

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC**

**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**FRANCIELE TRISTÃO DA SILVA**

**PRODUÇÃO DE MOSTO CERVEJEIRO A PARTIR DO APROVEITAMENTO  
DE PÃO FRANCÊS**

**CRICIÚMA**

**2016**

**FRANCIELE TRISTÃO DA SILVA**

**PRODUÇÃO DE MOSTO CERVEJEIRO A PARTIR DO APROVEITAMENTO  
DE PÃO FRANCÊS**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado para obtenção do Grau de  
Engenheiro Químico no curso de Engenharia  
Química da Universidade do Extremo Sul  
Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Antônio Cleber Gonçalves  
Júnior

**CRICIÚMA**

**2016**

**FRANCIELE TRISTÃO DA SILVA**

**PRODUÇÃO DE MOSTO CERVEJEIRO A PARTIR DO APROVEITAMENTO  
DE PÃO FRANCÊS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
aprovado pela Banca Examinadora para  
obtenção do Grau de Engenheiro Químico, no  
Curso de Engenharia Química da Universidade  
do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com  
Linha de Pesquisa em Mostos Cervejeiros.

Criciúma, 01 de dezembro de 2016.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Antônio Cleber Gonçalves Júnior – Engenheiro de Alimentos – (UNESC) –  
Orientador

Prof. MSc. Emerson Colonetti – Bacharel em Química Tecnológica – (UNESC)

Prof. MSc. Miquele Lazarin Padula – Engenheira de Alimentos – (UNESC)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Universidade UNESC pela oportunidade de fazer o curso de Engenharia Química, pelo ambiente acolhedor e de ótima estrutura que dispões aos seus acadêmicos.

Ao professor Antônio, meu orientador e que oportunizou a realização deste trabalho com suas idéias e, permitindo-me fazer parte do seu projeto.

Agradeço ao meu esposo Edson, por seu companheirismo e amor, e ainda pelo apoio durante toda a graduação e, não poderia faltar, por sua ajuda substancial na realização dos experimentos.

Agradeço a Jéssica, sempre prestativa, não apenas por sua ajuda no laboratório, mas também pela amizade e conversas divertidas.

Agradeço ao professor Emerson por disponibilizar seu tempo para me ajudar.

Agradeço a Beatriz, que em boa hora, voluntariamente me ajudou terminar as análises quando achei que não terminaria.

Agradeço ao meu pai Diomar por, desde que me lembro, me incentivar a estudar e sempre exigir mais de mim.

Agradeço minha mãe Erli por cuidar e tentar sempre fazer o melhor por mim.

**“A persistência é o caminho do êxito.”**

**Charles Chaplin**

## RESUMO

Sabe-se que as cervejarias utilizam amplamente complementos de malte na produção de mostos cervejeiros, o que pela legislação brasileira, é permitido. O aproveitamento de sobras de pão francês, surge como uma opção de adjunto de malte com intuito de agregar valor a essas sobras e produzir um mosto que possa ser adequado a produção de cerveja. Para isso três concentrações diferentes de mostos com pão e ensaios físico-químicos dos mesmos foram realizadas. Os dados obtidos receberam tratamento estatístico referentes à sua significância quando comparados ao mosto puro malte, os quais apresentaram diferenças não significativas, exceto nos valores de sólidos solúveis iniciais para as duas maiores concentrações de pão ao mosto. Em decorrência dos resultados obtidos verifica-se que o pão francês pode ser utilizado como adjunto de malte.

**Palavras-chave:** Mosto. Pão francês. Adjunto. Malte.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
1.1 JUSTIFICATIVA .....	11
1.2 OBJETIVOS .....	11
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>12</b>
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 CERVEJA NO BRASIL.....	13
<b>2.1.1 Legislação brasileira .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.2 Normas EBC .....</b>	<b>14</b>
2.2 MATÉRIA-PRIMA.....	14
<b>2.2.1 Malte .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2 Adjunto.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.3 Lúpulo .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.4 Água .....</b>	<b>16</b>
2.3 PRODUÇÃO DO MOSTO .....	17
<b>2.3.1 Mostura .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.2 Filtração do mosto .....</b>	<b>17</b>
2.4 PÃO FRANCÊS.....	18
<b>2.4.1 Componentes da farinha e da massa .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4.2 Amido .....</b>	<b>20</b>
2.5 ENZIMAS .....	20
<b>2.5.1 <math>\alpha</math>-Amilase e <math>\beta</math>-amilase .....</b>	<b>20</b>
<b>2.5.2 Influência do pH e da temperatura na atividade enzimática.....</b>	<b>21</b>
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 MATERIAIS .....	24
<b>3.1.1 Malte tipo Pilsen .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.2 Pão francês .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.3 Formulação dos mostos .....</b>	<b>26</b>
3.2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	26
<b>3.2.1 Preparação do mosto cervejeiro.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2.2 Cor do mosto por espectrofotometria .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2.3 Massa específica do mosto .....</b>	<b>29</b>

<b>3.2.4</b>	<b>Determinação da Umidade em base úmida do pão e do malte .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Determinação de proteína do mosto .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Açúcares redutores.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.7</b>	<b>Açúcares não-redutores .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.8</b>	<b>Determinação de pH do mosto cervejeiro.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.9</b>	<b>Determinação de viscosidade .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.10</b>	<b>Determinação dos sólidos solúveis.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.11</b>	<b>Extrato do malte .....</b>	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A prática da cervejaria parece ter sido originada na região da Mesopotâmia onde a cevada cresce em estado selvagem (VENTURINI FILHO, 2010).

O processo cervejeiro era exercido por padeiros devido à natureza da matéria-prima, como grãos de cereais e leveduras (VENTURINI FILHO, 2010).

Comparada com outras bebidas alcoólicas, a cerveja apresenta baixo teor alcoólico, inclusive pela proporção de água que possui, porém contém uma grande riqueza aromática exatamente pelas características das matérias-primas (VENTURINI FILHO, 2010).

Os avanços tecnológicos permitem às fabricas total controle sobre a qualidade e os processos. As cervejarias menores, mais focadas nos mercados regionais e locais, têm a vantagem de oferecer diversificação e experimentação, sendo capazes de perceber nichos e oportunidades que escapam às grandes corporações (MORADO, 2009).

Com o avanço do conhecimento e da tecnologia, é possível inventar, criar e inovar de tal maneira que a cada momento pode surgir um tipo ou estilo diferente de cerveja. A cerveja permite a criatividade, a inovação e a variedade, desde que se respeitem os conceitos básicos de tradição e qualidade (MORADO, 2009). Com isso em mente, propõe-se o uso do pão francês como adjunto de malte para elaboração de mostos cervejeiros.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Produzir mosto cervejeiro utilizando pão francês como adjunto de malte.

### 1.2 OBJETIVOS

#### 1.2.1 Objetivo geral

Valorizar e transformar uma fonte de amido alternativa (sobras de pão francês) em matéria-prima para produção de mosto cervejeiro.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Produzir os mostos cervejeiros com diferentes proporções de malte e pão francês baseando-se na Norma *European Brewing Convention* - EBC.
- Proporcionar a conversão do amido presente no pão em açúcar utilizando enzimas presentes naturalmente no malte.
- Realizar as caracterizações físico-químicas nos mostos cervejeiros para obtenção e comparação dos parâmetros analisados.
- Aplicar metodologias e normas presentes na literatura para obtenção dos parâmetros analíticos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CERVEJA NO BRASIL

No Brasil, o hábito de tomar cerveja foi trazido por D. João VI, no início do século XIX, durante a permanência da família real portuguesa em território brasileiro. Nessa época, a cerveja era importada de países europeus (AQUARONE et al., 2001).

