto límpido é necessária uma etapa de clarificação, prévia ao engarrafamento da cerveja. Existem quatro técnicas de clarificação que podem ser feitas individualmente ou em conjunto como sedimentação por gravidade, uso de agentes clarificantes, centrifugação e filtração (FILHO, 2010).

- Carbonatação

Apesar da produção de CO₂ pelas leveduras, nas etapas de fermentação e maturação, ser suficiente para a cerveja, não existe um controle eficiente do nível da concentração desse componente no produto final, portanto os teores desse gás são corrigidos pela carbonatação, mecânica ou manual, a qual suplementa a quantidade perdida durante os processos anteriores, padronizando, assim, a fabricação (PALMER, 2010).

A carbonatação pode ser realizada pela injeção de CO₂, de maneira forçada, ou pela adição do priming. Em grandes indústrias, geralmente injeta-se o CO₂, recuperado na fase de fermentação por meio de membranas de polipropileno ou politetrafluoretileno, na cerveja produzida, com o auxílio de determinados equipamentos. Em produções artesanais, por sua vez, a técnica do priming, a qual consiste na adição de açúcar à cerveja, não filtrada, seguido de imediato envase, é aplicada. O açúcar adicionado, entre 4 a 10 g por litro de cerveja, deve ser de fácil assimilação pela levedura, por isso o mesmo passa por um processo de inversão, no qual é fervido por determinado tempo (10–15 min), a fim de que a sacarose se transforme em glicose e frutose, em solução aquosa com baixo valor de pH para que não haja caramelização. Geralmente utiliza-se uma quantidade de água cerca de 3 a 4 vezes o peso, em gramas, do açúcar adicionado. As leveduras ainda presentes na cerveja, porém em reduzida quantidade, irão fermentar esse açúcar e produzir CO₂ e álcool. Uma vez que o recipiente encontra-se fechado, o mesmo será pressurizado e o gás carbônico será armazenado no líquido. Ressalta-se que devido a formação de álcool, a graduação alcoólica, em geral, aumentará em 0,3% da original (SANTOS, 1995).

A realização do priming pode ocorrer anteriormente ou após a realização da maturação. A técnica da adição do priming durante a maturação, consiste na adição do açúcar no tanque maturador e posterior envase do líquido nas garrafas, de modo que a maturação e carbonatação ocorram juntas no interior do vasilhame. Outra alternativa é maturar a cerveja e somente depois adicionar o priming a mesma. Existem cervejeiros que realizam a refermentação na garrafa, porém empregam uma

dosagem individual por recipiente, método mais trabalhoso e que requer preciso cálculo do volume de solução a ser adicionada em cada garrafa (PALMER, 2010).

- Envase/Engarrafamento

O envase é o processo de engarrafamento do produto, geralmente é realizado após o feitiço do priming, sendo que o principal cuidado nessa etapa relaciona-se com a esterilização das garrafas, por exemplo. Os vasilhames devem ser lavados com solução sanitizante, como solução de iodo, água a 100 °C em abundância ou outras técnicas de limpeza e sanitização. A indústria utiliza diversas soluções para esterilização, dentre elas, cita-se a de hidróxido de sódio. Em laboratório, por exemplo, é possível autoclavar as garrafas de modo a sanitizá-las. Ressalta-se a importância de tal sanitização, pois se a mesma não for realizada, de forma efetiva, a chance da ocorrência de contaminação na cerveja é elevada (PALMER, 2010).

No envase deve-se tomar cuidado também com a exposição da cerveja ao oxigênio, a fim de evitar a oxidação da mesma. O líquido deve ser inserido do fundo para o gargalo da garrafa, sem muita turbulência, até que a mesma esteja praticamente preenchida. Em seguida arrolha-se as garrafas com o auxílio de tampinhas apropriadas e conserva-se as mesmas, a temperatura de 18 °C, por aproximadamente 10 dias, prazo para formação do CO₂ na garrafa. Aconselha-se o não preenchimento demasiado da garrafa, de modo a evitar uma pressão elevada no interior da mesma e ocorrência de acidentes devido a explosões dos recipientes. O controle da pressão interna da garrafa, pode ser realizado através do acoplamento de um manômetro em um exemplar que contém a mesma cerveja, quantidade de líquido e carbonatação das demais (PALMER, 2010).

