



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

EMMANUEL UCHÔA LIRA BARROS

**ESTUDO DE CRESCIMENTO DE LEVEDURA USADA NA PRODUÇÃO DA
BELGIAN PALE ALE DA CERVEJARIA PHILIFEIA**

**JOÃO PESSOA - PB
2018**

EMMANUEL UCHÔA LIRA BARROS

**ESTUDO DE CRESCIMENTO DE LEVEDURA USADA NA PRODUÇÃO DA
BELGIAN PALE ALE DA CERVEJARIA PHILIFEIA**

Trabalho Final de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia
Química como requisito necessário para
obtenção do título de Engenheiro Químico
pela Universidade Federal da Paraíba.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andrea Lopes de
Oliveira Ferreira

JOÃO PESSOA – PB
2018

B277e Barros, Emmanuel Uchoa Lira.

ESTUDO DE CRESCIMENTO DE LEVEDURA USADA NA PRODUÇÃO DA
BELGIAN PALE ALE DA CERVEJARIA PHILIPPEIA / Emmanuel
Uchoa Lira Barros. - João Pessoa, 2018.

43 f.: il.

Orientação: Andrea Lopes de Oliveira Ferreira.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Cerveja artesanal. 2. Agitação. 3. Levedura. I.
Ferreira, Andrea Lopes de Oliveira. II. Título.


UFPB/BC

EMMANUEL UCHÔA LIRA BARROS


**ESTUDO DE CRESCIMENTO DE LEVEDURA USADA NA PRODUÇÃO DA
BELGIAN PALE ALE DA CERVEJARIA PHILIFEIA**

Trabalho Final de Curso submetido à
Universidade Federal da Paraíba, Centro
de Tecnologia, para obtenção do título de
Engenheiro Químico.

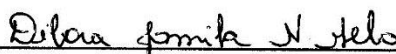
Trabalho Final de Curso, aprovado em: 18 / 06 / 2018



Prof. Dra. Andréa Lopes de Oliveira Ferreira(UFPB/CT/DEQ)
Orientador



Prof. Dra. Sharline Florentino de Melo Santos (UFPB/CT/DEQ)
Examinadora



Msc. Débora Jamila Nóbrega de Melo (UFPB/CT/DEQ)
Examinadora

João Pessoa

2018

Dedico este trabalho aos
meus pais e irmã.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado fé e confiança nesse período, sempre me mantendo erguido ao demais dias que precederam.

Aos meus pais, Roberto e Mary, por serem meu pilar, meus melhores amigos, sempre a disposição de me ajudar em todas as situações, sem medir esforços para poderem conquistar essa etapa ao meu lado.

À minha irmã, Loreena, pelos seus pequenos gestos ou simples palavras me acalmarem nos dias de mais estresse, por me aturar e me fazer sempre alegre pelo seu companheirismo.

Aos meus avós, João e Ana, que estiveram sempre preocupados com minha carreira acadêmica, em busca de me ajudar sempre e, também, conquistarem esse sonho ao meu lado.

À minha querida Isabella, cujo com seu esforço e dedicação se fez presente, me apoiando e ajudando na construção deste trabalho, sempre com amor e carinho, tudo com uma atenção única. Espero sempre tê-la por perto.

Às amizades que se firmaram nesse tempo de faculdade, Fernando Turrúbia, Guilherme Barbosa, Anderson Domiciano, Jose Artanio, Germano Andrade, compondo o temido grupo dos Furas que vou levar eternamente no coração.

Aos meus sócios, Fernando Turrubia, Anderson Domiciano e Jose Artanio, que juntos pudemos começar um sonho no período da graduação, o qual seguirá forte com essa nova etapa em nossas vidas.

À professora Andrea Lopes, que me aceitou como aluno com um enorme sorriso, me ensinando e ajudando quando eu mais precisava.

Ao professor Sherlan Lemos, que me orientou durante a graduação por 3 anos, sendo de fundamental importância para minha formação acadêmica e conhecimento prático.

Ao pessoal do LEQA, em especial Ivson e Josy, e ao pessoal do LABIO que, foram companheiros profissionais, colaborando de alguma forma para execução dos meus projetos

A todos os professores do departamento de engenharia química da UFPB.

*“Sem o esforço da busca torna-se
impossível a alegria da conquista”.*

Autor desconhecido

RESUMO

A cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro proveniente da junção do malte de cevada e água potável, por atividade da levedura, com adição de lúpulo. A cerveja chegou ao Brasil junto às colônias europeias, quando os comerciantes se instalaram no país e iniciou a venda da bebida que até então era desconhecida, com isso, influenciando os costumes da época. Uma nova tendência vem se mostrando cada vez mais forte no mercado brasileiro: as microcervejarias. As cervejas produzidas em microcervejarias são produtos mais encorpados, de sabor e aroma mais pronunciados, e são a preferência de consumidores mais exigentes em termos de qualidade sensorial. O processo de propagação em cervejarias se desenvolveu lentamente ao longo de muitos anos, concentrando-se em condições sanitárias, suprimento de ar e estresse de levedura. O requisito para levedura recém propagada para re-fermentação reavivou a idéia de usar um lote alimentado processo nas cervejarias. Neste contexto, este trabalho estudou o crescimento de levedura no mosto cervejeiro para aplicar futuramente a propagação da cervejaria Philipeia. Para produção do mosto, em escala normal na cervejaria Philipeia, foram utilizados o malte Pale Ale da marca Agrária e malte Caramel Munich I da marca BESTMALZ, adquirido em comércio local na cidade de João Pessoa/PB. O fermento utilizado para estudo foi o mesmo utilizado na cervejaria Philipeia, sendo ele o fermento Fermentis S-04 (*S. cerevisiae*) adquirido em comercio local na cidade de João Pessoa/PB. Para a análise da velocidade de agitação foi utilizado a mesa agitadora do tipo shaker. A preparação do meio, a preparação das vidrarias e a preparação final do mosto para análise foram todas previamente autoclavadas. Neste trabalho, um planejamento fatorial completo, com dois fatores, dois níveis e triplicata no ponto central foi empregado para determinar a influência das variáveis no processo de propagação de levedura. Calculou-se a produtividade do crescimento de biomassa em cada experimento realizado. A melhor produtividade foi alcançada quando o cultivo foi realizado com concentração inicial de 10°P e agitação de 200 rpm. O melhor fator de conversão foi alcançado quando o cultivo foi realizado com concentração inicial de 8°P e agitação de 200 rpm. Por fim, o estudo do crescimento de levedura foi pertinente, uma vez que foram obtidos resultados melhores na variação de concentração de mosto e velocidade de agitação.

Palavras chave: Cerveja artesanal; Agitação; Levedura.

ABSTRACT

Beer is the beverage obtained from alcoholic fermentation of brewer must, provided by the combination of cevada's malte and potable water after yeast growth, with hop. Beer was brought by European colonialism to Brazil, beginning the trade of the beverage, so far unknown to the Brazilian market, influencing the local culture. A new tendency in the Brazilian Market of beverages is the micro brewery, making more bodied, flavory and a more strong aroma, becoming the reference for the most demanding consumers in terms of sensory quality. The propagation process in breweries have developed slowly over many years concentrating on sanitary conditions, air supply and yeast stress. The requirement for freshly propagated yeast for re-fermentation has reawakened the idea of using a fed batch process in the breweries. In that scenario, this study analysed the the growth of yeast in the brewers must to apply the propagation at the cervejaria Philipeia. In the must production in a normal scale on the cervejaria Philipeia it was used the Pale Ale malte of the Agrári brand and the malte Caramel Munich I of BESTMALZ brand, acquired at local businesses in João Pessoa/PB. The yeast used in this study is also the same used at Cervejaria Philipeia, Fermentis S-04 (*S. cerevisiae*) acquired at local businesses too. To analyze the stirring speed was used an orbital analogic machine. The samples analyzed by this studied, the preparation of the cultivation means, erlenmeyer equipment and the final stage of must preparation, were all previously autoclaved. In the yeast propagation process, it was used a full factorial experiment, with two factors, two values and a triplicate of central point was used to determined the influence of the variables. It was calculated the growth of biomass productivity (the growth of biomass productivity was calculated) in each experiment made, the best productivity of culture was reach it at the concentration of 10°P and stirring speed of 200 rpm and the best conversion at initial concentration of 8°P e stirring speed of 200 rpm. At last, the results of the study shown that the yeast growth was favorable, it bests results were obtained from the variation of yeast concentration and stirring speed.