Em 1888, foi fundada na cidade do Rio de Janeiro a “Manufatura de Cerveja Brahma Villigier e Cia.” Três anos mais tarde, em 1891 na cidade de São Paulo, a Companhia Antartica Paulista. Passados mais de cem anos, essas duas cervejarias mantêm o domínio do mercado de cerveja no Brasil (AQUARONE et al., 2001).

O cenário cervejeiro brasileiro começou a viver um novo momento no início do século XXI com a fusão das companhias Brahma e Antartica, originando a AmBev em julho de 1999, provocando mudanças no perfil do seguimento nacional, devido à concentração de mercado (MORADO, 2009).

A partir do ano de 2002 iniciou-se um forte movimento de crescimento no mercado cervejeiro nacional, com o surgimento de inúmeras cervejarias e microcervejarias, tendência essa justificada pela oportunidade de empreender um negócio lucrativo (MORADO, 2009).

#### 2.1.1 Legislação brasileira

No Brasil, o Ministério da Agricultura é o órgão responsável pelo registro, classificação, padronização, controle, inspeção e fiscalização da cerveja (AQUARONE et al., 2001).

Segundo a Instrução normativa nº 54, de 5 de novembro de 2001, o malte poderá ser substituído por adjuntos cervejeiros na elaboração da cerveja. Porém, seu emprego não poderá, ser superior a 45% em relação ao extrato primitivo, que é a quantidade de substâncias dissolvidas (extrato) do mosto, que deu origem à cerveja e se expressa em porcentagem (%) em peso.

### 2.1.2 Normas EBC

As normas EBC - *European Brewing Convention* ou sua tradução Convenção de Cervejeiros da Europa, são convenções aplicadas a insumos e produtos do ramo cervejeiro e são empregados como balizadores para os parâmetros de qualidade no mundo inteiro. (MORADO, 2009).

## 2.2 MATÉRIA-PRIMA

Pela Lei da Pureza da Cerveja Alemã, as cervejas deveriam conter apenas malte de cevada, lúpulo, água e levedo. Mas a cerveja é uma bebida bastante versátil permitindo muitas possibilidades de variação quanto aos ingredientes utilizados, etapas do processo e as formas de armazenamento e envase (MORADO, 2009).

### 2.2.1 Malte

O grão de cevada é muito parecido com o do trigo. Na composição da cerveja ele é a principal fonte de amido, cuja estrutura é modificada durante o processo de maltagem (MORADO, 2009).

O cereal no seu estado natural, carrega dentro si um embrião que aguarda o momento ideal para germinar. Quando essas condições são favorecidas inicia-se o processo de germinação. No processo de fabricação do malte a etapa de pré-germinação é muito importante, pois dependendo das condições em que forem feitas, irá afetar a qualidade do malte. Após essa etapa parte-se para fase da germinação propriamente dita. É nesta fase que irão se formar as enzimas que compõe o malte (LIMA et al., 2001).

O grão é constituído basicamente por uma casca externa, que apresenta importância tecnológica pois é utilizada como elemento filtrante do mosto, além de constituir uma proteção externa para o grão e ser constituída de material celulósico, contendo proteínas, resinas e tanino em menor quantidade. É formada por duas estruturas: lema e pálea que recobrem a região dorsal e ventral do grão respectivamente. O endosperma amiláceo presente no grão é um tecido que

acumula amido na forma de grânulo no interior de suas células. As paredes das células do endosperma são fontes de betaglucanos, polímeros que conferem viscosidade ao mosto e cerveja, dificultando a sua filtração. Na região do germe (embrião) tem início o processo de germinação. Entre o embrião e o endosperma há uma estrutura que permite a passagem das enzimas hidrolíticas (amilases, proteases, glucanases, etc) do embrião para o endosperma, e de açúcares, aminoácidos e outras moléculas simples no sentido inverso (AQUARONE et al., 2001). O quadro 1 demonstra a especificação do malte brasileiro.

Quadro 1 – Especificação de malte brasileiro

Umidade, %	5,52
Cinzas, %	1,97
Fibra bruta, %	3,95
Proteína bruta, % ps	10,22
Lipídio, % ps	1,65
Extrato, % ps	79,52
Poder diastático, Wk ps	244,19

Fonte: VENTURINI FILHO, 1995 apud AQUARONE (2001)

### 2.2.2 Adjunto

Adjuntos podem ser genericamente definidos como produtos ou materiais que fornecem carboidratos para o mosto cervejeiro, em decorrência disto, podem substituir parcialmente o malte na produção de cerveja (AQUARONE et al., 2001).

Normalmente, os adjuntos são produtos do beneficiamento de cereais ou de outros vegetais ricos em carboidrato. Os cereais mais comumente utilizados na produção de adjunto cervejeiro são: milho, arroz, cevada, trigo e sorgo (AQUARONE et al., 2001).

Os adjuntos são empregados principalmente por razões econômicas, pois apresentam menor custo na produção de extrato. Além disso, melhoram a qualidade físico-química e sensorial da cerveja acabada, e diluem todos os componentes do mosto, exceto os carboidratos. De fato, diminuem o teor de nitrogênio (proteína) solúvel do mosto, reduzindo a ocorrência de infecção láctica na cerveja, melhorando a sua estabilidade coloidal. As cervejas que utilizam adjunto são mais leves, saciam menos e apresentam cor mais clara e maior brilho (AQUARONE et al., 2001).

O adjunto deve produzir açúcares fermentáveis e dextrinas não fermentáveis, em proporções semelhantes às que se obtêm em um mosto feito exclusivamente com malte (AQUARONE et al., 2001).

O limite máximo de adjunto na formulação da cerveja é determinado pela capacidade das enzimas do malte hidrolisarem todo o amido e pela capacidade deste mesmo insumo fornecer nutrientes – principalmente o nitrogênio (AQUARONE et al., 2001). O quadro 2 apresenta valores para as características de adjuntos amiláceos.

Quadro 2 – Características de adjuntos amiláceos

	Umidade (%)	Extrato (% ps)	Proteína (% ps)	Lipídio (% ps)	Temperatura de gomificação (°C)	Necessidade de cozimento
"Grits" de milho	12	90	9,5	0,9	62 - 74	sim
"Grits" de arroz	12	92	7,5	0,6	61 - 78	sim
Amido milho refinado	11	103	0,5	0,05	62 - 74	sim/não
Farinha de trigo	11	86	8,5	0,76	58 - 64	sim/não
Cevada torrada	6	72	14,5	1,6		não
Flocos de milho	9	83	9,5	0,9		não

Fonte: HOUGH, 1985 apud AQUARONE (2001)

### 2.2.3 Lúpulo

O lúpulo, além de conferir aroma e amargor, apresenta ação antisséptica, pois os isoalfa ácidos são bacteriostáticos; contribui, também, para a estabilidade do sabor e da espuma da cerveja (AQUARONE et al., 2001).

Sob a óptica cervejeira, as frações mais importantes do lúpulo são as resinas e os óleos essenciais. O lúpulo é comercializado na forma de cones secos, em pellets e como extrato (AQUARONE et al., 2001).

### 2.2.4 Água

A água a ser utilizada na produção de cerveja além de ser potável deve apresentar características de sais minerais específicas para assegurar um pH desejável da mistura do malte e adjunto durante a mosturação. Ela deve ser inodora, incolor, livre de matéria orgânica, apresentar na fonte uma alcalinidade máxima de 50 ppm com uma faixa de pH entre 4 e 9 e possuir aproximadamente 50 ppm de

cálcio. O teor de cloreto, na forma de NaCl, pode variar em função da preferência de sabor (AQUARONE et al., 2001).

As cervejarias necessitam não apenas de água cervejeira, mas também água para limpeza, para geração de vapor, etc. O gasto de água nas cervejarias varia de 4 a 10 vezes o volume de cerveja produzida (AQUARONE et al., 2001).

