



ANÁLISE DA VIABILIDADE NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO LÚPULO DE AMARGOR NA FABRICAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL

Ketlen Silvestri Troian¹

Aline Resmini Melo²

Larissa Bento Bortolatto³

Carolina Resmini Melo Marques⁴

Resumo: O ramo cervejeiro encontra-se em constante crescimento e aprimoramento, isso faz com que haja uma grande procura por novas tecnologias e inovações, essas visando não alterar fatores padrões da cerveja. Esse trabalho visa à produção de cervejas artesanais com modificações na receita, consistindo na substituição parcial do lúpulo de amargor presente na fórmula por três ervas diferentes (chá amargo, café verde, artemísia), que possuam as mesmas características que o lúpulo, mas que apresentem um menor custo benefício. Foram fabricadas quatro cervejas, sendo que uma não sofreu modificação em sua receita, onde é utilizada como cerveja padrão. Já as outras três possuíram modificações na quantidade de lúpulo de amargor. Foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas para comprovar a viabilidade técnica da substituição do lúpulo de amargor. Por meio de comparações entre a cerveja padrão e as outras três cervejas, pode-se observar que a cerveja se comportou de forma adequada a substituição, e não se observou alterações significativas nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. As cervejas A, B e C apresentaram valores aceitáveis para as análises realizadas, porém a cerveja A apresentou custo elevado, se tornando inviável em termos econômicos.

Palavras-chave: Cerveja. Lúpulo. Amargor.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se em terceiro lugar em produção de cerveja e em décimo quinto em consumo (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; VENTURINI, 2010). Cada vez mais este comércio cresce, sendo necessárias inovações constantes nesta área. O presente trabalho estuda uma substituição parcial do lúpulo de amargor presente na fórmula da cerveja, por três diferentes ervas (chá amargo, café verde, artemísia) que possuam características semelhantes com as do lúpulo.

¹ Graduanda em Engenharia Química, Faculdade Satc. E-mail: ketty_st@hotmail.com

² Professora Faculdade Satc. E-mail: aline.melo@satc.edu.br

³ Professora Faculdade Satc. E-mail: larissa.bortolatto@satc.edu.br

⁴ Professora Faculdade Satc. E-mail: carolina.melo@satc.edu.br



O lúpulo é considerado o insumo mais caro e um dos mais importantes da cerveja, um fator para o alto preço é que o Brasil não o produz, sendo necessário então importá-lo. Há diversos tipos de lúpulos e seus preços variam de 20 a 50 reais para cada 50 g, este valor varia de acordo com o tipo e origem.

No presente trabalho foi possível observar se a substituição parcial do lúpulo de amargor se tornou viável em termos de qualidade do produto final, para isso foram analisadas algumas características físico-químicas do mesmo. Analisando os resultados encontrados por meio das análises físico-químicas e microbiológicas, é possível avaliar se a substituição foi viável em termos experimentais e econômicos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresentará uma breve revisão bibliográfica sobre a história da cerveja, sua fabricação, ingredientes e análises que foram realizadas.

2.1 HISTÓRIA DA CERVEJA

Segundo Oetterer, Regitano-D'Arce e Spoto (2006) e Venturini (2010), a cerveja é uma das mais antigas e apreciadas bebidas do mundo, e faz parte da cultura da maioria das civilizações antigas. Estima-se que a prática da fabricação de cerveja começou por volta de 8.000 a.C, na região da Mesopotâmia.

O primeiro regulamento sobre o processo de fabricação da cerveja ocorreu na Baviera, em 1516, assinado pelo Duque Guilherme IV, que decretou a “Lei da Pureza”. Essa lei determinava os ingredientes que poderiam ser utilizados na fabricação da cerveja: malte de cevada, lúpulo e água (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

As duas primeiras cervejarias implantadas no Brasil foram a “Manufatura de cerveja Brahma Villagier e Cia” em 1888 e alguns anos mais tarde a “Companhia Antártida Paulista” na cidade de São Paulo (VENTURINI, 2010).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DA CERVEJA E PRINCIPAIS TIPOS

A legislação brasileira, através do Decreto nº 2.314, de setembro de 1997, define cerveja como uma bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro



de malte provido de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo, podendo ser substituído por seus respectivos extratos (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; BRASIL, 1997; LIMA; FILHO, 2011).

As cervejas podem ser classificadas, de acordo com o seu tipo de fermentação, sendo estes:

- Alta fermentação: cervejas cuja fermentação se processa em temperatura superior a 20°C, ficando o fermento na superfície das dornas;
- Baixa fermentação: cervejas cuja fermentação se processa em temperatura inferior a 12°C, estando o fermento localizado no fundo das dornas;
- Chope: cerveja de baixa fermentação, não pasteurizada e acondicionada em vasilhames adequados (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Os dois tipos principais de cerveja são o tipo *Ale* e tipo *Lager*. As do tipo *Ale* são de alta fermentação, possuem graduação alcoólica superior a 5% e mais lúpulo que as *Lager*. Já as cervejas tipo *Lager* são de baixa fermentação, são as mais comuns em todo o mundo, possuem sabor suave e composição média de 3,58% de álcool (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; CURTI; VENTURINI; NOJIMOTO, 2009).

2.3 MATÉRIAS-PRIMAS

Para o preparo da cerveja são necessários, basicamente, malte (enzimas e carboidratos), complementos do malte (amido e açúcares), leveduras, lúpulo e água (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006). Segundo Venturini Filho e Cereda (1996), durante a fabricação da cerveja podem ser adicionados adjuntos que são definidos como matérias-primas ricas em carboidratos que substituem parcialmente o malte. Estes são utilizados para melhorar a qualidade físico-química e sensorial da cerveja acabada.

2.3.1 Malte e Complementos (Adjuntos)

O malte é a cevada parcialmente germinada e seca, ela é responsável por parte do teor alcoólico da bebida, parte do aroma e boa parte da coloração da cerveja. Apesar de outros cereais poderem ser utilizados para seu preparo, o malte possui



características mais apropriadas para tal uso (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Os adjuntos são carboidratos não maltados que complementam ou suplementam o malte de cevada na cerveja e devem estar entre os permitidos por lei. No Brasil, pode-se substituir o malte de cevada pelo adjunto em até 80% do peso total (VENTURINI, 2010; CURI; VENTURINI; NOJIMOTO, 2009; AQUARONE et al., 2001).

