

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Glauber Linhares de C. M. Freitas**

**FMEA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE  
CERVEJA CASEIRA**

**Taubaté - SP**  
**2019**

**Glauber Linhares de C. M. Freitas**

**FMEA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE  
CERVEJA CASEIRA**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do Certificado de Graduação do  
curso de Eng. De Produção Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica  
da Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof. Me. Ivair Alves dos  
Santos

Coorientador(a): Prof. Me. Fábio Santejani

**Taubaté – SP  
2019**

**SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

F866f Freitas, Glauber Linhares de Castro Moreira  
FMEA no Processo de Fabricação de Cerveja Caseira / Glauber Linhares  
de Castro Moreira Freitas. -- 2019.  
34 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de  
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.

Orientação: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos, Departamento de  
Engenharia Mecânica

Coorientação: Prof. Me. Fábio Santejani, Departamento de Engenharia  
Mecânica

1. Cerveja Artesanal. 2. FMEA. 3. Falhas. 4. Off Flavor. I. Título.  
II. Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

CDD – 658.562

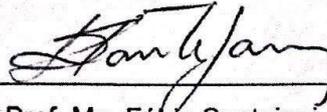
Ficha catalográfica elaborada por **Shirlei Righeti – CRB-8/6995**

**Glauber Linhares de C. M. Freitas**

**FMEA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA CASEIRA**

**ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUADO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO"**

**APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



Prof. Me. Fábio Santejani

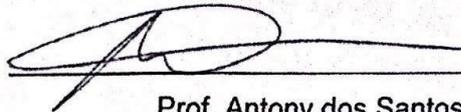
Coordenador de Trabalho de Graduação

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Me. Ivair Alves dos Santos

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Antony dos Santos

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

12/06/2019

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Telma Linhares e Dimas Freitas, a minha noiva Paula Rocha, ao meu filho Guilherme Freitas e meu enteado Cauê Rocha.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pelas oportunidades concedidas e por todo caminho que me ajudou a trilhar. Agradeço pela minha família e meus amigos.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu um excelente ambiente educacional com profissionais qualificados

Ao meu orientador, *Prof. Me. Ivair Alves dos Santos* por todo o incentivo e motivação na orientação deste trabalho.

Aos meus pais Dimas e Telma, que sempre estiveram do meu lado, me apoiando e incentivando meus estudos.

“A cerveja, se bebida com moderação, torna a  
pessoa mais dócil, alegra o espírito e promove a  
saúde”  
(Thomas Jefferson)

## RESUMO

O mercado cervejeiro passa por uma revolução, voltada para a produção artesanal ao invés de industrial e esse seguimento tem ganhado cada vez mais consumidores, que estão à procura de um produto diferenciado e com qualidade. Devido a essa procura, cada vez mais pessoas estão se especializando na produção de cerveja artesanal, aumentando cada vez mais a concorrência entre esses pequenos produtores. O presente trabalho, pretende mostrar que é essencial ter um controle de qualidade rigoroso dentro desse processo de produção artesanal, que apesar de ser feito em pequena escala, uma falha pode causar a perda do produto final como também a contaminação de seus consumidores. O trabalho tem por objetivo propor o uso da ferramenta de qualidade FMEA, no processo de fabricação de cerveja artesanal, afim de identificar os possíveis pontos de falha, trata-los e controla-los para que não ocorram mais durante a fabricação da cerveja, evitando assim a perda do produto, contaminação do mesmo e de seus consumidores. A metodologia escolhida para a realização dos procedimentos foi o FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*), utilizado durante a fabricação da cerveja. Depois da aplicação do FMEA, foi possível encontrar resultados que mostraram a importância de um controle mais rigoroso no processo de fabricação da cerveja mesmo sendo artesanal, evitando assim o aumento nos custos de fabricação e até mesmo a perda do produto e ferramentas.

**Palavras-chave:** Cerveja artesanal. FMEA. Falhas. *Off flavor*.

## **ABSTRACT**

The brewing market is going through a revolution focused on artisanal rather than industrial production and this trend has been gaining more and more consumers who are looking for a differentiated and quality product. Due to this demand more and more people are specializing in the production of craft beer, increasing more and more competition between these small producers. However, this work intends to show that it is essential to have a strict quality control within this process of small-scale production that, despite being done on a small scale, a failure can cause the loss of the final product as well as the contamination of its consumers. The objective of this work is to propose the use of the FMEA quality tool in the artisan brewing process, in order to identify possible points of failure, treat them and control them so that they do not occur during the manufacture of beer. beer, thus avoiding the loss of the product, contamination of the product and its consumers. The methodology chosen for the accomplishment of the procedures was FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), which was the procedure used during the brewing. After the application of the FMEA, it was possible to find results that showed the importance of a more rigorous control in the brewing process even being handmade, thus avoiding the increase in manufacturing costs and even the loss of the product and tools.