Figura 14 - Arrolhador essencial para inserção das tampinhas e vedação das garrafas de cerveja.



Fonte: Da autora, 2014.

- Pasteurização

A cerveja é uma bebida que apresenta características desfavoráveis para o desenvolvimento de vários microrganismos, sendo reconhecida como um produto de considerável estabilidade microbiológica. Porém, alguns microrganismos são capazes de se multiplicar nessa bebida, conferindo características indesejáveis, como turbidez e mudanças sensoriais, as quais prejudicam a qualidade do produto final (AQUARONE et al, 2013).

Dessa forma, a completa eliminação desses microrganismos pode ser feita através da pasteurização ou filtração estéril. A pasteurização consiste na destruição dos microrganismos presentes em soluções aquosas, pela ação do calor. Na prática, a pasteurização da cerveja pode ser dividida em duas categorias: pasteurização flash e em túnel. A pasteurização flash é realizada antes do engarrafamento da cerveja, em que a mesma é mantida por alguns segundos na temperatura de 75°C. Já a pasteurização em túnel é realizada após o enchimento da cerveja em garrafas e

latas. Nesse sistema, as garrafas e latas atravessam o túnel do pasteurizador e recebe calor mediante aspersão de água quente nas diversas seções do pasteurizador. A temperatura da cerveja no interior da garrafa alcança 60-65° C. O resfriamento se faz com aspersão de água fria (AQUARONE et al, 2013)

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Material

Objetivando-se a produção artesanal da cerveja estilo Pale Ale, utilizaram-se diversos equipamentos e utensílios os quais se encontram apresentados na Tabela 8.

Tabela 8— Materiais empregados em cada processo de fabricação da cerveja artesanal.

Etapa/Processamento	Materiais utilizados
Elaboração da receita	Beer Judge Certification Program (BJCP).
Moagem do malte	- Balança digital; - Moedor de cereais de rolos.
Mosturação	- Fogareiro; - Ebulidor; - Panela ou tina de brassagem, em alumínio; - Termômetro; - Bastão de vidro; - peagâmetro.
Clarificação/Filtração/Lavagem	- Tinas de clarificação e de água de lavagem, em alumínio; - Termômetros; - peagâmetro;
Fervura/Lupulagem	- Balança digital; - Fogareiro; - Tina de fervura, em alumínio; - Termômetro; - Refratômetro;
Resfriamento	- Gelo;

	- Termômetro;
Fermentação	- Sacola plástica; - Refrigerador, - Erlenmeyer; - Álcool 70%. - Levedura.
Maturação	- Refrigerador.
Carbonatação	- Primming (5g de açúcar por 0,5L de água para cada litro de cerveja); - Balança digital;
Envase/Engarrafamento	- Garrafas de vidro (1 L); - Tampinhas; - Equipamento para acoplamento de tampinhas;
Aspectos sanitários	- Álcool 70°; - Detergente neutro; - Esponja; - Escovas de cabo longo e curvo; - EPI's (jaleco, luvas)
Teor alcoólico	- Proveta de 500 mL; - Densímetro.

Fonte: Da autora, 2014.

5.2. Métodos:

Para a fabricação da cerveja artesanal utilizou-se as seguintes etapas descritas na Tabela 9.

Tabela 9- Etapas de fabricação de cerveja artesanal.



Fonte: Da autora, 2014.

Para produzir 10 litros da cerveja Pale Ale utilizou-se a receita da cartilha Beer Judge Certification Program (BJCP).

Primeiramente limpou-se todos os equipamentos com detergente e água e também se fez a assepsia das mãos com álcool 70% a fim de evitar contaminações.