Keywords: Artisanal beer, Agitation, Yeast.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Lúpulo na sua forma natural, em forma de flor.	24
Figura 2. Lúpulo na forma de pellets, mais facilmente encontrado no mercado.....	24
Figura 3. Cerveja belgian Pale Ale.....	27
Figura 4. Sistema representando uma função ligando os fatores às respostas	28
Figura 5. Curva de calibração DNS.....	32
Figura 6. Crescimento da levedura em mosto a 8°P sob agitação de 100 e 200 rpm...33	
Figura 7. Crescimento da levedura em mosto a 10°P sob agitação de 100 e 200rpm 34	
Figura 8. Crescimento da levedura em mosto a 8 e 10°P sob agitação de 100 rpm 35	
Figura 9. Crescimento da levedura em mosto a 8 e 10°P sob agitação de 200 rpm 35	
Figura 10. Gráfico de superfície da produtividade em função da concentração inicial de mosto e velocidade de agitação	37
Figura 11. Gráfico de superfície do fator de conversão em função da concentração inicial de mosto e velocidade de agitação	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição da água dos principais centros cervejeiros (ppm).....	20
Tabela 2. Especificações para três tipos de malte estrangeiro.....	22
Tabela 3. Especificações do malte brasileiro.....	22
Tabela 4. Composição do grão de cevada e do malte.....	22
Tabela 5. Dados da cerveja Belgian Pale Ale da cervejaria Philipeia.....	27
Tabela 6. Variáveis e níveis analisados no planejamento experimental fracionário...	30
Tabela 7. Experimentos e seus respectivos níveis e fatores	30
Tabela 8. Experimentos com os dados de concentração, agitação e produtividade. ...	36
Tabela 9. Experimentos com os dados de concentração, agitação e fator de conversão	38

LISTA DE SIGLAS

ABV	ALCOHOL BY VOLUME
EBC	EUROPEAN BREWERY CONVENTION
IBU	INTERNATIONAL BITERNESS UNIT

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo Geral	15
2.2. Objetivos Específicos	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1. História da cerveja	16
3.2. História da cerveja no Brasil	16
3.3. Cerveja e cultura	17
3.4. Legislação Brasileira	18
3.5. Mercado	19
3.6. Matéria prima da cerveja	19
3.6.1 Água	20
3.6.2 Malte.....	21
3.6.3 Lúpulo.....	23
3.6.4 Adjuntos	24
3.6.5 Levedura	25
3.7. Belgian Pale Ale	26
3.8. Planejamento experimental.....	27
3.8.1. Planejamento Fatorial	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. Materiais	29
4.2. Métodos	29
4.2.1 Planejamento experimental.....	29
4.2.2 Obtenção do mosto na Cervejaria Philipeia.....	30
4.2.3 Preparação do mosto	31
4.2.4 Hidratação do Fermento.....	31
4.2.5 Alíquotas	31
4.2.6 Peso seco.....	31
4.2.7 Açúcar redutor	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1. Efeitos da agitação.....	33
5.2. Efeitos da concentração	34
5.3. Efeitos gerais	36
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. INTRODUÇÃO

A cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro proveniente da junção do malte de cevada e água potável, por atividade da levedura, com adição de lúpulo, segundo a Lei Federal nº 8.918/94 regulamentada pelo Decreto nº 6.871/09, Art. 36. (BRASIL,2009).

Segundo Almeida e Silva (2005), define-se cerveja como uma bebida carbonada de teor alcoólico entre 3 e 8% (v/v), preparada a partir de malte de cevada, lúpulo, fermento e água de boa qualidade, permitindo-se ainda o uso de outras matérias primas como arroz, milho e trigo. Não se sabe ao certo a origem das primeiras cervejas, porém autores como Kunze (1996) e Aquarone (1983) acreditaram que a prática da cervejaria tenha se originado na região da Mesopotâmia, onde, como no Egito, a cevada cresce em estado selvagem. Há evidências de que a cerveja feita de cevada maltada já era consumida na mesopotâmia em 6.000 a.C., e que a cerveja nesta época não era usada somente na dieta, mas também exercia função cosmética e medicinal.

Cervejas são classificadas basicamente em dois tipos quanto a fermentação: lager (de baixa fermentação) e ale (de alta fermentação). Cervejas do tipo lager são fermentadas à temperatura entre 7 a 15 °C e a duração da fermentação e da maturação é de 7 a 10 dias (ARAÚJO; SILVA; MINIM, 2003). Devido às baixas temperaturas usadas no processo, os sabores e aromas das cervejas lager são mais suaves e leves em comparação com as ales (HARDWICK, 1994). As cervejas do tipo lager, são elaboradas com linhagens de *Saccharomyces uvarum* sendo mais populares mundialmente. As cervejas do tipo ale são fermentadas nas temperaturas de 18 a 22 °C e a duração da fermentação e da maturação é de 3 a 5 dias, são elaboradas com linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* sendo muito populares na Grã Bretanha (VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P., 1994). Embora exista esta diferenciação tecnológica no setor de cervejarias, geralmente a espécie de levedura cervejeira é *Saccharomyces cerevisiae*, sendo que outras classificações são utilizadas para agrupar diferentes linhagens de *Saccharomyces* (VAUGHAN-MARTINI; MARTINI, 1993; ANDRIETTA, S.R.; MIGLIARI, P.C.; ANDRIETTA, M.G.S.; 1999).

O mercado brasileiro de cerveja é o terceiro maior do mundo, ficando atrás apenas da China e EUA. Com uma produção de mais de quase 14 bilhões de litros, o consumo médio no Brasil é de mais de 68 litros/habitante/ano. Porém, comparando-se à República Tcheca, com 143 litros/habitante/ano ou Alemanha com 106 litros/habitante/ano, ainda há espaço para o crescimento (BRESSIANI, 2017).

Segundo Araujo, Silva e Minim (2003), uma nova tendência vem se mostrando cada vez mais forte no mercado brasileiro: as microcervejarias. As cervejas produzidas em microcervejarias são produtos mais encorpados, de sabor e aroma mais pronunciados, e são a preferência de consumidores mais exigentes em termos de qualidade sensorial.

A propagação de leveduras é um processo antigo e bem estabelecido em cervejarias. No entanto, o desenvolvimento está em constante andamento e algumas questões ainda permanecem sem resposta. A demanda por boa levedura de cerveja pode ser resumida nas seguintes palavras: Uma levedura não estressante, altamente vital e viável, livre de organismos infecciosos. O caminho para isso passa por uma planta de propagação sanitária cuidadosamente projetada com um agregado de aeração que é capaz de fornecer uma quantidade suficiente e adequada de oxigênio para todas as células no propagador sem causar estresse mecânico às células de levedura, e um apropriado mosto de propagação com a composição nutricional correta. (NIELSENS, 2010)

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho foi estudar o crescimento de levedura no mosto cervejeiro para aplicar futuramente a propagação na cervejaria Philipeia.

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar o processo de fermentação com intuito de observar o crescimento de células,
- Caracterizar as melhores condições quanto agitação e concentração,
- Observar a queda de açúcar redutor ao longo do crescimento de células.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. História da cerveja

Registros anteriores à escrita, tal como os desenhos rupestres e símbolos primitivos, remetem à produção de uma bebida com semelhança à cerveja. Segundo documentos antigos de aproximadamente 6000 a.C, a cerveja era remetida como moeda de troca. Arqueólogos do século XIX encontraram resquícios de cevada em vasos localizados no interior de tumbas de faraós, com isso tem-se a ideia de que a cerveja tenha de originado no Oriente Médio ou no Egito. (SILVA, 2016)

Segundo o portal Cervesia (2015), o Império Mesopotâmio deixou vários sinais da importância social da cerveja, como o Código de Hamurábi, escrito por volta de 1770 a.C., que conta que poderia ser aplicada a pena de morte para o cervejeiro que fraudasse seu produto para venda. A partir dessa época, o cervejeiro se tornou um membro importante para a sociedade.

Na Idade Média a responsabilidade pela produção caseira da cerveja foi assumida pelas mulheres, e era servida para toda família, incluindo no desjejum. Diferentemente do vinho, que era uma bebida cara e de difícil acesso para a classe social baixa, a cerveja era uma opção acessível e barata. (MORADO, 2011).

No século VI, os mosteiros tiveram suma importância no desenvolvimento de técnicas e receitas que melhoraram a qualidade da cerveja. Pelo fato dos monges dominarem a leitura, foram considerados os primeiros pesquisadores da bebida e de sua produção em grande escala, resultando em venda para a população ou doação. (MORADO, 2011).

3.2. História da cerveja no Brasil

A cerveja chegou ao Brasil junto as colônias europeias, quando os comerciantes se instalaram no país e iniciou a venda da bebida que até então era desconhecida, com isso, influenciando os costumes da época. O primeiro documento conhecido sobre o início da produção de cerveja no Brasil é um anúncio de venda de uma cerveja brasileira, apresentada no Jornal do Comércio do Rio de Janeiro, em 27 de outubro de 1836. Nessa época a produção era em pequena escala, fabricadas pelas poucas cervejarias e todas artesanais. Até a Primeira Guerra Mundial, a produção da bebida aumentou, entretanto

com a chegada da Guerra, não era possível obter o malte e lúpulo, natural da Alemanha e Áustria. Com essa dificuldade, os cervejeiros buscaram alternativas como: o milho, arroz e trigo, todavia isso diminuía a qualidade do produto. Havia grande variação de pressão, consequências do controle de fermentação precário, portanto as rolhas eram presas com barbante. Daí a origem da marca Barbante. (SANTOS, 2003).