**Keywords:** Handmade beer. FMEA. Flaws. Off flavor.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Seleção e moagem do malte.....	25
Figura 2 – Adição do malte e teste do iodo.....	26
Figura 3 – Método de filtração por circulação.....	27
Figura 4 – Transporte e lavagem do mosto.....	27
Figura 5 – Adição do lúpulo.....	28
Figura 6 – Resfriamento do mosto.....	29
Figura 7 – Adição da levedura.....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – FMEA 1° Parte .....	31
--------------------------------	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
NPR	Número de Prioridade de Risco

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1 OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	15
1.1.2 Objetivos Específicos .....	16
1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO .....	16
1.3 RELEVANCIA DO ESTUDO .....	16
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS METODOS DE ESTUDO .....	22
3.2 DE ACORDO COM O ABORDAMENTO .....	22
3.3 De acordo com o propósito.....	23
3.4 De acordo com análises tecnológicas .....	23
<b>4 DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>24</b>
4.1 Modo de preparo.....	24
4.2 Aplicação do FMEA.....	31
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>33</b>
Referências.....	34

## 1 INTRODUÇÃO

A cerveja apesar de ser uma bebida muito antiga, que teve o seu início por volta de 8000 a.C. e no Brasil ter se iniciado esse costume de beber cerveja no início do século XIX, nunca se tornou uma bebida obsoleta pelo contrário, tem sempre trazido novos adeptos, sejam eles consumidores ou fabricantes.

Por muito tempo esse mercado tem sido disputado por grandes empresas, mas com o passar dos anos as pequenas cervejarias vêm ganhando muito espaço no mercado, sendo elas voltadas para o comércio ou apenas como hobby.

O processo de fabricação da cerveja, como em qualquer outro processo do ramo alimentício, exige muito cuidado quando o assunto é contaminação, que nesse caso pode não só estragar o produto como fazer mal aos seus consumidores, e também tirar as características do determinado tipo de cerveja que esteja sendo produzido.

No universo cervejeiro esses defeitos são chamados de “Off Flavors” que podem ser até desejáveis dependendo o estilo de cerveja que está sendo produzida ou indesejáveis que acabam estragando de vez o produto final ou tirando totalmente as características desejáveis para o determinado estilo.

O objetivo do presente projeto é introduzir a ferramenta da qualidade, FMEA nas etapas do processo de fabricação da cerveja artesanal evitando com que os chamados *Off Flavors* indesejados aconteçam, sejam eles por meio de contaminação, uso de ingredientes incorretos ou de forma errada e descumprimento das etapas estabelecidas, dessa forma será possível identificar as falhas e as corrigi-las.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um estudo de caso utilizando a ferramenta FMEA na gestão e estratificação das diferentes falhas que podem

ocorrer durante o processo de fabricação da cerveja artesanal, afim de reduzir essas causas que acabam impactando no custo do produto e no seu resultado final.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo específico deste trabalho, consiste em aplicar a metodologia FMEA aos processos de uma micro cervejaria artesanal, comprovando como esta abordagem pode ser extremamente eficaz para possibilitar vantagem competitiva ao cervejeiro que a executa.

### 1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo de caso foi desenvolvido em uma micro cervejaria em Tremembé, no Vale do Paraíba.

Após diversas brassagens, foram feitas algumas reuniões ondem decidiram que a implementação de uma ferramenta da qualidade utilizada em diversos processos industriais poderia ajudar na qualidade do produto final e também na redução de gastos para a correção de falhas na cerveja.

### 1.3 RELEVANCIA DO ESTUDO

O tema abordado neste trabalho tem como princípio a aplicação da metodologia FMEA para análise e solução de problemas, visando à melhoria da produtividade e custos da produção de uma cerveja artesanal. Tal metodologia foi baseada na aplicação dos conceitos de FMEA. Com a aplicação destes conceitos foi possível identificar, qualificar e quantificar os fenômenos ocorridos para a contaminação do produto final.

Este trabalho delimita-se ao estudo e aplicação da metodologia FMEA em uma micro cervejaria no Vale do Paraíba, visando aprimorar a qualidade do produto, aumentar a produtividade e reduzir os custos.

#### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em capítulos e subcapítulos.

No capítulo 1, são expostos a justificativa do estudo, o escopo do trabalho, os objetivos e a metodologia adotada.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre a ferramenta da qualidade FMEA e o mercado cervejeiro.

O capítulo 3 explica a metodologia adotada na pesquisa, apresentando como foi feita a coleta, obtenção dos dados e como foi conduzida a pesquisa.

O capítulo 4 explica todo o processo de fabricação da cerveja artesanal e como o FMEA foi implantado.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais, conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências utilizadas neste trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A ferramenta da qualidade FMEA foi muito utilizada no seguimento aeroespacial de 1960, e vindo sendo utilizada para identificar e eliminar as falhas e os erros que apresentam durante o processo, antes de que essas falhas cheguem até o produto final. Esse método ajuda no desenvolvimento para a realização das melhorias, que de certa forma previne problemas no projeto e nos processos gerais de uma organização podendo corrigi-las ou preveni-las (PALADAY, 2011; CARPINETTI, 2012).

O FMEA só é possível de se realizar em três etapas, segundo Carpineti (2012) identificar os pontos de falha que são possíveis de ocorrer, colocar a nota

dessas ocorrências, calculando assim o RPN, definir os planos de melhoria que serão realizados para sanar essas falhas e analisar se as respostas foram positivas.

O primeiro passo para utilizar o FMEA é recomendado especificar todos os pontos do projeto deixando claras as suas características, podendo assim facilitar as potenciais falhas do processo e também as suas melhorias. O planejamento envolve toda a estrutura do produto, desde as decisões de público alvo, tipos de produto, recursos e tecnologias que serão utilizados, ou seja o planejamento é um conjunto de decisões que guiam a empresa para ganhar o mercado (FOGLIATTO; DUARTE 2011).

