

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA
CURSO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



Mauricio Evangelista da Silva

**ELABORAÇÃO CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA,
COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE DE CERVEJA ARTESANAL
FERMENTADA COM MEL**

BELÉM

2019

Mauricio Evangelista da Silva

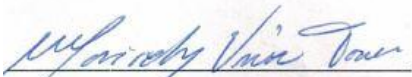
**ELABORAÇÃO CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA,
COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE DE CERVEJA ARTESANAL
FERMENTADA COM MEL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para
obtenção de grau de Tecnólogo (a) de
Alimentos, da Universidade do Estado
do Pará.


Orientador (a): Maricely Uría Toro

Data de aprovação: 29/10/2019

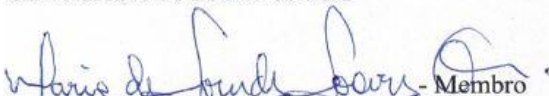
Banca examinadora:

 Orientadora
Prof.^ª. Maricely Janette Uría Toro

Dr.^ª. em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade do Estado do Pará

 - Membro
Prof. Werner Damiano Morhy Terrazas

Dr. em Alimentos e Nutrição
Universidade do Estado do Pará

 - Membro
Prof.^ª. Maria de Lourdes Soares Oliveira

Dr.^ª. em Ciências Agrárias
Universidade do Estado do Pará

BELÉM

2019

IDENTIFICAÇÃO BIBLIOTECA (verificar se é necessário)

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso à minha família, amigos queridos e aos que agregaram experiência e conhecimento para uma das etapas de concretização do meu sonho em ser, além de Tecnólogo de Alimentos, um Professor e Pesquisador na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família pela enorme paciência que tiveram comigo assim que ingressei na UEPA, realizando diversos trabalhos e aproveitando as oportunidades de realizar pesquisas em projetos e estágio, o que me afastou bastante do meu convívio com vocês em família. Contudo, sou muito grato à vocês por me darem a única e simples chance (que deve ser direito de todos) de estudar, investir e realizar metas.

Agradeço aos técnicos do Laboratório de Química, Alimentos e Microbiologia da UEPA-CCNT, Claudete Trindade, Patricia Araújo, Illana Ribeiro, Drielly Oliveira, Elizabeth Vilhena, Luan Mesquita, ROZilene Souza e Bianca Muniz. Obrigado pela amizade, convívio e experiência e conhecimentos compartilhados durante as rotinas de laboratório, onde todos os dias enfrentávamos problemas mas sempre colaborando para saná-los.

Agradeço aos meus colegas e amigos de curso que fiz durante esse longo período de graduação. Em especial, Adilson Ferreira, Iuri Costa, Thayanna Rodrigues, Amanda Gentil, Jacqueline Ferreira, Brendo Luiz, Ana Laura, Erica Bessa, Jheymys Sousa, Wenderson Silva e Jamile, César Alcântara, Rick, Augusto e Diego. Vocês me deram apoio direta ou indiretamente, conselhos, tiraram muito minhas dúvidas e espero ter ajudado vocês também em bons e más momentos.

Agradeço demais à Professora e minha orientadora Dr^a Maricely Toro, com quem pude aprender muito sobre o PRINCÍPIO. És uma Professora e pessoa que me estimulou muito a estudar e pesquisar, e me fez perceber que sempre há uma solução (plano A, B, C, D...). Ainda quero realizar mais e mais trabalhos na docência mas compartilhando conhecimento com a senhora e os jovens pesquisadores. Muito obrigado por toda a orientação e puxões de orelha.

Agradeço também ao Professor Dr. Ronaldo Magno que, durante meu estágio obrigatório, pôde me ensinar várias técnicas instrumentais em análise de alimentos que pretendo aplicar na docência.

“Nada é permanente, exceto a mudança”
Heráclito de Éfeso

RESUMO

EVANGELISTA DA SILVA, MAURICIO. **Elaboração, Caracterização Físico-química, Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante de Cerveja Artesanal Fermentada com Mel.** 2019. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2019.

A cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. Por meio da adição mel em cerveja, a bebida é menos encorpada e aumenta a quantidade de álcool. Os objetivos deste trabalho foram avaliar os parâmetros físico-químicos, quantificar os compostos bioativos e avaliar a capacidade antioxidante de em cervejas elaboradas com diferentes concentrações de mel. Os parâmetros físico-químicos avaliados foram: teor alcoólico, extrato real, umidade, açúcares redutores por DNS, cor, pH e acidez. Os compostos fenólicos totais foram quantificados pelo método de Folin-Ciocalteu e os flavonoides pelo método do cloreto de alumínio. A capacidade antioxidante foi determinada pela captura do radical ABTS⁺. Todas as cervejas elaboradas apresentaram valores físico-químicos vigentes na legislação e na literatura. Os compostos fenólicos totais quantificados variaram de 519,8 a 784,3 mg/L, porém em cervejas elaboradas com mel não há trabalhos sobre quantificação de compostos bioativos e capacidade antioxidante. Então, comparou-se com cervejas elaboradas com fruta onde o teor de fenólicos totais está próximo da literatura. Os flavonoides totais (29,16 a 32,57 mg/L) apresentaram valores inferiores aos encontrados na literatura (43,7 a 221,8 mg/L) em cervejas com fruta. A capacidade antioxidante por ABTS foi muito inferior comparada à cervejas com fruta, onde diferenciou-se de 19,6-25,3 µM Eq Trolox a 740-3530 µM Eq Trolox. A partir desses resultados conclui-se que a cerveja com mel possui teor alcoólico forte, porém sua funcionalidade pode ser baixa com relação aos compostos bioativos, ou pode possuir outras propriedades com relação às enzimas e álcoois gerados durante a fermentação.

Palavra Chave: cerveja; mel; elaboradas; fruta.

ABSTRACT

EVANGELISTA DA SILVA, MAURICIO. **Production, Physicochemical Characterization, Bioactives Compounds and Antioxidant Capacity of Craft Beer Fermented with Honey**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2019.

Beer is the beverage obtained by the alcoholic fermentation of the brewer's wort derived from barley malt and drinking water, by the action of yeast, with the addition of hops. By adding honey to beer, the drink is less full-bodied and increases the amount of alcohol. The objectives of this work were to evaluate the physicochemical parameters, to quantify the bioactive compounds and to evaluate the antioxidant capacity of beers elaborated with different honey concentrations. The physicochemical parameters evaluated were: alcohol content, real extract, humidity, reducing sugars by DNS, color, pH and acidity. Total phenolic compounds were quantified by the Folin-Ciocalteu method and flavonoids by the aluminum chloride method. The antioxidant capacity was determined by the capture of the radical ABTS +. All the elaborated beers presented physicochemical values in force in the legislation and in the literature. Total phenolic compounds quantified ranged from 519.8 to 784.3 mg / L, but in beers made with honey there is no work on quantification of bioactive compounds and antioxidant capacity. Then, it was compared with fruit brewed beers where the total phenolic content is close to the literature. Total flavonoids (29.16 to 32.57 mg / L) were lower than those found in the literature (43.7 to 221.8 mg / L) in fruit beers. The antioxidant capacity by ABTS was much lower compared to fruit beers, where it differed from 19.6-25.3 μM Eq Trolox to 740-3530 μM Eq Trolox. From these results it can be concluded that beer with honey has a strong alcohol content, but its functionality may be low with respect to bioactive compounds, or may have other properties with respect to enzymes and alcohols generated during fermentation.

Key words: beer; honey; elaborated; fruit.

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 - Total de cervejarias artesanais por ano no Brasil	23
Figura 2 - Distribuição de cervejarias por região no Brasil	24
Figura 3 - Diferentes maltes que podem ser utilizados na fabricação de cervejas	26
Figura 4 – Lúpulo	27
Figura 5 - Estrutura do ácido alfa	28
Figura 6 - Estrutura do ácido iso alfa	28
Gráfico 1 - Curva padrão de glicose	32
Gráfico 2 - Curva padrão de ácido gálico	34
Gráfico 3 - Curva padrão de Quercetina	35
Gráfico 4 - Curva padrão de Trolox	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faixas de pH ótimos para a atuação de enzimas específicas na mosturação	18
Tabela 2 - Temperaturas de ação das enzimas durante a brasagem	19
Tabela 3 - Caracterização físico-química das formulações de cerveja	37
Tabela 4 - Valores de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante por ABTS	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Eq	- Equivalente
CCNT	- Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
UEPA	- Universidade do Estado do Pará

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2. 1. Objetivo Geral	15
2. 2. Objetivos Específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3. 1. Histórico	16
3. 2. Processamento	17
3. 2. 1. Moagem	17
3. 2. 2. Mosturação	17
3. 2. 3. Filtração	19
3. 2. 4. Fervura.....	20
3. 2. 5. Resfriamento	20
3. 2. 6. Fermentação.....	21
3. 2. 7. Maturação	21
3. 2. 8. Carbonatação	21
3. 2. 9. Envase.....	22
3. 2. 10. Pasteurização	22
3. 3. Mercado da Cerveja Artesanal	22
3. 4. Matérias-primas da cerveja.....	24
3. 4. 1. Água.....	24
3. 4. 2. Malte de cevada	25
3. 4. 3. Lúpulo	26
3. 4. 4. Levedura	28
3. 5. Mel.....	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4. 1. Formulação das cervejas	30
4. 2. Elaboração das cervejas	30
4. 3. Caracterização química	31
4. 3. 1. Determinação de umidade.....	31

4. 3. 2. Determinação de álcool em 20 °C	32
4. 3. 3. Determinação de extrato real	32
4. 3. 4. Determinação de açúcares redutores por DNS	32
4. 3. 5. Determinação de acidez	33
4. 3. 6. Determinação de pH.....	33
4. 3. 7. Análise de cor	33
4. 3. 8. Determinação de compostos fenólicos totais.....	33
4. 3. 9. Determinação flavonoides totais	34
4. 3. 10. Determinação da atividade antioxidante por ABTS	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6. CONCLUSÃO.....	41
7. REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das mais antigas bebidas alcoólicas consumidas no mundo, fazendo parte da cultura da maioria das civilizações mundiais. Acredita-se que tenha surgido no Oriente Médio ou no Egito, por volta de 6000 anos a.C. Os monges introduziram à formulação o lúpulo, que, além de conferir amargor à bebida, também possui propriedades antimicrobianas. Essa característica favorece a produção em maior escala, uma vez que a fermentação ocorria de maneira espontânea, propiciando à contaminação por microrganismos deteriorantes (MORADO, 2009).

