

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**PEDRO GABRIEL SANTOS SOUZA
WESLEY VERTUAN DE ANDRADE**

**CARACTERIZAÇÃO DO AMARGOR DA CERVEJA EM
MICROCERVEJARIAS DA CIDADE DE PONTA GROSSA - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA - PR

2017

**PEDRO GABRIEL SANTOS SOUZA
WESLEY VERTUAN DE ANDRADE**

**CARACTERIZAÇÃO DO AMARGOR DA CERVEJA EM
MICROCERVEJARIAS DA CIDADE DE PONTA GROSSA – PR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Professor Doutor Luciano Fernandes.

Co-orientador: Técnico Laboratório Mestre Luciano Moro Tozetto.

PONTA GROSSA - PR

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DO AMARGOR DA CERVEJA EM MICROCERVEJARIAS DA CIDADE DE PONTA GROSSA – PR

por

Pedro Gabriel Santos Souza e Wesley Vertuan de Andrade

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 2 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Luciano Fernandes
Prof. Orientador

Técnico Lab. Msc. Luciano Moro Tozetto
Prof. Co-orientador

Professor Dr. Matheus Pereira Postigo
Membro convidado

Prof. Dr. Cesar Arthur Martins Chornobai
Membro titular

RESUMO

SOUZA, Pedro Gabriel Santos; ANDRADE, Wesley Vertuan de. **Caracterização do amargor da cerveja em microcervejarias da cidade de Ponta Grossa – PR**. 2017. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Atualmente o mercado de cervejas artesanais tem crescido de forma exponencial em diversas regiões do país, ocupando importante espaço no segmento de bebidas fermentadas. Porém, a falta de competitividade das microcervejarias com as grandes indústrias resulta na inviabilidade econômica de melhorar a infraestrutura daquelas, o que gera, por consequência, poucos investimentos capazes de gerar parâmetros responsáveis pela qualidade do produto final. Diante deste fato, o presente trabalho tem como objetivo a caracterização do amargor de cervejas de microcervejarias. Cada um dos ingredientes presentes na cerveja possui funções importantes dentro do processo de fabricação, sendo que o lúpulo é o principal responsável pelo sabor amargo, além de contribuir para a estabilidade microbiológica da espuma. O amargor é um dos parâmetros classificatórios para o estilo da cerveja e pode ser quantificado por diversos métodos, todavia, o utilizado neste trabalho refere-se à espectrofotometria por radiação ultravioleta visível. Este método mensura a presença de iso- α -ácidos nas cervejas a partir da absorbância espectral em um comprimento de onda de 275 nm, e posteriormente, esta absorbância é convertida em *International Bitterness Unit* (IBU), a unidade internacional utilizada para tal finalidade. Foram analisadas cervejas provenientes de três microcervejarias. Os valores de IBU obtidos foram comparados a partir dos dados coletados, e foi constatado que os valores experimentais apresentaram variação de -25,00 a +43,33% em relação aos valores dos fabricantes. Porém, todas as amostras ficaram dentro da faixa de amargor especificado para o estilo de cerveja analisado. Frente a este cenário, cabe uma margem para melhoria no aproveitamento dos insumos utilizado na produção, o que acarretaria em uma melhora na qualidade do produto final e consequente economia nos custos de produção.

Palavras-chave: Cerveja. Lúpulo. Amargor. Microcervejaria.

ABSTRACT

SOUZA, Pedro Gabriel Santos; ANDRADE, Wesley Vertuan de. **Characterization of beer bitterness in microbreweries in Ponta Grossa city, Parana**. 2017. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2017.

Currently the craft beer market has grown exponentially in several regions from Brazil, occupying important space in the segment of fermented beverages. However, the lack of competitiveness of microbreweries with large industries results in the impracticability economic to improve microbreweries' infrastructure, which consequently generates few investments capable to analyze parameters responsible for the quality of the final product. In view of this fact, the present work has the objective of characterizing the bitterness of microbreweries' beers from Ponta Grossa city, Parana. Each of the ingredients present into the beer have important functions in the manufacturing process, with hops being the main responsible for the bitter taste. Besides the hop contributes to the microbiological stability of the foam. Bitterness is one of the classificatory parameters for beer style and can be quantified by several methods, however, the one used in this work refers to visible ultraviolet radiation spectrophotometry. This method measures the presence of iso- α -acids in beers from the spectral absorbance at a wavelength of 275 nm, and subsequently, this absorbance convert itself into International Bitterness Unit (IBU), the international unit used for this purpose. Beers of three microbreweries from Ponta Grossa-PR were analyzed. The values of IBU analyzed and calculated by the microbreweries were compared from the collected data and it was found that the experimental values presented variation from -25.00 to + 43.33% in relation to the values calculated by the manufacturers. However, all samples kept within the range of specified bitterness for the analyzed beer style. Against this circumstance, there is investment margin for improvement in the use of inputs used in production, which would leads to an improvement in the quality of the final product and consequent savings in production costs.

Keywords: Beer. Hop. Bitterness. Microbrewery.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo produtivo da cerveja	21
Figura 2 - Estrutura dos α e β ácidos: (a) Humulonas; (b) Iso-humulonas; (c) Lupulonas	26
Figura 3 - Isomerização de α -ácidos em iso- α -ácidos e seus derivados	26
Gráfico 1 - Fatores de correção para a gravidade do mosto durante a fervura	30
Gráfico 2 - Valores de IBU encontrados nas amostras de cerveja American Lager (cerveja A) e suas respectivas faixas de absorvância	38
Gráfico 3 - Valores de IBU encontrados nas amostras de cerveja Amber Ale (Cerveja B) e suas respectivas faixas de absorvância	39
Gráfico 4 - Valores de IBU encontrados nas amostras de cerveja American Pale Ale (Cerveja C) e suas respectivas faixas de absorvância	40
Quadro 1 - Principais estilos de cerveja	17
Quadro 2 - Origem da microcervejaria e a cerveja utilizada como amostra	31
Fotografia 1 - Amostra centrifugada	32
Fluxograma 1 – Procedimento experimental e analítico.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição do grão de cevada e do malte	19
Tabela 2 - Composição química da flor de lúpulo.....	20
Tabela 3 - Taxa de utilização (%) por tempo de fervura (<i>boil time</i>) em minutos.....	28
Tabela 4 – Valores de faixa de amargor de diferentes estilos de cervejas	34
Tabela 5 – Unidade de amargor internacional (IBU) das cervejas analisadas	36
Tabela 6 – Resumo estatístico da IBU das cervejas analisadas.....	36
Tabela 7 – ANOVA das unidades de amargor internacional das cervejas analisadas.....	37
Tabela 8 – Comparação dos valores analisados e calculados.....	40

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Conteúdo de α -ácido no lúpulo	[%]
F	Fator F	[-]
F_{bg}	Fator de correção da gravidade de fervura	[-]
$F_{crítico}$	Fator F crítico	[-]
H_0	Hipótese nula	[-]
H_1	Hipótese teste	[-]
IBU	Unidades Internacionais de Amargor - <i>International Bitterness Unit</i>	[mg/L]
U	Percentual de utilização dos α -ácidos	[%]
V_{gal}	Volume final de cerveja	[gal]
W_{oz}	Massa de lúpulo	[oz]

LETRAS GREGAS

α	Nível de significância	[%]
----------	------------------------	-----

LISTA DE SIGLAS

APA	<i>American Palle Ale</i>
BJCP	Programa de Certificação Perita em Cerveja - <i>Beer Judge Certification Program</i>
EBC	Convenção Europeia das Cervejarias - <i>European Brewery Convention</i>
HPLC	Cromatografia Líquida de alta eficiência
IBU	Unidades Internacionais de Amargor - <i>International Bitterness Unit</i>
IPA	<i>Indian Palle Ale</i>
MQ	Média quadrática
SQ	Soma dos quadrados dos desvios padrões
UV	Ultravioleta

LISTA DE ABREVIATURAS

a.C.	Antes de Cristo
g.l.	Grau de liberdade

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANOVA	Análise de Variância – <i>Analysis of Variance</i>
CervBrasil	Associação Brasileira da Indústria da Cerveja
PIB	Produto Interno Bruto
Valor-P	Probabilidade de a hipótese nula ser verdadeira

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 HISTÓRICO DA CERVEJA	15
2.2 CLASSIFICAÇÃO E TIPOS DE CERVEJA	16
2.3 MATÉRIAS - PRIMAS	17
2.3.1 Água	17
2.3.2 Malte.....	18
2.3.3 Levedura	19
2.3.4 Lúpulo.....	19
2.4 PRODUÇÃO	21
2.4.1 Moagem.....	22
2.4.2 Mosturação	22
2.4.3 Filtração do Mosto.....	22
2.4.4 Fervura do Mosto	23
2.4.5 Tratamento e Resfriamento do Mosto	23
2.4.6 Fermentação e Maturação.....	23
2.5 MICROCERVEJARIAS	24
2.5.1 Cervejaria A.....	24
2.5.2 Cervejaria B.....	24
2.5.3 Cervejaria C.....	25
2.6 O AMARGOR.....	25
2.6.1 Iso- α -Ácidos	25
2.6.2 Medição do Amargor.....	27
2.6.3 Cálculo do IBU.....	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 MATERIAIS	31
3.2 MÉTODOS PARA CARACTERIZAÇÃO DO AMARGOR	32
3.2.1 Preparação da Amostra.....	32
3.2.2 Espectrofotometria por Radiação Ultravioleta	33
3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	33
3.3.1 Anova	33
3.4 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS	34

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1 AMARGOR DAS CERVEJAS ANALISADAS	36
4.2 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	36
4.2.1 Análise de variância (ANOVA)	36
4.3 COMPARAÇÃO DO AMARGOR ENCONTRADO COM O PROPOSTO EM ESPECIFICAÇÃO PARA O ESTILO DA CERVEJA.....	38
4.3.1 American Lager (Cerveja A)	38
4.3.2 Amber Ale (Cerveja B).....	39
4.3.3 American Pale Ale (Cerveja C).....	39
4.4 VIABILIDADE ECONÔMICA DA REDUÇÃO DE LÚPULO NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJAS ARTESANAIS PRODUZIDAS EM PONTA GROSSA-PR	40
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	43
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE A – DECLARAÇÃO DE AUTORIA	49
APÊNDICE B – TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO.....	51

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Artigo 36 da seção III do capítulo VII do regulamento da lei n° 8.918 de 14 de julho de 1994 anexado no decreto 6.871 de 4 de junho de 2009 (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – CASA CIVIL, 2009), cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte da cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. Não se sabe ao certo uma data exata para a origem deste produto. Estima-se, porém, que a produção desta bebida tenha se iniciado por volta de 8.000 a.C., primeiramente produzida pelos sumérios, babilônios e egípcios. No Brasil foi trazida pela família real portuguesa, em 1808 (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011). Desde então, o hábito de consumir cerveja se difundiu e se tornou parte dos costumes da cultura brasileira.

Cada um dos ingredientes da cerveja possui uma função importante, sendo que o lúpulo causa o característico sabor amargo, além de contribuir para a estabilidade microbiológica da espuma (ELENA et al., 2008). O amargor é um parâmetro de qualidade destacável e sua análise é realizada rotineiramente na indústria. A análise do amargor é feita a partir da quantificação de iso- α -ácidos, sendo utilizada a unidade internacional *International Bitterness Unit* (IBU) para tal finalidade. Esta análise pode ser conduzida por diferentes métodos, como espectrofotometria em solvente ácido, cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e espectroscopia de fluorescência (CHRISTENSEN; LADEFOGED; NØRGAARD, 2005).

Com todas as limitações de investimento nas instalações e equipamentos das microcervejarias, torna-se muito difícil o teste e a caracterização de muitos parâmetros de qualidade de seus produtos, incluindo o amargor, isto é, os microcervejeiros não conseguem ter informações reais do amargor em seus produtos finais. Dessa forma, os pequenos produtores utilizam apenas estimativas deste parâmetro durante o processo produtivo. Para tanto, cálculos aproximados são realizados em *softwares* disponíveis no mercado. Diante deste cenário, o presente trabalho tratará da caracterização do amargor da cerveja em microcervejarias localizadas na cidade de Ponta Grossa-PR.