## 2.3 PRODUÇÃO DO MOSTO

O processo de transformação das matérias-primas cervejeiras em mosto, denomina-se mosturação ou brassagem (AQUARONE et al., 2001).

A brassagem consiste em uma sequência de procedimentos que transformam o amido e as proteínas contidas no malte em uma solução de açúcares e outras substâncias (MORADO, 2009).

Os principais processos da brassagem são moagem, mostura, filtração preliminar, fervura e, separação do trub e resfriamento do mosto (MORADO, 2009).

### 2.3.1 Mostura

A mostura consiste em adicionar malte moído à água previamente aquecida, submetendo-o a diferentes temperaturas por períodos de tempo, denominado rampa de temperatura ou binômio tempo temperatura. Não existe uma receita universal com relação às temperaturas. Cada cervejaria desenvolve e aprimora suas receitas de acordo com o resultado pretendido (MORADO, 2009).

Na fabricação do mosto se define quanto dos açúcares pode ser consumido pela levedura. A relação entre açúcares fermentáveis e não-fermentáveis é responsável pelo corpo da cerveja, ou seja, quanto mais fermentáveis os açúcares, menor a tendência de uma cerveja apresentar-se encorpada (MORADO, 2009).

### 2.3.2 Filtração do mosto

O mosto é constituído pelo extrato solúvel das matérias-primas utilizadas na brassagem, resíduo insolúvel composto pela casca do malte, fragmentos da camada aleurona, plúmula, restos de parede celular e proteína coagulada. Serão os

resíduos insolúveis como a casca do malte que dão origem ao leito de filtração do mosto (AQUARONE et al., 2001).

A filtração normalmente é feita em duas etapas. Na primeira, dá-se a origem do mosto primário onde a fração líquida simplesmente atravessa o leito filtrante, formado pela própria casca do malte de cevada. Na segunda etapa ocorre a lavagem do resíduo sólido com água, cuja finalidade é recuperar o extrato ainda retido na torta de filtro (AQUARONE et al., 2001).

A temperatura do mosto a ser filtrado deve estar por volta de 75°C. Nesta temperatura a viscosidade do mosto favorece a filtração e as enzimas do malte estão predominantemente inativas, além disso, o crescimento bacteriano estará bloqueado e não haverá risco de substâncias insolúveis das matérias-primas serem extraídas, principalmente os taninos da casca do malte, que podem ocasionar turvação à cerveja (AQUARONE et al., 2001).

Terminado o processo de filtração, a torta de filtro é recuperada na forma de um subproduto (bagaço de malte) e normalmente vendida como alimento animal (AQUARONE et al., 2001).

## 2.4 PÃO FRANCÊS

A primeira etapa básica da panificação é combinar água com farinha de trigo e depois amassar (por meio de energia mecânica) a mistura, formando uma massa elástica (CAUVAIN, YOUNG, 2009).

O pão francês é um alimento tradicionalmente consumido pela população brasileira, segundo os dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF-2008-2009) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o consumo *per capita* do pão foi de 53g/dia (BRASIL, 2012).

Os principais ingredientes do pão francês são: farinha de trigo, água, sal, fermento biológico e melhorador de farinha. Na receita de pão francês, normalmente, as quantidades dos ingredientes são calculadas a partir da quantidade de farinha de trigo utilizada. Do total da massa (165%) a farinha corresponde com 100%, conforme demonstrado na tabela 1 (BRASIL, 2012).

Tabela 1 – Composição do pão francês

Ingrediente	percentual (%)
Farinha de Trigo	100%
Água	± 60%
Sal	2%
Fermento Biológico	2%
Melhorador de Farinha	1%
TOTAL	165%

Fonte: BRASIL (2012)

Para a um pão francês de aproximadamente 50 g, tamanho habitualmente consumido no país, cada ingrediente contribui para a composição nutricional do produto, de acordo com o especificado na tabela 2 (BRASIL, 2012).

Tabela 2 – Composição nutricional

Composição nutricional	INGREDIENTES				TOTAL
	Farinha de trigo (38g)	Água (23g)	Sal (0,8g)	Fermento biológico (0,8g)	
Valor energético (kcal)	137	0	0	0,7	137,7
Carboidratos (g)	28,5	0	0	0,7	29,2
Proteínas (g)	3,4	0	0	0,1	3,5
Gorduras totais (g), das quais	0,5	0	0	0	0,5
Gorduras saturadas (g)	NI*	0	0	0	0
Gorduras trans (g)	0	0	0	0	0
Fibra alimentar (g)	0,9	0	0	0	0,9
Sódio (mg)	0,4	0	320	0,3	320,7

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de alimentos – TACO, 2006 apud BRASIL, 2012

Notas: NI\* = valor não identificado.

No cálculo da composição nutricional o melhorador de farinha não foi incluído em virtude da diversidade de aditivos para esta finalidade de uso.

#### 2.4.1 Componentes da farinha e da massa

Os componentes da farinha de trigo e massa (base seca) podem ser classificados em seis grupos: amido; proteínas armazenadas (glúten); polissacarídeos não-amiláceos (pentosanas); lipídeos; proteínas solúveis em água e compostos inorgânicos (cinzas) (CAUVAIN, YOUNG, 2009).

### 2.4.2 Amido

O amido representa a maior porção da farinha, constituindo cerca de 65% da farinha comum. O amido do trigo contém cerca de 23% de amilose e 73% de amilopectina ( portanto esses dois polissacarídeos representam 15 e 50% do peso da farinha, respectivamente) (CAUVAIN, YOUNG, 2009).

O amido é um polímero de elevado peso molecular, [...]. Quimicamente é constituído de unidades de glicose, unidas por ligações na forma  $\alpha$ -glicosídicas. Essas ligações são facilmente hidrolisadas (LIMA et al., 2001).

## 2.5 ENZIMAS

Enzimas são proteínas que apresentam atividade catalítica. A complexa estrutura molecular enzimática é constituída por uma parte protéica, podendo estar integrada a ela outras moléculas, como carboidratos e lipídeos (LIMA et al., 2001).

Condições ambientais, tais como, pH, temperatura, força iônica do meio, afetam a estrutura da enzima e, em decorrência, suas propriedades (LIMA et al., 2001).

A ação catalítica das enzimas se faz através da redução da energia de ativação, sem alteração do seu equilíbrio, como nos catalisadores inorgânicos (LIMA et al., 2001).

As enzimas possuem destacado papel no setor alimentício, pois podem influir na composição, processamento e deterioração dos alimentos. Em linhas gerais, pode-se dizer que tais catalisadores ora são úteis ora indesejáveis (AQUARONE et al., 2001).

Existem vários exemplos de aplicações de enzimas com o objetivo de modificar matérias-primas e/ ou obter produtos específicos, destacando-se o uso em panificação, modificação de materiais amiláceos, fabricação de sucos, modificação de proteínas e na fabricação de bebidas alcoólicas (AQUARONE et al., 2001).

### 2.5.1 $\alpha$ -Amilase e $\beta$ -amilase

A  $\alpha$ -amilase é amplamente encontrada na natureza (vegetais, animais e microrganismos). Atua degradando o amido, hidrolisando ligações  $\alpha$ -1,4-glicosídicas

liberando oligossacarídeos de 6 a 7 unidades de glicose, e posteriormente açúcares redutores, principalmente, maltose (AQUARONE et al., 2001).