É a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. Parte do malte de cevada poderá ser substituída por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a 45% em relação ao extrato primitivo. Como adjuntos cervejeiros podem ser considerados a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, malteados ou não-malteados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal (BRASIL, 2009).

O processo de fabricação da cerveja é realizado seguindo as etapas de brassagem, fermentação, maturação, filtração e envasamento. Na brassagem, o malte e os adjuntos são misturados à água e dissolvidos, com o objetivo de obter uma mistura líquida açucarada chamada mosto (DRAGONE et al., 2007; SILVA; FARIA, 2008; AMBEV, 2011).

O sabor da cerveja é determinado pela matéria-prima, pelo tipo de processo e pela levedura utilizada, além dos compostos produzidos durante a fermentação e maturação, que exercem maior impacto. As denominações usuais no meio cervejeiro para designar a cerveja quanto a fermentação são de baixa fermentação e de alta fermentação. A levedura de baixa fermentação é a responsável pela produção da cerveja Pilsen, a mais consumida no Brasil (VENTURINI FILHO, CEREDA, 1996). As cervejas fabricadas com leveduras de alta fermentação genericamente são classificadas de tipo Ale (AQUARONE, BORZANI, SCHIMIDELL, LIMA, 2001).

Para essa elaboração, são utilizados os adjuntos que servem como fonte de carboidratos não malteados como matérias-primas complementares para o principal componente, o malte. Este adjunto pode ser o mel (OLIVEIRA et. al., 2015).

O mel é uma substância viscosa, aromática e açucarada obtida a partir do néctar das flores e/ou exsudatos sacarínicos que as abelhas melíferas produzem. Os principais componentes do mel são os açúcares, sendo que os monossacarídeos frutose e glicose representam 80% da quantidade total. Já os dissacarídeos sacarose e maltose somam 10%,

tornando-se um bom produto para ser usado na elaboração de bebidas fermentadas (EMBRAPA, 2006).

Contém ainda uma mistura complexa de outros hidratos de carbono, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, minerais, substâncias aromáticas, pigmentos e grãos de pólen, podendo conter cera de abelhas procedente do processo de extração (BRASIL, 2000).

O mel utilizado para elaboração de bebidas fermentadas é altamente fermentescível, e ao ser utilizado como matéria-prima na elaboração de bebidas alcoólicas promove o aumento no teor alcoólico dessas (KUNZE, 2006). Alguns países comercializam cervejas com mel, como a Inglaterra, Canadá, Inglaterra, Estados Unidos e Argentina, o que indica o grande potencial desse ingrediente na elaboração de cerveja (BRUNELLI, 2012).

Com sua variedade de cores e sabores é provavelmente o mais interessante ingrediente e adoçante que pode ser utilizado na produção de bebidas (NATIONAL HONEY BOARD, 2006). Por meio da adição mel em cerveja, a bebida é menos encorpada e aumenta a quantidade de álcool (SMITH, 2009). Esse tipo de cerveja deve ser pouco lupada, e mais forte, com 13 a 15 % de extrato primitivo, com a finalidade de aumentar o caráter vinoso à cerveja, por meio do maior teor alcoólico e ésteres (KUNZE, 2006).

2. OBJETIVOS

2. 1. Objetivo Geral

Elaborar cerveja artesanal fermentada com mel de *Apis mellifera* em diferentes concentrações de mel na formulação.

2. 2. Objetivos Específicos

- Caracterizar parâmetros físico-químicos
- Quantificar os compostos bioativos
- Avaliar a capacidade antioxidante

3. REVISÃO DE LITERATURA

3. 1. Histórico

O homem já dominava, desde a Antiguidade, a técnica de produzir bebidas fermentadas pelo processo de malteação de grãos. Há cerca de oito mil anos, os sumérios e os assírios desenvolveram a arte de fabricar cerveja (ROSA; AFONSO, 2014). Tempos mais tarde, a bebida chegou ao Egito e, nesse País, passaram a ser produzidas variedades como a Cerveja dos Notáveis e a Cerveja de Tebas. Os egípcios divulgaram a cerveja entre os povos orientais e a difundiram na bacia do Mediterrâneo e, de lá, para o resto da Europa (FERREIRA et al., 2011).

Segundo Dragone e Silva (2010, p.15), o processo cervejeiro egípcio, devido à natureza da matéria-prima, como grãos de cereais e leveduras, normalmente era exercido por padeiros. No processo, a cevada era deixada de molho até germinar, e então, moída, moldada em bolos aos quais se adicionava a levedura. Os bolos, após parcialmente assados e desfeitos, eram colocados em jarra com água e deixados fermentar. Essa cerveja rústica ainda é fabricada, no Egito, com o nome de Bouza.

Dentre os povos bárbaros que ocuparam a Europa, os de origem germânica destacaram-se na arte de fabricar a cerveja. Na Idade Média, século XIII, os cervejeiros germânicos foram os primeiros a empregarem o lúpulo na cerveja, conferindo as características básicas da bebida atual (MEGA; NEVES; DE ANDRADE, 2011).

No Brasil, a cerveja chegou junto com as colônias europeias, quando inúmeros comerciantes se instalaram no País e começaram a vendê-la, influenciando os hábitos e costumes da época. O início da produção de cerveja, no Brasil, não possui uma data precisa, mas o primeiro documento conhecido é um anúncio de venda de cerveja brasileira no Jornal do Comércio do Rio de Janeiro, de 27 de outubro de 1836. Naquela época, havia poucas cervejarias, todas artesanais, com produção em pequena escala. A partir de 1860, novas cervejarias começaram a surgir, aumentando a produção dessa bebida. Em função da Primeira Guerra Mundial, a qual restringiu a importação de malte e lúpulo, oriundos da Alemanha e Áustria, os cervejeiros brasileiros começaram a empregar matérias-primas alternativas, como milho, arroz e trigo em seu processo produtivo, diminuindo, assim, a qualidade do produto (SANTOS, 2003).

A cultura cervejeira apresentou um processo evolutivo bastante notório nos séculos XX e XXI devido ao desenvolvimento tecnológico, ao renascimento da produção caseira de cerveja (homebrewing) e à nova geração de micro cervejarias pelo mundo, que trazem inovações aos consumidores através da oferta de produtos de qualidade e diversificados (FERREIRA et al., 2011).

3. 2. Processamento

A produção de cerveja artesanal é realizado de forma mais simples, e não precisa, necessariamente, de equipamentos modernos (MATTOS, 2011). O processo produtivo pode ser dividido em três etapas fundamentais: brassagem, fermentação e, por último, o acabamento da cerveja (NOVOZYMES, 2013).

A brassagem envolve a moagem do malte, mosturação, clarificação, fervura e resfriamento do mosto. Essa etapa é essencial, uma vez que vai produzir os nutrientes essenciais para a fermentação, cuja composição é rica em açúcares, aminoácidos, vitaminas, íons inorgânicos e lipídios (COSTA, 2014).

3. 2. 1. Moagem

Na moagem o malte é colocado em moinhos para que ocorra a quebra do mesmo, com o objetivo de expor o endosperma. Assim, facilitará a hidrólise do amido pela maior superfície de contato do substrato amiláceo com as enzimas do malte no processo de mosturação (BORTOLI; SANTOS; STOCCO, 2013).

Um malte moído não deve apresentar grãos inteiros, a maioria das cascas devem estar despedaçadas de forma longitudinal, e o endosperma exposto e quebrado em partículas menores uniformemente. Os grãos moídos não podem ficar muito finos, pois isto dificultará no processo de filtragem e facilitará a presença dos taninos, que constituem a casca e causam adstringência na cerveja (NOVOZYMES, 2013).

3. 2. 2. Mosturação

Na mosturação são solubilizadas substâncias solúveis em água e as insolúveis também, na presença de enzimas diferentes que atuam em temperaturas específicas, transformando o amido em açúcar e solubilizando as proteínas. Esse processo leva em consideração o quanto de açúcares fermentescíveis deseja-se ou o teor de substâncias proteicas de alto peso molecular para o “corpo” da cerveja e consistência da espuma (CARVALHO, 2007; VENTURINI-FILHO, 2010).

Os fatores que interferem na mosturação são: grau de acidez, concentração do mosto, temperatura, tempo e qualidade do malte, pois todo o processo enzimático depende desses fatores (BOULTON, 2013). Se a concentração estiver abaixo do indicado, as enzimas ficarão dispersas na água, já se a concentração estiver muito elevada, as enzimas sentirão dificuldades na conversão. O pH inicial da solução também deve ser ajustado para o pH ideal no qual ocorre a atividade da enzima que se quer ativar (TSCHOEKE, 2018). A Tabela 1 apresenta valores de pH ótimos para a atuação de determinadas enzimas chaves no processo de mosturação.

Tabela 1 - Faixas de pH ótimos para a atuação de enzimas específicas na mosturação.

Enzimas	pH Ótimo	Substrato
Hemicelulares	4,5 - 4,7	Hemicelulose
Exopeptidases	5,2 - 8,2	Proteínas
Endopeptidases	5	Proteínas
Dextrinase	5,1	Amido
β -amilase	5,4 - 5,6	Amido
α -amilase	5,6 - 5,8	Amido

Fonte: Adaptado de JANJAR (2007).

Durante este processo enzimático é fundamental um controle rigoroso do tempo e da temperatura. O tipo de mosturação e o programa de tempo e temperatura utilizados durante a ação enzimática são definidos a partir da composição e o tipo de cerveja a ser produzida (VENTURINI-FILHO, 2010).

A atuação enzimática normalmente é iniciada com a temperatura relativamente baixa (45 a 50°C) a fim de ativar as enzimas mais termolábeis (BAMFORFTH, 2003). Entre as temperaturas de 45 e 55° C, ocorre a atuação das proteases sobre as proteínas, dando origem a aminoácidos, importantes para a nutrição da levedura, e peptídeos, importantes para a formação e retenção da espuma na cerveja. Já a sacarificação do amido tem início em temperaturas mais altas (60 a 75°C), ocorrendo a transformação de amidos em açúcares fermentescíveis, sendo os principais a maltose e as dextrinas. Mais especificamente, em temperaturas de 60 a 65°C, atuam as beta-amilase, e nas temperaturas de 70 a 75°C; as alfa-amilases (SANTOS 2010).

Devido à ação das enzimas amilases sobre as ligações alfa-1,4 do amido, origina-se a maltose, que durante a fermentação, devido à ação da enzima maltase, será convertida em glicose. Já as dextrinas com ligações alfa1,6 permanecerão sem se degradar,

propiciando assim corpo à cerveja, colaborando também com o sabor e aroma (OETERRER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; VENTURINIFILHO, 2005).