As microcervejarias têm ocupado um importante espaço no mercado nacional, segundo o Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja, que aponta a existência de 300 microcervejarias no país, as quais são responsáveis pela produção das chamadas cervejas especiais, que englobam as artesanais, as importadas e as industriais de categoria *premium*. As microcervejarias instaladas no Brasil representavam 8% do mercado nacional de bebidas em

2012, no final de 2014 encerraram com uma participação de 11% e a projeção é de que essa cota suba para 20% em 2020. Apesar desse aumento no consumo de cervejas especiais, os entraves para manter uma pequena indústria neste setor ainda são fortes, principalmente, porque há o monopólio no mercado, cerca de 98% é dominado por quatro companhias: INBEV (68%), Petrópolis (11%), Brasil Kirin (11%) e Heineken (8%). Além disso, o pequeno produtor sofre com a falta de escala para competir com a indústria, pois enquanto o volume produzido pelas microcervejarias é menor, a carga tributária entre estas e as indústrias é a mesma, cerca de 56%. Ainda, as cervejas artesanais costumam ser produzidas com matérias-primas mais caras, o que faz o preço final destas ser aproximadamente cinco vezes mais caro do que o cobrado pelas cervejas tradicionais. Com isso, o presente trabalho aborda um grande dilema enfrentado pelas microcervejarias: como reduzir os custos do processo produtivo em pequena escala?

As microempresas do setor cervejeiro dependem fortemente de leveduras, malte e lúpulo, que são os principais ingredientes utilizados e os grandes responsáveis pelos altos custos. Devido aos altos preços dos insumos de qualidade, uma alternativa para o problema seria a redução dos mesmos na produção. Na maioria das receitas, os custos com o lúpulo compõem cerca de 20 a 30% do custo total com insumos, sendo menor apenas que o malte (cerca de 50% do custo). Como uma redução de malte implicaria muitas vezes na utilização de adjuntos e diminuição da qualidade, o foco do projeto se volta então para o lúpulo, e como um melhor aproveitamento deste ingrediente durante o processo produtivo poderia resultar em uma redução nos custos, mantendo a qualidade e amargor adequados à cerveja.

No Brasil o consumo *per capita* de cerveja é de cerca de 60 litros por ano, um número muito baixo quando comparado a países como Alemanha e República Tcheca, onde se consome entre 108 e 160 litros por ano, respectivamente, o que demonstra o forte potencial de crescimento que o setor possui. Contudo o mercado cervejeiro encontra-se concentrado em grandes grupos com opções limitadas e com o consumo se restringindo a cervejas do tipo *Pilsen* (PIATO; RÉVILLION, 2013). Com isso o movimento das microcervejarias tem trazido o resgate da história, da cultura e do prazer de se beber boas cervejas, disponibilizando uma diversidade única aos consumidores e apreciadores da bebida. Dessa maneira, a produção de cerveja artesanal aprecia um contexto, no qual grandes empresas consolidadas no mercado tornam seu desenvolvimento particularmente desafiador. A maioria dos estudos é voltada para o meio industrial, a contraponto das cervejas artesanais que ficam, sobretudo, sem notoriedade. Diante deste motivo, é necessária uma maior atenção ao setor de cervejas artesanais, que possui enorme potencial, e grande valor econômico e cultural para o país.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Comparar o amargor da cerveja proveniente de microcervejarias de Ponta Grossa - PR.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Quantificar o amargor das cervejas a partir de análises físico-química.
- Verificar se o amargor encontra-se dentro da especificidade para o estilo da cerveja.
- Correlacionar o amargor do produto ao consumo de lúpulo na produção da cerveja.
- Verificar se existe desperdício de insumo na produção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo fornece o embasamento teórico dos principais assuntos relacionados ao presente trabalho de conclusão de curso. Assim, inicialmente é feito um breve histórico da cerveja e sua classificação. Em seguida, são descritos os fundamentos da produção de cervejas, fazendo-se ênfase em suas matérias-primas e operações unitárias que a compõe. Posteriormente, as microcervejarias de Ponta Grossa-PR são abordadas de maneira sucinta. E por fim, o conceito, a medição e o cálculo de amargor são tratados de modo especial.

2.1 HISTÓRICO DA CERVEJA

Estudos apontam que o homem utiliza bebidas fermentadas há mais de 30 mil anos. Estima-se que a cerveja tenha sido desenvolvida em paralelo ao processo de fermentação de cereais como milho, centeio e cevada por volta de 8.000 a.C., provavelmente produzida com cevada, tâmaras, uvas e mel. Essa bebida teria passado a ser feita da cevada maltada por volta de 6.000 a.C. na região da Babilônia (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011).

Durante a idade média, a cerveja era produzida caseiramente, para consumo familiar, sendo uma responsabilidade da mulher. A cerveja substituíra o vinho, que era um produto com um custo mais elevado. No século VI iniciaram-se, nos mosteiros, produções em maiores escalas, havendo então maior conhecimento, desenvolvimento de técnicas e capacidade de registro das receitas. Durante o Império Romano os germânicos, no século VIII, foram os primeiros a empregar o lúpulo na cerveja, adquirindo então características mais próximas da bebida atual. Até o século XIV, diferentes tipos de ingredientes eram utilizados na fabricação, quando, no ano de 1516, o Duque Guilherme IV da Baviera, promulgou o que hoje é conhecido como a lei mais antiga do mundo sobre a manipulação de alimentos, a lei alemã *Reinheitsgebot*, que instituiu que somente cevada, lúpulo e malte deveriam ser utilizados (FERREIRA et al., 2011).

A produção e distribuição da cerveja sofreram grandes mudanças durante a Revolução Industrial, estabelecendo-se grandes centros de fabricação na Inglaterra, Alemanha e no Império Austro-Húngaro. No Brasil sua chegada ocorreu durante a permanência da família real portuguesa, trazida por D. João VI, em 1808. Nessa época, a cerveja era importada de países europeus, tendo sido a Inglaterra a primeira a introduzir a bebida no país,

após a abertura dos portos às nações amigas de Portugal (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011).

Durante os séculos XX e XXI, ocorreu um forte desenvolvimento tecnológico e um crescimento da cultura cervejeira com o desenvolvimento de grandes e pequenas empresas, sendo que a indústria cervejeira é atualmente um importante setor da indústria brasileira. Segundo dados de 2014 da Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CervBrasil), o Brasil é o terceiro maior produtor de cervejas do mundo, com uma produção anual de cerca de 13,5 bilhões de litros. Entre 2010 e 2013, o setor cervejeiro teve um investimento de 17 bilhões de reais, com cerca de 2,7 milhões de pessoas empregadas ao longo de sua cadeia, sendo responsável por 2% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional.

2.2 CLASSIFICAÇÃO E TIPOS DE CERVEJA

A classificação das cervejas é feita a partir de parâmetros, tais como teor alcoólico, extrato primitivo, malte, cor, tipo de fermentação, assim como regulamentado pelo decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Quanto ao teor alcoólico, são consideradas sem álcool aquelas que possuem menos que 0,5% em volume, e alcoólica aquelas que possuem um valor igual ou superior a este. Pelo extrato primitivo são classificadas de acordo com a proporção em peso de extrato do mosto de malte utilizado, sendo considerada leve aquelas entre 5 e 10,5%, comum entre 10,5 e 12,5%, extra entre 12,5 e 14% e forte se igual ou superior a 14%. Já quanto à quantidade de malte podem ser consideradas Cerveja Puro Malte, Cerveja ou Cerveja com aditivos, sendo a proporção de malte utilizado em peso, sobre o extrato primitivo de 100%, maior ou igual a 50% e entre 50 e 20%, respectivamente. Podem ainda ser classificadas pela cor, como clara ou escura, sendo clara quando obter menos de 20 unidades de *European Brewery Convention* (EBC) e escura quando obter valor igual ou superior a este.

Até o século XV, apenas a cerveja de alta fermentação, chamada de *ale*, era conhecida. Diante da demanda para se produzir a bebida no inverno e armazená-la até o verão, surgiu, então, a fabricação de baixa fermentação ou fermentação a frio, conhecida como *lager* (armazenada), a qual possui um sabor acentuado, aparência clara e leve, e atualmente correspondem a mais de 90% da produção mundial (FERREIRA et al., 2011). As cervejas de alta fermentação utilizam leveduras do tipo *Saccharomyces cerevisiae* que são ativadas em uma temperatura de 20 a 25°C e flutuam após a fermentação, a qual leva em torno de 4 a 5 dias, produzindo uma bebida de sabor forte, ligeiramente ácida e com teor alcoólico entre 4 e

8%. Nas cervejas de baixa fermentação, a levedura é citada na literatura como *Saccharomyces carlsbergensis*, porém, na prática, normalmente são utilizados híbridos de *Saccharomyces cerevisiae* com outras leveduras, as quais são ativadas a uma temperatura entre 9°C e 14°C e se depositam no fundo do tanque após uma fermentação de cerca de 8 ou 9 dias.

Os principais estilos de *Ale* são: *Pale Ale*, *Belgian Ale*, *Weissbier* (Cerveja de trigo), *Stout* e *Porter*. Dentre os principais estilos de *Lager* estão: *Pilsen*, *Munich*, *Bock* e *Malzbier*. (BORTOLI et al., 2013). No Quadro 1 podem ser observados alguns dos principais estilos de cerveja, sua origem e algumas classificações.

Quadro 1 - Principais estilos de cerveja

TIPOS DE CERVEJA				
CERVEJA	ORIGEM	COLORAÇÃO	TEOR ALCOÓLICO	FERMENTAÇÃO
Pilsen	República Tcheca	Clara	Médio	Baixa
Dortmunder	Alemanha	Clara	Médio	Baixa
Stout	Inglaterra	Escura	Alto	Geralmente Baixa
Porter	Inglaterra	Escura	Alto	Alta ou Baixa
Weissbier	Alemanha	Clara	Médio	Alta
München	Alemanha	Escura	Médio	Baixa
Bock	Alemanha	Escura	Alto	Baixa
Malzbier	Alemanha	Escura	Alto	Baixa
Ale	Inglaterra	Clara e Avermelhada	Médio ou Alto	Alta
Ice	Canadá	Clara	Alto	–

Fonte: Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja (2016).

2.3 MATÉRIAS - PRIMAS

2.3.1 Água

A água é a principal matéria-prima no decorrer do processo de fabricação. Tratando-se da quantidade utilizada, aproximadamente 95% do peso de uma cerveja é constituída por água. Por esse fator, indústrias de fabricação optam por construir suas fábricas em regiões onde a composição da água é de boa qualidade (VENTURINI, 2010). Atualmente, se a água apresentar composição química inadequada, existe a possibilidade de tratá-la por meio de processos químicos com o objetivo de purificar a água utilizada (AQUARONE; BORZANI; LIMA, 1983).

Para obter uma água de qualidade para a fabricação de cerveja é necessário seguir alguns requisitos básicos como: seguir os padrões de potabilidade; alcalinidade; concentração

de cálcio aproximadamente a 50 mg/L; analisar as águas frequentemente referente à sua dureza em carbonatos, ao seu odor, coloração, turbidez; e exames microbiológicos devem ser incluídos com o objetivo de se obter uma análise mais completa (VENTURINI, 2010).

Segundo Jorge (2004), para se caracterizar a água ideal para o processo de fabricação de cervejas deve-se ter o pH entre 6,5 e 7, conter aproximadamente 100 mg/L de carbonato, conter entre 200 e 300 mg/L de cloreto de sódio, e conter na água menos de 1 mg/L de ferro. O efeito do pH alcalino na água resulta em dissolução de quantidades inapropriadas das cascas e do malte no processo, ou seja, elevando-se o pH da reação, diminui-se a atividade enzimática do processo.

2.3.2 Malte

Malte é um termo técnico que define a matéria-prima resultante da germinação de qualquer cereal. É obtido por meio da cevada que é uma gramínea que pertence ao gênero *Hordeum*, cujos grãos são alinhados em duas ou seis fileiras sendo envoltos por camadas celulósicas, tendo como primeira camada a palha que é eliminada no beneficiamento, e as demais camadas, que estão juntas com o grão e não são eliminadas no beneficiamento, têm um papel extremamente importante para o processo de obtenção da cerveja (VENTURINI, 2010). A cevada é o cereal mais utilizado para a fabricação da cerveja. Isso se deve ao fato de que é muito rica em amido, o qual pode ser facilmente convertido em açúcares como, por exemplo, a dextrose, maltose e glucose. Possui também alto teor de proteínas que são responsáveis por fornecer os aminoácidos necessários para que haja o crescimento da levedura (ALVES, 2014).

