



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
QUÍMICA
ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM
ENGENHARIA QUÍMICA



Análise da influência da distribuição granulométrica do malte na obtenção de extrato no mosto cervejeiro

Autor: Bianca Flach de Moura

Orientador: Débora Jung Luvizetto Faccin

Porto Alegre, janeiro de 18

Sumário	
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	vii
Lista de Abreviaturas e Siglas	viii
1 Introdução	1
2 Revisão Bibliográfica	3
2.1 Cerveja: definição e legislação	3
2.2 Classificação dos tipos de cerveja	4
2.3 Matéria Prima	5
2.3.1 Água Cervejeira	5
2.3.2 Malte	6
2.3.3 Lúpulo	9
2.4 Processo de fabricação de cerveja	10
2.4.1 Produção do Mosto	10
2.4.2 Fermentação Alcoólica	17
2.5 Predição do Teor do extrato	18
2.6 Teor alcoólico	20
3 Materiais e Métodos	22
3.1 Determinação das granulometrias utilizadas	22
3.2 Moagem do malte	22
3.3 Classificação do malte moído	23
3.4 Produção das amostras de mosto cervejeiro	23
3.5 Análises físico-químicas	26
3.5.1 Determinação massa específica	26
3.5.2 Determinação do teor de sólidos solúveis	27
3.5.3 Determinação teor alcoólico	27
4 Resultados	28
4.1 Classificação do malte moído	28

4.2	Controles do processo de mosturação	29
4.2.1	Monitoramento da Temperatura de Mosturação	29
4.2.2	Teste do lodo	29
4.2.3	Monitoramento de Temperatura na Fervura	30
4.3	Determinação do teor do extrato	30
4.4	Tempo de Filtração	32
4.5	Teor alcoólico	33
4.6	Características próprias do tipo de cerveja	33
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	35
6	Referências	36

AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho primeiramente aos meus pais, por sua capacidade de acreditar e investir em mim, com certeza sem seu apoio essa etapa não seria possível ou seria bem mais complicada de ser concluída. Agradeço também aos meus irmãos, principalmente, por me ajudarem a descontrair em momentos difíceis.

Agradeço ao meu namorado pela paciência, parceria e apoio em cada barreira encontrada durante o curso, sua ajuda foi essencial para que pudesse ultrapassá-las. Aos amigos e colegas pelo apoio e parceria

Agradeço a professora orientadora, com certeza sua orientação e conhecimentos foram de extrema importância para a conclusão desse trabalho. Assim como sou grata a todos os professores por sua dedicação e ensinamentos.

Agradeço aos colegas de estágios e trabalho que fiz durante o curso pela compreensão, paciência, apoio, dedicação e ensinamento. Os aprendizados obtidos foram muito importantes para minha formação.

RESUMO

O mosto obtido na produção de cerveja é composto por extrato formado por sólidos solúveis, dentre estes está o açúcar fermentescível que será metabolizado pelas leveduras. Nesse trabalho foi analisado o teor de extrato de mostos obtidos após fervura (extrato original) da produção de quatro cervejas do tipo American India Pale Ale utilizando a mesma formulação alterando, apenas, a distribuição granulométrica do malte. As distribuições usadas foram a estabelecida pela EBC com maior teor de grãos finos e farinha, a definida pela ASBC que possui maior porcentagem de grãos intermediários e a obtida através de moagem do malte com um moinho de disco simples que resultou em uma moagem mais grosseira. O mosto obtido utilizando a distribuição EBC apresentou maior teor de extrato, massa específica de 1,077g/mL, assim como o mosto produzido com a distribuição da moagem resultou na menor concentração de extrato obtida, 1,037g/mL. Portanto, conclui-se que a distribuição granulométrica do malte influencia na obtenção do extrato do mosto, quanto mais fino o malte, maior o extrato obtido na mosturação. Análises dos teores do extrato final (mosto fermentado) e dos teores alcoólicos foram feitas para avaliar a influencia do teor de extrato original obtido no mosto nas características próprias do tipo de cerveja produzido. No maior teor de extrato obtido, 1,077g/mL, o teor alcoólico obtido foi de 8,33% sendo que os valores aceitáveis para esse tipo de cerveja é 5-7,5%.

Palavras-chaves: Cerveja. Distribuição Granulométrica. Malte. Extrato Original. Características Próprias.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Corte Longitudinal do grão de cevada	7
Figura 3.1 Moinho de discos para produção artesanal	23
Figura 3.2 Leitura no equipamento refratômetro ocular	27
Figura 4.1 Frações do malte moído	29
Figura 4.2 Teste de iodo	30
Figura 4.3 Comparação primeira filtração dos mostos da distribuição EBC e da moagem	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Parâmetros utilizados para classificação do tipo de cerveja...	5
Tabela 2.2 Rendimentos típicos dos maltes em PPG.....	9
Tabela 2.3 Distribuição dos grãos estabelecidos pela EBC e ASBC.....	12
Tabela 2.4 Condições ótimas de pH e temperatura para as enzimas. ..	14
Tabela 3.1 Aberturas das malhas utilizadas para classificação dos grãos	22
Tabela 4.1 Distribuições utilizadas para análise	28
Tabela 4.2 Temperaturas médias de mosturação	29
Tabela 4.3 Monitoramento das temperaturas do processo de fervura ..	30
Tabela 4.4 Teores do extrato obtidos em cada amostra e volume final do mosto	31
Tabela 4.6 Resultados do teor alcoólico obtidos via análise HPLC.....	33
Tabela 4.7 Comparação de valores obtidos para extrato original, final e teor de álcool em cada amostra.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EBC: European Brewery Convention

ASBC: American Society of Brewing Chemist

OG: gravidade original

PG: gravidade final/aparente

ABV: Alcohol by volume

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

SindiCerv: Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja

Artº: artigo

SEBRAE: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

PPG: pontos/libra/galão

1 INTRODUÇÃO

A produção de cerveja, assim como o número de estabelecimentos produtores da mesma no Brasil vem crescendo nos últimos anos. Segundo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), somente em 2017, 91 novos estabelecimentos produtores de cerveja foram registrados. Muitos desses novos estabelecimentos são pequenas cervejarias, conhecidas como “microcervejarias” ou “cervejarias artesanais”. As cervejarias brasileiras possuem cerca de 7540 tipos de produtos (cervejas e chopes) registrados no MAPA atualmente.

Todos os tipos de cerveja são desenvolvidos a partir da combinação e das relações entre: ingredientes, processamento e engarrafamento (PAPAZIAN, 2004). Apesar de haver variações na elaboração dependendo do tipo de cerveja a ser produzido, o processo de produção da cerveja consiste principalmente em três etapas: produção do mosto, fermentação e processamento final.

O mosto é constituído pelo extrato que é composto, principalmente, por açúcares solúveis provindos majoritariamente do amido do malte e por proteínas. Esses compostos são dissolvidos em água formando uma solução da qual serão metabolizados pelas leveduras, promovendo as características intrínsecas do produto (PINTO, 2016). Portanto a concentração do extrato influencia diretamente nas características finais da cerveja, como por exemplo, teor alcoólico.

O processo de obtenção do mosto consiste em várias etapas: moagem do malte, mosturação, filtração e fervura (VENTURINI, 2004), sendo que cada processo influencia de certa forma na obtenção do extrato. O tipo e a extensão da moagem de grãos afetam características da cerveja, quanto mais fino o malte, maior a obtenção de açúcares durante a mosturação. Além disso, a distribuição granulométrica do malte também influencia nos sistema de filtragem do mosto quando se utiliza o leito de grãos e cascas, podendo afetar o tempo do processo, assim como as características da cerveja.

Atualmente, a produção de cervejas artesanal e por microcervejarias vem crescendo, e estas muitas vezes não possuem o controle da moagem e distribuição granulométrica do malte. A fim de se verificar se o não controle

sobre a distribuição afeta realmente o produto, o presente trabalho tem por objetivo principal analisar a influência da distribuição granulométrica do malte na obtenção do extrato no mosto. Essa análise será feita através da elaboração de cervejas do mesmo tipo diferenciando, somente, as distribuições granulométricas em cada processo. A verificação da influência será por meio de comparação da massa específica e concentração dos sólidos solubilizados ($^{\circ}$ BRIX) dos mostos obtidos com cada distribuição.

Além disso, será analisada a interferência do extrato original nas características próprias do tipo de cerveja por meio de comparação das densidades relativas do mosto contendo o extrato original, do mosto contendo o extrato final e teor alcoólico obtidos para cada distribuição com os valores próprios dos mesmos para o tipo de cerveja elaborado.

Como a distribuição granulométrica do malte pode influenciar a etapa de filtração utilizando o sistema de leito de cascas e grãos, além da qualidade da cerveja, outro objetivo secundário desse estudo será analisar a interferência da distribuição granulométrica no processo de filtração através da comparação do tempo de filtração no processo de produção de cerveja para cada distribuição.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O conhecimento sobre a matéria prima e as etapas do processo de produção de cerveja é essencial para se avaliar a influência da distribuição granulométrica dos grãos de malte moído para obtenção de açúcares no mosto, uma vez que cada etapa influencia de alguma maneira na concentração do extrato.

2.1 CERVEJA: DEFINIÇÃO E LEGISLAÇÃO

Bebidas fermentadas vêm sendo consumidas há aproximadamente 30 mil anos e estima-se que o consumo de cerveja teve início por volta de 8.000 aC (VENTURINI, 2013). No Brasil, obteve-se o hábito de tomar cerveja no início do século XIX, durante a permanência da família real portuguesa no país.

A legislação brasileira, artigo 36 do Decreto Nº 6871 de 2009, define cerveja como sendo uma bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é o órgão responsável pelo registro, padronização, classificação, inspeção e a fiscalização da produção da cerveja.

Segundo esclarecimento do MAPA (2017), a produção mundial de cerveja apresentou crescimento durante vários anos, porém a partir de 2012 houve uma decaída no consumo, ocasionada, principalmente, pela desaceleração da economia mundial e a diminuição da produção e consumo dos países desenvolvidos. Já a produção de cerveja no Brasil apresenta uma tendência crescente nos últimos 30 anos alcançando cerca de 140 milhões de hectolitros por ano. O Brasil tem importante participação na produção cervejeira global, ocupando o terceiro lugar no ranking mundial atrás apenas da líder China (460 mi hL) e dos EUA (221 mi hL).

Ainda conforme o MAPA (2017), o número de estabelecimentos produtores de cerveja registrados apresenta crescimento considerável na última década. Atualmente estão registradas 610 cervejarias no Brasil, sendo que a maioria destas cervejarias se encontra localizada nas regiões Sul e Sudeste do país, representando 83% do total dos estabelecimentos. O grande crescimento de empresas ocorre, principalmente, devido às aberturas de

pequenas cervejarias, muitas vezes categorizadas como “microcervejarias” ou “artesanais”.

Segundo análise realizada pelo SEBRAE em 2017, as cervejas provenientes de microcervejarias brasileiras têm ganhado cada vez mais espaço no mercado. De acordo com a Associação Brasileira de Bebidas (apud SEBRAE, 2017, p.1), as microcervejarias se caracterizam, na maioria das vezes, pela produção de pequenas quantidades de cerveja, desenvolvidas com ingredientes especiais, maior quantidade de malte por hectolitro e por produção em micro indústrias de origem familiar. Devido a essas características, as cervejas produzidas nesses casos, são comumente chamadas de “Premium”, “especiais” ou “artesanais”.

Entretanto, órgão responsável pela classificação e padronização das cervejas no Brasil, o MAPA (2017), afirma que os termos amplamente utilizados como cerveja artesanal, especial, gourmet e semelhantes são termos sem definição legal. O Artº 39 do Decreto Nº 6871 de 2009 define que a cerveja poderá ser denominada por: Pilsen, Export, Lager, Dortmunder, Munchen, Bock, Malzbier, Ale, Stout, Porter, Weissbier, Alt e outras denominações internacionalmente reconhecidas que vierem a ser criadas, observadas as características do produto original.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE CERVEJA

De acordo com Sindicerv, existem atualmente mais de 20 mil tipos de cervejas no mundo. Mudanças no processo e ingredientes são responsáveis por uma variedade muito grande de tipos de cerveja. Conforme Papazian (2004), existem inúmeras variáveis quantitativas que diferenciam uma cerveja da outra e que ajudam a definir os estilos de cerveja. Essas variáveis podem ser observadas na tabela 2.1. Entretanto, alguns parâmetros são considerados os mais importantes para classificação dos tipos de cervejas, e estes são: cor, extrato original, extrato real, grau de fermentação aparente, teor de álcool, amargor, CO₂ dissolvido, subprodutos de fermentação e viscosidade.

