



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CENTRO CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
QUÍMICA INDUSTRIAL

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL DE
ALTA FERMENTAÇÃO PURO MALTE DO TIPO *ALE***

HIGO MOREIRA DE ASSIS

CAMPINA GRANDE – PB
2017

HIGO MOREIRA DE ASSIS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como exigência para obtenção do Título de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

Orientadora: Dra. Márcia Ramos Luiz
Co-orientadora: Dra. Eliane Rolim Florentino

CAMPINA GRANDE – PB
2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A848p Assis, Higo Moreira de.
Produção de cerveja artesanal de alta fermentação puro malte do tipo Ale [manuscrito] / Higo Moreira de Assis. - 2017.
44 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.

"Orientação : Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz, Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."

"Coorientação: Profa. Dra. Eliane Rolim Florentino, Coordenação do Curso de Química Industrial - CCT."

1. Cerveja. 2. Fermentação alcoólica. 3. Alta fermentação.

21. ed. CDD 663.3

HIGO MOREIRA DE ASSIS

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL DE
ALTA FERMENTAÇÃO PURO MALTE DO TIPO ALE**

*Trabalho de Conclusão de Curso
(TCC) apresentado como
exigência para obtenção do
Título de Graduação em
Química Industrial da
Universidade Estadual da
Paraíba – UEPB.*

APRESENTADO EM: 06 / dezembro / 2017

BANCA EXAMINADORA

Márcia Ramos Luiz

Dra. Márcia Ramos Luiz
(Orientadora – DESA / UEPB)

Eliane Rolim Florentino

Dra. Eliane Rolim Florentino
(Co-orientadora – DQ / UEPB)

Marcelo Maia de Almeida

Dr. Marcello Maia de Almeida
(Examinador – DESA / UEPB)

Isanna Menezes Florêncio

Dra. Isanna Menezes Florêncio
(Examinadora – DQ / UEPB)

Campina Grande – PB
2017

Aos meus pais Francisco Moreira de Assis e Arilda Moreira de Assis; e meus amigos por toda a ajuda, incentivo, carinho e amor nessa importante jornada em minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que me guia e fortalece todos os dias, por me fazer determinado e ter sempre me mantido firme na fé.

Aos meus pais que batalharam para que eu chegasse aqui juntamente com meus familiares, aos meus irmãos Hugo Moreira e Englesson Jhone.

A minha orientadora Márcia Ramos Luiz, por todos os ensinamentos passados durante nossa convivência.

Aos membros da banca examinadora, pelo aceite e contribuições indispensáveis na trajetória de minha vida acadêmica.

A Evandro Alves e Declieux Oliveira que contribuíram para a realização deste trabalho e acompanharam durante toda a convivência acadêmica.

A Eliane Florentino, Isanna, Elainy e Aline, por todos os ensinamentos passados durante nossa convivência acadêmica, pela amizade e incentivo para conclusão desse trabalho.

A todos os professores que cooperaram e fizeram parte dessa etapa da minha vida, por todos os conhecimentos passados e amizade construída.

À Universidade Estadual da Paraíba, pela oportunidade e apoio para a realização do curso.

A todos os meus amigos, que, direta ou indiretamente, ajudaram para a realização desse trabalho.

“É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se a derrota, do que formar fila com os pobres de espírito que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem nessas penumbras cinzentas que não conhece vitória nem derrota”.

Theodore Roosevelt

RESUMO

A cerveja é uma bebida obtida a partir da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada, água potável e adição de lúpulo, por ação de leveduras, adicionados ou não de adjuntos, podendo ser produzida em diversos sabores e de formas variadas. Esse trabalho teve como objetivo a produção de uma cerveja artesanal de alta fermentação puro malte do tipo *A/e* em escala laboratorial, inoculada com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* à temperatura entre 27 e 30°C, por 24 horas. As amostras de caldo fermentativo foram coletadas a cada 6 horas, para o acompanhamento dos parâmetros físico-químicos: teor alcoólico, açúcares solúveis e pH e microbiológicos com contagem de células microbianas. Observou-se que no ponto final do processo fermentativo se deu ao teor alcoólico de 7,3°GL permanecendo dentro dos padrões de legislação para cervejas do tipo *A/e*. Concluiu-se, portanto, que a cerveja artesanal de alta fermentação puro malte do tipo *A/e* produzida indica ser viável, do ponto de vista do acompanhamento dos parâmetros de acordo com o regulamento da LEI Nº 8.918, de 14 de julho de 1994.

Palavras – Chaves: cerveja, alta fermentação, tipo *A/e*.

ABSTRACT

Beer is a drink obtained from the alcoholic fermentation of brewer's wort from barley malt, drinking water and addition of hops, by the action of yeasts, added or not of adjuncts, and can be produced in several flavors and in various forms. The objective of this work was to produce a high fermentation malt beer of the *A/e* type in laboratory scale inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* yeasts at 27 to 30°C for 24 hours. Samples of fermentation broth were taken every 6 hours for the monitoring of physicochemical parameters: alcoholic content, soluble sugars and pH and microbial count in microbial cells. It was observed that in the final point of the fermentation process the alcohol content of 7,3°GL remained within the standards of legislation for beers of the type *A/e*. It was concluded therefore that the Brew-fermented malt *A/e* produced type indicates the viability of view of the monitoring parameter according to the rules of law in 8918, of July 14, 1994.

Key words: beer, high fermentation, *A/e* type.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Corte Longitudinal das Flores Fêmeas de Lúpulo. -----	19
Figura 2 – Levedura do gênero <i>Saccharomyces</i> .-----	21
Figura 3 - Fluxograma da produção da cerveja.-----	24
Figura 4 – Fluxograma da Produção de Cerveja Artesanal tipo <i>A/e</i> .-----	32
Figura 5 – Etapas para obtenção da Cerveja Artesanal tipo <i>A/e</i> .-----	32
Figura 6 – Parâmetros de Fermentação das amostras de Cerveja Artesanal tipo <i>A/e</i> : °GL, °Brix, pH e log do número de leveduras (U.F.C.).-----	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações Físico-químicas da Água para a Produção de Cerveja.----	17
Tabela 2 - Composição Química do Lúpulo.-----	20
Tabela 3 - Composição Química do Lúpulo.-----	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVOS	13
1.1.1. Objetivo Geral	13
1.1.2. Objetivos Específicos	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1. CERVEJA E ORIGEM	14
2.2. CERVEJA ARTESANAL	15
2.3. COMPONENTES PARA ELABORAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL .	16
2.3.1. Matéria – prima	16
2.3.1.1. Água	16
2.3.1.2. Malte de Cevada	18
2.3.1.3. Lúpulo	19
2.3.1.4. Levedura	21
2.4. VARIEDADES DE CERVEJAS DO TIPO <i>ALE</i>	22
2.5. ADITIVOS	23
2.5.1. Antioxidantes	23
2.5.2. Acidulantes	23
2.5.3. Estabilizantes	23
2.5.4. Antiespumantes	24
2.6. PROCESSOS PARA A FABRICAÇÃO DA CERVEJA	24
2.6.1. Malteação	25
2.6.2. Preparo do mosto	25
2.6.4. Fermentação	28
2.6.5. Maturação	29
2.6.6. Tratamentos e Armazenamento	30
3. MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1. MATERIAIS	31

3.1.1. Agente Fermentativo.....	31
3.2. METODOLOGIA.....	31
3.2.1. Processamento e Produção da Cerveja.....	31
3.2.1.1. Moagem do Malte.....	33
3.2.1.2. Mosturação.....	33
3.2.1.3. Filtração.....	33
3.2.1.4. Cozimento do Mosto.....	34
3.2.1.5. Decantação e filtração.....	34
3.2.1.6. Resfriamento e aeração.....	34
3.2.1.7. Tratamento da levedura.....	34
3.2.1.8. Fermentação.....	34
3.2.1.9. Envase.....	34
3.2.1.10. Maturação.....	34
3.2.2. Métodos Analíticos.....	35
3.2.2.1. Determinação do Teor Alcoólico (°GL).....	35
3.2.2.2. Teor de sólidos solúveis (°Brix).....	35
3.2.2.3. Determinação do pH.....	35
3.2.2.4. Determinação da Concentração Celular (UFC).....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

A cerveja é vista como sendo a bebida alcoólica mais antiga (ARNOLD, 2005) e mais consumida (PATTINSON, 2006) no mundo. A mesma produzida em diversos sabores e de formas variadas, obtida a partir da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada, água potável e adição de lúpulo, por ação de leveduras, podendo ainda ser adicionada de adjuntos (DINSLAKEN, 2016).