2.3.2 Leveduras

Segundo Oettere, Regitano-D'Arce e Spoto (2006), as leveduras são fungos microscópicos unicelulares e eucariotos. Essas leveduras são responsáveis pelo consumo dos açúcares do mosto fornecido pelo malte e pelos adjuntos, transformando-os em álcool e CO₂.

2.3.3 Lúpulo

Segundo Cervesia (2018), o lúpulo foi adicionado no preparo da cerveja no século XII por se tratar de uma erva com propriedades conservantes e ser mais facilmente encontrado nas regiões onde ocorre o início da produção.

O lúpulo não altera o teor alcoólico da cerveja e sua presença é fundamental para o amargor, aroma e sabor típico da bebida. É também utilizado como conservante o que impede a proliferação de bactérias gram-positivas, e possui grande papel na estabilização e qualidade da espuma. O lúpulo pode ser classificado em duas categorias gerais, amargor e aroma (LIMA; FILHO, 2011).

2.3.4 Água

A proporção entre os principais sais solúveis na água usada na fabricação da cerveja afeta o aroma e a cor da bebida. Esses sais são principalmente bicarbonato, cloretos, sulfatos de sódio, cálcio e magnésio. É importante que a água utilizada para a produção da cerveja atenda a determinadas exigências, porque ela contribui muito para o sabor da bebida, além de corresponder a 95% do peso da cerveja (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; CERVESIA, 2018). A água deve possuir os seguintes parâmetros:



- Ser potável, transparente, incolor, inodora e livre de qualquer sabor estranho;
- Deve apresentar, na fonte, alcalinidade máxima de 50 ppm. Dentro deste limite de alcalinidade, pode-se trabalhar com água com pH na faixa de 4 e 9;
- Possuir aproximadamente 50 ppm de cálcio. O teor de cloreto na forma de NaCl, varia em função da preferência de sabor (AQUARONE et al., 2001; BARROS; BARROS, 2010).

2.3.5 Substitutos para o lúpulo

O lúpulo de amargor pode ser substituído por diferentes tipos de ervas, tais como: chá amargo, café verde e artemísia.

O chá amargo é um produto natural e com propriedades medicinais, tendo em sua composição Boldo do Chile, Carqueja, Camomila, Chapéu de Couro, Espinheira Santa, Ipê Roxo, Jurubeba, Salsa Parrilha e Quina. Tem um aroma herbáceo agradável e um amargor muito acentuado quando consumido puro (GUEDES, 2013, CEREALSHOW, 2018).

O café verde é um produto natural, possui efeitos farmacológicos potenciais e independentes. O extrato de café verde está presente no grão verde do café antes deste ser torrado (NASCIMENTO, 2013).

A artemísia é uma planta medicinal fortemente aromática, cujo princípio ativo característico é a lactona sesquiterpênica partenolídeo. Toda a planta é muito amarga e de odor desagradável (CARVALHO et al., 2006, ESTAÇÃO DAS FOLHAS, 2018).

2.4 PROCESSAMENTO DA CERVEJA

O processamento industrial de cerveja pode ser didaticamente dividido em três fases: Produção do mosto (envolve a moagem do malte, mosturação, filtração e fervura); Processo fermentativo (subdividido em fermentação e maturação); Acabamento ou pós-tratamento da cerveja (envolve operações de filtração, carbonatação e envase) (AQUARONE et al., 2001).



2.4.1 Produção do mosto

Como já mencionado a produção do mosto inicia-se pela moagem do malte, após ocorre a mosturação, filtração, fervura e clarificação do mosto.

O termo “moagem” neste caso não deve ser entendido como “redução a pó” mas sim como esmagamento. Na moagem do malte, o grão deve ter sua casca rasgada longitudinalmente, para deixar exposto o endosperma amiláceo. Este sim deve ser triturado para facilitar o ataque das enzimas durante a mosturação. O importante é que a moagem não seja muito severa para não prejudicar a fase de filtração do mosto pois as cascas do malte constituem o elemento filtrante. Este processo possui grande importância para as demais etapas (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; AQUARONE, 2001).

Segundo Oetterer, Regitano-D'Arce, Spoto(2006), o processo de transformação das matérias-primas cervejeiras (água, malte, lúpulo e adjunto) em mosto, por meio de uma curva de aquecimento, denomina-se mosturação. A sua finalidade é extrair do mosto a maior quantidade possível de extrato. As enzimas que estão ativas são as de decomposição, estas decompõem as substâncias hemicelulósicas e gomas (glucanas), as quais são transformadas em substâncias de baixo peso molecular e solúveis em água. Nas temperaturas entre 45 a 55°C agem as proteases, no qual são responsáveis em quebrar a cadeia protéica, produzindo peptídeos e aminoácidos. Entre 60 e 65°C age a β -amilase e entre 70 e 75°C a α -amilase. Nessas temperaturas ocorre a sacarificação do amido, o qual é transformado em açúcares fermentescíveis, principalmente a maltose, e dextrinas não fermentáveis. Estas enzimas produzem ou proporcionam o “corpo” na cerveja, além de colaborar para o sabor e o aroma da bebida.

Segundo Venturini (2010), na última rampa de temperatura (70 a 75°C) é realizado o teste de iodo para confirmar a completa hidrólise do amido, este teste aponta o final da hidrólise, quando o iodo não sofre mais alteração para a cor roxa-azulada, cor característica da reação do amido com o iodo em temperatura ambiente. Em seguida é necessário o aquecimento da mistura até 78°C para inativar as enzimas presentes.

É necessário realizar a filtração ou clarificação do mosto, que tem por finalidade separar o extrato líquido da parte sólida insolúvel (bagaço). A casca do malte funciona como filtro e o mosto é recirculado sobre ela até estar clarificado, em seguida, o resíduo sólido é lavado com água quente a fim de se recuperar os açúcares retidos na



torta do filtro (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; AQUARONE et al., 2001).

Segundo Aquarone et al. (2001), a próxima etapa é a fervura do mosto, que tem por finalidade conferir ao mosto estabilidade biológica, bioquímica e coloidal. Nesta etapa há também o desenvolvimento da cor, aroma e sabor, bem como acontece o aumento da concentração do extrato. Durante a fervura as bactérias que sobreviveram ao processo de mosturação e filtragem são destruídas. As substâncias presentes no lúpulo contribuem para a esterilização do mosto nesta fase.