Tabela 2.1 Parâmetros utilizados para classificação do tipo de cerveja

Extrato original	Ferro	Amargor
Álcool	Manganês	Dióxido de carbono dissolvido
Extrato real	Zinco	Subprodutos de fermentação
Água	Vitaminas	Glicerol
Conteúdo calórico	Tiamina	Álcool n-propílico
Proteínas	Riboflavina	Álcool i-butílico
Proteína bruta	Piridoxina	Álcool i-amílico
Aminoácios livres	Pantotênico	2-Feniletanol
Proline	Niacin	Acetato de etila
Minerais	Biotina	Acetato de i-amil
Aminos	Ácidos orgânicos	Acetaldeído
Sódio	Piruvato	Diacetil
Cálcio	Citrato	2,3-pentanediona
Magnésio	Malato	Dióxido de enxofre total
Fósforo total	L-lactato	pH
Sulfato	D-lactato	Viscosidade
Cloreto	Acetato	Grau de fermentação aparente
Silicato	Gluconato	limite de atenuação ácida, aparente
Nitrato	Polifenóis totais	Cor
Cobre	Antocianogênios	

Fonte: Livro Handbook of brewing (2004)

2.3 MATÉRIA PRIMA

Conforme Venturini(2013), “a antiga lei de pureza da cerveja (Reinhegetsboot) publicada em 1516 na Bavária, estabelece que a cerveja deve ser produzida exclusivamente com malte, lúpulo e água, sem qualquer aditivo”. Entretanto, atualmente, os países produtores, exceto a Alemanha, produzem a cerveja utilizando os três ingredientes mais adjuntos.

A levedura não é considerada como matéria prima, pois ela atua como coadjuvante tecnológico, fazendo a transformação bioquímica dos ingredientes através da fermentação alcoólica.

2.3.1 Água Cervejeira

A cerveja é composta por aproximadamente 90 % de água (TAYLOR, 2004). Portanto a qualidade da água é um fator muito importante para a qualidade da cerveja e influencia diretamente nas propriedades como aroma, sabor, cor e espuma. Segundo Venturini (2013), os requisitos básicos para que a água seja considerada adequada para o processo da cerveja são: água potável, apresentar alcalinidade máxima de 50 ppm e, nesse caso, pH na faixa de 4 e 9, e possuir aproximadamente 50 ppm de cálcio.

2.3.2 Malte

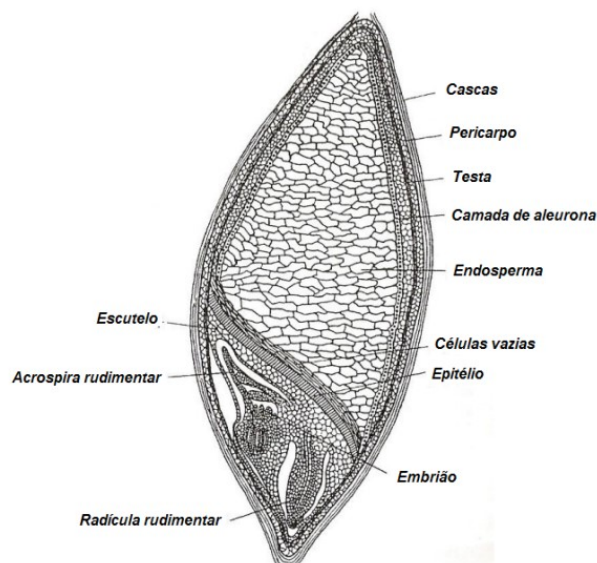
O malte é a principal fonte de substâncias químicas encontradas na cerveja, sendo composto por diversas substâncias como ácidos voláteis, furanos, aldeídos, cetonas, fenóis, proteínas, glicídios, compostos sulfurosos, melanoidinas, polipeptídios e polifenóis. Na produção de cerveja, alguns destes compostos desaparecem enquanto outros irão sofrer modificações químicas ou bioquímicas durante o processo. Esses compostos são de extrema importância na obtenção das propriedades da cerveja. Um dos principais compostos, o amido, está na fração glicídica do malte, que é hidrolisado por enzimas e transformados em açúcares que serão responsáveis pela viscosidade, densidade e teor alcoólico da cerveja (GALVÃO, 1997).

Malte é o produto da germinação de cereais (VENTURINI, 2013). Todos os grãos de cereais, por exemplo, cevada, trigo, sorgo, centeio, milho, aveia e arroz podem ser transformados em malte através do processo de maltagem (MARTINS, 2015). Entretanto, a cevada é o cereal mais utilizado para a produção de cerveja devido sua maior facilidade de maltagem, além de possuir alto teor de amido, prover nutrientes suficientes para as leveduras e conferir sabor, aroma e odor característico a cerveja (VENTURINI, 2013).

2.3.2.1 Cevada

O grão de cevada é constituído basicamente por uma casca externa, pelo endosperma amiláceo e seu gérmen (embrião) (VENTURINI, 2013). Na figura 2.1 estão ilustrados os principais elementos que compõem um grão de cevada. Segundo Palmer (2004), em termos de porcentagem de massa seca total do grão de cevada, as cascas representam 10 a 12 %, o endosperma 77 a 88 % e o embrião 2 a 3 %.

Figura 2.1 Corte Longitudinal do grão de cevada



Fonte: <https://nutriagro.weebly.com/malte-de-cevada.html>

A casca protege externamente o grão, principalmente o embrião, sendo constituída de material celulósico, proteína, resina e tanino em menor quantidade. Já o endosperma amiláceo acumula amido no interior de suas células em duas formas: 30 % amilose que possui cadeia linear e massa molar baixa e 70 % amilopectina de cadeia ramificada e massa molar alta (VENTURINI, 2013).

Embora contribua em menor proporção para o peso total do grão, o embrião desempenha um papel crucial no processo de maltagem, pois é a região na qual se inicia o processo de germinação do grão (MARTINS, 2015).

2.3.2.2 Processo de Maltagem

A maltagem consiste em aumentar o conteúdo enzimático dos grãos e com isso elevar o seu poder diastático (VENTURINI, 2013). Segundo Palmer, J. J.(2006), poder diastático é definido como o potencial de conversão de amido enzimático do malte. O processo de maltagem consiste em três etapas: maceração, germinação e secagem (VENTURINI, 2013).

A maceração tem a finalidade de aumentar a umidade do grão em 40 % a 46 %. A etapa seguinte, germinação, tem como objetivo a produção de enzimas, as principais enzimas produzidas são as amilases, as E-glucanases e as proteases (MARTINS, 2015). Durante a germinação, o embrião produz e secreta giberelinas naturais para o endosperma e estes hormônios induzem o desenvolvimento de enzimas hidrolítica. Essas enzimas são responsáveis pela

catalise das reações de quebra das macromoléculas (proteínas, amido, glucano, etc.) em moléculas menores solúveis no mosto cervejeiro (VENTURINI, 2013).

A germinação é interrompida pela etapa de secagem através da redução do teor de umidade do grão de 43 % a 5 % (MARTINS, 2015). O processo de secagem mais longo com temperaturas baixas produz malte mais claro e atividade enzimática praticamente intacta; um processo mais rápido e com temperaturas elevadas produz um malte mais escuro e a atividade enzimática reduzida de uma forma significativa, devido à sensibilidade das enzimas à temperatura (VENTURINI, 2013).

Segundo Martins (2015), existem os maltes base (malte claro), como o Ale e o Lager, para os quais é desejável a manutenção de um nível adequado de atividade enzimática, pois são esses maltes que irão fornecer a principal parcela de extrato fermentescível, e há os maltes especiais (maltes escuros), que possuem colorações mais intensas, como o Amber/Brown e o Chocolate, e atividade enzimática reduzida. Os maltes especiais são utilizados em conjunto com um malte base, com principal finalidade de conferir uma coloração mais intensa à cerveja além de sabores característicos.

Cada tipo de malte possui uma capacidade própria de produzir sólidos solúveis, essa capacidade pode ser expressa em percentagem de extração do malte. Essa porcentagem varia entre 50 a 80 % por peso do malte, e representa a fração do malte que é transformado em extrato (solubilizado).

Para calcular a máxima produção do malte em termos de obtenção do extrato (densidade relativa), a porcentagem de extração do mesmo deve ser multiplicada pelo número de referência. A referência para comparação é o açúcar puro (sacarose) porque produz 100 % de seu peso em extrato solúvel quando é solubilizado em água (um libra de açúcar produz uma densidade relativa de 1,046 ao dissolvê-la em um galão de água), portanto o valor de referência utilizado é 46 pontos por libra por galão (PPG). A unidade PPG descreve a mudança na densidade relativa em pontos por libra de malte, quando solubilizada em um certo volume de água em galões (Palmer, J.J., 2006).

Como exemplo, para o malte pilsen com extração máxima de 80 %, a máxima produção será 37 PPG, pois como o açúcar puro produziria mosto a 46 ppg, o máximo incremento na gravidade pelo malte pilsen poderá ser de 80 % de 46 que é 37 PPG, ou seja um libra de malte pilsen produz uma densidade relativa de 1,037 em um galão de água. Na tabela 2.2 constam alguns maltes e suas porcentagens máxima de extração e sua respectiva máxima produção em PPG (Palmer, J. J., 2006).

Tabela 2.2 Rendimentos típicos dos maltes em PPG

Tipo de malte	Máx. extração (%)	PPG
2 Row Lager Malt	80	37
6 Row Base Malt	76	35
2 Row Pale Ale Malt	81	38
Biscuit / Victoria Malt	75	35
Vienna Malt	75	35
Munich Malt	75	35
Brown Malt	70	32
Dextrin Malt	70	32
Clear crystal (10 - 15L)	75	35
Pale Crystal (25 - 40L)	74	34
Medium Crystal (60 - 75L)	74	34
Dark Crystal (120L)	72	33
Special B	68	31
Chocolate Malt	60	28
Roasted barley	55	25
Black Patent Malt	55	25
Wheat malt	79	37

Fonte: How to brew, 2006.

Segundo Palmer (2004), a produção global de cevada é em torno de 135 milhões de toneladas, porém somente 21 milhões de toneladas são utilizadas para produção de malte. Do total de malte produzido, aproximadamente 94 % é utilizado para produção de cerveja, 4 % para destilados e 2 % para alimentos e vinagres.

2.3.3 Lúpulo

Segundo Roberts (2004), o lúpulo, *Humulu Lúpulos*, é uma planta dióica, ou seja, possui flores femininas e masculinas em plantas separadas. As variedades utilizadas no processo cervejeiro são as que produzem flores femininas, pois somente a flor feminina forma o cone de lúpulo nos quais as glândulas amarelas contendo lupinas são formadas. Além disso, de acordo com Venturini (2013), são estas glândulas que contêm as resinas e óleo essenciais responsáveis pelo aroma e amargor característicos da cerveja.

As resinas são responsáveis pelo amargor. As principais resinas existentes no lúpulo são: alfa-ácidos, beta-ácidos, alfa e beta-resinas brandas. Os óleos essenciais concedem à cerveja o aroma típico do lúpulo, entretanto são altamente voláteis e por isso, na fervura do mosto, maior parte, cerca de 96% a 98%, é eliminada (MARTINS, 2015)

2.4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA

O processamento de cerveja é dividido em três fases: produção do mosto, processo de fermentação e pós-tratamento da cerveja, sendo que todos os três processos são compostos por etapas complementares (Venturini, 2013).

2.4.1 Produção do Mosto

“O mosto cervejeiro pode ser definido como uma solução aquosa contendo, açúcares obtidos através da degradação enzimática do malte” (Santos, 2005). A produção do mosto consiste nas seguintes etapas: moagem do malte, mosturação, filtração e fervura.

2.4.1.1 Moagem do Malte

O objetivo da moagem do malte é expor o endosperma do grão separando o de sua casca, sendo ambos, casca e endosperma, de extrema importância no processo de produção de cerveja. A casca auxilia na filtração ajudando no processamento e clarificação do mosto. O endosperma é constituído de amido que será transformado no extrato (açúcar) do mosto quando exposto à ação enzimática.

Segundo Venturini (2013), na moagem ideal do malte, o grão não deve ser reduzido a pó, mas sim “esmagado”, sendo que sua casca deve ser rasgada longitudinalmente deixando o endosperma exposto e este deve ser triturado para facilitar o processamento pelas enzimas. Para Barnes (2004), quanto mais fina a sêmola melhor a conversão e a eficiência na extração, mas uma moagem grossa é necessária para manter a permeabilidade do leito de grãos para melhor filtração do mosto.

O malte moído é composto principalmente por:

- a) Cascas: o ideal é que a maioria das cascas esteja rasgada longitudinalmente e inteira, pois assim irá auxiliar na etapa de filtração (Venturini, 2013). Quanto menor o tamanho das cascas, maior o tempo de contato das mesmas com a água durante a mosturação e filtragem e, portanto, maior a extração de substâncias indesejáveis (SENAI, 2004).
- b) Endosperma: O ideal são partículas pequenas do mesmo, pois assim o endosperma é dissolvido mais rapidamente pela água durante a mosturação e conseqüentemente as enzimas são mais facilmente ativadas, decompondo mais facilmente o amido em açúcar (SENAI, 2004). Porém, Venturini (2013) afirma que assim como a casca, o endosperma não deve ser moído de forma a formar farinha fina, pois assim poderá acarretar em formação de material mucilaginoso no mosto que pode causar problemas nas etapas de recirculação e filtragem.

Para a otimização da moagem, deve-se conhecer qual o sistema de filtração que se encontra disponível. Os principais sistemas diferenciados básicos para a clarificação do mosto são: leito de filtração e filtro-prensa (SENAI, 2004). Numa moagem mais grosseira, a filtragem do mosto pode ocorrer através do leito formado pelos grãos e cascas, já para moagem com produto muito fino (farinhas), é necessário utilizar equipamentos especiais (VENTURINI, 2013).

Conforme Barnes (2004), industrialmente o malte pode ser cominuído pela ação de moinhos de rolo ou de martelo. Já para a produção de cerveja artesanal, os tipos de moinhos usados geralmente são o de rolo que é considerado o melhor, porém menos utilizado devido ao seu preço, e o moinho de disco que é o preferido entre os cervejeiros caseiros (PALMER, J. J., 2006).