Para a obtenção da cerveja, a matéria prima utilizada é processada através da malteação e submetida a ambientes artificiais de germinação, passando pelos estágios de limpeza, maceração, germinação e secagem. Com o malte seco e limpo está pronto para utilizar no processo de fabricação da cerveja (PORTO, 2011).

De acordo com Decreto nº 6.871, de 4 de Junho de 2009, o Art. 36 define cerveja como “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” (BRASIL, 2009).

O *Humulus lupulus*, conhecido vulgarmente como Lúpulo, planta trepadeira pertencente à família da morácea e originária de zonas temperadas é utilizado para atribuir o sabor amargo da produção de cerveja. Inserido pela primeira vez na idade média, o Lúpulo, atualmente é considerado em nível mundial, como matéria-prima primordial para a fabricação de cerveja. Segundo o mesmo autor, no Brasil, o mercado cervejeiro é basicamente dividido entre as microcervejarias e as cervejarias de produção em massa, apesar de se discutir a inclusão de novas divisões visando diferenciar as cervejarias de porte intermediário (MARCUSO, 2015).

A cerveja está presente em diversas culturas de diferentes países movimentando milhões anualmente (CARVALHO, 2007).

Com o crescimento do consumo da bebida, o mercado brasileiro de cervejas artesanais apresentou um aumento devido à grande procura por produtos diferenciados, contudo, o padrão de consumo de cervejas artesanais não é por preço, mas por qualidade e por experiências gustativas (SEBRAE, 2014).

As cervejarias artesanais, além de terem sua importância econômica, social e cultural, têm se mostrado uma excelente opção de negócio no atual cenário econômico brasileiro e apesar de representarem uma fatia de mercado relativamente pequena quando comparado aos grandes líderes, esse setor de cervejas especiais artesanais, oriundas desse nicho de mercado vem crescendo mais do que o setor das cervejas voltadas para as grandes massas populacionais (MATOS, 2011).

O presente trabalho objetivou-se na pesquisa bibliográfica e experimental da produção de cerveja artesanal de alta fermentação puro malte do tipo *A/e*, avaliando as características físico-químicas e microbiológicas do produto.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Produzir cerveja artesanal de alta fermentação puro malte do tipo *A/e*.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Acompanhar o processo de produção da cerveja de alta fermentação.
- Monitorar parâmetros de pH, concentração de açúcares, teor alcoólico e a concentração celular durante o processo fermentativo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CERVEJA E ORIGEM

Cerevisia ou *cervisia* é a denominação mais próxima da atualmente conhecida cerveja. É o nome latino dado pelos gauleses à bebida feita de cevada e de cereais, em homenagem à Ceres, deusa da colheita e da fertilidade (MORADO, 2009). A cerveja é uma das bebidas alcoólicas mais populares do mundo por causa da sua disponibilidade, capacidade nutricional, refrescância, baixa potência de embriaguez e baixo custo (MORADO, 2015).

O mais antigo código referente à produção de cerveja é a Lei da Pureza (*Reinheitsgebot*), onde relatava que a cerveja devesse ser produzida somente com água, malte, lúpulo e levedura, instituída por Guilherme IV, Duque da Baviera, no dia 23 de abril de 1516. Hoje, é empregado o uso de outros ingredientes e também alguns aditivos alimentares (KUCK, 2008).

Segundo Dragone, Almeida e Silva (2010), a técnica de fabricação de cerveja é tida como tradição milenar, ocupando espaço na história da humanidade e toda sua evolução. Não se sabe ao certo a origem das primeiras cervejas, porém segundo Kunze (1997) acredita que a prática da cervejaria seja oriunda da região da Mesopotâmia, em que a cevada cresce em estado selvagem. Há registros que evidenciam que a cerveja maltada já era produzida na Babilônia em 6000 a.C, embora foram os sumérios considerados como a primeira civilização a fabricar a cerveja. E, após a queda do império sumério, os babilônios aprimoraram a tecnologia de fabricação da cerveja.

Dragone, Almeida e Silva (2010) ressaltam que a prática de tomar cerveja no Brasil foi trazida por D. João VI, no início do século XIX, durante a permanência da Família Real Portuguesa em território brasileiro, época em que a cerveja era importada da Europa. Foi fundada em 1888, na cidade do Rio de Janeiro, a “Manufatura de Cerveja Brahma Villigier e Cia” e, poucos anos depois, em 1891, na cidade de São Paulo, a “Companhia Antártica Paulista”.

No processo de fabricação da cerveja, são utilizados grãos de cevada que passam pelo processo de malteação com a finalidade de produzir as enzimas diastásicas responsável pela conversão do amido (não fermentável)

em açúcar (fermentável), nessas circunstâncias o grão de cevada passa a ser chamado de malte (SANTOS; DINHAM, 2006 *apud* MATSUBARA *et al.*, 2014).

O sabor da cerveja é determinado pela matéria-prima, pelo tipo de processo e pela levedura utilizada, além dos compostos produzidos durante a fermentação e maturação, que exercem maior impacto nas características sensoriais da bebida (CARVALHO *et al.*, 2007).

A cerveja do tipo *Ale* é considerado o processo mais antigo de produção de cerveja e passa por alta fermentação. Entre os estilos do tipo *Ale*, se destacam a *Porte*, *Stout*, *Brow*, *Mild* e *Bitter*, em que, geralmente, as cervejas tem cores claras, apresentam sabor de lúpulo acentuado e teor alcoólica entre 4% e 8%. O tipo *Lager* é caracterizado pelo sabor suave, coloração clara e teor alcoólico entre 3% e 4%, sendo mais comuns e mais consumidas no mundo, inclusive no Brasil, cujas características da bebida são mais adequadas ao nosso clima. As principais variedades do tipo *Lager* são a *Pilsen* e a *Bock* (SIQUEIRA, 2007).

Até o ano de 2015, o Brasil ocupava o terceiro lugar no *ranking* mundial de produção de cerveja. O Investimento do setor cervejeiro contribuiu fortemente para o desenvolvimento econômico do Brasil, sendo visto como um dos mais relevantes da economia com investimento próximo aos R\$20 bilhões entre 2010 e 2014. Como possui um importante efeito multiplicador na economia, pode ser visto uma movimentação extensa da cadeia produtiva que foi responsável por 1,6% do PIB e 14% da indústria de transformação nacional, além de, gerar mais de 2,2 milhões de pessoas empregadas ao longo da cadeia produtiva (CERVBRASIL, 2015).

2.2. CERVEJA ARTESANAL

O Decreto n° 6.871 de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei n° 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 (BRASIL, 2009).

Ainda em análise, há o Projeto de Lei n° 5.191/13 proposto pelo Deputado Rogério Peninha Mendonça de Santa Catarina, com o objetivo de regulamentar a produção de cerveja artesanal que objetiva segregar o conceito

de cerveja artesanal e definir as instituições que produzem adaptando a legislação para permitir o avanço regulamentado deste setor.

A cervejaria artesanal permite a produção de cerveja em pequena escala para consumo no local ou envasamento do excedente para venda ou consumo em outros locais. O envasamento pode ser feito em barris de aço inoxidável, latas ou garrafas de vidro. As capacidades de produção variam geralmente entre 1000 a 2000 litros por cozimento e o número de cozimentos por semana oscila entre um e cinco (CARVALHO, 2007).

2.3. COMPONENTES PARA ELABORAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL

2.3.1. Matéria – prima

2.3.1.1. Água

A água é vista como elemento essencial para a produção da cerveja, representa 90% da constituição do peso da cerveja, suas características físicas e químicas são de fundamental importância para se obter uma cerveja de boa qualidade (MADRID *et al.*, 1996). No Art. 13 do Decreto 6.871, determina no § 7º que a água destinada à produção de bebida deverá atender ao padrão oficial de potabilidade.

Portanto, antes de sua utilização a mesma deve ser submetida a análises físico-química destacando os parâmetros: de pH, dureza, turbidez, cor, temperatura dentre outras, não importando a fonte que se obteve esse recurso hídrico (BRIGIDO; NETTO, 2006).

Broderick *et al.* (1977) consideram que a água cervejeira não deve satisfazer somente os requisitos gerais de água potável, mas também os requisitos básicos para assegurar o pH da massa, a extração do lúpulo, uma boa coagulação na cocção e na fermentação e o devido desenvolvimento da cor, do aroma e do sabor.

Atualmente, a tecnologia permite “calibrar” as propriedades da água conforme as necessidades e a formulação, podendo acentuar sabores maltados e de amargor pela alta concentração de sais de cálcio, magnésio e sulfato (MORADO, 2009). Suas características físico-químicas podem viabilizar ou inviabilizar a produção de determinado estilo de cerveja. As cervejas do tipo

Ale requer uma água rica em sulfatos (COLE, 2013; KENNING, 2010), como também níveis de íons de cálcio elevados (BRIGGS *et al.*, 2004).