O processo que envolve a transformação do grão de cevada em malte nada mais é do que colocar a semente em condições que sejam favoráveis para que ocorra a germinação, controlando-se a temperatura do ambiente, umidade e aeração. É muito importante que o processo seja interrompido logo que o grão tenha iniciado o ciclo de uma nova planta. A importância dessa etapa se deve ao fato de que a cadeia de amido nessa fase é menor que na cevada, tornando o grão menos duro e mais solúvel. A Tabela 1 apresenta a composição média de um grão de cevada em comparação ao grão de malte.

Tabela 1 - Composição do grão de cevada e do malte

Características	Cevada	Malte
Umidade	10-14	4-6
Amido	55-60	50-55
Açúcares	0,5-1,0	8-10
Massa do grão	32-36	29-33
Nitrogênio total	1,8-2,3	1,8-2,3
Nitrogênio solúvel (% de N total)	10-12	35-50
Poder Diastásico, Lintner	50-60	100-250
α -amilase, unidades de dextrina	traços	30-60
Atividade proteolítica	traços	15-30

Fonte: Venturini (2010).

2.3.3 Levedura

As leveduras são unicelulares e se reproduzem por meio de brotamento ou gemulação, e pertencem ao Reino *Fungi*. O tipo de levedura utilizada determina as características de aroma e sabor da cerveja. Durante a fermentação do mosto, o principal produto produzido é o álcool primário que resulta em um pequeno impacto no sabor da cerveja.

Para a produção de cervejas do tipo *lager*, utiliza-se cepas do tipo *Saccharomyces uvarum (carlsbergensis)* para fermentar, pois atuam de forma mais lenta quando comparadas às de alta fermentação, sendo, portanto, uma fermentação de baixa densidade. As cepas do tipo *Saccharomyces cerevisiae* são utilizadas para a fabricação de cervejas do tipo *ale*, pois são de alta fermentação, atuando na superfície do mosto. Ambas são muito utilizadas, pois são consideradas seguras e capazes de produzir dois metabólitos importantes tais como etanol e dióxido de carbono (VENTURINI, 2010).

2.3.4 Lúpulo

O lúpulo é classificado como *Humulus lupulus*, uma planta dioica, isto é, possui flores tanto masculinas quanto femininas em diferentes plantas. O cultivo do lúpulo é dado em regiões tipicamente frias. A lupulina, produzida por glândulas de onde são produzidos os grânulos, é responsável por dar o amargor e o aroma característico da cerveja. Só as plantas femininas produzem frutos, que são designados cones, estes contém a lupulina, que são

substâncias de coloração amarelada, perceptível quando esmagada o cone maduro entre os dedos. Por isso, na produção da cerveja se utiliza apenas as flores femininas (VENTURINI, 2010). O lúpulo, atualmente, é comercializado em diferentes formas tais como flores prensadas, *pellets*, pó, ou em extratos, sendo estes últimos classificados conforme sua própria característica predominante de amargor e aromáticos. A Tabela 2 apresenta a composição química do lúpulo flor.

Tabela 2 - Composição química da flor de lúpulo

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

Fonte: Tschope (2001).

Na composição do lúpulo evidencia-se a presença de compostos fenólicos que são substâncias bioativas que podem propiciar muitos benefícios para o tratamento de doenças correlacionada a obesidade e excesso de peso. Os compostos fenólicos são estruturas químicas que apresentam em sua formação hidroxilas e anéis aromáticos, na forma simples ou de polímeros, originando-se do metabolismo secundário das plantas (ANGELO e JORGE, 2007).

As estruturas fenólicas têm a capacidade de se combinar com enzimas digestivas, proteínas e outros polímeros como por exemplo: carboidratos e pectinas, formando complexos estáveis, impedindo a absorção dos nutrientes, assim, faz com que os compostos fenólicos sejam possíveis inibidores de algumas enzimas digestivas (COSTA et al., 2008).

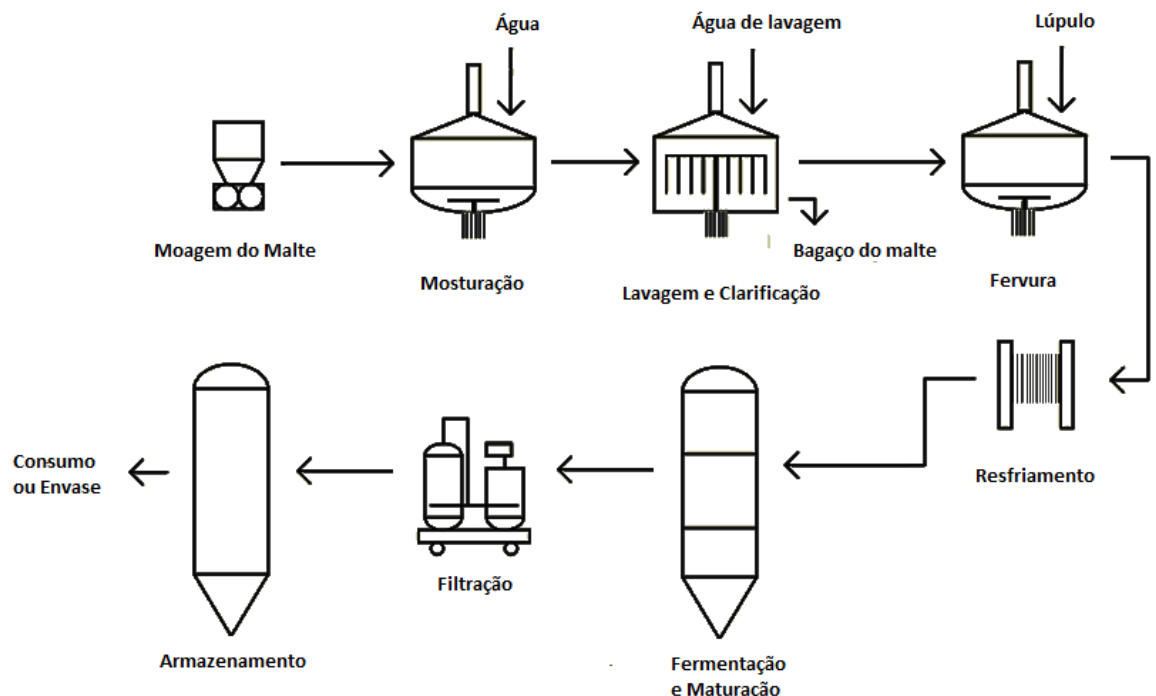
Já na cerveja os óleos essenciais são uma mistura de componentes, que apresentam direta influência no sabor e no aroma. Por serem muito voláteis, ocorrem muitas perdas ao decorrer do processo durante a fermentação do mosto. A pequena quantidade de óleos essenciais, que permanece no processo, deixa a cerveja agradável e a composição final depende diretamente da qualidade da matéria prima utilizada e do processo de fermentação (BOTELHO, 2009).

Segundo Venturini (2010), novos produtos têm sido desenvolvidos com a alta tecnologia aplicada no processo de lupulagem, como por exemplo, os extratos isomerizados, que permitem o ajuste do amargor pós-fermentação. O desenvolvimento tecnológico ocorre em função das necessidades particulares de cada processo e das características que compõem cada tipo específico de cerveja. Por isso, o processo de lupulagem torna-se parte das formulações técnicas de uma cervejaria, já que a própria lupulagem está diretamente ligada às características qualitativas do produto final.

2.4 PRODUÇÃO

O tradicional processo de fabricação da cerveja pode ser dividido em operações essenciais (Figura 1) como: moagem do malte; mosturação do mosto; filtração do mosto; fervura do mosto; tratamento do mosto (estando incluso nessa etapa a remoção do precipitado, resfriamento e aeração); fermentação; maturação e clarificação (VENTURINI, 2010).

Figura 1 – Processo produtivo da cerveja



Fonte: Autoria Própria (2017).

2.4.1 Moagem

A moagem tem como seu principal objetivo a quebra de grãos para que haja a exposição do amido contido no seu interior. A moagem pode ser realizada de dois tipos: moagem com rolos ou moagem em moinhos do tipo martelo. A principal diferença entre elas é que na moagem com rolos a casca do malte é preservada, enquanto que na moagem do tipo martelo o malte é praticamente reduzido a pó (MORADO, 2009). Quando o malte é moído ele não pode ser armazenado por um longo período, devendo tal procedimento ser realizado pouco antes do início da mostura. A etapa de moagem do malte está diretamente ligada às reações físico-químicas que ocorreram no processo, influenciando no rendimento, clarificação e na qualidade do produto final que é a cerveja (VENTURINI, 2010).

2.4.2 Mosturação

A mosturação é também denominada de brasagem, e é definida como a etapa do processo onde ocorre a transformação das matérias-primas (EVANGELISTA, 2012).

Segundo Venturini (2010), a mistura do malte moído com água em temperatura controlada tem por objetivo solubilizar as substâncias do malte, que são diretamente solúveis em água, e com a ajuda das enzimas, solubilizar as substâncias insolúveis, promovendo a gomificação e posterior hidrólise do amido a açúcares. Na etapa de fabricação do mosto é definido o quanto de açúcares pode ser consumido pela levedura, haja vista que quanto mais fermentáveis os açúcares, menor é a chance de a cerveja ser encorpada (MORADO, 2009).

2.4.3 Filtração do Mosto

O processo de filtração do mosto baseando-se em Morado (2009), consiste na separação do líquido do bagaço de malte em filtro de placas ou em tina de clarificação (tina filtro) que utiliza um fundo falso para que haja a sustentação para o elemento filtrante que é a casca do malte. Após a separação, o elemento filtrante é lavado com uma determinada quantidade de água (água secundária) a 75°C, buscando aumentar a extração de açúcar elevando o rendimento do processo (VENTURINI, 2010).

2.4.4 Fervura do Mosto

Segundo Morado (2009), nesta etapa alguns aspectos são preponderantes para o resultado final da cerveja. A fervura deve ser intensa, já que ela é responsável pela esterilização do mosto, para que não haja micro-organismos que poderiam ser concorrentes da levedura pelos nutrientes obtidos no mosto. Durante o processo de fervura é adicionado o lúpulo, sendo esta adição realizada no meio ou no final da fervura, devido ao fato que as resinas que são responsáveis pelo aroma e sabor do lúpulo são voláteis, e se fossem adicionados no início perderiam sua função no processo (EVANGELISTA, 2012). O processo de fervura também estabiliza o mosto tanto no aspecto biológico quanto bioquímico, contribuindo diretamente com o sabor da cerveja, seja pela evaporação dos aromas indesejados ou pelo amargor obtido pelo lúpulo (MORADO, 2009).

2.4.5 Tratamento e Resfriamento do Mosto

Logo após a etapa de fervura, fazendo o uso de forças centrípetas por meio de rotação forçada do meio, tem-se precipitados complexos de proteínas, resinas e taninos denominados de *trub*. O *trub* sedimenta-se no fundo do recipiente sendo separado do mosto límpido (VENTURINI, 2010).

Para que o mosto límpido alcance a temperatura desejada para fermentação é necessário que haja o resfriamento o mais rápido possível, para que não se tenha a formação de aromas indesejáveis aumentando o risco de contaminação (MORADO, 2009).

2.4.6 Fermentação e Maturação

Morado (2009) relata que durante a fermentação há a transformação de açúcares em dióxido de carbono (CO₂) e etanol. Os fatores mais importantes para favorecer a produção e manutenção dos aromas desejáveis são: temperatura e tempo de fermentação, e escolha certa da levedura. A maturação é conhecida como fermentação secundária de extrema importância, pois durante essa fase acontecem reações físico-químicas que transformam o aspecto visual e produzem alguns aromas e sabores, sendo essa etapa, de acordo com Morado (2009), conhecida como o “afinamento da cerveja”. É nesta etapa que ocorre a carbonatação natural da bebida, sendo um efeito da contrapressão, que é exercida no próprio tanque, onde é

realizada a maturação pelo gás carbônico produzido na fermentação do extrato que ainda resta na cerveja.