Tabela 2 - Temperaturas de ação das enzimas durante a brasagem.

Enzimas	Temperatura	Substrato
Hemicelulares	40 - 45 °C	Hemicelulose
Exopeptidases	40 - 50 °C	Proteínas
Endopeptidases	50 - 60 °C	Proteínas
Dextrinase	55 - 60 °C	Amido
β-amilase	60 - 65 °C	Amido
α-amilase	70 - 75 °C	Amido

Fonte: Adaptado de JANJAR (2007)

O processo de mosturação pode ser simplificado utilizando apenas uma rampa de aquecimento afim aumentar a atuação enzimática durante a sacarificação do amido. Exemplo disso, é uma rampa de 67 – 68 °C onde há atuação das α e β -amilases na conversão do amido (TSCHOEKE, 2018).

Para saber se todo o amido foi convertido em açúcar é realizado o teste de iodo, que aponta o final da hidrólise quando o iodo não sofre mais alteração para a cor roxo-azulada, característica da reação do amido com o iodo. Em seguida é feito um aquecimento em torno de 76 °C para inativar as enzimas presentes (VENTURINI-FILHO, 2010).

3. 2. 3. Filtração

Nesse processo ocorre a separação das partículas sólidas do líquido desejado, separando o mosto dos grãos e das cascas e filtrá-lo. O mosto é transferido para um tanque de fundo falso, que retém os grãos e permite a passagem do líquido clarificado para a próxima etapa. A própria casca e os grãos exauridos do malte servem como meio filtrante (ESTEVINHO, 2015).

Em seguida, é realizada a lavagem com água aquecida a 75°C para que a temperatura do mosto permaneça elevada. A lavagem objetiva extrair o máximo de açúcares responsáveis por dar corpo à cerveja (ANNEMÜLLER; MANGER, 2013). Esse processo de filtração permite a clarificação, o que deixa a cerveja mais translúcida e evita que a casca do malte passe para o processo de fervura liberando taninos no mosto (ROSA; AFONSO, 2015)

3. 2. 4. Fervura

O principal objetivo da fervura é esterilizar o mosto antes de inocular a levedura, assim como ocorre precipitação de proteínas, resinas e taninos, desnaturação de enzimas, a aromatização e ocorre a evaporação da água, concentrando assim os extratos fermentescíveis do mosto. Ademais, há a formação de compostos que conferem cor e sabor característicos da cerveja, devido a reações entre aminoácidos e carboidratos (reações de Maillard), caramelização de açúcares e oxidação de polifenóis (ESTEVINHO, 2015) (ANNEMÜLLER; MANGER, 2013).

Nesta etapa adiciona-se o lúpulo, o qual possui α ácidos e na fervura são transformados em iso- α ácidos, conferindo amargor à cerveja. A adição do lúpulo no início da fervura é responsável pelo amargor e no final da fervura (faltando 15 minutos) é responsável pelo aroma da cerveja, ou seja, quanto mais tempo o lúpulo estiver na fervura mais amarga será a cerveja e quanto menos tempo estiver mais aromada será a cerveja (DA ROCHA, 2014).

Completada a fervura, o lúpulo e os materiais coagulados (*trub*) são separados do mosto, no resfriamento, de forma que os sólidos em suspensão se sedimentem e fiquem no fundo, facilitando a separação do mosto no momento da transferência para o fermentador. Caso não houver essa separação, pode prejudicar a fermentação, causando aparecimento de película ao redor da parede celular das leveduras e sedimentação, conseqüentemente, o grau de fermentação será reduzido e serão conferidos à cerveja coloração escura, sabor áspero e uma pobre estabilidade da espuma (ASANTE, 2008).

3. 2. 5. Resfriamento

O resfriamento atinge a temperatura de inoculação de leveduras, e pode ser realizado em trocadores de calor ou em serpentina onde a água fria passa por dentro. Os níveis de queda da temperatura vão depender do tipo de cerveja que se vai produzir. Cerveja do tipo *Ale* (alta fermentação), as temperaturas usuais são 7 C° a 10 C°, e a do tipo *Lager* (baixa fermentação), as temperaturas em média são 18 C° a 22 C°. O processo deve ser realizado rapidamente e sob condições assépticas para minimizar as possibilidades de crescimento de qualquer microrganismo contaminante (DRAGONE; ALMEIDA; SILVA, 2010).

3. 2. 6. Fermentação

Nesta etapa os açúcares fermentescíveis são consumidos e transformados em etanol e gás carbônico sob condições anaeróbicas, além da síntese de compostos de aroma e sabor característicos da cerveja. Esta etapa, é considerada a mais lenta da produção e abrange a fermentação do mosto e a maturação (BETRAMELLI, 2012).

Os microorganismos responsáveis pela fermentação são do gênero *Saccharomyces*, sendo a principal espécie *Saccharomyces cerevisiae* (ALMEIDA, 2014). As leveduras inoculadas catabolizam todos os açúcares disponíveis no extrato (glicose, frutose, sacarose, maltose e maltotriose), levando a formação de duas moléculas de etanol, duas moléculas de dióxido de carbono e energia (2ATP), a cada molécula simples de açúcar (BORTOLI; SANTOS; STOCCO, 2013).

Durante a fermentação o pH decresce, variando entre 4,3 a 4,6, devido aos ácidos orgânicos produzidos, na cerveja ele. Esse processo dura em torno de 7 a 12 dias. Durante esse processo é preciso controlar a temperatura de acordo com o tipo de cerveja que se quer obter (*Lager* ou *Ale*). Nas microcervejarias o controle da temperatura ocorre em geladeiras e algumas técnicas se diferenciam das grandes cervejarias (ESTEVINHO, 2015) (EBLINGER; NAZIBER, 2012).

3. 2. 7. Maturação

A maturação refina o sabor e o aroma da cerveja pela redução do teor de diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico, aumenta o teor de éster; carbonata parcialmente o produto (fermentação secundária); evita oxidações que comprometam sensorialmente a bebida; e clarifica o líquido através de deposição do fermento e outros materiais em suspensão. Nesta etapa a cerveja fica em repouso durante 15 a 60 dias, em temperaturas baixas de 0 a 3°C (DRAGONE; ALMEIDA; SILVA, 2010).

Com a clarificação, leveduras, resinas do lúpulo e complexos taninos-proteicos são removidos por meio de sedimentação, além da degradação lenta ou estabilização de compostos como o diacetil, produzidos na 1ª fermentação (BORTOLI; SANTOS; STOCCO, 2013).

3. 2. 8. Carbonatação

A carbonatação é realizada para atender as necessidades de formação de espuma. Na fabricação artesanal pode ser realizado de duas maneiras: *priming* e carbonatação

forçada (MATTOS, 2011). O *priming* consiste em adicionar açúcares fermentescíveis na cerveja imediatamente antes do envase, e as leveduras presentes na cerveja farão uma segunda fermentação liberando CO₂. Já a carbonatação forçada, consiste em injetar gás carbônico na cerveja usando um cilindro, um conjunto de mangueiras e uns conectores (KUNZE, 2010).

3. 2. 9. Envase

O envase pode ser realizado em barris, garrafas de vidro ou latas de alumínio. Nas cervejas artesanais são utilizados os barris e as garrafas. Antes do envase, o recipiente deve ser bem esterilizado para evitar a contaminação da cerveja. Ao realizar a transferência para as garrafas o líquido deve escorrer, sem muita turbulência para evitar aeração, para dentro da garrafa, até que a mesma esteja quase totalmente preenchida (MATTOS, 2011).

3. 2. 10. Pasteurização

A pasteurização é realizada com o intuito de destruir microorganismos que a cerveja e, deste modo, aumentando sua vida de prateleira. O procedimento consiste em manter, por cerca de 20 minutos a cerveja sob a temperatura de 60°C a 65°C, por meio do banho maria ou a vapor, em seguida, esfriá-la com água fria. Ao fim desse processo, a cerveja está pronta para o consumo e é acondicionada em local seco e arejado até que seja distribuída e comercializada (DA ROCHA, 2014).

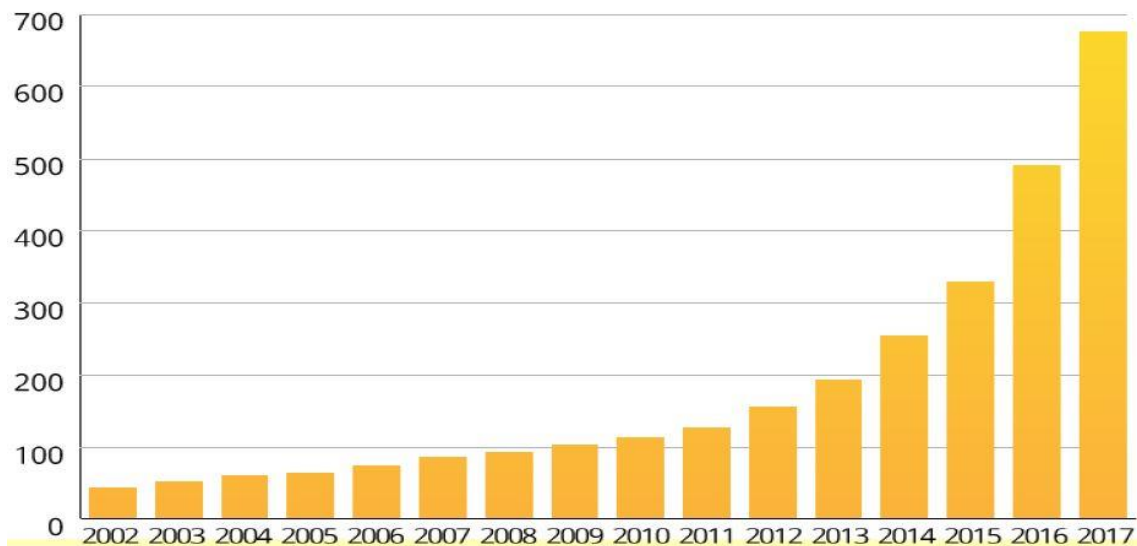
3. 3. Mercado da Cerveja Artesanal

O reconhecimento da qualidade dessa bebida aumenta a cada dia. É um mercado que está em franca expansão. Calcula-se que entre 1 e 1,5% do mercado cervejeiro nacional esteja concentrado nas artesanais. Os dados do último levantamento feito pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuário (MAPA), comprovam a tendência de expansão desse setor com a multiplicação de rótulos. Em 2017 o total de produtos registrados de cervejarias, cervejas e chopes, chegou a 8.903 produtos (ABRACERVA, 2017).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuário (MAPA), até junho de 2017 eram 610 cervejarias nesta categoria no país responsáveis pela produção de 7,5 mil produtos diferentes. Um levantamento realizado pela Associação Brasileira das Cervejarias Artesanais (Abracerva), mostra que em apenas cinco meses

aumentou em 10% o número de cervejarias, totalizando 675 novas empresas nessa categoria. A Figura 1 evidencia a tendência de crescimento exponencial do número de cervejarias no Brasil, que se iniciou em meados de 2010 e continua com seu ritmo de avanço (ABRACERVA, 2017; MAPA, 2017).

