

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

Danilo Leite Pessoa

PRODUÇÃO DE CERVEJA DO ESTILO GRUIT BEER UTILIZANDO ERVAS

JOÃO PESSOA

2018

DANILO LEITE PESSOA

PRODUÇÃO DE CERVEJA DO ESTILO GRUIT BEER UTILIZANDO ERVAS

Trabalho de Conclusão de Curso que apresenta à Coordenação do Curso de Química Industrial do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Químico Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Bispo de Sousa

Coorientador: Dr. Sófacles Figueredo Carreiro Soares

JOÃO PESSOA

2018

P475p Pessoa, Danilo Leite.

Produção de Cerveja do Estilo Gruit Beer Utilizando Ervas/
Danilo Leite Pessoa. – João Pessoa, 2018.

49f. : il.

Orientação: Prof Dr Carlos Alberto Bispo de Sousa.
Coorientação: Dr Sófacles Figueredo Carreiro Soares.

Monografia (Curso de Graduação em Química
Industrial)Campus I - UFPB/CT.

1. Gruit Beer, ervas, cerveja sem lúpulo. I. Título.

BS/CT/UFPB

DANILO LEITE PESSOA

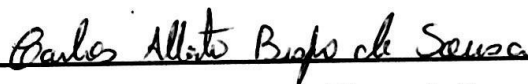
PRODUÇÃO DE CERVEJA DO ESTILO GRUIT BEER UTILIZANDO ERVAS

Trabalho de Conclusão de Curso que apresenta à Coordenação do Curso de Química Industrial do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Químico Industrial.

Data: 05/11/2018

Resultado: Aprovado, nota 10,0.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Carlos Alberto Bispo de Sousa - Orientador



Dr. Sófacles Figueredo Carneiro Soares - Co-orientador



Prof. Dr. Rennio Felix de Sena - Examinador



Prof. Dra. Julice Dutra Lopes - Examinadora

JOÃO PESSOA

2018

DEDICATÓRIA

Aos meus pais incríveis Alexandre e Nadja por sempre me incentivarem e me proporcionarem as melhores condições de vida e de desenvolvimento acadêmico, bem como o apoio da minha irmã Bárbara.

À minha avó Maria das Dores que sempre me apoiou e aconselhou a seguir a vida acadêmica com muito afinho e dedicação.

À minha avó Marilene por ajudar na minha formação como pessoa, ensinando valores singulares.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por abençoar o meu caminho e as minhas escolhas, me dando força e persistência nessa caminhada.

À toda a minha família, em especial aos meu pais, Alexandre e Nadja por estarem sempre comigo nos momentos difíceis, aconselhando, conversando e apoiando as minhas decisões.

Ao meu tio Thúlio por me dar orientações e conhecimentos em relação a ervas e plantas utilizadas no trabalho.

À minha grande amiga e namorada Maria Clara por mudar a minha visão sobre mim mesmo, questionar os meus conceitos, proporcionando reflexão e crescimento.

Aos meus companheiros de curso Arthur, Breno, Ricarte, Rafael, Lucas, Fábio e muitos outros que dividiram comigo momentos muitos felizes durante a graduação e pela ajuda nas disciplinas.

Aos meus queridos amigos Macgyver, Mirela e Alisson por me ajudarem muito nas análises microbiológicas, parte essencial do presente trabalho.

À Júlio César pela ajuda essencial na produção das cervejas.

À João Galmarini, por passar muito conhecimento cervejeiro, bem como auxílio no desenvolvimento e produção das cervejas.

À Universidade Federal da Paraíba e ao seu corpo docente, em especial aos professores Rennio Felix, José Soares, Claudio Gabriel e Edvan Cirino, que me deram uma nova visão sobre a sociedade, me formando como profissional e cidadão.

À professora Ana Flávia pelo grande suporte nas análises microbiológicas

À coordenação do curso de Química Industrial, em especial ao servidor Erson por nos ajudar com os problemas que apareciam, com enorme vontade, disponibilidade e dedicação.

Ao meu professor orientador Carlos Alberto Bispo de Sousa por me orientar de maneira excepcional, dando todo o suporte de forma paciente e atenciosa, transmitindo muita sabedoria.

Ao Professor Marcelo Barbosa, por passar conhecimento e orientações fundamentais.

Ao Laboratório de Produtos Fermento Destilados (LPFD) e os seus integrantes por me acolherem muito bem e por toda a ajuda na realização da pesquisa, em especial ao meu Co-orientador Sófacles Figueredo, por ter dado todo apoio necessário e passado muito conhecimento na área de cerveja.

Ao Laboratório de Microbiologia Industrial por ceder o espaço e reagentes para a realização de análises microbiológicas.

Ao Laboratório de Saneamento do curso de Engenharia Civil do UNIPÊ Centro Universitário de João Pessoa, juntamente com a sua responsável técnica Maria Clara de Lima pelo apoio técnico.

EPÍGRAFE

“Quem corre cansa, quem caminha alcança.”

(Maria das Dores de França Leite)

RESUMO

Atualmente, o Brasil ocupa a terceira posição no ranking mundial de produção de cerveja, com um montante de cerca de 14 bilhões de litros, no entanto, ocupa apenas a décima sétima posição quando observamos o consumo per capita, o que faz-se inferir que o mercado brasileiro tem muito potencial para o seu crescimento. Acredita-se que as cervejas artesanais estão impulsionando o setor com o registro de novas cervejarias, e com a priorização da qualidade sensorial do produto. Diante disso, cervejas nomeadas como especiais, muitas vezes apresentam em sua receita, lúpulos aromáticos e muito marcantes, o que acaba tornando o produto mais caro. O lúpulo (*Humulus lupulus*), é uma planta muito sensível, que só pode ser cultivada em locais frios, impossibilitando a produção em território nacional o que obriga que todas as cervejarias tenham que importá-lo, tornando-o ingrediente mais caro da cerveja proporcionalmente. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo a produção de cervejas sem lúpulo do estilo *Gruit Beer*, bem como a seleção e investigação do emprego de ervas para conferir propriedades de amargor e aroma. As ervas selecionadas para o trabalho foram a carqueja (*Baccharis trimera*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e gengibre (*Zingiber officinalis*). Foram testadas várias proporções entre as ervas e foram selecionadas duas para a produção das cervejas juntamente com outra contendo lúpulo, para efeito de comparação. A cinética de fermentação foi acompanhada e pôde-se perceber que as amostras contendo as ervas tiveram uma maior concentração de açúcares provenientes do adjunto adicionado, impulsionando a produção de álcool, enquanto os demais parâmetros não apresentaram diferenças entre os experimentos. A análise microbiológica mostrou uma leve contaminação por coliformes totais na cerveja no ponto central. Uma análise sensorial seria importantíssima, uma vez que, a aceitabilidade da *Gruit Beer* pelo público poderia ser uma alternativa viável para a produção de cervejas sem a utilização do lúpulo.

Palavras-chave: *Gruit beer*, ervas, cerveja sem lúpulo, cerveja alternativa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de malte.....	22
Figura 2 – Lúpulo em pellet.	24
Figura 3 - Fluxograma de produção de cerveja.	32
Figura 4 - Moagem dos grãos.....	33
Figura 5 - Etapa de mosturação.	34
Figura 6 - Mistura de ervas.....	35
Figura 7 - Fervura no Grainfather.	35
Figura 8 - Processo de resfriamento.	36
Figura 9 - Fermentadores.	37
Figura 10 - Experimento de proporções.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química do lúpulo em flor.	23
Tabela 2 - Planejamento de experimentos.....	31
Tabela 3 - Formulação das cervejas.	31
Tabela 4 - Cinética dos sólidos solúveis totais (°Brix) e teor alcoólico.....	40
Tabela 5 - Acompanhamento cinético da acidez total e pH.	42
Tabela 6 - Análise microbiológica dos produtos.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Crescimento das cervejarias no Brasil por ano.....	19
Gráfico 2 – Distribuição das cervejarias no Brasil por estado.	20
Gráfico 3 - Acompanhamento cinético do teor alcoólico.	41
Gráfico 4 - Acompanhamento cinético do °Brix.	42
Gráfico 5 - Acompanhamento cinético do pH.	43
Gráfico 6 - Acompanhamento cinético da acidez total.	44

SUMÁRIO

1. Introdução	15
2. Objetivos	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3. Revisão Bibliográfica	18
3.1 Mercado cervejeiro	18
3.2 Matérias-Primas	20
3.2.1 Água	20
3.2.2 Malte	21
3.2.3 Lúpulo	22
3.2.4 Levedura	24
3.3 Processo de Produção de Cerveja	25
3.3.1 Moagem	25
3.3.2 Mosturação	25
3.3.3 Clarificação do Mosto	26
3.3.4 Fervura	26
3.3.5 Resfriamento	26
3.3.6 Fermentação	27
3.3.7 Maturação	28
3.3.8 Envase	28
3.4 Gruit Beer	28
4. Materiais e Métodos	30
4.1 Material	30
4.2 Métodos	30
4.2.1 Teste de sabor e aroma	30