2.5 MICROCERVEJARIAS

2.5.1 Cervejaria A

A cervejaria A foi desenvolvida em 2011, na cidade de Fartura, localizada no sul do estado de São Paulo, funcionando inicialmente como *brewpub*, servindo ali todo chope que produzia, a cervejaria cresceu, saiu de Fartura e hoje tem parte de sua produção em fábrica própria na cidade de Ponta Grossa, no Paraná a partir do sonho dos irmãos Carvalho, Ricardo, Ivan e Isnar. A *expertise* de Ricardo, químico com mestrado, com longa experiência em grandes e pequenas cervejarias, foi de fundamental importância para que a cervejaria pudesse ser criada. A cervejaria A possui três rótulos em seu portfólio: *IPA* e *Witbier* e a tipo *American Lager*, carro-chefe da marca, produzida seguindo a lei de pureza da Baviera, em vigor desde 1516 (MICROCERVEJARIA A, 2016).

Em 12 de dezembro de 2014, a cervejaria A implantou sua fábrica no distrito de Guaragi na cidade de Ponta Grossa-PR, com o objetivo de atender a demanda do Paraná, sul do Brasil, e até mesmo de São Paulo. A fabricação do chope iniciou-se no primeiro semestre de 2015 com uma produção inicial de 30 mil litros, com um aumento gradativo para 150 mil litros (FARIAS, 2014).

2.5.2 Cervejaria B

A cervejaria B é a primeira cervejaria artesanal da cidade de Ponta Grossa-PR. A ideia surgiu quando o casal Herus Schultz e Edlaine Gomes visitou a festa *Oktoberfest* na cidade de Blumenau-SC, e decidiu investir no *hobby*: a produção de cervejas artesanais. De início, o casal começou a produzir cerveja para consumo próprio. Em 2012, decidiram investir em equipamentos e produzir uma cerveja para ser consumida por outros apaixonados por cerveja. Assim surgiu a Cervejaria B. Atualmente, a cervejaria atende somente ao mercado de Ponta Grossa-PR, mas investimentos de ampliação na fábrica atual permitirão um aumento considerável da produção em litros por mês, possibilitando a expansão de distribuição das cervejas no estado e depois em outras regiões (GOMES; NEVES, 2014).

2.5.3 Cervejaria C

A cervejaria C surgiu no ano de 2014 na cidade de Ponta Grossa-PR, a partir da ideia de seus donos de trabalhar no ramo de cervejas artesanais, motivados pelo avanço da cidade e pela demanda do setor que vem expandindo vertiginosamente nos últimos anos em todo Brasil. Diante disso, os proprietários buscaram conhecimento sobre o negócio. A fábrica possui setor de produção, áreas de visitas, degustação, tem capacidade para a produção de 25.000 mil litros por mês, podendo chegar a 30.000 litros por mês. O diferencial das cervejas C é ser fabricada com maltes e leveduras importados, e utilizam água pura de poço artesiano. A cervejaria C possui seis rótulos em seu portfólio: *Pilsen*, *Bohemian Pilsener*, *Weiss*, *American Palle Ale (APA)*, *Indian Palle Ale (IPA)* e a *Stout*, todas sendo produzidas seguindo a lei de pureza da Baviera, em vigor desde 1516 para cervejas *Reinheitsgebot*, instituída na Alemanha (MICROCERVEJARIA C, 2016).

2.6 O AMARGOR

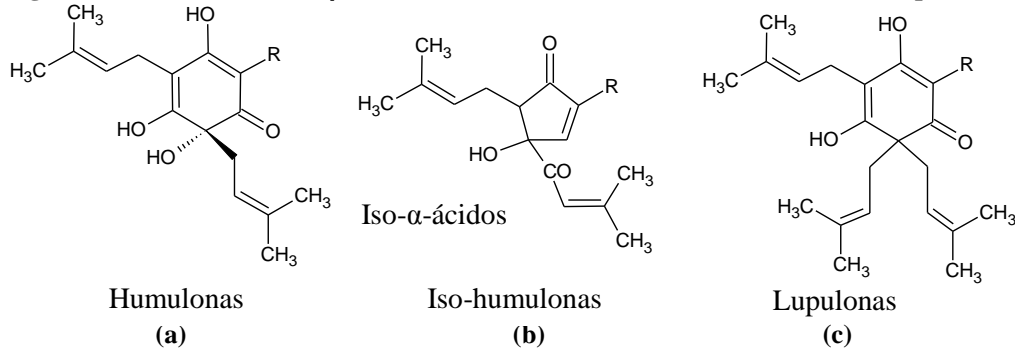
Uma das contribuições mais importante do lúpulo na cerveja é o seu amargor, o qual contrabalança com o adocicado do malte para uma bebida equilibrada e saborosa. É uma característica sensorial facilmente percebida pelos consumidores, sendo de grande influência na qualidade do produto. É derivado de ácidos amargos presentes na lupulina, os quais foram originalmente classificados em alfa, beta e gama. As frações alfa e beta são conhecidas como resinas macias por serem solúveis em hexano, já a fração gama é referida como resina dura por ser insolúvel no mesmo. Os principais responsáveis pelo amargor são os iso- α -ácidos, os quais são gerados a partir da isomerização dos α -ácidos presentes no lúpulo durante a fervura. Outros compostos também contribuem para o amargor, como alguns aminoácidos provenientes do malte, mas em menores proporções. Além disso, os polifenóis têm sua influência nesta característica da cerveja ainda pouco compreendida (ELENA et al., 2008).

2.6.1 Iso- α -Ácidos

O principal grupo presente na fração alfa dos ácidos é a humulona, e na fração beta a lupulona, sendo que a primeira possui o maior potencial de amargor quando convertida em

iso-humulona (iso- α -ácidos). As proporções destes componentes dependem da variedade da planta. A Figura 1 mostra a estrutura de ambos (ELENA et al., 2008).

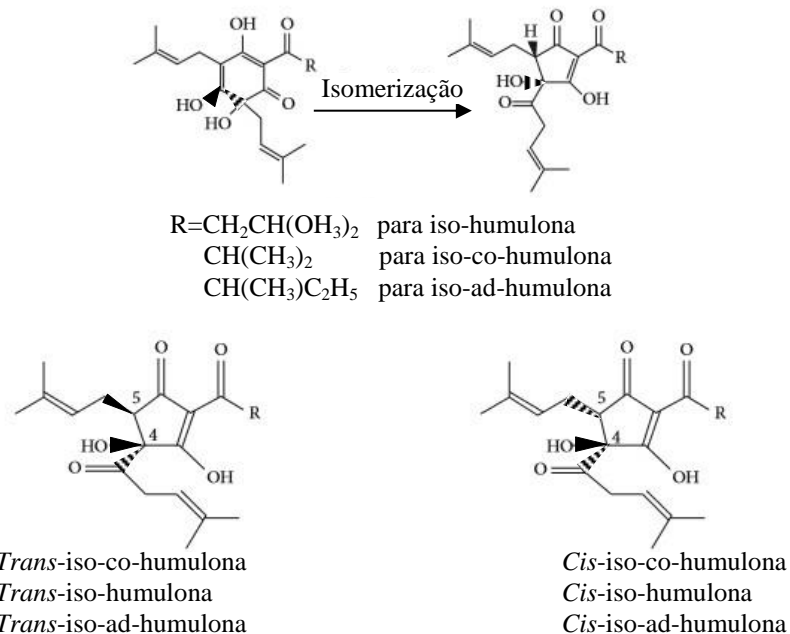
Figura 2 - Estrutura dos α e β ácidos: (a) Humulonas; (b) Iso-humulonas; (c) Lupulonas



Fonte: Adaptado de ELENA et al. (2008).

A isomerização dos α -ácidos ocorre durante a fervura do mosto, e possui apenas 30% de rendimento devido a ineficiência da reação em pH ácidos. A reação de isomerização é do tipo contração de anel *acyloin*, formando duas iso-humulonas, *cis* e *trans*, dependendo da estrutura da humulona precursora. A Figura 2 mostra a estrutura geral dos iso- α -ácidos.

Figura 3 - Isomerização de α -ácidos em iso- α -ácidos e seus derivados



Fonte: SILVA e FARIA (2008).

Pode-se observar que a iso-humulona contém um radical do grupamento 2-metil-propil, enquanto que a iso-ad-humulona e a iso-co-humulona tem como radicais os grupamentos 1-metil-propil e 1-metil-etil, respectivamente (SILVA; FARIA, 2008).

2.6.2 Medição do Amargor

Apesar de o amargor não ser considerado na legislação brasileira, este parâmetro de qualidade tem um papel fundamental na característica típica de alguns estilos. O amargor é medido em Unidades Internacionais de Amargor (IBU), variando normalmente entre valores de 10 a 45 unidades, sendo que quanto maior este valor, mais amarga tende a ser a bebida. Essa medida é realizada quantificando os α -ácidos presentes, a partir de técnicas espectrofotométricas, após a extração dos ácidos por solventes. A concentração de α -ácidos é expressa em *International Bitterness Unit* (IBU) (SILVA; FARIA, 2008).

Um dos métodos mais tradicionais é a extração via iso-octano em amostras acidificadas, com medição espectrofotométrica no comprimento de onda de 275 nm. Apesar de ser um método caro e demorado, este é largamente empregado. Também pode ser utilizada a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), porém a dificuldade e o tempo de análise tornam sua aplicação inviável em produção contínua. Outra técnica utilizada é a espectroscopia de fluorescência, sendo uma técnica não destrutiva, que permite uma determinação rápida do amargor, contudo, ainda existe pouca informação sobre valores de referência para a calibragem dos equipamentos de aferição (CHRISTENSEN; LADEFOGED; NØRGAARD, 2005).

O método padrão para se estimar o amargor das cervejas utiliza a medida dos iso- α -ácidos totais por técnicas espectrofotométricas, após sua extração por solventes, expressando sua concentração em unidade de amargor (IBU). Convenções europeias e norte americanas adotam esta técnica como oficial. A espectrofotometria por radiação ultravioleta, como método de análise do amargor de cervejas, fundamenta-se no princípio em que os principais compostos de amargor são os iso- α -ácidos, e que estes possuem absorção máxima na faixa de ultravioleta visível (UV-vis) a 270/ 275 nm. Acredita-se que as medidas obtidas por este método têm boa correlação com as percepções humanas do amargor em cervejas do tipo *ale* e *lager* (SILVA; FARIA, 2008).

Segundo Junior (2016), o IBU (*International Bitterness Units*) é o resultado, principalmente, da presença de ácidos alfas, mas também de ácidos betas e outros compostos polifenóis originados do lúpulo.

2.6.3 Cálculo do IBU

Em uma microcervejaria, os produtos têm uma tendência de serem mais encorpados e com sabores mais realçados. No entanto, por uma questão econômica, torna-se inviável a análise do amargor, fazendo-se necessário a utilização de um cálculo aproximado. Todos os métodos de estimativa utilizam a mesma fórmula de aproximação, variando apenas na estimativa do percentual de utilização dos α -ácidos (SILVA; FARIA, 2008). A Equação 1 demonstra a fórmula aplicada.

$$IBU = \frac{0,7489 \cdot W_{oz} \cdot A\% \cdot U\%}{V_{gal}} \quad (1)$$

Sendo que:

W_{oz} = massa de lúpulo em onças;

$A\%$ = conteúdo de α -ácido no lúpulo em porcentagem;

V_{gal} = volume final de cerveja em galões;

$U\%$ = percentual de utilização de α -ácidos.

O valor de 0,7489 é um fator de conversão de oz/gal para mg/L e de percentual para frações. Todos estes valores serão conhecidos no processo produtivo, com exceção do percentual de utilização, o qual depende do tempo de fervura e perturbações no processo, existindo diferentes métodos de estimativa, sendo algum dos mais utilizados os métodos de Rager (1990), de Garetz (1994b) e de Tinseth (1997). Tais métodos relacionam o percentual de utilização de α -ácidos com o tempo de fervura, aplicando fatores de correção para a gravidade do mosto, para a temperatura e para as perdas no processo (Hall, 1997). A Tabela 3 demonstra as taxas de utilização para diferentes métodos, enquanto que o Gráfico 1 mostra um exemplo de valores de fatores de correção para a gravidade do mosto.