Em seguida, moeu-se 252 g de Malte Camared, 257 g de Malte Biscuit e 2270 g de Malte Pilsen com auxílio de um moedor de rolos. Logo após, foram adicionados 7,5 litros de água em um caldeirão que foi aquecido em um fogareiro até a temperatura de 45° C. Logo após adicionou-se o malte Pilsen, Biscuit e o Carared e com auxílio de uma colher estes foram misturados por alguns minutos. Após o processo, mediu-se o pH, a fim de se obter o valor de 5,3 durante todo o processo. Em seguida, aqueceu-se a mistura até obter a temperatura de 55°C com agitação sem parar por 20 minutos. Logo após, a mistura ficou em repouso por 20 minutos. Aqueceu-se novamente até 63°C por 30 minutos e deixou-se em repouso por até 30 minutos. Em

seguida, aqueceu-se novamente a mistura até 72°C por 20 minutos e novamente em repouso por 30 minutos.

Para a filtração e clarificação do mosto, o líquido foi circulado por cinco vezes e transferindo-o para outra panela através da força de gravidade.

Em seguida fez-se a etapa da fervura em que foram adicionados 13g de Lúpulo amargor galena e depois de 55 minutos mais 13 g de lúpulo aromático saaz. Logo após iniciou-se o resfriamento, transferindo o líquido frio para a sacola plástica de fermentação de 10 litros, adicionando-se 6 g da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Após esse processo, a sacola plástica (fermentador) foi disposta com as pontas embebidas em um erlemeyer contendo álcool a fim de evitar contaminação e explosão devido ao CO₂ produzido durante a fermentação. Colocou-se o fermentador no refrigerador a uma temperatura de 20°C, deixando em repouso por aproximadamente 5 dias para fermentação. Após esses dias, retirou-se uma amostra de 500 mL para verificar o teor alcoólico através do densímetro. Em seguida, transferiu-se a mistura para um garrafão de plástico de 10 litros a temperatura de 3°C para maturação durante 4 dias. Após o término da maturação, retirou-se o recipiente da geladeira, adicionou-se 50 g do Primming. Em seguida, fez-se o envase da cerveja.

Para o envase as garrafas de vidro de 1 L foram higienizadas internamente com auxílio de escovas e detergente neutro com enxague abundante de água. Foi adicionada a cerveja e, em seguida, fecharam-se as garrafas com as tampinhas.

As garrafas foram depositadas no refrigerador a uma temperatura de 20°C por 4 dias. Após esse período, foram coletados 500 mL de amostra em uma proveta para verificar o teor alcoólico com a utilização de um densímetro.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cerveja produzida foi classificada como pertencente ao estilo Pale Ale, uma vez que apresentou teor alcoólico, sabor, aroma e cor dentro dos limites recomendados para o tipo de bebida, conforme certificação Beer Judge Certification Program (BJCP).

No BJCP, o estilo Pale Ale é caracterizado pelo aroma normalmente moderado a forte de lúpulo. Aparência dourado a âmbar profunda, sabor de lúpulo moderado a alto e carbonatação moderada e com teor alcoólico de 4,5-6,2%.

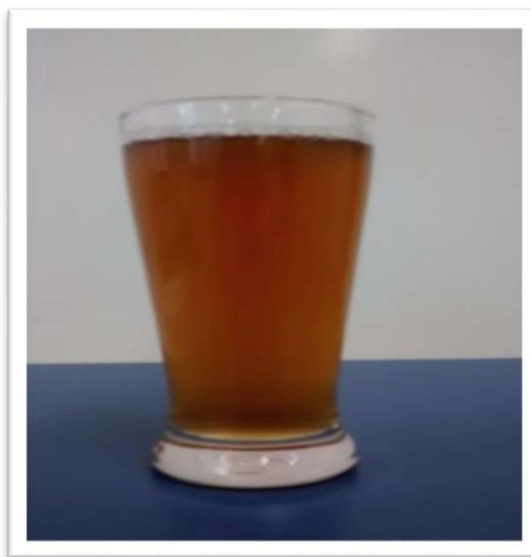
Dessa forma, foram obtidos os seguintes resultados conforme mostrado na Tabela 10 e a cerveja finalizada ilustrado na Figura 15.

Tabela 10- Resultados obtidos na produção da cerveja artesanal.