4.2.2 Determinação de Proporções dos Ingredientes	30
4.2.3 Formulação das Cervejas	31
4.2.4 Processo de Produção	32
4.2.4.1 Moagem do Malte	32
4.2.4.2 Mosturação	33
4.2.4.3 Clarificação do Mosto	34
4.2.4.4 Lavagem	34
4.2.4.5 Fervura	34
4.2.4.6 Resfriamento	35
4.2.4.7 Fermentação	36
4.2.4.9 Envase (<i>Priming</i>)	37
4.2.5 Acompanhamento Cinético da Fermentação	37
4.2.6 Análise Microbiológica do Produto	38
5. Resultados e Discussão	38
5.1 Escolha de ervas	38
5.2 Determinação de proporções	39
5.3 Acompanhamento cinético da fermentação	40
5.4 Análise microbiológica	44
6. Conclusão	46
Referências	47

1. Introdução

Segundo Venturini Filho (2010), a cerveja é uma bebida fermentada com uma história de cerca de 8000 anos e têm a sua origem incerta. Especula-se que a prática cervejeira possa ter sido iniciada na Mesopotâmia, em que crescia uma espécie selvagem de cevada. Essa bebida foi desenvolvida paralelamente aos processos de fermentação de cereais e difundiu-se lado a lado com as culturas de milho e aveia (AQUARONE, 2008). No Egito, a cerveja era uma bebida nacional e tal prática era de responsabilidade dos padeiros, justificado pela natureza das matérias-primas. No entanto, com o passar dos anos, os processos de produção foram se modificando e vários ingredientes eram adicionados para contribuir no sabor e no amargor.

Com o aumento da escala de produção e a descoberta do uso industrial do lúpulo, o Duque Guilherme IV da Bavária (Alemanha), aprovou em 1516 a Lei de Pureza que determinava que na composição da cerveja estivesse presente apenas água, malte de cevada e lúpulo. Anos mais tarde, com o desenvolvimento da microbiologia e o conhecimento da levedura, a mesma foi incluída na lei. Embora tenha grande importância na história e principalmente para os estilos de cervejas alemã, a Lei de Pureza é vista apenas como uma recomendação e, atualmente, não é seguida em vários locais do mundo.

Em contraste com essa lei o mercado nacional utiliza outros ingredientes como forma de baratear os custos. De acordo com Brasil (2009), parte do malte de cevada poderá ser substituído por adjuntos cervejeiros não ultrapassando quarenta e cinco por cento em relação ao extrato primário conforme o Decreto Nº. 6871, de 4 de junho de 2009. Diante dessas vantagens, este setor da economia apresenta grande importância, contribuindo para 1,6% do PIB, com um faturamento de 107 bilhões de reais no ano de 2016. Além disso, o Brasil ocupa a terceira posição em volume de produção mundial com 14,1 bilhões de litros por ano, ficando atrás apenas de China e EUA (CERVBRASIL, 2016).

Apesar do sucesso das grandes cervejarias do país que dominam mercado, as cervejarias artesanais ou microcervejarias estão em viés de crescimento, ocupando 1% do setor (SEBRAE, 2017). De acordo com a Abracerva (2018), define-se como microcervejaria, a empresa sediada no Brasil que detenha no mínimo 50% de capital nacional e registro de estabelecimento produtor junto ao Ministério da Agricultura e

Pecuária, que tenha uma produção anual de no máximo 50.000 (cinquenta mil) hectolitros. Segundo o Sebrae (2017), esse nicho se notabiliza por produzir produtos conhecido como “cervejas especiais” ou “cervejas premium”, priorizando a qualidade dos ingredientes, e ainda, contemplando estilos diversos de cerveja, diferentemente do tradicional estilo *Pilsen*, original da República Tcheca e amplamente comercializado no Brasil. Além disso, outra característica marcante do perfil de produtores artesanais é a grande apreciação de um ingrediente em especial, o lúpulo.

O lúpulo (*Humulus lupulus*) é uma planta da família *Cannabaceae* que tem como interesse cervejeiro a utilização das suas folhas femininas ricas em alfa ácidos, óleos e resinas para atribuir características de amargor e aroma ao produto. No entanto, seu cultivo é difícil e típico de regiões mais frias, fato que impede a produção no Brasil e determina que todo o lúpulo utilizado seja fruto de importação, tornando-o, proporcionalmente, o ingrediente mais caro da cerveja.

Como forma de tentar minimizar esse problema, produtores artesanais do Brasil e de vários lugares do mundo estão resgatando um antigo estilo de cerveja muito difundido no século 15, no qual o emprego do lúpulo em cervejarias ainda não tinha sido descoberto, as chamadas *Gruit Beers*. Segundo Sparhawk (2018), *Gruit beer* é a cerveja que contém uma mistura de ervas como agentes de amargor e aroma.

As *Gruit Beers* então, tendem a ser uma alternativa para a produção de produtos mais baratos e proporciona liberdade de utilizar diversas misturas de ervas. Portanto, abrem-se várias oportunidades de testar diferentes plantas na produção, de acordo com as diferentes culturas e locais nos quais a cerveja é produzida. No nordeste temos plantas com características de amargor que podem compor uma cerveja.

Diante deste cenário de valorização da cerveja artesanal e seus diversos estilos e criatividades, é interessante o desenvolvimento do estudo de novos componentes que possam baratear a produção, bem como valorizar insumos regionais. Então, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma cerveja contendo uma mistura de insumos que tragam amargor e aroma, pertencendo ao estilo *Gruit Beer*.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma cerveja do estilo *Gruit Beer* utilizando uma mistura de ervas.

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar e utilizar ervas que possam substituir o lúpulo conferindo aroma e amargor a cerveja, bem como definir a melhor proporção entre elas, através de análises sensoriais realizadas por provadores não treinados;
- Acompanhar a cinética de fermentação;
- Analisar microbiologicamente as cervejas produzidas;

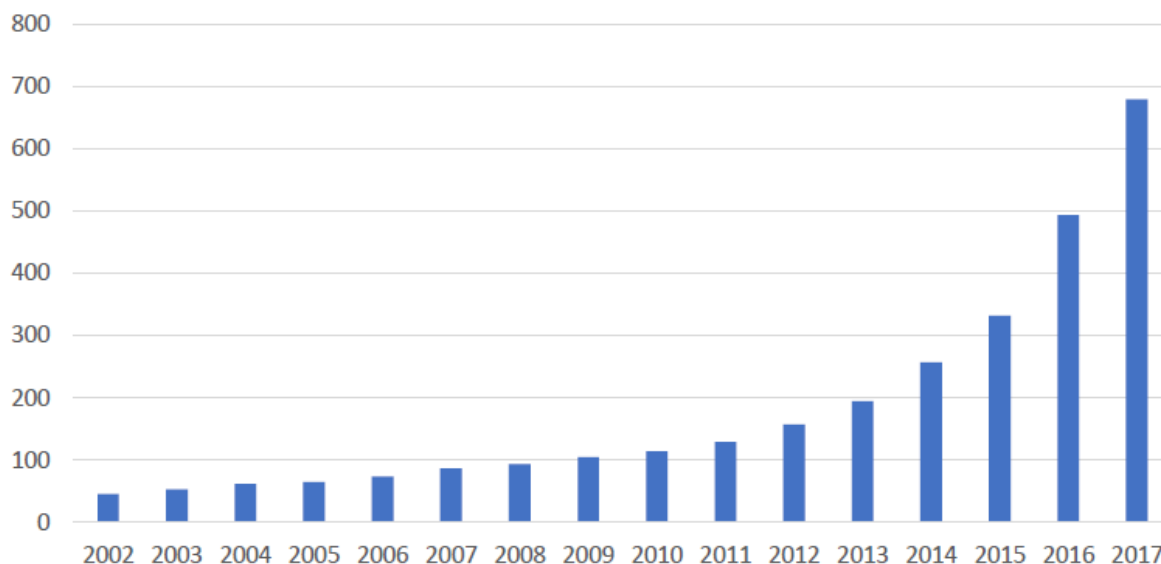
3. Revisão Bibliográfica

3.1 Mercado cervejeiro

O mercado cervejeiro mundial apresenta um crescimento contínuo durante os anos, em 2016 alcançou uma escala de 1,95 bilhões de hectolitros por ano. Recentemente, com 140 milhões de hectolitros (mi hL), o Brasil ocupa a terceira posição global na produção, ficando atrás apenas de China (460 mi hL), líder mundial e EUA (221 mi hL) (MANCUSO, 2017).

Embora a produção nacional esteja entre as maiores do mundo, o mercado brasileiro ainda apresenta grande potencial de crescimento, uma vez que, em 2012 estava na terceira colocação no ranking de consumo de cerveja, atrás novamente de China e EUA por uma grande diferença. Esse cenário pode ser melhor observado quando verificamos o consumo per capita brasileiro, que é de 62 litros/ano ocupando a décima sétima posição no ranking, atrás de países com maior tradição de produção e consumo como República Tcheca, líder do ranking, Alemanha, Áustria e EUA com 144, 108, 108 e 75 litros/ano respectivamente (SEBRAE, 2014).