Figura 1 - Total de cervejarias artesanais por ano no Brasil.

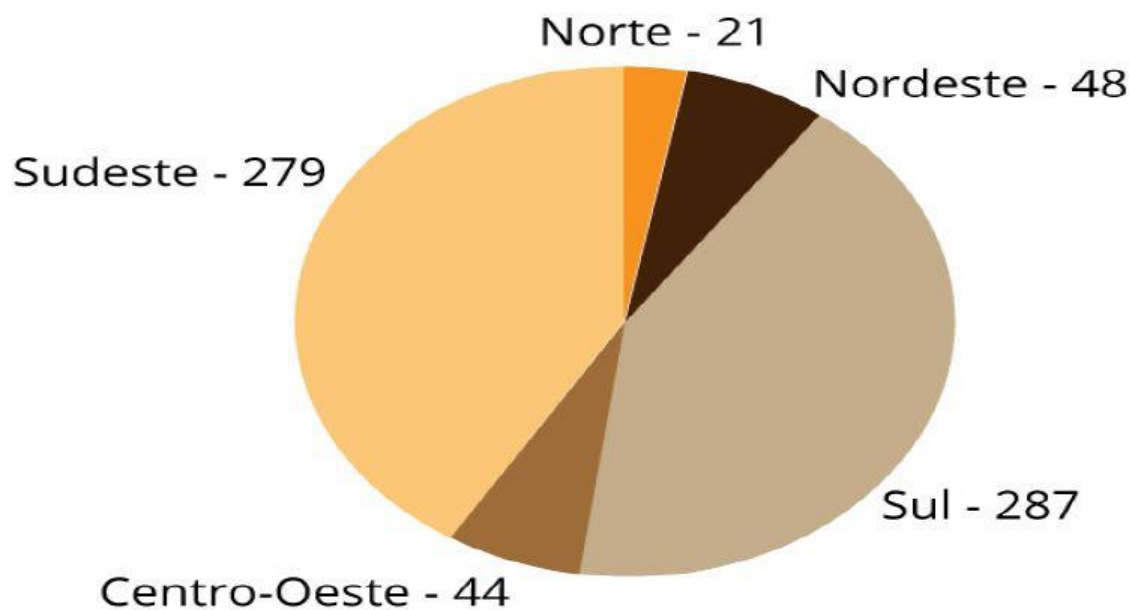


Fonte: MAPA (2017).

Esse aumento mostra que o mercado está amadurecendo e a demanda do consumidor aumentando. A busca por produtos diferenciados mostra que a exigência do cliente reflete na qualidade dos fabricantes. Isso faz com que se queira investir mais nesse mercado, e o que antes era “*hobby*” para muitos está se tornando um negócio rentável. O que torna cada vez mais interessante, realizar estudos sobre o processo dessa bebida (TSCHOEKE, 2018).

A maior parte das produtoras de cerveja artesanal estão concentradas no Sul (42%) e no Sudeste (41%) do país. Porém, todas as regiões do Brasil estão investindo nesse tipo de produção. Entre os estados, o maior número de cervejarias está em São Paulo (122), seguido de Rio Grande do Sul (119) e Santa Catarina (72). A Figura 2 mostra a quantidade de cervejarias por região (MAPA, 2017).

Figura 2 - Distribuição de cervejarias por região no Brasil.



Fonte: MAPA (2017).

Em relação à economia, o setor cervejeiro representou no ano de 2016 1,6% do PIB do país, e fechou o ano com um faturamento de R\$ 77 bilhões. É um dos setores mais empregadores do Brasil, com mais de 2,2 milhões de pessoas empregadas ao longo da cadeia produtiva, as cervejarias se tornam o 12º maior gerador de empregos de acordo com o BNDES (CERVBRASIL, 2017).

3. 4. Matérias-primas da cerveja

As matérias-primas utilizadas para a elaboração da cerveja são: a água, o malte de cevada, o lúpulo e a levedura, podendo também utilizar adjuntos. Os adjuntos utilizados em cervejarias são um suplemento ao malte de cevada. Sua utilização se deve por serem na maioria das vezes, produtos mais baratos que o malte e por poderem aumentar a capacidade de produção com o seu emprego. Mas, com a adição de adjuntos como trigo, arroz, entre outros, a cerveja deixa de ser puro malte, característica essa que os consumidores procuram ao obterem o produto (OLIVEIRA, 2011).

3. 4. 1. Água

A água é o principal constituinte da cerveja e corresponde a pelo menos 90% de sua composição e sua utilização durante a fabricação da cerveja deve satisfazer os requisitos de uma água potável (BARROS et. al., 2010). Os parâmetros de qualidade mais

importantes dessa matéria-prima para produção de cerveja são a dureza, o pH e a alcalinidade (MATTOS, 2011).

A dureza da água está relacionada com a quantidade de íons de cálcio e magnésio presentes. O nível de cálcio na água é importante para a estabilidade e sabor da cerveja. O cálcio estimula a ação enzimática das proteases e amilases, aumentando assim o teor de carboidratos fermentáveis e compostos nitrogenados no mosto (RIO, 2013). O magnésio, que provem principalmente do malte, geralmente está presente em quantidade suficiente na bebida e atua como co-enzima durante a etapa de fermentação (BERNSTEIN; WILLOX, 1977). O pH ideal que este ingrediente deve apresentar é entre 5,1 e 5,7, para que, quando seja feita a mistura entre malte e água, o pH ideal das enzimas do malte possa ser atingido (MATOS, 2011; MORAIS, 2015).

3. 4. 2. Malte de cevada

O malte é o produto obtido pela germinação e secagem da cevada (*Hordeum vulgare L.*) (BRASIL, 2009). De acordo com Hough (1985), ele é a principal matéria-prima da cerveja, qualitativamente, responsável por fornecer as enzimas e substrato apropriado para produção do mosto. O grão da cevada tem uma estrutura complexa, devido a essa característica, ele deve passar por um processo chamado de malteação, que dará origem ao malte de cevada. O amido presente no grão maltado de cevada encontra-se em cadeias menores, tornando-o menos duro e mais solúvel, fazendo com que na etapa de moagem do malte e adição de água, os carboidratos presentes nos grãos sejam facilmente dispersados na solução (KREISZ, 2009).

O processo de malteação consiste na umidificação do grão, em que as pequenas raízes começam a se desenvolver e ocorre a sintetização das enzimas responsáveis pela degradação do amido, das proteínas e de outras macromoléculas. Seguida da secagem em estufa, na qual ocorre a queda das radículas. Através dos diferentes graus de secagem, controlados com temperatura e umidade, são produzidos os diferentes tipos de malte. Para o malte de tipo *Pilsen*, a secagem é feita com temperaturas mais amenas, suficiente para retirar a água e preservar as enzimas. Por outro lado, secagens mais rigorosas produzem maltes mais escuros, responsáveis pela coloração mais escura de alguns tipos de cervejas, bem como aromas tostados como chocolate e café, como demonstrado na figura 3 (BOULTON, 2013).

Figura 3 - Diferentes maltes que podem ser utilizados na fabricação de cervejas.



Fonte: Hillesheim (2018).

3. 4. 3. Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus L.*) é uma espécie de planta trepadeira, dióica, ou seja, que apresenta flores masculinas e femininas. Pertence ao grupo das Urticáceas e da família *Cannabaceae* (Figura 3). Na cerveja o lúpulo tem a função de atribuir aroma e sabor característicos (CERVESIA, 2010; MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011).

Figura 4 – Lúpulo.



Fonte: Charles (2010).

O amargor proporcionado pelo lúpulo equilibra a doçura dos açúcares do malte e proporciona um final refrescante. A principal substância do amargor é o ácido alfa (Figura 5), que é insolúvel em água até ser isomerizada (Figura 6) pela ebulição do mosto. Quanto maior o tempo de ebulição, maior o percentual de isomerização e mais amarga a cerveja será. No entanto, os óleos que contribuem com sabores e aromas característicos são voláteis e se perdem em grande quantidade durante longas fervuras (PALMER, 2011, p.62).

Figura 5
Estrutura do ácido alfa

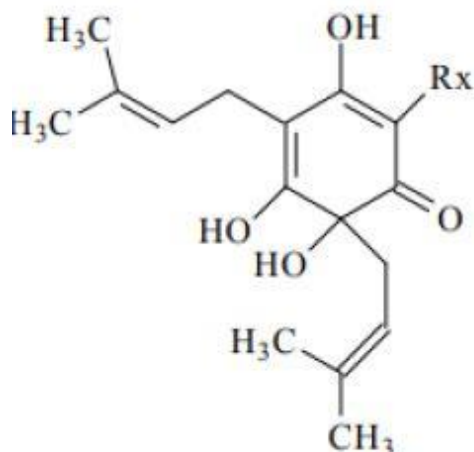
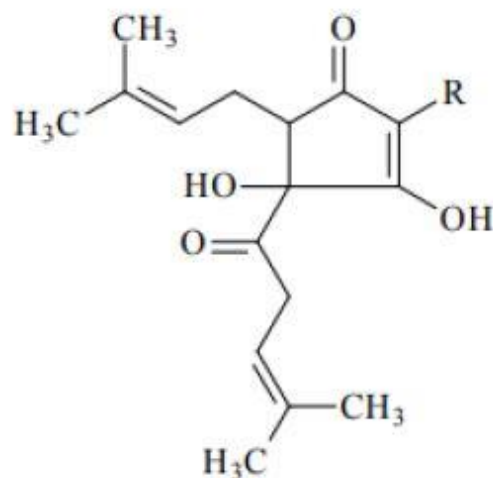


Figura 6
Estrutura do ácido iso alfa



Segundo Kunze (1999), a planta possui como principais componentes óleos essenciais, substâncias tânicas, substâncias amargas e proteínas. Tais compostos são responsáveis pela inserção de aroma e amargor característicos, oriundos dos óleos essenciais e substâncias amargas e também pela estabilidade da espuma, relacionada às proteínas.