Segundo Palady (2011) não se deve considerar todo tipo de falha, apenas as que são prioritárias.

Segundo Duarte (2011) deve-se realizar o FMEA através do preenchimento de planilhas com um padrão para facilitar a geração do estudo.

O índice que apresenta a severidade, relata o efeito potencial da falha, o índice de ocorrência mostra o quão provável essa falha possa vir a ocorrer, o índice de detecção nos indica as probabilidades de detectar essa falha antes que ela ocorra. Com esses três pontos é possível fazer o cálculo de RPN, que vai auxiliar a expor as falhas e a prioridade para que a correção seja feita de forma mais rápida e eficaz (FOGLIATTO; DUARTE, 2011).

Dentre as empresas do ramo de bebidas alcoólicas, a indústria de cerveja é a maior quando falamos de contribuição econômica ao país. Dentro desse universo cervejeiro, os estilos de cerveja devem respeitar as quatro maiores escolas cervejeiras sendo elas: alemã, belga, americana e inglesa, podendo ser rotuladas da seguinte forma: Ales, Lagers e Lambics (BJCP, 2014).

O processo de fabricação da cerveja se inicia na moagem dos grãos de malte para que sejam liberados os amidos que logo em seguida serão misturados em água quente de 64°C a 74°C. A mistura feita leva o nome de mosto, onde os amidos do malte são convertidos em açúcares simples e oligossacarídeos. O mosto é fervido e adicionado lúpulos de amargor e posteriormente aromáticos. O mosto é resfriado e é adicionado a levedura para que comece a fermentação (SUHRE, 2014).

O principal ingrediente da cerveja é a água e sua qualidade deve sempre respeitar o tipo de cerveja e suas características. O malte tem como objetivo

transformar o amido em açúcares que possam ser fermentáveis pelas leveduras. O lúpulo é responsável pelo sabor, tanto do amargor como do aroma da cerveja. Por fim a levedura é responsável, pela conversão do açúcar em álcool é o gás carbônico presente na cerveja (SUHRE, 2014).

A cerveja está a todo tempo exposta a contaminantes microbianos provenientes de diversas fontes. Dentre elas temos como exemplo as leveduras selvagens que causam diversos defeitos, como por exemplo, formação de película na superfície, turbidez, odores e sabores estranhos e fermentação atenuada. Essa contaminação também pode vir a ocorrer por conta de bactérias que também iram produzir a turbidez, acidez e diversos aromas que não seriam os desejados para o produto final (BENTO; SILVA, 2006).

O *Off Flavours* é utilizado para que possamos designar os aromas indesejáveis, que são causados por diversos fatores químicos. Com esse método é possível detectar os problemas existentes e permitir com que possa ser identificado a sua origem e os compostos responsáveis por modificar o resultado do produto (TEIXEIRA, 2016).

Segundo Teixeira (2016) esse estudo em cima dos impactos sensoriais da cerveja, permite agregar conhecimentos que possibilitaram o trabalho para diminuir a sua influencia sobre o resultado final da cerveja. Assim são estudados os fatores como: tipo de cerveja, teor de oxigênio, temperatura e o tempo em que fica armazenada (CEJKA, 2013).

O mercado da cerveja é um dos pontos que alavancam a economia em diversos pontos do Brasil, tanto nas regiões que cultivam a cevada como também nas regiões onde são localizadas as fábricas e também nos demais pontos importantes desse seguimento do mercado nacional. Esse mercado contribui com cerca de 1% no PIB do Brasil (SINDICERV).

As melhores e também as mais tradicionais cervejarias do mundo, encontram-se em locais como Burton na Inglaterra, Monique na Alemanha, Pilsen na República Tcheca ou próximos a Montanhas Rochosas nos EUA. Lugares que de certa forma são famosos devido a excelência de suas águas (PALMER, 1999).

A dureza, a alcalinidade e o PH são fatores muito importantes na água para a produção da cerveja (GOLDAMMER, 1999).

O tema dureza tem como referência a quantidade de íons de cálcio e magnésio na água. A dureza da água é balanceada em grande parte pela alcalinidade, que remete a ação de bicarbonatos. A água alcalina faz com que o PH da mistura entre água e malte seja mais do que seria normalmente (PALMER, 1999).

Assim, temos que a análise de risco tem grande importância como instrumento da qualidade. Entre os métodos que temos para tais análises, destaca-se a ferramenta FMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial, do inglês *Failure Modes and Effects Analysis*). Este método é voltado para a detecção das causas específicas de falhas, servindo de base para ação na redução da severidade e ocorrência das mesmas e melhorando os mecanismos de identificação (BERTSCHE, 2008).

Na sequência, a combinação de três índices vai nos mostrar no *Risk Priority Number* (RPN), ou Número de Prioridade de Risco (NPR), que resulta na análise quantitativa das possíveis falhas (PALADY, 2004):

A FMEA é formada por uma análise que permite identificar os modos de falha individuais de equipamentos ou componentes de um processo. Em outras palavras, é possível, através da aplicação da ferramenta, determinar através de quais maneiras tais elementos podem falhar, o que permite avaliar as causas e os efeitos de tais falhas (MATOS, 2009).