Uma água que precisa de muitas correções de qualidade requer um tratamento mais minucioso, o que irá resultar em um aumento no custo do produto final. Atualmente, as cervejarias tratam a água por osmose reversa para depois acrescentar sais minerais de acordo com o estilo de cerveja a ser fabricado (SANTOS, DINBAM e ADAMES, 2013; EUWA, 2006). É necessário que a fábrica esteja instalada próxima a uma fonte de água de boa qualidade, pois a indústria cervejeira consome grandes volumes de água e também é importante que a fonte utilizada possua água em abundância. Em média, uma indústria cervejeira consome 10 litros de água, para cada litro de cerveja produzido.

Os principais parâmetros analisados na água estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Especificações Físico-químicas da Água para a Produção de Cerveja.

Parâmetro	Unidade	Especificação
Aparência	-	Límpida e clara
Sabor	-	Insipida
Odor	-	Inodoro
pH	pH	6,5 - 8,0
Cor	mg Pt/L	0 - 5
Turbidez	NTU	Menor que 0,4
Matéria orgânica	mg O ₂ cons./L	0 - 0,8
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	50 - 150
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	18,0 - 79,0
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	0,8 - 25,0
Sulfatos	mg SO ₄ /L	1 - 30
Cloretos	mg Cl/L	1 - 20
Nitratos	mg NO ₃ /L	Ausência
Nitritos	mg NO ₂ /L	Ausência
Sílica	mg SiO ₂ /L	1 - 15
Cálcio	mg Ca ²⁺ /L	5 - 22,0
Magnésio	mg Mg ²⁺ /L	1 - 6
Ferro	mg Fe/L	Ausência
Alumínio	mg Al/L	Máx. 0,05
Amoníaco	mg N/L	Ausência
CO ₂ livre	mg CO ₂ /L	0,5 - 5

Fonte: Reinold (2008).

2.3.1.2. Malte de Cevada

A produção brasileira de cevada para fins cervejeiros está concentrada em três estados da Região Sul do Brasil (MINELLA, 2013).

De acordo com Andrade, Mega e Neves (2011), a cevada é uma planta da família das gramíneas e é nativa de climas temperados. Após a colheita, os grãos de cevada são enviados para as maltarias, onde são submetidos à germinação controlada. O malte é a própria cevada germinada. Maltear significa quebrar a dormência do grão (REBELLO, 2009), sendo considerado um processo no qual se obtém a degradação do endosperma dos grãos de cevada, além da acumulação de enzimas ativas nestes grãos (BRIGIDO; NETTO, 2006).

Os principais tipos de cevada utilizados na fabricação de cerveja se diferem pelo número de fileiras de grãos: a de duas e a de seis fileiras. A cevada de duas fileiras contém duas fileiras de grãos na mesma espiga, esta é a mais utilizada, pois é composta de grãos maiores e mais uniformes. Essa mesma se subdivide em dois subgrupos principais: a cevada de haste ereta (*Hordeum distichum erectum*) e a cevada de haste curta (*Hordeum distichum nutans*) (CARVALHO, 2007). Somente 15% dos grãos de cevada se destinam a produção da cerveja, o restante da produção mundial acaba sendo usada na produção de ração animal.

Mundialmente, a cevada é considerada como o quinto grão mais empregado na produção da cerveja, superando outros tipos que também podem ser utilizados, tais como: arroz, milho, trigo e soja. Abaixo são descritas algumas características que explicam a preferência desse cereal que a torna mais adequada para a produção de cerveja do que outros cereais, segundo Oliveira (2011):

- Possui alto teor de amido, o que a torna atrativa em termos de custo por ser mais barata e mais fácil de maltear que outros cereais.
- Quando maltada, possui um teor elevado de enzimas que ajudam no processo de fabricação do mosto, principalmente na quebra do amido em açúcares.
- Contém outras proteínas que proporcionam equilíbrio nos efeitos em relação à espuma, ao corpo e a sua estabilidade coloidal.

- Possui teor de lipídios relativamente baixo, o que é vantajoso para a estabilidade de sabor da bebida.

O processo de malteação inicia a partir da etapa de umidificação dos grãos de cevada, denominada maceração, seguido da etapa de germinação, onde o sistema enzimático do grão que irá agir sobre a reserva de amido do mesmo irá fornecer carbono e energia para o desenvolvimento do embrião. Após isso, o processo atinge um ponto de germinação, então o processo é cessado através de secagem (BOULTON, 2006 *apud* PORTO, 2011).

2.3.1.3. Lúpulo

O *Humulus lupulus*, conhecido vulgarmente como Lúpulo, planta trepadeira pertencente à família da moráceas e originária de zonas temperadas. É uma planta dióica, que quer dizer que produz flores masculinas e femininas. Na produção de cerveja utilizam-se apenas das flores femininas, que contêm a substância lupulina quando fecundadas, que confere o amargor, aroma e algumas propriedades medicinais (JÚNIOR, VIEIRA e FERREIRA, 2009).

Os compostos ativos de aroma de lúpulo estão presentes nas glândulas das flores fêmeas da planta (Figura 1) e estas, geralmente, apresentam de 4 a 5 cm de comprimento. O lúpulo constitui-se de óleos essenciais (0,2-3%), β -ácidos também chamados lupulonas (1,5-9,5%) e de α -ácidos (2,0-16,0%) (NOONAN, 1996 *apud* SILVA; FARIA, 2008), também chamados humulonas. As proporções de cada composto dependem da variedade da planta.

Figura 1 – Corte Longitudinal das Flores Fêmeas de Lúpulo.



Fonte: SILVA e FARIA (2008).

Os lúpulos podem ser classificados em lúpulo aroma e de amargor. Os óleos essenciais do lúpulo possuem composição bastante complexa, apresentando mais de 200 compostos (SHARP; LAWS, 1981).

Os β -ácidos contribuem para uma menor intensidade para o amargor. A ação bactericida age no transporte de metabólitos na membrana celular e altera o pH intracelular, enquanto que os α -ácidos são isomerizados através de calor produzindo os iso- α -ácidos, que são constituídos principalmente por isohumulona, isocohumulona e isoadhumulona. Com isso, são considerados mais amargos que os ácidos originais não isomerizados, sendo responsáveis por mais de 70% do amargor detectado sensorialmente em cerveja (SILVA; FARIA, 2008).

Apresenta a porcentagem de cada um dos compostos amargos no lúpulo.

Tabela 2 - Composição Química do Lúpulo.

α -ácidos	Quantidade	β -ácidos	Quantidade
humulona	35 - 70%	humulona	30 - 55%
cohumulona	20 - 55%	cohumulona	20 - 55%
adhumulona	10-15%	adhumulona	5 - 10%
prehumulona	1 - 10%	prehumulona	1 - 3%
posthumulona	1 - 5%	posthumulona	v.n.i *

* Valor não identificado

Fonte: VARNAM; SUTHERLAND (1997).

O lúpulo é utilizado em pequena quantidade, sendo necessários de 40 a 300 gramas de lúpulo para produzir 100 litros do produto final. Ao contrário do malte, o lúpulo não altera o teor alcoólico nem o corpo da cerveja (MORADO, 2009).

Os principais países produtores são Alemanha, Estados Unidos, República Checa, Inglaterra e Nova Zelândia, que produzem mais de 80% do lúpulo mundial (CARVALHO, 2007).

A Tabela 3 indica a composição química do lúpulo com relação aos principais componentes e as respectivas quantidades.

Tabela 3 - Composição Química do Lúpulo.

Componente	Quantidade
Água	8 - 14%
Proteínas	12 - 24%
Resinas Totais	12 - 21%
Ácidos – alfa	4 - 10%
Ácidos - beta	3 - 6%
Taninos	2 - 6%
Celulose	10 - 17%
Cinzas	7 - 10%
Óleos essenciais	0,5 - 2,0%

2.3.1.4. Levedura

O fermento é o ingrediente utilizado para realizar o processo fermentativo dos açúcares no mosto cervejeiro. O fermento cervejeiro comumente utilizado para a produção de cervejas é a levedura *Saccharomyces* (Figura 2), com cepas de alta e baixa fermentação – *Ale* e *Lager*, respectivamente (CARVALHO, 2007).

Figura 2 – Levedura do gênero *Saccharomyces*.



Fonte: Cerveja artesanal (2017).