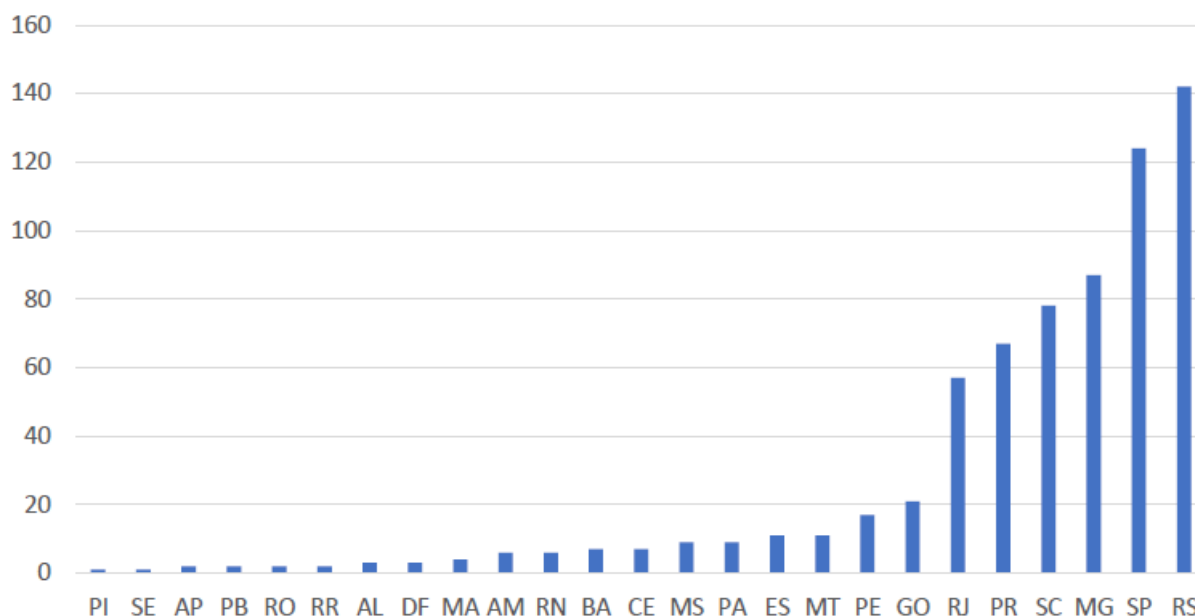
A evolução do Brasil como referência mundial pode ser observada quando analisamos o crescimento do número de cervejarias registradas. De acordo com Müller (2017), o cenário industrial do setor conta com 679 cervejarias, apresentando um crescimento exponencial a partir de 2010 sem apresentar sinais de redução conforme o gráfico abaixo (Gráfico 1) e ainda um total de 8903 produtos registrados.

Gráfico 1 – Crescimento das cervejarias no Brasil por ano.

Fonte: A Cerveja no Brasil: O ministério da agricultura informando e esclarecendo (2017).

Apesar da grande evolução industrial do setor nos últimos anos, a distribuição regional dessas cervejarias é extremamente irregular. Encontram-se localizadas majoritariamente nas regiões Sul e Sudeste do país, que somam 83% de todos os estabelecimentos. Importante notar que os estados da região Sul ultrapassaram recentemente os da região Sudeste no total de cervejarias, sendo a região com mais cervejarias no país. Isso evidencia a forte influência da imigração europeia na região que trouxe o hábito de consumir cerveja como um dos seus traços culturais, sobretudo os Alemães (MANCUSO, 2017).

Pode-se observar melhor essa irregularidade na distribuição de cervejarias pelo território nacional, quando é analisada a disposição entre os estados. Verifica-se que a grande concentração situa-se nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo, enquanto estados como Goiás e Pernambuco estão em franco crescimento no cenário nacional, conforme o gráfico abaixo (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Distribuição das cervejarias no Brasil por estado.

Fonte: A Cerveja no Brasil: O ministério da agricultura informando e esclarecendo (2017).

Segundo a literatura, pode-se inferir que a evolução do mercado cervejeiro vem sendo impulsionada pela criação de cervejarias artesanais e cervejarias ciganas. Segundo a Abracerva (2017), o país teve um crescimento de 37,7% no número de cervejarias artesanais, contabilizando um acréscimo de 186 novos registros. No entanto, o MAPA não contabiliza as cervejarias cigana, uma vez que, este tipo de empresa não tem planta de fabricação própria e utiliza as instalações certificadas para a produção dos seus produtos.

É importante ressaltar o impacto econômico da evolução deste setor na economia. Segundo a CervBrasil (2016), a indústria cervejeira apresenta um faturamento anual de 77 bilhões de reais, ocupando 1,6% do PIB, tornando-se essencial na movimentação da economia, uma vez que, gera 2,2 milhões de empregos e arrecada 23 bilhões de reais ao ano.

3.2 Matérias-Primas

3.2.1 Água

A água é o ingrediente mais básico e de maior quantidade na composição da cerveja, e ocupa cerca de 95% do volume final do produto. Por esse motivo, a sua

qualidade é primordial na elaboração de qualquer tipo de cerveja, fazendo-se necessário no mínimo estar dentro do padrão de potabilidade. No entanto, a cerveja é totalmente influenciada pela água que a compõe, fazendo com que, receitas iguais produzem cervejas diferentes quando a água é alterada. Isso acontece porque alterações no pH, concentração de íons cloreto, cálcio, magnésio, sulfatos, carbonatos modificam as ações enzimáticas tanto na mosturação quanto na fermentação. Segundo Palmer (2006) O sódio e o cloreto arredondam e acentuam a doçura da cerveja, enquanto que os sulfatos (do sulfato de cálcio por ex.) acentuam o amargor do lúpulo. É necessário conhecer e entender o perfil dos minerais da água utilizada na fabricação.

O pH tem grande influência na ação das enzimas no processo de mosturação, uma vez que, toda enzima têm um pH ótimo de atuação e à medida que esse cenário se afasta do ideal, seja pelo seu aumento ou diminuição, a atividade enzimática é prejudicada. Segundo Borzani et al (2008) a influência do pH sobre a catálise enzimática é exercida sobre grupos dissociáveis de vários aminoácidos e alguns desse grupos podem fazer parte do sítio ativo ou serem importantes na manutenção da estrutura espacial da molécula.

Existem cervejas que são caracterizadas pela água de suas cidades e são famosas por isso, como a água “leve” da cidade de Pilsen na República Tcheca até as águas duras inglesas que dão origem as famosas Porters Inglesas.

3.2.2 Malte

O malte é o resultado de uma técnica que realiza a germinação parcial dos grãos, ou seja, o grão é submetido a condições ideais para a sua germinação e em um certo momento, esse processo é parado e o grão é seco. Então, pode-se produzir malte de qualquer cereal utilizando este tipo de procedimento. No entanto, o malte mais utilizando é o proveniente da cevada. O processo malteação tem o objetivo de simular o processo de desenvolvimento de uma nova planta para desencadear uma série de mudanças no grão, dentre elas a liberação de enzimas e conversão de alguns compostos.

Após a germinação, o grão então é seco para que as atividades bioquímicas sejam interrompidas e somente serem reativadas no processo de mosturação,

realizado pelas cervejarias, no qual todo o amido é convertido enzimaticamente em açúcares fermentescíveis.

Durante o processo de secagem, é possível controlar as características do malte, através da temperatura e tempo empregados no processo, dando origem a maltes com características torradas e até defumadas, os chamados maltes especiais. Este tipo de componente é utilizado para conferir propriedades sensoriais a cerveja como cor, sabor e aroma e são utilizados em proporções pequenas, já que apresentam um poder diastático menor devido ao seu processo de produção (PALMER, 2006).

Então, para produzir uma receita são combinados maltes de diferentes tipos, para alcançar um perfil sensorial desejado pelo fabricante, bem como se adequar ao estilo de cerveja preterido.

Figura 1 - Tipos de malte.



Fonte: cervejapetra.com.br

3.2.3 Lúpulo

Segundo Palmer (2006) Lúpulo é a flor cônica de plantas trepadeiras nativas das regiões temperadas da América do Norte, Europa e Ásia. O emprego do lúpulo confere a cerveja muitas características sensoriais de sabor e aroma, e passou a ser utilizado apenas por volta do século 16 (DANIELS, 1996). Em sua composição, o lúpulo apresenta substâncias como resinas amargas, óleos essenciais, polifenóis e outros compostos conforme a tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Composição química do lúpulo em flor.

Características	Porcentagem (%)
Resinas amargas totais	12 – 22
Proteínas	13 – 18
Celulose	10 – 17
Polifenóis	4 – 14
Umidade	10 – 12
Sais minerais	7 – 10
Açúcares	2 – 4
Lipídios	2,5 – 3,0
Óleos essenciais	0,5 – 2,0
Aminoácidos	0,1 – 0,2

Fonte: Tschope (2001).

De acordo com a literatura, o lúpulo confere amargor a cerveja porque possui compostos chamados alfa ácidos que sofrem o processo de isomerização durante o processo de fervura e quanto mais tempo for a operação, maior será o amargor.

A produção de lúpulo para o mercado cervejeiro se divide em duas classes: os de amargor, que apresentam em sua composição cerca de 10% de alfa ácidos e os lúpulos de aroma que apresentam teor de alfa ácido baixo mas com elevada concentração de óleos essenciais e polifenóis. Existem ainda os que podem ser utilizados em ambas as formas.