3. 4. 4. Levedura

As leveduras têm como função principal a conversão de açúcares fermentescíveis (como glicose, frutose, sacarose, maltose e maltotriose) em etanol e gás carbônico e em menor quantidade em outros subprodutos (como glicerol, acetaldeído, butilenoglicol, além de ácidos orgânicos como o succínico, acético e pirúvico). Além disso, elas são determinantes nas características de aroma e sabor de qualquer cerveja (LIMA; FILHO, 2011; VENTURINI-FILHO, 2010).

3. 5. Mel

Entre a variedade de adjuntos que estão sendo utilizados na produção de cerveja destaca-se o mel, pois é um produto rico em glicose e frutose, vitaminas, minerais, compostos fenólicos, enzimas e substâncias aromáticas que irão contribuir com as características sensoriais a bebida (KUNZE, 2006 apud KEMPKA; THOMÉ; CONTO, 2017).

A composição físico-química do mel é naturalmente variável em vista da interferência de fatores como: condições climáticas predominantes, espécies de abelha e tipo de floradas (SILVA; QUEIROZ; FIGUEIREDO, 2004).

No Brasil, os méis monoflorais são produzidos por abelhas africanizadas, *Apis mellifera*, ou por abelhas nativas, do gênero *Meliponinae*, e normalmente mantêm as mesmas características físico-químicas e sensoriais, apreciadas pelo consumidor. Os méis biflorais são originados de duas espécies de plantas e, quando mais de duas espécies vegetais, são conhecidos como méis heteroflorais, pluriflorais ou silvestres; podendo também ser produzidos por *Apis mellifera* ou por abelhas nativas. As propriedades destes méis são muito variáveis, também em relação à espécie da abelha e de fatores como tipo de flor e clima (BARTH, 2005).

4. MATERIAL E MÉTODOS

As matérias-primas utilizadas na elaboração das cervejas, com diferentes concentrações de mel, foram: água, malte *Pale Ale* moído, lúpulo *Herkules* em *pellet* e levedura *Saccharomyces cerevisiae* (*Fermentis T-58*) (*Ale*) (Hopsteria Brew Shop, Belém/PA); mel de *Apis Mellifera* (Brangança/PA). A elaboração foi realizado no Laboratório de Alimentos e caracterização química foi realizada no Laboratório de Química, ambos da UEPA, campus CCNT - Belém.

4. 1. Formulação das cervejas

Foram produzidas quatro formulações: 0% – Controle (sem adição de mel), 10% – cerveja com adição de 10% de mel, 20% – cerveja com adição de 20% de mel, 30% – cerveja com adição de 30% de mel. Para cada formulação, foram adicionados: 5 litros de água, 1 kg de malte moído, 7,5 g de lúpulo, e 5 g de levedura, adaptado de Kempka (2017). Os méis (adjuntos) foram adicionados separadamente nas proporções de 10, 20 e 30% com base no extrato do mosto.

Para o cálculo das massas de mel utilizou-se as Equações 1 (cálculo da massa de extrato de mel) e 2 (massa de extrato de mel convertida em massa de mel), conforme Brunelli; Mansano; Venturini Filho (2014).

$$\% \text{ de mel na formulação} = \frac{\text{massa de extrato de mel (g)}}{\text{massa de extrato de mel (g)} + \text{massa de extrato do mosto (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Teor de extrato de mel (}^\circ \text{Brix)} = \frac{\text{massa de extrato de mel (g)}}{\text{massa de mel a ser adicionada no mosto (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

4. 2. Elaboração das cervejas

O malte moído foi adicionado em uma em um recipiente inoxidável juntamente com água, aquecida a 65°C, permanecendo durante 50 minutos sob rigoroso controle de temperatura e agitação. Após a etapa de mosturação, realizou-se uma filtração convencional, onde foi separado o mosto primário do bagaço do malte. Em seguida, adicionou-se, ao bagaço, água à 70°C, objetivando o aproveitamento dos açúcares residuais, obtendo-se, assim, o mosto secundário.

Filtrado, o mosto foi colocado novamente no recipiente inoxidável e submetido a fervura, que ocorreu durante 50 minutos. Nesta etapa foi realizada a adição do lúpulo desde o início da fervura.

Na sequência, realizou-se a etapa de clarificação deste mosto, visando a decantação do lúpulo. Os sólidos decantados do mosto foram separados no resfriamento até 20 °C e na trasfega aos baldes fermentadores. Para os mostos com adição de mel, após o resfriamento e clarificação do mosto, foi adicionado o adjunto correspondente na proporções de 10, 20 e 30% com base no extrato do mosto.

Para a etapa de fermentação, iniciou-se a propagação da levedura, adicionando-se 5 g de levedura em 200 mL de mosto. Após 10 minutos, o inóculo propagado foi adicionado ao volume de mosto, colocado em baldes fermentadores, de cada formulação (5 L de mosto) e homogeneizou-se o mosto, seguindo para a etapa de fermentação, que ocorreu na temperatura de 20°C, durante 7 dias. Os baldes fermentadores eram de Politereftalato de etileno (PET). Concluída a fermentação, iniciou-se a etapa de maturação, que consistiu em transferir os fermentadores para geladeira, permanecendo durante 7 dias.

No término do tempo de maturação, realizou-se a adição do *primming* (açúcar invertido que tem como objetivo o processo de refermentação da cerveja na garrafa visando a gaseificação), e, após a homogeneização, transferiu-se a cerveja para garrafas com capacidade de 1 L, devidamente higienizadas e esterilizadas, e procedeu-se o fechamento das garrafas com tampas de metal e engarrafador manual. As garrafas foram armazenadas em temperatura ambiente por 7 dias. Concluída a refermentação, as garrafas passaram pelo processo de pasteurização em banho-maria à 60°C/20 minutos e após o resfriamento, estas foram acondicionadas em temperatura de refrigeração (aproximadamente 5°C) e consideradas prontas para o consumo.

4. 3. Caracterização físico-química

4. 3. 1. Determinação de umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa, por meio da perda de peso da amostra até peso constante (Umidade 014/IV) (LUTZ, 2008).

4. 3. 2. Determinação de álcool em 20 °C

O teor alcoólico foi determinado por meio da destilação da cerveja e determinada a densidade relativa a 20 °C pelo picnômetro e convertido para porcentagem de álcool (Cervejas 245/IV) (LUTZ, 2008).

4. 3. 3. Determinação de extrato real

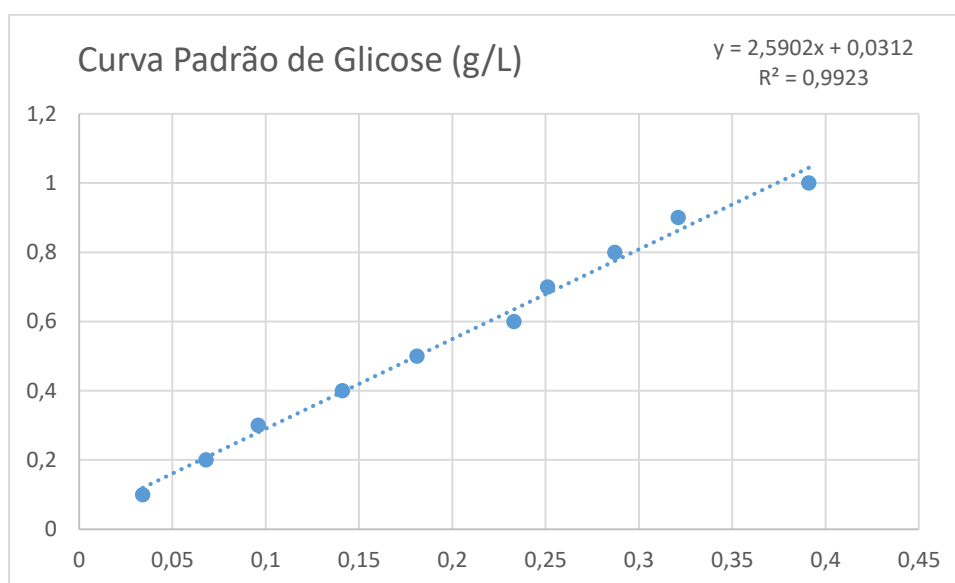
A determinação do extrato real por meio da pesagem do resíduo seco da amostra submetido à evaporação (Cervejas 248/IV) (LUTZ, 2008)

4. 3. 4. Determinação de açúcares redutores por DNS

O teste de DNS (ácido dinitrosalicílico) baseia-se na reação entre o açúcar redutor e o ácido 3,5-dinitrosalicílico (cor amarelo), que é reduzido a um composto colorido avermelhado, o ácido 3-amino-5-nitrosalicílico, oxidando o monossacarídeo redutor (EMBRAPA, 2013).

As amostras de cerveja foram diluídas em 5%. Foi realizada uma curva padrão de glicose para quantificar os açúcares por meio da equação da reta (Gráfico 1). Para a determinação colocou-se em tubos 250 µL de amostra e 250 µL do reagente de ADNS, agitou-se e colocou-se em banho-maria à 100°C (ebulição) por 5 min. Resfriou-se os tubos em banho de gelo, depois adicionou-se 4 mL da solução de Tartarato Duplo de Sódio e Potássio, homogeneizou-se e realizou-se a leitura no espectrofotômetro a 540 nm.

Gráfico 1 - Curva padrão de glicose.



Fonte: Autor (2019).

4. 3. 5. Determinação de acidez

Foi determinado pela titulação de neutralização dos ácidos com solução padronizada de hidróxido de sódio, com o uso de indicador fenolftaleína até o ponto de equivalência (Bebidas fermento-destiladas 221/IV) (LUTZ, 2008).

4. 3. 6. Determinação de pH

Determinou-se por meio de um potenciômetro (peagâmetro), com leitura direta, simples e precisa do pH (017/IV) (LUTZ, 2008).

4. 3. 7. Análise de cor

O valor estipulado pela European Brewery Convention (EBC) ou a ASBC indica quanta luz a cerveja. A cor real de cada cerveja é simplesmente a variação de uma tonalidade marrom, que varia de acordo com a concentração de vermelho, acobreado e âmbar em tons amarelo dourado e amarelo claro (MEBAK, 2012).