De acordo com o SENAI (2004), a distribuição granulométrica adequada para a qual o sistema de filtração indicado é o leito de grãos é de 18 a 23 % de cascas, 65 a 70 % de sêmolos e de no máximo 12 % de farinha. Essa distribuição é semelhante com a sugerida por Barnes (2004) que mencionou que deve haver um equilíbrio entre o produto fino e grosso, assim como a minimização de danos à casca durante a moagem do malte a fim de se obter uma distribuição na moagem adequada de 20 % de casca e 20 % de farinha.

Na Tabela 2.3 estão apresentadas as distribuições granulométricas de grãos dos maltes estabelecidas pela EBC, European Brewery Convention, e pela ASBC, American Society of Brewing Chemist, para a produção de cerveja. Nesta tabela constam as proporções para grãos moídos por moinhos de rolo e de martelo, pois estes equipamentos são os mais utilizados pelas indústrias cervejeiras.

Tabela 2.3 Distribuição dos grãos estabelecidos pela EBC e ASBC

		EBC		
	Tamanho da partícula (µm)	Abertura (mm)	Fração dos grãos moídos por moinho de rolo (%)	Fração dos grãos moídos por moinho de martelo(%)
Peneira 1	< 1250	1,27	18	1
Peneira 2		1,01	7	4
Peneira 3	500 - 1250	0,547	35	15
Peneira 4		0,253	20	20
Peneira 5	125-500	0,152	8	30
Fundo	<125		12	30

		ASBC	
Número da peneira		Abertura (mm)	Fração dos grãos moídos por moinho de rolo (%)
10		2	13
14		1,41	20
18		1	32
30		0,59	24
60		0,25	6
100		0,145	2
Fundo			3

2.4.1.2 Mosturação

Mosturação é a transformação da matéria prima em mosto. O principal objetivo do processo da mosturação é a hidrólise do amido presente no endosperma do malte produzindo açúcares fermentescíveis, recuperando, no mosto, a maior quantidade possível de extrato do malte.

Segundo Barnes (2004), esse processo consiste em misturar o malte moído à água aquecida mantendo a temperatura controlada. Assim, ocorre hidratação do malte (solubilização de componentes solúveis presentes) e ativação das enzimas, permitindo a conversão de amido em açúcares fermentescíveis e proteínas em nutrientes para as leveduras. Os componentes solúveis representam uma pequena porção do extrato do mosto, 10 a 15 %,

sendo os 85 a 90 % restantes formados por produtos da degradação das macromoléculas pelas enzimas (VENTURINI, 2013)

Atividade Enzimática na Mosturação

As enzimas amilases atuam sobre o amido que está presente no endosperma, convertendo o amido em produto não fermentescível e açúcares fermentáveis (MARTINS, 2015). O mosto de cerveja é composto em torno de 75 % de açúcares fermentescíveis, dos quais 10 % glicose, 45 % de maltose, 15 % de maltotriose e 5 % de sacarose, e 25 % de açúcares não fermentescíveis, sendo desses 10 % de maltotetraose, 15 % de dextrina (PALMER, 2004). As enzimas proteases produzem peptídeos e aminoácidos através da degradação de proteínas, e as fosfatases liberam fosfatos orgânicos para o mosto (VENTURINI, 2013).

As principais enzimas amilases que atuam são a alfa-amilase, beta-amilase e dextrinase. A alfa-amilase pode atacar as cadeias dos componentes do amido em qualquer ponto no interior da cadeia linear, ou seja, ela é uma endoenzima que hidrolisa ligações O-glicosídicas $\alpha(1-4)$, produzindo oligossacarídeos que contêm ligações $\alpha(1-6)$, além de glicose e maltose. Entretanto, a alfa-amilase não quebra ligações $\alpha(1-6)$. Já a beta amilase é uma exoenzima e hidrolisa ligações $\alpha(1-4)$ a partir da extremidade não-redutora, produzindo maltose (SANTOS, 2005). A maior porção de maltose obtida na mosturação é produzida através da beta-amilase (SENAI, 2004).

A dextrinase pode decompor as ligações 1-6. Assim sendo, ela é capaz de atacar a amilopectina nas junções das ramificações e formar pequenos fragmentos, como maltose, maltotriose, etc.

Conforme Barnes (2004), a distribuição da moagem, pH, concentrações de sais e temperatura influenciam nas reações enzimáticas na mosturação. O pH e temperatura afetam as reações, pois cada grupo de enzima é favorecido por diferentes valores dos mesmos (PALMER, J.J, 2006). Na tabela 2.4 são mostrados os principais grupos enzimáticos e as condições de temperatura e pH mais adequada à sua atividade.

Tabela 2.4 Condições ótimas de pH e temperatura para as enzimas.

Enzima	Atuação	pH	Temperatura [°C]
Hemicelulase	Decomposição da hemicelulose para glucanos de baixa e média massa molar	4,5 a 4,7	40 a 45
Exo-Peptidase	Decomposição das proteínas de alta e média massa molar	5,2 a 8,2	40 a 50
Endo-Peptidase	Decomposição das proteínas para produtos intermediários de alta e média massa molar	5,0	50 a 60
Dextrinase	Desagregação do amido para maltose e maltotriose pela desagregação das combinações 1-6	5,1	55 a 60
β - amilase	Decomposição do amido para maltose pela desagregação das combinações 1-4	5,4 e 5,6	60 a 65
α -amilase	Decomposição do amido para dextrinas inferiores pela desagregação das combinações 1-4	5,6 e 5,8	70 a 75

Fonte: Tschope (2001)

Durante a mosturação, as amilases atuam combinadas: a alfa-amilase dissocia as cadeias lineares e ramificadas de glicose nas ligações 1-4 e fornecem grandes fragmentos, proporcionando grandes superfícies para atuação nos extremos pela beta-amilases. Assim como a dextrinase libera terminais livres para a decomposição pelas beta-amilases (SENAI, 2004). Essa ação combinada atinge um grau de 75 a 80 % de decomposição do amido num tempo curto, enquanto que a atuação solitária da alfa-amilase necessita de semanas para alcançar esse grau de decomposição do amido.

A temperatura de mosturação mais comum é em torno de 67,2 °C, pois esta é considerada uma das temperaturas mais favoráveis para as enzimas alfa e beta-amilase. A alfa-amilase atua melhor numa faixa de 67,7 °C - 72,2 °C, enquanto que a beta-amilase começa a ser desnaturada a essa temperatura, trabalhando melhor entre 55 °C - 65,5 °C (PALMER, J.J., 2006).

No processo de produção artesanal, a conversão total do amido é feita pelo teste com iodo. As moléculas de amido, como amilose e a amilopectina, sofrem reações de complexação com o iodo, formando compostos coloridos, azul e vermelho-violáceo, respectivamente, indicando presença de amido não hidrolisado pela alteração da cor do mosto testado de marrom claro para um tom violáceo mais escuro.

Processos de Mosturação

Existem três principais processos de mosturação: infusão, decocção e infusão por duas massas. O método de infusão consiste em cozinhar todo o malte em água aquecida a uma única temperatura e sem agitação, esse estilo é o mais simples e muito utilizado por microcervejarias (TAYLOR, 2004). A temperatura fica, geralmente, entre 65,5 °C e 70 °C, variando de acordo com o estilo de cerveja que será produzida. A temperatura inicial da água de infusão é determinada pela relação água/grãos, mas em geral, para se alcançar a temperatura desejada, a água inicialmente deve estar 5,5 °C a 8,5 °C acima da temperatura ideal da mosturação (PALMER, J.J., 2006).

O processo de decocção utiliza rampas de temperaturas e necessita de equipamentos mais sofisticados. O aumento de temperatura é feito através do aquecimento até ebulição de parte da mistura e devolução da porção fervida ao restante (TAYLOR, 2004) Esse processo é conhecido por três processos de fervuras (na primeira eleva a temperatura de 40 °C para 52-54 °C, na segunda eleva a temperatura para 65 °C e na terceira aumenta temperatura para 73-76C °), entretanto há a possibilidade de se fazer somente duas ou uma fervura (VENTURINI, 2013).

O processo de infusão por duas massas é utilizado quando se adiciona adjunto amiláceo. Conforme Venturini (2013), nesse método, o adjunto é aquecido a 85 °C juntamente com uma pequena porção do malte formando uma goma, o restante do malte, maior porção, é aquecido separadamente a 38-50 °C por 30 min. Após esses processos as duas soluções são misturadas e ocorre a mosturação.

Segundo (PALMER, J.J., 2006), o método de infusão a uma única temperatura é o mais fácil para produzir o mosto e provavelmente, 90 % dos estilos de cerveja em todo mundo são produzidos com este método. Nesse estilo, a relação água/grão mais comum utilizada na fabricação artesanal é de 2,5 a 3 litros por 1 kg de malte, assim como geralmente se mantém a temperatura entre 65,5 °C e 68,3 °C durante uma hora.

2.4.1.3 Filtração

O processo de mosturação produz sólidos insolúveis e estes devem ser separados do mosto. O mosto é o extrato da matéria prima dissolvido em água,

já o sólido insolúvel é composto por cascas do malte, restos da parede celular e proteína coagulada (VENTURINI 2013). Esses sólidos, macerados, são responsáveis por formarem o leito de filtragem do mosto. Segundo Palmer, J. J. (2006), a filtração possui três etapas principais: mashout, recirculação e lavagem do mosto.

Conforme Palmer, J.J. (2006), antes da drenagem do mosto, a atividade enzimática é desativada através do aumento da temperatura da mosturação a 76-77 °C, esse aumento de temperatura é conhecido por Mashout. Muitos cervejeiros realizam essa etapa para preservar a concentração de açúcares fermentáveis obtidos durante a mosturação. Além disso, Venturini (2013) retrata que essa temperatura também é desejável, pois a viscosidade do mosto favorece a separação do resíduo e não existe a possibilidade de extração de matéria insolúvel do macerado, principalmente do tanino da casca do malte.

Inicialmente, o mosto extraído do leito é turvo, pois contém proteínas insolúveis e partículas de grãos. Para eliminar esse material, o mosto deve ser drenado e retornado ao leito até que ocorra a clarificação do mesmo (PALMER, J.J., 2006). Após, o sólido do leito de filtragem deve ser lavado com água para se recuperar o extrato que fica retido no mesmo (VENTURINI, 2013).

2.4.1.4 Fervura

A fervura do mosto possui como objetivo a estabilização biológica, bioquímica e coloidal. Além disso, nessa etapa há o desenvolvimento de cor, aroma, sabor, e o aumento de concentração do extrato (VENTURINI, 2013).

Segundo Eaton (2004), a estabilização biológica ocorre, pois nessa etapa eliminam-se todas as bactérias e leveduras que possam competir com o fermento durante a fermentação do mosto. A estabilização coloidal dá-se devido à coagulação de tanino e proteína formando um sólido mucilaginoso (trub) que será removido após a fervura.

Além do mais, na ebulição, substâncias voláteis são eliminadas por evaporação, algumas indesejáveis, como dimetil sulfureto, e outras que conferem odor e sabor do malte. Entretanto, é na fervura que ocorre a adição do lúpulo, e conseqüentemente a extração dos compostos amargos, óleos e

compostos aromáticos do mesmo desenvolvendo odor e sabor característico dessa matéria-prima (EATON, 2004).

A fervura geralmente é realizada a pressão atmosférica, em temperatura aproximada de 100 °C e durante 60 a 120 minutos, apresentando uma taxa de evaporação de 5 a 10 % do volume de mosto por hora. Após fervura, o mosto deve ser resfriado de 100 °C para a temperatura adequada de inoculação do fermento (VENTURINI, 2013).

2.4.2 Fermentação Alcoólica

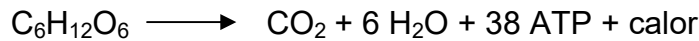
A fermentação alcoólica, para a produção de cerveja, é realizada por fungos, principalmente pelas leveduras do gênero *Saccharomyces* (RUSSEL, 2004).

Conforme Eaton (2004), a classificação Ale corresponde ao processo “de alta fermentação”, e a Lager ao “de baixa fermentação”, sendo que a Ale utiliza a espécie *Saccharomyces cerevisiae*, à temperatura de 14 a 17 °C, e a Lager fermenta a uma temperatura mais baixa, tipicamente 8 a 13 °C, e usa a espécie *Saccharomyces uvarum*. O processo fermentativo é semelhante, tanto na fermentação Ale como para Lager.

Segundo Palmer, J.J. (2006), na fermentação alcoólica do mosto cervejeiro identificam-se três fases: adaptação ou fase lag, primária ou atenuativa e fase secundária ou condicionante, sendo que as duas últimas fases podem ocorrerem paralelo, pois, a etapa condicionante pode começar antes de a fermentação alcoólica estar concluída.