A comercialização do lúpulo requer alguns cuidados, uma vez que, possui uma estrutura física muito delicada e muito sensível a oxidação. Então, é mais comum o lúpulo ser comercializado na forma de *pellets*, uma espécie de extrato e compacto, mais resistente a deterioração.

Figura 2 – Lúpulo em pellet.



Fonte: WE consultoria (2018).

3.2.4 Levedura

Na antiguidade, não existia conhecimento a respeito das leveduras e nem como o processo fermentativo acontecia, apenas era observado que ao deixar o mosto parado durante alguns dias, ele se transformava em cerveja, a famosa fermentação espontânea. Após a evolução da microbiologia e a descoberta da levedura em 1860 por Louis Pasteur, este fungo foi adicionado inclusive na Lei de Pureza Alemã.

A levedura é um microrganismo unicelular que se reproduz assexualmente por divisão celular e tem a capacidade de sobreviver em ambientes com e sem a presença de oxigênio (PALMER, 2006).

É importante ressaltar que existem duas principais classificações de leveduras, as *Ales* (de alta fermentação), da espécie *Sacharomyces cereviseae* que tendem a se acumular no topo do biorreator e trabalham em uma temperatura entre 17-24 °C, e inativas abaixo de 12°C. Por outro lado, existem as leveduras do tipo *Lager* (baixa fermentação), como a *Sacharomyces uvarum*, são conhecidas por se depositarem no fundo do recipiente e fermentam a uma temperatura mais baixa, por volta de 4-12 °C (VENTURINI FILHO, 2010).

Na fermentação do mosto a levedura utiliza os açúcares e proteínas do mosto para a sua sobrevivência e produção de etanol, gás carbônico e água. No entanto, existem inúmeros composto produzidos pelo metabolismo secundário, tais como ésteres, responsáveis pelos aromas frutados da cerveja, fenóis que introduzem um carácter de especiarias e compostos indesejados como álcoois superiores, que dão a

cerveja uma característica alcoólica mais pesada e inconveniente, bem como ácidos graxos e diacetil.

3.3 Processo de Produção de Cerveja

3.3.1 Moagem

A moagem é um processo que tem como objetivo a exposição da parte amilar do grão, liberando o amido e enzimas (VENTURINI FILHO, 2010). Apresenta grande influência na velocidade e eficiência da mosturação, uma vez que, a granulometria pós moagem é determinante para a ação das enzimas, favorecendo o contato (granulometrias menores) ou dificultando a sua ação em moagens ineficientes.

É determinante também para o processo de clarificação do mosto, já que, como o mosto é filtrado pelos próprios grãos moídos, é de vital importância que as cascas estejam disponíveis para integrar o leito filtrante, caso contrário, em moagens muito finas, esta filtração é prejudicada e por consequência a clarificação.

3.3.2 Mosturação

A mosturação é o processo em que os grãos moídos são introduzidos em água para que ocorra uma série de modificações nos componentes que estão dissolvidos, como proteínas e amido. Esse processo consiste na permanência do mosto a uma certa temperatura durante um tempo definido, as chamadas rampas de temperatura.

Como a mosturação é um processo enzimático, o controle da temperatura é essencial para o alcance do objetivo proposto, isso significa que de acordo com a temperatura, faz-se o favorecimento de determinada enzima, em detrimento da outra. Uma das rampas conhecidas é a de 50-55 °C, conhecida como parada proteica, em que as proteases são favorecidas e ocorre a hidrólise. A rampa mais importante para o processo é a sacarificação em que as amilases são favorecidas e ocorre toda a quebra do amido em açúcares mais simples (VENTURINI FILHO, 2010). De acordo com a proposta sensorial do produto, faz-se o ajuste de temperatura favorecendo a alfa ou beta-amilase.

O pH tem extrema importância nesse processo, já que, toda enzima apresenta um pH ótimo de atuação, e ao distanciar-se desse valor, sua atividade tende a diminuir

por, entre outros motivos, alterar a conformação espacial da enzima, influenciando no sítio ativo (BORZANI et al, 2008).

Ao fim do tempo das rampas de temperatura e a garantia da conversão total do amido (através do teste de iodo), é feito o *Mashout*, etapa em que eleva-se a temperatura em torno de 72 °C para a inativação térmica das enzimas.

3.3.3 Clarificação do Mosto

A clarificação é uma etapa que consiste na recirculação do mosto, com o objetivo de que os sólidos em suspensão fiquem retidos no leito filtrante formado pela cama de grão através da passagem do líquido de forma contínua. Além do leito filtrante, esta etapa ainda conta com alguma espécie de filtro.

Após esta etapa, o leito filtrante de grãos é lavado com uma certa quantidade de água, na temperatura do *Mashout*, a fim de extrair o máximo de açúcar possível elevando o rendimento (VENTURINI FILHO, 2010).

3.3.4 Fervura

A fervura é uma etapa essencial no processo produtivo, já que, ocorre a esterilização do mosto e diminui a possibilidade de contaminação ao decorrer do processo. Outro fator importante dessa etapa é o chamado *Hot break*, que consiste na coagulação e precipitação de proteínas insolúveis, causando uma certa clarificação. É importante ressaltar também que durante a fervura, vários compostos indesejados são eliminados. Segundo Palmer (2006) no mosto existem compostos sulfurados que se modificam ao ferver e se não os retira durante o fervor, pode formar dimetil sulfeto, que confere a cerveja sabor de repolho cozido ou milho.

De modo geral, a etapa de fervura tem duração de 60 minutos e nela ocorre a adição do lúpulo, e para conferir amargor a cerveja, a adição ocorre no início para maximizar a isomerização dos alfa ácidos. Quando o objetivo da adição é conferir aroma e sabor, é comumente utilizado nos minutos finais desta etapa.

3.3.5 Resfriamento

É desejável que esta etapa ocorra de forma mais rápida possível afim de evitar contaminações. Nesta etapa, também é utilizada a técnica de *Whirlpool*, que consiste

em agitar o mosto com movimentos circulares promovendo a decantação e acúmulo do *trub* (complexo de proteínas, resinas e taninos), no centro do recipiente, facilitando a clarificação (VENTURINI FILHO, 2010).

Outro aspecto importante do rápido resfriamento do mosto é provocar a precipitação de algumas proteínas através do choque térmico, o chamado *Cold break* (PALMER, 2006).

3.3.6 Fermentação

A fermentação é o processo no qual a levedura transforma o mosto rico em açúcares na cerveja, através da produção de etanol, gás carbônico e outros compostos responsáveis por compor os aromas e enriquecer o produto, sensorialmente (VENTURINI FILHO, 2010). Por se tratar de um processo envolvendo o metabolismo de um ser vivo, deve-se controlar parâmetros como a temperatura, nível de aeração do mosto e pH, para que o objetivo final seja alcançado e não seja produzido os chamados “*off flavors*”, que são compostos responsáveis por propriedades sensoriais indesejadas, formados por desvios metabólicos.

Pode-se dividir a fermentação em duas fases ou em dois processos distintos: a fase aeróbia, que tem duração de poucas horas, ocorrendo a adaptação do fermento ao meio que foi inserido, necessitando da presença de oxigênio para que aconteça a multiplicação de células e o consequente aumento da população. Já a fase anaeróbia é realizada com ausência de oxigênio, em que o fermento é obrigado a mudar o seu metabolismo e começa a produzir etanol e gás carbônico, juntamente com compostos secundários.

As cervejas são comumente divididas em dois grandes grupos, de acordo com o tipo de fermentação que elas realizam. As cervejas de alta fermentação (do tipo *Alé*), são aquelas em que o fermento trabalha se acumulando na parte de cima do fermentador, a uma temperatura entre 17-24 °C. Já as cervejas de baixa fermentação (do tipo *Lager*), são caracterizadas pela fermentação em temperaturas mais baixas, entre 4-12 °C e o levedo se acumula no fundo do fermentador (VENTURINI FILHO, 2010).

3.3.7 Maturação

Após o final da fermentação, inicia-se o processo de maturação, em que a cerveja é resfriada a uma temperatura próxima 2 °C, e tem o objetivo de eliminar compostos indesejáveis, através das leveduras, popularmente conhecida como a fermentação secundária.

Outro objetivo da maturação é promover a clarificação da cerveja a partir da sedimentação do fermento e também é comumente utilizado, para este fim, gelatina (NACHEL, 2008).

3.3.8 Envase

O envase é a última etapa de produção da cerveja e consiste no seu armazenamento na embalagem desejada, seja ela garrafas de vidro com diferentes volumes ou latas de alumínio. Nesta etapa ocorre a carbonatação da cerveja, ou seja, é o momento em que se introduz CO₂ no produto, deixando-o gaseificado. Pode ser realizado pelo processo de carbonatação forçada, em que se dissolve CO₂ artificial no líquido através de aplicações em contrapressão.

Por outro lado, existe um processo muito utilizado por cervejarias artesanais e produtores caseiros que é o *Priming* ou refermentação, em que, na hora do envase é adicionado à cerveja uma quantidade de açúcar calculada para as leveduras residuais presentes no produto possam realizar uma pequena fermentação e produzir um pouco mais de etanol e CO₂, gaseificando a bebida (PALMER, 2006).