As leveduras são microrganismos eucarióticos, predominantemente unicelulares, pertencentes ao Reino Fungi. Possui habilidade de metabolizar eficientemente os constituintes do mosto, que é um caldo resultante da mistura fervida de malte e água, rico em açúcares fermentáveis. Esse caldo é filtrado, para receber o lúpulo e o fermento ser transformado em álcool e gás carbônico a fim de produzir uma cerveja com qualidade e estabilidade sensorial satisfatória (CARVALHO *et al.*, 2007).

As leveduras mais utilizadas em cervejaria são de duas espécies do gênero *Saccharomyces*: *Saccharomyces cerevisiae* (alta fermentação) e

Saccharomyces uvarum (baixa fermentação) (EMBRAPA, 2010 *apud* OLIVEIRA, 2011).

Morado (2009) destaca que por ser fundamental na formação de aromas na cerveja, é de grande importância que a cultura de leveduras seja a mais pura possível, isenta de leveduras “mutantes” e de microrganismos contaminantes (bactérias e leveduras selvagens), sendo indispensável à assepsia das cervejarias durante a produção.

Para Dragone, Almeida e Silva (2010) o tipo de levedura está intrinsecamente ligado às características de sabor e aroma de qualquer cerveja em que é utilizada. Como principal produto da fermentação das leveduras é o álcool e o CO₂, no entanto, inúmeros compostos são produzidos em menor proporção, e estes, são de grande importância no sabor da cerveja. A cepa da levedura, a temperatura e o pH da fermentação, o tipo e a proporção do adjunto quando utilizado e até mesmo o modelo do fermentador e a concentração do mosto são fatores que influenciam o sabor da cerveja na etapa de fermentação (KUCK, 2008).

Houg classificou as leveduras de acordo o seu comportamento durante o processo fermentativo, sendo leveduras tipo *Lager* (ou de baixa fermentação) as que decantam no fundo do fermentador e levedura do tipo *Ale* (ou alta fermentação) as que tendem a flutuar sobre a superfície do mosto.

2.4. VARIEDADES DE CERVEJAS DO TIPO ALE

Segundo Richard (2015) o nível de temperatura com a qual a cerveja é produzida determina a classificação dos dois principais tipos de cerveja: *Ale* e *Lager*. As variedades de cervejas do tipo *Ale* mais comum e produzida são:

- *Ale* âmbar – Apresenta sabor levemente doce, já que levam muito mais malte no preparo e tem cor escura. São consideradas *Ale* Belga.
- *Ale* Clara – Rica em lúpulo e malte e é tem cor mais clara.
- *Ale* Amarga – É um grupo proveniente da *Ale* Clara por conter lúpulo de aroma especial.
- *Ale* Irlandesa – Possui sabor e malte bem definido, levemente adocicado e coloração avermelhada profunda.

- *Barley Wine* – Contém alto teor de álcool, sabor frutado e de cor de âmbar aproximando da cor escura.
- *Stouts* – Tem características únicas são feitas com cevadas escuras torradas, pouco lúpulo e sem malte.
- *Porter* – Elaboradas a partir de um malte fortemente torrado, estas cervejas são *Ale* muito escuras, com sabor fresco e medianamente encorpadas.
- Cerveja do Trigo – É muito gaseificado e de cor clara, conhecida, também, como “*hfeweizen*” e “*weissbier*”.

2.5. ADITIVOS

2.5.1. Antioxidantes

Tem como função evitar a ação do oxigênio, que é o principal fator da deterioração das gorduras dos alimentos. Ao sofrerem transformações, essas gorduras alteram o sabor e odor dos alimentos, tornando-os impróprios para o consumo. A incorporação do oxigênio na bebida faz com que acelere a deterioração do produto (MENDA, 2011).

2.5.2. Acidulantes

Os acidulantes têm um papel importante, pois colaboram no realce do sabor da bebida, regula a doçura do açúcar, acentuam o sabor ácido, regulam o pH e colaboram na inibição dos microrganismos (MENDA, 2011). Atuam como adjunto de aroma e sabor, largamente encontrados na natureza e disponíveis comercialmente na forma de soluções aquosas que são incolores, inodoras, viscosas e não voláteis (CARVALHO, 2007).

2.5.3. Estabilizantes

Os estabilizantes mantêm as características físicas das emulsões e suspensões com a finalidade de aumentar a viscosidade. São adicionados às cervejas destinadas ao engarrafamento como ao embarrilamento, ambas são à base de alginatos (MENDES, 2004). Exemplos de estabilizantes são a polivinilpirrolidona (PVP) e a carboximetilcelulose (CMC, um polímero derivado da celulose), ambas solúveis em água (ROSA e AFONSO, 2015).

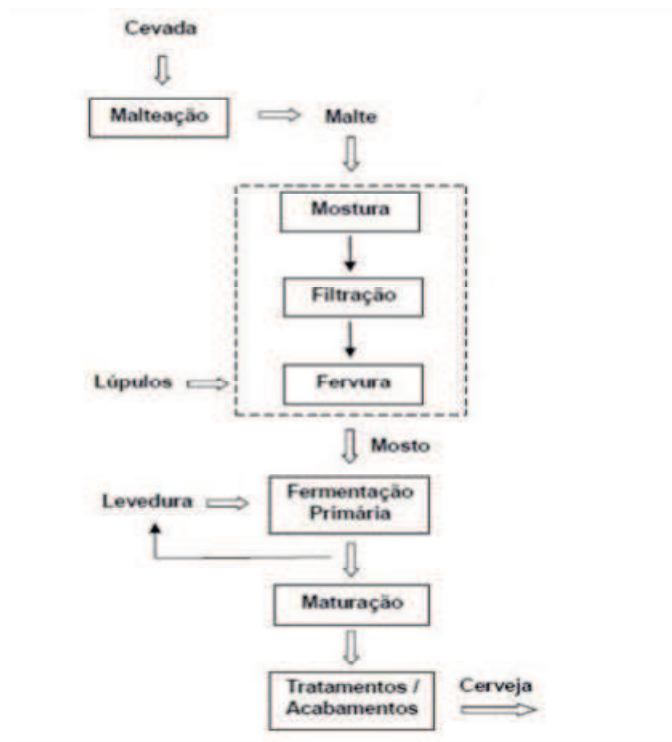
2.5.4. Antiespumantes

Agentes antiespumantes, livres de Ferro, Cobalto ou Níquel, atuam regulando a formação de espumas, minimizando a incidência de formação de espuma e também atuando como desespumante de ação imediata no processo de fermentação alcoólica. Os fermentadores de aço comum têm de ser adequadamente revestidos para evitar a contaminação com íons metálicos (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

2.6. PROCESSOS PARA A FABRICAÇÃO DA CERVEJA

O processo de produção de cerveja artesanal está delineado no fluxograma da Figura 3, embora as cervejas de mesma classificação são produzidas utilizando basicamente o mesmo processo, elas podem apresentar algumas variações de um tipo para outro (OLIVEIRA, 2011).

Figura 3 - Fluxograma da produção da cerveja.



Fonte: Oliveira (2011).

2.6.1. Malteação

O malte, cevada maltada é a principal fonte de substâncias químicas com atividade sensorial (gustativa ou olfativa), encontradas na cerveja, seja por via direta, seja através das transformações que ocorrem durante a produção do mosto e a fermentação (GALVÃO, 1997).

O processo de malteação é constituído de três etapas: maceração, germinação e secagem. Na maceração, a cevada é colocada em tanque cilíndrico para ser macerada com água. A água deve estar na temperatura entre 5 e 18°C e é trocada a cada 6 a 8 horas. O oxigênio necessário à respiração do embrião da cevada é fornecido através da injeção de ar nos tanques. O processo termina em dois dias, quando a cevada atinge 42 a 48% de umidade, nesse ponto há o aparecimento da radícula (AQUARONE, 2011 *apud* LORENA, 2015).

2.6.2. Preparo do mosto

O tipo de mosturação depende do tipo e da composição da cerveja que se deseja obter, agregando conhecimentos da quantidade desejada de açúcares, substâncias proteicas, consistência da espuma, dentre outras (DRAGONE; ALMEIDA e SILVA, 2010).

Nesta etapa ocorre a moagem do malte que tem como objetivo quebrar o grão e expor o amido contido em seu interior. É um processo puramente físico em que o malte é colocado no interior de um moinho, que ao cortar/danificar a casca das sementes promove a exposição do amido do endosperma (MATOS, 2011).

