

BRUNO BOLORONE NAKABASHI

**ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE CERVEJA  
CASEIRA (*HOMEBREW*)**

Declaro que esta monografia foi revisada e encontra-se apta para avaliação  
e apresentação perante a banca avaliadora.

Data: \_\_\_/\_\_\_/2014



---

ASSINATURA DO ORIENTADOR

Lorena – SP  
2014

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA – EEL/USP**

**BRUNO BOLORONE NAKABASHI**

**ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE CERVEJA  
CASEIRA (*HOMEBREW*)**

Lorena – SP  
2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado  
da Escola de Engenharia de Lorena,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Nakabashi, Bruno Bolorone  
Análise da Composição Físico-Química de Cerveja  
Caseira (HOMEBREW) / Bruno Bolorone Nakabashi;  
orientador Fernando Segato. - Lorena, 2014.  
63 p.

Monografia apresentada como requisito parcial  
para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia  
Industrial Química - Escola de Engenharia de Lorena  
da Universidade de São Paulo. 2014  
Orientador: Fernando Segato

1. Cerveja. 2. Fermentação. 3. Produção. 4. Enzima.  
I. Título. II. Segato, Fernando, orient.

Bruno Bolorone Nakabashi

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE CERVEJA  
CASEIRA (*HOMEBREW*)

Orientador: Prof. Dr. Fernando Segato

Monografia apresentada à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Químico.

Lorena – SP  
2014

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais,  
que sempre auxiliaram-me nas escolhas dos melhores caminhos a serem seguidos, afim  
de alcançar meus objetivos.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida.

Ao Prof. Dr. Fernando Segato por disponibilizar seus conhecimentos e seu tempo para a conclusão deste trabalho.

Ao Eduardo Manzolli que auxiliou-me nas análises das amostras no laboratório da microcervejaria da EEL.

Ao Marcelo Gonçalves e sua esposa Solange Pastoreli da empresa *Brew Market*, que possibilitou as aquisições dos equipamentos e insumos necessários para esta monografia.

## EPÍGRAFE

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível. ”*

*Charles Chaplin (1889-1977)*

## RESUMO

NAKABASHI, B. B. **Análise da composição físico-química de cerveja caseira (*homebrew*)**. 2014. f23. Monografia – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

O segmento de microcervejarias representam hoje, menos de 1% do setor cervejeiro nacional. Este segmento apresenta tendência de crescimento promissor para os próximos dez anos onde, o setor atingirá aproximadamente 2% da fatia do mercado de cervejas no Brasil, conforme dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Motivada pela busca por parte dos consumidores, que vem apresentando preferência por cervejas com características diversificadas (amargor, aromas, cor, corpo, acidez, entre outros), apresentando maior satisfação sensorial e favorecida pela melhoria na renda da população brasileira. Do preço final de uma cerveja artesanal, 40 a 60% correspondem a impostos, refletindo diretamente no valor da cerveja, chegando a custar três vezes mais, quando comparada a uma cerveja industrial. Diante deste quadro, muitos brasileiros vêm produzindo cerveja para consumo próprio. Este trabalho apresenta uma proposta de qualificação de cervejas produzidas artesanalmente (caseira), de forma que as análises físico-químicas serão realizadas na microcervejaria da Escola de Engenharia de Lorena – USP.

## ABSTRACT

NAKABASHI, B. B. **Analysis of physico- chemical composition of homemade beer (*homebrew*)**. 2014. f23. Monograph – Engineering School of Lorena, University of São Paulo, Lorena, 2014.

The segment of microbreweries today represents less than 1% of domestic beer industry. According to the Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), this segment shows a promising growth for the next ten years, where the industry will reach approximately 2% of the beer market in Brazil. Motivated by the search for consumers, which has shown a preference for beers with diverse characteristics (bitterness, flavor, color, body, acidity, etc.), with higher sensory satisfaction and favored by the improvement in incomes of the population. The final price of a brew the tax included is around 40 to 60% reflecting directly in its final price, which can reach a cost of up to three times when compared to industrial beer. Given this situation, many Brazilians have been producing beer for their own consumption. This work proposes a classification of beers produced by hand (homemade), with the physical and chemical analyzes being performed in the microbrewery of the Escola de Engenharia de Lorena – USP.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> fermento utilizado no processo de produção da cerveja.....  | 33 |
| <b>Figura 2:</b> <i>starter</i> antes da inoculação.....   | 34 |
| <b>Figura 3:</b> maltes moídos.....  | 35 |
| <b>Figura 4:</b> mosturação a 64°C por 75min.....  | 36 |
| <b>Figura 5:</b> teste do iodo. Amido ainda presente no mosto.....   | 37 |
| <b>Figura 6:</b> teste do iodo. Comparação com iodo puro (direita) e iodo com gotas de mosto (esquerda), onde não apresenta mais a coloração roxo-azulada devido à ausência de amido no mosto..... | 38 |
| <b>Figura 7:</b> cama de grãos.....  | 39 |
| <b>Figura 8:</b> recirculação do mosto.....  | 39 |
| <b>Figura 9:</b> comparativo entre a primeira e a última água de lavagem.....  | 40 |
| <b>Figura 10:</b> fervura do mosto.....  | 41 |
| <b>Figura 11:</b> lúpulo de amargor.....   | 42 |
| <b>Figura 12:</b> lúpulo de aroma.....   | 42 |
| <b>Figura 13:</b> introdução do <i>chiller</i> para resfriamento do mosto.....   | 43 |
| <b>Figura 14:</b> formação do <i>trub</i> pela técnica do <i>whirlpool</i> .....   | 44 |
| <b>Figura 15:</b> aeração do mosto.....  | 45 |
| <b>Figura 16:</b> inoculação do <i>starter</i> .....   | 46 |
| <b>Figura 17:</b> geladeira com controlador de temperatura digital.....  | 47 |
| <b>Figura 18:</b> termostato.....  | 48 |
| <b>Figura 19:</b> adição do <i>priming</i> ao mosto.....   | 49 |
| <b>Figura 20:</b> envase.....  | 50 |
| <b>Figura 21:</b> tampinhas em álcool 70° GL.....  | 51 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 22:</b> arrolhador de garrafas.....      | 51 |
| <b>Figura 23:</b> carbonatação.....                | 52 |
| <b>Figura 24:</b> frasco plástico com cerveja..... | 53 |
| <b>Figura 25:</b> <i>Beer Analyzer</i> .....       | 54 |
| <b>Figura 26:</b> produto final.....               | 58 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1:</b> Composição do grão de cevada e do malte.....                         | 21 |
| <b>Tabela 2:</b> Composição química do lúpulo em flor.....                            | 22 |
| <b>Tabela 3:</b> Valores de granulometria do malte na indústria.....                  | 25 |
| <b>Tabela 4:</b> Temperatura e pH de atuação das enzimas.....                         | 25 |
| <b>Tabela 5:</b> diminuição da densidade específica conforme o tempo decorrido.....   | 47 |
| <b>Tabela 6:</b> média aritmética entre resultados das análises de lotes.....         | 55 |
| <b>Tabela 7:</b> características adotadas pelo BJCP para o estilo pilsen urquell..... | 55 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| °C              | graus Celsius        |
| °P              | grau Plato           |
| °GL             | Gay-Lussac           |
| L               | Litros               |
| cm <sup>3</sup> | centímetros quadrado |
| ml              | mili Litro           |
| m/m             | massa/massa          |
| v/v             | volume/volume        |
| g               | gramas               |
| kg              | kilo grama           |
| min             | minuto               |
| h               | hora                 |
| s               | segundo              |
| mm              | milímetro            |
| cm              | centímetro           |
| g.e.            | gravidade específica |

# SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                               | 16 |
| 1.1. Histórico.....                              | 16 |
| 1.2. Mercado de Cerveja Artesanal no Brasil..... | 17 |
| 1.3. Justificativa.....                          | 18 |
| 1.4. Objetivo.....                               | 19 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                    | 19 |
| 2.1. Matérias-Primas da Cerveja.....             | 19 |
| 2.1.1. Água.....                                 | 19 |
| 2.1.2. Malte.....                                | 20 |
| 2.1.3. Lúpulo.....                               | 21 |
| 2.1.4. Adjuntos.....                             | 22 |
| 2.2. Microorganismos Utilizados.....             | 23 |
| 2.2.1. Leveduras.....                            | 23 |
| 2.3. Preparo do Mosto.....                       | 24 |
| 2.3.1. Moagem do Malte.....                      | 24 |
| 2.3.2. Mosturação.....                           | 25 |
| 2.3.3. Filtração do Mosto.....                   | 26 |
| 2.3.4. Fervura.....                              | 26 |
| 2.4. Tratamento.....                             | 27 |
| 2.4.1. Tratamento do Mosto.....                  | 27 |
| 2.4.2. Tratamento do Fermento.....               | 27 |
| 2.5. Produção da Cerveja.....                    | 27 |
| 2.5.1. Fermentação.....                          | 27 |
| 2.5.2. Maturação.....                            | 28 |

|  |    |
|--|----|
| 2.5.3. Carbonatação.....                               | 29 |
| 2.5.4. Embalagem e Pasteurização.....                  | 30 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS.....                            | 30 |
| 3.1. Materiais.....                                    | 30 |
| 3.1.1. Para Fabricação de Cerveja.....                 | 30 |
| 3.1.2. Para a Análise.....                             | 32 |
| 3.2. Métodos.....                                      | 32 |
| 3.2.1. Experimento.....                                | 32 |
| • Etapa 1: Preparação do <i>Starter</i> (inóculo)..... | 33 |
| • Etapa 2: Limpeza e Sanitização dos Equipamentos..... | 35 |
| • Etapa 3: Elaboração do Mosto.....                    | 35 |
| • Etapa 4: Filtração do Mosto e Lavagem da Torta.....  | 38 |
| • Etapa 5: Fervura.....                                | 40 |
| • Etapa 6: Whirlpool e Resfriamento do Mosto.....      | 43 |
| • Etapa 7: Transfega e Oxigenação do Mosto.....        | 44 |
| • Etapa 8: Inoculação do <i>Starter</i> .....          | 45 |
| • Etapa 9: Fermentação.....                            | 46 |
| • Etapa 10: Maturação.....                             | 47 |
| • Etapa 11: Preparação do <i>Priming</i> .....         | 48 |
| • Etapa 12: Envase.....                                | 49 |
| • Etapa 13: Carbonatação.....                          | 51 |
| 3.2.2. Análise.....                                    | 52 |
| 3.2.2.1. Procedimentos.....                            | 52 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....                        | 54 |
| 5. CONCLUSÃO.....                                      | 57 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 6. REFERÊNCIAS..... | 59 |
| 7. APÊNDICE.....    | 62 |

## 1. INTRODUÇÃO

Derivada da palavra em latim *bibere* (beber), a cerveja é uma bebida fermentada com uma história de 6000 a 8000 antes de Cristo, cujo processo de elaboração, cada vez mais regulado e melhor controlado, tem permanecido inalterado durante séculos (VENTURINI FILHO, 2010).

A lei Bavária da pureza (*Reinheitsgebot*), de Abril de 1516, prevê que os cervejeiros utilizem apenas ingredientes alemães: água, malte, lúpulo e levedura. No Brasil, a legislação permite a adição de cereais não maltados como adjuntos na produção de cerveja, podendo agregar características muito peculiares ao produto (ALMEIDA E SILVA, 2005).

### 1.1. Histórico

A origem das primeiras bebidas alcoólicas é incerta, mas provavelmente tenham sido feitas de cevada, tâmaras, uvas ou mel (ALMEIDA E SILVA, 2005). Existem evidências de fabricação de cerveja a partir da cevada maltada, nos anos 6000 a.C. na Babilônia.

No Egito, a cerveja produzida rústicamente, levava o nome de Bouza. No processo de produção, a cevada era deixada de molho até sua germinação e, posteriormente, moída, moldada, adicionada de leveduras e parcialmente assada. Após este processo, este bolo fermentado, seria colocado em jarras para o término da fermentação (VENTURINI FILHO, 2010).

O lúpulo foi introduzido nas fabricações de cerveja somente na idade média, devido a fabricação em larga escala, pois descobriu-se que o lúpulo, além de

proporcionar o amargor característico da bebida, atua como conservante natural (VENTURINI FILHO, 2010).

A cerveja no Brasil, foi introduzida no início do século XIX, por D. João VI, durante a permanência da família real portuguesa. Em 1888 foi fundada a “Manufatura de Cerveja Brahma Villifier e Cia” na cidade de Rio de Janeiro, e em 1891 a “Companhia Antártica Paulista” na cidade de São Paulo (VENTURINI FILHO, 2010).

## **1.2. Mercado de Cerveja Artesanal no Brasil**

As pequenas e microcervejarias, produtoras de cervejas especiais, vem ganhando cada vez mais espaço no mercado de cervejas brasileiras e conquistando o paladar dos consumidores, que buscam bebidas que fogem dos padrões comuns, como por exemplo a cerveja tipo Pilsen, conseguindo assim, atrair novos nichos de mercado. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a renda da população brasileira teve um aumento de 8,6% nos últimos cinco anos, fator que reflete diretamente no consumo interno de alimentos e bebidas com maior valor agregado.

A Associação Brasileira de Bebidas (ABRABE), caracteriza estes pequenos produtores como microcervejarias por serem, em sua quase totalidade, de origem familiar, com modestas instalações que permitem a produção de cerveja em pequenas quantidades, resultante de um processo praticamente artesanal e pouco automatizado. São consideradas cervejarias artesanais ou microcervejarias, aquelas que produzem até 1 milhão de litros por mês.

Para promover igualdade de competitividade frente aos produtos importados, o MAPA está atualizando os parâmetros de qualidade atualmente vigentes. No Brasil, estão registrados mais de 1.100 tipos de cerveja e mais de 200 cervejarias, onde o país ocupa a terceira posição no *ranking* mundial de produção de cerveja, em que foram

produzidas por volta de 13,7 bilhões de litros no ano de 2012 (artesanais e industriais), o que representa 422 milhões a mais do que 2011. Desta fatia, 0.15% da produção total de cerveja, correspondem a cervejas artesanais, onde a estimativa para 2023 será de 2% do mercado (MAPA, 2014; ABRABE, 2014).

### 1.3. Justificativa

Apesar do rendimento da população brasileira ter crescido 8,6% nos últimos cinco anos, e o consumo de produtos alimentícios especiais, como no caso das cervejas artesanais, ter aumentado significativamente, os impostos encarecem em até 60% do valor pago pelas cervejas nos mercados, restaurantes, bares, etc.

Impostos envolvidos, conforme publicado no jornal *Estadão* em 07 de maio de 2014, podemos citar:

- I. Imposto sobre Produto Industrializado (IPI, 15%)
- II. Programa de Integração Social (PIS, 2,5%)
- III. Contribuição para Financiamento de Seguridade Social (COFINS, 11,9%)

Todos eles são impostos federais calculados sobre o preço da venda para o consumidor.

Comparando os impostos nacionais com os impostos norte-americanos, estes equivalem a 40% do preço da cerveja. Porém, nos EUA, a taxa é definida pelo volume de produção da cervejaria (*BEER INSTITUTE*).

A utilização de equipamentos caseiros para a fabricação artesanal de cerveja, para consumo próprio, vem sendo amplamente utilizado. Os cervejeiros desta categoria de produção de cerveja são chamados de *HomeBrew*.

## **1.4. Objetivo**

Efetuar análises físico-químicas das cervejas produzidas artesanalmente (caseira), por processos cervejeiros convencionais, utilizando-se para tanto matérias primas básicas como: água, malte, lúpulo e levedura.

As análises físico-químicas serão efetuadas na microcervejaria da Escola de Engenharia de Lorena – USP onde, medições de teor alcoólico, rendimento da fermentação, extrato real, extrato original, extrato aparente, serão estudadas.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Matérias-Primas da Cerveja**

#### **2.1.1. Água**

Considerada o principal ingrediente da cerveja (pela quantidade), representando aproximadamente 92 a 95% do peso final. Devido a esta característica, muitas indústrias cervejeiras estão localizadas próximas às regiões onde a composição da água é uniforme e de boa qualidade.

De acordo com a quantidade variada de sais dissolvidos, a qualidade da água pode apresentar características distintas de acordo com a região. Além de sais minerais, podem conter matéria orgânica, alterando o sabor e o aroma da cerveja. Desta forma, a quantidade de sais e compostos orgânicos, influenciam diretamente nos processos químicos e enzimáticos na fermentação e maturação da cerveja. O tratamento da água, por diversos processos químicos, pode ser efetuado, caso a qualidade da água não apresente as características desejadas para a fabricação da cerveja (VENTURINI FILHO, 2010).