3.4 Gruit Beer

A cerveja é uma bebida fermentada milenar que apresenta uma origem incerta, e era encarada pelos povos antigos como um alimento, o famoso pão líquido, nome atribuído por ser um produto obtido de uma mistura de farinha e água advinda da produção de pães e fermentada espontaneamente por leveduras selvagens. O lúpulo foi apenas inserido na produção cervejeira anos mais tarde, com o desenvolvimento da tecnologia. No entanto, durante a idade média, os cervejeiros utilizavam diversos ingredientes como plantas medicinais, ervas e especiarias para “temperar” a cerveja, conferindo características de aroma e sabor, as famosas *Gruit Beers*, cervejas sem lúpulo (AMERICAN CRAFT BEER, 2016).

Ingredientes como zimbro, Artemísia, semente de coentro eram muito utilizados para esta prática (KLEMP, 2016). Apesar desse estilo ter sido esquecido com a utilização do lúpulo, recentemente muitos produtores artesanais estão ressuscitando esta tradição mas com receitas modernas e com muita personalidade. Como prova dessa tendência mundial, a cervejaria belga *Gentse Gruut Stadsbrouwerij* apresenta um portfólio com cinco *Gruit Beers*, nos Estados Unidos, a cervejaria Solarc Beer Company, apresenta cervejas deste estilo (CRUSCO, 2017).

No Brasil, a Cervejaria Nacional, lançou a Magrela Gruit Beer, apresentando ingredientes como erva-doce, cravo, canela, pimenta-do-reino, coentro, gengibre e noz-moscada e harmoniza muito bem com sobremesas (CRUSCO, 2017). Em 2016, ano de comemoração dos 500 anos da lei de Pureza Alemã, a cervejaria brasileira 2Cabeças e a alemã *Freigeist Bierkultur*, se uniram para produzir uma cerveja totalmente fora dos parâmetros da Lei Alemã, que foi batizada como Bizarro (CASARIN, 2016). Segundo Casarin (2016), a cerveja utiliza como ingredientes aveia, arroz, losna, zimbro, semente de coentro, erva-mate torrada e mel. E até mesmo a água usada é diferente: o trio optou por trabalhar somente com a que vem do coco e cidra de maçã.

4. Materiais e Métodos

4.1 Material

Os insumos cervejeiros tais como malte, lúpulo, levedura e tampinhas foram adquiridos na loja São Lúpulo Brew Shop, localizada no bairro do Miramar em João Pessoa. Os ingredientes regionais (ervas e plantas) foram adquiridos no Mercado Central de João Pessoa, localizado no Varadouro. Água mineral, gás de cozinha, reagentes e equipamentos para a produção e análises foram disponibilizados pelo Laboratório de Produtos Fermento Destilados – LPFD, localizado em João Pessoa, Campus I – UFPB. Os reagentes e materiais necessários para a análise microbiológica foram disponibilizados pelo Laboratório de Microbiologia Industrial – LaMi, localizado no Campus I.

4.2 Métodos

4.2.1 Teste de sabor e aroma

As ervas foram trituradas e em seguida pesou-se 0,75g, peso que corresponde a concentração de 5 g/L, que é usualmente utilizada para o lúpulo em receitas. Colocou-se 150 mL de água em cada béquer e todos foram aquecidos em uma chapa aquecedora até 100 °C. Ao atingir essa temperatura, as ervas foram adicionadas aos béqueres e permaneceram na temperatura de 100 °C durante 30 minutos. Após o período de aquecimento, as amostras foram filtradas e avolumadas à 100 mL. Em seguida foi feita uma análise sensorial interna em que cada provador degustava e relatava as características, para avaliar os aromas e amargor de cada amostra e definir as melhores ervas para a produção da cerveja.

As ervas que foram testadas para a realização do projeto foram folha de louro (*Laurus nobilis*), folha do Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), gengibre (*Zingiber officinalis*), manjerição (*Ocimum basilicum*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*), carqueja (*Baccharis trimera*). Essas ervas foram escolhidas por serem matrizes ricas em aromas e amargor.

4.2.2 Determinação de Proporções dos Ingredientes

Após a avaliação sensorial dois ingredientes para a escolha das ervas utilizadas no trabalho foram utilizados 3 ingredientes (ervas) para a investigação das proporções. Utilizou-se um planejamento de experimento, para definir o domínio

experimental no qual cada ingrediente assumiu a concentração máxima de 30 g/L e a concentração mínimo de 10g/L (Tabela 1). O experimento ainda foi composto por um ponto central em que as variáveis assumiram a concentração de 20g/L. A resposta foi avaliada por análise sensorial utilizando 8 provadores não treinados. Os experimentos seguiram a mesma metodologia da etapa anterior.

Tabela 2 - Planejamento de experimentos.

Experimento	Insumo 1	Insumo 2	Insumo 3
1	+1(30g/L)	-1(10g/L)	-1(10g/L)
2	-1(10g/L)	-1(10g/L)	-1(10g/L)
3	+1(30g/L)	+1(30g/L)	-1(10g/L)
4	-1(10g/L)	+1(30g/L)	-1(10g/L)
5	+1(30g/L)	-1(10g/L)	+1(30g/L)
6	-1(10g/L)	-1(10g/L)	+1(30g/L)
7	+1(30g/L)	+1(30g/L)	+1(30g/L)
8	-1(10g/L)	+1(30g/L)	+1(30g/L)
9	0 (20g/L)	0 (20g/L)	0 (20g/L)

Fonte: Autor.

4.2.3 Formulação das Cervejas

Foram produzidas 3 cervejas distintas, com o volume total de 8 litros cada, no qual todas tiveram a mesma base maltada e se diferenciaram na etapa de fervura, em que foi avaliado duas proporções diferentes das ervas escolhidas de acordo com as duas melhores avaliações sensoriais dos 9 experimentos formulados no item 4.2.2., e uma terceira que atuou como referência, que apresenta um lúpulo de amargor na concentração do nível inferior (10g/L) no experimento de proporções. As formulações estão expressas na tabela 2 abaixo:

Tabela 3 - Formulação das cervejas.

Insumos	Controle	Formulação 1	Formulação 2
Malte Pilsen*	66,70%	66,70%	66,70%
Malte de Trigo*	19%	19%	19%
Malte Munique*	7,10%	7,10%	7,10%
Malte Biscoito*	4,30%	4,30%	4,30%
Malte de Aveia*	2,90%	2,90%	2,90%
Lúpulo (g/L)	10	0	0
Mix de ervas (g/L)	0	Proporção 1	Proporção 2

Levedura (g)	7,5	7,5	7,5
--------------	-----	-----	-----

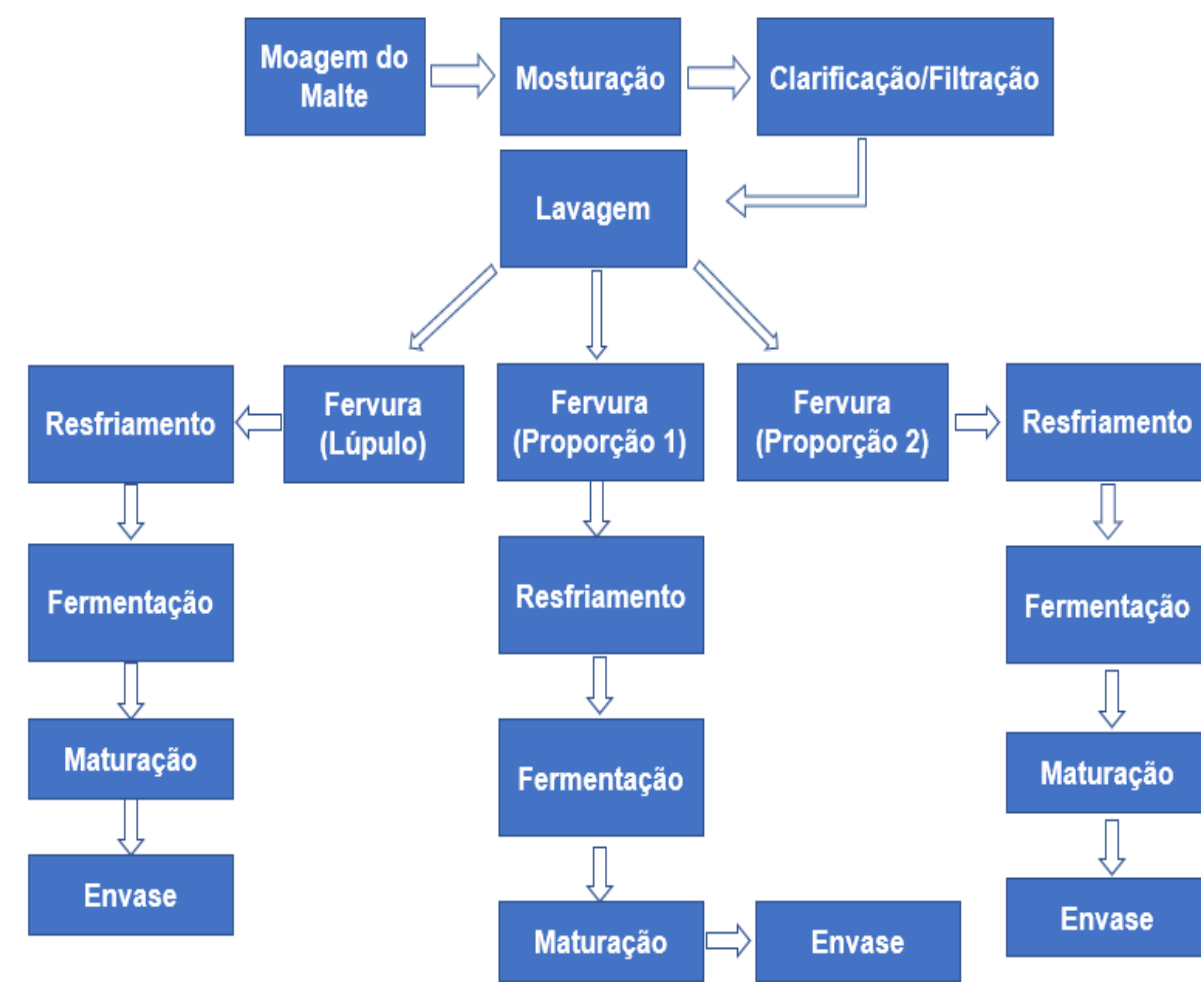
*Porcentagem em relação a quantidade total de malte usado.