A moagem promove a diminuição do tamanho da partícula do amido, aumentando assim, a velocidade de hidrólise do amido (OLIVEIRA, 2011). É considerável que a moagem não seja muito severa para que a fase filtração não seja prejudicada, porém se a moagem for muito grosseira, não atingirá o seu objetivo, que é aumentar a superfície de contato do substrato amiláceo com as enzimas do malte, facilitando sua hidrólise (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Na mosturação ou brassagem ocorre a mistura do malte moído com água, submetendo-o a diferentes temperaturas por períodos de tempo determinados para que o amido venha a se solubilizar e também ativar enzimas proteolíticas e de sacarificação, formando uma solução chamada de “mosto” (MORADO, 2009). O objetivo deste procedimento consiste em promover a gomificação e posterior hidrólise do amido a açúcares. O pH e a temperatura interagem para controlar a degradação do amido e das proteínas (VENTURINI, 2005).

A filtração da mostura é extremamente importante para a qualidade da cerveja, onde é realizada em um recipiente denominado tina de filtração, com a finalidade de separar o mosto líquido do bagaço de malte. Durante a filtração, o mosto flui por gravidade através de uma superfície filtrante constituída pelas próprias cascas do malte.

Este processo é seguido por sucessivas lavagens do elemento filtrante com água a 76°C, a fim de recuperar a maior parte do extrato líquido que fica retido no bagaço (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006), pois nessa temperatura a viscosidade do mosto diminui, diluindo os açúcares, que terão mais facilidade para se livrarem dos sólidos do bagaço, diminuindo dessa forma as perdas. As enzimas serão então inativas, sendo bloqueado o desenvolvimento bacteriano (REITENBACH, 2010).

Na primeira filtragem, o líquido passa através da camada de cascas do malte depositadas no fundo da tina, formando assim, uma camada filtrante, constituindo o mosto primário. Já na segunda filtragem a camada de cascas que se encontra na tina de mosturação é então lavada com água por uma ou mais vezes, para recuperar a maior parte do extrato líquido que fica retido no bagaço após a filtração (KUCK, 2008).

Piccini, Moresco e Munhos (2002) destacam que a turbidez do mosto que sai do processo de filtragem deve ser a mínima possível, devido ao fato da cerveja ter um número bastante grande de sólidos que precipitam ao longo do processo, tendo uma quantidade definida de sólidos que devem ser retirados nos três processos de filtração.

Após a filtração, o mosto é encaminhado para uma tina de fervura, iniciando assim a sua fervura a aproximadamente 100°C, o qual permitirá a inativação enzimática e a evaporação da água.

O bagaço que ficou na tina, denominado torta, deve ter menos de 1% de extratos solúveis e pode ser utilizado na fabricação de rações para animais. (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Além destas transformações, o lúpulo deve ser adicionado junto com os componentes do mosto, em altas temperaturas. A fervura do mosto tem que ser intensa, pois é responsável pela esterilização do mosto e também exerce função importante favorecendo a obtenção de aroma, sabor, cor e esterilidade microbiológica da cerveja, devido à ação da caramelização e reação de *Maillard* (JAY, 2005). A adição de lúpulo ou lupulagem, normalmente ocorre em duas etapas, à primeira visando conferir amargor e a segunda prestando-se à adição de aromas florais, herbais e mesmo condimentados, acrescentados no mosto durante a cocção (MORADO, 2009).

2.6.3. Fervura do mosto

De acordo com Garcia-Cruz, Foggetti e da Silva (2008) *apud* MATOS (2011), os principais objetivos da fervura são:

- Estabilização biológica, o mosto é um meio ótimo para o desenvolvimento de microrganismos que possa vir a contaminar a produção nas operações precedentes, por isso na fervura é visada a esterilização.
- Estabilização bioquímica onde as enzimas que se mantiverem ativas são inativadas.
- Estabilização físico-química que as proteínas de maior cadeia são desnaturadas, floculando, precipitando e, com elas, acabam decantando, também, polifenóis, taninos e outras substâncias que serão retiradas posteriormente.
- Extração e transformação dos componentes do lúpulo, que pela fervura o amargor e aromas do lúpulo são extraídos.
- Concentração do mosto, que na filtração é usada água para extrair o extrato residual do bagaço.
- Com a fervura faz-se a evaporação do excesso de água usada, deixando o mosto na densidade desejada.

- E outras transformações, como a formação de melanoidinas (combinação de açúcares simples com aminoácidos). Estas substâncias contribuem para o aroma e para a cor da cerveja.

De acordo com Morado (2009), após a fervura do mosto sucede a separação do *trub* – aglutinado proteico – por um processo chamado *whirlpool*, o qual utiliza a força centrípeta para fazer o *trub* se acumular no centro do tanque e logo pode ser feito o resfriamento, fundamental para que o mosto atinja a temperatura adequada para a fermentação. Se não ocorresse a separação do *trub*, a cerveja absorveria características desagradáveis a seu aspecto sensorial e assim adquirir um amargor não esperado, com coloração escura, além da desestabilização da espuma (BAMFORTH, 2005).

2.6.4. Fermentação

No resfriamento e na aeração do mosto o principal intuito é a inoculação das leveduras, que irão fermentar o extrato para a elaboração da cerveja. A temperatura depende do tipo de cerveja que se deseja obter, que deve estar diretamente ligada ao tipo de fermentação. A aeração é um processo fundamental para a fabricação de cerveja, pois trazem consequências diretas nos processos finais da cerveja. Em função disso, deve-se fazer uma aeração adequada de modo a facilitar a ação das leveduras e a retirada de compostos do mosto que provocariam turbidez na cerveja (VENTURINI, 2005).

Os carboidratos fermentescíveis presentes como a maltose, maltotriose, glicose, entre outros, são metabolizados pelas leveduras. Subprodutos podem desenvolver-se durante o processo de fermentação e componentes do mosto são assimilados pela levedura, sendo denominados produtos secundários da fermentação (DRAGONE; ALMEIDA; SILVA, 2010).

Durante todo processo é muito importante o controle preciso da temperatura, em torno de 10 a 13°C, para a obtenção de uma cerveja com as características físico-químicas e sensoriais desejadas (FERREIRA, 2007).

A levedura empregada deve ser inoculada a uma solução de 100mL do mosto, depois de certo tempo fermentando, este passa para um recipiente de 1000mL de mosto (inóculo). Depois de ter passado o tempo de crescimento da levedura, o mesmo é inoculado ao mosto principal nos tanques de

fermentação. Tal processo serve tanto para as leveduras de fermentação alta, quanto para as de fermentação baixa (JACKSON, 2007).

Depois de realizado este processo o produto deve ser maturado, finalizando o processo fermentativo, além de melhorar as características da qualidade da cerveja como sua carbonatação e formação de ésteres responsáveis pelo aroma e sabor (FERREIRA e BENKA, 2014).

A fermentação confere à bebida seu teor alcoólico, além de uma parte da carbonatação e espumação. Normalmente, é feita à proporção de 1% (v/v) de fermento em relação ao mosto e o tempo de fermentação pode variar de acordo com a cervejaria e o tipo de cerveja que se pretende (OETTERER, REGITANO-D'ARCE e SPOTO, 2006).

O cuidado para que se tenha uma boa cerveja é indispensável, tais como: a seleção de uma boa cepa de levedura (a levedura boa deve flocular e decantar no fundo do tanque fermentador ao final do processo); se a cerveja será de baixa ou de alta fermentação; concentração celular a ser utilizada; dados de crescimento e morte celular do microrganismo; tempo e como determinar o término da fermentação (GARCIA-CRUZ, FOGGETTI E DA SILVA, 2008 *apud* MATOS, 2011).

Durante a alta fermentação, a temperatura inicial do mosto deve ficar entre a faixa de 14 a 20°C. Após 36 horas de fermentação, a temperatura do mosto é elevada para 20 a 25°C e depois de 72 horas diminui-se para 17°C. Nas últimas 10 horas de fermentação as leveduras tendem a subir para a superfície do mosto.

Para a baixa fermentação, a temperatura do mosto deve estar entre 6 a 12°C e depois elevada para 10 a 15°C nos primeiros 3 a 5 dias da fermentação. No final, a temperatura é diminuída e a levedura passa a decantar (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

2.6.5. Maturação

O produto resultante da fermentação principal é a cerveja “verde”, onde ainda existem leveduras em suspensão e certa quantidade de material fermentescível e passará por uma fermentação secundária, conhecida como maturação.

Os objetivos principais da maturação são: arredondamento do paladar e aroma, clarificação da cerveja, amadurecimento e eliminação de substâncias sulfonadas que são arrastadas pelo gás carbônico (ALVISI, 2011).

Segundo Morado (2009), dado início a maturação grande parte dos açúcares terá sido metabolizado e transformado em álcool etílico, dióxido de carbono, glicerol ácido cético, álcoois superiores e ésteres.

Cerca de 10% do total de ésteres da cerveja são formados durante a maturação. Ocorrem além da redução dos teores de compostos sulfídricos, como o diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico, também uma atenuação no amargor do lúpulo onde é estabelecido o sabor final da cerveja (VENTURINI, 2005).