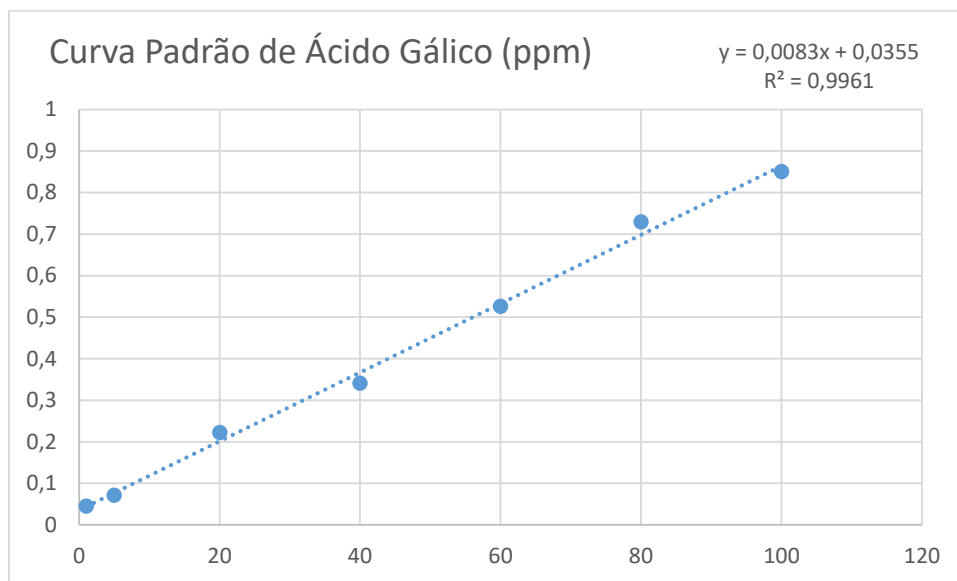
A absorvância da cerveja é medida no comprimento de onda de 430 nm e calculada da seguinte forma, de acordo com MEBAK (2012):

Absorvância da cerveja a 430 nm \times 25 = Cor em unidades EBC.

4. 3. 8. Determinação de compostos fenólicos totais

Essa determinação baseia-se na redução, em meio alcalino, de como compostos fenólicos com o Follin-Ciocalteau (estado de oxidação +6), que é composto de ácidos fosfomolibdênico e fosfotungístico. Essa reação formam o complexo azul de tungstênio e molibdênio azul ($\text{PMoW}_{11}\text{O}_4^{4-}$). A intensidade da cor meio reacional apresenta uma correlação linear com os compostos redutores, tais como polifenóis, dióxido de enxofre, ácidos orgânicos, açúcares (frutose e sacarose), e alguns aminoácidos presentes na amostra analisada (SOUSA et al. 2007).

O padrão da análise foi feito em diferentes concentrações de ácido gálico (Gráfico 2). Adicionou-se 0,5 mL de solução extrato da amostra, 2,5 mL de solução de Follin-Ciocalteau à 10% e 2 mL de solução de Carbonato de Sódio à 7,5%, agitou-se colocou-se em banho-maria a 50 °C por 15 min. Após isso foi resfriado e as amostras foram lidas em espectrofotômetro à 750 nm (SINGLETON et. al., 1999).

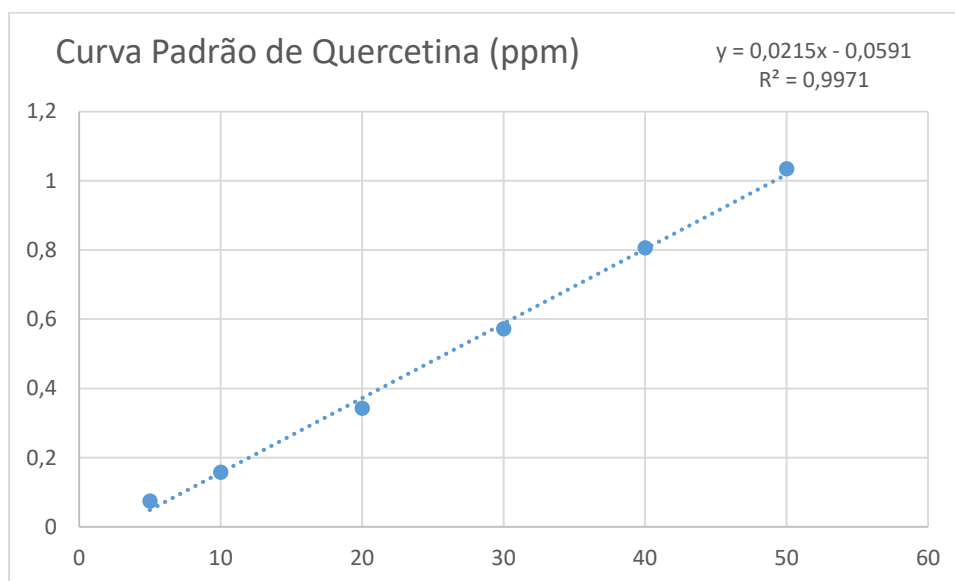
Gráfico 2 - Curva padrão de ácido gálico.

Fonte: Autor (2019).

4. 3. 9. Determinação flavonoides totais

Foi determinado de acordo com Chang et. Al. (2002) com modificações. Baseia-se na reação do cloreto de alumínio com grupos orto-diidroxilas formando complexos metálicos estáveis de hidroxilas ionizáveis em C3, C4 e C5 dos grupos cetos de flavonas e flavonóis (MABRY et. Al., 1970).

Para o procedimento, adicionou-se 1,5 mL de extrato da amostra e 1,5 mL de solução de cloreto de alumínio à 5% em etanol, agitou-se e aguardou-se 15 min da reação, depois foi lido em espectrofotômetro à 425 nm. Observou-se a formação de um tom amarelo na reação. O branco foi feito substituindo a amostra por água destilada. A curva padrão foi feita com Quercetina (Gráfico 3).

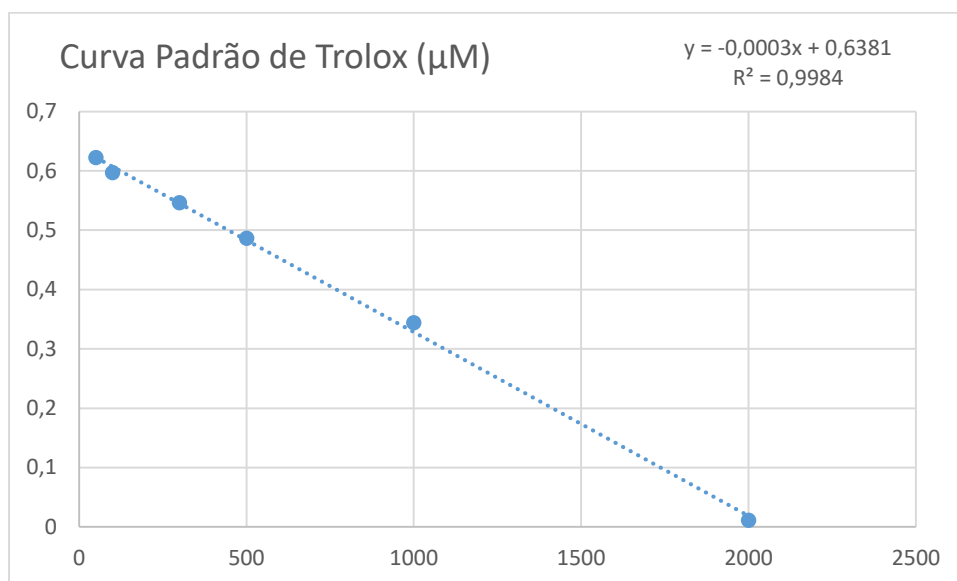
Gráfico 3 - Curva padrão de Quercetina.

Fonte: Autor (2019).

4. 3. 10. Determinação da atividade antioxidante por ABTS

O método ABTS (Ácido 2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolína-6-sulfônico) baseia-se em uma reação de transferência de elétrons, na qual avalia-se a capacidade dos antioxidantes de capturar o cátion radical $ABTS^+$. Esta captura produz um decréscimo na absorvância a 734 nm. O decréscimo produzido pelo Trolox (análogo hidrossolúvel da vitamina E) é comparado ao produzido pelo antioxidante que se está analisando (MILLER et al., 1993). A curva gerada pela inibição da absorvância (Gráfico 4) é calculada, sendo que os resultados são interpolados na curva de calibração e expressos em atividade antioxidante equivalente a 1 mM do Trolox (RUFINO et al., 2007).

Foram feitas 4 diluições dos extratos das amostras, de 20 a 80%, tendo quatro pontos para formar uma curva para cada amostra. Em tubos de ensaio, colocou-se 30 μ L de cada diluição e 3 mL do radical ABTS. Agitou-se e após 6 min realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 734 nm. O álcool etílico foi utilizado para calibração do equipamento (branco).

Gráfico 4 - Curva padrão de Trolox.

Fonte: Autor (2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises físico-químicas das cervejas estão a seguir na tabela 3:

Tabela 3 – Caracterização físico-química das formulações de cerveja.

Parâmetros	0%%	10%	20%	30%
Umidade (% m/m)	95,75±0,003	96,19±0,007	95,63±0,05	95,4±0,04
Álcool (% v/v)	3,5	4,15	4,95	5,45
Extrato Real (% m/v)	4,33±0,02	3,85±0,004	4,42±0,07	4,63±0,03
Açúcares Redutores (g/L)	0,79±0,04	0,74±0,01	1,07±0,04	0,68±0,02
Acidez (% m/v)	0,10±0,004	0,14±0	0,13±0	0,12±0,004
pH	4,47	4,23	4,27	4,36
Cor (°EBC)	12,65	13,35	14,025	15,025

Fonte: Autor (2019).

Os valores de umidade encontram-se 5% superiores aos analisados por Brunelli (2012), entre 90 a 91%, que elaborou também cerveja com mel. Principal motivo dessa diferença está em os mostos estarem mais diluídos, por causa do nível água de lavagem usada na filtragem do mosto secundário.

Com o aumento da concentração de mel nas formulações, maiores foram os níveis de teor alcoólico. O mel possui majoritariamente açúcares fermentescíveis que na cerveja causam maior crescimento das leveduras no mosto, assim, há maior consumo de açúcares e maior formação de álcool e gás carbônico.

A partir do teor alcoólico as cervejas podem ser classificadas em sem álcool (< 0,5%), baixo teor alcoólico (0,5 a 2,0%), médio teor alcoólico (2,0 a 4,5%) e alto teor alcoólico (4,5 a 7,0%) (BRASIL, 1997). Outros autores que elaboraram cerveja com mel, Kempka (2017), Brunelli (2012), Mansano (2010) e Oliveira (2015) encontraram teores alcoólicos entre 3,18 a 5,6%, caracterizando as cervejas em médio e alto teor alcoólico.

Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 1997), o percentual de extrato real indica a quantidade de ingredientes não transformados em álcool que são encontrados na cerveja depois da fermentação. São eles que proporcionam corpo, cor, estabilidade da espuma e sabor à cerveja.

O extrato real está diretamente relacionado com os sólidos totais presente na cerveja, sendo a maioria açúcares, assim como o extrato seco visto que ambos os tipos de extratos visam a pesagem do resíduo seco após a evaporação da amostra. O Decreto nº. 6.871 (BRASIL, 2009), que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a

inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, especifica que o extrato seco deve estar entre 2,0 e 7,0%. Logo, os valores encontrados neste trabalho estão dentro com o padrão da legislação.

Kempka (2017), Brunelli (2012), Mansano (2010) e Oliveira (2015), também encontraram valores vigentes na legislação variando de 3,3 a 6,21%.

O teor de açúcares redutores variou de 0,68 a 1,07 g/L. Esses valores foram próximos aos encontrados por Pereira et. al. (2019) e Pereira (2018), os quais variaram entre 0,72 a 0,95% de açúcares redutores totais em glicose. No entanto, Kempka (2017) apresentou valores superiores de açúcares redutores totais de 1,26 a 1,91%, tais valores podem ter relação com a massa de mel adicionada ao mosto ou tempo de fermentação.

Os valores de acidez variaram de 0,11 a 0,14%, expresso em g de ácido acético por 100 mL de cerveja, estão em conformidade com a legislação que padroniza o limite de acidez nas cervejas entre 0,1 a 0,3%. Outros autores encontraram valores superiores à 0,14%, como Mansano (2010) e Pereira et. al. (2019) onde acidez das cervejas elaboradas com mel foram 0,16 a 0,26%. Sousa (2009) relata que o controle da acidez da cerveja é importante para evitar possíveis alterações nas características organolépticas causada por microorganismos.

O responsável pela acidez da cerveja é o ácido carbônico, resultante da reação entre o CO₂ e a H₂O, que eleva a acidez da bebida, podendo ser responsável pelo aumento da acidez nas cervejas mais carbonatadas. A maioria dos ácidos presentes na cerveja já existe no mosto, porém em proporções distintas, e suas concentrações variam em função da matéria-prima, da variedade do malte e das condições de maltagem (VENTURINI FILHO, 2000).

O pH das cervejas variou 4,23 a 4,47 ficando dentro do limite mencionado por Venturini Filho e Cereda (2001), com valores de pH de 3,8 a 4,7 para cervejas puro malte. Brunelli; Mansano; Venturini Filho (2014) analisaram cervejas elaboradas com mel em diferentes proporções e encontraram valores médios de pH de 4,66 em cervejas com 20% de mel e pH 4,54 em cervejas com 40% de mel na formulação. Importante ressaltar que os valores de pH encontrados foram inferiores a 4,5, valor limite para evitar-se contaminações por bolores e leveduras e por bactérias Gram positivas (pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Pediococcus*), que são as que, geralmente, oferecem maior risco de contaminação.

A adição de mel pode ajudar na conservação da cerveja, pois com o pH mais baixo a proliferação de microrganismos também diminui (WILSON, 2011), e sem comprometer as características da cerveja.

A cor das cervejas aumentaram em relação direta o aumento do teor de mel nas formulações, variando de 12,65 a 15,02 EBC. Mansano (2010) também encontrou valores próximos para a cor nas cervejas elaboradas com mel, sendo que seus resultados foram de 14,8 EBC para cerveja puro malte, 15,1 EBC para cerveja com mel de laranjeira, 19,5 EBC para cerveja com mel de eucalipto e 17,4 EBC para cerveja com mel silvestre, sendo valores maiores. A cor das cervejas se deve aos açúcares presentes no mel associados à melanina e caramelo presentes no malte (BRIGGS et al., 2004).

Todas as cervejas produzidas podem ser consideradas claras pela legislação, pois sua intensidade de cor está abaixo de 20 EBC 342 (BRASIL, 2009).

A seguir a tabela 4 apresenta os valores de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante por ABTS das cervejas.

Tabela 4 – Valores de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante por ABTS.

Parâmetros	0%	10%	20%	30%
Compostos Fenólicos (mg/L)	545,7832±3,4078	784,3374±10,2233	519,8796±5,1116	527,7109±2,5558
Flavonoides Totais (mg/L)	29,1628±0,2192	30,093±0,155	29,1628±0,6578	32,5736±0,4102
ABTS (Eq Trolox µM)	19,6652±0,1609	19,5961±1,4945	25,2203±0,8625	25,3611±1,3503

Fonte: Autor (2019).

Os compostos fenólicos totais quantificados foram de 519,8 a 784,3 mg/L. Em relação aos trabalhos publicados de cerveja com mel, não constam valores quanto compostos fenólicos e flavonoides totais e atividade antioxidante. Machado (2017) e Sorbo (2017) determinaram compostos fenólicos em cervejas adicionadas com polpa de maracujá e outra com cacau, os valores encontrados foram: 476,98 a 731,72 mg/L. Matsubara et. al. (2016) e Trindade (2016), ao introduzirem adjuntos como o extrato puro de gengibre e polpa de amora em cerveja artesanal, assim como no presente estudo, identificaram incremento tanto na capacidade antioxidante quanto no aumento dos compostos fenólicos.

A quantidade de flavonoides totais não apresentaram muita diferença entre as formulações, sendo os valores 29,16 a 32,57 mg/L. Machado (2017) encontrou teores

diferentes de flavonoides totais em diferentes tratamentos na elaboração de cerveja artesanal com polpa de maracujá, com 43,7 mg/L no tratamento controle e 138,64 mg/L no tratamento fermentação, vale ressaltar que o valor encontrado está expresso em catequina. Outro autor que encontrou resultados expressos em catequina foi Nardini et. al. (2020), onde ele determinou em cervejas com diferentes tipos de frutas, variando de 51,9 a 221,8 mg/L. Os valores encontrados estão superiores aos da cerveja com mel pois na formulação com frutas há maior adição da polpa por possuir Brix baixo, resultando numa maior adição de compostos bioativos.

Os resultados encontrados para atividade antioxidante por ABTS foram muito menores aos encontrados por Machado (2017) e Nardini et. al. (2020), 740 a 1160 μM Eq Trolox e 1290 a 3530 μM Eq Trolox, respectivamente. Isso também está relacionado às massas adicionadas de frutas na formulação, pois na presença de anel benzênico e um ou mais grupamentos hidroxila e/ou metoxila, maiores são as propriedades antioxidantes na interação com os prótons liberados dos fenólicos pela força de reação dos agentes oxidantes (KARADAG, 2009; THAIPONG, 2006).

6. CONCLUSÃO

As cervejas elaboradas com mel apresentaram parâmetros físico-químicos de acordo com a legislação e a literatura, o que demonstra que a utilização do mel como adjunto cervejeiro não interfere na qualidade final do produto. A adição do mel no mosto contribuiu com a diminuição do pH, aumentando acidez, o que confere mais segurança ao produto. O teor alcoólico e a cor aumentaram de acordo com maior porcentagem de mel nas formulações, mas não estão fora do padrão da legislação para cerveja forte e clara.

Os compostos fenólicos totais quantificados possuem resultados próximos da literatura, mas em cervejas com polpas de frutas. Os flavonoides totais encontram-se inferiores à literatura de cerveja com frutas, assim como a capacidade antioxidante. Por isso, se faz necessário maiores estudos de compostos bioativos e capacidade antioxidante em cervejas com mel para averiguar possíveis funcionalidades que esse tipo de cerveja pode apresentar.

Por fim, de maneira a explorar o potencial desse trabalho, devem ser realizadas análises de turbidez, amargor, capacidade antioxidante em diferentes metodologias e análise sensorial a fim de relacionar os parâmetros físico-químicos com as características organolépticas próprias dessa cerveja.

7. REFERÊNCIAS

ABRACERVA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS CERVEJARIAS ARTESANAIS. **Setor cervejeiro**. Disponível em: <<http://abracerva.com.br/em-cinco-meses-brasil-registra-65-novas-cervejariasartesanais/>>. Acesso em: 29 de mar. 2019.

ALMEIDA, N. E. C. DE. **Reatividade das lupulonas, terpenos, flavonoides prenilados e compostos contendo grupos tióis livre frente aos radicais formados durante o envelhecimento da cerveja**. 127 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo (USP), 2014.

AMBEV. **Programa de formação técnica cervejeiros**. Jacareí: AmBev, 2011.

ANNEMÜLLER, G.; MANGER, H. J. **Processing of various adjuncts in beer production**. Alemanha: VLB Berlin, p. 150 - 152, 2013.

AQUARONE, E. BORZANI, W. SCHIMIDELL, W. LIMA, U. de A. **Biotecnologia industrial: vol 4 – Biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgar Blücher, 2001. 533p.

ASANTE, P. K. **Suitability of cassava starch as adjunct substitute for barley in the brewing of beer (stout beer)**. 2008. 102 f. Master of Science - Department of Biochemistry, Kwame Nkrumah university of science and technology, Kumasi, 2008.

BAMFORTH C. **BEER: Tap Into The Art of Science of Brewing**. 2. ed. Oxford University Press, 2003.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos. Pesquisa e Desenvolvimento na Ciência e na Indústria**. Campinas. Editora Bookman, 4. Ed. 2010.

BARTH, O. M. Análise polínica de mel: avaliação de dados e seu significado. **Revista Mensagem Doce**, n.81, 2005.

BERNSTEIN, L., WILLOX, J.C. Água. Em: BRODERICK, H.M. **El cervecero en la practica**. Lima: Asociación Latinoamericana de Fabricantes de Cerveza. Cap. 4, p.53-82, 1977.

BETRAMELLI, M. **Cervejas, Brijas e Birras: um Guia Completo para Desmitificar a Bebida mais Popular do Mundo**. São Paulo: Leya, 2012.

BORTOLI, D. A. S.; SANTOS, F.; STOCCO, N. M. **Leveduras e produção de cervejas - Revisão**. Bioenergia em revista: diálogos, p. 45–58, 2013.

BOULTON, C. **Encyclopedia of Brewing**. United Kingdom: Wilwy-Blackwell. 707 p. 2013.

BRASIL. Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Estabelece o regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 out. Seção 1, p.16-17, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 jun. 2009.