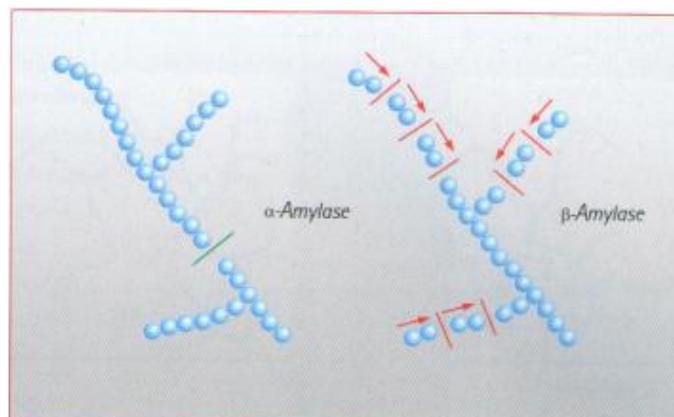
A  $\beta$ -amilase é sintetizada no endosperma do grão de malte durante o seu desenvolvimento. Quando o grão inicia o amadurecimento, já existe certa quantidade da enzima (LIMA et al., 2001).

As  $\alpha$ -amilases são um conjunto de enzimas que catalisam a mesma reação básica: a ruptura das moléculas do amido hidratado, tanto polímeros de maltose de cadeias longas e lineares e não lineares da amilose como da amilopectina, em moléculas de cadeias curtas e lineares conhecidas como dextrinas. Em combinação com a  $\beta$ -amilase, uma enzima que ataca as extremidades das cadeias de amilose e da amilopectina, quebrando as moléculas individuais do açúcar de maltose, e dando tempo suficiente e condições corretas, é capaz de converter o amido quase totalmente em maltose (CAUVAIN, YOUNG, 2009).

Cada vez que uma cadeia de amido é quebrada pela  $\alpha$ -amilase, surgem dois locais, nos quais a  $\beta$ -amilase pode agir. Portanto, o nível de  $\alpha$ -amilase é o que determina a velocidade enzimática do sistema (CAUVAIN, YOUNG, 2009).

Na cevada, pouca ou nenhuma  $\alpha$ -amilase está presente no grão maduro, mas durante a germinação ocorre a sua formação em grande quantidade (LIMA et al., 2001). A figura 1 mostra onde agem as enzimas  $\alpha$ -amilase e  $\beta$ -amilase no amido.

Figura 1 - Ação da  $\alpha$ -amilase e  $\beta$ -amilase no amido



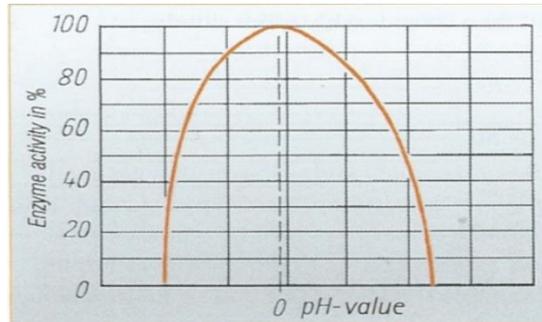
Fonte: Kunze (2014)

### 2.5.2 Influência do pH e da temperatura na atividade enzimática

O pH possui uma grande influência sobre a atividade das enzimas. A atividade enzimática atinge um valor de pH ótimo específico para cada enzima e diminui para valores de pH superiores ou inferiores. A figura 2 apresenta a

dependência da atividade enzimática em relação ao pH, onde o ponto (O) representa o valor de pH ótimo. O efeito do pH sobre a atividade enzimática não é, em geral, tão grande como o efeito da temperatura (KUNZE, 2014).

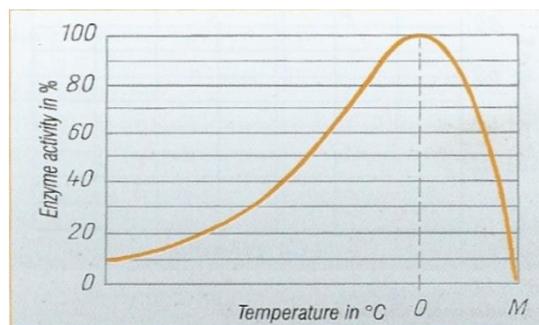
Figura 2 - Atividade enzimática em relação ao pH



Fonte: Kunze (2014)

A atividade das enzimas depende sobretudo da temperatura. Aumenta com o aumento da temperatura e alcança seu valor máximo à uma temperatura ótima, específica para cada enzima (KUNZE, 2014). A figura 3 representa a ação enzimática em relação a temperatura. O ponto (O) mostra o valor ótimo de temperatura e o ponto (M) a temperatura máxima.

Figura 3 - Atividade enzimática em relação a temperatura



Fonte: Kunze (2014)

A Tabela 3 apresenta as faixas de temperaturas e pH de atuação das enzimas.

Tabela 3 – Temperatura e pH de atuação das enzimas

Enzimas	Temperatura ótima (°C)	pH ótimo	Substrato
Hemicelulases	40-45	4,5-4,7	Hemicelulose
Exopeptidases	40-50	5,2-8,2	Proteínas
Endopeptidases	50-60	5,0	Proteínas
Dextrinases	55-60	5,1	Amido
Beta-amilase	60-65	5,4-5,6	Amido
Alfa-amilase	70-75	5,6-5,8	Amido

Fonte: TSCHOPE, 2001 apud. VENTURINI FILHO, 2010

No mosto cervejeiro, entre 40 e 45 °C ocorre a ativação das enzimas. Nesta etapa o amido começa a se solubilizar e as enzimas contidas no malte começam a entrar em solução. Enzimas como as betaglucanases e outras celulasas, possuem certa ação nessa faixa de temperatura, o que facilita a solubilização futura do amido (MORADO, 2009).

Entre 50 e 55 °C ocorre o repouso proteolítico, onde se dá a quebra de algumas proteínas do malte formando proteínas menores (os peptídeos) e os aminoácidos. Essa etapa é necessária quando se têm maltes ricos em proteínas, como o malte de trigo ou aveia, caso não haja esses tipos de grãos segue-se para a etapa seguinte (MORADO, 2009).

Na faixa de 60 e 72 °C ocorrem os repousos de sacarificação. Existem dois tipos principais de enzimas nesta etapa. São a alfa-amilase e a beta-amilase. Cada uma atua de modo diferente na estrutura do amido e tem temperaturas ótimas (MORADO, 2009).

Entre 76 e 78°C ocorre a inativação enzimática [...]. A essa temperatura as enzimas se modificam, perdem as características originais e tornam-se inativas. (MORADO, 2009).

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Materiais

Os procedimentos experimentais foram realizados com equipamentos disponíveis nos Laboratórios de Química de Ensino da Área da Saúde / UNESC em Criciúma, SC. Os experimentos foram realizados nos meses de setembro e outubro de 2016.

#### 3.1.1 Malte tipo Pilsen

O malte usado para a produção dos mostos foi do tipo Pilsen 6 fileiras, o qual gera cor de mosto 3 a 4 EBC numa proporção de 1:3 a 1:4 de malte e água respectivamente.

O malte foi finamente moído em moinho de rolos com abertura de 1,0 ~1,5 mm, marca Malte Joe, modelo 2 rolos e posteriormente armazenado em potes fechados guardados congelados para o uso durante os experimentos. Na figura 4 observa-se o malte moído.

Determinou-se o teor de umidade do malte, segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), em estufa a  $(105 \pm 1)^\circ\text{C}$  marca Quimis e modelo Q317B253, até peso constante.

Figura 4 - Malte pilsen moído



Fonte: Autora (2016)

### 3.1.2 Pão francês

O pão francês utilizado na preparação do mosto foi adquirido em padaria da região. O mesmo foi cortado em fatias, disposto em bandejas de alumínio forradas com papel manteiga e seco em estufa a  $(105 \pm 1)^\circ\text{C}$  marca Quimis e modelo Q317B253 até peso constante. Em paralelo determinou-se o teor umidade segundo Instituto Adolfo Lutz (2008). As figuras 5 e 6 mostram o pão fatiado nas bandejas e na estufa, respectivamente.