Algumas técnicas de tratamento de água como desionização e osmose reversa, vem sendo utilizadas para a adequação da água de qualquer procedência, para atender às características desejadas. O custo de alteração da composição salina é, em geral, muito alto, se tornando um fator determinante para a escolha da localização da fábrica (CARVALO, 2009).

Deve apresentar ausência de nitratos, metais pesados e amoníaco. Na fonte, deve apresentar alcalinidade máxima de 50ppm e pH entre 4 a 9 e possuir aproximadamente 50ppm de cálcio (VENTURINI FILHO, 2010).

### **2.1.2. Malte**

A cevada maltada é o principal cereal utilizado na fabricação de cerveja. Pode-se utilizar outros tipos de cereais, porém a preferência pela cevada, se dá por ser rica em amido e teor de proteínas suficientes para o crescimento das leveduras (NAKANO, 2000).

Os grãos, logo após a colheita, são armazenados sob condições controladas de temperatura e umidade, até ser enviado para a maltaria (indústria de transformação da cevada em malte). A transformação do grão de cevada em cevada maltada, ocorre quando o cereal é mantido em condições propícias de germinação, com controles de temperatura, aeração e umidade adequados. Ao iniciar o processo de germinação, o processo é interrompido, pois nesta fase o amido apresenta cadeias menores, possuindo enzimas no interior dos grãos que são fundamentais para o processo de produção de cerveja (VENTURINI FILHO, 2010).

A tabela 1, apresenta um comparativo entre as composições dos grãos de cevada maltada e não maltada.

**Tabela 1:** composição do grão de cevada e do malte

| <b>Características</b>                  | <b>Cevada</b> | <b>Malte</b> |
|---|---------------|--------------|
| Massa do grão (mg)                      | 32-36         | 29-33        |
| Umidade (%)                             | 10-14         | 4-6          |
| Amido (%)                               | 55-60         | 50-55        |
| Açúcares (%)                            | 0,5-1,0       | 8-10         |
| Nitrogênio total (%)                    | 1,8-2,3       | 1,8-2,3      |
| Nitrogênio solúvel (% de N total)       | 10-12         | 35-50        |
| Poder diastásico, °Lintner              | 50-60         | 100-250      |
| $\alpha$ -amilase, unidades de dextrina | traços        | 30-60        |
| Atividade proteolítica                  | traços        | 15-30        |

**Fonte:** Cereda (1985).

### 2.1.3. Lúpulo

Planta trepadeira, pertencente ao grupo das urticáceas e da família Cannabináceas. Suas substâncias amargas contribuíram para a preservação da cerveja, por apresentar ação bactericida (REINOLD, 1997).

O lúpulo apresenta em suas flores, substâncias amargas (resinas do lúpulo), substâncias aromáticas (óleos do lúpulo/óleos etéricos) e substâncias fenólicas (polifenóis) (REINOLD, 1997).

Nas flores femininas, podemos encontrar bolsas formadas pelas brácteas e as bractéolas, onde são alojados os grânulos de lupulina, substância de alto interesse cervejeiro, por apresentar amargor e aromas característicos da cerveja (ALMEIDA E SILVA, 2005).

Os óleos desejáveis (óleos essenciais), também contidos na flor, são perdidos durante o processo em cerca de 96 a 98% do seu conteúdo, por serem muito voláteis. O restante do óleo, mesmo em baixas concentrações, sofre oxidação e confere o caráter aromático da cerveja. A tabela 2, mostra detalhadamente, a composição do lúpulo assim como sua proporção apresentada em uma flor. (TSCHOPE, 2001).

**Tabela 2:** composição química do lúpulo em flor

| <b>Características</b> | <b>Porcentagem (%)</b> |
|------------------------|------------------------|
| Resinas amargas totais | 12-22                  |
| Proteínas              | 13-18                  |
| Celulose               | 10-17                  |
| Polifenóis             | 4-14                   |
| Umidade                | 10-12                  |
| Sais minerais          | 7-10                   |
| Açúcares               | 2-4                    |
| Lipídeos               | 2,5-3,0                |
| Óleos essenciais       | 0,5-2,0                |
| Aminoácidos            | 0,1-0,2                |

Fonte: Tschope, 2001.

### 2.1.4. Adjuntos

Conforme Decreto nº 6.871, de 4 de Julho de 2009, considera-se adjunto cervejeiro a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, malteados ou não-malteados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal. Segundo a mesma legislação, parte do malte de cevada pode ser substituído por adjuntos cervejeiros, que não podem exceder 45% em relação ao extrato primitivo.

Os adjuntos empregados, possibilitam a redução de despesas com a cevada malteada, uma vez que a produção de cevada nacional, não supre a demanda do mercado. O malte de cevada, apresenta grande vantagem por possuir elevado poder diastásico (conversão de amido em maltose), o que é relevante para a utilização de outros adjuntos, pois as enzimas do malte de cevada serão responsáveis pela hidrólise do amido (EMBRAPA, 2009).

Os adjuntos cereais mais comuns empregados na fabricação de cerveja são o milho, o arroz, o trigo e a aveia. São adicionados na fase de preparação do mosto (solução de carboidratos, proteínas, glicídios e sais minerais, resultantes da degradação enzimática da matéria prima que compõe o mosto, neste caso, a cevada maltada), hidrolisando-se pelas enzimas contidas no malte dos cereais maltados, hidrolisando o

amido existente em açúcares fermentescíveis. As enzimas podem hidrolisar o amido contido no próprio malte, e ainda, são capazes de hidrolisar o amido contido em até 50% do peso de malte, em forma de adjuntos acrescentados. Acima deste limite, é necessária a adição de enzimas suplementares (VENTURINI FILHO, 2010).

## **2.2. Microorganismos Utilizados**

### **2.2.1. Leveduras**

As leveduras são organismos unicelulares (fungos), os quais, geralmente não formam filamentos (micélio). Possuem tamanho maior que a maioria das bactérias e podem ter forma oval, alongadas e esféricas. Reproduzem-se assexuadamente, multiplicando-se por brotamento. Apresentam metabolismo fermentativo, podendo utilizar oxigênio ou um componente orgânico como acceptor final de elétrons. Em ambientes ricos em oxigênio, apresentam metabolismo oxidativo, metabolizando glicose, formando dióxido de carbono e água. Na ausência de oxigênio, fermentam a glicose e produzem etanol e dióxido de carbono (PELCZAR, 1996).

Os dois tipos de cervejas mais importantes (ale e lager), são fermentadas por cepas de *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces uvarum* respectivamente. As cepas de *S. uvarum* secretam a enzima  $\alpha$ -galactosidase, permitindo a utilização do dissacarídeo melibiose (glicose-galactose). As cepas *S. cerevisiae* não possuem em seu genoma o gene MEL, que codifica a síntese da enzima  $\alpha$ -galactosidase, impossibilitando a utilização da melibiose. Além disso, as cepas ale, crescem à temperatura de 37 °C, enquanto as cepas lager não apresentam crescimento com mais de 34 °C (VENTURINI FILHO, 2010).

Segundo SCMIDELL et al., 2011, para produção de cerveja, é esperado que os microrganismos utilizados apresentem as características abaixo:

- Elevada eficiência na conversão do substrato em produtos;
- Permitir o acúmulo do produto no meio para que desta forma, possa ter uma elevada concentração do produto no caldo fermentativo;
- Não produzir substâncias incompatíveis com o produto;
- Apresentar constância quanto ao comportamento fisiológico;
- Não ser patogênico;
- Não exigir condições de processo muito complexas;
- Crescimento em meios de cultura simples;
- Permitir rápida liberação do produto para o meio.

As leveduras são classificadas de acordo com seu comportamento durante a fermentação. No decorrer da fermentação, quando a levedura sobe à superfície, é denominada “de alta fermentação”, se no final, ela decanta “de baixa fermentação” (HOUGH, 1985).

## **2.3. Preparo do Mosto**

### **2.3.1. Moagem do Malte**

Tem por objetivo, tornar acessível o conteúdo do grão de cevada maltada às ações enzimáticas e auxiliar devidamente na filtração real do mosto (CERVESIA, 2014). Nesta etapa, a moagem do malte, influencia diretamente na velocidade das reações físico-químicas, no rendimento, clarificação e na qualidade do produto final. Deve-se evitar a formação de farinha com granulometria muito fina, afim de evitar a

formação de substâncias que produzam uma quantidade excessiva de pasta dentro da solução (VENTURINI FILHO, 2010).

A tabela 3, apresenta a granulometria do malte, após o processo de moagem na indústria cervejeira, e sua respectiva porcentagem em massa total.