A cerveja tipo *A/e* passa por um período de maturação de poucos dias, geralmente menos de um mês. A *A/e* forte pode precisar de um período de maturação de até um ano (EVANGELISTA, 2012).

2.6.6. Tratamentos e Armazenamento

A cerveja pode ser armazenada em garrafas ou latas de alumínio e deve passar pelo processo de pasteurização. A pasteurização é feita com objetivo de proporcionar estabilidade biológica à cerveja, através da destruição de microrganismos pelo calor (CARVALHO *et al.*, 2006).

Por fim, a pasteurização que consiste em diminuir a carga microbiana que, se presentes, podem prejudicar as características da cerveja. Assim, a pasteurização costuma ser realizada a temperaturas por volta de 70°C (KUCK, 2008), porém críticos alegam que esta operação prejudica o paladar, conferindo adstringência adicional e até mesmo sabores de “queimado” à bebida (MORADO, 2009).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A produção e as análises da cerveja artesanal tipo *Ale* foram conduzidas no Laboratório de Físico-química do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA), do Departamento de Química, junto com o Laboratório de Saneamento Básico, do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, em Campina Grande, Paraíba.

3.1. MATERIAIS

As matérias-primas utilizadas na produção de cerveja foram: Malte *Pilsen* Agromalte, Malte *Carahell*[®] *Weyermann*, Lúpulo *Hallertau Tradition*, Lúpulo *Magnum*, Fermento Liofilizado e Clarificante *Whirfloc T.*, adquiridos da WE consultoria. A água utilizada no procedimento foi resultante da Osmose Reversa, adquirida no Laboratório de Saneamento Básico – CCT – UEPB e obedecendo ao Portaria Ministério Da Saúde 518, de 25/03/2004. O açúcar foi obtido em comércio local da cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil.

3.1.1. Agente Fermentativo

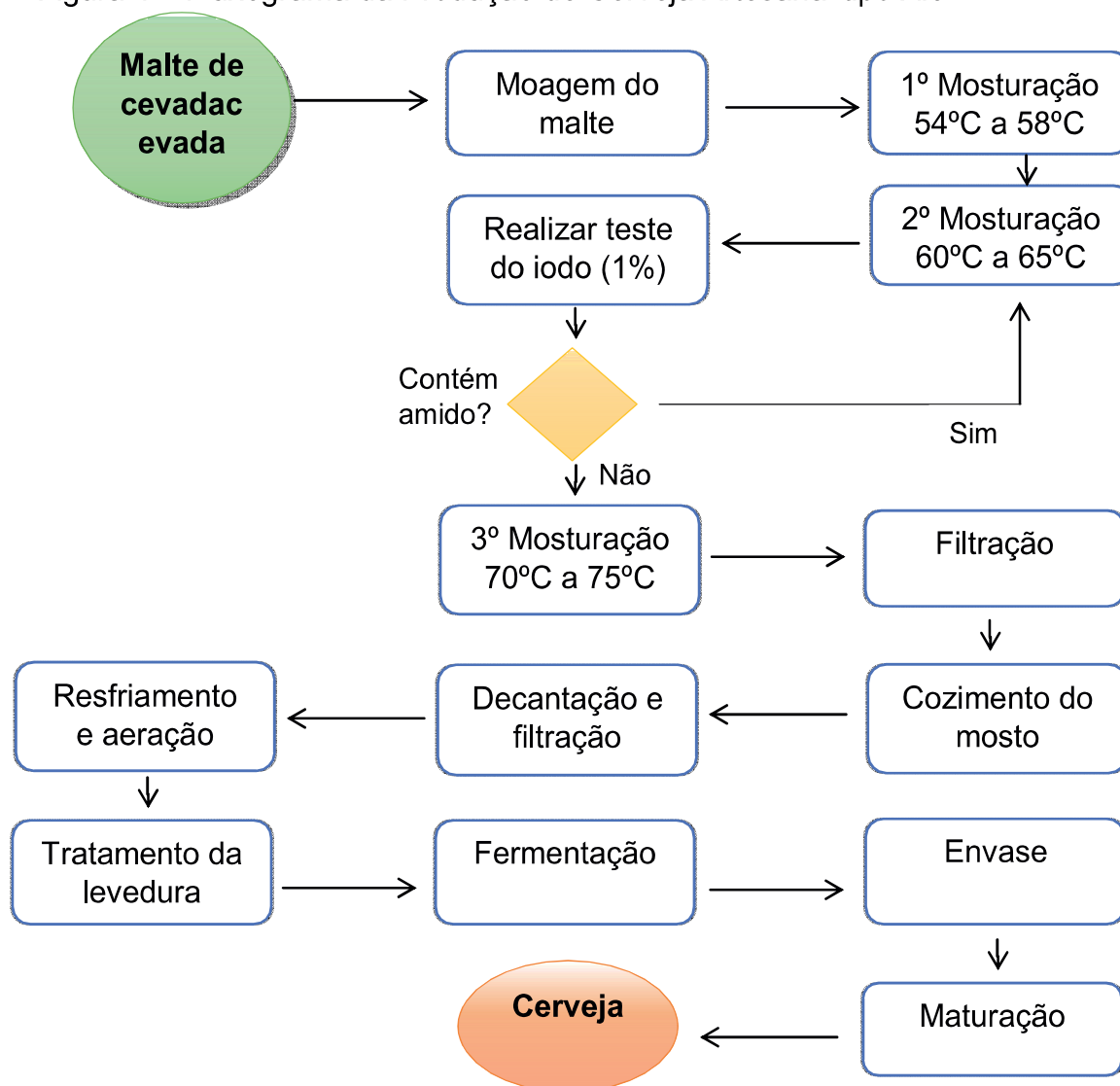
O agente fermentativo utilizado foi à levedura cervejeira de alta fermentação da espécie *Saccharomyces cerevisiae* adquirido da WE consultoria.

3.2. METODOLOGIA

3.2.1. Processamento e Produção da Cerveja

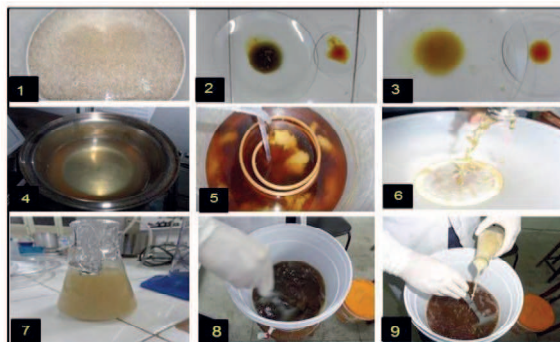
A Figura 4 apresenta o fluxograma referente ao processo de produção de cerveja, realizado no laboratório em escala piloto, desde a formulação até as análises para avaliação da qualidade do produto.

Figura 4 – Fluxograma da Produção de Cerveja Artesanal tipo *Ale*.



Na Figura 5 estão apresentadas as etapas para a elaboração da cerveja artesanal do tipo *Ale*: 1 – Mosturação; 2 – 1º teste do iodo; 3 – 4º teste do iodo; 4 – Xarope de açúcar; 5 – Precipitação com *chiller*; 6 – Filtração; 7 - Ativação de leveduras; 8 – Aeração do mosto; 9 – Inoculação das leveduras.

Figura 5 – Etapas para obtenção da Cerveja Artesanal tipo *Ale*.



Os ingredientes utilizados para a produção da Cerveja Artesanal tipo *Ale*.

3.2.1.1. Moagem do Malte

Os dois tipos de cevadas maltadas foram triturados a seco em moinho de grão, com granulometria adequada, para que não fique na forma de farinha e muito grosseira, com o intuito de produzir a desintegração total do endosperma, para que todos os elementos constituintes fiquem acessíveis às ações enzimáticas.

3.2.1.2. Mosturação

No aquecimento, utilizou-se um fogão industrial, um termômetro e um utensílio adequado para realização da mistura. Inicialmente, misturou-se a cevada moída com 10 Litros de água trabalhou-se com a temperatura de 54 a 58°C, durante 15 minutos na fase de repouso de peptonização, aumentando gradativamente para as temperaturas de 60 a 65°C por aproximadamente 40 minutos. Decorrido este tempo foi realizado o teste de iodo, no intuito de determinar a presença de amido na mosturação, este teste foi realizado no intervalo de 5 em 5 minutos até que todo o amido fosse convertido em açúcares menores, após essa etapa aumentou-se a temperatura entre 70°C a 75°C por 10 minutos, para a completa hidrólise do amido.