Risco, de acordo com Carvalho (1996-56), é a “probabilidade de ocorrência (ou não ocorrência) de um resultado futuro não esperado (ou esperado)”. O risco é entendido, então, como uma probabilidade de fracasso ou sucesso, de forma simplificada. Já Jorion (1997) define risco como a incerteza quanto a resultados e a volatilidade dos resultados inesperados.

O risco teve destaque operacional na industrial durante o século XX. Constitui, atualmente, fator amplamente utilizado na tomada de decisões quanto à gestão de produtos (MORAES, 2013).

O termo qualidade formou pela primeira vez como alvo de preocupação nos séculos XVIII e XIX, quando os mestres de ofícios gerenciavam as produções artesanais. Neste contexto, a inspeção informal dos produtos surgiu como ferramenta para assegurar a qualidade, tendo que a produção se dava em pequena quantidade e que todos os ajustes no processo eram manuais (GARVIN, 1988).

No Brasil, a maioria dos fundamentos da gestão da qualidade estão baseados no cumprimento às necessidades do cliente, buscando a melhoria contínua dos produtos pelo aprimoramento constante dos processos e dos indivíduos envolvidos nele (MALIK, 1996).

Aqui no Brasil, as micros cervejarias “modernas”, ou como são chamadas hoje, iniciaram na década de 80 com um movimento similar ao vindo da Inglaterra, que iniciou em 1970 (NOTHAFT, 1998 apud. KALNIN, 1999), com pequenas cervejarias se espalhando a cada parte daquele país sob a forma de pequenas indústrias ou pubs com suas próprias cervejas. Consta, porém, na história do Vale do Itajaí (SC) que na região onde hoje é Blumenau (fundada em 1850), existiam mais de 20 micros cervejarias familiares que faziam a bebida de maneira artesanal e supriam a demanda de festas locais. Esses estabelecimentos foram sumindo à medida que cervejarias como a Brahma e Antártica cresciam e tomavam conta do mercado (BLUMENAU, 2010). Ainda, a Cervejaria Canoinhense, de Canoinhas – SC, foi fundada em 1900 e funciona até hoje (HENKELS & TORKASKI, 2010).

Quando as indústrias têm crescimento da atividade na prática corrente, seja por necessidade de aumento da população ou tarifas protecionistas, diz que tem uma “resposta adaptativa”. E sempre que a economia como um todo, ou dada indústria ou algumas empresas do setor fazem qualquer coisa diferente, qualquer coisa que esteja fora do âmbito das práticas existentes, podemos falar de resposta criativa (SCHUMPETER, 1996, p. 203).

Pode-se dizer que a produção da cerveja artesanal é simples, mas seu preparo é cuidadoso e pede qualidade na seleção da matéria prima e a adição de produtos regionais que dão uma forma de aproveitamento da especificidade local-global dos territórios, isto é, a junção do componente denominado terroir (torrão), que adiciona valor aos produtos alimentares e artesanais a partir do conjunto de peculiaridades edafoclimáticas, cultura e know-how que os singularizam (KRUCKEN, 2009; SMERALDI, 2009).

A qualidade das matérias primas usadas para execução de uma cerveja são de extrema importância, pois a reação entre elas pode causar os chamados off-flavors, que significa defeitos sensorialmente perceptíveis, com isso se torna necessário uma análise crítica no sensorial (BRÄU AKADEMIE, 2016).

Para a análise visual de cor da cerveja temos duas escalas principais, SRM (Standard Reference Method) utilizado nos Estados Unidos ou EBC (European Brewery Convention) utilizada na Europa. A coloração final da cerveja se dá pela coloração inicial do malte (HOUSTON, 2013).

As cervejas do tipo Ales são muito mais antigas que as do tipo Lagers, sendo produzidas desde a antiguidade. Essa tipo é constituído de cervejas de alta fermentação, cuja graduação alcoólica é geralmente maior do que a das Lagers. Neste caso, as leveduras envolvidas são *Saccharomyces cerevisiae*. Esse tipo de fermentação tem que ser conduzido sob temperaturas de 14 a 25°C, e dá origem a um produto de cor cobre - avermelhada, de sabor forte e gosto ácido (MORADO, 2009).

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS METODOS DE ESTUDO**

Segundo Gil (1991), um estudo pode ser realizado e concluído, com estudos racional e sistemático, que tem como objetivo gerar alegações as dificuldades encontradas. Com isso dar inicio a um trabalho científico, que é um trabalho realizado em cima dos dados insatisfatórias, que será necessário estruturar e examiná-los, para resolver as dificuldades encontradas.

A pesquisa é realizada através de um procedimento com várias etapas, a começar com a elaboração do assunto a ser examinado até o comparecimento das relutâncias e finalização das ideias. (SILVA; MENEZES,2005).

#### **3.2 DE ACORDO COM O ABORDAMENTO**

Uma vez que foi determinado as dificuldades a serem analisadas, a próxima etapa deve ser um exemplo do paradigma do estudo que conduzira os decorrentes atos. Relativo a abordagem das dificuldades encontradas, este exemplo de estudo pode ser denominado como qualitativo ou quantitativo segundo Gill (1991).