Fonte: Autor.

4.2.4 Processo de Produção

A produção das cervejas foi realizada no Laboratório de Produtos Fermento Destilados (LPFD), localizado em João Pessoa, Campus I – UFPB. A metodologia utilizada foi a de Venturini Filho (2010) com algumas adaptações no processo de fervura, de acordo com a figura abaixo (Figura 4).

Figura 3 - Fluxograma de produção de cerveja.



Fonte: Autor.

4.2.4.1 Moagem do Malte

Os maltes foram moídos com um moinho de discos, com a finalidade de apenas quebrar a casca e expor a parte central do cereal. Não é desejável que as cascas

sejam trituradas, uma vez que, elas podem propiciar adstringência para a cerveja. Outro ponto importante desta precisa operação é que as cascas são importantes para que haja a sua compactação e formação de um leito filtrante, muito importante na etapa de clarificação do mosto.

Figura 4 - Moagem dos grãos.



Fonte: Autor.

4.2.4.2 Mosturação

Na mosturação, foi realizada a infusão dos maltes moídos em água a 72,6 °C, para que a temperatura diminua para 66,7 °C e permaneça sob controle durante 60 minutos, para produzir uma cerveja com corpo médio. Após esse período foi realizado o teste de iodo em que recolhe-se uma amostra do mosto e reage com algumas gotas da solução de iodo para identificar o nível de conversão, então, a temperatura foi elevada para 75,6°C, e permaneceu durante 10 minutos, processo conhecido como *Mashout*.

Figura 5 - Etapa de mosturação.



Fonte: Autor.

4.2.4.3 Clarificação do Mosto

A clarificação do mosto foi realizada através da recirculação do mosto, que utiliza como leito filtrante as cascas dos grãos decantados.

4.2.4.4 Lavagem

Na lavagem, foram utilizados 36 litros de água à 75,6 °C de forma contínua e sem a perturbação do leito filtrante, para garantir a máxima extração dos açúcares retidos nos grãos.

4.2.4.5 Fervura

Esta etapa foi responsável pela diferenciação das cervejas, já que, todo o mosto cervejeiro foi dividido em 3 partes iguais. Em seguida, cada parte foi fervida durante 50 minutos na microcervejaria do fabricante Grainfather, e faltando 30 minutos para o término, foram adicionadas as composições de ervas para cada experimento. O mesmo ocorreu para o experimento controle, com a utilização do lúpulo.

Figura 6 - Mistura de ervas.



Fonte: Autor.

Figura 7 - Fervura no Grainfather.



Fonte: Autor.

4.2.4.6 Resfriamento

Após a fervura, o mosto foi retirado e colocado em um recipiente para que ocorresse o resfriamento utilizando uma serpentina de imersão, em que um fluido resfriado corria em seu interior realizando a troca de calor até a temperatura de 27 °C.

Figura 8 - Processo de resfriamento.



Fonte: Autor.

4.2.4.7 Fermentação

Para a fermentação, o mosto foi transferido para recipientes plásticos fermentadores, dotados de *airlock*, e foi inoculada a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (*Safale American US-05*) que foram hidratadas conforme orientação do fabricante. A fermentação ocorreu em um freezer horizontal dotado de controlador de temperatura, durante 7 dias, a uma temperatura de 18°C nos primeiros 4 dias e subindo 1 grau por dia até o final do período determinado, para a eliminação do diacetil, composto comum na produção de cerveja, que confere um sabor de manteiga rançosa. Tal processo ocorre acontece devido à escassez de substrato e com aumento da temperatura, acelera-se o metabolismo celular, fatos que favorecem a metabolização desses compostos para a manutenção da vida da levedura.

Figura 9 - Fermentadores.



Fonte: Autor.

4.2.4.8 Maturação

As cervejas foram maturadas a uma temperatura de 2 °C durante 15 dias. Faltando 2 dias para o fim da maturação, foi adicionada gelatina sem sabor e odor, para garantir uma melhor clarificação (NACHEL, 2008).

4.2.4.9 Envase (*Priming*)

Ao fim da maturação, foi adicionado uma quantidade de açúcar de 5,5g/L através da preparação de uma solução de 500 mL e adicionado ao balde de envase. Em seguida, as garrafas previamente esterilizadas em autoclave, foram fechadas para que ocorresse a refermentação em um período de 15 dias a uma temperatura de 18°C.

4.2.5 Acompanhamento Cinético da Fermentação

O acompanhamento cinético foi realizado com análises a cada 12 horas. Todas as amostras tiveram o gás carbônico retirado com auxílio do bastão de vidro antes de serem analisadas.

A determinação da acidez total seguiu o protocolo de AOAC (2006), por titulometria.

Os sólidos totais solúveis foram determinados com auxílio do refratômetro de Abbé, o que foi importantíssimo para o acompanhamento da fermentação, uma vez que, possibilita a observação do consumo de açúcares em função do tempo.

O acompanhamento da variação do pH foi feito com o potenciômetro da marca Quimis microprocessado de bancada, modelo 0400MT como descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

O teor alcoólico do processo fermentativo e do produto final foi determinado através da técnica de ebulliometria (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

4.2.6 Análise Microbiológica do Produto

Para a determinação do número mais provável de coliformes totais e termotolerantes foi empregada a técnica de tubos múltiplos (TM), adaptada do Manual Prático de Análise de Água (BRASIL, 2013), da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

5. Resultados e Discussão

5.1 Escolha de ervas

Para a seleção das ervas, o experimento contou com a presença de 8 pessoas não treinadas que foram responsáveis pelo julgamento e foram registrados os comentários sobre a análise sensorial.

- Alecrim – Apresentou amargor leve e aroma agradável e marcante;
- Manjerição – Após o procedimento, foi verificado que o aroma foi perdido e não apresentou amargor;
- Gengibre – Foi observado um sabor marcante do ingrediente;
- Folha do Juazeiro – Não passou sabor nem amargor para a solução;
- Folha de louro – Sabor extremamente adstringente;
- Carqueja – Apresentou excelente amargor e aroma.

Diante do exposto e das sensações do grupo de julgadores, e em acordo com a receita de maltes proposta, foram selecionadas para a adição na cerveja o alecrim, carqueja e o gengibre.

5.2 Determinação de proporções

Para a determinação de proporções, foi realizado um planejamento de experimentos que contou com a presença de 8 pessoas não treinadas responsáveis pelo julgamento, em que os comentários sobre a análise sensorial foram registrados.

- Experimento 1 – Grande amargor e aroma de carqueja, porém o alecrim e gengibre não apareceram;
- Experimento 2 - Amargor suave, com aroma de alecrim e gengibre fracos;
- Experimento 3 – Amargor forte e aroma de alecrim bem presente, no entanto o gengibre ficou fraco;
- Experimento 4 – Bem equilibrado apresentando amargor médio e sabor de alecrim presente.
- Experimento 5 – Aroma de gengibre, com amargor médio, com aroma de alecrim suave e final picante.
- Experimento 6 – Apresentou amargor leve, forte aroma de gengibre e muito picante.
- Experimento 7 – Aroma de alecrim, com amargor forte e muito picante.
- Experimento 8 – Aroma de gengibre e alecrim, apresentando amargor leve e uma sensação picante média.
- Experimento 9 (Ponto central) – Amargor médio e aroma de carqueja e alecrim, levemente picante.

Figura 10 - Experimento de proporções.

Fonte: Autor.

Diante da análise sensorial do grupo de julgadores, foram escolhidos experimentos que apresentassem características convergentes com o perfil maltado da cerveja. Então, foram selecionados o experimento 3, em que, carqueja e alecrim assumem a concentração de 30 g/L e o gengibre 10 g/L, o experimento 9 (ponto central) em que os componentes assumem a concentração de 20 g/L, juntamente com uma cerveja contendo lúpulo para servir como referência de comparação.

5.3 Acompanhamento cinético da fermentação

Os resultados referentes ao Sólidos solúveis totais (°Brix) e Teor alcoólico estão dispostos nas Tabela 4, juntamente com a ilustração gráfica dos dados, em que as cervejas contendo a proporção de ervas do experimento 3 e do ponto central estão identificadas como Exp 3 e PC, respectivamente. A cerveja de controle contendo lúpulo está representada pela letra C.