Figura 5 - Pão francês em bandejas



Fonte: Autora (2016)

Figura 6 - Pão francês secando na estufa



Fonte: Autora (2016)

Após secagem, o pão foi triturado em liquidificador marca Philips, modelo RI 2035, e peneirado em malha tamis ABNT 16, MESH 14.

A farinha obtida foi acondicionada em potes e guardada sob refrigeração para uso posterior.

### 3.1.3 Formulação dos mostos

Os mostos foram preparados baseados na norma EBC 4.5.1.

Todos os mostos foram produzidos em triplicatas.

A massa de malte e adjunto da formulação corresponde a 50g.

A tabela 4 corresponde às formulações dos mostos produzidos para a realização das análises.

Tabela 4 – Formulação de mosto cervejeiro

	MOSTO CERVEJEIRO			
	A (0% de pão)	B (2,5% de pão)	C (10% de pão)	D (40% de pão)
Malte (g)	50	48,75	45	30
Pão (g)	0	1,25	5	20

Fonte: Autora (2016)

## 3.2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

### 3.2.1 Preparação do mosto cervejeiro

O mosto produzido foi avaliado quanto aos atributos descritos na norma EBC 4.5.1 que trata de procedimentos para determinação do potencial de malte para a produção de mosto por um programa de brassagem padrão. É utilizado para a determinação da sacarificação, odor, pH do mosto, cor, viscosidade do mosto e teor de nitrogênio solúvel.

Aqueceu-se 200 mL de água a 45°C em banho-maria marca Marconi, modelo MA127, onde se adicionou o malte e o pão para as amostras com pão francês em sua composição, sob agitação em agitador de bancada marca Quimis e modelo Q235-1 por 30 minutos. Aumentou-se a temperatura do mosto

gradativamente, a uma razão de 1°C por minuto até atingir 25 minutos. Ao final dos 25 minutos, a temperatura do mosto era de 70°C. Logo após, acrescentou-se mais 100 mL de água a 70°C sob agitação e contou-se 10 minutos para realização do teste de iodo. O teste serve como indicador de sacarificação do amido. O amido é formado pela combinação de amilose, que forma um complexo azul com o iodo, e amilopectina, que forma um complexo vermelho, ao aplicar uma gota do mosto sob a solução de iodo deverá surgir uma coloração avermelhada, indicando que o amido inicialmente presente no mosto foi sacarificado (BOBBIO, 2003). A figura 7 representa a sacarificação do amido pelas enzimas  $\alpha$ -amilase e  $\beta$ -amilase e a mudança de coloração na aplicação do teste de iodo.

Tabela 7 – Representação da sacarificação do amido e aplicação do teste de iodo

Enzyme	Degradation products	Number of glucose residues	with iodine tincture	solubility	fermentability
$\alpha$ 72 °C	ungelatinised starch		blue coloration	insoluble	not fermentable
	gelatinised starch				
$\beta$ 62 °C	higher dextrins	40 - <100	violet to red blue	insoluble	not fermentable
	erythro-dextrins	~ 11- 40			
	limit dextrins	4 - 10	no coloration	soluble	fermentable
	maltotriose	3	no coloration		
	maltose	2	no coloration		
	mlucose	1	no coloration		

Fonte: Kunze (2014)

Após o teste, o mosto foi mantido a 70°C e sob agitação por 1 hora. A figura 8 mostra o mosto sob agitação em banho-maria.

Figura 8 - Brassagem do mosto

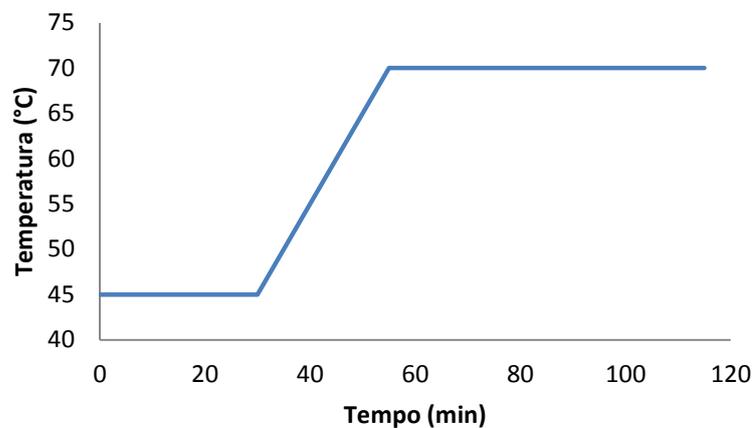


Fonte: Autora (2016)

Decorrido o tempo de 1h o mosto foi resfriado a temperatura ambiente em banho de gelo.

Transferiu-se o mosto para outro b quer e lavou-se o mesmo com água até atingir massa de  $450,0 \pm 0,2$  g em balança semi-analítica marca Gehaka e modelo BG2000. O mosto foi deixado em repouso por 1h para sedimenta o das partículas suspensas e filtrado a pressão reduzida. O gráfico 1 mostra a rampa de brassagem segundo norma EBC 4.5.1.

Gráfico 1 – Rampa de brassagem norma EBC 4.5.1



Fonte: Autora (2016)

### 3.2.2 Cor do mosto por espectrofotometria

O mosto obtido foi avaliado baseando-se na metodologia descrita na norma EBC 4.7.1. Segundo a norma, o método pode ser aplicado a todos os mostos claros produzidos durante a análise do malte. O método foi testado ao longo de uma gama de cores de 3,6 para 25,3 unidades EBC.

O espectrofot metro marca Femto e modelo 700 foi ajustado para um comprimento de onda de 430 nm.

Calculou-se a cor da amostra com a equa o (1).

$$C = 25 \cdot A_{430} \cdot F$$

Equa o (1)

Onde:

C = cor em unidades EBC

$A_{430}$  = absorvância a 430nm

F = fator de diluição

### 3.2.3 Massa específica do mosto

A massa específica dos mostos foi determinada conforme descrito na norma EBC 8.2.1. Segundo a norma, massa específica do mosto é determinada a 20°C por pesagem de um volume fixo em um picnômetro tipo Gay-Lussac.

Foram utilizados picnômetro Gay-Lussac de 25 mL e balança analítica marca Gehaka e modelo AG200, com o auxílio da equação (2).

$$SG = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

SG = massa específica [g]

$W_1$  = massa do picnômetro vazio [g]

$W_2$  = massa do picnômetro com água a 20°C [g]

$W_3$  = massa do picnômetro com o mosto a 20°C [g]

### 3.2.4 Determinação da Umidade em base úmida do pão e do malte

Secagem direta a 105°C segundo Instituto Adolfo Lutz (2008).

As cápsulas de porcelana previamente secas contendo as amostras foram pesadas em balança analítica Gehaka e modelo AG200. Secaram-se as amostras por 3 horas mais o tempo até atingirem peso constante. O teor de umidade foi obtido com a utilização da equação (3).

$$umidade(\%) = \frac{100 \cdot N}{P} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

N = massa evaporada [g]

P = massa da amostra [g]

### 3.2.5 Determinação de proteína do mosto

De acordo com o método de Kjeldahl modificado, Instituto Adolfo Lutz (2008).