3.2.1.3. Filtração

Após a mosturação, o mosto foi filtrado na peneira de aço *inox* e transferido para panela de fervura de 20L. O bagaço de malte retido na peneira foi lavado quatro vezes utilizando um volume total de 5 litros de água a 70°C para aproveitar todos os açúcares retidos.

3.2.1.4. Cozimento do Mosto

O cozimento do mosto foi realizado por um período de 1 hora nas temperaturas entre 100°C e 120°C. O lúpulo de amargor foi adicionado nos 20 minutos iniciais da fervura, em seguida após 40 minutos foram adicionados o agente clarificante *Whirfloc T.*, o lúpulo aromático e o xarope de açúcar.

3.2.1.5. Decantação e filtração

O mosto foi decantado e resfriado com o auxílio de um *chiller* de cobre de 3 metros preenchido por água corrente à temperatura ambiente até que o mesmo atingisse uma temperatura de 40°C. Em seguida, foi iniciada a filtração do *trub* (precipitado formado no resfriamento) com coadores de algodão.

3.2.1.6. Resfriamento e aeração

O mosto foi resfriado até a temperatura de 25°C, posteriormente foi realizada a aeração com o auxílio de uma escumadeira por um período de 5 minutos.

3.2.1.7. Tratamento da levedura

Foram utilizadas 5g da levedura e hidratadas com 150mL de mosto e 100ml de água destilada, deixadas em descanso por 5 minutos, posteriormente adicionada ao mosto para dar início a sua fermentação.

3.2.1.8. Fermentação

O mosto foi fermentado por 48 horas a uma temperatura variou entre 28°C e 30°C em um reator com capacidade de 20L. A cada 6 horas foram retiradas amostras para o acompanhamento da teor de sólidos solúveis, teor alcoólico, concentração de leveduras e pH.

3.2.1.9. Envase

Realizado com garrafas de vidro âmbar de 600mL, previamente lavadas e devidamente esterilizadas em autoclave a 121°C por 30 minutos e adicionado 3g de açúcar para o *priming*.

3.2.1.10. Maturação

Realizado em estufa isolada com temperatura de 8°C, por um período de 8 dias.

3.2.2. Métodos Analíticos

Foram realizadas análises em todo processo fermentativo, coletadas com um intervalo de tempo de 6 em 6 horas.

3.2.2.1. Determinação do Teor Alcoólico (°GL)

Obtido através da leitura direta em alcoômetro que mede a porcentagem alcoólica das amostras (°GL – Graus *Gay Lussac*).

3.2.2.2. Teor de sólidos solúveis (°Brix)

Obtida através da leitura direta no refratômetro digital medida em °Brix.

3.2.2.3. Determinação do pH

A determinação do pH das amostras foi previamente medida para verificar a variação ao longo do processamento fermentativo, medido através do potenciômetro.

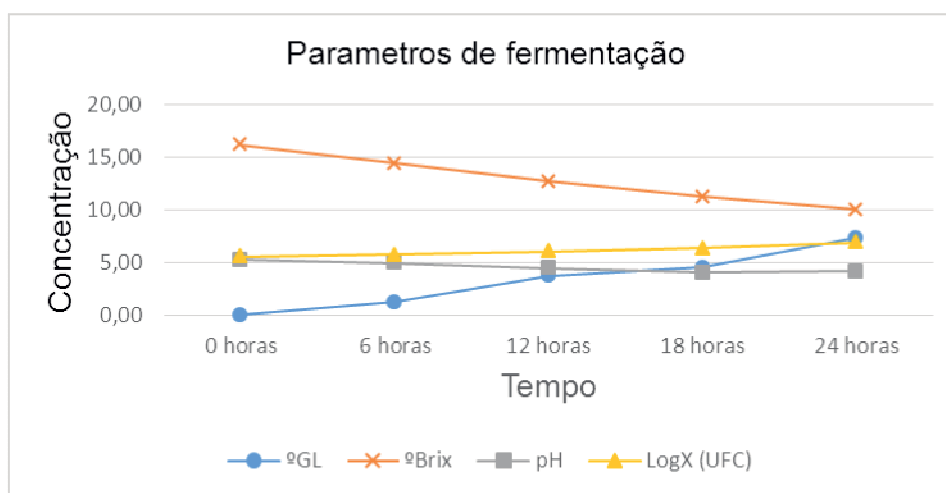
3.2.2.4. Determinação da Concentração Celular (UFC)

A concentração celular foi determinada pela contagem bacteriana total em placas, expressa em Unidades Formadoras de Colônias por mL (UFC/mL) do número de leveduras, empregando o meio Ágar Batata Glicosado, incubados a 25°C por 72 horas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados encontrados durante o acompanhamento e monitoramento da produção da cerveja artesanal a Figura 6 estão descritos os resultados *A/e* em relação aos parâmetros de teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), teor alcoólico ($^{\circ}$ GL); pH e a contagem total de leveduras (U.F.C.).

Figura 6 – Parâmetros de Fermentação das amostras de Cerveja Artesanal tipo *A/e*: $^{\circ}$ GL, $^{\circ}$ Brix, pH e log do número de leveduras (U.F.C.).



O produto final do processo fermentativo se deu ao teor alcoólico de 7,3 $^{\circ}$ GL, logo o resultado encontra-se dentro dos padrões da literatura, pois segundo Siqueira (2007), cervejas do tipo *A/e* indicam graduação alcoólica na faixa entre 4 a 8% (v/v).

Verificou-se após 6 horas de fermentação, que os sólidos solúveis se mostraram desejáveis, pois os mesmos diminuíram gradativamente ao decorrer do tempo, desta forma seu consumo através das leveduras, geraram o produto final. Segundo Barcelos, Tregellas e Xavier (2015), isso significa que o açúcar presente no meio sofreu transformação pelas leveduras, que converteu esses açúcares em álcool e CO₂ no processo fermentativo.

Observou-se 16,20 $^{\circ}$ Brix no início, decrescendo 14,4 $^{\circ}$ Brix, mostrando-se uma boa adaptação do microrganismo no meio, na fase lag ocorreu em um período inferior que as 6 primeiras horas, fazendo com que o processo

fermentativo tenha ocorrido com uma velocidade elevada, assim, o final do processo fermentativo foi obtido com 24 horas de fermentação chegou a atingir um final de 10 °Brix.

Durante as 6 horas iniciais do processo verificou-se que a fermentação acontecia de forma aeróbia, não havendo ainda a formação de álcool, já que o produto é produzido em meio anaeróbico. O baixo pH reduz a contaminação do meio por m.o.s indesejável.

Ao longo de todo o processo houve um leve decaimento de pH, indicando a atividade realizada pelas leveduras que consumiu os aminoácidos, acumulando íons, liberando CO₂. Sabendo-se que o pH é um parâmetro de grande importância para que o procedimento de mosturação da cerveja ocorra de maneira adequada, uma vez que existem faixas ótimas de pH para cada ação enzimática que variam de 4,6 a 5,8 (CARVALHO, 2007). A cerveja pode ser considerada um produto suavemente ácido, de forma que o malte de cevada clássica possui pH na faixa 4 a 5, as do tipo *A/e* variam de 3 a 6.

Ao longo de todo o processo observou-se que o pH sofreu um leve decaimento, inicialmente estava em torno de 5,25, decaiu constantemente até o final do processo fermentativo apresentando um valor de 4,14, similar ao valor citado por Diakabana *et al.* (2013) que em cervejas do tipo *A/e* elaboradas com malte de milho observou pH de 4,15. De acordo com Oetterer, Regitano-D'arce e Spoto (2006), esta situação é desejável, pois afirma que este efeito favorece o desenvolvimento da levedura.

Constatou-se que no acompanhamento da concentração de leveduras não foi atingida a fase estacionária devido à alta velocidade de formação do produto, tendo que a fase log iniciada entre as 6 primeiras horas, o que indica uma boa adaptação com o meio utilizado. Logo após, permanecendo praticamente constante para os demais tempos até completar às 24 horas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os experimentos realizados e resultados observados, conclui-se que a elaboração da Cerveja Artesanal tipo *A/e* mostrou-se como uma opção viável para venda e consumo, sendo grande potencial para microcervejarias artesanais, uma vez que a cerveja apresentou parâmetros de qualidade, com características satisfatórias tanto físico-químicas como microbiológicas.

O teor alcoólico apresentou valor satisfatório, se sobressaindo no padrão para esse tipo de cerveja. Os açúcares foram elementos essenciais para o desenvolvimento das mesmas, apresentando teor de °Brix dentro do estipulado. O pH e a contagem total microrganismo (U.F.C.) obtiveram resultados aceitáveis. Através do curto período de fermentação, não foi possível verificar a curva de decaimento das leveduras, necessitando-se assim de mais tempo.