Segundo Oetterer, Regitano-D'Arce e Spoto (2006), o lúpulo de aroma é adicionado ao final desta fervura, uma vez que os óleos essenciais responsáveis pelo aroma da cerveja são voláteis e podem ser perdidos durante o cozimento.

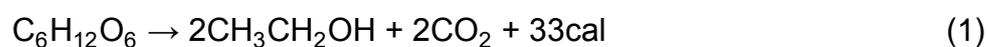
Após a fervura é necessário realizar o resfriamento do mosto. Esse tem por objetivo reduzir a temperatura do mosto de aproximadamente 100°C para uma temperatura adequada de inoculação do fermento (AQUARONE et al., 2001).

2.4.2 Processo fermentativo (fermentação e maturação)

Segundo Venturini e Cereda (1996), após o resfriamento do mosto é feita a inoculação do fermento ao mosto e inicia-se a fermentação. Esta é a etapa central do processo cervejeiro, nela a levedura converte os açúcares em álcool e gás carbônico.

A fermentação é um processo de transformação de uma substância em outra mais simples a partir de microrganismos tais como leveduras e bactérias. Essa transformação bioquímica, que ocorre em produtos de origem animal e vegetal, é responsável por inúmeros produtos (VENTURINI, 2010; LIMA; FILHO, 2011).

Segundo Lima e Filho (2011), a fermentação alcoólica é utilizada para a elaboração de bebidas alcoólicas, como exemplo tem-se as fermentadas e as destiladas. Os açúcares solúveis presentes nas matérias-primas são transformados principalmente em etanol, o álcool encontrado em todas as bebidas alcoólicas. É possível observar pela Reação (1).



Segundo Lima e Filho (2011), devido à presença de enzimas excretadas por leveduras, essas enzimas promovem diversas reações que terminam por transformar,



com liberação de calor, um açúcar simples ($C_6H_{12}O_6$) em etanol e gás carbônico.

Segundo Oetterer, Regitano-D'Arce, Spoto (2006), a fermentação pode durar de 3 a 10 dias, dependendo do volume inicial de fermento e da temperatura do processo fermentativo. Ao final da fermentação, reduz-se a temperatura para cerca de 2°C para que as leveduras ainda presentes no mosto, floculem e decantem.

A maturação é um repouso prolongado da cerveja em baixas temperaturas, entre 0 a 3 °C, o que contribui para a clarificação e a apuração do sabor da bebida (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; AQUARONE et al., 2001).

Segundo Aquarone et al. (2001), a maturação também é chamada de fermentação secundária, e ela possui os seguintes objetivos: clarificação da cerveja, por meio da sedimentação de materiais orgânicos, como, por exemplo, células de levedura, material amorfo e materiais que causem turbidez a cerveja; saturar a cerveja com gás carbônico; melhorar odor e sabor da cerveja; manter a cerveja no estado reduzido, evitando assim a oxidação que compromete sensorialmente a bebida.

2.4.3 Acabamento ou pós-tratamento da cerveja

Nesta etapa são realizadas operações de filtração, carbonatação, estabilização da cor e pasteurização dependendo do tipo de cerveja fabricada.

Segundo Oetterer, Regitano-D'Arce, Spoto (2006), mesmo após a maturação prolongada, a cerveja ainda apresenta certa turvação devido à presença de material sólido, sobretudo células de levedura e o complexo coloidal proteína-tanino, por isso algumas empresas realizam uma segunda filtração na cerveja.

Segundo Venturini (2010), a carbonatação é a etapa seguinte do processo, sendo de grande importância, porque o gás carbônico (CO_2) é um constituinte essencial da cerveja. Por ser um gás ácido ele é responsável pela espuma e pela sensação de refrescância presente na cerveja.

Segundo Aquarone et al. (2001), este processo pode ser feito de dois modos; a carbonatação forçada, na qual se injeta CO_2 na cerveja por meio de aparelhos adequados, onde se injeta CO_2 sob pressão, o que colabora para evitar a ação microbológica, ou a carbonatação natural (ou *priming*), na qual se adiciona sacarose ou mel à cerveja (já dentro do recipiente de envase) e as leveduras que ainda estão presentes na cerveja farão uma segunda fermentação liberando CO_2 .



Segundo Venturini (2010), para ocorrer a carbonatação natural é necessária uma quantidade de leveduras no meio. Após estas etapas a cerveja está pronta para o consumo, no entanto ainda deve ser envasada e resfriada previamente.

2.5 ANÁLISES

Esta sessão trará algumas análises necessárias para a fabricação da cerveja. Segundo Aquarone et al. (2001), os contaminantes mais comuns na cerveja são as bactérias, estas podem causar alterações como a turbidez, anomalias no sabor e odor na cerveja. A contaminação por essas bactérias leva a um aumento da acidez na bebida, além de outras alterações sensoriais.

2.5.1 Análise físico-química

Na análise físico-química as principais análises a serem feitas são densidade relativa, teor alcoólico, extrato seco total, acidez total, pH e curva de fermentação (ALMEIDA; BELO, 2017).

A determinação da densidade é, geralmente, feita em análise de alimentos que se apresentam no estado líquido. Pode ser medida por vários aparelhos, sendo os mais usados: picnômetros e densímetros convencionais e digitais (INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2008).

A análise de concentração alcóolica ocorre por meio das leituras das densidades. Para esta análise é necessário obter a densidade logo após a fervura dos ingredientes onde esta é denominada *Original Gravity* (OG), ou seja, densidade original. Após a maturação é realizada outra análise de densidade, esta é denominada *Final Gravity* (FG), ou seja, densidade final. Atráves destas duas densidades é possível determinar a concentração alcóolica final da cerveja (ALMEIDA; BELO, 2017).

O extrato seco representa a soma das substâncias que não evaporam em determinadas condições físicas, tais como: fenólicos, açúcares e polissacarídeos. O extrato seco também é utilizado como indicador de qualidade em cervejas (RIZZON; BRESSAN, 1982; BRASIL, 2010).

Segundo Oliveira (2012), a determinação de acidez é um fator importante para o controle de qualidade em bebidas, principalmente por alterações indesejadas causadas por microrganismos, além disso é muito utilizada na detecção de fraudes,



padronização de bebidas e acompanhamento de estabilidade, apesar deste fator não ser altamente específico.