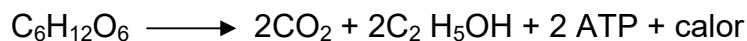
Na fase de adaptação, a levedura inicia o processo de adaptação às condições do mosto (CORAZZA et al., 2001). Nessa fase ocorre importante atividade da levedura. Segundo Munroe (2004), as células sintetizam enzimas necessárias para utilizar nutrientes como o oxigênio que é usado pelas leveduras para produzir ácidos graxos não saturados e ésteres essenciais para a síntese da membrana celular. O oxigênio é consumido rapidamente, geralmente dentro de 6 a 10 h. Como os açúcares do mosto não estão sendo assimilados no início do atraso, entre a fase Lag e a primária, há uma transição curta chamada de fase de crescimento na qual há consumo de oxigênio (MUNROE, 2004). Segundo Venturini (2013), devido à presença de oxigênio, as moléculas de açúcares são completamente oxidadas, resultando em gás

carbonico, água e grande energia o que promove crescimento e o revigoramento do fermento. Esse processo pode ser representado pela seguinte reação:



Na fase primária, a fermentação ocorre sob condições anaeróbias, convertendo o açúcar em etanol e gás carbônico. Conforme Palmer, J.J (2006), nessa etapa a densidade da cerveja diminui entre 2/3 e 3/4 da densidade original.

Esse processo pode ser representado, resumidamente, pela seguinte reação:



Na fase acondicionante, ocorre a redução da concentração de elementos indesejáveis por ação das leveduras. Segundo Palmer, J.J (2006), nessa fase, a maioria dos açúcares do mosto já foi convertida em álcool e a maior parte da levedura se tornou inativa, porém ainda há uma parcela ativa que, devido a falta de açúcar, começa a processar compostos diferentes que foram produzidos durante a fase primária, como por exemplo: acetaldeído, ésteres, aminoácidos, cetonas-diacetil, pentanedione, dimetil sulfureto, entre outros. Muitas dessas substâncias prejudicam as propriedades organolépticas da cerveja e nessa etapa ocorre a redução da concentração das mesmas e produção de substâncias menos prejudiciais.

Conforme Russel (2004), o etanol é o principal produto da fermentação do mosto. Entretanto esse processo resulta em outras substâncias que são determinantes para as propriedades organolépticas, principalmente do sabor da cerveja. Os grupos produzidos são: ésteres, ácidos orgânicos, compostos de enxofre, amins, fenóis e outros compostos diversos. A produção dessas substâncias depende do equilíbrio metabólico da cultura de fermento, que é afetado por fatores como: espécie de fermento, temperatura de incubação, pH do mosto, oxigênio, pressão, entre outros.

2.5 PREDIÇÃO DO TEOR DO EXTRATO

O teor de extrato determina a concentração de todas as substâncias que foram solubilizadas no processo de mosturação, como açúcares, dextrinas,

proteínas e outras substâncias (VENTURINI, 2013). Segundo Feistler (2014), quanto maior seu valor maior será o rendimento desse processo.

O teor de extrato é avaliado na indústria cervejeira através da OG e PG, aonde OG (Gravidade Original) é a densidade relativa do extrato obtido no mosto antes da fermentação. Já PG (gravidade final), também conhecida como gravidade aparente, é medido no mosto após fermentação, nessa medida o valor real é alterado devido à presença do álcool, que é menos denso que a água e diminui a densidade final da solução e, conseqüentemente, resulta em uma medida do teor de extrato menor que a real. O teor de extrato obtido para a solução caso o soluto estivesse diluído somente em água é chamado de gravidade real (RG) (BRIGGS et al, 2004).

A densidade relativa máxima que pode ser obtida no mosto pela extração dos maltes pode ser determinada através equação (1) utilizando o valor de máxima extração de cada malte usado na produção do tipo de cerveja e sua máxima produção em PPG, conforme descrito na tabela 2.2 do item 2.3.2.2.

$$\text{PPG máx. da solução (mosto)} = \frac{\sum(\text{massa de malte (lbs)} \times \text{PPG do malte})}{\text{volume de cerveja(gal)}} \quad \text{Eq(1)}$$

A concentração de mosto é expressa em uma variedade de unidades diferentes, mas nos casos mais simples, a massa específica é usada como medida do extrato. Quanto maior a massa específica, maior a concentração de sólidos no mosto (BRIGGS et al, 2004).

A massa específica pode ser medida através de vários aparelhos, sendo os seguintes os mais usados: picnômetros e densímetros convencionais e digitais. Os densímetros, são de forma cilíndrica com um bulbo central terminando em haste fina e graduada, são construídos de modo que o ponto de afloramento indique, sobre a escala, a densidade do líquido no qual está imerso o aparelho. As concentrações das soluções de sólidos em líquidos são expressas em porcentagens de massa em volume (m/v) (INSTITUTO ADOLFO LUZ, 2008).

Também é possível determinar a quantidade de soluto solubilizado pelo conhecimento do índice de refração da solução aquosa. Esta propriedade é utilizada para determinar a concentração de sólidos solúveis em soluções aquosas de açúcar. O índice de refração da água a 20 °C é 1,333. A presença

de sólidos solúveis na água resulta numa alteração do índice de refração, e esse índice de refração pode ser convertido para a escala °Brix (INSTITUTO ADOLFO LUZ, 2008).

Brix é uma escala numérica que mede a quantidade de sólidos solúveis em uma solução de sacarose. A escala Brix é utilizada na indústria de alimentos para medir a quantidade aproximada de açúcares em sucos de fruta, vinhos e na indústria de açúcar. Uma solução de 25 °Brix tem 25 gramas de açúcar em 100 gramas da solução (PILLING).

A medida do índice de refração pode ser feita diretamente em aparelhos como: refratômetro de Abbé ou refratômetro de imersão que possuem pequeno intervalo de leitura, mas grande precisão (INSTITUTO ADOLFO LUZ, 2008). Outro equipamento utilizado é refratômetro ocular que dispõe de uma lente graduada na escala °Brix (CORAZZA et al., 2001).

2.6 TEOR ALCOÓLICO

Segundo Briggs et. al(2004), para pequenas cervejarias sem instalações laboratoriais, o teor de álcool aproximado pode ser obtido pela equação (2):

$$\% \text{ ABV: } (OG - PG) * f \quad \text{Eq.(2)}$$

Na qual OG é a densidade relativa original do mosto, PG é a aparente e f é um fator ligado a conversão da densidade para teor alcoólico. Infelizmente, f não é um valor constante e varia de 0,125 para cervejas fracas para 0,135 para cervejas muito fortes. Para a maioria das cervejas britânicas f é 0,128- 0,129.

Um método para determinação do teor de álcool mais preciso é a cromatografia líquida de alta performance. Essa análise utiliza colunas recheadas específicas (fase estacionária) e uma fase móvel que é eluída sob pressão. Possui capacidade de separar e analisar quantitativamente diferentes compostos de uma mistura de substâncias (COLLINS, 1997).

No HPLC, amostra é dissolvida em um solvente e introduzida na coluna. Um solvente, fase móvel, é bombeado com vazão constante e desloca os componentes da mistura através da coluna. Esses se distribuem entre as duas fases de acordo com suas afinidades: substâncias com maior afinidade com a fase estacionária movem-se mais lentamente, já as substâncias com menor

afinidade movem-se mais rapidamente. Ao deixara coluna, os componentes passam por um detector que emite um sinal elétrico o qual é registrado, constituindo um cromatograma (ARGENTON, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DETERMINAÇÃO DAS GRANULOMETRIAS UTILIZADAS

Para avaliar a influência da distribuição granulométrica do malte na obtenção do extrato no mosto foram escolhidas três faixas de tamanho, sendo duas encontradas na literatura e outra através da moagem manual do malte sem alterações nas frações obtidas.

As distribuições de tamanho de partículas encontradas na literatura estabelecidas pela EBC e pela ASBC utilizam aberturas de malhas semelhantes para a classificação granulométrica. Com base nesses dados, estabeleceram-se quais as peneiras seriam usadas. Foram escolhidas as com aberturas mais próximas às empregadas pela EBC e ASBC. Na tabela 3.1 pode-se verificar e comparar os valores das aberturas definidas pela EBC, ASBC e os escolhidos para os testes do presente estudo.

Tabela 3.1 Aberturas das malhas utilizadas para classificação dos grãos

Aberturas (mm)			Mesh utilizados USS/ASTM
EBC	ASBC	Peneiras utilizadas para classificação	
	2	2	10
1,27	1,41	1,18	16
1,01	1	1	18
0,547	0,59	0,59	30
0,253	0,25	0,25	60
0,152	0,145	0,149	100

3.2 MOAGEM DO MALTE

A distribuição de tamanho de partícula do malte moído para a produção de cerveja varia de acordo do tipo de moagem. Como a produção das amostras é artesanal e, nesse caso, o sistema de filtração é o leito formado pelas cascas e grãos a moagem deve ser grosseira. A moagem dos maltes foi realizada utilizando um moinho de disco simples que é, conforme explicado na revisão bibliográfica, o equipamento mais utilizado para a moagem de malte na

produção de cervejas artesanais. Na Figuras 3.1 é apresentado o modelo do moinho utilizado.

Figura 3.1 Moinho de discos para produção artesanal



O moinho de disco é composto por discos que giram. Os discos podem ter extremidades lisas ou ter ranhuras dependendo do tipo de material que será processado (detalhe Figura 3.1b). Existem vários modelos deste equipamento. Para processamento de alimentos, os modelos utilizados são moinhos de disco simples ou disco duplo, dependendo do tipo de alimento a ser cominuído.

O moinho de disco simples é formado por dois discos, sendo um disco rotativo e o outro fixo. O eixo giratório transporta o material e comprime o alimento no disco estacionário ocorrendo então a trituração do mesmo. No equipamento utilizado para o presente estudo ambos os discos eram providos de ranhuras, auxiliando na trituração do mesmo.

Discos mais próximos um do outro resultam numa moagem mais fina, e discos mais distantes geram produtos mais grossos, o que, dependendo da distância entre eles, pode até acarretar em grãos inteiros na moagem. Portanto, a distância entre os discos foi regulada a fim de que ocorresse a quebra total dos grãos, deixando o mínimo de grãos inteiros, e de expor o endosperma o máximo possível.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DO MALTE MOÍDO

Os grãos moídos foram classificados através da peneiração no conjunto de peneiras estabelecidas utilizando agitador eletromagnético da marca BERTEL operando com o reostato na escala 10 e em intervalo de 10 minutos, pois nessas condições obteve-se uma peneiração uniforme.

3.4 PRODUÇÃO DAS AMOSTRAS DE MOSTO CERVEJEIRO

A obtenção das amostras para a avaliação da influência da distribuição granulométrica foi realizada através da produção artesanal de cervejas do tipo

American India Pale Ale, cujo método de produção foi elaborado pela empresa Eisenbahn e disponibilizado na Websérie cerveja feita em casa. A receita se refere a 20 litros, mas a mesma foi reformulada para a produção de 2 litros, pois se optou pela produção em pequena escala.

A produção foi realizada em equipamentos comumente utilizados para produção artesanal de cervejas, sendo os principais: panela de 15 litros para o processo de mosturação e fervura; filtro do tipo bazooka; trocador de calor de placas planas; um sistema de aquecimento e fermentadores.

Quatro testes de fabricação de cerveja foram realizados. Um utilizando malte com a distribuição granulométrica estabelecida pela EBC, outro pela ASBC e dois obtidos com a distribuição obtida na moagem (duplicata). O processo de produção das amostras foi o mesmo, utilizando-se as mesmas matérias-primas, mudando somente a distribuição granulométrica dos grãos dos maltes e algumas variáveis não controláveis de processo, como por exemplo, as condições ambientais tendo em vista que os processos de produção das amostras foram realizados em dias diferentes. Para verificar a influência das variáveis não controláveis sobre o resultado, para a amostra obtida pela moagem do malte, o processo de produção foi feito em duplicata.

Para a fabricação do tipo de cerveja escolhido são utilizados quatro tipos de maltes, sendo cada adicionado em porções diferentes: 70 % de malte Pilsen, que é o malte base, 18 % de Munich, 9 % de Carared e 3 % de Caramunich. Para a produção de cada amostra, os maltes moídos pelo moinho de disco simples foram pesados conforme as quantidades definidas na receita, assim como de acordo com as distribuições granulométricas pré-estabelecidas para cada amostra. As massas utilizadas em cada processo podem ser observadas nas tabelas do Apêndice A.

O processo de mosturação utilizado foi o sugerido pelo método de produção da Eisenbah: infusão do malte em água a uma única temperatura, 67 °C, por 60 minutos. Antes de se adicionar o malte à água, a mesma foi aquecida a 75 °C para que, quando adicionado o malte, a temperatura permanecesse em torno do desejado. Para se ter o controle sobre a mesma, a cada 5 minutos a temperatura do mosto era observada e anotada, caso

estivesse inferior a 67°C a mesma deveria ser elevada com adição de calor ao sistema.

Ao completar 60 minutos de mosturação, a presença de amido não hidrolisado foi verificada através do teste de iodo. Esse é um teste muito importante, pois a não conversão total do amido influencia diretamente na concentração de açúcares no mosto. Caso o teste indicasse a permanência de amido, a mosturação deveria continuar até que todo o amido fosse totalmente hidrolisado. O teste foi realizado adicionando duas a três gotas de solução de iodo à 1,5 ml de mosto a cada 5 minutos após 60 minutos de mosturação.