Observando o estudo com como quantitativo, em qual as dificuldades podem ser apreciáveis a procura de ensaios e resultados, por meio da aplicação métodos estatísticos e ferramentas da qualidade (Silva; Menezes ,2005)

### 3.3 DE ACORDO COM O PROPÓSITO

De acordo com o propósito, os estudos podem ser denominados em Estudo Exploratória, Estudo Descritiva e Estudo explicativa (Gil, 1991).

Segundo Gill, (1991) os estudos exploratórios têm como intenção possibilitar melhor ligação com a dificuldade e deixá-la aceitável vendo que o próprio pode ser levantado fundado em suspeitas e premonições contendo verificações bibliográficas, referência e moldes que ajudem o entendimento do tópico, além de diálogos com indivíduos que possuíram ciência prática com a dificuldade estudada.

Exploração bibliográfica e estudos do acontecimento são bastante utilizados nos estudos exploratórios, um momento que emprega tanto a fundação do pesquisador.

O estudo Descritivo tem como primórdio relatar cuidadosamente o propósito da aprendizagem (cidadãos, acontecimento, dificuldades) empregando o recolhimento de verificações de conceitos qualitativos, porem essencialmente quantitativos (GIL, 1991).

O estudo explicativo procura reconhecer e esclarecer os motivos deliberando as dificuldades a ser analisada, investigando a existência ao esclarecer a intelecção das coisas. Acostumam dar continuação a estudos descritivos e exploratórios, uma circunstância que apresentam um ponto de vista mais discriminado do conteúdo e tema questionado.

### 3.4 DE ACORDO COM ANALISES TECNOLÓGICAS

Segundo Gill (1991), os métodos tecnológicos são selecionados em: Estudo bibliográfico, do qual está avançando apoiado em instrumentos já realizados, contido

essencialmente por literaturas e peças científicas; Estudo documental, similar a bibliografia, no entanto refere-se aos instrumentos que até o momento não estiveram examinados cuidadosamente; Estudo experimental, reside em determinar contornos em direção e análise das relutâncias que a variante promove.

## **4 DESENVOLVIMENTO**

### **4.1 MODO DE PREPARO**

Para esse estudo preparamos uma cerveja do tipo ALE em uma amostra de 25 litros, os ingredientes usados foram:

Malte Château Pilsen - 5,0 Kg

Lúpulo Spalt Select 5,4% Ácido Alfa - 24 g

Água para adicionar o malte - 18 L

Água para Extração do Extrato Residual - 20 L

Fermento Alta Fermentação cepa S-04 sachet - 11,5g

A preparação é feita da seguinte maneira:

- a) Moer os 5,0 kg de Malte, conforme figura 1, para tanto utilizar um moinho de disco, ou preferencialmente moinho de rolo recartilhado. Segredo: abrir o grão de malte para expor o amido sem prejudicar a casca do malte. Casca triturada dificulta a filtração do mosto.
- b) Pesar 24 g de Lúpulo.
- c) Aquecer 18 litros de água até 68°C em uma panela de inox ou alumínio.
- d) Preparar mais 20 litros de água em outra panela. Aquecer a mesma até 76°C.

**Figura 1 – Seleção e moagem do malte**



**Escolha o Malte de sua preferência.**

**Moagem do Malte: Importante regular o moinho para que a casca se preserve e os grãos sejam bem triturados.**

**Malte já moído**

**Fonte: [www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja](http://www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja)**

Feito os passos anteriores começamos mosturação:

- e) Adicionar o malte moído lentamente aos 18 litros de água a 68°C agitando com uma colher de polietileno (não deixar formar grumos).
- f) No final a temperatura deve ficar próximo aos 65°C.
- g) Descansar esta mistura durante 80 minutos com a panela tapada. Se a temperatura baixar para 63°C aquecer com uma boca do fogão, no fogo baixo, até a temperatura atingir os 65°C-66°C novamente.
- h) Toda a vez que se aquecer a mistura deve-se agitá-la, para obter uma leitura mais precisa no termômetro. Atingindo a temperatura, desligue novamente o fogo.
- i) Antes de completar os 80 minutos fazer o teste de iodo conforme figura 2. Com a colher que utilizou para agitar o mosto molhar a mesma dentro da mistura malte + água e pingue algumas gotas sobre um azulejo branco ou prato de porcelana também branco. Após pegue o frasco do iodo 2% e pingue 1 gota sobre o mosto que foi colocado no azulejo. Se a coloração for amarela ouro, após os 80 minutos, prosseguir com a receita aquecendo até 76°C se ainda estiver apresentando vestígios ou até coloração forte de uma “cor roxa” a mostura deverá ficar mais alguns minutos na temperatura de 65°C.
- j) Após estes 80 minutos elevar a temperatura para 76°C em 5 minutos sempre agitando com a colher. Não suba bruscamente a temperatura, vá fazendo com que ela atinja o novo patamar no tempo certo. Se após este tempo permanecer a cor roxa interromper o processo. As causas desse problema podem ser:

Falhas na moagem do malte.

Termômetro descalibrado.

Temperatura da mostura subiu no início da mostura acima dos 76°C o que

desativou as enzimas

k) Em 76°C deixar descansando mais 10 minutos com a panela tapada

**Figura 2 – Adição do malte e teste do iodo**



A água deve estar na temperatura de 68°C no momento da adição do malte.