O pH em alimentos é de grande importância pois ele exerce grande influência sobre o crescimento, a sobrevivência ou a destruição dos microrganismos. Cada tipo de microrganismo tem um pH mínimo, ótimo e máximo para seu crescimento. Ele exerce influência também em fatores como: intensidade da cor, atividade enzimática e sabor (OLIVEIRA, 2012; COSTA, 2010).

Por meio da curva de fermentação, é possível observar como está ocorrendo a transformação do açúcar em álcool, sendo possível acompanhar este processo durante toda a fermentação e maturação.

2.5.2 Análise microbiológica

A coloração de Gram é utilizada para detectar se há bactérias na cerveja, e em caso positivo analisar se estas são gram-positivas ou gram-negativas, onde as bactérias lácticas são as gram-positivas e as bactérias acéticas são gram-negativas. Esta técnica é utilizada para diferenciar as bactérias não só quanto à forma, mas, também, quanto à sua habilidade de ser corada pelo corante de Gram (cristal violeta) e não ser descorada quando tratada com álcool acetona (FROTA; CARVALHO; MOREIRA, 2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são apresentados os materiais e métodos utilizados para a fabricação de quatro cervejas tipo *weissbier*, onde uma cerveja não sofreu modificações, já as outras três possuíram substituição parcial do lúpulo de amargor em sua formulação por três diferentes tipos de ervas, sendo que cada uma destas três cervejas recebeu uma erva diferente. Seguindo a seguinte ordem:

- Cerveja Padrão: sem modificações na receita original;
- Cerveja A: 50% lúpulo de amargor e 50% chá amargo;
- Cerveja B: 50% lúpulo de amargor e 50% café verde;
- Cerveja C: 50% lúpulo de amargor e 50% artemísia.

Os insumos para fabricação das cervejas foram adquiridos na loja *Brew Head Shop*, localizada no Estado de São Paulo. Para o presente trabalho optou-se por um kit

de 20 litros de cerveja, este kit é composto por malte tipo Pilsen; malte de trigo claro; lúpulo de amargor (Magnum); lúpulo de aroma (Hersbrucker); fermento (WB-06) e *Priming*.

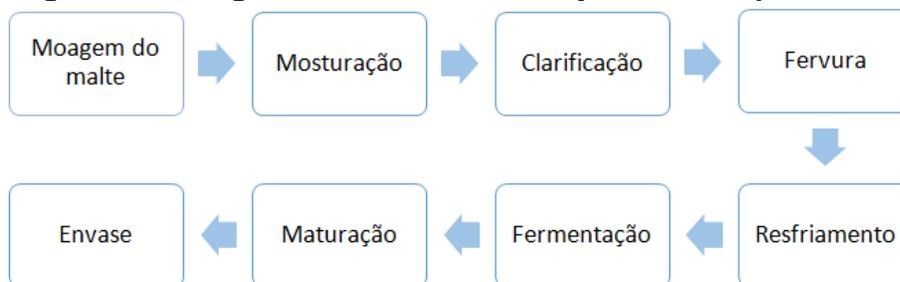
Antes de iniciar a fabricação das cervejas foi necessário fazer a higienização (limpeza e sanitização) de todos os materiais que foram utilizados no processo. Para isso utilizou-se o álcool 70°INPM, próprio para alimentos.

O kit possui o modo de preparo, onde este é separado em quatro etapas; brassagem, fermentação, maturação e envase.

O fluxograma da Fig. 1 apresenta as principais etapas para fabricação da cerveja.

As cervejas foram fabricadas no Laboratório de Bioquímica do Curso de Engenharia Química da Faculdade Satc. Foram fabricadas duas cervejas por vez, onde as duas primeiras foram a cerveja padrão e a cerveja A. Um dia após o envase dessas, fabricou-se as outras duas cervejas. Todas as análises foram realizadas durante a produção da cerveja, salvo a quarta análise de coloração de gram, onde esta foi executada 20 dias após o envase.

Figura 1: Fluxograma básico de fabricação de cerveja.



Fonte: Do autor (2018)

4.1 BRASSAGEM

Na brassagem ocorrem as etapas de moagem do malte, mosturação, clarificação e fervura.

A moagem do malte foi realizada em um moedor de discos. Esta etapa visa a quebra da casca e dos grãos de malte, conforme pode-se observar na Fig. 2.

Figura 2: Malte sendo moído.



Fonte: Do autor (2018)

Para a etapa de mosturação foram utilizados 13 L de água destilada. Nesta fase ocorre a transformação do amido, presente no malte, em açúcares fermentescíveis, por meio da ação de enzimas presentes naturalmente no malte. As rampas de mosturação apresentam-se na Tab. 1.

Tabela 1: Rampas de mosturação.

Tempo (min)	Temperatura (°C)
10	45
15	55 a 58
60	67
10	76 a 78

Fonte: BREW HEAD SHOP (2018)

Ao final da mosturação é necessário realizar o teste de iodo, que consiste em pingar uma gota do mosto em um suporte de porcelana e pingar junto deste uma gota de iodo. Se este adquirir uma coloração preto ou azul escuro indica que ainda tem amido presente no mosto. Já se a coloração ficar igual ou parecida com o iodo indica que a mosturação está completa. A Fig. 3 representa esse teste.

Após a etapa de mosturação segue-se para a etapa de clarificação do mosto, onde o mesmo foi filtrado e lavado com água quente (19 L de água a 77 °C) por uma peneira cervejeira, conforme Fig. 4.

Figura 3: Teste de iodo.



Fonte: Do autor (2018)

Figura 4: Processo de filtragem da cerveja.



Fonte: Do autor (2018)

Finalizado o processo de clarificação e lavagem do malte, realizou-se o processo de fervura. Quando o mosto iniciou a fervura, adicionou-se o lúpulo de amargor e manteve a fervura por 60 min, porém, após 45 min de fervura, acrescentou-se o lúpulo de aroma e uma pastilha que auxiliará na posterior decantação do trub que irá se formar, conforme Fig. 5.

Figura 5: Processo de fervura.