Certificada a ausência de amido no mosto, concluiu-se o processo de mosturação através do Mashout no qual o mosto ficou a uma temperatura de aproximadamente 76 °C durante 10 minutos, para inibir a ação enzimática. Depois de finalizada essa etapa, realizou-se a filtração do mosto através do leito de grãos formado no fundo da panela, e, para auxiliar esse processo, utilizou-se um filtro bazooka que ficou sob o leito de grãos e conectada à torneira da panela por onde o mosto filtrado escoava. Inicialmente, o líquido filtrado era retornado ao leito de filtração afim de se clarificar o mosto e melhor assentar a massa sólida. Após filtração total do mosto primário, como uma quantia considerável de açúcar pode ficar retida no sólido filtrante, lavou-se o macerado com volume de água pré-definido, 1,70 litros, e aquecido a 80°C. O líquido resultante da lavagem foi adicionado ao mosto primário formando o mosto cervejeiro antes da fervura.

A próxima etapa à filtração foi a fervura, na qual os mostos filtrados foram fervidos por uma hora e adicionados de lúpulos que conferem sabor e aroma à cerveja. Durante a fervura ocorre a inativação das enzimas, coagulação e precipitação das proteínas e concentração do açúcar no mosto devido à evaporação da água. A quantia de água adicionada durante o processo foi calculada com base nessa perda, para a produção de 2 litros desse tipo de cerveja o total de água utilizada foi 3,4 litros, de forma a produzir um volume final próximo ao estabelecido devido as perdas durante o processo. O mosto após fervura corresponde à amostra contendo o extrato original.

Após uma hora de fervura, resfriaram-se os mostos à temperatura adequada para adição da levedura utilizando um trocador de calor de placas. Como o tipo de cerveja escolhida é de alta fermentação, Ale, a temperatura do

mosto deveria estar entre 14 e 17°C para adição de fermento, em cada mosto obtido foram adicionadas 1,25 gramas da levedura do gênero *Saccharomyces cerevisiae*. O processo de fermentação do tipo American India Pale Ale possui duas etapas: primeira fermentação por 7 dias à uma temperatura aproximada de 20°C, e, após os 7 dias, o líquido deve ser transferido, sem carregar o fermento residual depositado no fundo do primeiro recipiente, para um novo fermentador aonde ocorre a segunda fermentação por mais 7 dias. No quarto dia da segunda fermentação, faz-se o processo de Dry Hopping que consiste na adição de lúpulo, este ficará imerso no mosto fermentado até o sétimo dia.

Os fermentadores utilizados foram garrafas plásticas de 5 litros de água mineral, nas quais foi adaptado nas tampas um sistema que impede a entrada de ar e ao mesmo tempo permite a saída de gases, como o CO₂, formados durante a fermentação. Os fermentadores de cada amostra ficaram os 14 dias de fermentação no mesmo local, protegidos contra a luz e calor. A temperatura foi monitorada todos os dias durante a fermentação de cada mosto e pode ser observada no Apêndice C. O mosto coletado após o 14 dias de fermentação corresponde à amostra de mosto fermentado.

3.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Nos mostos obtidos antes e após a etapa de fervura, assim como no mosto fermentado foram realizadas a análise de massa específica via densímetro (g/ml) e teor de sólidos solúveis por refratômetro (°Brix). Além disso, determinou-se o teor alcoólico (%v/v) do mosto fermentado.

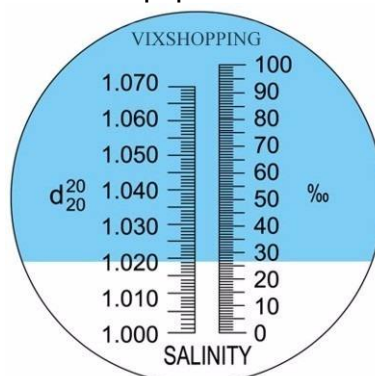
3.5.1 Determinação massa específica

Em uma proveta de 250 mL, transferiu-se uma amostra de aproximadamente 230 mL do mosto à 20°C, e a densidade foi medida através de densímetro, que foi adicionado ao líquido de forma a não encostar-se às paredes. Após o aparelho ficar em equilíbrio com o mosto, a leitura foi feita na base do menisco que o líquido forma em torno da haste do densímetro, onde se encontra a escala do mesmo. O aparelho utilizado expressa massa específica em g/mL.

3.5.2 Determinação do teor de sólidos solúveis

O grau teor de sólidos solúveis das amostras foi determinado utilizando o refratômetro ocular no qual, para fazer medida, adicionou-se 2 a 3 gotas de mosto no prisma e fez-se a leitura do valor apontando o equipamento para a luz. A figura 3.2 mostra o visor na leitura no refratômetro ocular, o °Brix é definido entre a área azul e branca indicada no visor. Para minimizar possíveis erros de leitura, para cada amostra foi determinado o valor °Brix duas vezes.

Figura 3.2 Leitura no equipamento refratômetro ocular



Fonte: <https://www.milkpoint.com.br/industria/radar-tecnico/gestao-da-qualidade-e-processos/determinacao-do-grau-brix-104358n.aspx>

3.5.3 Determinação teor alcoólico

Como o valor de densidade final via densímetro não é real, pois sofre uma pequena alteração devido a presença do álcool, a equação (2) pode resultar em um valor incorreto, portanto quantificou-se o teor alcoólico analiticamente pelo método HPLC, cromatografia líquida de alta performance.

A análise de HPLC foi realizada utilizando o equipamento modelo Perkin Elmer, serie 200 na central analítica do DEQUI/UFRGS. A coluna utilizada para a análise foi a RHM para análise de monossacarídeos da Rezex, a uma temperatura 80°C e vazão - 0,5 mL/min com água Milli-Q como fase móvel. Todas as amostras foram diluídas 20 vezes (500 micro-gramas em balões volumétricos de 10 mL) para que os valores de leitura estivessem dentro da escala da curva de calibração da coluna utilizada. A curva de calibração para a coluna é representada pela equação: $y = 281373x - 149$ com $R^2: 0,999$, na qual y é a concentração de etanol em g/L e x é a área do pico referente ao etanol. Os cromatogramas obtidos para cada análise se encontram em anexo.

4 RESULTADOS

4.1 CLASSIFICAÇÃO DO MALTE MOÍDO

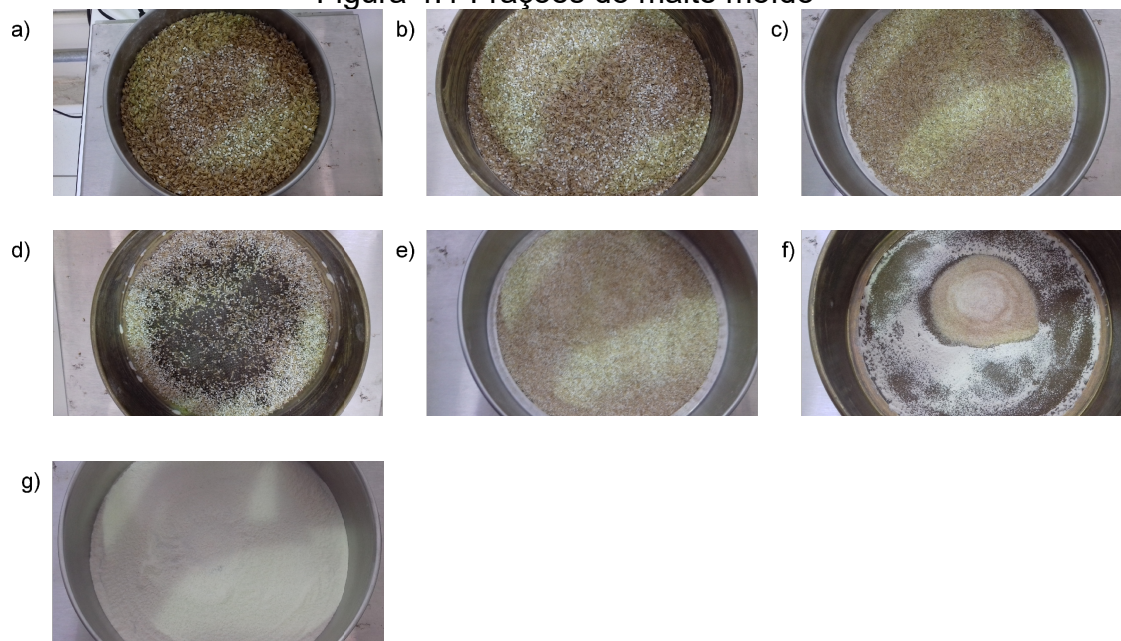
Na classificação do malte moído pelo moinho de disco simples, os grãos de maior tamanho predominam, já que cerca de 75 % ficaram retidos na peneira de mesh 10. Para moagem por moinhos de rolos, ou seja, para moagem grosseira a distribuição estabelecida pela EBC define como maior porcentagem de partículas retidas no mesh 30, representando 35 % do total. A ASBC, para o mesmo tipo de moagem, determina uma maior proporção do mesh 18, 32 %. Comparando as composições estipuladas pela EBC, ASBC e pela classificação da moagem, que constam na tabela 4.1, pode-se observar que as três diferem entre si, possuindo frações distintas relevantes para cada mesh o que torna viável a análise da influencia da distribuição do malte na obtenção de extrato no mosto cervejeiro a partir dessas três composições.

Tabela 4.1 Distribuições utilizadas para análise

Tamanho da partícula (mm)	Mesh	Aberturas (mm)	EBC (%)	ASBC (%)	Moagem (%)
> 2	10	2	18	13	74,98
1,18 - 2	16	1,18		20	12
1 – 1,18	18	1	7	32	1,73
0,59 - 1	30	0,59	35	24	3,76
0,25 – 0,59	60	0,25	20	6	4,52
0,149 – 0,25	100	0,149	8	2	1,53
<0,149	-	-	12	3	1,48

Na figura 4.1 constam fotos da classificação do malte moído, na qual as letras a, b, c, d, e, f e g correspondem respectivamente aos grãos retidos nos mesh 10, 16, 18, 30, 60, 100 e fundo retido na badeja.

Figura 4.1 Frações do malte moído



4.2 CONTROLES DO PROCESSO DE MOSTURAÇÃO

4.2.1 Monitoramento da Temperatura de Mosturação

As tabelas contendo o monitoramento das temperaturas no processo de mosturação para cada distribuição estão no Apêndice B. Os valores médios das temperaturas e dos desvios padrão para cada processo pode ser observado na tabela 4.2, na qual pode-se observar que houve pouca variância em todos os quatro processo de mosturação.

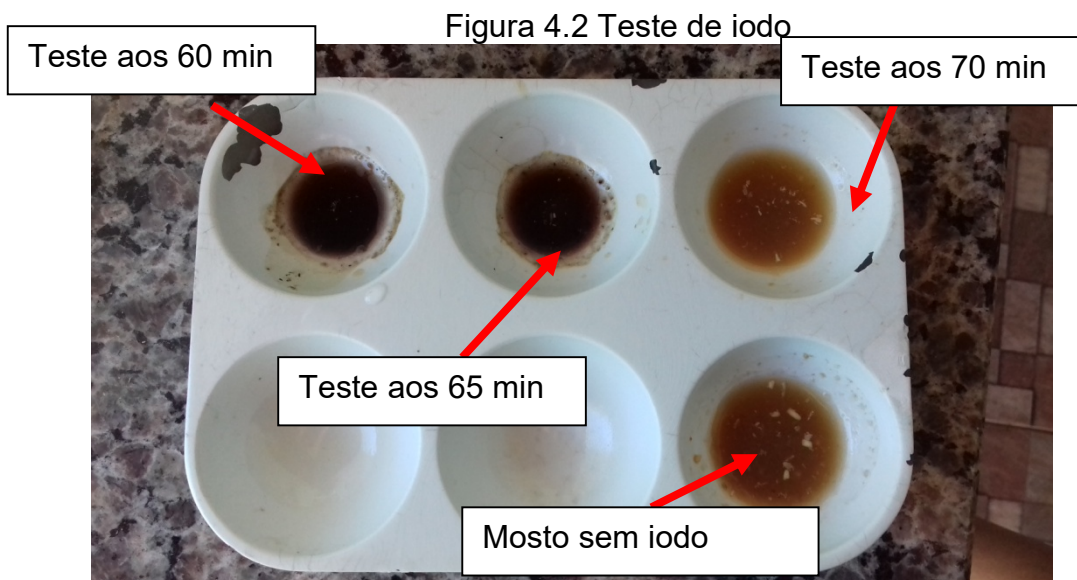
Tabela 4.2 Temperaturas médias de mosturação

	Distribuição da moagem manual	Distribuição da moagem manual- Duplicata	ASBC	EBC
Média T de mosturação (°C)	67,49 ± 0,41	67,53 ± 0,43	67,56 ± 0,55	67,41 ± 0,39

4.2.2 Teste do Iodo

Em todos os quatro processos, o teste de iodo apontou ausência de amido no mosto aos 70 minutos de mosturação. O teste de iodo realizado no mosto obtido pela distribuição da moagem manual pode ser observado na

Figura 4.2. Nessa imagem, as amostras mais escuras foram obtidas nos 60 e 65 minutos, indicando a presença de amido, e a mais clara ao lado dos escuros é amostra feita aos 70 minutos indicando a ausência de amido. O outro orifício contém somente o mosto para comparação de alteração das cores.



4.2.3 Monitoramento de Temperatura na Fervura

As temperaturas de fervura de cada amostra constam na tabela 4.3 na qual se pode verificar que em todos os processos as temperaturas de fervura se mantiveram em torno dos 100 °C.