Segundo Santos (2003), a primeira cervejaria que produzia em escala industrial surgiu entre 1870 e 1880, em Porto Alegre. Foi possível um maior controle de temperatura no processo de fermentação com o surgimento das primeiras máquinas compressoras frigoríficas, localizadas no Rio de Janeiro e São Paulo, o que levou a migração de fábricas. A Companhia Cervejaria Brahma e a Antartica Paulista surgiram nessa época, e mais tarde vieram a se fundir e dominar o mercado.

Em 2013, o investimento do setor cervejeiro foi de R\$ 4.3 bilhões, de acordo com cálculo preliminar da CervBrasil (2015), Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. Segundo esta mesma associação, em 2014, o setor cervejeiro gerava 2,7 milhões de empregos, respondendo por 2 % do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e 15 % da indústria de transformação. 14 bilhões de litros de cerveja eram produzidos e eram gerados em R\$ 21 bilhões em impostos.

Paralelamente as empresas, os cervejeiros caseiros criaram a ACervA Brasil - Associação dos Cervejeiros Caseiros Artesanais do Brasil – com objetivo de troca de experiência, discutir técnicas e disseminar a cultura cervejeira e promover eventos ligados à bebida. A diferenciação da cerveja artesanal para da industrial, além do tamanho da produção, é a qualidade melhor da matéria prima e a adição de produtos regionais, gerando assim sabores mais robustos e únicos. (FERREIRA et al., 2011)

Segundo a ACervA Brasil (2016), o movimento de cervejarias artesanais tem adquirido espaço no setor cervejeiro brasileiro. Os adeptos desse estilo retornam à história da cultura e qualidade da bebida. Também tem sido visto como uma oportunidade grande de negócio, atraindo assim muitos interessados a investir nessa produção.

3.3. Cerveja e cultura

Sempre presente na cultura das antigas civilizações, a cerveja, a levedura que era utilizada na massa dos pães no Egito Antigo, era derivada da fermentação da cerveja. A descrição da autora era de uma bebida alto teor alcoólico, semelhante à “Bouza”, uma

bebida produzida até hoje no Sudão e no Egito, pertencendo à tradição e produzida com técnicas similares às de milhares de anos atrás. (BRESCIANI, 2009)

Segundo Flandrin (2009), com o passar do tempo, as bebidas fermentadas viraram tradição e fizeram parte da cultura europeia. O vinho, dominante na França e Itália. E a cerveja na Inglaterra e Alemanha. Em todo o mundo, em tempos de crise, houve um declínio de consumo e produção de cerveja, assim como de vinho e chá. Com isso, o mercado se abriu para outras bebidas, e a cerveja ganhou espaço em países cujo vinho dominava, assim como aconteceu na França no século XVIII. Enquanto a sidra duplicou a produção por litros de ano, a cerveja multiplicou por 22 seus números.

De acordo com Teuteberg e Flandrin (2009), por consequência do rápido desenvolvimento de todas as bebidas alcoólicas no século XX, o seu consumo aumentou consideravelmente. Entretanto, com o domínio de técnicas para elevar o teor de etanol presente no vinho, o alcoolismo se tornou um problema social. Realizando assim uma forte reação antialcoólica, resultando no aumento do consumo de cerveja e sidra, que continham um teor de álcool menor. Com isso cresceu a criação de diversos movimentos contra as bebidas alcoólicas, contribuindo com o aumento de consumo de outras bebidas como chá, café, sucos.

3.4. Legislação Brasileira

O responsável pelo registro, classificação, padronização, inspeção, controle e fiscalização de bebidas alcoólicas e não alcoólicas, entre elas, a cerveja aqui no Brasil é o Ministério da Agricultura.

O primeiro decreto que define o conceito de cerveja foi criado em 1997 (Decreto nº 2314/97) e diz que cerveja é uma “(...) bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo”. Entretanto, esse decreto foi substituído em 2009, pelo decreto nº 6871/09, que até enquanto permanecer em vigor, os empresários que atuam ou pretendem atuar na área de fabricação de cervejas, devem considerá-las

3.5. Mercado

Ganhando cada vez mais espaço nas prateleiras de supermercados, lojas especializadas e em serviços de alimentação, as cervejas artesanais, derivadas de micro cervejarias se caracterizam por sua produção de pequenas quantidades de cerveja, produzidas com ingredientes especiais, maior quantidade de malte por hectolitro e em micro indústrias de origem familiar. Resultando assim em produtos chamados “cervejas premium” ou “cervejas especiais” e atendem consumidores que buscam diferenciais. O mercado de cerveja está em crescente expansão, sendo assim, uma boa oportunidade de negócio. (SEBRAE 2015).

Segundo Kirin Beer University, o Brasil é o 3º maior produtor de cerveja do mundo. De acordo com o Sistema de Controle de Produção de Bebidas da Receita Federal (Sicobe), de 2005 a 2014, a produção nacional de cerveja cresceu em 64 %. Ainda assim, os últimos dados disponibilizados pela Abrabe, em 2014, indicavam que as micro cervejarias representam apenas 1 % de todo o setor cervejeiro do Brasil. Entretanto, se acredita em uma forte tendência de crescimento, principalmente pelo fato dos consumidores valorizarem cada vez mais as cervejas artesanais. (SEBRAE 2015).

As características das regiões brasileiras em relação a esse mercado são:

- Sul e Sudeste: Concentram o maior número de micro cervejarias;
- Centro-oeste: Está ganhando destaque e tem um processo de expansão significativo;
- Norte e Nordeste: Menos significativas, todavia, com grande possibilidade de expansão, apesar de o crescimento ser mais tardio.

3.6. Matéria prima da cerveja

A lei de pureza da cerveja, de 1516, estabelece que esta bebida deva ser produzida unicamente com o malte, lúpulo e água, sem qualquer adicional. Porém, com exceção feita à Alemanha, os demais países produtores, estejam eles localizados na Europa, América ou Ásia, fabricam sua cerveja com os três ingredientes básicos, acrescentando adjuntos. (AQUARONE, 2005).

3.6.1 Água

Um dos principais fatores a ser levado em conta, é a água. Ela também é uma das principais matérias primas com relação a quantidade no processo da fabricação de cerveja, visando que sua fração no produto é em média 92 % a 95 %. Sendo assim, são de grande importância na análise da qualidade da cerveja em geral suas características físico-químicas. (FIGUEIREDO, CARVALHO, 2014)

Existem algumas possibilidades de obter a água para esse processo de fabricação, tal como a captação municipal, poço artesiano próprio e fontes de água mineral comercial, sendo exigido para todas as análises que comprovem aquela água como potável e própria para consumo humano. Pode conter sua composição química alterada pela adição de sais, a fim de atender as exigências da brassagem. Como manter o pH na faixa onde as enzimas do malte atuam, e assim ocorrer a transformação do amido em açúcares fermentáveis, durante a fervura; promover a extração de moléculas amargas e aromáticas do lúpulo, bem como uma boa coagulação do material mucilaginosos, conhecido como *trub*; favorecer uma fermentação asséptica; desenvolver cor e *flavour* característicos do tipo de cerveja a ser fabricada. (CARVALHO, 2009)

Na Tabela 1 é mostrada a composição mineral da água dos principais centros cervejeiros do mundo.

Tabela 1: Composição da água dos principais centros cervejeiros (ppm).

	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
Burtoun-on-Trent	54	24	352	16	820	320
Pilsen	32	8	7	5	6	37
Munique	10	19	80	1	6	333
Londres	24	4	90	18	58	123
Dublin	12	4	119	19	54	319
Dourtmund	60	23	260	106	283	549

Fonte: AQUARONE (2005).

3.6.2 Malte

O termo malte define a matéria prima resultante da germinação, sob condições controladas de qualquer cereal (cevada, arroz, milho, trigo, aveia etc.) (VENTURINI FILHO, 2010).

O malte utilizado em cervejarias é obtido a partir da cevada, cereal de cultivo antigo e muito utilizado em culturas neolíticas no Egito entre 6000 e 5000 anos a.C. Pertencente ao gênero *Hordeum*, a cevada, os grãos na espiga podem ser alinhados em duas ou seis fileiras. (VENTURINI FILHO, 2010).

A diferenciação não é apenas morfológica. A cevada com seis fileiras, quando comparada com a cevada de duas fileiras, apresenta um menor teor de amido, maior riqueza protéica (enzimática). E os seus grãos possuem mais cascas. A cevada de seis fileiras pode apresentar dificuldades na produção de malte e na moagem dos grãos na cervejaria e menor rendimento na mosturação, ela facilita a filtração do mosto e aceita maior proporção de adjunto na formulação da cerveja. (AQUARONE, 2005).

Apesar de vários cereais serem satisfatoriamente maltados, a cevada é a que, no processo de maltagem, apresenta menores dificuldades técnicas. A cevada é composta por um alto teor de amido, o extrato fermentável. Também encontrado em sua composição, em quantidade e qualidade suficiente para a nutrição das leveduras durante a fermentação, e também contribui com a formação de espuma no produto final. (AQUARONE, 2005).