Fonte: Do autor (2018)

Após o tempo de fervura, o mosto foi resfriado, com auxílio de uma serpentina de imersão por onde há passagem de água à temperatura ambiente, até o mosto atingir a temperatura de 20 °C. Após, transferiu-se esse para um balde fermentador.

4.2 FERMENTAÇÃO

Antes de adicionar o fermento, é necessário que o mosto esteja bem oxigenado, isto é, com bastante espuma. Para isso utiliza-se um aerador de mosto. Após certificar-se que o mosto está bem oxigenado, adiciona-se o fermento. Na sequência



fecha-se o fermentador, acopla-se o *airlock* e prossegue-se para o processo de fermentação. O mosto ficou fermentando por um prazo de 7 dias em temperatura de 18 °C.

4.3 MATURAÇÃO

Finalizado o processo de fermentação, a cerveja foi transferida ao balde de maturação, tomando cuidado para não transferir também o fermento que estava no fundo do fermentador. Esse processo de maturação durou 3 dias à uma temperatura de 1 °C.

4.4 ENVASE

Após o processo de maturação engarrafou-se as cervejas. Para isso primeiro realizou-se a limpeza e sanitização das garrafas. Após, com auxílio de uma seringa, colocou-se 4 mL de *priming* dentro de cada garrafa de 600 mL, e na sequência foram vedadas as garrafas. Depois de vedadas aguardou-se 10 dias a uma temperatura entre 18 °C e 25 °C para realizar a total carbonatação.

4.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

Todas as análises foram realizadas durante o processo de fabricação e no produto acabado das quatro cervejas produzidas.

Durante a etapa de fermentação analisou-se a densidade e a quantidade de açúcar (em °Brix), para determinação da curva de fermentação.

No produto acabado foi analisado o pH, teor alcoólico, acidez total e extrato seco.

Determinou-se o pH por meio de um pHmetro de bancada, modelo Q400AS, da marca Quimis.

Determinou-se o teor alcoólico da cerveja através da densidade lida no início da fermentação, comumente chamada de extrato original (EO), e a última densidade lida no final da maturação, frequentemente chamada de extrato final aparente (EFA). Através destas duas densidades e utilizando a Eq. (1) calculou-se o teor alcoólico da cerveja (BREW HEAD SHOP, 2018).



$$ABV=(EO - EFA).131 \quad (1)$$

Onde:

ABV = percentual de álcool (%);

EO = extrato original (g/L);

EFA= extrato final aparente (g/L).

A acidez total ocorre por meio da titulação de neutralização dos ácidos com uma solução padronizada de álcali (hidróxido ou outro tipo de base). Após executar esse teste utiliza-se a Eq. (2) para encontrar a acidez total (COSTA, 2010).

$$At = \frac{v.n.Eg_{(\text{áci.lático})}}{m} . 100 \quad (2)$$

Onde:

At = acidez total (meq/L);

v = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação (mL);

n = normalidade da amostra (mL);

m= massa da amostra (g);

Eg = equivalente grama do ácido a ser adotado para expressar o resultado.

Analisou-se também o rendimento da cerveja, observando as suas perdas durante o processo, para isso utiliza-se as Eq. (3 e 4) (BREW HEAD SHOP, 2018).

$$^{\circ}P = \frac{EO}{4} \quad (3)$$

Onde:

$^{\circ}P$ = grau plato ($^{\circ}P$);

EO = últimos dois dígitos da densidade inicial ou extrato original (g/L).

$$R = \frac{Vap.^{\circ}P}{m_m} \quad (4)$$

Onde:



R = rendimento (%);

V_{ap} = volume de apronte (L);

°P = extrato final de fervura (°P);

m_m = quantidade de malte utilizado (Kg).

Para determinar o extrato seco total da amostra utiliza-se o método baseado na pesagem do resíduo seco de um volume da amostra submetido à evaporação. Esse teste tem por finalidade determinar o teor de sólidos existentes em uma amostra de cerveja. O valor de extrato seco relativo foi obtido utilizando a Eq. (5) (BRASIL, 2010).

$$\% \text{ EST} = \frac{100 \cdot P}{V} \quad (5)$$

Onde:

% EST = extrato seco (%);

P = massa do resíduo seco (g);

V = volume da amostra utilizada (mL).

A análise microbiológica é realizada por meio da coloração de Gram, essa foi realizada em triplicata em quatro diferentes períodos da fabricação da cerveja, a primeira análise ocorreu logo após a cerveja ir para a fermentação, a segunda análise quando ela terminou de fermentar e foi para o processo de maturação, a terceira análise foi realizada antes do envase, e a quarta e última análise foi realizada 20 dias após o envase. Realizou-se a coloração de Gram com a ajuda de um microscópio biológico para ampliação (400 e 1000 vezes), utilizou-se o microscópio do Laboratório de Ciência da Faculdade Satc (DIAS, 2014).

5 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos no procedimento experimental citado na seção anterior.



5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Nas etapas de fermentação e maturação da cerveja, realizou-se a medição da densidade das cervejas, essa ocorreu de duas maneiras, pelo uso de um densímetro e por meio de um refratômetro manual. Para as análises realizadas utilizou-se apenas o valor obtido por meio do densímetro, por este ser mais preciso. A Tab. 2 apresenta as densidades das quatro cervejas produzidas durante a fermentação e maturação.

Comparando os valores das cervejas A, B e C com a cerveja padrão disponíveis na Tab.2, observa-se que ambas as cervejas apresentaram valores próximos no início da fermentação, a que mais se afastou dos valores foi a cerveja A, isso pode ter acontecido devido uma melhor extração do açúcar na etapa de filtração. Mesmo com essa pequena variação ambas as cervejas apresentaram o mesmo comportamento durante o processo fermentativo e maturativo.

A Tab.3 apresenta os resultados encontrados referentes as análises de pH, rendimento, extrato seco total, acidez total e volume alcoólico.

Nota-se que os rendimentos das cervejas apresentaram valores abaixo de 70%. As cervejas B, C e padrão, foram as que apresentaram valor menor de rendimento, já a cerveja A apresentou valor próximo do 70%. Esse baixo rendimento está relacionado a alguns fatores, como: malte moído demasiadamente, perdas por evaporação e uma pouca extração do mosto presente no malte no processo de filtração.

Tabela 2: Resultados obtidos para a densidade das cervejas.