Tabela 3 - Taxa de utilização (%) por tempo de fervura (*boil time*) em minutos

(continua)

<i>Boil Time</i>	RAGER	GARETZ	MOSHER	TINSETH	NOONAN	DANIELS
0,0	5,0	0,0	0,0	0,000	5,0	5,0
2,5	5,0	0,0	1,8	2,414	5,0	5,0
5,0	5,0	0,0	3,5	4,598	5,0	5,0
7,5	6,0	0,0	4,8	6,575	5,8	5,0
10,0	6,0	0,0	6,1	8,363	6,5	12,0
12,5	8,0	2,0	7,4	9,981	7,2	12,0

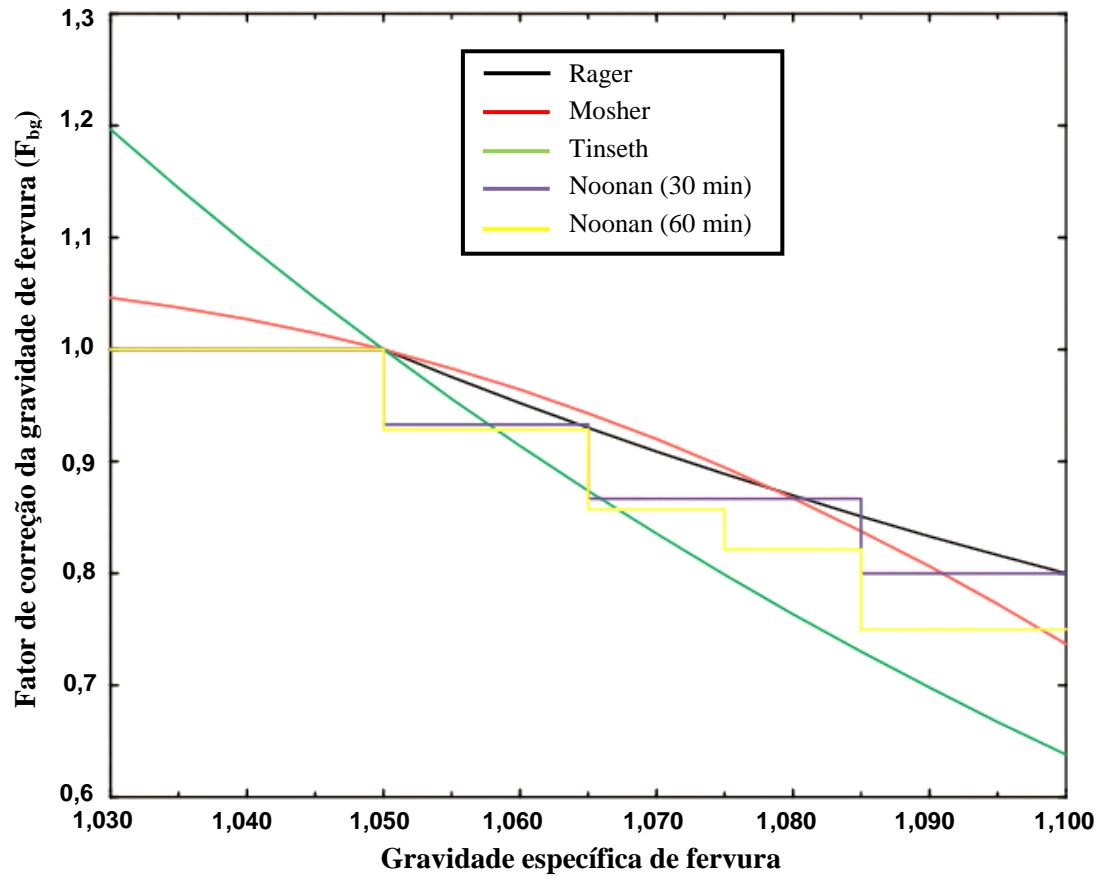
Tabela 3 - Taxa de utilização (%) por tempo de fervura (*boil time*) em minutos

<i>Boil Time</i>	RAGER	GARETZ	MOSHER	TINSETH	NOONAN	DANIELS
15,0	8,0	2,0	8,7	11,446	8,0	12,0
17,5	10,1	5,0	9,3	12,770	9,2	12,0
20,0	10,1	5,0	9,9	13,969	10,3	15,0
22,5	12,1	8,0	10,6	15,054	11,5	15,0
25,0	12,1	8,0	11,2	16,035	12,7	15,0
27,5	15,3	11,0	11,8	16,924	13,8	15,0
30,0	15,3	11,0	12,4	17,727	15,0	19,0
32,5	18,8	14,0	12,9	18,454	16,1	19,0
35,0	18,8	14,0	13,4	19,112	17,2	19,0
37,5	22,8	16,0	13,9	19,707	18,2	19,0
40,0	22,8	16,0	14,3	20,246	19,3	19,0
42,5	26,9	18,0	14,8	20,733	20,4	19,0
45,0	26,9	18,0	15,3	21,174	21,5	22,0
47,5	28,1	19,0	15,6	21,574	22,6	22,0
50,0	28,1	19,0	15,9	21,935	23,7	22,0
52,5	30,0	20,0	16,2	22,261	24,8	22,0
55,0	30,0	20,0	16,6	22,557	25,8	22,0
57,5	30,0	20,0	16,9	22,824	26,9	22,0
60,0	30,0	20,0	17,2	23,066	28,0	24,0
62,5	30,0	21,0	17,5	23,285	28,2	24,0
65,0	30,0	21,0	17,8	23,484	28,5	24,0
67,5	30,0	21,0	18,1	23,663	28,8	24,0
70,0	30,0	21,0	18,4	23,825	29,0	24,0
72,5	30,0	22,0	18,7	23,972	29,2	24,0
75,0	30,0	22,0	19,0	24,105	29,5	27,0
77,5	30,0	22,0	19,3	24,225	29,8	27,0
80,0	30,0	22,0	19,6	24,334	30,0	27,0
82,5	30,0	23,0	19,9	24,432	30,2	27,0
85,0	30,0	23,0	20,2	24,521	30,5	27,0
87,5	30,0	23,0	20,5	24,602	30,8	27,0
90,0	30,0	23,0	20,8	24,675	31,0	27,0

Fonte: Hall (1997).

Logo, o valor encontrado para a taxa de utilização na Tabela 3 deve ser multiplicado pelo fator de correção encontrado no Gráfico 1, de acordo com a gravidade específica do mosto durante o processo de fervura, obtendo assim o valor do percentual de utilização (U%) a ser utilizado na Equação 1 para o cálculo do IBU.

Gráfico 1 - Fatores de correção para a gravidade do mosto durante a fervura



Fonte: Adaptado de Hall (1997).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

As amostras de cerveja analisadas neste trabalho foram provenientes de microcervejarias localizadas na cidade de Ponta Grossa - PR. Nessa região cada vez mais aumenta o segmento de microcervejarias, diferenciando-se em termos de sabor e em escalas de produção. As amostras de cervejas foram coletadas nas lojas especializadas dos fabricantes, sendo retiradas amostras em duplicata e analisadas em triplicata. Nessa amostragem foram incluídas cervejas do tipo *Amber Ale*, *American Lager* e *American Pale Ale*. A origem e o tipo de cervejas estão relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 - Origem da microcervejaria e a cerveja utilizada como amostra

Cerveja	Origem	Tipo
1. A	Ponta Grossa	American Lager
2. B	Ponta Grossa	Amber Ale
3. C	Ponta Grossa	American Pale Ale

Fonte: Autoria própria, 2017.

As análises foram realizadas nos laboratórios de Química Analítica, pertencente ao Departamento de Engenharia Química do câmpus Ponta Grossa-PR da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Foi utilizado para as análises a metodologia EBC (*European Brewery Convention*) 9.8: *Bitterness of Beer* (amargor da cerveja), a qual padroniza a análise do amargor através da espectrofotometria por radiação ultravioleta visível.

Os materiais e equipamentos utilizados foram:

- Béqueres de 250 ml;
- Micropipetas descartáveis;
- Pipetas volumétricas de 1, 10 e 20 mL;
- Tubos de ensaio para centrifuga de 50 mL;
- Equipamento de ultrassom UNIQUE modelo USC-1650A;
- Agitador mecânico (Banho Metabólico Dubnoff da marca Solab modelo SL 157 – utilizado apenas para agitação);
- Centrífuga de tubos Excelsa 4, modelo 80R;
- Espectrofotômetro UV - vis FEMTO 800XI.

Os reagentes utilizados foram:

- Ácido clorídrico (HCl 6M);
- 2,2,4- trimetil-pentano (iso-octano).

3.2 MÉTODOS PARA CARACTERIZAÇÃO DO AMARGOR

3.2.1 Preparação da Amostra

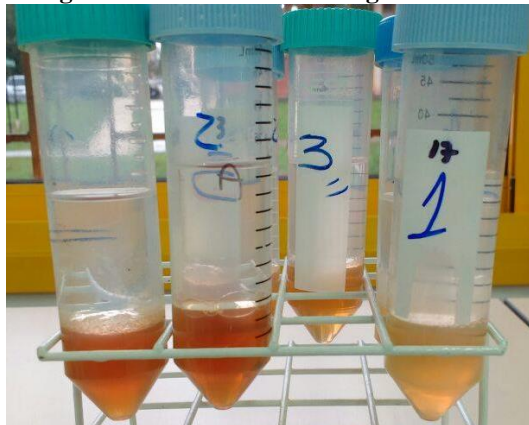
Para a preparação da amostra analisada, transferiu-se aproximadamente 200,0mL de cada uma das seis amostras (duas de cada cerveja analisada) para béqueres de 250 mL, e se procedeu a degaseificação ultrassônica através do equipamento de ultrassom UNIQUE modelo USC-1650A.

Em seguida, com a ajuda de uma pipeta volumétrica, transferiu-se 10,0 mL da cerveja já descarbonatada para um tubo de centrífuga de 50 mL e adicionou-se 0,5 mL de HCl 6M (ácido clorídrico) e 20 mL de iso-octano (2,2,4-trimetil-pentano). A amostra passou primeiramente por agitação mecânica, com uma duração de aproximadamente 15 minutos a 130 rpm, com o auxílio do equipamento para Banho Metabólico Dubnoff da marca Solab modelo SL 157, utilizado neste caso apenas como agitador mecânico.

Em seguida, a amostra foi centrifugada a 3.000 rpm por 3 minutos, com o auxílio de uma centrífuga de tubos Excelsa 4, modelo 80R.

Ao final deste processo de preparação da amostra, obtiveram-se duas fases (Fotografia 1), sendo a fase sobrenadante a fração de iso- α -ácidos extraída em iso-octano (JUNIOR, 2016).

Fotografia 1 - Amostra centrifugada



Fonte: Autoria própria, 2017.

3.2.2 Espectrofotometria por Radiação Ultravioleta

Na sequência de toda a preparação da amostra foi, então, mensurada a absorvância da fração de iso- α -ácidos extraída em iso-octano, com um comprimento de onda de 275 nm (conforme metodologia EBC utilizada) com o auxílio do espectrofotômetro UV - vis FEMTO 800XI.

Foi empregado iso-octano puro como padrão de referência do equipamento. A fração sobrenadante foi extraída dos tubos com o auxílio de micropipetas descartáveis, e foram analisadas. Dessa maneira, as medidas de absorvâncias obtidas e registradas correspondem, então, à fração de iso- α -ácidos presentes no iso-octano. Esta fração multiplicada por 50 resulta nos valores de amargor para cada amostra expressos em IBU (JUNIOR, 2016).

3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

As medidas de absorvância das amostras de cerveja devem possuir um grau de incerteza o menor possível, a fim de manter um grau de confiabilidade aceitável dos ensaios experimentais. Os possíveis erros de análise são devidos a erros de análise ou erros na preparação das amostras dentro de um conjunto amostral. Tais erros e desvios podem ser considerados ou descartados para a análise estatística dos dados. Quando o possível erro é logo detectado durante a análise, o resultado deve ser rejeitado, mas quando o possível erro não é detectado previamente, sua causa não tem atribuição definida, e então, a rejeição da medida errônea deve ser decidida por critérios estatísticos (MATOS, 2012).