A fundamental finalidade da maltagem no grão de cevada, é elevar o conteúdo enzimático dos grãos através da síntese de amilases, proteases, glucanases, etc., aumentando assim o seu poder diastático. Durante a fase de mosturação, na produção de cerveja, essas enzimas atuarão como catalisadores das reações de quebra das macromoléculas (proteínas, amido, glucano, etc.) presentes nas matérias primas, em compostos mais solúveis no mosto (AQUARONE, 2005).

A seguir, as Tabelas 2 e 3 mostram os parâmetros geralmente encontrados em uma análise de malte. Já a Tabela 4 apresenta as mudanças na composição do grão de cevada em função da maltagem.

Tabela 2: Especificações para três tipos de malte estrangeiro.

	Americano 6 fileiras	Europeu 2 filas “lager”	Europeu 2 filas “ale”
Umidade, %	4,0	3,5	2,0
Extrato moagem fina, % ps	77,0	79,0	80,0
Extrato moagem grossa, % ps	75,3	77,4	78,6
Nitrogênio total, %	2,1	1,75	1,7
$N_{solúvel}/N_{total}$, %	40,0	39,0	39,5
Poder diastático, °Lintner	140,0	75,0	65
α -amilase, DU	40,0	35,0	-
Cor, °EBC	3,8	2,9	6,0

Fonte: AQUARONE (2005).

Tabela 3: Especificações do malte brasileiro.

Umidade, %	5,52
Cinzas, %ps	1,97
Fibra bruta, %ps	3,95
Proteína bruta, %ps	10,22
Lídio, %ps	1,65
Extrato, %ps	79,52
Poder diastático, WK os	244,19

Fonte: VENTURINI FILHO (1995)

Tabela 4: Composição do grão de cevada e do malte.

Características	Cevada	Malte
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
$N_{solúvel}/N_{total}$ (%)	10-12	35-50
Poder diastático, °Lintner	50-60	100-250
α -amilase, DU	Traços	30-60
Atividade proteolítica	Traços	15-30

Fonte: VENTURINI FILHO (2010).

3.6.3 Lúpulo

O lúpulo pertence à família da *Cannabaceae*, mas apesar do parentesco com a *Cannabis*, não contém substâncias alucinógenas. É uma planta diótica, apresenta flores masculinas e femininas em indivíduos diferentes, não havendo planta hermafrodita (AQUARONE, 2005). Seu cultivo requer muitos cuidados, pois é rica em umidade, suscetível ao ataque de parasitas, entre os quais muitos insetos como traças e piolhos, e outros como fungos e protozoários (TSCHOP, 2001).

As flores femininas ou seus frutos decorrentes são ricos em glândulas amarelas contendo lupulina (resinas, óleos essenciais, etc.), a qual é responsável pelo aroma e amargor característicos de lúpulo das cervejas. Além de aroma e amargor, o lúpulo apresenta ação anticéptica, porque os ácidos isoalfa são bacteriostáticos, o que contribui também para a estabilidade do sabor e da espuma da cerveja (AQUARONE, 2005; CARVALHO 2009).

As resinas e óleos são as frações mais importantes da lupulina, na produção de cerveja. As resinas são constituídas de alfa e beta-ácidos. Os alfa-ácidos são a principal fonte de amargor na cerveja, enquanto o alfa-ácido são isomerizados para a forma de alfa-iso-ácidos, compostos também conhecidos como iso-humulonas, que são mais amargos e mais solúveis do que os alfa-ácidos. Os óleos essenciais que compõem o lúpulo são uma mistura de centenas de componentes. Sendo os principais: hidrocarbonetos da família dos terpenos, ésteres, aldeídos, cetonas, ácidos e álcoois. Esses óleos essenciais apresentam influência no sabor e aroma da cerveja, embora a maior parte destes seja arrastada com o vapor durante a fervura do mostro, por conta da sua volatilidade. Sendo isso desejado, porque altas concentrações desses componentes tornariam a cerveja intragável. (AQUARONE, 2005)

Para cervejas mais amargas e aromáticas, as adições de lúpulo também são feitas nos momentos finais ou até após a etapa de fervura, para que assim não se perca as propriedades dos óleos essenciais com a isomerização dos alfa-ácidos e eles possam trazer uma carga de aroma a cerveja.

Podem ser comercializados no mercado na forma de cones secos, pellets e como extrato. Nas duas últimas formas, por serem mais concentrados, se exige menos espaço para armazenamento, são mais estáveis e facilmente manipulados na indústria de cerveja. As Figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, o lúpulo na forma de flor e na forma de pellets, mais comumente encontrada no mercado.

Figura 1: Lúpulo na sua forma natural, em forma de flor.



Fonte: HOMINILÚPULO (2014).

Figura 2: Lúpulo na forma de pellets, mais facilmente encontrado no mercado.



Fonte: AMILCAR (2012)

3.6.4 Adjuntos

Pode se definir como qualquer fonte de carboidrato os adjuntos na produção de cerveja, diferente do malte de cevada, que contribui com os açúcares para o mosto (STEWART, 1994). O uso dos adjuntos para suplementar o mosto, constitui uma prática de redução de custos empregada em várias cervejarias e micro cervejarias (YOUNIS; STEWART, 1999). Adição de adjuntos com altas concentrações de açúcares fermentáveis é um método alternativo para se aumentar a concentração de sólidos solúveis nos mostos. Os adjuntos podem ser “homólogos”, ou seja, são derivados da mesma fonte que a fonte base ou “heterólogos” que são derivados de uma ou mais fontes diferentes (THOMAS et al., 1996).

A partir de sua composição química, os adjuntos podem ser classificados em amiláceos e açucarados. O milho na forma de grits e arroz como quirera, têm sido os mais utilizados pelas cervejarias em todo mundo, incluindo as do Brasil. Dentre os adjuntos açucarados, sobressaem os xaropes de cereais, com o milho sendo o principal deles e o açúcar comum e o invertido (xarope de frutose e glicose), provenientes da cana-de-açúcar ou da beterraba sacarina. (AQUARONE, 2005).

O nível de substituição do malte pelo adjunto, pode chegar em até 45%, pois cada cervejaria define a proporção do malte/adjunto para cada tipo de cerveja que produz. O excesso na quantidade de adjunto pode resultar em mostos nutricionalmente pobres para a fermentação alcoólica e de elevada viscosidade, tornando a sua filtração lenta. Os mostos também obtidos somente com o malte, apresentam geralmente excesso de componentes nitrogenados, mas à medida que se aumenta a percentagem de adjunto, ocorrem problemas relacionados com a falta de nitrogênio no meio. (CASEY et al., 1984).

3.6.5 Levedura

Segundo AQUARONE (2005), há milênios, o homem utiliza leveduras para a produção de pão, cerveja, vinho e outros alimentos e bebidas obtidos por fermentação. Atualmente, elas são utilizadas em diversos processos fermentativos, visando à produção dos mais variados tipos de produtos. A partir da sua atividade metabólica, podem-se obter enzimas, vitaminas, proteínas, gorduras, etc. No Brasil, toda produção de álcool carburante se baseia na atividade fermentativa da levedura alcoólica.

O sabor e aroma de qualquer cerveja estão determinados de forma preponderante pelo tipo de levedura que será utilizada. Apesar de o etanol ser o produto principal produzido pela excreção da levedura durante a fermentação do mosto, este álcool primário tem pequeno impacto no sabor da cerveja. A concentração e o tipo de outros produtos de excreção, formados durante a fermentação, são quem primariamente determinam o sabor da cerveja. Sua formação depende do balanço metabólico global do cultivo da levedura. Vários são os fatores que podem afetar esse balanço e conseqüentemente o sabor da cerveja, incluindo a cepa de levedura, a temperatura e o pH de fermentação o tipo de proporção de adjunto, o modelo de fermentador e a concentração do mosto (VENTURINI FILHO, 2010).

As leveduras utilizadas na produção de cerveja pertencem à espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Também são pertencentes desta espécie as leveduras alcoólicas outrora classificadas como *S. uvarum* e *S. carlsbenguensis* (AQUARONE, 2009). O gênero *Saccharomyces* apresenta várias cepas consideradas seguras e capazes de produzir dois metabólitos primários importantes, etanol e dióxido de carbono. Os dois tipos de cerveja mais importantes (lager e ale) são fermentados com cepas de *S. uvarum* (*carlsbenguensis*) e *S. cerevisiae*, respectivamente. Atualmente, taxonomistas de leveduras têm designado todas as cepas empregadas na produção de cerveja à espécie *S. cerevisiae* (VENTURINI FILHO, 2010).

A cerveja tipo lager, tradicionalmente é produzida por leveduras de baixa fermentação à 7-15°C, as quais floculam no final da fermentação primária ou principal (7 a 10 dias), sendo coletadas na base do fermentador. As leveduras de alta fermentação, usadas para a produção das cervejas ale, fermentam com temperaturas entre 18-22°C. No final da fermentação (3 a 5 dias), as células adsorvidas nas bolhas, são carregadas até a superfície do mosto, onde são coletadas. (VENTURI FILHO, 2010).