Tipo de cerveja	Período	Densidade (g.mL ⁻¹)
Padrão	Início da fermentação	1,050
	48 h de fermentação	1,017
	120 h de fermentação	1,015
	Início da maturação	1,010
	Final da maturação	1,010
A	Início da fermentação	1,055
	48 h de fermentação	1,022
	120 h de fermentação	1,013
	Início da maturação	1,010
	Final da maturação	1,010
B	Início da fermentação	1,046
	48 h de fermentação	1,021
	120 h de fermentação	1,014



C	Início da maturação	1,010
	Final da maturação	1,010
	Início da fermentação	1,044
	48 h de fermentação	1,015
	120 h de fermentação	1,011
	Início da maturação	1,008
	Final da maturação	1,008

Fonte: Do autor (2018)

Tabela 3: Resultados obtido das análises físico-química realizadas nas cervejas.

Tipo de cerveja	Análises Físico-Químicas				
	Rendimento (%)	pH	Ext. Seco (%)	Ac. Total (% Ac. Láctico)	Vol. Alcoólico (%)
Padrão	60	3,73	5,15	0,42	5,240
A	67,375	4,29	4,95	0,45	5,895
B	56,475	3,73	5,10	0,45	4,72
C	53	3,73	5,15	0,40	4,72

Fonte: Do autor (2018)

Obs. Ext. Seco = Extrato seco; Ac. Total = Acidez total

Em todas as cervejas o pH encontrado foi abaixo de 4,5. Segundo (HOFFMANN, 2001), um pH abaixo de 4,5 é de grande importância para a cerveja, pois mantém esta, isenta de microrganismo patogênicos e evita posteriores contaminações, contribuindo para uma cerveja de boa qualidade e durabilidade.

O extrato seco apresenta todas as substâncias presentes na cerveja que não se volatilizam em determinadas condições. Por meio da Tab. 3 nota-se que os valores obtidos foram bem próximos uns dos outros. Segundo Silva (2005) os valores encontrados estão dentro dos padrões.

A acidez na cerveja se dá pela formação de ácidos durante a fermentação, essa acidez é expressa em ácido láctico, pois é esse ácido que é utilizado para a correção da acidez quando necessário. Nota-se que os valores encontrados são bem próximos, e segundo a ANVISA (2011), não há valores estipulados para a concentração de ácido láctico na cerveja.

Os volumes alcoólicos encontrados apresentaram uma pequena variação entre as cervejas produzidas, mas essa variação já era esperada, isso porque, na etapa de filtração é extraído todo o açúcar presente no mosto e nessa etapa por ser feito de

maneira manual pode haver divergências dessa extração de uma cerveja para a outra, ocasionando em maior quantidade de álcool em algumas cervejas.

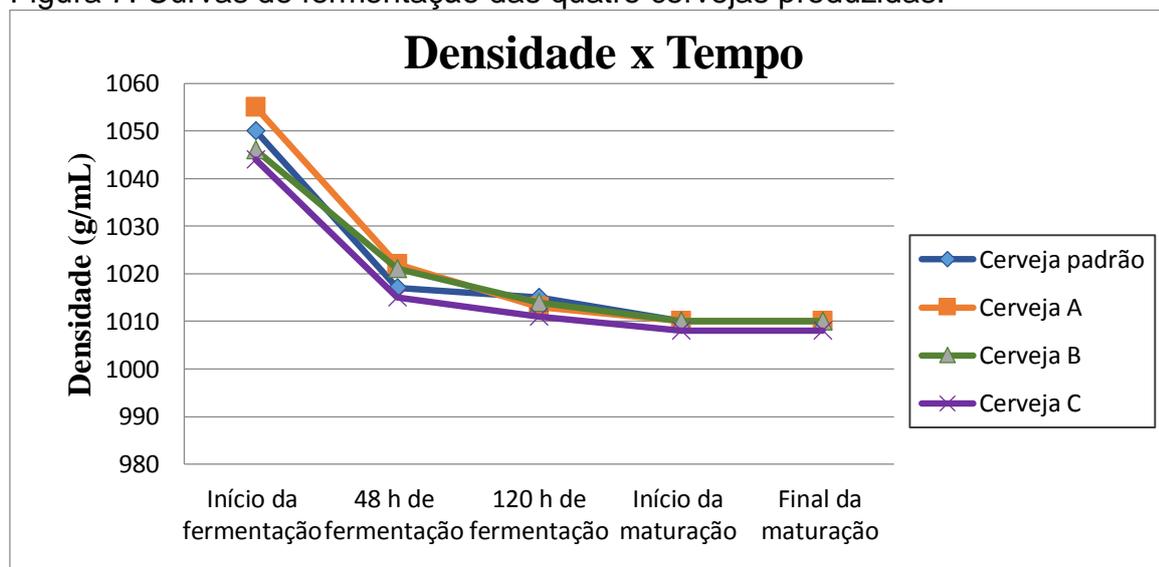
A norma de volume alcoólico para as cervejas *weissbier* varia de 4,3 a 5,6% (BREW HEAD SHOP 2018). Nota-se que a cerveja A ficou fora do padrão estabelecido, uma maior quantidade de álcool na cerveja não afeta seus demais parâmetros, porém é necessário realizar a correção do teor alcoólico (SILVA, 2005).

5.2 CURVA DE FERMENTAÇÃO

A Fig. 7 apresenta as curvas de fermentação obtidas para as quatro cervejas fabricadas. Elaborou-se também um gráfico de teor alcoólico por tempo para uma melhor compreensão, disposto na Fig. 8.