Adicione o malte aos poucos sempre mexendo a mistura para não formar grumos.

Em um dado momento deve-se fazer o teste de iodo, quando o indicador tomar uma coloração amarelo-ouro, esta fase deve ser concluída

Fonte: [www.comofazercerveja.com.br/passa-a-passo-como-fazer-cerveja](http://www.comofazercerveja.com.br/passa-a-passo-como-fazer-cerveja)

- l) Passar a Mostura (malte + água) através de um saco branco duplo (sacos de açúcar que se utiliza para fazer pano de prato). Este saco deve estar bem limpo e esterilizado com água quente.
- m) Aqui poderá ser utilizada também uma panela com um fundo falso. Neste caso deve-se colocar água a 76°C no fundo da panela até começar a sair pelos furos do fundo falso.
- n) Quando for utilizar a panela com fundo falso, filtrar inicialmente o mosto primário (= primeiro mosto). Volume de  $\pm$  11-13 litros e densidade de  $\pm$  1.066 - 16,14° Plato.
- o) Para facilitar a extração do açúcar residual contido ainda no bolo de bagaço, faça cortes no estilo "pizza xadrez".
- p) Adicione os primeiros 10 litros do total de 20 a 76°C. Procedimento conforme manual da panela de filtração. Os 10 litros filtrados nesta etapa são misturados com o mosto primário já filtrado, figura 3.
- q) Repita todo o procedimento com os outros 10 litros de água. Adicionar estes 10 litros ao restante do mosto já filtrado.
- r) No caso do uso de um saco branco após filtrado o primeiro mosto, adiciona-se todos os 20 litros de água a 76°C em uma só vez.
- s) Misturar todo o mosto contido na panela de fervura que deverá ficar com densidade de 1.044.

Figura 3 – Método de filtração por circulação



Fonte: [www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja](http://www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja)

Figura 4 – Transporte e lavagem do mosto



Certifique-se de que o fundo falso esteja bem colocado e coloque 2,2L de água quente na panela de 30L ou 4,5L na panela de 60L (76°C).

Em uma outra panela, prepare a água quente (76°C) que será usada na lavagem do bagaço do mosto que está sendo filtrado.

Na hora da lavagem do bagaço, despeje a água devagar e de maneira uniforme com o auxílio de uma escumadeira. Fazendo a recirculação até que o líquido fique totalmente clarificado.

Fonte: [www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja](http://www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja)

t) Levar o mosto filtrado à Fervura intensa em uma panela, figura 4. (Pode ser a mesma utilizada na Mostura Inicial.)

- u) Quando iniciar a fervura adicionar o lúpulo.
- v) Aos 55 minutos de fervura adicionar uma pastilha whirlfloc para 25 litros ou 01 gramas quando for granulado.
- w) Ferver sempre intensamente durante os 70 Minutos.
- x) Após desligar o fogo verificar o volume do mosto na panela e determinar a densidade que deverá ser em torno de 1,050.
- y) Após as medições de densidade e volume com auxílio da colher provocar uma agitação no mosto como se dissolve o açúcar na xícara de chá. Com boa intensidade até formar um redemoinho.
- z) Deixar descansar por 20 Minutos (Panela Tampada).
- aa) Após extrair com sistema Sifão (Mangueira plástica tipo cristal nova como se tira gasolina de tanque)
- bb) Encher a mangueira com água antes para dar início ao sistema sifão, pois se fizer sucção com a boca há risco de queimaduras.
- cc) Passar o mosto fervido de uma panela para outra ou direto para o fermentador começando a sugar o mosto que está no nível superior da panela.
- dd) No final vai ficar uma borra (trub), figura 5, no fundo da panela que não deve ser sugada, e sim descartada. Se a agitação foi bem feita a borra deve ficar aglomerada no centro do fundo da panela.

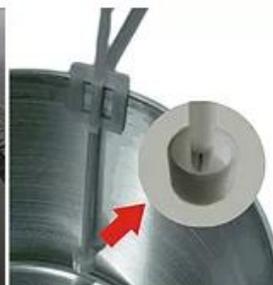
**Figura 5 - Adição do lúpulo**



Encerrado o processo de filtração, é hora de iniciar a fervura do mosto. Ferver sempre intensamente durante 80 minutos.



É no início da fervura que se adiciona o lúpulo. O mesmo também deve ser adicionado lentamente.



Use uma mangueira para trasfegar o mosto para o fermentador.



Os resíduos resultantes da fervura (trub) se acumulam no fundo da panela. Evite que estes sejam sugados e passem para o fermentador.

Fonte: [www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja](http://www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja)

- ee) O mosto límpido retirado por cima, deve ser resfriado através do sistema “Banho Maria” até uma temperatura de 20°C. Utilizar gelo para o resfriamento ser mais rápido.

ff) Obs. Poderá ser utilizado aqui também o sistema de resfriamento com serpentina, figura 6.

gg) Quando estiver se aproximando a temperatura desejada, agitar bem com uma colher esterilizada para oxigenar o mosto.

hh) Adicionar o fermento preparado conforme instrução no recipiente que será utilizado para fermentar, e derramar o mosto resfriado sobre ele. Caso já tenha colocado o mosto no fermentador adicionar o fermento por cima e homogeneizar mosto + fermento.