BRASIL. Decreto n. 2.314, de 4 de setembro de 1997. Regulamenta a lei n 8.918 de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília**, 5 set. 1997.

BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R. **Malts, adjuncts and supplementary enzymes**. Brewing: Science and Practice. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004

BRUNELLI, L. T; MANSANO, A. R.; VENTURINI FILHO, W. G. Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.17, n. 1, p. 19-27, 2014.

BRUNELLI, L. T. **Produção de cerveja com mel: características físico-químicas, energética e sensorial**. 103 f. Dissertação - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

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

CERVBRASIL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA CERVEJEIRA. **Setor econômico**. Disponível em: <<http://www.cervbrasil.org.br/paginas/index.php?page=dados-do-setor>>. Acesso em: 10 de abril 2019.

CERVESIA. **Tecnologia cervejeira**. Disponível em: <www.cervesia.com.br>. Acesso em: 15 abril 2019.

CHANG, C. C.; YANG, M. H.; WEN, H. W.; CHERN, J. C. Estimation of Total Flavonoid Content in Propolis by Two Complementary Colorimetric Methods. **Journal of Food and Drugs Analysis**, v.10, n.3, p. 178-182. 2002.

CHARLES, Brenson Bier. **Do grão ao copo – Ingredientes – Lúpulo**. 2010. Disponível em: <<http://charlesbrenson.blogspot.com/2010/08/do-grão-ao-copo-ingredientes-lupulo.html>>. Acesso em: 15 de abril 2019.

COSTA, M. I. C. R. **Implementação e validação da nova sala de brassagem. Caso de estudo desenvolvido na Sociedade Central de Cervejas e Bebidas**. 87 p. Tese (Doutorado). 2014.

DA ROCHA, F. R. M. R. **Monitorização de parâmetros físico-químicos do grão de cevada / malte ao longo do processo de maltagem**. 111 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Química e Bioquímica. Universidade do Porto (FCUP), 2014.

DRAGONE, G.; FLOREZ, M. D. G.; GARCIA, M. A. V; ALMEIDA E SILVA, J. B., Uisque, In VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010. cap. 20, p.385-410.

DRAGONE, G.; MUSSATI, S.I.; SILVA, J.B.A. Utilização de mostos concentrados na produção de cervejas pelo processo contínuo: novas tendências para o aumento da produtividade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 27, p. 37-40, 2007.

EBLINGER, H. M.; NARZIB, L. **Beer, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**. Weinheim: Weiley-VCH Verlag GmbH. v. 5, p. 178-220, 2012.

EMBRAPA. **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS**. Comunicado Técnico. n°85. Brasília, 2013.

EMBRAPA: **Tecnologia para Obtenção Artesanal de Hidromel do Tipo Doce**. Belém, PA, 2006.

ESTEVINHO, L. M. Leveduras e fermentações: O caso da cerveja. **Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio: livro de atas**. p. 10-16, 2015.

- FERREIRA, R.H.; VASCONCELOS, M.C.R.L.; JUDICE, V.M.M.; NEVES, J.T.R. Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de Belo Horizonte. **Perspectivas em Ciência da Informação**, n. 16, p. 171-191, 2011.
- HILLESHEIM, E. L.; MIGNONI, M. L. A QUÍMICA DA CERVEJA. **Química das Bebidas**, p. 55.
- HOUGH, J. S. **The biotechnology of malting and brewing**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. 159 p.
- KARADAG, A. et. al. Review of Methods to Determine Antioxidant Capacities. **Food Analysis Methods**, v. 2, p. 41 – 60, 2009.
- KEMPKA, A. P.; THOMÉ, B.C.; CONTO, R. M. Produção de cerveja artesanal tipo ale utilizando mel de diferentes floradas como adjunto. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8, n. 1, p. 105-125, jan./mar. 2017.
- KREISZ, S. Malting. In: EBLINGLER, H. M. **Handbook of brewing: Processes technology, markets**. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009.
- KUNZE, W. **Technology Brewing and malting International**. Berlin: VLB. 1ª. Edição. New Jersey, USA: Noyes Publications, 1999.
- KUNZE, W. La cerveza terminada. In: KUNZE, W. **Tecnología para cerveceros y malteros**. Berlín: VLB Berlin, cap. 7, p. 826-885, 2006.
- KUNZE, W. **Technology: Brewing & Malting**. 4 ed. Alemanha: VLB Berlin, 2010, 1057 p.
- LIMA, L.L.A. & FILHO, A.B.M. **Tecnologia de Bebidas**. Sistema Escola Técnica aberta do Brasil – e-Tec Brasil. Presidência da República Federativa do Brasil. UFRPE/CODAI. 2011.
- LUTZ, INSTITUTO ADOLFO. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. **São Paulo: ANVISA**, 2008.
- MABRY, T. J.; MARKHAM, K. R.; THOMAS, M. B. **The Systematic Identification of Flavonoids**. Springer-Verlag. New York – EUA. 1970.
- MACHADO, E. da R. et al. **Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal com adição de cacau**. 2017.

MAPA. Ministério da agricultura, abastecimento e pecuária. **Anuário da cerveja no Brasil**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/a-cerveja-no-brasil>> Acesso em: 10 de abril 2019.

MANSANO, A. R. **Produção de cerveja, utilizando méis de diferentes origens botânicas como adjuntos**. 2010.

MATTOS, R. A. G. Cerveja: **Panorama do mercado, produção artesanal, e avaliação de aceitação e preferência**. 2011. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2011.

MATSUBARA, A. K. et al. Desenvolvimento de Cerveja Artesanal de Trigo Adicionada de Gengibre (*Zingiber officinale roscoe*). In: **Tópicos em Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2016. v. 2.

MEBAK, Wort, Beer, **Beer-Based Beverages**, 1ª edición, 2012, página 185 y siguientes.

MEGA, J.F.; NEVES. E.; DE ANDRADE C.J. A Produção da Cerveja no Brasil. **Citino**, v 1, n 1, 2011.

MILLER, N. J.; et al. A Novel Method for Measuring Antioxidant Capacity and its Application to Monitoring the Antioxidant Status in Premature Neonates. **Clinical Science**, 84, 407-412, 1993.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009. 357p.

MORAIS, J. S. **O Lúpulo: Cultivares e Extrato. Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio**, p. 11-22, 2015.

NARDINI, M.; GARAGUSO, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Food chemistry**, v. 305, p. 125437, 2020.

NATIONAL HONEY BOARD. **Honey in beverages**. Longmont, 2006. Disponível em: <<https://www.honey.com>>. Acesso em: 19 out. 2017.

NOVOZYMES. **Brewing Handbook**, 1a ed., 2013.

OETERRER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri, SP: Manole, 612p, 2006.

OLIVEIRA, M.; FABER, C. R.; PLATA-OVIEDO, M. S. V. Elaboração de Cerveja Artesanal a Partir da Substituição Parcial do Malte por Mel. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 6, n. 3, p. 01-10, 2015.

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

PALMER, J. **How to Brew: Everything You Need To Know To Brew Beer Right The First Time**. 1ª. ed. [S.l.]: Natl Book Network, v. I, 2006. 325 p. ISBN 0937381888. Disponível em: <<http://howtobrew.com/>>. Acesso em: 15 abril 2019.

PEREIRA, F. R.; FONSECA, J. P. A. C.; LEITAO, A. M. CERVEJAS DE MEL. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 2019.

PEREIRA, F. R. **Cervejas artesanais elaboradas com diferentes méis**. Trabalho de conclusão de curso (Ciência e Tecnologia de Alimentos) ± Universidade Federal do Pampa ± Campus Itaqui, 2018.

RIO, R. F. **Desenvolvimento de uma cerveja formulada com gengibre (*Zingiber officinalis*) e hortelã do Brasil (*Mentha arvensis*): avaliação de seus compostos bioativos e comparação com dois estilos de cerveja existentes no mercado**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 69 p., 2013.

ROSA, N.A.; AFONSO, J.C.; A Química da Cerveja. **Química Nova**, v. 37, n 2, p. 98-105, 2015.

RUFINO, M. S. M.; et al. **Determinação da Atividade Total em Frutas Pela Captura do Radical Livre ABTS**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 4p. Comunicado Técnico, 128). 2007.

SANTOS, S. P. **Os Primórdios da Cerveja no Brasil**. Ateliê Editorial: Cotia, 2003.

SANTOS, I. J., SANTOS, Y. L, OLIVEIRA, M. G. A., SILVA, P. H. A. **Expressão da alfa e beta amilase durante a germinação de cevada**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.12, n.1, p.67-73, 2010.

SORBO, A. C. A. C. **Avaliação das propriedades de uma cerveja artesanal tipo pilsen suplementada com polpa de maracujá**. 2017.

SOUSA, C. M.; SILVA, H. R. E.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. **Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais.** *QuimNova30*: 351-355, 2007.

SILVA, C. L.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Caracterização físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2/3, p. 260-265, 2004.

SILVA, P.H.A.; FARIA, F.C. Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 28, p. 902-906, 2008.

SINGLETON V. L.; ORTOFHER, R.; LAMUELA, R.M. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin - Ciocalteu Reagent. **Meth Enzymology**, 299:152-78. 1999.

SMITH, B. **Brewing beer with honey.** Beer Smith Home brewing blog, 2009. Disponível em: <<https://www.beersmith.com>>. Acesso em: 19 out. 2017.

THAIPONG, k. et. al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 669 – 675, 2006.

TRINDADE, S. C. **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal.** Dissertação(mestrado) - Cascavel: Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

TSCHOEKE, I. C. P. **Modelagem cinética da brassagem de cerveja artesanal.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

VENTURINI FILHO, W. G., CEREDA, M. P. Farinhas de mandioca como adjunto de malte na fabricação de cerveja: avaliação físico-química e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.16, n.1, p.42-47, 1996.

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

VENTURINI FILHO, W.G. **Tecnologia de cerveja.** Funep: Botucatu, 2000. 83p.

VENTURINI FILHO, W.G.; CEREDA, M.P. Cerveja. In: BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; 448 ALMEIDA LIMA, U.; AQUARONE, E. (Org.). **Biotecnologia Industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

VENTURINI FILHO, W. G. [Coord.]. **Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: E. Blucher, 2005. xiv, 550 p, il. 2005.

WILSON, T. **Produção de mel**, como tudo funciona. Disponível no site:<
<http://ciencia.hsw.uol.com.br/abelha6.htm>> Acesso em abril de 2019.

ANEXOS



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Tecnologia de Alimentos
Travessa Enéas Pinheiro, 2626 – Marco
66095-490. Belém – PA
www.uepa.br