Tabela 4.3 Monitoramento das temperaturas do processo de fervura

Tempo do processo	Monitoramento Processo de Fervura Distribuição moagem	Monitoramento Processo de Fervura Distribuição moagem-duplicata	Monitoramento Processo de Fervura Distribuição ASBC	Monitoramento Processo de Fervura Distribuição EBC
Início fervura	T: 100°C	T: 100°C	T: 100°C	T: 103°C
Após 30 min	T: 110°C	T: 108°C	T: 105°C	T: 107°C
Após 25 min	T:110 °C	T:108 °C	T:105 °C	T:103 °C

4.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DO EXTRATO

Os resultados das massas específicas e sólidos solúveis obtidos para cada análise estão apresentados na tabela 4.4.

Tabela 4.4 Teores do extrato obtidos em cada amostra e volume final do mosto

Amostras	Análise	Distribuição moagem	Distribuição moagem - Duplicata	EBC	ASBC
Mosto pós filtração	Massa específica (g/mL) á 20 °C	1,035	1,036	1,053	1,052
	Concentração Média (°Brix)	8,75	8,85	14,35	14,00
	Volume (L)	2,50	2,53	2,50	2,52
Mosto após fervura	Massa específica (g/mL) á 20 °C	1,037	1,038	1,077	1,068
	Concentração Média (°Brix)	9,80	9,90	18,95	16,80
	Volume (L)	1,80	1,80	1,70	1,70
Mosto fermentado	Massa específica (g/mL) á 20 °C	1,006	1,006	1,013	1,012
	Concentração Média (°Brix)	4,85	4,95	9,90	8,50

Os resultados de massa específica e sólidos solúveis obtidos nas amostras de distribuição da moagem e a duplicata foram bem próximos, com diferença máxima de 0,001 g/mL e 0,2 °Brix na análise via refratômetro. O que implica em uma interferência desprezível pelas variáveis não controláveis do processo. Assim como todas as análises do grau Brix em duplicata resultaram em valores próximos indicando um erro mínimo de leitura.

Os resultados obtidos para as massas específicas e sólidos solúveis nos mostos após a filtração são semelhantes para a distribuição estabelecida pela EBC e pela ASBC, iguais a 1,053 g/ml, 14,35 °Brix e 1,052 g/ml, 14,00 °Brix respectivamente. Para o mosto obtido com a distribuição da moagem o teor foi menor, 1,035 g/ml e 8,80 °Brix. Ou seja, as distribuições com maiores teores de grãos finos e farinha obtiveram maior teor de extrato após filtração do que a distribuição com maior teor de grãos grossos. Isso ocorreu, pois quanto menor a partícula maior sua área superficial e conseqüentemente, mais fácil o processamento das partículas do endosperma pelas enzimas e maior a conversão do amido em açúcares, assim como também, quanto menor o tamanho das partículas mais fácil a solubilização dos sólidos solúveis. Porém, embora as distribuições estabelecidas pela EBC e ASBC possuam uma diferença significativa nas frações de grãos finos e farinha, pode-se concluir que essa diferença não resulta em uma grande variação na influência na obtenção do teor do extrato no mosto durante a mosturação e filtração sendo

que os valores de massa específica e °BRIX para distribuição EBC e ASBC ficaram próximos.

Em comparação, o teor de extrato original (mosto após fervura) resulta em maior valor para a distribuição EBC, 1,077 g/ml e 18,95 °Brix, seguida pela distribuição definida pela ASBC, 1,068 g/ml e 16,80 °Brix, e por último, com valores bem inferiores, a distribuição obtida pela moagem, com valores médios das duas amostras produzidas iguais a 1,038 g/ml e 9,8 °Brix. Ou seja, a distribuição com maior teor de grãos finos e farinha obteve maior teor de extrato original (extrato do mosto após fervura) sucedido pela distribuição com maior porcentagem de grãos intermediários, e por último a distribuição da moagem com maior teor de grãos grossos.

4.4 TEMPO DE FILTRAÇÃO

Os tempos de filtração para cada amostra estão na Tabela 4.5. Esses tempos contabilizam desde o início da filtração até a última extração da lavagem. A distribuição EBC apresentou um tempo maior para concluir essa etapa, 112 minutos, enquanto o mesmo processo para a distribuição ASBC durou cerca de 60 minutos e para as amostras obtidas com a distribuição da moagem durou em média de 19 minutos

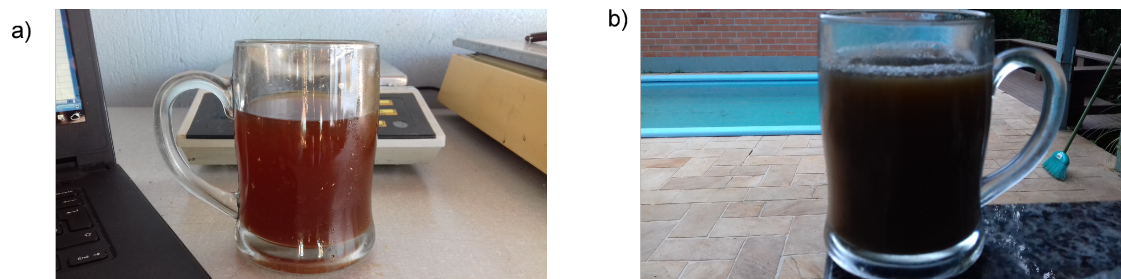
Tabela 4.5 Tempo de filtração e lavagem

	Distribuição Moagem	Distribuição moagem Duplicata	EBC	ASBC
Tempo de filtração do mosto primário e lavagem (min)	20	18	112	60

A distribuição EBC apresentou maior tempo de filtração devido à maior quantidade de fração de partículas pequenas e farinhas que resultaram em um leito de filtragem mais compactado, além de um líquido mais mucilaginoso retardando assim o processo de filtração. Devido ao leito mais compacto, a filtragem com a distribuição EBC resultou em um líquido mais límpido do que a distribuição da moagem, como pode-se observar na figura 4.3 na qual a figura

a representa o mosto da distribuição EBC obtido na primeira filtração e a figura b representa o mosto com distribuição da moagem após a primeira filtração.

Figura 4.3 Comparação primeira filtração dos mostos da distribuição EBC e da moagem



4.5 TEOR ALCOÓLICO

Os resultados do teor de álcool obtido pela análise HPLC pode ser observado na Tabela 4.6, na qual pode-se verificar que assim como o teor de extrato, a amostra de maior teor alcoólico obtido foi a produzida pela distribuição EBC, seguida pela ASBC e, por último, o menor teor de álcool obtido foi da amostra elaborada com a distribuição obtida pela moagem

Tabela 4.6 Resultados do teor alcoólico obtidos via análise HPLC

nálise	Distribuição Moagem	Distribuição moagem Duplicata	EBC	ASBC
Teor alcoólico HPLC (%v/v)	4,67	5	8,33	8,02

4.6 CARACTERÍSTICAS PRÓPRIAS DO TIPO DE CERVEJA

Segundo Papazini (2004), os valores padrão das características do tipo de cerveja American India Pale Ale são:

Gravidade original (OG): 1,050 – 1,070;

Gravidade final (PG): 1,012-1,018;

Teor de álcool (ABV): 5-7,5%.

Usando a massa específica da água a 20 °C de 0,998 g/mL, obteve-se as densidades relativas origina e final de cada amostra em relação à água.

Comparando os valores teóricos com os obtidos na prática, tabela 4.7, percebe-se que os resultados obtidos com a distribuição ASBC foram os que mais se aproximaram dos parâmetros que devem ser obtidos para esse tipo de

cerveja. Já que com essa distribuição obteve-se o extrato original, 1,068, o extrato final, 1,013, dentro da faixa dos valores padrão, e o teor alcoólico próximo ao padrão, 8,02 %.

Tabela 4.7 Comparação de valores obtidos para extrato original, final e teor de álcool em cada amostra

Análise	Distribuição moagem	Distribuição moagem Duplicata	EBC	ASBC
Densidade relativa do mosto após fervura (OG)	1,038	1,039	1,078	1,069
Densidade relativa do mosto fermentado(PG)	1,007	1,007	1,014	1,013
Teor alcoólico (%v/v)	4,67	5,00	8,33	8,02

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A distribuição granulométrica do malte influencia no teor de extrato original obtido no mosto da produção de cervejas: quanto maior o teor de grãos finos e farinhas, maior a concentração do extrato no mosto. Essa influência na obtenção do extrato, conseqüentemente, interfere nas características da cerveja produzida. Cada estilo de cerveja possui valores padrão para características como extrato original, extrato final e teor alcoólico, os valores obtidos para as mesmas não podem estar fora desses estabelecidos, pois assim a cerveja deixa de ser enquadrada como o estilo produzido.

Um teor de extrato original muito alto, a cima dos valores definidos como padrão, pode resultar em uma cerveja com teor alcoólico maior que o estabelecido para determinado estilo, assim como uma concentração de extrato muito baixa pode acarretar em teores de álcool e de extrato inferiores aos valores padrão para o tipo de cerveja produzido.

Para se determinar qual a melhor distribuição granulométrica do malte a ser utilizada, também deve-se analisar, além da concentração de extrato obtida, o sistema de filtração durante processo. A distribuição granulométrica interfere no processo de filtração, para um sistema composto por leito de grãos e cascas quanto maior o teor de grãos grossos, mais rápida a filtração, já para distribuição de maior porcentagem de finos e farinhas o processo de clarificação se torna mais lento podendo se tornar inviável, sendo necessário um equipamento específico.

Portanto, um controle da distribuição granulométrica na produção de cervejas artesanais é essencial tanto para a otimização na obtenção do extrato original visando se obter as características intrínsecas do estilo produzido, quanto para se obter um sistema de filtração adequado que não acarrete em entupimento ou tempo de processo muito alto.

Como trabalho futuro, sugere-se a análise da influência da distribuição granulométrica sobre outros parâmetros que afetam as características do estilo de cerveja, como os subprodutos da fermentação que podem afetar as características organolépticas, os tipos e concentrações de açúcares formados no mosto antes da fermentação e os resultantes após fermentação, cor, ente outros, a fim de se verificar essa interferência e uma maior abrangência.

6 REFERÊNCIAS

ARGENTON, A. Conceitos fundamentais de cromatografia a líquido de alto desempenho (HPLC). **Conselho Regional de Química – IV Região (SP)**. São José do Rio Preto, 2010. Disponível em: http://www.crq4.org.br/sms/files/file/conceitos_hplc_2010.pdf

BARNES, Z.C. Brewing process control. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2.ed. Londres: Taylor e Francis Group, 2004. Cap.11, p. 44-485.

BRASIL. Decreto Nº 6.871, de 4 de junho de 2009 - Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.

BRASIL. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **A cerveja no Brasil**. 2017. Esclarecimento. Acessado em <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/a-cerveja-no-brasil-28-08.pdf>

BRIGGS, E.D., BOULTON, C.A., BROOKES, A.P., STEVENS, R. **Brewing Science and Practice**. Inglaterra: Woodhead Publishing Limited and CRC Press, LLC, 2004.

COLINS, C. H. (Cord); BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Introdução a métodos cromatográficos**. 7.ed. Campinas, SP: Editora da Unicamp. 1997. p.279

CORAZZA, M.L. et al. **Preparação e caracterização do Vinho**. Quim. Nova, Vol. 24, No. 4, 449-452. 2001. Acessado em <http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n4/a04v24n4.pdf>.

EATON, B. An overview of Brewing. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2.ed. Londres: Taylor e Francis Group, 2004. Cap.3, p. 77-90.

Eisenbahn. **Sugestão de receita American India Pale Ale**. Websérie cerveja feita em casa.

Estracanhalli, E. S. **Quantificação óptica de carboidratos e etanol em mosto cervejeiro**. 2012. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012. Acessado em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/76/76132/tde-17122012-150125/pt-br.php>.

FEISTLER, O. AMBEV: Apostila Operador Cervejeiro. Porto Alegre, 2014.

GALVÃO, M. P. A química da cerveja. **Química**. 1997.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.**: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 1. ed. São Paulo: IMESP.2008. p 94-97.

MARTINS, V.M.R.;RodríguezRODRIGUEZ, M.A.. Produção e tecnologia de cereais: processo de maltagem da cevada. In: RODRIGUEZ, M. A. et al.**Jornada de lúpulos e Cervejas**:novas oportunidades de negócio. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. Dez. 2015. Cap.4,p. 37-51.

MUNROE, J. H. Fermentation. In:PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2.ed. Londres: Taylor e Francis Group, 2004. Cap.12, p. 487-524.
NUTRIAGRO. **Malte de cevada**. Acessado em 23/12/2017. (<https://nutriagro.weebly.com/malte-de-cevada.html>)

PALMER, G.H.Barley and Malt. In:PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2.ed. Londres: Taylor e Francis Group, 2004. Cap.5, p.139-159.

PALMER, J.J. **How to brew:Everything You Need to Know to Brew Beer Right the First Time**. Estados Unidos: Natl Book Network. 2006.

PAPAZIAN, C. Beer Styles: Their Origins and Classification. In:PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2.ed. Londres: Taylor e Francis Group, 2004. Cap.2, p.. 39-76.