3.7. Belgian Pale Ale

Produzida por cervejarias com raízes que remontam a meados da década de 1700, os exemplares mais conhecidos foram aperfeiçoados depois da Segunda Guerra Mundial com alguma influência da Grã-Bretanha, incluindo lúpulo e leveduras. (BJCP, 2015)

A Pale Ale Belga, uma cerveja de alta fermentação, com coloração acobreada, um corpo médio e um colarinho cremoso. Aromas frutados variando de leve a moderado. O sabor tem início macio e adocicado de maltes com final moderadamente seco. As características da cerveja belga da cervejaria philipeia (Figura 3) segue na Tabela 5.

Figura 3: Cerveja belgian Pale Ale



Tabela 5. Dados da cerveja Belgian Pale Ale da cervejaria Philipeia

Cerveja Philipeia Belgian Pale Ale	
ABV	5,1%
EBC	16,7
IBU	25

3.8. Planejamento experimental

O planejamento experimental é uma ótima ferramenta para estudar o efeito conjunto de vários fatores sobre uma variável resposta de interesse. A técnica mais conhecida é o planejamento fatorial, no qual estão envolvidos k fatores, cada fator k está presente em apenas dois níveis. Na realização de um experimento com k fatores em dois níveis, são feitas $2 \times 2 \dots \times 2$ (k vezes) = $2k$ observações da variável resposta, então portanto, este planejamento, é denominado experimento fatorial $2k$. (NEVES E SCHVARTZMAN, 2002).

A Figura 4 mostra esquematicamente o certo número de fatores k atuando sobre o sistema em estudo, produzindo as respostas R_1, R_2, \dots, R_j . Operando como uma função desconhecida, o sistema atual sobre variáveis de entrada, os fatores, e então produz como

saída às respostas observadas. O principal objetivo do planejamento experimental é descobrir essa função, ou obter uma aproximação de grande satisfatória a ela. Assim, com o conhecimento desta função, poderá escolher as melhores condições de operação do sistema.

Figura 4 - Sistema representando uma função ligando os fatores às respostas



Fonte: (BARROS NETO *et al*, 1995, p. 84).

3.8.1. Planejamento Fatorial

O planejamento fatorial tem sido bastante aplicado em pesquisas básicas e tecnológicas, sendo classificado como um método do tipo simultâneo, cujas variáveis de interesse que apresentam influências significativas na resposta são avaliadas ao mesmo tempo.

Para se realizar um planejamento fatorial, escolhem-se as variáveis a serem estudadas e se efetua experimentos em diferentes níveis desses fatores. De um modo geral, o planejamento fatorial pode ser representado por b_k , onde "k" é o número de fatores e "b" é o número de níveis escolhidos. E isso só acontece com b igual para todos os fatores.

Os planejamentos fatoriais do tipo 2^k são os mais comuns. A realização de poucos experimentos é um dos aspectos favoráveis deste tipo de planejamento. Com um número reduzido de níveis não se é possível explorar de maneira completa uma grande região no espaço das variáveis. Todavia, podem-se observar tendências importantes para a realização de investigações posteriores, VIEIRA (1999).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Materiais

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Bioengenharia do Departamento de Engenharia Química pertencente ao Centro de Tecnologia, localizado na Universidade Federal da Paraíba.

Para produção do mosto, em escala normal na cervejaria Philipeia, foram utilizados o malte Pale Ale da marca Agrária e malte Caramel Munich I da marca BESTMALZ, adquirido em comércio local na cidade de João Pessoa/PB.

O fermento utilizado para estudo foi o mesmo utilizado na cervejaria Philipeia, sendo ele o fermento Fermentis S-04 (*S. cerevisiae*) adquirido em comércio local na cidade de João Pessoa/PB.

Para agitação, foi utilizado a mesa agitadora do tipo shaker.

Para preparação do meio de hidratação para inserir o fermento, preparação das vidrarias e preparação final do mosto para análise foram esterilizados previamente na autoclave.

4.2. Métodos

4.2.1. Planejamento experimental

Para o estudo em caso, um planejamento fatorial completo, com dois fatores, dois níveis e triplicata no ponto central (Tabela 6), totalizando 7 ensaios (Tabela 7), foi empregado para determinar a influência das variáveis no processo de propagação de levedura.

As variáveis analisadas foram: Agitação por meio de rotação (rpm) e concentração do mosto, para um tempo de fermentação alcoólica de 24 horas a uma temperatura fixa de 20°C, devido ser a melhor condição para o fermento.

Tabela 6. Variáveis e níveis analisados no planejamento experimental.

Variáveis	Níveis		
	-1	0	1
Rotação (rpm)	100	150	200
Concentração (°P)	8	9	10

Tabela 7. Experimentos e seus respectivos níveis e fatores

Experimentos	Variáveis	
	Rotação	Concentração
1	-	-
2	-	+
3	+	-
4	+	+
5	0	0
6	0	0
7	0	0

4.2.2. Obtenção do mosto na Cervejaria Philipeia

Os maltes foram pesados, em suas quantidades respectivas para uma produção normal da cerveja estilo Belgian Pale Ale. Após pesados, os grãos foram moídos manualmente com ajuda de um triturador de cereais b03 da marca Botini de maneira que ficasse apenas quebrados.

Na panela, coloca-se a quantidade de água necessária, aquece até a temperatura de 70°C e adiciona o malte moído, onde essa irá permanecer nessa etapa de mosturação por aproximadamente 70 minutos, até converter todo o amido dos grãos.

Feita algumas adaptações à metodologia descrita por SILVA et al., 2009, sendo o objetivo de clarificar o mosto e assim eliminar as impurezas, utilizou-se da mesma panela de brassagem para fazer a recirculação. Finalizando a clarificação, foi adicionado a água de lavagem para se dar início a fervura.

Antes de iniciar a fervura, foi retirado 4 litros de mosto para servir como meio de propagação da levedura em laboratório

4.2.3. Preparação do mosto

O mosto proveniente da cervejaria Philipeia foi analisado e observado que estava em 9,5° Plato (P).

Todos os ensaios realizados, foram mensurados 500 mL de mosto de solução final, onde a solução mãe foi diluída para os ensaios com 8°P e 9°P, e aquecido para os ensaios com 10°P. Após corrigida a solução, esse mosto era autoclavado a fim de esterilizar e posteriormente ser filtrado para retirar todo o bagaço e *trub* de malte que pode vir a ficar floculado.

4.2.4. Hidratação do Fermento

A hidratação do fermento foi realizada de forma analítica, isto é, foi diluído em 50mL de água destilada, após esterilizada, um total de 2,875 g de fermento Fermentis s-04, sabendo que este contém no sachê um total de 11,5 g, onde seria inoculado em 20L de mosto. Feito a hidratação, se retira uma alíquota de 5mL, contendo 0,2875 g de fermento hidratado necessário para os 500mL de mosto.

4.2.5. Alíquotas

Colocadas as soluções na mesa agitadora, era-se pausado o processo a cada 2 horas para retirar 5mL de amostra, onde estas foram analisadas no espectrofotômetro em 600 nm para observar a taxa de crescimento microbiano, além de ser centrifugadas, guardando todo o sobrenadante em tubos de 2mL para análises de açúcar redutor posteriormente.

4.2.6. Peso seco

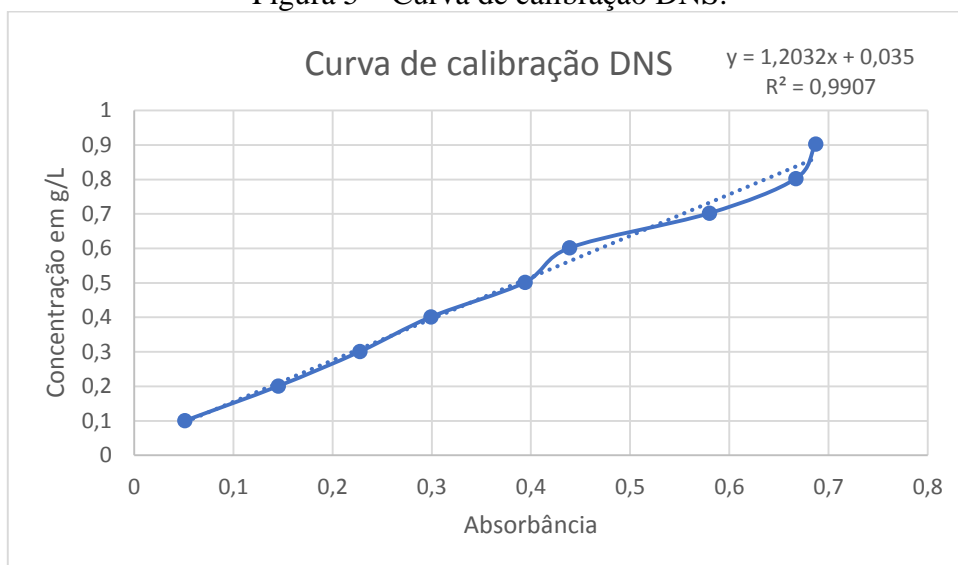
O peso seco de levedura foi determinado por desidratação em estufa convencional a 80°C por 24h, atingindo um peso constante. Os tubos de 2mL utilizados para determinar o peso seco foram previamente secos e pesados, para retirar toda a umidade que poderia se encontrar neles e em sequência, ao fim das 24h de fermentação, foram adicionados

2mL da solução em cada tubo, centrifugado, retirado todo o sobrenadante e levado para estufa.