As amostras foram digeridas em digestor marca Tecnal modelo TE10018-04 e destiladas em destilador de nitrogênio marca Tecnal e modelo TE036/1, para posterior titulação e obtenção do teor de proteína através da equação (4). A figura 9 mostra o destilador de nitrogênio.

$$\text{protídios (\%)} = \frac{V \cdot 0,14 \cdot 5,83}{P}$$

Equação (4)

Onde:

V= volume de ácido gasto na titulação [mL]

P = massa da amostra [g]

5,83 = fator de conversão para cevada e farinha de trigo

Figura 9 – Destilador de Nitrogênio



Fonte: Autora (2016)

### 3.2.6 Açúcares redutores

Foi determinado segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), os glicídios redutores em glicose pelo método de Fehling.

As amostras foram tituladas sob aquecimento até total desaparecimento da coloração azul. A porcentagem de açúcares redutores foi obtida pela equação (5).

$$AR(\%) = \frac{100 \cdot A \cdot a}{P \cdot V} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

AR = teor de açúcar redutor [%]

A = volume da solução padrão [mL]

a = massa de glicose correspondente a 10 mL das soluções Fehling [g]

P = massa da amostra [g]

V = volume gasto na titulação [mL]

### 3.2.7 Açúcares não-redutores

Os glicídios não redutores em sacarose forma determinados segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), pelo método de Fehling.

As amostras foram tituladas sob aquecimento até total desaparecimento da coloração azul. A porcentagem de açúcares não redutores foi obtida pela equação (6).

$$AN(\%) = \left[ \frac{100 \cdot A \cdot a}{P \cdot V} - B \right] \cdot 0,95 \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

AN = teor de açúcar não redutor [%]

A = volume da solução padrão [mL]

a = massa de glicose correspondente a 10 mL das soluções Fehling [g]

P = massa da amostra [g]

V = volume gasto na titulação [mL]

B = massa em por cento obtidos em glicídios redutores em glicose

### 3.2.8 Determinação de pH do mosto cervejeiro

Determinado por método eletrométrico com pHmetro marca Quimis, modelo Q 400AS, previamente calibrado.

### 3.2.9 Determinação de viscosidade

A viscosidade foi determinada em copo Ford nº 4 e transformada em viscosidade cinemática segundo equação (7).

$$V_{c4} = 3,85 \cdot t - 17,28 \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

$V_{c4}$  = viscosidade cinemática [ $\text{mm}^2/\text{s}$ ]

t = tempo de escoamento [s]

### 3.2.10 Determinação dos sólidos solúveis

Os sólidos solúveis do mosto foi determinado por refratômetro marca Quimis, modelo Q109D2.

### 3.2.11 Extrato do malte

Baseado nas Normas EBC 4.5.1 e 8.3: o extrato do malte foi determinado pelas equações (8) e (9) e pelo polinômio de segundo grau conforme equação (10).

$$E_1(\%) = \frac{P(M + 800)}{100 - P} \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

$E_1$  = teor de extrato da amostra [%]

P = teor de extrato no mosto em [° Plato]

M = teor de umidade do malte em [%]

800 = quantidade de água adicionada ao mosto para 100g de malte

$$E_2(\%) = \frac{E_1 \cdot 100}{100 - M} \quad \text{Equação (9)}$$

Onde:

$E_2$  = teor de extrato de malte seco [%]

$M$  = teor de umidade do malte em [%]

$$P(\%) = -460,234 + 662,649 \cdot (SG) - 202,414 \cdot (SG)^2 \quad \text{Equação (10)}$$

Onde:

$P$  = teor de extrato no mosto em [% Plato]

$SG$  = massa específica do mosto

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os mostos produzidos durante os experimentos apresentaram um tempo de sacarificação de 10 minutos. As análises foram realizadas em triplicata para cada concentração de adição de pão. Seus desvios médios foram obtidos utilizando o software Microsoft Office Excel 2007. Nas Tabelas 5 e 6 verifica-se os resultados obtidos. Os resultados para pH, cor e viscosidade estão apresentados com seus respectivos erros de escala.

Tabela 5 – Cor, massa específica, pH e viscosidade das amostras

(continua)

AMOSTRA	COR [EBC]	MASSA ESPECÍFICA [g/mL]	pH	Viscosidade cinemática [mm <sup>2</sup> /s]
A1	(4,53 ± 0,01)	(1,0287 ± 0,0002)	(5,87 ± 0,01)	(19,24 ± 0,01)
A2	(5,95 ± 0,01)	(1,0306 ± 0,0002)	(5,88 ± 0,01)	(19,41 ± 0,01)
A3	(7,13 ± 0,01)	(1,0314 ± 0,0001)	(5,98 ± 0,01)	(19,77 ± 0,01)
B1	(7,00 ± 0,01)	(1,0308 ± 0,0002)	(5,91 ± 0,01)	(19,74 ± 0,01)
B2	(7,15 ± 0,01)	(1,0328 ± 0,0013)	(5,80 ± 0,01)	(18,95 ± 0,01)
B3	(5,08 ± 0,01)	(1,0360 ± 0,0002)	(5,67 ± 0,01)	(18,88 ± 0,01)
C1	(6,46 ± 0,01)	(1,0296 ± 0,0001)	(5,86 ± 0,01)	(19,62 ± 0,01)

(conclusão)

AMOSTRA	COR [EBC]	MASSA ESPECÍFICA [g/mL]	pH	Viscosidade cinemática [mm <sup>2</sup> /s]
C2	(5,53 ± 0,01)	(1,0344 ± 0,0002)	(5,88 ± 0,01)	(18,91 ± 0,01)
C3	(4,53 ± 0,01)	(1,0336 ± 0,0009)	(5,84 ± 0,01)	(18,92 ± 0,01)
D1	(3,71 ± 0,01)	(1,0300 ± 0,0023)	(5,76 ± 0,01)	(19,73 ± 0,01)
D2	(3,38 ± 0,01)	(1,0319 ± 0,0017)	(5,73 ± 0,01)	(19,85 ± 0,01)
D3	(4,15 ± 0,01)	(1,0299 ± 0,0015)	(5,71 ± 0,01)	(19,30 ± 0,01)

Fonte: Autora (2016)

Tabela 6 – Proteína, açúcar redutor, não redutor, sólidos solúveis iniciais e finais

Mostos	Proteína [%]	Açúcar redutor [%]	Açúcar não redutor [%]	Sólidos solúveis iniciais [°BRIX]	Sólidos solúveis finais [°BRIX]
A1	(0,43 ± 0,05)	(2,90 ± 0,04)	(1,18 ± 0,05)	(3,9 ± 0,1)	(7,8 ± 0,1)
A2	(0,43 ± 0,02)	(2,87 ± 0,01)	(1,14 ± 0,06)	(4,1 ± 0,1)	(8,1 ± 0,1)
A3	(0,42 ± 0,02)	(3,06 ± 0,01)	(0,75 ± 0,01)	(3,6 ± 0,1)	(8,4 ± 0,1)
B1	(0,46 ± 0,03)	(2,95 ± 0,01)	(0,69 ± 0,01)	(4,4 ± 0,1)	(8,4 ± 0,1)
B2	(0,47 ± 0,02)	(3,11 ± 0,01)	(1,38 ± 0,04)	(5,9 ± 0,1)	(7,9 ± 0,1)
B3	(0,47 ± 0,02)	(3,22 ± 0,01)	(1,42 ± 0,01)	(5,5 ± 0,1)	(8,4 ± 0,1)
C1	(0,43 ± 0,03)	(3,10 ± 0,01)	(0,36 ± 0,03)	(5,7 ± 0,1)	(8,6 ± 0,1)
C2	(0,49 ± 0,02)	(3,05 ± 0,01)	(0,88 ± 0,01)	(6,6 ± 0,1)	(8,1 ± 0,1)
C3	(0,48 ± 0,02)	(3,00 ± 0,03)	(1,20 ± 0,05)	(8,5 ± 0,1)	(8,0 ± 0,1)
D1	(0,37 ± 0,01)	(2,89 ± 0,01)	(0,39 ± 0,01)	(8,5 ± 0,1)	(8,2 ± 0,1)
D2	(0,40 ± 0,01)	(2,90 ± 0,01)	(0,91 ± 0,01)	(9,1 ± 0,1)	(7,8 ± 0,1)
D3	(0,58 ± 0,03)	(2,90 ± 0,05)	(0,68 ± 0,05)	(10,3 ± 0,1)	(7,7 ± 0,1)

Fonte: Autora (2016)

Na tabela 7 observa-se o teor de umidade para o malte e o pão. O teor de umidade sugerido por Venturini Filho, (1995 apud AQUARONE, 2001) para o malte é de 5,52%, o qual difere do resultado obtido no experimento. Isso pode ser justificado devido ao fato da umidade ter sido determinada 24h após a moagem, mesmo o malte tendo sido acondicionado em embalagem fechada, à possibilidade de o mesmo ter sido exposto à umidade do ar não pode ser descartada.