3.3.1 Anova

É comum a necessidade de se fazer comparações entre tratamentos estatísticos. Deste modo, pode ser feito um comparativo entre as médias das medidas de absorvância encontradas. Ainda, Vieira (2006) afirma que a análise de variância permite ao pesquisador comparar qualquer número de médias encontradas.

Para realização do procedimento experimental, foram retiradas três amostras em duplicata e analisadas em triplicata, totalizando 18 unidades experimentais. A análise estatística de variância (ANOVA), para a análise da absorvância de iso- α -ácidos retirados das amostras de cervejas, tendo como auxílio o *software* EXCEL.

Em uma tabela ANOVA do Excel tem-se:

- 1) O valor de $F_{\text{crítico}}$ pode ser obtido no Excel pela fórmula = $INV F(\alpha; gl_{\text{num}}; gl_{\text{den}})$.
- 2) O valor-P é a probabilidade de a hipótese nula ser verdadeira.
- 3) O valor-P pode ser calculado pela fórmula do Excel = $DIST F(F; gl_{\text{num}}; gl_{\text{den}})$.
- 4) α é o nível de significância do teste.
- 5) SQ é a soma dos quadrados de todos os desvios em relação à média de todas as observações (entre e dentro das amostras).
- 6) MQ é a média quadrática (entre e dentro das amostras).

3.4 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

A identificação da faixa de amargor dos diferentes tipos de cervejas das microcervejarias da cidade de Ponta Grossa-PR foi realizada após utilizar a metodologia por espectrofotometria. O intuito é verificar se as amostras de cerveja analisadas estão dentro da faixa estabelecida pelo *Beer Style International Bittering Units (IBU)*, tendo como parâmetros dados retirados de *Beer Judge Certification Program (BJCP)* descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de faixa de amargor de diferentes estilos de cervejas

Tipos de Cerveja	Valores de IBU
German Pilsen	25-45
American Pale Ale	30-45
American Amber Ale	25-40
Standard American Lager	8-15
Irish Red Ale	17-28
Munich Helles	16-22
Brown Porter	18-35
American IPA	40-70
Traditional Bock	20-27
American Lager	8-18
Imperial IPA	60-120

Fonte: Adaptado de BJCP, 2009.

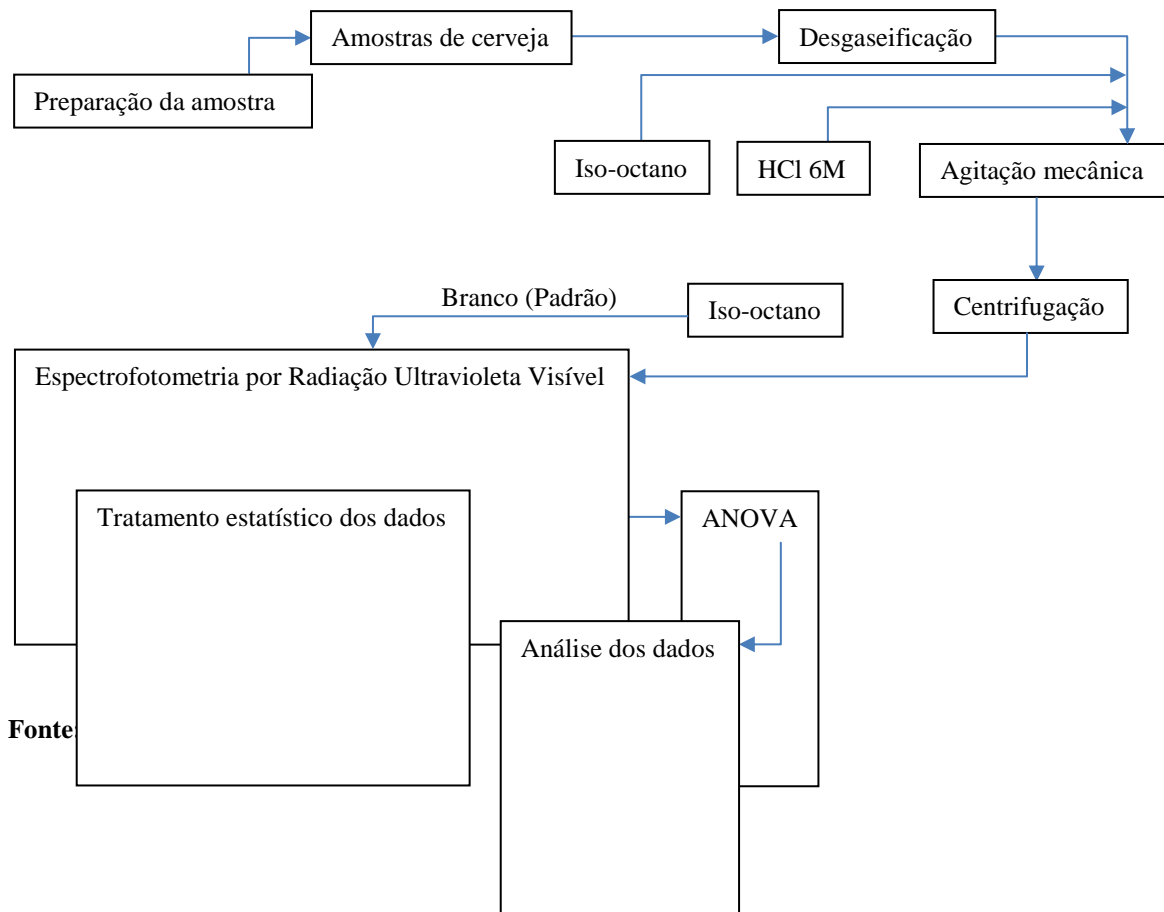
Após a quantificação do amargor e do tratamento dos dados coletados nas amostras de cerveja, foi feita a comparação dos resultados obtidos com os valores de IBU já existentes, podendo assim definir mais precisamente se as amostras se encontram acima ou abaixo do valor estipulado. Dessa maneira, a partir dos cálculos do IBU, da análise estatística dos dados

e da comparação com valores tabelados de IBU na literatura, será possível inferir quanto ao consumo e ao custo de matéria-prima.

Em outras palavras, após a análise dos resultados, poderá haver a hipótese de as microcervejarias da cidade de Ponta Grossa-PR diminuírem o custo com a matéria-prima, haja vista um possível excesso de lúpulo nas cervejas. Diante desta hipótese, as pequenas e microempresas podem investir o dinheiro em outros setores da empresa, buscando novas melhorias e economizado com a redução de custos com insumo.

O procedimento experimental e analítico pode ser esquematizado no Fluxograma 1.

Fluxograma 1 – Procedimento experimental e analítico



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 AMARGOR DAS CERVEJAS ANALISADAS

O amargor das cervejas analisadas é dado pelo IBU. Conforme Junior (2016), a partir de testes de absorvância por espectrofotometria por radiação ultravioleta visível a 275 nm, o IBU das amostras de cerveja pode ser mensurado. A Tabela 5 apresenta os dados obtidos através da metodologia empregada para os ensaios experimentais.

Tabela 5 – Unidade de amargor internacional (IBU) das cervejas analisadas

CERVEJA A: PILSEN	CERVEJA B: AMBER ALE	CERVEJA C: APA
9,20	27,20	42,85
9,10	27,50	42,60
9,25	27,60	42,70
8,95	27,45	42,60
9,10	27,30	42,50
9,00	27,15	42,55

Fonte: Autoria própria, 2017.

4.2 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

O tratamento estatístico dos dados obtidos experimentalmente é feito a fim de verificar a confiabilidade do estudo em questão. A análise de variância (ANOVA) é abordada logo em seguida.

4.2.1 Análise de variância (ANOVA)

Os valores da média e da variância de cada uma das três cervejas estão compreendidos na Tabela 6.

Tabela 6 – Resumo estatístico da IBU das cervejas analisadas

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
CERVEJA A: PILSEN	6	9,1	0,013
CERVEJA B: AMBER ALE	6	27,36666667	0,031667
CERVEJA C: APA	6	42,63333333	0,015667

Fonte: Autoria própria, 2017.

A análise estatística de variância (ANOVA) para os resultados de IBU, encontrados na Tabela 5, é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 – ANOVA das unidades de amargor internacional das cervejas analisadas

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	3382,453333	2	1691,226667	84094,14	4,24E-31	3,68232
Dentro dos grupos	0,301666667	15	0,020111111			
Total	3382,755	17				

Fonte: Autoria própria, 2017.

Na Tabela 7, as hipóteses tomadas para o teste em questão são:

H0: a absorbância não se correlaciona com o IBU das cervejas analisadas.

H1: a absorbância se correlaciona no IBU das cervejas analisadas.

Pelo teste pôde-se perceber:

- a) Se o valor de F (observado) for menor que o valor crítico ($F_{\text{crítico}}$), não se pode rejeitar a hipótese H0.
- b) Caso contrário, se F for maior que o valor crítico ($F_{\text{crítico}}$), H0 é rejeitada.

Na Tabela 7, a partir do primeiro modo, com nível de significância de 0,05 ($\alpha = 5\%$), F se apresentou maior do que $F_{\text{crítico}}$, portanto, H0 é rejeitada e H1 (a absorbância correlaciona com o IBU das cervejas analisadas) é verdadeira.

Outra forma de análise do teste é:

- a) Se valor-P for maior que α , não se pode rejeitar H0.
- b) Caso contrário, se valor-P for menor que α , H0 é rejeitada.

Na Tabela 7, a partir do segundo modo, com nível de significância de 0,05 ($\alpha = 5\%$), o valor-P se apresentou menor do que α , portanto, H0 é rejeitada e H1 (a absorbância influencia no IBU das cervejas analisadas) é verdadeira.

4.3 COMPARAÇÃO DO AMARGOR ENCONTRADO COM O PROPOSTO EM ESPECIFICAÇÃO PARA O ESTILO DA CERVEJA.

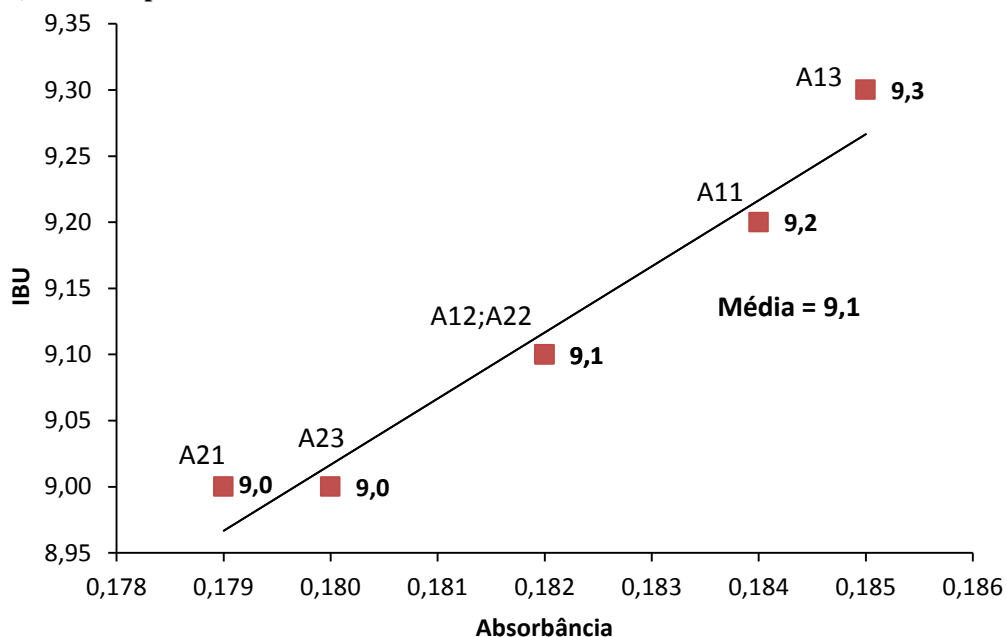
Partindo-se da premissa que a ANOVA realizada com grau de confiança de 95% proporciona maior confiabilidade nos dados, se torna possível comparar os valores encontrados com os existentes em literatura, para assim concluir se as amostras correspondem com a classificação proposta pelos fabricantes.