**Tabela 3:** valores de granulometria do malte na indústria

| <b>Componentes da moagem</b> | <b>Malha (mm)</b> | <b>% massa total</b> |
|------------------------------|-------------------|----------------------|
| Cascas                       | 1,270             | 18-30                |
| Sêmola grossa                | 1,010             | 8-11                 |
| Sêmola fina I                | 0,647             | 35                   |
| Sêmola fina II               | 0,253             | 17-21                |
| Farinha                      | 0,152             | 3-10                 |
| Pó de farinha                | Fundo             | 11-15                |

Fonte: Tschope, 2001

### 2.3.2. Mosturação

Nesta fase, as matérias primas (malte e adjuntos) são acrescentados à água e dissolvidas, visando obtenção de uma mistura líquida e açucarada chamada mosto, que é a base para cerveja a ser produzida (SINDICERV, 2014). A temperatura do cozimento deve ser rigorosamente controlada (tabela 4) pois, as substâncias do malte, diretamente solúveis em água, serão hidrolisadas (com auxílio das enzimas) de amido a açúcares simples, conforme o aumento da temperatura no decorrer do processo (VENTURINI FILHO, 2010).

**Tabela 4:** temperatura e pH de atuação das enzimas

|                | <b>Temperatura ótima (°C)</b> | <b>pH ótimo</b> | <b>Substrato</b> |
|----------------|-------------------------------|-----------------|------------------|
| Hemicelulases  | 40-45                         | 4,5-4,7         | Hemicelulose     |
| Exopeptidases  | 40-50                         | 5,2-8,2         | Proteínas        |
| Endopeptidases | 50-60                         | 5,0             | Proteínas        |
| Dextrinase     | 55-60                         | 5,1             | Amido            |
| Beta-amilase   | 60-65                         | 5,4-5,6         | Amido            |
| Alfa-amilases  | 70-75                         | 5,6-5,8         | Amido            |

Fonte: Tschope, 2001

As enzimas mais importantes na mosturação são a  $\alpha$ -amilase e a  $\beta$ -amilase. Responsáveis por hidrolisar o amido nas porções 1,4 das extremidades ( $\beta$ -amilase), fornecendo maltose, e atacar ligações 1,4 ao acaso, fornecendo uma mistura de substâncias chamadas de dextrinas ( $\alpha$ -amilase), estas enzimas transformam polímeros de glucose (como o amido por exemplo), em moléculas de menores pesos citadas anteriormente (JAIME GAVA, 2009).

### **2.3.3. Filtração do Mosto**

A casca do malte serve como camada filtrante. Após esta operação, a camada filtrante é lavada com uma certa quantidade de água (denominada água secundária) a 75°C, visando aumentar a extração de açúcar e, conseqüentemente, elevar o rendimento do processo (ALMEIDA E SILVA, 2005).

### **2.3.4. Fervura**

O mosto é fervido a uma temperatura próxima a 100 °C, com a finalidade de inativar as enzimas por coagulação das proteínas, sanitização e a evaporação da água, concentrando os extratos no mosto. É adicionado o lúpulo que confere o amargor e o aroma da cerveja (JAY, 2005).

No início da fervura, o lúpulo é adicionado em concentrações que variam de 0,4 a 1,4g/L em relação ao volume inicial da fervura. Também é adicionado o ácido láctico 96% para ajuste de pH em 4,5 que representa o pH inicial da fermentação (VENTURINI FILHO, 2010).

## **2.4. Tratamento**

### **2.4.1. Tratamento do Mosto**

Finalizado o processo de fervura, necessita-se retirar do mosto os complexos de proteínas, resinas e taninos, denominados *trub*. Para isso, fazendo uso de força centrípeta através da rotação forçada do meio, precipita-se os compostos indesejados no fundo do tanque, esta manobra é chamada de *Whirlpool*. A próxima etapa consiste em resfriar o mosto até a temperatura de fermentação e, após o atingimento da temperatura desejada, inicia-se o processo de aeração, injetando oxigênio visando uma concentração de oxigênio dissolvido de 20ppm (VENTURINI FILHO, 2010).

### **2.4.2. Tratamento do Fermento**

A levedura, antes de ser adicionada ao mosto, passa por um processo de hidratação, adaptação e multiplicação de células. Nas microcervejarias, este procedimento denomina-se *Starter*, o qual consiste em iniciar o processo de multiplicação das células através da inoculação da levedura em uma solução que apresenta características próximas a do mosto a ser fermentado, porém, em menor escala. Desta forma, quando o *starter* é introduzido ao fermentador, as leveduras já se encontram hidratadas e em maior número de células viáveis para dar início à próxima fase da fabricação da cerveja.

## **2.5. Produção da Cerveja**

### **2.5.1. Fermentação**

Ocorre a transformação dos açúcares fermentescíveis em gás carbônico e álcool, pela ação da levedura cervejeira adicionada. Nesta fase, em condições anaeróbias,

subprodutos oriundos do crescimento celular das leveduras, agregam sabor e aroma para a cerveja (ALMEIDA E SILVA, 2005).

A fonte de carboidratos do malte contém: glicose, frutose, sacarose, maltose e maltotriose, além de dextrinas. As leveduras cervejeiras são capazes de utilizar glicose, frutose, sacarose, maltose e maltotriose nesta sequência, embora algum grau de sobreposição aconteça (VENTURINI FILHO, 2010).

O oxigênio injetado no mosto, é utilizado pelas leveduras, para a produção de ácidos carboxílicos insaturados e esteróis que são essenciais para a síntese da membrana celular e, conseqüentemente, para o crescimento celular (VENTURINI FILHO, 2010).

Mostos produzidos com alta razão cereal/água sofrem maior degradação do que mostos, nos quais essa razão é mais baixa. Isso ocorre por um significativo aumento de glicose e maltotriose às custas de dextrinas. As enzimas amilolíticas presentes nas tinas com alta razão cereal/água tornam-se mais resistentes à inativação térmica, ocorrendo portanto uma atuação enzimática mais prolongada (ALMEIDA E SILVA, 2005).

### **2.5.2. Maturação**

Na maturação, fermentação secundária, ocorrem transformações sutis, que aprimoram o sabor da cerveja, sendo três destas consideradas principais (REINOLD, 1997; VENTURINI FILHO, 2010):

- Carbonatação da cerveja, oriundo da produção de dióxido de carbono pelas leveduras;
- Clarificação, devido à sedimentação das leveduras e proteínas, assim como de sólidos insolúveis;

- Maturação do sabor pelas transformações, que ocorrem na concentração de ácido sulfídrico, de acetaldeído e de diacetil, os quais são minimizados durante o processo;
- Formação de ésteres, responsáveis pelo aroma e sabor que caracterizam a cerveja. Entre eles, predominam o acetato de etila e o acetato de amila.

### 2.5.3. Carbonatação

Nas grandes cervejarias, após a maturação, inicia-se a carbonatação da cerveja pela injeção de gás carbônico, artificialmente, no momento do envase. Já nas microcervejarias, o gás carbônico é formado naturalmente dentro da própria embalagem, através da fermentação (mais branda que a primária) da glicose adicionada com resquírios de leveduras ainda presentes na cerveja após a maturação.

Esta adição de glicose à cerveja antes do envase, tem a finalidade de carbonatá-la e recebe o nome de *Priming*. Utiliza-se entre 3 a 7g de açúcar refinado (sacarose) para cada litro de cerveja.

Etapas do *Priming*:

1. Produção do açúcar invertido: dissolução do açúcar em água. Tem intuito de hidrolisar as moléculas de sacarose em moléculas menores (glicose e frutose) facilitando assim, a fermentação pelas leveduras;
2. Aquecimento da solução até a fervura: esterilização da mistura;
3. Resfriamento até a temperatura próxima à temperatura de fermentação;
4. Adicionar o açúcar invertido à cerveja com agitação.

Tendo em vista o alto custo dos equipamentos e manutenção para a carbonatação artificial da cerveja, a maioria dos microcervejeiros optam pela técnica do *Priming* devido ao seu custo-benefício favorável.

#### **2.5.4. Embalagem e Pasteurização**

O enchimento é a fase final do processo de fabricação de cerveja, onde pode ser feito em garrafas, latas ou barris. Logo após o enchimento, a cerveja é submetida ao processo de pasteurização, principalmente quando são embaladas em latas ou garrafas (no barril, a cerveja normalmente não é pasteurizada e por isso, recebe o nome de chope). A pasteurização nada mais é do que um processo térmico no qual a cerveja é submetida a um aumento a 60 °C e posteriormente resfriado, para garantir maior estabilidade ao produto. Graças a este processo, é possível assegurar uma data de validade ao produto de seis meses após sua fabricação (SINDICERV, 2014).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Análises físico-químicas, foram realizadas na microcervejaria do Departamento de Biotecnologia da Escola de Engenharia de Lorena – EEL, Universidade de São Paulo – USP.