**Figura 6 – Resfriamento do mosto**



Fonte: [www.comofazercerveja.com.br/passos-a-passo-como-fazer-cerveja](http://www.comofazercerveja.com.br/passos-a-passo-como-fazer-cerveja)

ii) O fermentador poderá ser um recipiente (bombona) de água mineral ou com balde plástico alimentício com tampa.

jj) Colocar uma tampa no fermentador e lacrar bem, no centro desta tampa fazer um furo justo para encaixar uma mangueira plástica fina, a outra extremidade colocar dentro de uma garrafa transparente com água ou álcool.

kk) Outra opção é colocar um Airlock

ll) As borbulhas que irão se formar nesta garrafa indicarão que a cerveja está fermentando.

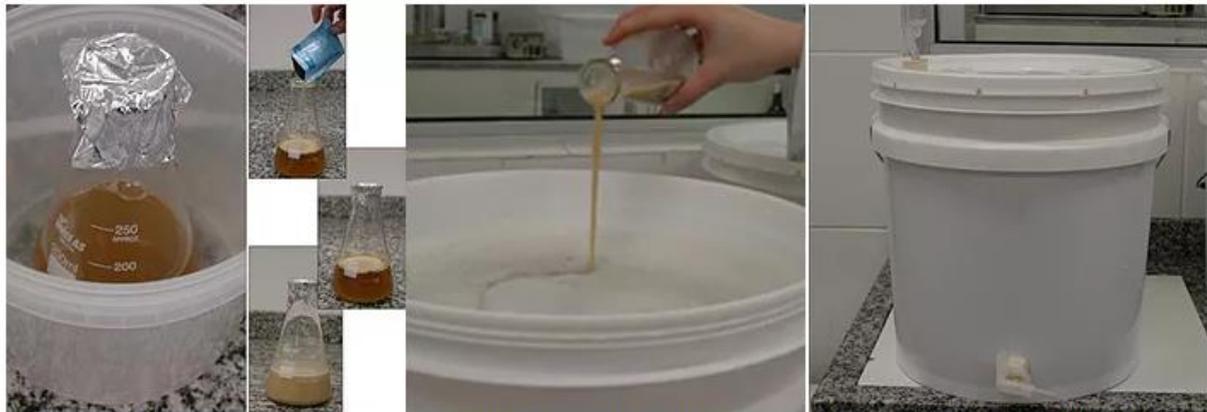
mm) O fermentador deverá ficar posicionado num lugar onde a temperatura ambiente seja em torno de 20 a 23°C.

nn) Este tempo de fermentação normalmente é de 6 dias.

oo) Outra forma de saber se a fermentação chegou ao fim é determinando a densidade que deverá ficar em torno de 1,010.

pp) Com temperaturas mais baixas o tempo de fermentação poderá levar mais dias.

**Figura 7 – Adição da levedura**



Separe 150 ml de mosto em um frasco, que será usado para a adição do fermento. Resfrie este frasco até 23°C, dissolva bem o fermento e aguarde a sua "ativação".

Adicione ao mosto que está sendo resfriado assim que o mesmo chegar a 23°C.

Por último, lacre o balde fermentador e certifique-se que o airlock foi corretamente arrolhado.

Fonte: [www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja](http://www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja)

Após a fermentação iniciamos o processo de maturar conforme figura 7, a cerveja e ela pode ser feita de duas formas, no barril e na garrafa, em nosso estudo no caso, foi feito em garrafas:

- qq) Procedimento igual ao Barril utiliza-se garrafas de vidro tipo as garrafas normais para cerveja com bocal para rolha metálica. (Garrafas Long Neck, Patrícia). Tudo deve estar previamente bem lavado e esterilizado.
- rr) Em cada 1 litro de cerveja colocar 5 gramas de açúcar.
- ss) Extrair cerveja do fermentador novamente com mangueira pelo sistema sifão.
- tt) Se o fermentador tiver uma torneira adaptar uma mangueira (previamente limpa e esterilizada) na saída da torneira.
- uu) Colocar uma pequena quantidade e agitar para dissolver o açúcar, completar com cerveja até o nível. A mangueira deve ir até o fundo da garrafa para evitar espuma. Tampar bem as garrafas.
- vv) Manter as garrafas na temperatura ambiente 20 °C a 23 °C até a garrafa piloto atingir uma pressão de 2,0 a 2,5Kg/ cm<sup>2</sup>. Só então colocar as garrafas na geladeira a uma temperatura de 5°C a 8 °C durante 10 a 15 dias.
- ww) A cerveja estará pronta para ser consumida.

## 4.2 APLICAÇÃO DO FMEA

Durante algumas etapas do processo de fabricação, implementamos o FMEA, tabela 1, para identificar possíveis falhas para evitá-las e corrigi-las.