Os Gráficos 2 a 4 apresentam os valores encontrados em espectrofotometria U.V para os três estilos de cerveja estudados e posteriormente os IBUs encontrados são comparados com valores de referência de amargor dispostos na Tabela 4 anteriormente descrita.

4.3.1 American Lager (Cerveja A)

Tendo como parâmetros dados retirados da BJCP descritos na Tabela 4, o estilo de cerveja *American Lager* dever conter valores de IBU aceitáveis entre 8-18. Na realização da análise pôde-se observar que o IBU encontrado nas amostras de cerveja A permaneceu dentro da faixa estipulada como referência para este estilo de cerveja. O Gráfico 2 mostra os valores de IBU e suas faixas de absorbância.

Gráfico 2 - Valores de IBU encontrados nas amostras de cerveja *American Lager* (cerveja A) e suas respectivas faixas de absorbância

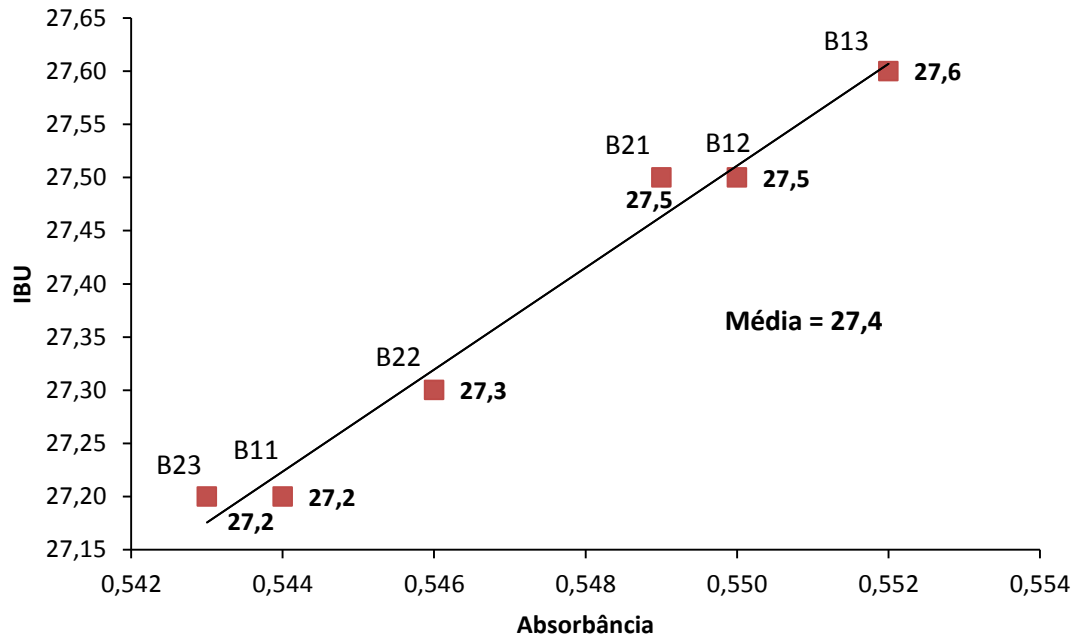


Fonte: Autoria própria, 2017

4.3.2 Amber Ale (Cerveja B)

Utilizando o mesmo critério de parâmetros para comparação, os dados retirados da BJCP descritos na Tabela 4, o estilo de cerveja *Amber Ale* deve conter valores de IBU aceitáveis entre 25-40. Na realização da análise pode-se observar que o IBU encontrado nas amostras de cerveja B permaneceu dentro da faixa estipulada como referência para este estilo de cerveja. O Gráfico 3 mostra os valores de IBU encontrados, bem como suas faixas de absorbância.

Gráfico 3 - Valores de IBU encontrados nas amostras de cerveja *Amber Ale* (Cerveja B) e suas respectivas faixas de absorbância

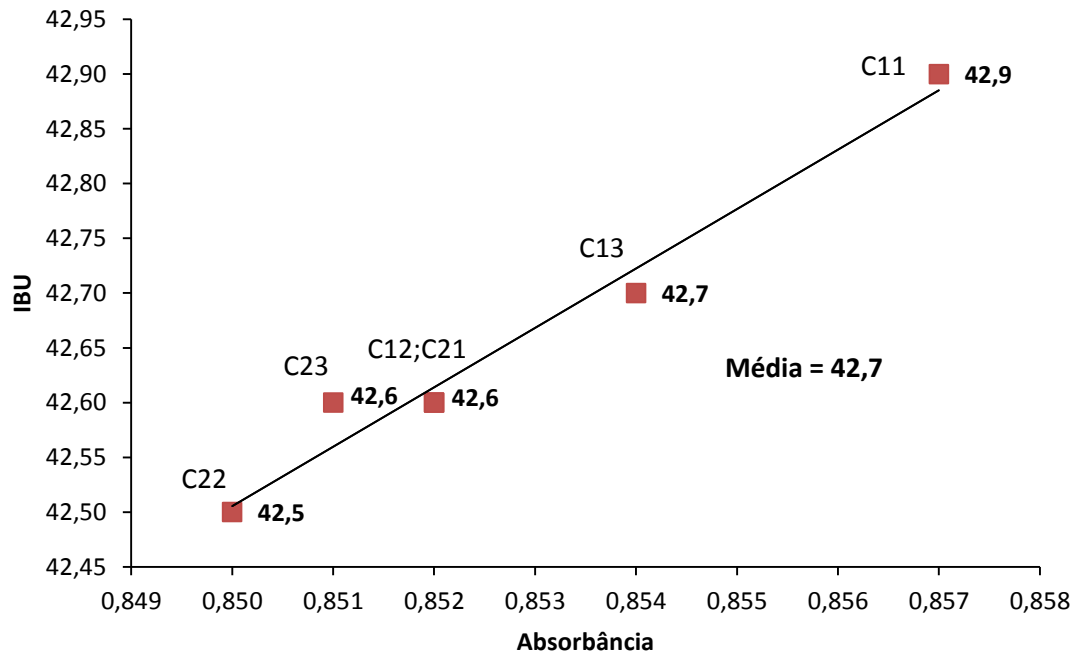


Fonte: Autoria própria, 2017.

4.3.3 American Pale Ale (Cerveja C)

De acordo com a BJCP o estilo de cerveja *American Pale Ale* deve conter de IBU valores entre 30-45. Na análise realizada, as amostras de cerveja C apresentaram valores referentes ao IBU dentro da especificação, descritos no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Valores de IBU encontrados nas amostras de cerveja *American Pale Ale* (Cerveja C) e suas respectivas faixas de absorvância



Fonte: Autoria própria, 2017.

4.4 VIABILIDADE ECONÔMICA DA REDUÇÃO DE LÚPULO NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJAS ARTESANAIS PRODUZIDAS EM PONTA GROSSA-PR

Os valores de IBU das amostras obtidos através dos ensaios de espectrofotometria por radiação ultravioleta visível a 275 nm foram comparados aos valores declarados pelos respectivos fabricantes das cervejas. Essa comparação entre os valores experimentais e os valores calculados pelas microcervejarias é mostrado na Tabela 8. Conforme Junior (2016), os valores de IBU analisados são considerados como números inteiros.

Tabela 8 – Comparação dos valores analisados e calculados

Amostra	IBU Analisado	IBU Calculado	Varição
A	09	12	-25,00%
B	27	25	+8,00%
C	43	30	+43,33%

Fonte: Autoria própria, 2017.

Todas as três microcervejarias presentes neste trabalho utilizam para formulação de suas receitas o *software Beersmith*, o qual possui em sua base de dados os cálculos apresentados no item 2.6.3 deste trabalho que calcula automaticamente o valor aproximado de

IBU para os dados da receita inserida, utilizando normalmente um fator de correção de 10% para possíveis perdas no processo.

A partir da Tabela 8 é possível observar que todas as amostras apresentaram certa variação entre os valores analisados e os valores estimados pelos fabricantes, sendo a amostra B (*Amber Ale*) a que mais se aproxima do valor estimado, com uma variação de +8,00%, e a amostra C (*American Pale Ale*) com maior variação, +43,33%. A amostra A (*American Lager*) foi a única que apresentou uma variação negativa em relação ao valor estimado, de -25,00%.

Em relação à amostra B (*Amber Ale*), o valor do IBU se aproximou bastante do esperado, variando apenas 2 IBU positivamente, tratando-se de uma variação imperceptível ao paladar (por estar abaixo de 5 IBU), não impactando na qualidade do produto final. Ainda assim, tal variação de +8,00% sugere uma pequena margem para economia de insumos, sendo que a quantidade de lúpulos utilizados na receita poderia sofrer um decréscimo e ainda se encontrar próximo do valor desejado de amargor, sem impactos no paladar do produto final. Apesar de se tratar de uma diminuição pequena, conforme citado anteriormente, os custos com lúpulo compõem geralmente cerca de 20 a 30% dos custos de uma receita, logo, uma pequena diminuição nestes custos, em uma produção de volume considerável como o de uma microcervejaria, poderia ter um impacto financeiro significativo (ENSAIO Volume_final versus Custo). Para tanto, um estudo mais detalhado seria necessário por parte da microcervejaria para novas análises de outros produtos de seu portfólio, com subsequentes análises das cervejas com modificações nas receitas, onde seja aplicável.

Quanto à amostra C (*American Pale Ale*), o valor do amargor analisado foi o que mais se distanciou do esperado, resultando em uma diferença de 13 IBU a mais que o estimado. Tal diferença já se torna perceptível ao paladar (por estar acima de 5 IBU), o que neste caso, apesar de ainda se encontrar dentro da faixa para o estilo *American Pale Ale*, pode ser considerado impactante para o produto final, seja de maneira positiva ou negativa, dependendo da preferência do cliente. Além disso, tal variação de +43,33% sugere uma margem maior ainda para uma diminuição da quantidade de lúpulos utilizados, o que poderia gerar uma economia bastante significativa para a produção, e aproximar mais o valor real do amargor para o valor informado ao cliente final. Para tanto, se faz necessário uma reformulação da receita e posteriormente uma nova análise para confirmação do valor final do amargor, além de outro estudo para análise do restante dos produtos da empresa em questão.

No caso da amostra A, apesar de a mesma se encontrar com uma porcentagem significativa abaixo do valor esperado, tal fato não se repete quando se trata de IBU. Por ser

uma cerveja mais leve com o amargor estimado em apenas 12 IBU, essa porcentagem de apenas 3 IBU a menos não seria uma diferença perceptível ao paladar (por estar abaixo de 5 IBU). Sendo assim, essa diferença encontrada no valor estimado não teria impacto significativo na qualidade do produto final, no entanto, não existiria também margem para diminuição do insumo de lúpulo utilizado, por já estar abaixo do esperado. Neste caso caberia uma análise mais detalhada do processo com o objetivo de identificar possíveis perdas nas etapas de produção relativas ao amargor, de modo a aperfeiçoar a utilização do lúpulo utilizado, e também análises de amostras com o amargor mais significativo, onde uma variação dessa escala pode ser mais impactante para o produto final.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os cálculos para obtenção do amargor apresentaram uma aproximação satisfatória, para fins de formulação de uma receita cervejeira. Apesar disso, os resultados obtidos a partir dos valores calculados demonstraram uma divergência dos valores reais para todas as amostras analisadas. Tais divergências podem ocorrer devido a diversos fatores que fogem às estimativas dos cálculos, como diferentes níveis de controle durante o processo produtivo, o que pode tanto aumentar, como diminuir as perdas consideradas pelos *softwares* utilizados para esse fim. Ainda assim, todas as amostras ficaram dentro da faixa de amargor para o estilo das cervejas analisadas.

Apesar de não haver legislação específica para o amargor das cervejas no Brasil, tais diferenças entre os valores reais de IBU e os valores informados pelas cervejarias podem impactar diretamente na qualidade final do produto, principalmente quando em um nível perceptível ao paladar. Em outras palavras, as discrepâncias entre os valores calculados e os valores de amargor informados pelas cervejarias, o conhecimento cervejeiro cada vez mais difundido e o consumidor cada vez mais exigente podem gerar insatisfação dos clientes com relação à qualidade do amargor das cervejas.