#### **3.1. Materiais**

##### **3.1.1. Para a Fabricação de Cerveja**

- Caldeirão com válvula extratora – 32l;
- Caldeirão com válvula extratora – 22l;
- Termômetro industrial;
- Refratômetro;

- Tanque fermentador/maturador – 20l;
- Válvula *airlock*;
- Iodo;
- Moinho de cereais Guzzo;
- Balança;
- Fogão industrial;
- Arrolhador de garrafa;
- Tampinhas de garrafa;
- Garrafas de vidro - 600ml;
- Pá cervejeira 45cm;
- Escumadeira;
- Jarra plástica;
- Bacia plástica – 5l;
- Papel alumínio;
- *Chiller* de 7,5 metros;
- Malte pilsen Globalmalt – saco de 50kg;
- Malte Carablond – saco de 25kg;
- Malte Caragold – saco de 25kg;
- Lúpulo Cascade (aroma) – embalagens de 50g, 7% alfa ácidos, safra 2014;
- Lúpulo Hallertau Magnum HVG (amargor) – embalagens de 50g, 11 a 16% alfa ácidos, safra 2014;
- Fermento cervejeiro Fermentis S-23 – embalagens de 11g, baixa fermentação (lager);
- Água mineral industrializada – galões de 20l;
- Açúcar refinado;

- Geladeira com controlador de temperatura digital;
- Ácido peracético;
- Álcool – 70°GL;
- Borrifador;
- Erlenmeyer – 500ml;
- Extrato de malte;

### **3.1.2. Para a Análise**

- Frasco plástico – 350ml;
- Béquer plástico – 100ml;
- Seringa – 20ml;
- Erlenmeyer – 1l;
- Funil de vidro;
- Filtro de papel;
- *Beer Analyzer* Anton Paar.

## **3.2. Métodos**

### **3.2.1. Experimento**

Este trabalho constituiu-se em um estudo experimental de cerveja produzida de forma artesanal (caseira ou *homebrew*) do tipo pilsen puro malte. A escolha por este tipo de cerveja se justifica por ser a mais consumida no mundo, com características de leveza e frescor.

- Etapa 1: Preparação do *Starter* (inóculo)

O *starter* foi preparado 24 hrs antes da produção de cerveja.

Segundo VENTURINI FILHO, 2010, o fermento deve fornecer ao mosto células de levedura em número de  $10^6$  a  $10^8$  células/ml de solução.

De acordo com o fabricante do fermento a ser utilizado (Fermentis, figura 1, cada envelope de 11,5g possui  $19 \cdot 10^9$  células e após a inoculação, apresenta a concentração de  $6 \cdot 10^6$  células viáveis/ml aproximadamente. Com o propósito de aumentarmos este número de células viáveis e adequação das mesmas ao meio fermentativo previamente a inoculação das leveduras no fermentador, a preparação do *starter* foi apropriada.

Figura 1: fermento utilizado no processo de produção da cerveja



Fonte: o autor, 2014

Para a densidade do mosto, antes da fermentação, fora previsto 1.040 g.e., portanto, o *starter* foi produzido com esta densidade aproximada.

Foi adicionado, em um erlenmeyer, 500ml de água onde, porções de 5 em 5g de extrato de malte foram misturados a água e, com auxílio de um refratômetro, a

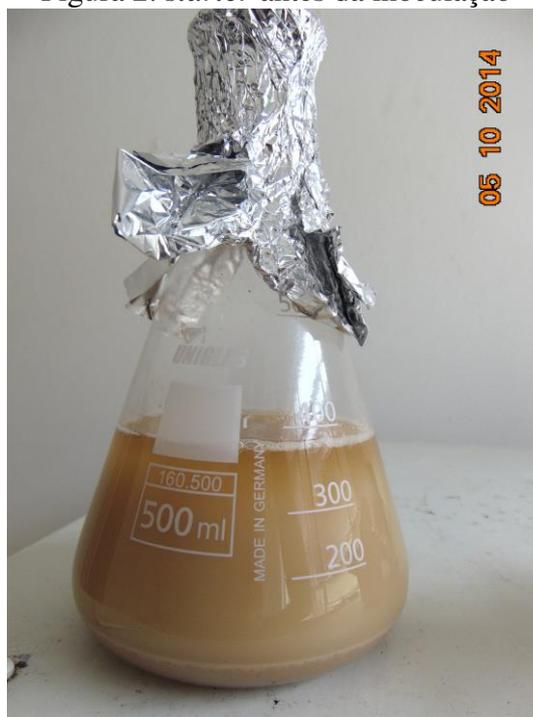
densidade foi medida até alcançar a concentração de 50g de extrato de malte para 500ml de água e densidade 1.040 g.e..

O erlenmeyer contendo a mistura de água e malte, foi aquecido até a fervura durante 15min para sanitização. Após o tempo decorrido, o erlenmeyer foi tampado com papel alumínio e colocado dentro de uma bacia plástica contendo água e gelo afim de resfriar a solução até 25 °C.

Antes da inoculação do fermento, a solução de água e malte foi agitada para oxigenação e após agitação vigorosa durante 5min, o fermento foi introduzido ao erlenmeyer, onde permaneceu durante 24h com agitação a cada 4h.

Nesta fase é de suma importância garantir oxigênio para a multiplicação celular esperada, desta forma, não houve obstrução por completo do bocal do erlenmeyer, com uma válvula *airlock* como demonstrado na figura 2 por exemplo.

Figura 2: *starter* antes da inoculação



Fonte: o autor, 2014

- Etapa 2: Limpeza e Sanitização dos Equipamentos

Nesta etapa realizou-se a limpeza de todos os equipamentos com água e sabão. Após a secagem, ácido peracético foi pulverizado, com auxílio de um borrifador, por toda a superfície dos equipamentos, afim de eliminar possíveis microrganismos que possam contaminar o processo de fabricação da cerveja.

- Etapa 3: Elaboração do Mosto

Para a brassagem foram adicionados 4,5kg de malte pilsen, 230g de malte Carablond e 60g de malte Caragold, todos devidamente moídos como mostra a figura 3. Quantia selecionada para produção de 20 litros de cerveja e rendimento esperado de 65%.

Figura 3: maltes moídos



Fonte: o autor, 2014

Todo o malte moído foi introduzido no caldeirão de 32 litros, o qual continha, previamente, 10 litros de água à temperatura de 64 °C, onde permaneceu por 75 minutos de acordo com a figura 4. A temperatura foi minuciosamente controlada para que não ultrapasse os 65°C pois, acima desta temperatura, pode haver a desnaturação da enzima  $\beta$ -amilase.

Figura 4: mosturação a 64°C por 75min



Fonte: o autor, 2014

Após o tempo decorrido, o teste com iodo (figuras 5 e 6) foi realizado para verificar a sacarificação do malte. Após a confirmação da completa hidrólise do amido, pela ausência da coloração azul, característica da reação do iodo com o amido (em temperatura ambiente) (ALMEIDA E SILVA, 2005), a temperatura passou por um

aumento gradual, até atingir 76 °C a qual foi mantida por 10 minutos, com a finalidade de inativar todas as enzimas presentes e cessar a mosturação.

Figura 5: teste do iodo. Amido ainda presente no mosto



Fonte: o autor, 2014

Figura 6: teste do iodo. Comparação com iodo puro (direita) e iodo com gotas de mosto (esquerda), onde não apresenta mais a coloração roxo-azulada devido à ausência de amido no mosto.



Fonte: o autor, 2014

- Etapa 4: Filtração do Mosto e Lavagem da Torta

Todo o mosto formado foi filtrado pela própria casca da cevada (torta), conforme figura 7, para isso, uma parte do mosto foi retirada, com auxílio de uma jarra plástica, e despejado novamente no caldeirão (figura 8). Afim de não descompactar a torta, utilizou-se uma escumadeira inox para espalhar o fluxo de mosto despejado pela jarra e atingir a torta de grãos com mais suavidade. Este processo de recirculação foi repetido até que todo resíduo sólido ficasse retido na torta e, conseqüentemente o líquido retirado do caldeirão ficasse límpido como podemos observar a primeira água recirculada e a última conforme figura 9.