Tabela 4 - Cinética dos sólidos solúveis totais (°Brix) e teor alcoólico.

Sólidos	solúveis	totais	(°Brix)	Teor	Alcoólico	
Tempo (h)	C	PC	Exp 3	C	PC	Exp 3
0	14,5	15	18,25	0	0	0

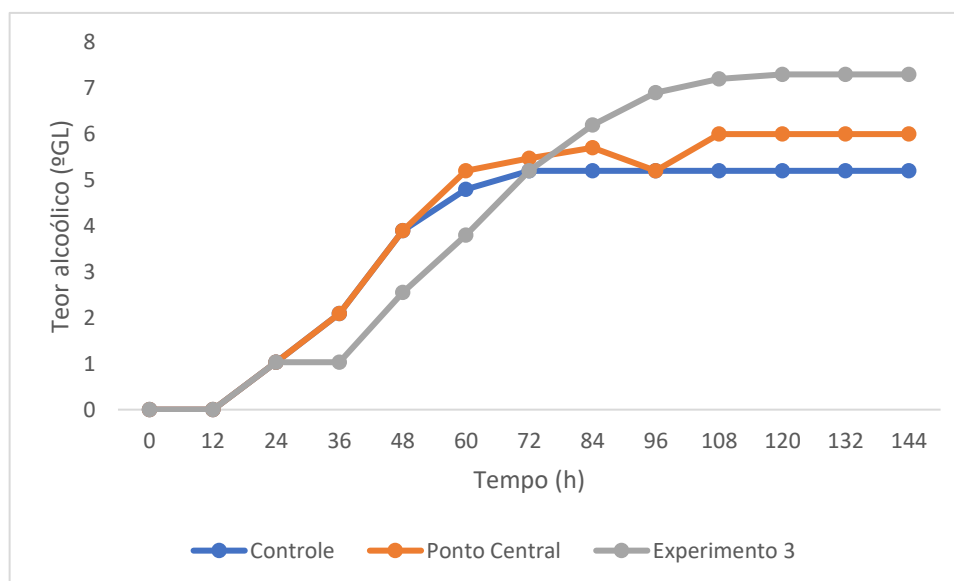
12	14,25	14,75	18,25	0	0	0
24	13,5	14,75	18,25	1,03	1,03	1,03
36	11,25	11,75	17,25	2,09	2,09	1,03
48	10,25	10,75	15,5	3,9	3,9	2,55
60	8,5	9,25	13,75	4,8	5,2	3,8
72	8,25	8	12,5	5,2	5,47	5,2
84	8	8	11,75	5,2	5,7	6,2
96	8	8	10,5	5,2	5,2	6,9
108	7,75	8	10,5	5,2	6	7,2
120	7,75	8	10,5	5,2	6	7,3
132	7,75	8	10,75	5,2	6	7,3
144	7,75	8	10,5	5,2	6	7,3
Final	7	7,8	9,5	5,2	6	7,3

Fonte: Autor.

Diante dos dados cinéticos dos parâmetros mencionados anteriormente, observa-se um aumento no °Brix nas cervejas com adição de ervas, formado por açúcares fermentescíveis e por outros sólidos solúveis. Tal fato pode ser confirmado ao verificarmos que o teor alcoólico das cervejas é bem diferente, uma vez que, as cervejas PC e Exp 3, apresentam uma maior concentração de etanol no produto final. É importante dizer que o °Brix ao final da fermentação apresentou um alto valor devido ao grande número de sólidos solúveis como açúcares residuais, proteínas entre outros

Nos Gráficos 3 e 4 seguir, está exposto de forma mais clara a cinética de fermentação do teor alcoólico e °Brix.

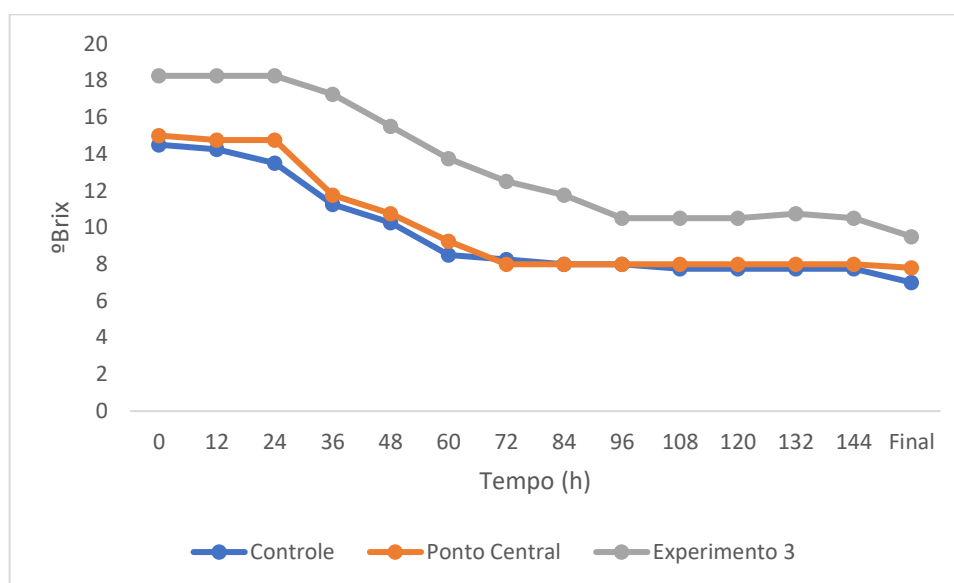
Gráfico 3 - Acompanhamento cinético do teor alcoólico.



Fonte: Autor.

Verificou-se que as cervejas formadas pela adição de ervas tiveram uma fase de adaptação das leveduras um pouco maior, no entanto, após esse período a fermentação ocorreu em uma intensidade mais elevada, pelo fato de conter uma maior quantidade de substrato, resultando em um produto final com teor alcoólico mais elevado que a cerveja de referência.

Gráfico 4 - Acompanhamento cinético do °Brix.



Fonte: Autor.

Os resultados da cinética fermentativa em relação ao pH e a acidez total estão expressados na Tabela 6.

Tabela 5 - Acompanhamento cinético da acidez total e pH.

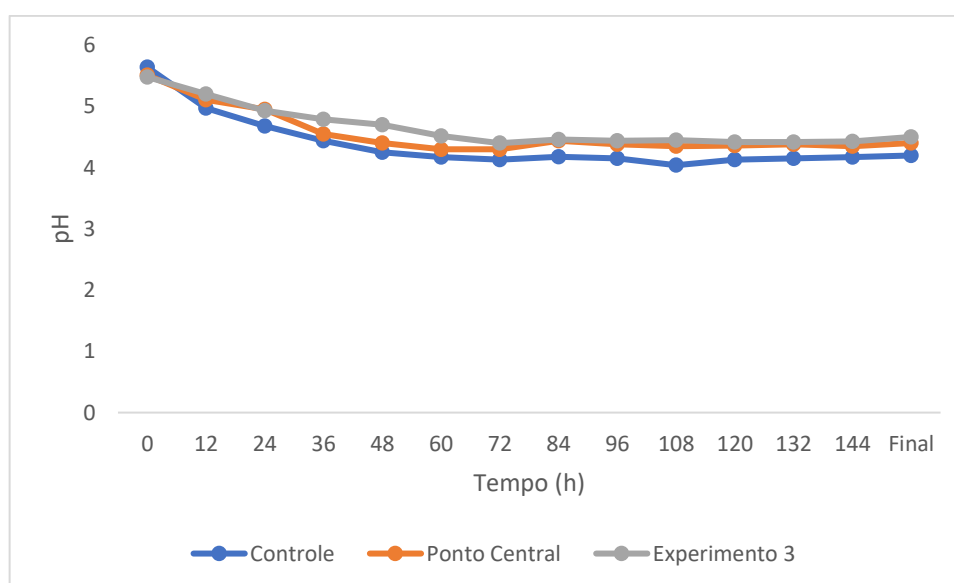
Acidez total	em ácido	acético	(% m/v)	pH		
Tempo (h)	C	PC	Exp 3	C	PC	Exp 3
0	0,100	0,095	0,125	5,64	5,51	5,48
12	0,150	0,195	0,185	4,97	5,11	5,2
24	0,230	0,225	0,274	4,68	4,95	4,93
36	0,294	0,384	0,349	4,44	4,55	4,79
48	0,244	0,329	0,244	4,25	4,4	4,7
60	0,225	0,225	0,264	4,17	4,3	4,52
72	0,175	0,170	0,244	4,13	4,3	4,4
84	0,170	0,150	0,220	4,18	4,44	4,46
96	0,160	0,175	0,225	4,15	4,38	4,44
108	0,165	0,175	0,210	4,04	4,35	4,45
120	0,160	0,195	0,269	4,13	4,36	4,42

132	0,200	0,190	0,215	4,15	4,38	4,42
144	0,190	0,190	0,200	4,17	4,35	4,43
Final	0,190	0,190	0,200	4,2	4,4	4,5

Fonte: Autor.