A dificuldade financeira enfrentada pelas microcervejarias para competir com as grandes indústrias, sugere a tomada de ações como a melhoria contínua do processo produtivo e da gestão dos insumos, a fim de gerar uma economia na produção, tendo sido esta, uma possibilidade observada para duas das três cervejas analisadas.

Análises como as realizadas no presente trabalho podem ainda ajudar o microempresário a melhorar seu processo como um todo, identificando as possíveis perdas, gerando economia e impactando positivamente no produto final. Contudo, devido ao alto custo dos equipamentos da linha de produção cervejeira, se torna inviável ao microprodutor de cerveja a compra de toda a instrumentação necessária e a análise de amargor por conta própria. Dessa forma, parece mais viável um estudo por parte das empresas em terceirização dos ensaios analíticos, até mesmo em parcerias com universidades, muitas das quais já possuem tais instrumentos de análise.

O fato da maior diferença encontrada nos resultados ser na amostra do estilo *American Pale Ale* (cerveja C), a qual possui o maior nível de amargor dentre as amostras analisadas, pode sugerir que a utilização de uma maior quantidade de lúpulos nas cervejas de amargor mais elevado possa causar maior imprecisão nos cálculos de aproximação do valor de IBU. Porém, um estudo mais aprofundado se faz necessário para analisar esta possibilidade,

selecionando amostras com diferentes níveis de amargor provenientes de um mesmo produtor, a fim de se diminuir a probabilidade de interferências nos resultados por parte das diferenças nos processos produtivos, ficando como uma sugestão para trabalho futuro.

Apesar do principal responsável pelo amargor da cerveja ser o iso- α -ácido, outros compostos, provenientes dos β -ácidos e dos polifenóis originados do lúpulo, também têm alguma influência neste aspecto, porém ainda muito pouco compreendida. Para tanto, se faz necessário maiores estudos em relação aos β -ácidos e aos polifenóis originados do lúpulo, para que seja possível compreender até onde estes outros compostos podem atrapalhar na estimativa do valor de IBU da cerveja, ficando também como sugestão para futuro trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVES, Lindemberg Martins Ferreira. **Análise físico-química de cervejas tipo *pilsen* comercializadas em Campina Grande na Paraíba**. 2014. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Industrial, Departamento de Química, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

ANGELO, P. M. & JORGE, N. 2007. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, n. 66, v. 1, p. 1-9.

AQUARONE, Eugênio; BORZANI, Walter; LIMA, Urgel de Almeida. **Biotecnologia: Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1983, 240 p.

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM. **Beer Style International Bittering Units (IBU)**. 2009. Disponível em: <<https://www.brewersfriend.com/2009/01/24/beer-styles-ibu-chart-graph-bitterness-range/>>. Acesso em: 10 de maio de 2016.

BORTOLI, Daiane A. da S. et al.. Leveduras e produção de cervejas - Revisão. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p.45-58, jan./jun. 2013.

BOTELHO, Bruno Gonçalves. **Perfil e teores de amins bioativas e características físico-químicas em cervejas**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência de Alimentos, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CERVBRASIL. **Anuário**. 2014. Disponível em: <<http://cervbrasil.org.br/arquivos/anuariofinal2014.pdf>>. Acesso em: 11 de maio de 2016.

CHRISTENSEN, Jakob; LADEFOGED, Anne Marie; NØRGAARD, Lars. Rapid determination of bitterness in beer using fluorescence spectroscopy and chemometrics. **Journal of The Institute of Brewing**, Frederiksberg, Denmark, v. 111, n. 1, p. 3-10, 2005.

COSTA, C.T.C.; BEVILAQUA, C.M.L.; MORAES, S.M. & VIEIRA, L.S. 2008. Tannins and their use in small ruminants. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, n. 10, v. 4, p. 108-116.

ELENA, Mudura et al.. Improving the hop utilization in the beer biotechnology. **Bulletin Uasvm: Agriculture**, Cluj-Napoca, v. 2, n. 65, p.281-286, 2008.

EVANGELISTA, Rafaela Ribeiro. **Análise do processo de fabricação industrial de cerveja**. 2012. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Araçatuba, 2012.

FARIAS, Eduardo. **Cervejaria OAK BIER instala nova sede no Distrito de Guaragi**. 2014. Disponível em: <<http://www.blogdodoc.com/cervejaria-oak-bier-instala-nova-sede-no-distrito-de-guaragi/>>. Acesso em: 11 de junho de 2016.

FERREIRA, Rubens Hermógenes et al.. Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de Belo Horizonte. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte (MG), v. 16, n. 4, p. 171-191, out./dez. 2011.

GOMES, Letícia Souza; NEVES, Artur. **Guia Virtual das Cervejas Artesanais do Brasil: cervejaria Schultz Bier – PONTA GROSSA (PR)**. 2014 Disponível em: <<http://cervejasartesanaisdobrasil.blogspot.com.br/2014/12/cervejaria-schultz-bier-ponta-grossa-pr.html>>. Acesso em: 11 de junho de 2016.

HALL, Michael L.. **What's your IBU?** Disponível em: <<https://www.homebrewersassociation.org/attachments/0000/2501/IBUs.pdf>>. Acesso em: 27 de maio de 2016.

JUNIOR, C. M. J. **Como quantificar o amargor (IBU) das cervejas?** Bier Labs.. Revista científica da cerveja. Disponível em: <<http://bierlabs.net/revistacientificadacerveja/como-quantificar-o-amargor-ibu-em-cervejas/>>. Acesso em: 11 jun. 2016.

JORGE, Érico Pereira Marum. **Processamento de cerveja sem álcool**. 2004. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Departamento de Matemática e Física, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2004.

MICROCERVEJARIA C. **Sobre nós**. Disponível em: <<http://www.microcervariapontagrossa.com.br>>. Acesso em: 11 de junho de 2016.

MATOS, Maria Auxiliadora Costa. **Erro e tratamentos de dados analíticos**. Juiz de Fora: UFJF, 2012. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/nupis/files/2012/03/aula-2-Erro-e-tratamento-de-dados-Quimica-Analitica-IV-Curso-Farm%C3%A1cia-2012.1.pdf>> . Acesso em 9 de junho de 2016.

MEGA, Jéssica Franciele; NEVES, Etney; ANDRADE, Cristiano José de. A Produção de Cerveja no Brasil. **Revista Citino**, Barra do Bugres-MT, v. 1, n. 1, p. 34-42, out./dez. 2011.

MORADO, Ronaldo. **Larousse de cerveja**. 1.ed. São Paulo: Larousse do Brasil Participações Ltda., 2009, 360 p.

MICROCERVEJARIA A. **A Cervejaria Oak Bier - Chopp Puro Malte**. Disponível em: <<http://www.oakbier.com.br/a-cervejaria/>>. Acesso em: 11 de junho de 2016.

PIATO, Matheus Stapassoli; RÉVILLION, Jean Philippe. Restrições ao desenvolvimento das microcervejarias informais no Brasil. **Acta Ambiental Catarinense**, Chapecó, v. 10, n. 1/2, p.7-18, 2013.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – CASA CIVIL. **Decreto nº 6.871. 2009**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm>. Acesso em: 04 de maio de 2016.

SHLENS, J. **A tutorial on principal component analysis**. Center for neural science, New York University. Version 3.01. April, 22, 2009.

SILVA, Paulo Henrique Alves da; FARIA, Fernanda Carolina de. Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas (SP), v. 28, n. 4, p. 902-906, out./dez. 2008.

SINDCERV. **Mercado**. 2014. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>>. Acesso em: 04 de maio de 2016.

SINDCERV. **Tipos de Cerveja**. 2014. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br/tipo-cerveja.php>>. Acesso em: 18 de maio de 2016.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e Cervejarias: A História, a Arte e a Tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Aden, 2001, 224p.

VENTURINI, Filho; GASTONI, Waldemar. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. 1.ed. São Paulo: Blücher, 2010, 492 p.

VIEIRA, Sônia. **Análise de variância (ANOVA)**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2006, 204 p.

APÊNDICE A – DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Apêndice A



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Sistema de Bibliotecas

DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Autor¹: Pedro Gabriel Santos Souza _____

CPF¹: 38128775898 _____ Código de matrícula¹: 1172913 _____

Telefone¹: (15) 981209402 _____ e-mail¹: pedrogssouza@gmail.com _____

Autor: Wesley Vertuan de Andrade _____

CPF: 23074634880 _____ Código de matrícula: 1152564 _____

Telefone: (42) 991585656 _____ e-mail: sgtvertuan@hotmail.com _____

Curso/Programa de Pós-graduação: Engenharia Química _____

Orientador: Professor Doutor Luciano Fernandes _____

Co-orientador: Professor Mestre Luciano Moro Tozzeto _____

Data da defesa: 02 de junho de 2017 _____

Título/subtítulo: CARACTERIZAÇÃO DO AMARGOR DA CERVEJA EM MICROCERVEJARIAS DA
 CIDADE DE PONTA GROSSA - PR _____

Tipo de produção intelectual: TCC² TCCE³ Dissertação Tese

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei nº 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais,
- do Regulamento Disciplinar do Corpo Discente da UTFPR; e
- que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de idéias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos, organogramas, fluxogramas, plantas, mapas e outros) transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação da referência.

 Assinatura do Autor

 Local e Data

 Assinatura do Autor

 Local e Data

¹ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

² TCC – monografia de Curso de Graduação.

³ TCCE – monografia de Curso de Especialização

APÊNDICE B – TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO

Apêndice B



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Sistema de Bibliotecas

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO, DISSERTAÇÕES E TESES NO PORTAL DE INFORMAÇÃO E NOS CATÁLOGOS ELETRÔNICOS DO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UTFPR

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a UTFPR a veicular, através do Portal de Informação (PIA) e dos Catálogos das Bibliotecas desta Instituição, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/98, o texto da obra abaixo citada, observando as condições de disponibilização no item 4, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, visando a divulgação da produção científica brasileira.

1. Tipo de produção intelectual: TCC¹ TCCE² Dissertação Tese

2. Identificação da obra:

Autor³: Pedro Gabriel Santos Souza _____

RG³: 474921190 _____ CPF³: 38128775898 _____ Telefone³: (15) 981209402 _____

e-mail³: pedrogssouza@gmail.com _____

Autor³: Wesley Vertuan de Andrade _____

RG³: 34969011X _____ CPF³: 23074634880 _____ Telefone³: (42) 991585656 _____

e-mail³: sgtvertuan@hotmail.com _____

Curso/Programa de Pós-graduação: Engenharia Química _____

Orientador: Professor Doutor Luciano Fernandes _____

Co-orientador: Professor Mestre Luciano Moro Tozzeto _____

Data da defesa: 02 de junho de 2017 _____

Título/subtítulo (português): CARACTERIZAÇÃO DO AMARGOR DA CERVEJA EM MICROCERVEJARIAS DA CIDADE DE PONTA GROSSA - PR _____

Título/subtítulo em outro idioma: CHARACTERIZATION OF BEER BITTERNESS IN MICROBREWRIES IN PONTA GROSSA CITY, PARANA. _____

Área de conhecimento do CNPq: 3.06.00.00-6 _____

Palavras-chave: Cerveja. Lúpulo. Amargor. Microcerveja _____

Palavras-chave em outro idioma: Beer. Hop. Bitterness. Microbrewery. _____

3. Agência(s) de fomento (quando existir): _____

4. Informações de disponibilização do documento:

Restrição para publicação: Total⁴ Parcial⁴ Não Restringir

 Local e Data

 Assinatura do Autor

 Assinatura do Autor

 Assinatura do Orientador

¹ TCC – monografia de Curso de Graduação.

² TCCE – monografia de Curso de Especialização.

³ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

⁴ A restrição parcial ou total para publicação com informações de empresas será mantida pelo período especificado no Termo de Autorização para Divulgação de Informações de Empresas. A restrição total para publicação de trabalhos que forem base para a geração de patente ou registro será mantida até que seja feito o protocolo do registro ou depósito de PI junto ao INPI pela Agência de Inovação da UTFPR. A íntegra do resumo e os metadados ficarão sempre disponibilizados.