4.2.7. Açúcar redutor

Todos os eppendorf das retiradas de amostras a cada duas horas foram colocados no congelador para realização de teste de açúcar. Essas amostras eram diluídas, de acordo com a necessidade da leitura no espectrofotômetro. Coloca-se 0,5mL da amostra diluída em um tubo de ensaio, seguido de 0,5mL de DNS. Insere o tudo de ensaio em um banho de água quente por 5 minutos, em sequência o resfria em outro banho com água gelada. Adiciona-se mais 4mL de água destilada no tubo de ensaio e assim a solução está pronta para ser lida no espectrofotômetro a 540nm. Esse procedimento foi feito para todos os pontos retirados das soluções, e sempre preparando o branco com apenas água destilada e DNS. A figura 5 representa a curva de calibração do DNS utilizado.

Figura 5 – Curva de calibração DNS.

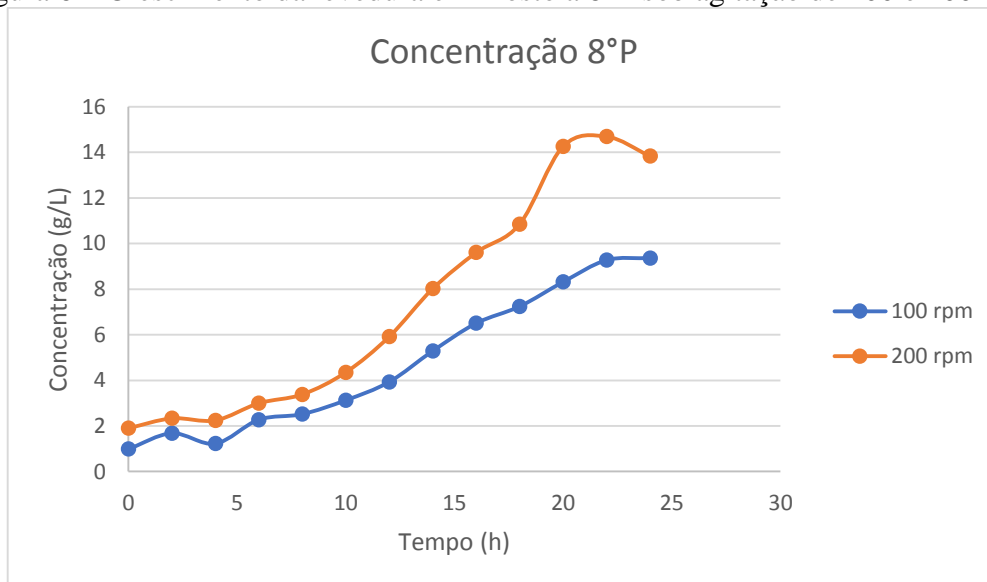


5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Efeitos da agitação

A variação de agitação foi estudada com o objetivo de verificar qual seria a melhor condição para a levedura crescer nas diversas concentrações iniciais de mosto. A Figura 6 apresenta a concentração de biomassa ao longo do tempo para a concentração de mosto de 8°P para as duas velocidades de agitação (100 e 200 rpm).

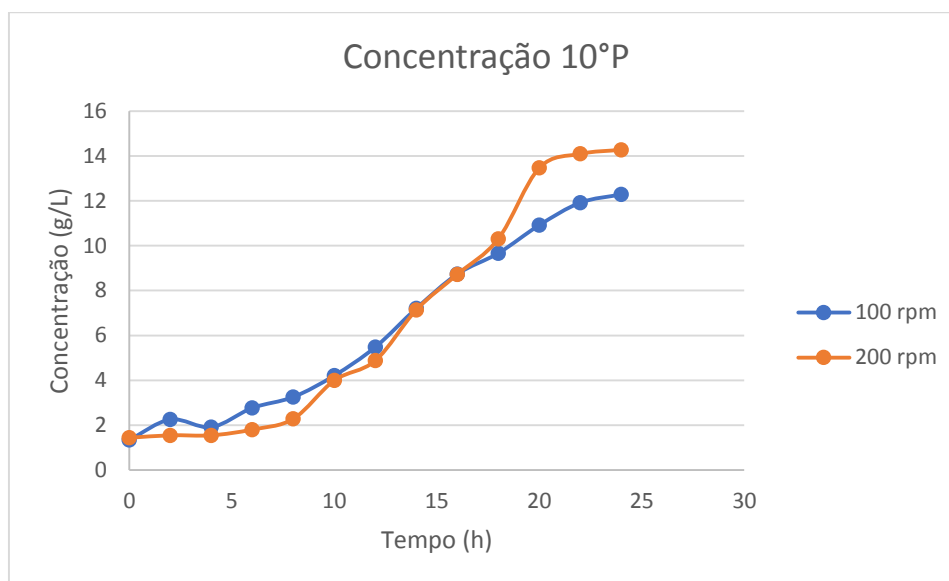
Figura 6 – Crescimento da levedura em mosto a 8°P sob agitação de 100 e 200 rpm.



A Figura 6 fornece uma indicação de comportamento que a levedura pode apresentar quando cultivada em mosto de concentração 8°P e com agitação constante no período de 24h. As medidas mostraram um crescimento efetivo. Os resultados indicam que, o meio com mesma concentração, a agitação de 200 rpm se tornou mais efetiva que a de 100 rpm, mostrando um melhor crescimento da biomassa ao final do processo de fermentação.

A Figura 7 apresenta a concentração de biomassa ao longo do tempo para a concentração de mosto de 10°P para as duas velocidades de agitação (100 e 200 rpm).

Figura 7 – Crescimento da levedura em mosto a 10°P sob agitação de 100 e 200rpm



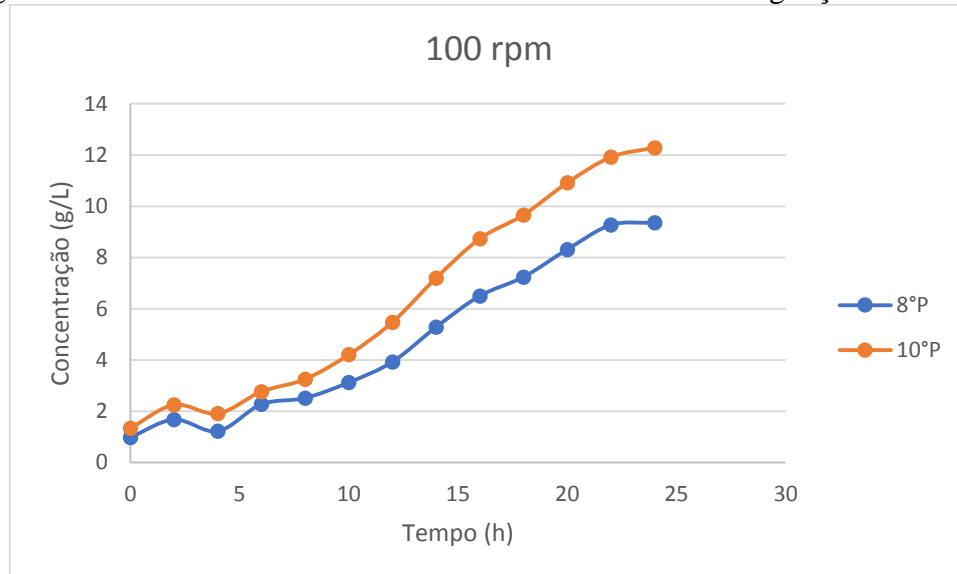
A Figura 7 fornece uma indicação de comportamento que a levedura pode apresentar quando imerso em mosto de concentração 10°P e com agitação constante no período de 24h. As medidas mostraram um crescimento efetivo. Os resultados indicam que, o meio com mesma concentração, ambas as agitações demonstraram um resposta semelhante, observando apenas uma maior variação no tempo de 18h para a agitação de 200 rpm. Esse resultado indicou que o efeito da velocidade de agitação não foi muito significativo quando a concentração de mosto estava em seu nível mais elevado do planejamento experimental (10°P).

5.2.Efeitos da concentração

A variação de concentração inicial de mosto foi estudada afim de verificar a melhor condição para a levedura crescer nas diversas agitações.