Figura 7: cama de grãos



Fonte: o autor, 2014

Figura 8: recirculação do mosto



Fonte: o autor, 2014

Figura 9: comparativo entre a primeira e a última água de lavagem



Fonte: o autor, 2014

Após todo o mosto ser transferido para a panela de fervura, a torta de grãos foi lavada com mais 18 litros de água a 76 °C pra completa remoção dos açúcares.

- Etapa 5: Fervura

Nesta fase, iniciou-se a fervura do mosto por 60 minutos (figura 10).

Figura 10: fervura do mosto



Fonte: o autor, 2014

Os lúpulos de amargor e aroma foram adicionados nos seguintes tempos (figuras 11 e 12):

- I. 60 minutos antes do final da fervura: 16g Lúpulo Hallertau Magnum HVG;
- II. 15 minutos antes do final da fervura: 15g Lúpulo Cascade;
- III. 3 minutos antes do final da fervura: 15g Lúpulo Cascade.

Figura 11: lúpulo de amargor



Fonte: o autor, 2014

Figura 12: lúpulo de aroma



Fonte: o autor, 2014

- Etapa 6: *Whirlpool* e Resfriamento do Mosto

Introduziu-se o *chiller* para diminuir a temperatura mais rapidamente, figura 13, chegando a 18°C. A utilização deste equipamento se faz necessário pois, quanto menor for o tempo para o atingimento da temperatura de inoculação da levedura, menores são as chances de uma possível contaminação do mosto por microrganismos patogênicos.

A técnica do *whirlpool* (recirculação forçada do meio) foi empregada, assim, todo o  *trub* ficou concentrado no fundo e no centro do caldeirão conforme figura 14.

A partir desta etapa, qualquer objeto antes de entrar em contato com o mosto, deve ser sanitizado. Para equipamentos metálicos e mãos, utilizou-se álcool 70 °GL e para vidrarias e objetos plásticos, ácido peracético (1g de ácido para 1L de água por 10min) foi o mais indicado.

Figura 13: introdução do *chiller* para resfriamento do mosto



Fonte: o autor, 2014

Figura 14: formação do *trub* pela técnica do *whirlpool*



Fonte: o autor, 2014

- Etapa 7: Transfega e Oxigenação do Mosto

Após a sanitização de todos os equipamentos ser concluída, o caldeirão com o mosto necessita foi transferido para o tanque fermentador e aerado, para isso, adotou-se uma diferença de altura de 1m entre o caldeirão e o tanque fermentador, figura 15, deste modo, a pressão com que o fluxo de mosto atingia o tanque, foi suficiente para a aeração.

Figura 15: aeração do mosto



Fonte: o autor, 2014

- Etapa 8: Inoculação do *Starter*

Nesta fase, o *starter* preparado 24h antes da inoculação, foi adicionado ao fermentador como mostra a figura 16. Instalou-se a válvula *airlock* na tampa do fermentador e posicionou-se no interior da geladeira com controlador de temperatura digital.

Figura 16: inoculação do *starter*



Fonte: o autor, 2014

- Etapa 9: Fermentação

O tanque fermentador permaneceu na geladeira a uma temperatura controlada de 12 °C por 7 dias onde, constatou-se o término da fermentação, através de medições periódicas de dois em dois dias da densidade da cerveja com o refratômetro conforme tabela 5.

**Tabela 5:** diminuição da densidade específica conforme o tempo de fermentação

| Dias   | Gravidade Específica (g.e.) |
|--|-----------------------------|
| 0 (OG – original gravity: gravidade do mosto antes da inoculação do starter) | 1.070                       |
| 1  | 1.066                       |
| 2  | 1.052                       |
| 3  | 1.046                       |
| 4  | 1.041                       |
| 5  | 1.038                       |
| 6  | 1.036                       |
| 7  | 1.036                       |

Fonte: o autor, 2014

- Etapa 10: Maturação

O mosto, agora fermentado, foi mantido no fermentador o qual, foi mantido na geladeira por mais sete dias, porém, com a temperatura controlada pelo termostato em 1°C como mostra na figura 17, para maturação da cerveja conforme figura 18.

Figura 17: geladeira com controlador de temperatura digital



Fonte: o autor, 2014

Figura 18: termostato



Fonte: o autor, 2014

- Etapa 11: Preparação do *Priming*

Em consulta ao site da Associação dos Cervejeiros Caseiros do Estado de São Paulo (ACERVA PAULISTA), foi utilizado uma proporção de 7g de açúcar refinado para cada litro de cerveja. Após a maturação, o volume de cerveja final foi de 13,8l, portanto, a quantidade de açúcar refinado foi de 96,6g.

Para a preparação do açúcar invertido, dissolveu-se todo o açúcar refinado em 300ml de água e colocado no fogão industrial para fervura.

A mistura foi fervida até 100°C, onde a consistência da mesma ficasse com aspecto de calda. Desta forma, todo o açúcar invertido formado, foi resfriado e adicionado à cerveja com agitação, figura 19.

Figura 19: adição do *priming* ao mosto

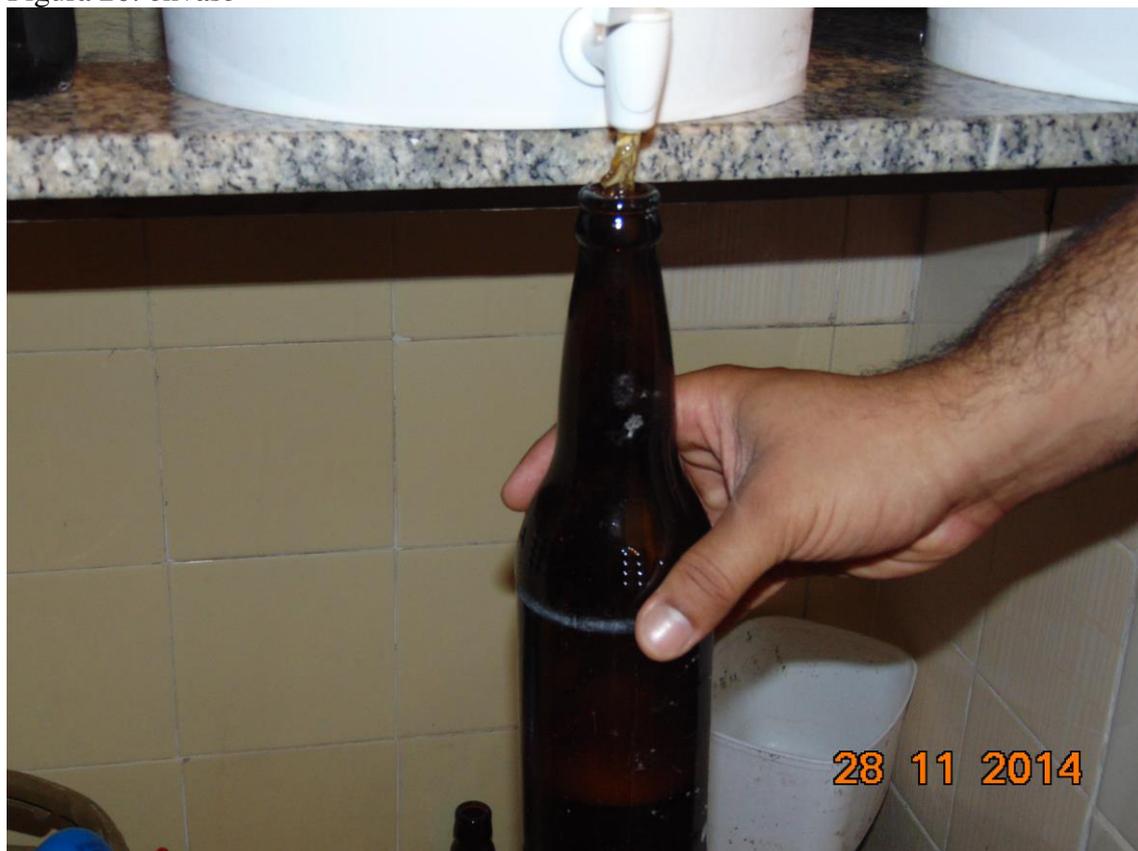


Fonte: o autor, 2014

- Etapa 12: Envase

Assim que o *priming* foi adicionado à cerveja, iniciou-se o processo de envase. As garrafas de 600ml foram enchidas com cerveja até 5cm do bocal (figura 20). As tampinhas ficaram imersas em álcool 70 °GL para sanitização e colocadas, de acordo com a figura 21, com auxílio de um arrolhador, nas garrafas (figura 24).