Segundo Ferreira, Oliveira, Preto, (2001); Oliveira, Piroze, Borges, (2007); Borges et al.,(2011) a umidade comumente observada no pão francês situa-se em torno de 30%, valor próximo do obtido no estudo.

Tabela 7 – Teor de umidade em base úmida do malte e do pão francês

	Teor de umidade (%)
Malte	(6,28 ± 0,10)
Pão francês	(28,28 ± 0,73)

Fonte: Autora (2016)

A análise estatística foi determinada pelo Teste t realizado com o software Microsoft Office Excel 2007 e cada mosto foi comparado ao mosto padrão.

Observa-se na tabela 8, uma variação nas cores dos mostos em uma ampla faixa, embora a diferença não seja significativa estatisticamente. A verificação das cores foi uma adaptação da Norma EBC 4.7.1, pois não se obteve mostos translúcidos como exige a mesma, devido à ineficiência da filtração.

Tabela 8 – Cor

MOSTO	COR DO MOSTO (EBC)		
	1	2	3
A (Padrão)	4,53	5,95	7,13
B	7,15 <sup>a</sup>	7,00 <sup>a</sup>	5,08 <sup>a</sup>
C	6,46 <sup>a</sup>	5,53 <sup>a</sup>	4,53 <sup>a</sup>
D	3,71 <sup>a</sup>	3,38 <sup>a</sup>	4,15 <sup>a</sup>

Fonte: Autora (2016)

Notas: Médias seguidas pela letra “a” não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. Médias seguidas pela letra “b” diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

Na tabela 9, nota-se que os valores de massa específica ficaram próximos e não há diferença significativa, o que sugere que a adição de pão francês não interfere nos resultados.

Tabela 9 – Massa específica [g/mL]

MASSA ESPECÍFICA [g/mL]			
MOSTO	1	2	3
A (Padrão)	1,0287	1,0306	1,0314
B	1,0308 <sup>a</sup>	1,0328 <sup>a</sup>	1,0360 <sup>a</sup>
C	1,0296 <sup>a</sup>	1,0344 <sup>a</sup>	1,0336 <sup>a</sup>
D	1,0300 <sup>a</sup>	1,0319 <sup>a</sup>	1,0299 <sup>a</sup>

Fonte: Autora (2016)

Notas: Médias seguidas pela letra “a” não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. Médias seguidas pela letra “b” diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

O teor de proteína, mostrado na tabela 10 apresenta resultados próximo para o mosto puro malte em relação com os mostos com pão em sua formulação. Em comparação com resultados encontrados para mostos com hidrolisado de milho e hidrolisado de mandioca como adjunto de malte onde se obteve 0,40% e 0,42% de proteína respectivamente (VENTURINI FILHO, 1998) e os resultados apresentados por Meilgaard (1977 apud VENTURINI FILHO, 1998) com teor para proteína no mosto de 0,36 – 0,60%, nota-se que os resultados condizem com o esperado e que o pão francês não interfere no teor de proteína dos mostos.

Tabela 10 – Teor de proteína

PROTEÍNA (%)			
MOSTO	1	2	3
A (Padrão)	0,43	0,43	0,42
B	0,46 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>
C	0,43 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,48 <sup>a</sup>
D	0,40 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>

Fonte: Autora (2016)

Notas: Médias seguidas pela letra “a” não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. Médias seguidas pela letra “b” diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

Nas tabelas 11 e 12 mostram valores de açúcares redutores e não redutores respectivamente, as amostras B, C, D feitas com malte+pão comparadas ao mosto padrão não apresentaram diferenças significativas em seus resultados, isso demonstra que o pão pode ser utilizado com adjunto de malte sem relevância quanto à possibilidade de diminuir ou aumentar o corpo da cerveja, pois, segundo Aquarone et al (2001) o adjunto deve produzir açúcares fermentáveis e dextrinas

não fermentáveis, em proporções semelhantes às que se obtêm em um mosto feito exclusivamente com malte.

Cereda, Soares e Roça (1989), obtiveram teores de 3,92 e 1,10% de açúcares redutores e não redutores respectivamente para mosto puro malte tipo pilsen.

Tabela 11 – Teor de açúcar redutor

MOSTO	AÇÚCAR REDUTOR (%)		
	1	2	3
A (Padrão)	2,90	2,87	3,06
B	2,95 <sup>a</sup>	3,11 <sup>a</sup>	3,22 <sup>a</sup>
C	3,10 <sup>a</sup>	3,05 <sup>a</sup>	3,00 <sup>a</sup>
D	2,89 <sup>a</sup>	2,90 <sup>a</sup>	2,90 <sup>a</sup>

Fonte: Autora (2016)

Notas: Médias seguidas pela letra “a” não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. Médias seguidas pela letra “b” diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

Tabela 12 - Teor de açúcar não redutor

MOSTO	AÇÚCAR NÃO REDUTOR (%)		
	1	2	3
A (Padrão)	1,18	1,14	0,75
B	0,69 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>
C	0,36 <sup>a</sup>	0,88 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>
D	0,39 <sup>a</sup>	0,91 <sup>a</sup>	0,68 <sup>a</sup>

Fonte: Autora (2016)

Notas: Médias seguidas pela letra “a” não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. Médias seguidas pela letra “b” diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

Na tabela 13 verifica-se que não houve diferença significativa entre as viscosidades dos mostos preparados com adição de pão e o mosto puro malte. Esse fato, sugere que as formulações com pão não acarretaram em maiores dificuldades de filtração além daquela prevista para o mosto formulado com apenas malte, e ainda se comparadas com mostos que utilizam trigo como adjunto. Segundo Bamforth (2006) altos teores de trigo podem trazer um aumento da viscosidade do mosto.

Tabela 13 – Viscosidade cinemática nos mostos

VISCOSIDADE (mm <sup>2</sup> /s)			
MOSTO	1	2	3
A (Padrão)	19,24	19,41	19,77
B	19,74 <sup>a</sup>	18,95 <sup>a</sup>	18,88 <sup>a</sup>
C	19,62 <sup>a</sup>	18,91 <sup>a</sup>	18,92 <sup>a</sup>
D	19,73 <sup>a</sup>	19,85 <sup>a</sup>	19,30 <sup>a</sup>

Fonte: Autora (2016)

Notas: Médias seguidas pela letra “a” não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. Médias seguidas pela letra “b” diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

O extrato de malte seco apresentado na tabela 14, não teve diferença significativa entre os mostos com adjunto e o puro malte.