Diante dos resultados apresentados a cerveja artesanal elaborada apresentou de acordo com as análises realizadas de acordo com os padrões da LEI Nº 8.918, de 14 de julho de 1994.

REFERÊNCIAS

ALVISI, F. Manual de Treinamento Técnico Cervejeiro. AmBev, 2011.

ANDRADE C. J.; MEGA F. J.; NEVES E. **A Produção da Cerveja no Brasil.** Ciência, Tecnologia, Inovação e Oportunidade, vol 1, nº 1. Barra do Bugres 2011.

ARNOLD, John P. Origin and History of Beer and Brewing: From Prehistoric Times to the Beginning of Brewing Science and Technology. Reprint Edition by BeerBooks, Cleveland, OH, 2005.

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

BARCELOS, A. C.; TREGELLAS, B.; XAVIER, K. R. Produção e análise de cerveja artesanal. Trabalho de Contextualização e Integração Curricular II, Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ, Ouro Branco-MG, 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Decreto nº 6.871**, de 04 de junho de 2009. Regulamentação da Lei N° 8.918, de 14 de julho de 1994, sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 04 de junho de 2009.

BRIGGS, D. E. Breawing: Science and practice. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2004.

BRIGIDO R. V.; NETTO M. S. Produção de Cerveja. Trabalho apresentado à disciplina de Engenharia Bioquímica da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

BRODERICK, H. M.; CANALES, A. M.; COORS, J. H. El cervecero em la practica: um manual para la industria cervecera. 2.ed. Peru: Asociacón de Maestros Cervecedores de las Américas, 1977. 550p.

CARVALHO, GBM; DRAGONE, G; BENTO, CV; SANTOS, DT; SARROUH, BF; FELIPE, MGA; ALMEIDA E SILVA, JB. *Utilização da banana como adjunto na obtenção de mosto cervejeiro de alta densidade: um estudo para fim biotecnológico clássico inédito.* In: Congresso Mineiro de Propriedade Intelectual, Agosto 9-11, UFJF, Juiz de Fora - MG, 2006.

CARVALHO, G.B.M., ROSSI, A.A., ALMEIDA e SILVA, J.B. *Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 2ª. parte, A fermentação*. Revista Analytica, v.26, p.46 - 54, 2007.

CARVALHO, L. G. Dossiê Técnico. **Produção de cerveja**. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, mar. 2007.

CERVBRASIL. **Anuário 2014**. São Paulo, 2014.

CERVBRASIL. **Anuário 2015**. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/ANUARIO_CB_2015_WEB.pdf>. Acesso em: 25 setembro 2016.

COLE, Melissa. **Vamos falar de cerveja**. São Paulo: Marco Zero, 2013

COT, M. Physiological behaviour of *Saccharomyces cerevisiae* in aerated fed-batch fermentation for high level production of bioethanol. FEMS Yeast Research, v. 7, p. 22–32, 2007.

DIKABANA, P. **Physico-Chemical Characterization of Brew during the Brewing Corn Malt in the Production of Maize Beer in Congo**. Advance J. Food Sci. Technol., 5(6): 671-677, 2013

DINSLAKEN, D. **Manual do Cervejeiro Caseiro**. 1º edição. V.1. Edição virtual, 2016.

DRAGONE, G. ALMEIDA e SILVA, J.B. *Bebidas Alcoólicas: Ciências e tecnologia*. V.1. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.

EMBRAPA. 2010. Disponível em: <www.embrapa.com.br> . Acesso em 14 de dezembro de 2015.

EUWA, M. Eumann. Water in brewing. In: **Brewing New technology**. Published in North America, 2006.

EVANGELISTA, R. R. **Análise do processo de fabricação industrial de cerveja**. São Paulo: Fatec Araçatuba, 2012, 50 p.

SILVA, Paulo Henrique Alves da; FARIA, Fernanda Carolina de. Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes

características e marcas comerciais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. p. 902-906, out.-dez. 2008

FERREIRA, A. de S.; BENKA, C.L. Produção de Cerveja Artesanal a Partir de Malte Germinado Pelo Método Convencional e Tempo Reduzido de Germinação. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Alimentos, no Curso Superior de Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.

FERREIRA, J. Fermentação. Salvador, BA, 2007.

GALVÃO, M. P. A Química da Cerveja. *Química* – 65. P. 6-12. 1997.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ - **Normas Analíticas**: métodos químicos e físicos para a análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JACKSON, M. **Cerveja**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Zahar. 2007.

JAY, J. M. Microbiologia de alimentos. 6 ed. Porto Alegre: Artmed. 2005.

JÚNIOR, A. A. D.; VIEIRA, A. G.; FERREIRA, T. P. Processos de produção de cerveja. *Revista Processos químicos*. p. 61-71, jul./dez. 2009.

KENNING, David. **Beers Of the Word**. London: Parragon Books Ltd., 2010

KUCK, L. S. Cerveja: Sabor e Aroma. 2008. 47 f. Trabalho acadêmico do Curso de Bacharelado em Química de Alimentos - Universidade Federal de Pelotas, RS.

KLEBAN, J.; NICKERSON, I. To brew, or not to brew – That is the question: an analysis of competitive forces in the craft brew industry. **Journal of the International Academy for Case Studies**, v. 18, n. 3, p. 59–81, 2012.

KUNZE, W. **Technology brewing and malting**. Berlim: VLB, 1997. p. 433-435.

MADRID, A. Manual de indústrias de alimentos. 1.ed. São Paulo: Varela, 1996. p. 599.

MARCUSSO, E. F. AS MICROCERVEJARIAS NO BRASIL ATUAL: Sustentabilidade e Territorialidade. 171 f. Dissertação. Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental. Universidade Federal de São Carlos (UFSC). Sorocaba – SP. 2015

MATSUBARA, Amanda Kaori; PLATH, Ariane R. **Desenvolvimento de Cerveja Artesanal de Trigo adicionada de Gengibre (ZingiberofficinaleRoscoe)**. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2014.

MATOS, RICARDO AUGUSTO GASEL. **Cerveja: Panorama do Mercado, Produção Artesanal, e Avaliação de Aceitação e Preferência**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Florianópolis – SC.

MENDA, M. Refrigerantes. Rio de Janeiro: Conselho Regional de Química 4ª Região, 2011.

MENDES, DIAS, A. da (Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC). Processamento de cerveja, 2004.

MINELLA E. Reunião Nacional de Pesquisa de cevada (29: 2013: Passo Fundo, RS). Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2013 e 2014. Editado por Euclides Minella. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 105 p, 2013.

MORADO, R. Larousse da Cerveja, 1ª edição. São Paulo, SP: Larousse do Brasil, 2009. 357p.

MORADO, Ronaldo. **A rivalidade deixada de lado para dar lugar ao prazer de degustar bebidas de qualidade**. SP, 2015.

NELSON, Max. The Barbarian's Beverage: A History of Beer in Ancient Europe. Routledge, New York, NY, 2005.

OLIVEIRA, N. A. M. **Leveduras utilizadas no processo de fabricação da cerveja**. 2011. 45f. Monografia (Pós-graduação em Microbiologia) – Instituto de Ciências Biológicas, UFMG, Belo Horizonte, 2011. 44p.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri, SP: Manole, 612p, 2006.
PATTINSON, Ron. *European Beer Statistics: Volume of World Beer Production*, 2006.

PICCINI A. R., MORESCO, C. e MUNHOS, L. *Cerveja*. 2002. Acessado em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/defini.htm>>.

PORTO, Paula de D. **Tecnologia de fabricação de malte: uma revisão. 2011. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2011.

REBELLO, F. D. F. P. **Produção de cerveja**. *Revista Agro geo ambiental*. Inconfidentes. Dezembro 2009.

REINOLD, M. R. Fatores importantes para a elaboração de uma cerveja de qualidade. *Revista Indústria de Bebidas: Fc Santos*, 2008, Ano 07, Nº 41.

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

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A Química da Cerveja. *Quím. nova esc.* – São Paulo-SP, BR. Vol. 37, Nº 2, p. 98-105, MAIO 2015.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – **Potencial de Consumo de Cervejas no Brasil**, 2014.

SHARP, F. R.; LAWS, D. R. J. **The essential oil of hops – a review**. *Journal of the Institut of Brewing*, v. 87, p. 96-107, 1981.

SIQUEIRA, P. B. **Estudo da cinética bioquímica e sensorial de diferentes tipos de cervejas brasileira**. 2007. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. P. *Bebidas alcoólicas: I. Cerveza*. In: *Bebidas: Tecnologia, Química y Microbiología*. Zaragoza: Acribia, S.A., 1997. 487p.

VENTURINI, W. G. Cerveja. In: *Tecnologia de Bebidas*. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 550.