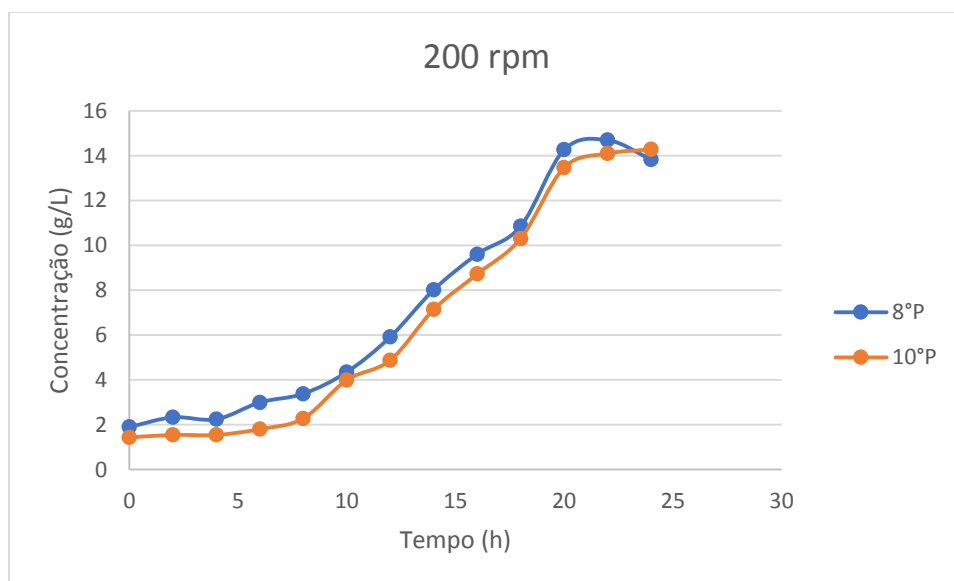
A Figura 8 apresenta a concentração de biomassa ao longo do tempo para a velocidade de agitação de 100 rpm para as duas concentrações iniciais de mosto (8 e 10°P). A Figura 6 fornece uma indicação de comportamento que a levedura pode apresentar quando imerso em agitação constante a 100 rpm, variando a concentração para cada curva no período de 24h. As medidas mostraram um crescimento efetivo. Os resultados indicam que, na baixa agitação, a concentração do mosto maior se tornou mais viável para o crescimento da levedura, desde o momento inicial do cultivo.

Figura 8 – Crescimento da levedura em mosto a 8 e 10°P sob agitação de 100 rpm



A Figura 9 apresenta a concentração de biomassa ao longo do tempo para a velocidade de agitação de 200 rpm para as duas concentrações iniciais de mosto (8 e 10°P).

Figura 9 – Crescimento da levedura em mosto a 8 e 10°P sob agitação de 200 rpm



A Figura 9 fornece uma indicação de comportamento que a levedura pode apresentar quando imerso em velocidade de agitação constante de 200 rpm, variando a concentração inicial de mosto para cada cultivo no período de 24h. As medidas mostraram um crescimento efetivo e constante. Os resultados indicam que partindo de concentrações diferentes de mosto, é possível obter resultados bem próximos ao final do ciclo de fermentação em alta agitação. Portanto, o efeito da concentração inicial de mosto se

mostrou mais significativo quando os cultivos foram realizados em baixa velocidade de agitação. Já, em cultivos realizados em alta velocidade de agitação, o crescimento da biomassa se mostrou semelhante nas duas concentrações iniciais estudadas.

5.3.Efeitos gerais

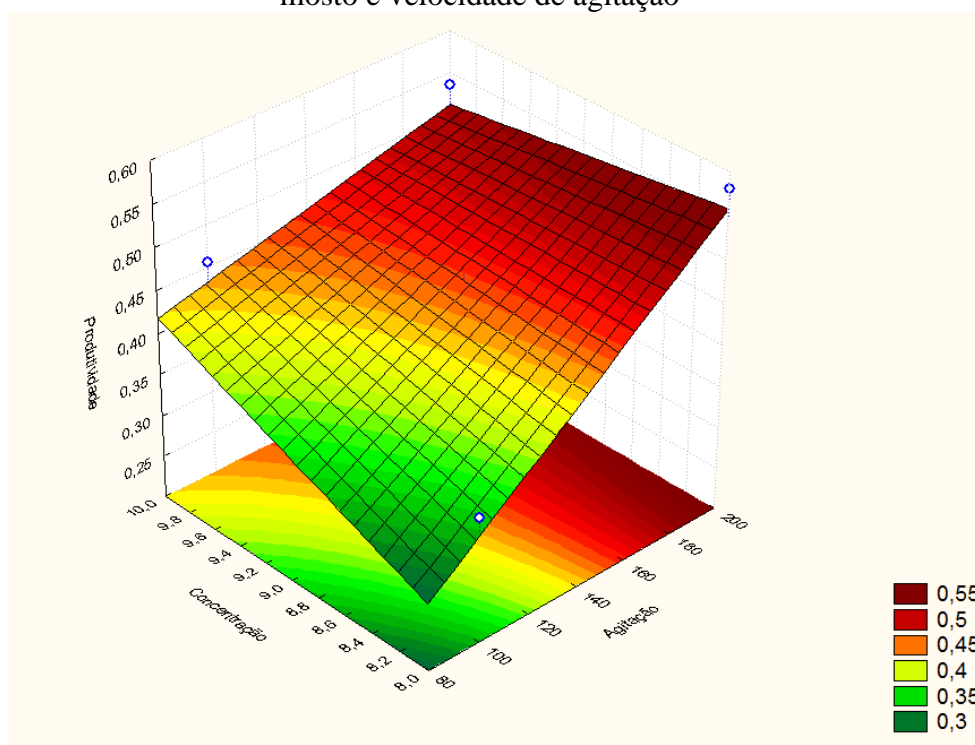
Calculou-se a produtividade do crescimento em cada experimento feito utilizando-se a equação 1, e se obteve os dados mostrados na Tabela 8. A melhor produtividade foi alcançada quando o cultivo foi realizado com concentração inicial de 10°P e e agitação de 200 rpm. A Figura 10 apresenta a produtividade obtida nos cultivos em função da concentração inicial de mosto e da velocidade de agitação.

$$Produtividade = C_{m\acute{a}x} \left(\frac{g}{L} \right) / Tempo (h) \quad (1)$$

Tabela 8. Experimentos com os dados de concentração, agitação e produtividade

Experimentos	Concentração	Agitação	Produtividade
1	8	100	0,390087917
2	8	200	0,581305882
3	10	100	0,512021917
4	10	200	0,594958333
5	9	150	0,483872083
6	9	150	0,462065
7	9	150	0,50703

Figura 10 – Gráfico de superfície da produtividade em função da concentração inicial de mosto e velocidade de agitação



Na Figura 10 é possível observar o comportamento do crescimento microbiano a partir de sua produtividade. A agitação mostrou-se mais significativa em efeito que a própria concentração inicial do mosto, já observado na Figura 8, sendo evidenciado no gráfico de superfície. Este efeito foi mais pronunciado quando se realizou cultivo com concentração inicial mais baixa. Enquanto que para cultivos realizados em concentrações mais altas, o efeito da velocidade de agitação se tornou mais suave. A equação de planejamento para produtividade é apresentada na equação 2, destacando-se (em negrito) apenas o efeito significativo com significância de 95%:

$$\mathbf{Produtividade} = \mathbf{0,4575} + \mathbf{0,777A} + 0,0152C - 0,0383AC \quad (2)$$

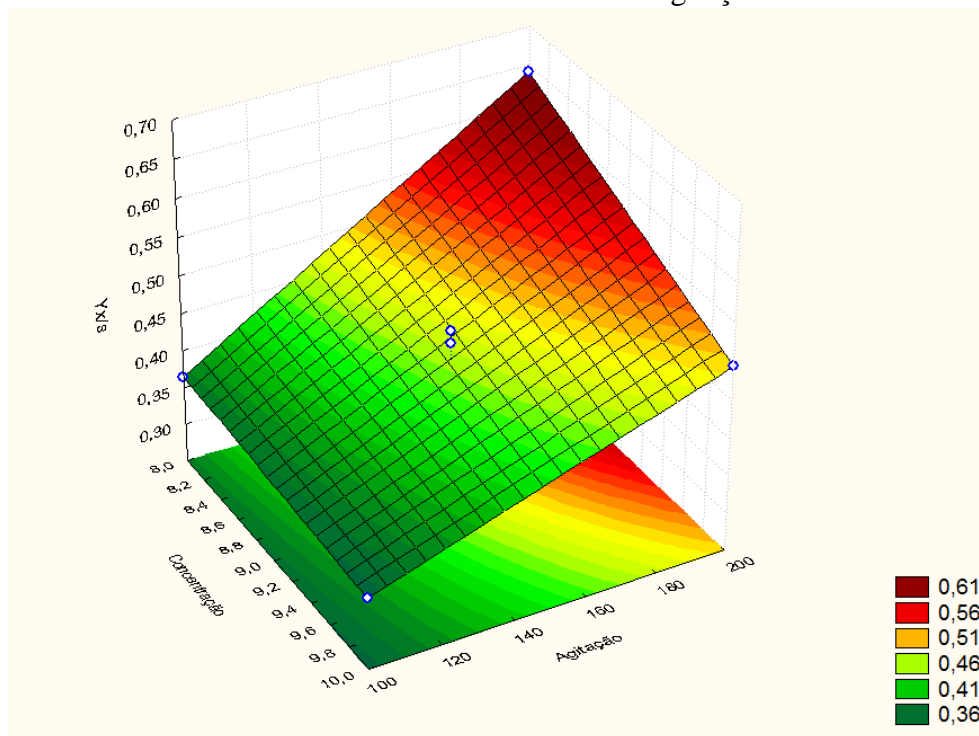
Calculou-se o fator de conversão em cada experimento utilizando-se a equação 3, os dados são mostrados na Tabela 9. A melhor conversão foi alcançada quando o cultivo foi realizado com concentração inicial de 8°P e velocidade de agitação de 200 rpm. A Figura 11 apresenta o fator de conversão obtido nos cultivos em função da concentração inicial de mosto e da velocidade de agitação.