**Tabela 1 – FMEA 1º Parte**

ETAPAS DO PROCESSO	MODO DE FALHA	EFEITOS DA FALHA	CONTROLES ATUAIS	INDICES			NPR	AÇÕES RECOMENDADAS
				SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO		
MOAGEM	MOAGEM MUITO FINA	CONFERIR SABOR ADSTRINGENTE À CERVEJA DEVIDO A REMOÇÃO DE TANTOS DA CASCA	ACOMPANHAMENTO VISUAL	8	2	5	80	AJUSTE E MANUTENÇÃO DO MOEDOR
	MOAGEM MUITO GROSSA	PERDER EFICIENCIA, REDUZINDO A QUANTIDADE DE CERVEJA PRODUZIDA E/OU PREJUDICANDO A DENSIDADE DA MESMA	ACOMPANHAMENTO VISUAL	8	2	5	80	AJUSTE E MANUTENÇÃO DO MOEDOR
	GRAOS PARTIDOS	DIFICULTAR A SOLUBILIZAÇÃO DO ENDOSPERMA	ACOMPANHAMENTO VISUAL, COMPRA DE INSUMOS COM FORNECEDORES CONFIÁVEIS	8	2	8	128	SELEÇÃO DE GRÃOS, BUSCAR FORNECEDORES CONFIÁVEIS
MOSTURAÇÃO	CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA	CONTAMINAR A CERVEJA	-	10	2	10	200	UTILIZAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL EM TODO O PROCESSO, MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA
LAVAGEM	PRESENÇA DE PARTÍCULAS SÓLIDAS	ALTERAR OS ASPECTOS VISUAIS E SABOR DA CERVEJA	-	8	2	10	160	CONTROLE DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO, FILTRAGEM EM TEMPO IDEAL, MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA
FERVURA	FALTA DE SANITIZAÇÃO	CONTAMINAR A CERVEJA	SANITIZAÇÃO COM ÁCIDO PERACÉTICO A 0,5%	10	1	1	10	-
	PRESENÇA DE CASCAS	CONFERIR SABOR ADSTRINGENTE À CERVEJA	-	8	2	10	160	-
FERMENTAÇÃO	FALTA DE SANITIZAÇÃO	CONTAMINAR A CERVEJA	SANITIZAÇÃO COM ÁCIDO PERACÉTICO A 0,5%	10	1	1	10	-
	ENTRADA DE OXIGÊNIO NO PROCESSO	ALTERAR O SABOR DA CERVEJA	CHECAR A VEDAÇÃO DOS BALDÉS DE FERMENTAÇÃO	8	1	1	8	-
	FALHA NO SISTEMA AIR LOCK	EXPLODIR EQUIPAMENTOS	FAZER INSPEÇÃO VISUAL	1	1	1	1	-
ACABAMENTO	FALTA DE SANITIZAÇÃO	CONTAMINAR A CERVEJA	SANITIZAÇÃO COM ÁCIDO PERACÉTICO A 0,5%	10	5	2	100	UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTO PRÓPRIO PARA SANITIZAÇÃO DAS GARRAFAS DE FORMA UNITARIA

Fonte: Elaborado pelo autor

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os casos, fica nítido que os piores NPRs são os que envolvem propriedades organolépticas da cerveja, pois qualquer alteração em sabor, cor, odor, entre outros fatores observados pelo consumidor que no caso desse produto são na sua maioria mais críticos, podem gerar insatisfação.

A análise do FMEA apresentou que a qualidade do produto final está bastante relacionada aos insumos de entrada como a água e o malte que constituem bastante fragilidade no processo.

Outro ponto importante é a higiene, por ser um processo de um produto alimentício os riscos dobram, pois além de fatores que possam gerar insatisfação do cliente ainda temos o fator saúde dos consumidores.

## 6 CONCLUSÃO

A primeira consideração é que o desenvolvimento do trabalho ajudou um maior entendimento do FMEA, podendo aplicar a ferramenta e discutir seus resultados.

Com essa análise conseguimos apontar os pontos mais críticos e de mais atenção que irão ajudar nas futuras produções, evitando a contaminação do produto final que está ligada a insatisfação do cliente como também na perda da produção e aumento nos custos para reparo dessas falhas.

Por fim é importante destacar que a ideia de implementar essa ferramenta em pequenos processos artesanais é de grande valia, pois vemos esses recursos sempre ligados a grandes produções em fábricas e indústrias, já que elas atuam com grandes normas reguladoras. Já os processos mais artesanais encontram certas dificuldades para essa implementação e assim vemos que é possível a adoção de uma gestão voltada para a qualidade mesmo que em pequenas escalas.

## REFERÊNCIAS

AIAG. **Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)** - Reference Manual, Fourth Edition. 2008

COSTA, **A.F.B**; **EPPRECHT, E.K**; **CARPINETTI, L.C.R.** Controle estatístico da qualidade. São Paulo: Atlas, 2004.

FILHO, M. C. **As Ferramentas de Qualidade no Processo Produtivo com Enfoque no Processo Enxuto.** Conselheiro Lafaiete, 2011.

GARVIN, D.A. **Managing quality: the strategic and competitive edge.** New York: Free Press, 1988.

MALIK, A.M. **Avaliação, qualidade, gestão... para trabalhadores da área de saúde e outros interessados.** São Paulo: SENAC, 1996.

PALADY, P. **FMEA: análise dos modos de falha e efeito: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram.** 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.

WE Consultoria **BLOG COMO CERVRJA - FAZER 25 LITROS DE CERVEJA ALE (ALTA FERMENTAÇÃO)** disponível em <[www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja](http://www.comofazercerveja.com.br/passo-a-passo-como-fazer-cerveja)>