Figura 20: envase



Fonte: o autor, 2014

Figura 21: tampinhas em álcool 70° GL



Fonte: o autor, 2014

Figura 22: arrolhador de garrafas



Fonte: o autor, 2014

- Etapa 13: Carbonatação

As garrafas de cerveja permaneceram incubadas em temperatura controlada de 25 °C por 7 dias, para completa carbonatação como mostra a figura 23.

Figura 23: carbonatação



Fonte: o autor, 2014

### 3.2.2. Análise

Ao final do processo de carbonatação, uma garrafa de 600ml foi levada para análises físico-químicas no laboratório da microcervejaria da EEL.

As análises foram efetuadas pelo equipamento *Beer Analyzer* (figura 25).

#### 3.2.2.1 Procedimentos

O preparo da amostra a ser analisada pelo *Beer Analyzer* foi seguido e adaptado conforme o capítulo nove do manual do equipamento (vide anexo).

1. A garrafa foi vertida, ainda fechada, de cabeça para baixo, afim de dissolver o álcool condensado no pescoço da garrafa;
2. Abriu-se a garrafa;
3. Rinsou-se o frasco plástico com 50ml da amostra. Descartou-se a cerveja usada para a rinsagem e o frasco foi fechado;
4. Inseriu-se 100ml de cerveja no frasco plástico;

Figura 24: frasco plástico com cerveja



Fonte: o autor 2014

5. Agitou-se por 5s e abriu o frasco afim de eliminar a pressão ocasionada pela liberação de  $\text{CO}_2$ ;
6. Repetiu-se o passo 5 até que a cerveja esteja completamente desgaseificada;
7. A amostra foi filtrada com auxílio de um funil de vidro, erlenmeyer de 1L e um filtro de papel;
8. Transferiu-se o conteúdo do erlenmeyer para o béquer plástico;
9. Coletou-se uma amostra de 20ml de cerveja e introduzir no *Beer Analyzer* para análise. Anotou-se os dados obtidos;

Figura 25: *Beer Analyzer*



Fonte: o autor 2014

10. Inseriu-se 20ml de água destilada no equipamento para zerar os dados anteriores e prepara-lo para análise de mais uma amostra de 20ml de cerveja;
11. Repetiu-se o passo 9.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

No presente estudo, a tabela 6 representa os dados obtidos pelas médias aritméticas entre as amostras 1 e 2, que correspondem às duas medições efetuadas pelo *Beer Analyzer*.

**Tabela 6:** média aritmética entre resultados das análises de lotes

| Análise                        | Amostra 1 | Amostra 2 | Média   |
|--------------------------------|-----------|-----------|---------|
| Álcool (% v/v)                 | 7,53      | 7,49      | 7,51    |
| Extrato real (% m/m)           | 6,20      | 6,19      | 6,19    |
| Extrato original (°P)          | 17,24     | 17,18     | 17,21   |
| Extrato aparente (°P)          | 3,68      | 3,69      | 3,68    |
| Grau de fermentação (%)        | 78,64     | 78,50     | 78,57   |
| Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,01257   | 1,01261   | 1,01259 |

Fonte: Beer Analyzer

Segundo as diretrizes de estilos BJCP (*Beer Judge Certification Program*), o estilo escolhido para este trabalho (pilsen urquell), deveria seguir os padrões da tabela 7 conforme abaixo:

**Tabela 7:** características adotadas pelo BJCP para o estilo pilsen urquell

| Características                | Margem esperada |
|--------------------------------|-----------------|
| Extrato original (°P)          | 10.96-13.81     |
| Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.013-1.017     |
| Teor alcoólico (% v/v)         | 4.2-5.4         |

Fonte: BJCP Style Guidelines 2008

Podemos notar que a densidade do mosto anterior à fermentação (extrato original), está acima da margem máxima permitida para o estilo, onde esta concentração superior à esperada, influenciou diretamente no teor alcoólico da cerveja (que também ficou acima do teor esperado).

Notou-se que, ao final da mosturação, a torta de grãos possuía uma quantidade considerável de água retida. Fator este que, somado às perdas de água por evaporação durante a fervura e mosturação, pode ser apontado como justificativa para a concentração elevada do extrato original. Para correção desta densidade, pode-se aumentar a quantidade da água de lavagem ao final da mosturação.

A densidade final da cerveja ficou próxima à estabelecida pela BJCP, conferindo um corpo médio a médio-cheio à cerveja.

O grau de fermentação (78,57%) foi satisfatório, comprovando a correta preparação do *starter*, assim como a viabilidade das células de levedura utilizadas. Comprovou-se também, que o controle das temperaturas de fermentação e maturação, ficaram próximas das temperaturas ideais. Para aumentar a precisão do controle de temperatura, pode-se instalar um poço térmico nos fermentadores, desta forma, a temperatura registrada pela sonda do termostato irá considerar a temperatura do conteúdo e não a temperatura do ambiente externo ao fermentador.

Durante a fermentação, pode-se observar:

1. Dia 0 a 1: houve pouca variação de densidade, período de adaptação das células de levedura e multiplicação (fase aeróbica);
2. Dia 1 a 3: grande variação de densidade devido à adaptação estabelecida e multiplicação ocorrida (fase anaeróbica);
3. Dia 4 a 6: pouca variação de densidade, leveduras saturadas, tendendo à cessar a fermentação;
4. Dia 6 a 7: cessão da fermentação.

A formação de espuma e sua persistência, também foram satisfatórias e de acordo com o estilo adotado.

A coloração acobreada da cerveja desviou-se sutilmente da estabelecida pela BJCP, onde pede-se o dourado claro. Pode-se diminuir a quantidade de malte Caragold e Carablond que são os responsáveis pela coloração acobreada da cerveja.

Para avaliação da qualidade da cerveja, as garrafas foram distribuídas para pessoas diferentes, onde opiniões não oficiais quanto à qualidade, foram satisfatórias,

levando-se em consideração o conjunto: aparência, aroma, corpo, amargor e espuma (figura 26).

## 5. CONCLUSÃO

A cerveja produzida de forma artesanal (*homebrew*), apresentou resultados gerais satisfatórios, onde foram tiradas as seguintes conclusões:

- ✓ Apresenta inúmeras possibilidades de receitas distintas, podendo ser personalizada de acordo com os mais diversos paladares;
- ✓ O controle da temperatura de fermentação e maturação, principalmente se tratando de cervejas lagers onde necessita-se de temperaturas mais baixas quando comparadas às ales, é fundamental. Portanto, a utilização de refrigeradores/geladeiras com controladores de temperatura é indispensável para a produção de cerveja com qualidade.
- ✓ O processo de fabricação de cerveja é uma atividade extremamente prazerosa, onde é colocado em prática os conhecimentos teóricos de microbiologia, processos físico-químicos, biologia, entre outros.

Figura 26: produto final



Fonte: o autor, 2014

## 6. REFERÊNCIAS

ABRABE, Disponível em <<http://www.abrabe.org.br/categorias>>, Acesso em 10 de Maio de 2014.

ALMEIDA E SILVA, J.B. **Tecnologia de Bebidas**: matéria prima, processamento, BPF/APPC, legislação e mercado In: Venturini Filho, W.G. **Cerveja**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

BAMFORTH, C. W. **Beer Health and nutrition**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.

BAXTER, E. D.; HUGHES, P. S. **Beer**: quality, safety and nutritional aspects. Cambridge: RSC Paperbacks, 2001.

BJCP, Disponível em <<http://www.bjcp.org/intl/2008styles-PT.pdf>>, Acesso em 14 de Novembro de 2014.

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4. De junho de 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm)>  
Acesso em 11 de Maio de 2014.

CARVALHO, L. G. Dossiê Técnico - produção de cerveja. 2007. REDETEC Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro.

CEREDA, M.P. Cervejas. In: AQUARONE, E.; ALMEIDA LIMA, U.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo: Blucher, 1983

CERVESIA, Disponível em: <<http://www.cervesia.com.br>> Acesso em 09 de Maio de 2014.

EMBRAPA. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/>> Acesso em 12 de Maio de 2014.

ESTADÃO, Disponível em: <<http://blogs.estadao.com.br/paladar/a-boa-erveja-ainda-mais-cara/>> Acesso em 12 de Maio de 2014.

FERMENTIS, Disponível em: <[http://www.fermentis.com/wp-content/uploads/2013/07/SFG\\_S23\\_PT.pdf](http://www.fermentis.com/wp-content/uploads/2013/07/SFG_S23_PT.pdf)> Acesso em 14 de Novembro de 2014

HOUGH, J. S. **The biotechnology of malting and brewing**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

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

KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de alimentos**. Rio de Janeiro: Ganabara Guanabara Koogan, 2008.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>> Acesso em 10de Maio de 2014.