$$Y_{\frac{X}{S}} = \frac{X-X_0}{S_0-S} \quad (3)$$

Tabela 9. Experimentos com os dados de concentração, agitação e fator de conversão

Experimentos	Concentração	Agitação	$Y_{x/s}$
1	8	100	0,365094
2	8	200	0,641011
3	10	100	0,344829
4	10	200	0,494749
5	9	150	0,483342
6	9	150	0,434538
7	9	150	0,466979

Figura 11 – Gráfico de superfície do fator de conversão em função da concentração inicial de mosto e velocidade de agitação



Na Figura 11 é possível observar o comportamento do crescimento microbiano a partir do fator de conversão. A agitação mostrou-se mais significativa em efeito que a própria concentração inicial do mosto, efeito já observado na Figura 7, sendo evidenciado no gráfico de superfície. Este efeito foi mais pronunciado quando se realizou cultivo com concentração inicial mais baixa. Enquanto que para cultivos realizados em concentrações

mais altas, o efeito da velocidade de agitação se tornou mais suave. A equação de planejamento para conversão é apresentada na equação 4, destacando-se (em negrito) apenas o efeito significativo com significância de 90%.

$$Y_{x/s} = \mathbf{0,4615} + \mathbf{0,1064A} - \mathbf{0,0416S} - \mathbf{0,0314AS} \quad (4)$$

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os ensaios realizados com o planejamento experimental foram efetuados com sucesso. O comportamento da levedura foi avaliado buscando identificar a melhor condição de velocidade de agitação e concentração inicial de mosto para seu crescimento a fim de servir como base para a utilização do procedimento na cervejaria Philipeia visando a melhoria da produção da belgian pale ale.

A ação da velocidade de agitação atuou de forma eficaz sob a concentração de mosto, demonstrando que é possível ter um crescimento de levedura significativo partindo de concentrações menores de mosto. O planejamento de agitação 200 rpm e concentrações 8°P e 10°P apresentaram as melhores concentrações de biomassa ao final do experimento, sendo esses valores bem semelhantes um ao outro.

Com a metodologia citada, os resultados obtidos, o presente trabalho poderá servir de base para estudos de crescimento de levedura com funções no ramo cervejeiro. Além disso, trabalhos futuros podem se referenciar com os dados obtidos para, como por exemplo, contagem de células; propagação e reutilização de levedura para partir de uma quantidade inicial maior de células; tempo maior de fermentação baseado nesse estudo de crescimento, chegando em até 72h; um estudo da viabilidade de utilizar fermentos selvagens na produção de cerveja.

Pode-se concluir que o estudo do crescimento de levedura foi pertinente, uma vez que foram obtidos resultados melhores na variação de concentração de mosto e velocidade de agitação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA E SILVA, J.B. **Tecnologia de bebidas**: matéria prima, processamento, BPF / APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. p.347-380.

ANDRIETTA, S. R.; MIGLIARI, P. C.; ANDRIETTA, M. G. S. **Classificação das cepas de levedura de processos industriais de fermentação alcoólica utilizando capacidade fermentativa**. STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, v. 17, n. 5, p. 54-59, 1999

AQUARONE, E. et al. **Biотecnologia Industrial: Biотecnologia na produção de alimentos**. v4 São Paulo: Edgard Blucher, 2005, p 91-144.

AQUARONE, E.; ALMEIDA LIMA, U.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1983. 227 p

ARAÚJO, F. B.; SILVA, P. H. A.; MINIM, V. P. R. **Perfil sensorial e composição físico química de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro**. Ciênc. Tecnol. Alim., v.23, n.2, p. 121-128, 2003

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Editora da Unicamp, Campinas, 1995.

BJCP. Beer judge certification program: Beer Style Guidelines. Disponível em: <https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf>. Acesso em 10 de jun. 2018

BRASIL. Decreto nº 6.871/09, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a lei nº 8.918/94, de 14 de julho de 1994. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 4 jun. 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm>. Acesso em: 20 jun. 2018.

BRESCIANI, E. Alimentos e bebidas do antigo Egito. In: FLANDRIN, Jean-Louis; MONTANARI, Massimo. História da Alimentação. Editora Estação Liberdade Ltda. 6 ed, São Paulo, 2009. p. 68 – 79.

BRESSIANI, Carlo Enrico. **Artigo: 'O crescimento de 39,6% no número de cervejarias em 2016 é espetacular', 2017**. Disponível em:<<http://blogs.oglobo.globo.com/aqui-se-bebe/post/artigo-o-crescimento-de-396-no-numero-de-cervejarias-em-2016-e-espetacular.html>>. Acesso em: 10 de jun. 2018.

CARVALHO, G. B. M. **Obtenção de cerveja usando banana como adjunto e aromatizante**. 2009. 163f. Tese (Doutorado – Programa de pós-graduação em biotecnologia industrial. Área de concentração: Conversão de biomassa) – Escola de Engenharia de Lorena, USP, Lorena, 2009.

CASEY, G. P.; MAGNUS, C. A.; INGLEDEW, W. M. **High gravity brewing: effects of nutrition on yeast composition, fermentative ability, and alcohol production**. *Applied and Environmental Microbiology*, v.48, n. 3, p. 639-646, 1984.

FIGUEIREDO, A. M.; CARVALHO, L.L.; **Produção e avaliação sensorial de cerveja utilizando farinha de banana verde como adjunto de malte.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas–Campus de Poços de Caldas, MG 2014.

HARDWICK, W. A. **Handbook of brewing.** New York: Marcel Dekker, 1995. 714p

HERRERO, N. **Manual prático do cervejeiro caseiro: técnicas atualizadas.** Juiz de Fora: Universidade, 2006. p. 1-5.

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

MORADO, R. **Larousse da Cerveja.** Larousse do Brasil. 1 ed, São Paulo, 2011
NEVES, C. F. C.; SCHVARTZMAN, M. M. A. M.; **Jordão, E.; Quim Nova**, 25, 327, 2002.

NIELSENS, O. **Status of the yeast propagation process and some aspects of propagation for re-fermentation.** *Cerevisia* 35, 71–74, 2010.

SEBRAE, Relatório de Inteligência Setorial. **Cervejas Artesanais**, 2015. Disponível em: <<https://www.sebraeinteligenciasetorial.com.br/produtos/relatorios-de-inteligencia/cervejas-artesanais/55c4ad3614d0c01d007ffeae>>. Acesso em: 10 de jun. 2018

SILVA, A. E. da; COLPO, E.; OLIVEIRA, V. R. do; HERBST JUNIOR, C. G.; HECKTHEUER, L. H. R.; REICHERT, F. S. **Elaboração de cervejas com diferentes teores alcoólicos através de processo artesanal.** *Alim. Nutr.*, Araraquara. v.20, n.3, p. 369-374, jul./set. 2009.

SILVA, H. A. LEITE, M. A. PAULA, A. R. V. **Cerveja e sociedade.** Contextos da Alimentação – Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade v. 4, n. 2, p. 85-91, 2016, São Paulo.

STEWART, G. G. Adjuncts. In: HARDWICK, W. A. **Handbook of Brewing.** New York: Marcel Dekker, 1994. p.121-132.

TEUTEBERG, H. J.; FLANDRIN, J. Transformações do consumo alimentar. In: FLANDRIN, Jean-Louis; MONTANARI, Massimo. **História da Alimentação.** Editora Estação Liberdade Ltda. 6 ed, São Paulo, 2009. p.708 - 729.

THOMAS, K. C.; HYNES, S. H.; INGLEDEW, W. M. **Practical and theoretical considerations in the production of high concentrations of alcohol by fermentation.** *Process Biochemistry*, v. 31, n. 4, p. 321-331, 1996.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e Cervejarias. A História, a Arte e a Tecnologia.** São Paulo:Editora Aden, 2001. 223 p.

VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. **Beverages technology Chemistry and microbiology.** London: Chapman &Hall. 1994, 464p.

VAUGHAN-MARTINI, A.; MARTINI, A. **A taxonomic key for the genus Saccharomyces. Systematic and Applied Microbiology**, v. 16, n. 1, p. 113-119, 1993

VENTURINI FILHO, W.G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Blucher, 2010, v1, p 14-50.

VENTURINI FILHO, W. G. **Farinhas de mandioca como adjunto de malte na fabricação de cerveja: avaliação analítica, sensorial, energética e econômica**. Botucatu: FCA/UNESP, 1995. 51p. Relatório de Pesquisa

VIEIRA, S. **Estatística experimental**. 2 ed. São Paulo, Atlas, 1999.

YOUNIS, O. S.; STEWART, G. G. Effect of malt wort, very high gravity malt wort, and very high gravity adjunct wort on volatile production in *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of the American Society of the Brewing Chemists**, v. 57, n. 2, p. 39-45, 1999