PILLING, S. **Refratometria. Determinação do índice de refração de líquidos**. Aula prática Universidade do Vale do Paraíba. Acessado em https://www1.univap.br/spilling/FQE2/FQE2_EXP11_Refratometria.pdf

PINTO, M. B. C.et al. Alterações físico-químicas durante o processo de fermentação da cerveja.**CERVECON**: Congresso Latino Americano e Brasileiro de Ciência e Mercado Cervejeiro.20167. P. 247-258 Acessado em <http://www.cervecon.com.br/Uploads/anais.pdf>

Roberts, T.R. Wilson, R.J.H. Hops. In:PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2.ed. Londres: Taylor e Francis Group, 2004. Cap.7, p.. 177-280.

ROSA, R. “Blog da cerveja”: **Gravidade específica e extrato**. 2004. Acessado em 29/12/2017. <http://cervejarte.org/blog/calcularte/gravidade-especifica-e-extrato/>

RUSSEL, I. Yeast In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2.ed. Londres: Taylor e Francis Group, 2004. Cap.8, p. 282 -324

SANTOS, I.J. et al. **A expressão da alfa e beta amilase durante a germinação de cevada**.Campina Grande: Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.12,2010. p.67-73. Acessado em <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev121/Art1219.pdf>.

SANTOS, M. S., RIBEIRO, F. M. **Cervejas e Refrigerantes**. São Paulo: Cetesb.2005. Série P+L. Acessado em http://www.crq4.org.br/downloads/cervejas_refrigerantes.pdf

SCOTT, R., SullivanSULLIVAN, W. C. **Ecology Fermented Food**. Champaign. Human Ecology Review, Vol. 15, No.1 2008.

SEBRAE. **Microcervejarias ganham espaço no mercado nacional**. Acessado em 02/12/2017- [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8818d2954be64fcda8628defef1f70f8/\\$File/7503.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8818d2954be64fcda8628defef1f70f8/$File/7503.pdf)

SENAI. **Curso técnico de cervejaria**. Rio de Janeiro, 2004. Série Cursos de Cervejaria.

SILVA, D.P. **Produção e avaliação sensorial de cerveja obtida a partir de mostos com elevadas concentrações de açúcares**. 2005. Tese (mestrado). Faculdade de Engenharia Química de Lorena. São Paulo, 2005. Acessado em <http://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/antigas/2005/BIT05002.pdf>.
SINDICERV. **A cerveja - Produção**. Acessado em 02/12/21017 (<http://www.sindicerv.com.br/producao.php>)

TAYLOR, D.G. Water.In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2.ed. Londres: Taylor e Francis Group, 2004. Cap.4, p. 91-138.

TSCHOPE, E.C. **Microcervejarias e cervejarias: A História, a Arte e a Tecnologia**. Ed. Ad. São Paulo, 2001.

VENTURINI, W.G. CERADA, M.P. Cerveja.In: AQUARONE, E. et al. **Biotechnologia Industrial: Biotechnologia em alimentos**. São Paulo: Blucher, 2013. Cap. 4, p.91-143.

APÊNDICE A- MASSAS E DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS MALTES UTILIZADOS PARA A PRODUÇÃO DE CADA AMOSTRA.

Tabela A1 Massas de cada malte para a produção de 20 e 2 litros de cerveja do tipo American India Pale Ale

Porções de malte da receita				
Litros de cerveja	Pilsen (g)	Munich (g)	Carared (g)	Caramunich (g)
20	4000	1000	500	200
2	400	100	50	20

Tabela A.2 Massas pesadas para a produção da amostra com a distribuição da moagem

Distribuição obtida pela moagem manual								
Mesh	10	16	18	30	60	100	> 100	
%	74,98	12,00	1,73	3,76	4,52	1,53	1,48	100,00
Massas de maltes utilizadas na produção com a distribuição obtida pela moagem manual								
Massas de maltes que devem ser pesadas para produção de 2 litros								
Maltes	Mesh 10	Mesh 14	Mesh 16	Mesh 30	Mesh 60	Mesh 100	<Mesh 100	Total (g)
Pilsen (g)	299,92	48,00	6,92	15,04	18,08	6,12	5,92	400,00
Munich (g)	74,98	12,00	1,73	3,76	4,52	1,53	1,48	100,00
Carared (g)	37,49	6,00	0,87	1,88	2,26	0,76	0,74	50,00
Caramunich(g)	15,00	2,40	0,35	0,75	0,90	0,31	0,30	20,00
Massas de maltes pesadas para a produção de 2 litros								
Maltes	Mesh 10	Mesh 14	Mesh 16	Mesh 30	Mesh 60	Mesh 100	<Mesh 100	
Pilsen (g)	300	48,05	7	15,02	18,3	6,3	6	400,67
Munich (g)	75,3	12,15	1,75	3,74	4,48	1,57	1,43	100,42
Carared (g)	37,56	6,15	1	1,96	2,3	0,86	0,7	50,53
Caramunich(g)	15,05	2,7	0,5	0,77	0,92	0,5	0,4	20,84
Total (g)	427,91	69,05	10,25	21,49	26	9,23	8,53	572,46
Porcentagem final de cada mesh (%)	74,75	12,06	1,79	3,75	4,54	1,61	1,49	
Erro (%)	0,23	-0,06	-0,06	0,01	-0,02	-0,08	-0,01	

A.3 Massas pesadas para a produção da amostra duplicata com a distribuição da moagem

Massas de maltes utilizadas na produção com a Distribuição obtida pela moagem manual - Duplicata								
Massas de maltes que devem ser pesadas para produção de 2 litros								
Malte	Mesh 10	Mesh 14	Mesh 16	Mesh 30	Mesh 60	Mesh 100	<Mesh 100	Total (g)
Pilsen (g)	299,92	48,00	6,92	15,04	18,08	6,12	5,92	400,00
Munich (g)	74,98	12,00	1,73	3,76	4,52	1,53	1,48	100,00
Carared (g)	37,49	6,00	0,87	1,88	2,26	0,76	0,74	50,00
Caramunich(g)	15,00	2,40	0,35	0,75	0,90	0,31	0,30	20,00
Massas de maltes pesadas para a produção de 2 litros								
Malte	Mesh 10	Mesh 14	Mesh 16	Mesh 30	Mesh 60	Mesh 100	<Mesh 100	Total (g)
Pilsen (g)	300	48,1	6,8	15	18,2	6,1	5,9	400,1
Munich (g)	75,1	12	1,7	3,9	4,6	1,5	1,5	100,3
Carared (g)	37,6	6	0,9	1,9	2,3	0,8	0,7	50,2
Caramunich(g)	15,1	2,4	0,3	0,9	0,9	0,3	0,3	20,2
Total (g)	427,8	68,5	9,7	21,7	26	8,7	8,4	570,8
Porcentagem final de cada mesh (%)	74,95	12,00	1,70	3,80	4,56	1,52	1,47	
Erro (%)	0,03	0,00	0,03	-0,04	-0,04	0,00	0,01	

Tabela A.4 Massas pesadas para a produção da amostra com a distribuição ASBC

Distribuição sugerida pela ASBC								
Mesh	10	16	18	30	60	100	> 100	
%	13,00	20,00	32,00	24,00	6,00	2,00	3,00	100,00
Massas de maltes utilizadas na produção com a distribuição estabelecida pela ASBC								
Massas de maltes que devem ser pesadas para produção de 2 litros								
Malte	Mesh 10	Mesh 14	Mesh 16	Mesh 30	Mesh 60	Mesh 100	<Mesh 100	Total (g)
Pilsen (g)	52,00	80,00	128,00	96,00	24,00	8,00	12,00	400,00
Munich (g)	13,00	20,00	32,00	24,00	6,00	2,00	3,00	100,00
Carared (g)	6,50	10,00	16,00	12,00	3,00	1,00	1,50	50,00
Caramunich(g)	2,60	4,00	6,40	4,80	1,20	0,40	0,60	20,00
Massas de maltes pesadas para a produção de 2 litros								
Malte	Mesh 10	Mesh 14	Mesh 16	Mesh 30	Mesh 60	Mesh 100	<Mesh 100	Total (g)
Pilsen (g)	52,40	80,00	128,20	96,10	24,03	8,02	12,03	400,78
Munich (g)	13,00	20,20	32,00	24,00	6,00	2,00	3,00	100,20
Carared (g)	6,60	10,10	16,20	12,00	3,00	1,00	1,50	50,40
Caramunich(g)	2,80	4,00	6,60	5,00	1,20	0,40	0,60	20,60
Total (g)	74,80	114,30	183,00	137,10	34,23	11,42	17,13	571,98
Porcentagem final de cada mesh (%)	13,08	19,98	31,99	23,97	5,98	2,00	2,99	
Erro (%)	0,08	-0,02	-0,01	-0,03	-0,02	0,00	-0,01	

Tabela A.5 Massas pesadas para a produção da amostra com a distribuição EBC

Distribuição sugerida pela EBC								
Mesh	10	14	16	30	60	100	> 100	
%	9,00	9,00	7,00	35,00	20,00	8,00	12,00	100,00
Massas de maltes utilizadas na produção com a Distribuição estabelecida pela EBC								
Massas de maltes que devem ser pesadas para produção de 2 litros								
Malte	Mesh 10	Mesh 14	Mesh 16	Mesh 30	Mesh 60	Mesh 100	<Mesh 100	Total (g)
Pilsen (g)	36,00	36,00	28,00	140,00	80,00	32,00	48,00	400,00
Munich (g)	9,00	9,00	7,00	35,00	20,00	8,00	12,00	100,00
Carared (g)	4,50	4,50	3,50	17,50	10,00	4,00	6,00	50,00
Caramunich (g)	1,80	1,80	1,40	7,00	4,00	1,60	2,40	20,00
Massas de maltes pesadas para a produção de 2 litros								
Malte	Mesh 10	Mesh 14	Mesh 16	Mesh 30	Mesh 60	Mesh 100	<Mesh 100	
Pilsen (g)	36,20	36,10	28,10	140,10	80,10	32,10	48,10	400,80
Munich (g)	9,00	9,00	7,00	35,00	20,00	8,00	12,00	100,00
Carared (g)	4,50	4,50	3,50	17,50	10,00	4,00	6,00	50,00
Caramunich (g)	1,80	1,90	1,50	7,00	4,00	1,60	2,40	20,20
Total (g)	51,50	51,50	40,10	199,60	114,10	45,70	68,50	571,0
Percentage m final de cada mesh (%)	9,02	9,02	7,02	34,96	19,98	8,00	12,00	
Erro (%)	0,02	0,02	0,02	-0,04	-0,02	0,00	0,00	

APÊNDICE B- MONITORAMENTO DAS TEMPERATURAS DOS
PROCESSOS DE MOSTURAÇÃO DE CADA AMOSTRA.

Tabela B.1 Monitoramentos das temperaturas nos processos de mosturação da amostra com a distribuição da moagem e da amostra Duplicata

Monitoramento da Temperatura no processo de mosturação da produção da amostra na distribuição da moagem manual				Monitoramento da Temperatura no processo de mosturação da produção da amostra na distribuição da moagem manual			
T Amb (°C)	24	T água (°C) antes adição do malte	75	T Amb (°C)	20,6	T água (°C) antes adição do malte	75,3
Tempo (min)	T mosto (°C)			Tempo (min)	T mosto (°C)		
0	68	Média T do mosto (°C)	67,49	0	68,3	Média T do mosto (°C)	67,53
5	67,6			5	67,7		
10	68	Desvio padrão em torno de 67 °C	0,41	10	67,4	Desvio padrão em torno de 67 °C	0,43
15	68,3			15	67,3		
20	67,8			20	66,9		
25	67,6			25	67,5		
30	67,3			30	67,7		
35	67			35	67,9		
40	67,4			40	68,2		
45	67,6			45	67,7		
50	67,2			50	66,9		
55	67			55	67,3		
60	67,2			60	67,7		
65	67,3			65	67,5		
70	67			70	67		
Temperatura Mash out				Temperatura Mash out			
Tempo	T mosto (°C)			Tempo (min)	T mosto (°C)		
0	76			0	76,4		
5	76,6			5	78,8		
10	77			10	78,4		

Tabela B.2 Monitoramentos das temperaturas nos processos de mosturação da amostra com a distribuição EBC e ASBC

Monitoramento da Temperatura no processo de mosturação da produção da amostra na distribuição da ASBC				Monitoramento da Temperatura no processo de mosturação da produção da amostra na distribuição da EBC			
T Amb (°C)	22	T água (°C) antes adição do malte	75	T Amb (°C)	22	T água (°C) antes adição do malte	75
Tempo (min)	T mosto (°C)	Média T do mosto (°C)	67,56	Tempo (min)	T mosto (°C)	Média T do mosto (°C)	67,41
0	69	Média T do mosto (°C)	67,56	0	68	Média T do mosto (°C)	67,41
5	68			5	67,2		
10	67,3	Desvio padrão em torno de 67 °C	0,55	10	67	Desvio padrão em torno de 67 °C	0,39
15	67,2			15	67,3		
20	68			20	66,7		
25	67,6			25	67,4		
30	67			30	67,7		
35	67,9			35	68		
40	67,5			40	67,4		
45	67,8			45	67		
50	67,3			50	67,7		
55	67,6			55	67,8		
60	67			60	67,2		
65	66,7			65	67,4		
70	67,5			70	67,3		
Temperatura Mash out				Temperatura Mash out			
Tempo	T mosto (°C)	Tempo	T mosto (°C)	Tempo	T mosto (°C)	Tempo	T mosto (°C)
0	76	0	77	0	77	0	77
5	78,7	5	78	5	78	5	78
10	77	10	77,7	10	77,7	10	77,7

APÊNDICE C-MASSAS DE LEVEDURAS ADICIONADAS E MONITORAMENTO DAS TEMPERATURAS DURANTE A FERMENTAÇÃO.