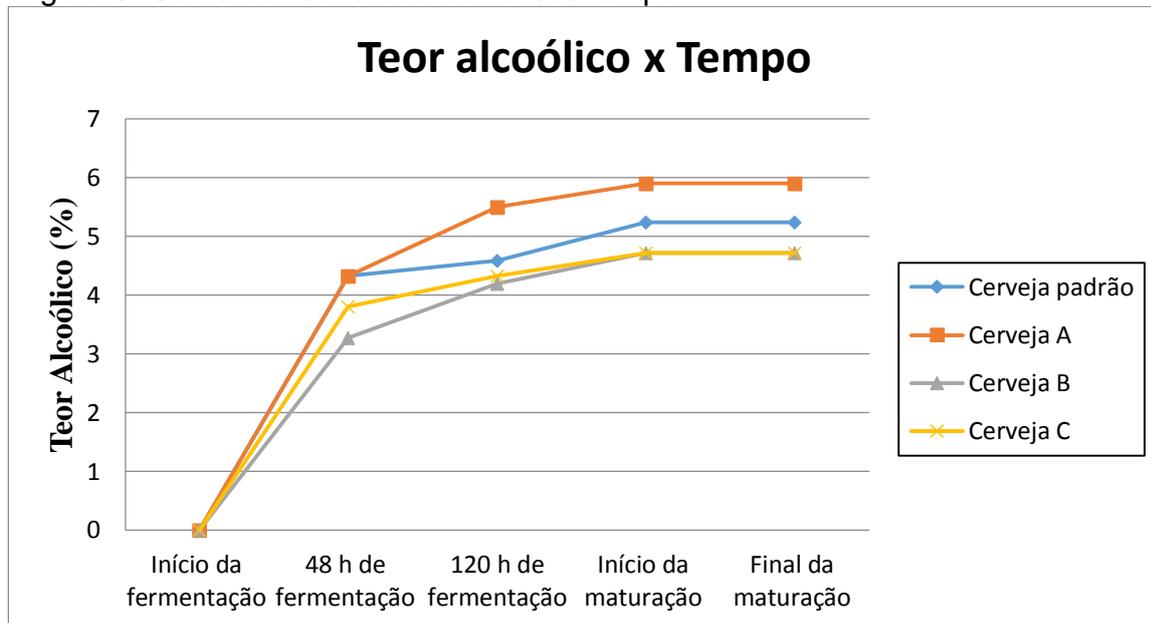
Analisando o gráfico obtido por meio das curvas de fermentação, representado pela Fig.7, nota-se que as curvas possuem a mesma característica tendo como comparação a cerveja padrão. Isso indica que o fermento se adaptou ao meio e não sofreu modificações com a substituição parcial do lúpulo de amargor nestas. As pequenas variações entre as cervejas ocorreram devido a quantidade de açúcares presentes nesses.

Figura 7: Curvas de fermentação das quatro cervejas produzidas.



Fonte: Do autor (2018)

Figura 8: Curva de teor alcoólico versus tempo



Fonte: do autor (2018).

A Fig. 8 apresenta um comportamento bem parecido com a Fig. 7, porém inversamente, onde quanto maior o tempo maior a quantidade de teor alcoólico presente na cerveja. Por meio desse gráfico é possível observar como ocorre o aumento do teor alcoólico em função do tempo de fermentação e maturação.

5.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises microbiológicas foram realizadas em quatro períodos diferentes, entre a fermentação e após o envase, e foram realizadas em triplicata. A Fig. 8 apresenta os resultados obtidos durante as análises realizadas.

Figura 8: Apresenta os resultados obtidos por meio da análise de coloração de gram.

Tipo de cerveja	Período			
	24 h após início da fermentação	Início da maturação	Envase	20 dias após o envase
Cerveja Padrão				
Cerveja A				
Cerveja B				
Cerveja C				

Fonte: Do autor (2018)

Observando a Fig. 8 é possível perceber que a cerveja A apresentou coloração rosada e roxa na primeira análise, característica do cristal violeta e da fuccina, porém as demais análises não apresentaram colorações. Essa primeira análise pode ter adquirido essa coloração devido o substituto do lúpulo para essa cerveja ser o chá amargo, esse se encontrava na forma de líquido e possuía grande parte de fibras em sua composição.

A primeira análise foi realizada um dia após o início da fermentação, onde o líquido encontrava-se mais espesso e apresentando grandes quantidades de fibras nele, isso pode ter interferido na análise. Outro fator é que as fibras e as leveduras são orgânicas e podem possuir uma cadeia próxima as das bactérias, e com isso acabarem recebendo o tingimento dos corantes.

5.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Um dos parâmetros que é importante ser analisado durante a substituição parcial do lúpulo de amargor é a análise de viabilidade econômica. A Tab. 4 apresenta a análise econômica para a fabricação de 20 litros de cerveja *weissbier*, e suposições mensais e anuais.

Tabela 4: Apresenta a viabilidade econômica na substituição do lúpulo de amargor.

Tipo	Quantidade	Preço (R\$)	Preço mensal (R\$)*	Preço anual (R\$)**
Lúpulo	6 g	2	210	2520
Chá amargo	500 mL	20	2100	25200
Café verde	6 g	0,5	52,5	630
Artemísia	6 g	0,37	38,85	466,2

Fonte: Do autor (2018)

Obs: *Supondo uma produção de 100 litros por mês; ** Supondo uma produção de 1200 litros por ano.

Comparando os preços das três ervas utilizadas, com o preço do lúpulo original, pode-se observar que apenas o café verde e a artemísia são satisfatórios, pois apresentam valores inferiores ao do lúpulo.

Isso também pode ser observado na suposição anual, nota-se que o café verde e a artemísia apresentam uma economia de R\$ 1.890,00 e R\$ 2.053,80 reais respectivamente, em comparação com o lúpulo. Assim é possível concluir que a produção das cervejas B e C são viáveis economicamente.

CONCLUSÃO

Essa pesquisa teve como objetivo a análise da viabilidade técnica e econômica na substituição parcial do lúpulo de amargor em três cervejas, cada uma com um tipo de erva diferente, essas ervas possuindo características parecidas com as do lúpulo. Uma quarta cerveja foi elaborada para servir como cerveja padrão, servindo como referência para as demais.

As análises físico-químicas e microbiológicas foram satisfatórias, todas as análises apresentaram valores dentro do esperado. Dentre as quatro cervejas fabricadas a que apresentou mais proximidade com a cerveja padrão foram as cervejas B e C. A cerveja A pode ter diferido um pouco das demais cervejas devido possuir uma maior



quantidade de açúcar (maior densidade), o que afetou as demais análises. Mesmo com essa diferença a cerveja A apresentou proximidade dos valores encontrados na cerveja padrão.

Em termos de viabilidade econômica, pode-se concluir que as cervejas B e C são satisfatórias, pois apresentaram valores inferiores ao do lúpulo. Pode-se concluir então, que as substituições parciais do lúpulo de amargor pelas três ervas diferentes (Chá amargo, Café verde e Artemísia) se mostrou satisfatória e viável, porém a cerveja A não é satisfatória em termos econômicos.