Volume final de cerveja produzido	10 Litros
Estilo de cerveja produzido	Pale Ale
Teor alcoólico (%GL)	5,0
pH	4.9
Aroma	Aroma de lúpulo moderadamente alto.
Aparência	Coloração dourada a cobre profundo; colarinho branco de moderado a baixo.
Sabor	Amargor de médio a alto com dulçor maltoso. Dita cerveja forte.

Fonte: Da autora, 2014.

Figura 15- Cerveja Pale Ale finalizada.



Fonte: Da autora, 2014.

Durante o processo de fabricação da cerveja artesanal do estilo Pale Ale, foi possível observar alguns pontos que precisam de melhorias. No processo de fermentação a sacola plástica (fermentador) não ficou totalmente vedada com algum escape de CO_2 e o álcool, resultando em uma cerveja sem gás. Dessa forma, foi necessário utilizar o processo de carbonatação por meio da adição do primming para promover a fermentação e consequentemente a formação de álcool e CO_2 , assegurando assim a qualidade da cerveja. A utilização de um fermentador mais robusto com manômetro acoplado seria mais eficiente para o controle do gás.

Também no processo de fermentação, a levedura *Saccharomyces cerevisiae* foi adicionada diretamente do pacote ao mosto. Porém, conforme visto na literatura a hidratação da mesma antes de ser adicionada ao mosto presente no fermentador auxilia na ambientação da levedura e assim, disponibiliza mais células vivas que o fermento em pó adicionado diretamente. Essa etapa seria semelhante a uma preparação de inóculo, comumente empregada em bioprocessos. Apesar da vantagem apresentada, uma desvantagem associada a tal técnica é o aumento das chances de contaminação, visto que novos equipamentos (erlenmeyer e colher) devem ser utilizados para a hidratação da levedura.

7. CONCLUSÃO

A proposta da fabricação de cerveja Pale Ale por alta fermentação com *Saccharomyces cerevisiae* pelo processo artesanal foi realizada com sucesso, pois se obteve o volume desejado de 10 litros de cerveja sem contaminação aparente e dentro das diretrizes de estilo do guia Beer Judge Certification Program (BJCP).

Detalhes relacionados às matérias-primas, bem como ao processamento do produto planejado e controle rigoroso dos aspectos sanitários foram, consideravelmente, essenciais para a concretização do objetivo, visto a complexidade da fabricação de cerveja artesanal.

Para obtenção de um produto de maior qualidade, cada etapa produtiva requereu a aplicação do embasamento teórico adquirido durante a graduação e também estudos na literatura.

A partir dos resultados analisados, observou-se que possíveis melhorias, associadas principalmente aos equipamentos constituintes do processo de fabricação, poderiam ser corrigidas para as próximas produções. Como por exemplo, a utilização de um fermentador mais robusto com manômetro para não deixar o CO₂ volatilizar e, assim, garantir a qualidade da cerveja e menos gastos com matérias-primas.

8. REFERÊNCIAS

AQUARONE, Eugênio; *et al.* **Biotecnologia industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. v.4. 523 p.

Beer judge certification program. Disponível em [http: <www.bjcp.org>](http://www.bjcp.org) Acesso em 26 de Maio de 2015.

Beer, a reflection of the world economy? Disponível em: <http://www.testosteronepit.com/home/2012/7/29/beer-a-reflection-of-the-world-economy.html>>. Acesso em: 26 de Maio de 2014.

BEZZI, M. **De prima pobre, a cerveja agora é bebida fina**. Disponível em: <http://www.pagina3.com.br/fimsemana/2009/jul/10/7/de-prima-pobre-cerveja-ganha-status-de-bebida-fina>>. Acesso em: 19 de Maio de 2015.

BODEN, H. **Matérias-primas: lúpulo**. Disponível em: <http://henrikboden.blogspot.com.br/2009/08/materias-primas-lupulo.html>>. Acesso em: 27 de Maio de 2014.

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>. Acesso em: 20 de Maio de 2014.

BRODERICK, H. M. **El cervecero em la practica: Um manual para la indústria cervecera**. 2. ed., Lima: AMCA, 1977.

CARVALHO, L. G. de. **Produção de Cerveja**. Dossiê Técnico, REDETEC – Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2007.