Tabela C.1 Massas de fermento a ser adicionado às amostras

Massa de levedura a ser adicionada segundo receita	
Litros Cerveja	Massa de fermento (g)
20	11,5
2	1,15

Tabela C.2 Temperaturas e massas de fermento adicionadas aos mostos

Adição no mosto obtido com a distribuição da moagem Duplicata		Adição no mosto obtido com a distribuição ASBC	
Massa fermento pesada (g)	1,25	Massa fermento pesada (g)	1,25
T Adição fermento (°C)	16,3	T Adição fermento (°C)	17,1
Adição no mosto obtido com a distribuição EBC		Adição no mosto obtido com a distribuição da moagem	
Massa fermento pesada (g)	1,25	Massa fermento pesada (g)	1,25
T Adição fermento (°C)	16,5	T Adição fermento (°C)	17,5

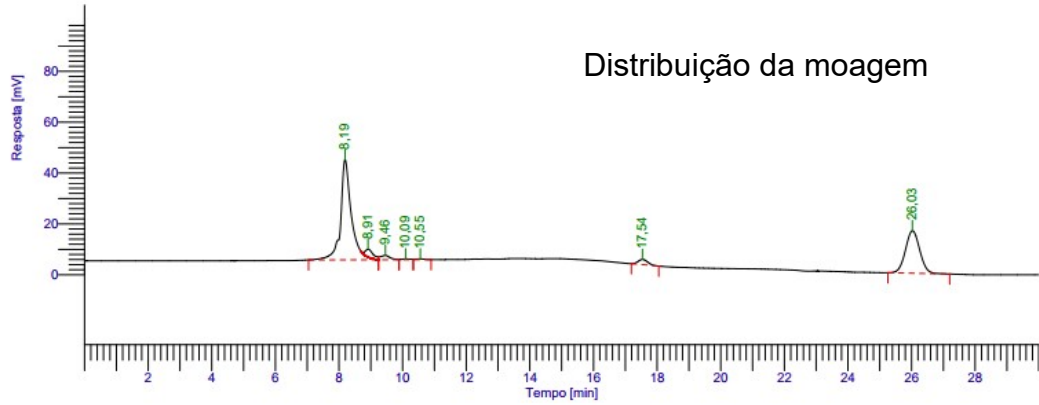
Tabela C.3 Monitoramento da temperatura durante fermentação das amostras ASBC e moagem Duplicata

Adição no mosto obtido com a distribuição da moagem Duplicata				Adição no mosto obtido com a distribuição ASBC			
Dia de fermentação	Temperatura fermentação (°C)			Dia de fermentação	Temperatura fermentação (°C)		
	Manhã (7:30)	Tarde (15:00)	Noite (22:00)		Manhã (7:30)	Tarde (15:00)	Noite (22:00)
1º (12/11)	20,1	21,3	19,3	1º (26/11)	19,1	20,2	19,3
2º (13/11)	19	22,2	20,3	2º (27/11)	19,2	22,3	20,2
3º (14/11)	19,4	22,5	21,6	3º (28/11)	19,6	23	21,1
4º (15/11)	20,1	23	22	4º (29/11)	20,1	23,2	21,4
5º (16/11)	21,4	23,4	21,8	5º (30/11)	20,7	23,5	21,5
6º (17/11)	19,8	22,5	21,1	6º (01/12)	20,3	24	22
7º (18/11)	20,1	22,8	20,7	7º (02/12)	21,7	24,3	22,2
Dia da 2º fermentação	Temperatura fermentação (°C)			Dia da 2º fermentação	Temperatura fermentação (°C)		
	Manhã (7:30)	Tarde (15:00)	Noite (22:00)		Manhã (7:30)	Tarde (15:00)	Noite (22:00)
1º (19/11)	20,1	21,4	20,5	1º (03/12)	21,5	23	21,7
2º (20/11)	19,2	23,1	20,2	2º (04/12)	20,5	22,5	21,3
3º (21/11)	19,4	21	19,5	3º (05/12)	20,8	23,1	21,9
4º (22/11)	19,2	19,9	19,2	4º (06/12)	21	24	22,1
5º (23/11)	18,8	23	20,2	5º (07/12)	21,1	22,5	20,7
6º (24/11)	19,3	23,3	20,1	6º (08/12)	20,3	22,7	21,1
7º (25/11)	18,7	20,7	19,6	7º (09/12)	20,5	23,2	21,5

Tabela C.4 Monitoramento da temperatura durante fermentação das amostras EBC e moagem

Adição no mosto obtido com a distribuição EBC				Adição no mosto obtido com a distribuição da moagem			
Dia de fermentação	Temperatura fermentação (°C)			Dia de fermentação	Temperatura fermentação (°C)		
	Manhã (7:30)	Tarde (15:00)	Noite (22:00)		Manhã (7:30)	Tarde (15:00)	Noite (22:00)
1º (26/11)	19,1	20,2	19,3	1º (28/11)	19,6	23	21,1
2º (27/11)	19,2	22,3	20,2	2º (29/11)	20,1	23,2	21,4
3º (28/11)	19,6	23	21,1	3º (30/11)	20,7	23,5	21,5
4º (29/11)	20,1	23,2	21,4	4º (01/12)	20,3	24	22
5º (30/11)	20,7	23,5	21,5	5º (02/12)	21,7	24,3	22,2
6º (01/12)	20,3	24	22	6º (03/12)	21,5	23,5	21,1
7º (02/12)	21,7	24,3	22,2	7º (04/12)	19,8	23	21,5
Dia da 2º fermentação	Temperatura fermentação (°C)			Dia da 2º fermentação	Temperatura fermentação (°C)		
	Manhã (7:30)	Tarde (15:00)	Noite (22:00)		Manhã (7:30)	Tarde (15:00)	Noite (22:00)
1º (03/12)	21,5	23	21,7	1º (05/12)	20,8	23,1	21,9
2º (04/12)	20,5	22,5	21,3	2º (06/12)	21	24	22,1
3º (05/12)	20,8	23,1	21,9	3º (07/12)	21,1	22,5	20,7
4º (06/12)	21	24	22,1	4º (08/12)	20,3	22,7	21,1
5º (07/12)	21,1	22,5	20,7	5º (09/12)	20,5	23,2	21,5
6º (08/12)	20,3	22,7	21,1	6º (10/12)	21,1	24,1	22,1
7º (09/12)	20,5	23,2	21,5	7º (11/12)	21,2	23,1	21,9

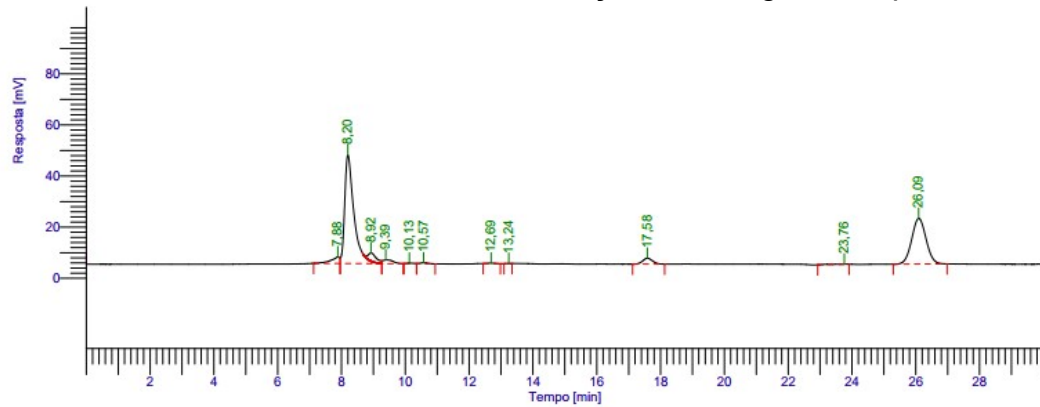
ANEXO A - CROMATOGRAMAS OBTIDOS NA ANÁLISE HPLC.



Tabela

Pico #	Componente	Tempo [min]	Altura [uV]	Area [uV·s]	Área/Altura [s]
1		8,189	39382,07	920351,56	23,3698
2		8,912	3142,41	58124,11	18,4967
3		9,460	1738,63	35171,86	20,2296
4		10,092	271,32	4879,55	17,9847
5		10,555	278,96	5197,34	18,6314
6		17,536	2065,25	42953,63	20,7983
7		26,025	16721,08	521339,83	31,1786
			63599,71	1588017,87	

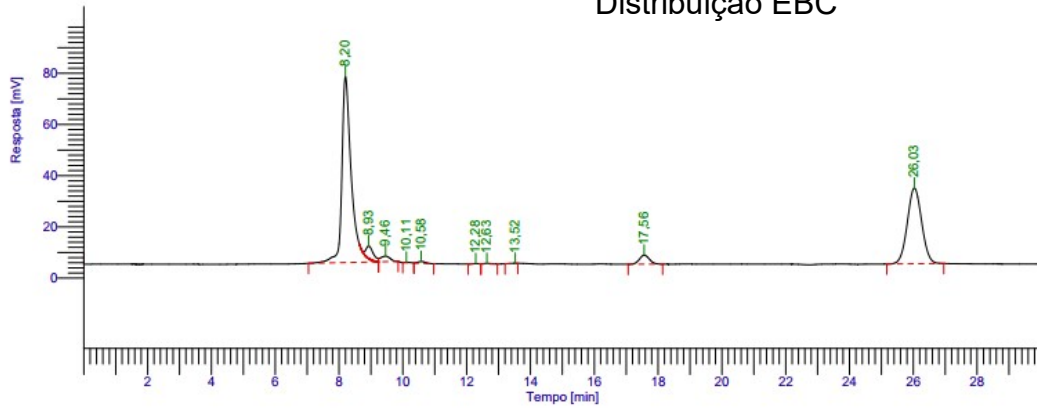
Distribuição da moagem - Duplicata



Tabela

Pico #	Componente	Tempo [min]	Altura [uV]	Area [uV·s]	Área/Altura [s]
1		7,884	2602,84	46919,09	18,0261
2		8,199	42472,41	830917,21	19,5637
3		8,923	4117,86	81448,99	19,7794
4		9,386	1421,13	31825,82	22,3948
5		10,127	201,43	3173,93	15,7570
6		10,574	387,63	6770,03	17,4652
7		12,689	204,32	3253,77	15,9251
8		13,243	72,51	399,26	5,5060
9		17,584	2313,61	49343,47	21,3275
10		23,759	56,98	5144,52	90,2802
11		26,090	17860,45	555331,51	31,0928
			71711,17	1614527,61	

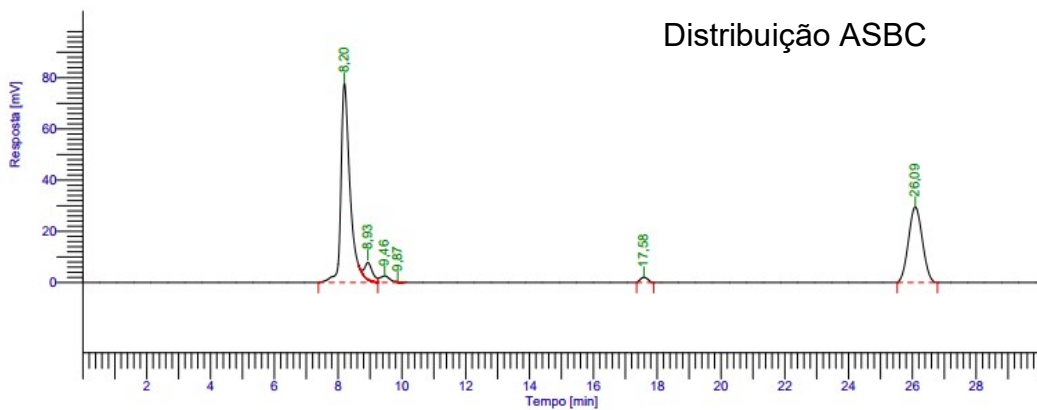
Distribuição EBC



Tabela

Pico #	Componente	Tempo [min]	Altura [µV]	Area [µV·s]	Área/Altura [s]
1		8,199	72638,69	1500328,57	20,6547
2		8,928	4991,24	83677,30	16,7648
3		9,459	2154,22	44619,36	20,7125
4		10,109	201,78	2474,32	12,2624
5		10,575	708,05	11521,07	16,2715
6		12,284	164,94	2455,77	14,8887
7		12,634	261,18	4506,95	17,2563
8		13,521	52,99	1067,61	20,1489
9		17,563	3541,50	76720,94	21,6634
10		26,031	29587,03	925336,19	31,2751
			114301,62	2652708,07	

Distribuição ASBC



Tabela

Pico #	Componente	Tempo [min]	Altura [µV]	Area [µV·s]	Área/Altura [s]
1		8,196	77843,76	1553975,15	19,9627
2		8,932	6604,60	116356,74	17,6175
3		9,461	2568,29	55707,67	21,6905
4		9,867	216,86	1149,93	5,3026
5		17,581	2039,19	32905,52	16,1365
6		26,088	29522,12	890357,24	30,1590
			118794,83	2650452,26	

Warning -- Signal level out-of-range in peak