Por meio das conclusões citadas acima, deixa-se como sugestões para trabalhos futuros a substituição parcial do lúpulo de amargor por outros tipos de ervas, diferentes das utilizadas no trabalho, bem como a utilização de porcentagens maiores. Outra sugestão seria a realização de análise sensorial nas cervejas fabricadas, para observar se ocorreram mudanças significativas no sabor e odor das cervejas fabricadas, tendo como base a cerveja padrão.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Denner Silva; BELO, Renata França Cassimiro. Análises físico-químicas de cervejas artesanais e industriais comercializadas em Sete Lagoas - MG. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, v.5, n. 5, p. 1-16, dez. 2017.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, resolução n. 65/2011. **Dispõe sobre a aprovação de uso de aditivos alimentares para fabricação de cervejas**. Novembro 2011.
- AQUARONE, Eugênio; LIMA, Urgel Almeida; SCHMIDELL, Walter; BORZANI, Willbaldo. **Biotecnologia Industrial**. São Paulo: Bucher, 2001, v. 4.
- BARROS, Augusto Aragão; BARROS, Elisabete Barbosa Paula. A Química dos Alimentos: Produtos Fermentados e Corantes. São Paulo: **Sociedade Brasileira de Química**, 2010, 85 p.
- BRASIL. Decreto nº 2.314 de 4 de setembro de 1997. Regulamenta a Lei nº 8.918 de 14 de junho 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.
- BRASIL. Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres, caderno 4 Fermentados Alcoólicos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA. **Secretaria de Defesa Agropecuária- SDA**, Coordenação Geral de Apoio Laboratorial-CGAL, 2010.



BREW HEAD SHOP. Disponível em: <<https://brewheadshop.com.br/>>. Acesso em: 20 de mar. de 2018.

CARVALHO, Luciana M; CASALI, Vicenti Wagner D; LISBOA, Suzana Patricia; BARBOSA, Luiz Cláudio A; CECON, Paulo Roberto. 2006. Crescimento e metabolismo em artemísia em função do nível de irradiância. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 3, p. 289-294, Set, 2006.

CEREALSHOW. **Amargo composto de ervas produto 100 % natural 500 ml natu's**. Disponível em: <www.cerealshow.com.br/amargo-composto-de-ervas-produto-100-natural-500ml-nathu-s-prod-naturais.html>. Acesso em: 20 de fev. de 2018.

CERVESIA. **Tecnologia cervejeira**. Disponível em:<www.cervesia.com.br>. Acesso em: 09 de jan. de 2018.

COSTA, Maryluce Rabêlo. **Estudo comparativo das hidrólises ácida e enzimática de matérias-primas amiláceas visando a obtenção de etanol**. 2010. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

CURI, Roberto Abdallah; VENTURINI, Waldemar Gastoni Filho; NOJIMOTO, Toshio. Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte: análises físico-química e sensorial. **Brasilian Journal of Food Technology**, v.12, n. 2, 106-112 p, abr./jun. 2009.

DIAS, Jéssica. **Desenvolvimento e avaliação de uma cerveja contendo Chá Amargo como substituinte de 50% do lúpulo**. 2014. 29f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Bioquímica), Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

ESTAÇÃO DAS FOLHAS. **Losna Folhas Pacote com 50 g promoção**. Curitiba. Disponível em:<www.estacaodaservas.com.br/loja/index.php?route=product/product&product_id=258>. Acesso em: 10 de mar. de 2018.

FROTA, Cristiane Cunha; CARVALHO, Cibele Barreto Mano; MOREIRA, José Luciano Bezerra. **Visualização bacteriana e colorações**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2015.

GUEDES, Roberta Salotto. **Chá amargo**. Cachoeiro de Itapemirim: Natural Ervas Produtos Naturais LTDA ME, 2013. Rótulo de produto.

HOLFFMAN, Fernando. Leite. Higiene: Fatores limitantes à proliferação de microrganismos em alimentos. Brasil alimentos, São Paulo, **Signus Editora Ltda**, n. 9, Jul./Ago. 2001.

INSTITUTO ADOLF LUTZ- IAL, Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz, **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4º ed., v. 1, 2008.



LIMA, Luciana Leite Andrade; FILHO, Artur Bibiano de Melo. **Tecnologia de Bebidas**. Recife: EDUFRPE, 2011, 126 p.

NASCIMENTO, G. M. **Café Verde Gerenciamento de peso com 45% de Ácido Clorogênico**. Via Farma. 2014. Disponível em: <www.extratusvida.com.br/wp-content/uploads/2013/01/CAFE_VERDE.pdf>. Acesso em: 20 de fev. de 2018.

OETTERER, Maria. REGITANO-D'ARCE, Marisa Aparecida. Bismara; SPOTO, Marta Helena Fillet. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri, São Paulo: Manole, 2006, 612 p.

OLIVEIRA, Sonia Paula Alexandrino. Níveis de congêneres, carbamato de etila e outros contaminantes em rums e uísques de consumo popular no Brasil. **Biblioteca Eletrônica de Teses e Dissertações**, v. 4, n. 1, 2012.

RIZZON, Luiz Antenor., BRESSAN, Wellington. **Relação álcool em peso/extrato seco reduzido dos vinhos tintos da cultivar Cabernet Franc**. Bento Gonçalves: EMBRAPA-UEPAE de Bento Gonçalves, 1982. 3 p.

SILVA, Daniel Pereira. **Produção e avaliação sensorial de cerveja obtida a partir de mostos com elevadas concentrações de açúcares**. São Paulo, FAENQUIL, 2005. Tese de Doutorado, 175p

VENTURINI, Waldemar Gastoni Filho. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Bucher, 2010, volume 1.

VENTURINI, Waldemar Gastoni Filho, CEREDA, Marney P. Farinhas de mandioca como adjunto de malte na fabricação da cerveja: avaliação físico-química e sensorial. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v.16, n.1, 1996.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus. Aos meus pais e familiares que me apoiaram na elaboração do presente trabalho. A minha orientadora Dr. Carolina Resmini Melo Marques, por todo apoio na elaboração das cervejas, pelo conhecimento transmitido e ajuda necessária para a confecção deste. A minha coorientadora Dr. Aline Resmini Melo pelo apoio e auxílio nas correções finais do presente trabalho.