Cerveja artesanal. Disponível em [http:<www.cervejaartesanal.com.br >](http://www.cervejaartesanal.com.br)Acesso em 26 de Março de 2015.

CRUZ, I *et al.* **Produção de cerveja**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Bioquímica), Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FERREIRA, J.C. **LFBM, Aula I Prof. Júlio C. Ferreira. Disciplina de Vegetais Inferiores**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/7058998/Leveduras-I>>. Acesso em: 01 de Junho de 2014.

FILHO, W. **Bebidas Alcoólicas**. Vol 1. São Paulo: Blucher, 2010. 461p.

GABDEM, A. de A. **O aumento do consumo da Classe C e os reflexos gerados na comunicação de mercado**. Universidade Metodista de São Paulo, disciplina de Comunicação e Consumo: Uma abordagem Multidisciplinar. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado da UMESP – Universidade Metodista de São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.azagga.com.br/artigo1.pdf>>. Acesso em: 12 de Maio de 2015.

Ingredientes de uma cerveja Disponível em <<http://www.papodehomem.com.br/os-ingredientes-de-uma-cerveja>>. Acesso em: 28 de Maio de 2015.

KALNIN, J. L. **Avaliação Estratégica para Implantação de Pequenas Cervejarias**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Novembro de 1999. Disponível em: <<http://www.homebrewer.com.br/brewpub/Estrategica-MicroCervejaria.pdf>>. Acesso em: 25 de Março de 2015.

Legislação brasileira. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm Acesso em: 12 de Maio de 2014.

Lupúlo. Disponível em <<http://beneficiosnaturais.com.br/lupulo-beneficios-e-propriedades>>. Acesso em: 28 de Maio de 2014.

MASSOTE, G. D. **Produção de cerveja artesanal**. Universidade Metodista de São Paulo. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado da UMESP – Universidade Metodista de São Paulo, 2013.

MOURADO, R. **Larousse da Cerveja**. São Paulo: Larousse, 2009.

PALMER, J. **How to Brew**. Disponível em: <<http://www.howtobrew.com/>>. Acesso em: 27 de Maio de 2014.

Plano pedagógico do curso de Engenharia de Bioprocessos. Disponível em <<http://www.ufsj.edu.br/cbiop>>. Acesso em 21 de Junho de 2015.

QUEIROZ, J. **A cerveja e a concentração de mercado no mundo**. Disponível em: <<http://bardojota.blogspot.com.br/2012/08/a-cerveja-e-concentracao-de-mercado-no.html>>. Acesso em: 6 de Maio de 2015.

REINOLD, M. R. **O mercado cervejeiro brasileiro atual – potencial de crescimento**. Revista Indústrias de Bebidas, Santos, ano 10, n. 57, 2011.

REITENBACH, A. F. **Desenvolvimento de cerveja funcional com adição de probiótico: *Saccharomyces boulardii***. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2010

RIGUEIRA, M. **Mercado de cervejas premium cresce em ritmo acelerado nos últimos anos**. Disponível em: <http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2013/10/31/internas_economia,465904/mercado-de-cervejas-premium-cresce-em-ritmo-acelerado-nos-ultimos-anos.shtml>. Acesso em: 20 de Maio de 2014.

SANTOS, J. A. **Como fazer cerveja**. São Paulo: Três, 1985.

SANTOS, M. S. dos; RIBEIRO, F. de M. **Cervejas e refrigerantes**. São Paulo : CETESB,

SIQUEIRA, P. B. **Estudo da cinética bioquímica e sensorial de diferentes tipos de cervejas brasileira**. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000401784>>. Acesso em: 29 de Maio de 2014.

SPIER, P. **Brasileiro muda jeito de tomar cerveja**. Cerveja, Brasil, set. 2010. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/surge-um-novo-consumidor-de-cerveja>>. Acesso em: 19 de Maio de 2015.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e Cervejarias: a História, a Arte e a Tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Aden Editora e Comunicações Ltda., 2001.

VENTURINI, W. G. F. **Tecnologia de Bebidas**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2005.

VENTURINI, W. G. F.; CEREDA, M. P. **Biotecnologia industrial: Biotecnologia na produção de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2001.