NAKANO, V. M.; **Teoria da Fermentação e Maturação**. In: WORKSHOP ADEGAS, Brasília. Anais. Brasília: AMBEV, 2000. 96p

PELCZAR, M. J., CHANG, E. C. S., KRIEG, N. R. **Microbiologia**: conceitos e aplicações. Volume II, 2ª ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

REINOLD, M.R. **Manual prático de cervejaria**. São Paulo: Aden, 1997.

SCHMIDELL, W. et.al. **Biotecnologia industrial**. Volume II, 4ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

SINDICERV – Sindicato Nacional da Indústria Cervejeira. Disponível em:

<<http://www.sindicerv.com.br>> Acesso em 10 de Maio de 2014.

TELES, J. A. Estudo da produção de mosto concentrado lupulado a partir de extrato de malte concentrado, xarope de alta maltose e Lúpulo. 2007.

TSCHOPE, E.C., **Microcervejarias e Cervejarias**. A História, a Arte e a Tecnologia. São Paulo: Editora Aden, 2001.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas**: ciência e tecnologia. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

---

## APÊNDICE

**APÊNDICE 01.** Manual do equipamento Beer Analyzer. Capítulo 9 e 10 que tratam da preparação das amostras e do manuseio respectivamente.

### **9Preparation of Beer Samples**

Degas the beer samples according to the MEBAK1

1.Literature: Brautechnische Analysenmethoden, Bd. 2; Methodensammlung der Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysenkommission (MEBAK), 2. Auflage, 1987; Selbstverlag der MEBAK, D-8050 Freising - Weihenstephan; S.75. regulations thus:

Time required:

Required items:

Procedure:

1.Turn the closed beer bottle upside down once to dissolve condensed alcohol from bottle neck.

2.Open the bottle.

3.Rinse the Erlenmeyer flask including the rubber stopper 3 times with 30 to 50 ml of beer. Dispose of this beer.

4.One third fill the Erlenmeyer flask (approx. 300 ml) with beer and close it tightly with the rubber stopper immediately.Shaking: 25 seconds (attended) Settling: 60 seconds (not attended) Filtration: 10 seconds (attended) plus 60 seconds (not attended) Total time (attended): 35 seconds per sample 1 Erlenmeyer flask 1000 ml, unbreakable (recommended: NALGENE) 1 rubber stopper 1 funnel 1 collecting flask 1 watch glass to cover funnel Folded filters (recommended: Schleicher & Schüll 595 1/2, Ref. No. 311651, filtration time 160 seconds)

**Important:** • The beer temperature must be 21 to 25 °C for good degassing. • Any flasks or vials containing beer samples must always be covered to avoid the evaporation of alcohol. • Alcohol even evaporates in closed flasks and condenses around the bottle neck. This can change sample composition considerably. Therefore always turn sealed sample containers upside down once before pouring any samples, in order to reestablish

the original sample composition. • Do not use any anti-foaming agent.9 Preparation of Beer Samples 52 C16IB01

5. Take the Erlenmeyer flask with both hands, holding the stopper firmly in place with one hand. Shake the flask vertically once with vehemence.

6. Briefly lift the stopper to release the pressure. You will hear a "plop" similar to the sound when opening a bottle of champagne. Close the Erlenmeyer flask again immediately.

7. Take the Erlenmeyer flask with both hands, holding the stopper firmly in place with one hand. Shake the flask vertically approx. 10 times with vehemence.

8. Briefly lift the stopper to release the pressure.

9. Repeat steps 7 and 8 two more times.

10. Shake once more and slowly open the Erlenmeyer flask. If the beer is properly degassed, no hissing sound should be heard, indicating that no more pressure was building up. This complete degassing procedure takes approx. 20 to 30 seconds. If pressure is still released, then shake again until no more pressure builds up.

11. Let the degassed beer stand in the closed flask sit for at least one minute, some of the foam will settle down.

12. Rinse the collecting flask two times with 30 to 50 ml of degassed beer. Dispose of this beer. Pour approx. 10 ml of degassed beer through the folded filter into the collecting flask to rinse the filter and flask. Dispose of this beer.

13. Fill the funnel with beer and cover it immediately with a watch glass.

14. Close the receiving flask immediately after the filtration.

15. Fill the sample vial of the sample changer with this beer to approx. 5 mm below the rim. Cover with the PTFE stopper. A gap of approx. 1 mm between the beer sample and the stopper is recommended. Avoid overfilling!10 Measurements C16IB01 53

## **10 Measurements**

### **10.1 Beer Measurement**

1. Activate the required beer method using the "Method" soft key.

- A method consists of display, printer and memory configurations, and measurement settings, all stored under an individual method name.
- Method "Eorig&Av/" and a measuring temperature of 20 °C are factory default settings.
- 7 more preset methods (display, memory, printout) are already stored in the Beer Analyzer 2, covering the most common measuring tasks. Each of these methods can easily be altered, renamed and adapted according to your own needs. Two "blank" methods are also available.
- List of the pre-set methods:

Fig. 10 - 1Method

Eorig&Av/v: Measurement of all beer-specific values. These are also printed. Original extract and alcohol % v/v are displayed. Ereal&Av/v: Measurement of all beer-specific values. These are also printed. Real extract and alcohol % v/v are displayed. Eorig&real: Measurement of all beer-specific values. These are also printed. Original extract and real extract are displayed. AlcExtFerm: Measurement of all beer-specific values. These are also printed. Alcohol % v/v, real extract, original extract, apparent extract, real and apparent degree of fermentation are displayed. Wort: Measurement of density viscosity corrected and extract concentration in °Plato at 20 °C. Suitable for wort. 10 Measurements 54 C16IB01

2.Ensure that the measuring cell is clean and dry.

3.Fill the degassed sample into the measuring cell.

aFill the vials to 5 mm below the rim. Cover with the PTFE stopper. A gap of approx. 1 mm gap between the Beer sample and the stopper is recommended. Avoid overfilling. Place the vials into the magazine, starting at position 1.

bPress the soft key "Sample#" in order to enter the corresponding sample identification.

cPress the "START" button on the sample changer SP-1m.

After filling the sample into the Beer Analyzer 2 the measurement starts automatically. •After pressing the "START" button the magazine will move to the first vial.

- The sample number assigned via "Sample#" is displayed.
- After the last vial is filled the magazine will automatically move to the zero position.

## APÉNDICE 02. Beer Judge Certification Program – BJCP.

### Capítulo 02B – Cerveja estilo Bohemian Pilsner

#### **2B. Bohemian Pilsener**

**Aroma:** Rich with complex malt and a spicy, floral Saaz hop bouquet. Some pleasant, restrained diacetyl is acceptable, but need not be present. Otherwise clean, with no fruity esters.

**Appearance:** Very pale gold to deep burnished gold, brilliant to very clear, with a dense, long-lasting, creamy white head.

**Flavor:** Rich, complex maltiness combined with a pronounced yet soft and rounded bitterness and spicy flavor from Saaz hops. Some diacetyl is acceptable, but need not be present. Bitterness is prominent but never harsh, and does not linger. The aftertaste is balanced between malt and hops. Clean, no fruity esters.

**Mouthfeel:** Medium-bodied (although diacetyl, if present, may make it seem medium-full), medium carbonation.

**Overall Impression:** Crisp, complex and well-rounded yet refreshing.

**History:** First brewed in 1842, this style was the original clear, light-colored beer.

**Comments:** Uses Moravian malted barley and a decoction mash for rich, malt character. Saaz hops and low sulfate, low carbonate water provide a distinctively soft, rounded hop profile. Traditional yeast sometimes can provide a background diacetyl note. Dextrins provide additional body, and diacetyl enhances the perception of a fuller palate.

**Ingredients:** Soft water with low mineral content, Saaz hops, Moravian malted barley, Czech lager yeast.

**Vital Statistics:** OG: 1.044 – 1.056

**IBUs:** 35 – 45 **FG:** 1.013 – 1.017

**SRM:** 3.5 – 6 **ABV:** 4.2 – 5.4%

**Commercial Examples:** Pilsner Urquell, Krušovice Imperial 12°, Budweiser Budvar

(Czechvar in the US), Czech Rebel, Staropramen, Gambrinus Pilsner, Zlaty Bazant

Golden Pheasant, Dock Street Bohemian Pilsner