Tabela 14 – Extrato de malte seco

EXTRATO DE MALTE SECO (%)			
MOSTO	1	2	3
A (Padrão)	67,1	71,8	73,8
B	72,3 <sup>a</sup>	77,3 <sup>a</sup>	85,3 <sup>a</sup>
C	69,3 <sup>a</sup>	81,3 <sup>a</sup>	79,3 <sup>a</sup>
D	70,3 <sup>a</sup>	75,0 <sup>a</sup>	70,0 <sup>a</sup>

Fonte: Autora (2016)

Notas: Médias seguidas pela letra “a” não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. Médias seguidas pela letra “b” diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

Nas tabelas 15 e 16 verificam-se os valores para sólidos solúveis iniciais e finais para cada mosto. O mosto B em relação ao A nota-se que não há diferença significativa em seus resultados para os sólidos solúveis iniciais, porém existem diferenças significativas dos mostos C e D em relação ao mosto padrão, o que sugere que uma maior quantidade de pão na formulação eleva os teores iniciais de açúcares, já que o pão vem como uma certa quantidade do amido convertido em açúcar. Segundo Cauvain (2009) durante o assamento do pão há formação de dextrinas responsáveis pelo escurecimento da casca, devido à alfa amilase adicionada a farinha.

No entanto, essa diferença passa a ser não significativa para os valores de sólidos solúveis finais.

Tabela 15 – Sólidos solúveis iniciais

Sólidos solúveis iniciais (°BRIX)			
MOSTO	1	2	3
A (Padrão)	3,9	4,1	3,6
B	4,4 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>
C	5,7 <sup>b</sup>	6,6 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>
D	8,5 <sup>b</sup>	9,1 <sup>b</sup>	10,3 <sup>b</sup>

Fonte: Autora (2016)

Notas: Médias seguidas pela letra “a” não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. Médias seguidas pela letra “b” diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

Tabela 16 - Sólidos solúveis finais

Sólidos solúveis finais (°BRIX)			
MOSTO	1	2	3
A (Padrão)	7,8	8,1	8,4
B	8,4 <sup>a</sup>	7,9 <sup>a</sup>	8,4 <sup>a</sup>
C	8,6 <sup>a</sup>	8,1 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
D	8,2 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	7,7 <sup>a</sup>

Fonte: Autora (2016)

Notas: Médias seguidas pela letra “a” não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. Médias seguidas pela letra “b” diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

Na tabela 17, observa-se que os valores de pH não apresentaram diferenças significativas. Segundo Cauvain (2009), a faixa de pH mais favorável para fermentação é de 4,5 a 6.

Tabela 17 - pH

pH			
MOSTO	1	2	3
A (Padrão)	5,87	5,88	5,98
B	5,91 <sup>a</sup>	5,80 <sup>a</sup>	5,67 <sup>a</sup>
C	5,86 <sup>a</sup>	5,88 <sup>a</sup>	5,84 <sup>a</sup>
D	5,76 <sup>a</sup>	5,73 <sup>a</sup>	5,71 <sup>a</sup>

Fonte: Autora (2016)

Notas: Médias seguidas pela letra “a” não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. Médias seguidas pela letra “b” diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

## 5 CONCLUSÃO

Os valores obtidos nos experimentos para as cores dos mostos cervejeiros transitaram por uma faixa de cores de 3,71 a 7,15 EBC, gerando um resultado não significativo pela aplicação do teste t para um nível de segurança de 95%.

Os resultados para o teor de proteína ficaram dentro do esperado segundo literatura consultada, assim como os valores obtidos para pH.

Os teores de açúcares redutores e não redutores apresentaram proximidade com valores descritos em literatura.

Conforme os dados estatísticos obtidos, pode-se concluir que os resultados não apresentaram diferenças significativas, o que sugere que não há alterações físico-químicas dos mostos com adição de pão francês em relação ao mosto puro malte. Isso demonstra que o pão francês pode ser utilizado como adjunto de malte para produção de mosto cervejeiro, o que o torna uma opção econômica e diferenciada para futuras produções de cervejas.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base no trabalho desenvolvido, algumas vertentes de trabalhos futuros podem ser identificadas:

- Avaliar economicamente diferentes frações da composição de mosto cervejeiro produzidos com pão e malte;
- Avaliar a degradação enzimática do amido proveniente da fração de pão e da fração do malte pela  $\alpha$ -amilase e  $\beta$ -amilase durante a sacarificação dos mostos cervejeiros;
- Avaliar a reação de sacarificação através de balanço de massa e a cinética enzimática apresentada com diferentes frações de pão e malte na formulação de mosto cervejeiro em suas diferentes combinações;
- Elaboração de painel sensorial para identificação qualitativa da cerveja elaborada com substituições do malte por diferentes alíquotas de pão.

## REFERÊNCIAS

AQUARONE, Eugênio; BORZANI, Walter; SCHMIDELL, Willibaldo; LIMA, Urgel de Almeida. **Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2001. 523p. 4V.

BAMFORTH, C. **Brewing: new technologies**. Woodhead Publishing, 2006.

BOBBIO, O. Florinda.; BOBBIO, A. Paulo. **Introdução à Química de Alimentos**. 3. ed. São Paulo, SP: Varela LTDA, 2003. 238p.

BORGES, J. T. da S.; PIROZI, M. R.; PAULA, C. D.; RAMOS, D. L.; CHAVES, J. B. P. **Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça**. Boletim CEPPA, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 83-96, 2001.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de Boas Práticas Nutricionais: Pão Francês**. Brasília - DF. 2012.

CAUVAIN, Stanley P; YOUNG, Linda S. **Tecnologia da Panificação**. 2.ed. Barueri, SP: Manole, 2009. 418p.

CEREDA, M. P.; SOARES, S. E.; ROÇA, R. de O. **Caracterização físico-química e sensoriais de cervejas fabricadas com fécula de mandioca como complemento de malte**. Boletim CEPPA, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 91-103, 1989.

EBC. **Colour of Malt: Spectrophotometric Method (RM)**. Disponível em:<<http://www.analytica-ebc.com/index.php?mod=contest&method=298#>>. Acesso em 17 ago. 2016.

EBC. **Extract of Malt: Congress Mash**. Disponível em:<<http://www.analytica-ebc.com/index.php?mod=contest&method=297>>. Acesso em 09 ago. 2016.

EBC. **Extract of Wort**. Disponível em:<<http://www.analytica-ebc.com/index.php?mod=contest&method=172>>. Acesso em 17 ago. 2016.

EBC. **Specific Gravity of Wort Using a Pyknometer**. Disponível em:<<http://www.analytica-ebc.com/index.php?mod=contest&method=300>>. Acesso em 09 ago. 2016.

FERREIRA, S. M. R.; OLIVEIRA, P. V.; PRETTO, D. **Parâmetros de qualidade do pão francês**. Boletim do CEPPA, Curitiba, v. 19, n. 2 p. 301-308, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-químicos Para Análise de Alimentos**. 4.ed, Instituto Adolfo Lutz. São Paulo. 2008. 1020p.

KUNZE, Wolfgang. **Technology Brewing e Malting**. 5.ed. English. Berlin: VLB, 2014. 960p.

LIMA, Urgel de Almeida; AQUARONE, Eugênio; BORZANI, Walter; SCHMIDELL, Willibaldo. **Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos**. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2001. 593p. 3V.

MORADO, Ronaldo. **Larousse da Cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009. 357p.

OLIVEIRA, T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T.S. **Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça**. Alimentos e Nutrição, Araraquara, v. 18, n. 2, p. 141-150, 2007.

QUAGLIA, G. **Ciencia y Tecnología de La Panificación**. Editora Acribia, S.A. Zaragoza. 1991. 485p.

VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. Editora Blucher, 2010. 461p.

VENTURINI FILHO, Waldemar G.; CEREDA, Marney P. **Hidrolizado de fécula de mandioca como adjunto de malte na fabricação de cerveja: avaliação química e sensorial**. Ciências e Tecnologia dos Alimentos. Campinas, 1998. V.18. n. 2.