Verifica-se que o durante a cinética fermentativa os valores de pH variaram entre 5,64 e 4,04; justificados pelo fato que durante o crescimento da biomassa, ácidos orgânicos e demais compostos de carácter ácidos são produzidos, inclusive o próprio etanol, resultando em uma diminuição do pH (Gráfico 5). Outro fator importante a ser discutido é que as ervas adicionadas podem ter causado um estresse nas leveduras, influenciando na rota metabólica e propiciando a produção de compostos ácidos. É importante ressaltar também que a diminuição do pH durante a fermentação, favorece a segurança da cerveja, dificultando o desenvolvimento de agentes contaminantes.

Gráfico 5 - Acompanhamento cinético do pH.

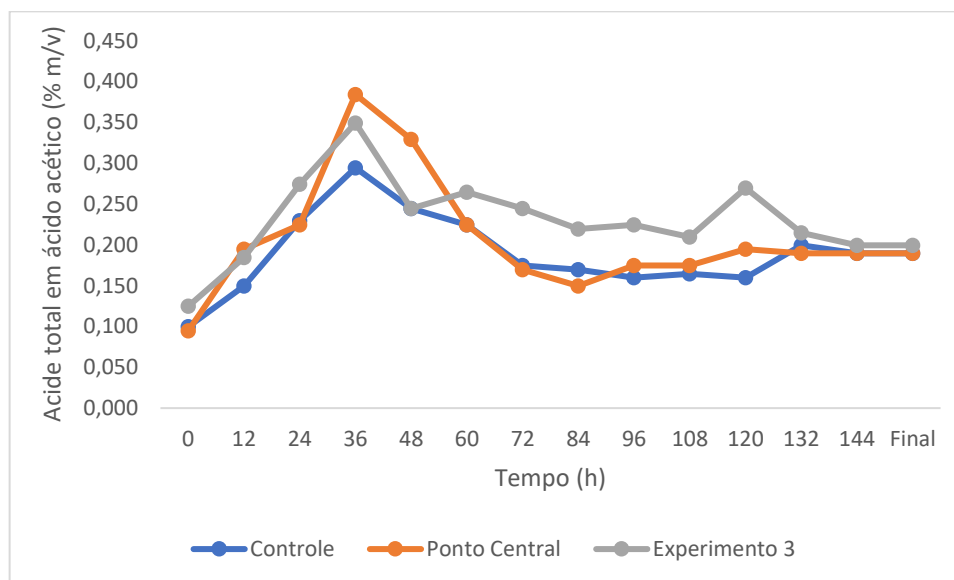


Fonte: Autor.

Os dados referentes acidez do processo, variaram entre 0,095 e 0,384% m/v de ácido acético, ambos os valores pertencentes a cerveja cuja formulação era a do ponto central (PC). No entanto, é importante ressaltar que a partir da análise de 48h, foi adotado o método de titulação potenciométrico, com o intuito de diminuir erros, uma vez que, para a realização do experimento, o ponto de viragem da fenolftaleína (rosa claro) estava muito difícil de identificar, devido a cor da amostra, ainda que tivesse sido feita uma diluição.

O gráfico a seguir possibilita uma melhor visualização do processo fermentativo em relação a acidez total, e constata-se um comportamento incomum dos valores, representados por uma inconstância.

Gráfico 6 - Acompanhamento cinético da acidez total.



Fonte: Autor.

Portanto, pode-se inferir que a adição das misturas de ervas não causou mudanças muito expressivas no comportamento das leveduras, apenas uma maior produção de etanol no experimento com mais açúcares fermentescíveis disponíveis.

5.4 Análise microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas seguindo o protocolo da FUNASA (BRASIL, 2013), e os resultados estão expressos na tabela abaixo.

Tabela 6 - Análise microbiológica dos produtos.

Amostras	Coliformes Totais (NMP/mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/mL)
C	Ausente	Ausente
PC	3,0 - 15	< 3
Exp 3	Ausente	Ausente

Fonte: Autor.

A amostra PC, apresentou um pequeno nível de contaminação por coliformes totais, então pode-se inferir que esse problema pode ter acontecido pela

contaminação de utensílios ou sanitização insuficiente. É importante comunicar que, esta análise de coliformes foi realizada logo após o envase e não ao final do processo de carbonatação igual a amostra Exp3. Tal medida foi tomada por problemas de logística de análise, o que pode ter impactado na detecção desses coliformes, uma vez que, espera-se que a maior população de leveduras acabe matando os coliformes através da competição pelos açúcares adicionados na carbonatação, juntamente com a maior concentração de CO₂ na garrafa ao final do processo, já que, o gás carbônico tem atividade antimicrobiana (SHIMODA et al., 1998).

6. Conclusão

Definiu-se através de parâmetros qualitativos o uso da carqueja (*Baccharis trimera*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e gengibre (*Zingiber officinalis*), bem como a melhor proporção entre elas.

A cinética fermentativa mostrou que não houveram muitas diferenças entre os perfis fermentativos dos experimentos

A análise microbiológica apresentou uma leve contaminação por coliformes totais na cerveja do Ponto central, possivelmente devido a sanitização de utensílios ineficiente na etapa de envase.

É importante ressaltar que uma análise sensorial seria importantíssima para o trabalho, uma vez que, a aceitabilidade da *Gruit Beer* pelo público poderia ser uma alternativa viável para a produção de cervejas sem a utilização do lúpulo.

Referências

ABRACERVA; **Estatuto da Associação Brasileira de Microcervejarias**. 2018 Disponível em: <<http://abracerva.com.br/sobre/estatuto/>>, Acesso em: 10/07/2018.

ABRACERVA; **Número de cervejarias artesanais no Brasil cresce 37,7% em 2017**. 2018 Disponível em: < <http://abracerva.com.br/2018/02/16/numero-de-cervejarias-artesanais-no-brasil-cresce-377-em-2017/>> Acesso em: 23/09/2018.

AMERICAN CRAFT BEER, **What the hell is a Gruit Ale?**. 2016 Disponível em: <<https://www.americancraftbeer.com/what-the-hell-is-a-gruit-ale/>> Acesso em: 24/09/2018.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHIDELL, W.; LIMA, U. A. **Biotecnologia Industrial**: Biotecnologia na produção de alimentos. Ed. Edgard Blucher, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 16 ed., Washington, 2006.

BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E. **Biotecnologia Industrial: Fundamentos**. Ed. Edgard Blucher, v. 1, 2008.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Decreto nº 6.871, de 4 de julho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a Padronização, a Classificação, o Registro, a Inspeção, a Produção e Fiscalização de Bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2009.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4ª ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.

CASARIN, R.; **Sem água, cevada e lúpulo, cervejeiros criam a cerveja mais bizarra do país**. 2016 Disponível em: <<https://comidasebebidas.uol.com.br/listas/sem-agua-cevada-e-lupulo-cervejeiros-criam-a-cerveja-mais-bizarra-do-pais.htm>> Acesso em: 24/09/2018.

CERVBRASIL, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA, **Relatório Anual**, 2016.

CRUSCO, S.; **Cervejaria Nacional relança a Gruit Beer Magrela: saiba mais sobre cerveja sem lúpulo**. Disponível em: <<https://dringue.com/2017/02/14/cervejaria->

nacional-relanca-a-gruit-beer-magrela-saiba-mais-sobre-essa-cerveja-sem-lupulo/>

Acesso em: 24/09/2018.

DANIELS, R.; **Designing Great Beers: The Ultimate Guide to Brewing Classic Beer Styles.** Brewres Publications, 1996.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos.** 1 ed. Online. São Paulo: IAL, 2008.

KLEMP, K.F.; **Gruit: Just Brew It.** All About Beer Magazine, 2016.

MANCUSO, E.F.; MULLER, C.V.; **A Cerveja no Brasil: O ministério da agricultura informando e esclarecendo.** 2017 Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/a-cerveja-no-brasil-28-08.pdf/view>> Acesso em: 22/09/2018.

MÜLLER, C.V.; MANCUSO, E.F. **Anuário da Cerveja no Brasil**, 2017.

NACHEL, M.; **Homebrewing for Dummies.** Wiley Publishing, 2nd Edition, 2008.

PALMER, J.J. **How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Beer Right the First,** Brewers Publications, 2006.

SEBRAE, **Potencial de Consumo de Cervejas no Brasil**, Biblioteca Interativa Sebrae, Disponível em: <<https://bis.sebrae.com.br/bis/conteudoPublicacao.zhtml?id=4864>> Acesso em: 15/08/2018, 2014.

SEBRAE; **Estudo sobre Microcervejarias**, Biblioteca Interativa Sebrae, 2017 Disponível em: < <https://bis.sebrae.com.br/bis/conteudoPublicacao.zhtml?id=7503>> Acesso em: 12/08/2018.

SHIMODA, M., et al.; **Antimicrobial Effects of Pressured Carbon Dioxide in a Continuous Flow System.** Journal of Food Science, v. 63(4), 1998.

SPARHAWK. A.; **Gruit Ales: Beer Before Hops**, Disponível em <<https://www.craftbeer.com/craft-beer-muses/gruit-ales-beer-before-hops>>: Acesso em: 09/07/2018.

TSCHOPE, E. C., **Microcervejarias e cervejarias: a história, arte e a tecnologia.** São Paulo: Aden, 2001.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de Bebidas:** Bebidas alcoólicas. v. 1. São Paulo: Blucher, 2010.